

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil

**ESTUDO DE MODELOS DE COBERTURA VERDE EM EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS DE DIFERENTES PADRÕES CONSTRUTIVOS NO  
MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE – IMPLANTAÇÃO E CUSTO**

Autor: Priscila Salvador Santos

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristiane Machado Parisi Jonov

Coorientador: Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva

Belo Horizonte  
2019

Priscila Salvador Santos

**ESTUDO DE MODELOS DE COBERTURA VERDE EM EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS DE DIFERENTES PADRÕES CONSTRUTIVOS NO  
MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE – IMPLANTAÇÃO E CUSTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Materiais Cimentícios da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Área de concentração: Materiais Cimentícios

Linha de Pesquisa: Falhas e Patologias dos Materiais da Construção

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristiane Machado Parisi Jonov

Coorientador: Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2019

S237e

Santos, Priscila Salvador.

Estudo de modelos de cobertura verde em edificações residenciais de diferentes padrões construtivos no município de Belo Horizonte – implantação e custo [recurso eletrônico] / Priscila Salvador Santos. – 2019.

1 recurso online (xvi, 220 f.: il., color.) : pdf.

Orientadora: Cristiane Machado Parisi Jonov.

Coorientador: Adriano de Paula e Silva.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices e anexos: 171-220

Bibliografia: f. 164-170.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil - Teses. 2. Materiais de construção - Teses.  
3. Edificações - Teses. 4. Cobertura verde - Teses. 5. Vegetação - Teses.  
I. Parisi Jonov, Cristiane Machado. II. Silva, Adriano de Paula e. III.  
Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 691(043)

Ficha catalográfica: Biblioteca Profº Mário Werneck, Escola de Engenharia da UFMG

PRISCILA SALVADOR SANTOS

**"ESTUDOS DE MODELOS DE COBERTURA VERDE EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS DE DIFERENTES PADRÕES CONSTRUTIVOS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE – IMPLANTAÇÃO E CUSTO"**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil e aprovada em sua forma final pelo Mestrado em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte, 27 de março de 2019

BANCA EXAMINADORA



Profª. Dra. Cristiane Machado Parisi Jonov

Orientadora

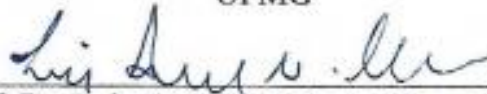
UFMG



Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva

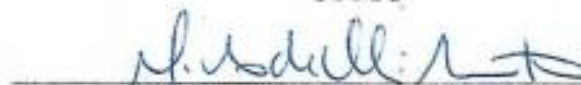
Coorientador

UFMG



Prof. Dr. Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco

UFMG



Prof. Dr. Nilo de Oliveira Nascimento

UFMG



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial, agradeço ao professor Adriano de Paula e Silva pelo apoio, atenção e orientação para a realização deste trabalho, ao professor Nilo de Oliveira Nascimento pelo conhecimento compartilhado e co-orientação deste trabalho e à professora Cristiane Machado Parisi Jonov pela dedicação, compreensão e conhecimentos repassados durante esta jornada.

Aos auxílios das graduandas de Engenharia Civil Luiza Menezes e Eduarda Campos, e de Arquitetura Ligia Macaroun no desenvolvimento da dissertação.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais por disponibilizar informações e intermediar o contato com uma edificação com cobertura verde.

A Gerencia de Engenharia e a Gerencia de Manutenção Projetos e Incorporação da Unimed por disponibilizar as informações necessárias a elaboração desta dissertação.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Construção Civil por repassar o seus conhecimentos aos alunos.

Aos meus amigos pelo apoio e companheirismo.

A minha Mãe e minha Irmã pela paciência e pelas palavras de conforto.

À Deus por me dar forças para superar as dificuldades durante o percurso.

Obrigada.

## RESUMO

A presente dissertação apresenta um estudo de implantação de modelos de coberturas verdes em edificações residenciais multifamiliares, de diferentes padrões construtivos localizados no município de Belo Horizonte, Minas Gerais. Estes arquivos foram compatibilizados e agrupados por meio de suas características, como área de cobertura e padrão construtivo, gerando assim, os seis projetos-padrão utilizados neste estudo. A cobertura verde é um sistema construtivo conhecido no âmbito internacional, e nas últimas décadas ganhou também destaque nacional, tal fato acarretou o aumento dos estudos sobre este sistema. Para o desenvolvimento do trabalho, foi realizada visita técnica a cobertura verde existente em uma edificação do Centro de Promoção da Saúde Unimed, localizado em Belo Horizonte. A visita auxiliou na definição dos três modelos de coberturas verdes a serem implantados nos projetos-padrão ora mencionados e no levantamento dos serviços de engenharia necessários para a realização da cobertura. A partir da definição desses serviços, foram calculados os custos de implantação dos modelos de cobertura verde, nos quais foram considerados a tipologia de projeto, o encargo social desonerado e os valores de horista. Os resultados indicaram que apesar do alto custo de implantação dos modelos de cobertura verde adotados, o modelo 1 é viável para as tipologias de edificações adotadas, e os modelo 2 e 3 necessitam de um estudo maior quanto ao impacto gerado pelo modelo na estrutura da edificação e também de um estudo específico referente ao custo necessário para manutenção do sistema.

Palavras-chave: edificação, cobertura verde, vegetação, custo de implantação.

## ***ABSTRACT***

The present dissertation presents a study of the implantation of models of green roofs in multifamily residential buildings, of different construction standards, located in the city of Belo Horizonte, Minas Gerais. These files were compatibilized and grouped by means of their characteristics, such as coverage area and constructive standard, thus generating the six standard projects used in this study. The green cover is a constructive system known in the international scope, and in the last decades it has also gained national prominence, this fact has brought about the increase of the studies on this system. For the development of the work, a technical visit was made to the existing green cover in a building of the Unimed Health Promotion Center, located in Belo Horizonte. The visit assisted in the definition of the three models of green roofing to be implanted in the standard projects mentioned herein and in the survey of the engineering services necessary to realize the coverage. From the definition of these services, the implementation costs of the green cover models were calculated, in which the typology of the project, the social charge discharged and the hourly values were considered. The results indicated that despite the high cost of implementation of the green hedging models adopted, model 1 is feasible for the types of buildings adopted, and models 2 and 3 require a larger study on the impact generated by the model on the structure of the building and also a specific study regarding the cost required to maintain the system.

Key-words: Edification, green roof, vegetation, deployment cost.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. JUSTIFICATIVA .....	3
3. OBJETIVO .....	4
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1 Águas urbanas .....	5
4.2 Vedação Horizontal: Cobertura .....	9
4.3 Telhado Verde .....	12
4.3.1 <i>Tipologia</i> .....	13
4.3.2 <i>Composição do Telhado Verde</i> .....	16
4.3.3 <i>Sistemas de construção</i> .....	19
4.3.4 <i>Vegetação</i> .....	20
4.4 Conforto Térmico.....	23
4.5 Consumo energético .....	26
4.6 Retenção de Água.....	27
4.7 Vantagens e Desvantagens do Telhado Verde.....	29
4.8 Legislação Municipal aplicável.....	31
4.9 Tese: Avaliação de estratégias para a redução do consumo de água de abastecimento como meio de diminuição da pressão sobre os recursos hídricos. ....	34
5. MATERIAIS E MÉTODOS .....	39
5.1 Definição da região onde foi realizada a pesquisa .....	40
5.2 Caracterização da região onde foi realizada a pesquisa .....	42
5.3 Vistoria em edificação com cobertura verde no município de Belo Horizonte.....	46
5.4 Definição das edificações do município de Belo Horizonte a serem estudadas.....	52
5.5 Definição de tipologias representativas das edificações do município de Belo Horizonte .....	54
5.6 Modelos de cobertura verde adotados nas tipologias de edificações estudadas.....	73
5.7 Serviços de engenharia necessários para a implantação dos modelos de coberturas verdes adotados .....	74
6. RESULTADOS .....	79
6.1 Implantação dos modelos adotados .....	79
6.1.1 <i>Modelo 1</i> .....	79
6.1.2 <i>Modelo 2</i> .....	90
6.1.3 <i>Modelo 3</i> .....	120
6.2 Levantamento dos custos necessários para a implantação dos modelos de coberturas verdes adotados .....	144
7. CONCLUSÕES.....	162

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>164</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>171</b>
<b>APÊNDICE A</b> – Composição de preço unitário (CPU) modelo 1 .....	<b>171</b>
<b>APÊNDICE B</b> – Composição de preço unitário (CPU) modelo 2 .....	<b>178</b>
<b>APÊNDICE C</b> – Composição de preço unitário (CPU) modelo 3 .....	<b>195</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>214</b>
<b>ANEXO A</b> – Projetos-padrão estabelecidos na NBR 12.721:2006 .....	<b>214</b>
<b>ANEXO B</b> – Número de edificações residenciais unifamiliares separados por região administrativa e projetos-padrão, existentes em belo horizonte em 2013.....	<b>216</b>
<b>ANEXO C</b> – Número de edificações residenciais multifamiliares separados por região administrativa e projetos-padrão, existentes em belo horizonte em 2013....	<b>217</b>
<b>ANEXO D</b> – Relação entre as faixas de áreas das casas existentes com os projetos-padrão unifamiliares. ....	<b>218</b>
<b>ANEXO E</b> – Critérios de enquadramento dos edifícios com os projetos-padrão multifamiliares .....	<b>220</b>
<b>ANEXO F</b> – Listagem empreendimentos com telhado verde da PMBH.....	<b>220</b>

## **CD-ROM**

**ANEXO G** – Planta Arquitetônica do 8º pavimento do Centro de Promoção da Saúde Unimed

**ANEXO H** – Planta Hidrossanitária do 6º pavimento do Centro de Promoção da Saúde Unimed

**ANEXO I** – Projeto Paisagismo da cobertura do Centro de Promoção da Saúde Unimed

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Enchente x Inundação .....	6
Figura 4.2 – Eventos de Inundação.....	7
Figura 4.3 - Taxa de Urbanização do Brasil .....	8
Figura 4.4 - Estrutura do Telhado.....	10
Figura 4.5 - Formas do Telhado .....	11
Figura 4.6 - Cobertura Plana - Sede da Prefeitura de São Paulo.....	13
Figura 4.7 - Cobertura Inclinação - Villa la Angostura, Argentina .....	13
Figura 4.8 - Tipos de Cobertura .....	14
Figura 4.9 - Composição das Camadas .....	17
Figura 4.10 - Sistema modular de telhado verde.....	19
Figura 4.11 - Sistema alveolar de telhado verde .....	20
Figura 4.12 - Sistema laminar de telhado verde.....	20
Figura 4.13 - Protótipo mesa de testes .....	22
Figura 4.14 - Ilha de Calor Urbana .....	24
Figura 4.15 - Comparação das temperaturas internas .....	25
Figura 4.16 - Desempenho térmico de estruturas .....	25
Figura 4.17 - Evapotranspiração x Evaporação .....	27
Figura 4.18 - Ajardinamento sobre Laje .....	33
Figura 4.19 - Enquadramento de edificações multifamiliares e projetos-padrão.....	37
Figura 5.1 - Fluxograma indicativo da sequência das etapas metodológicas .....	39
Figura 5.2 - Localização do Município de Belo Horizonte .....	40
Figura 5.3 - Áreas Potencialmente Suscetíveis a Inundação .....	41
Figura 5.4 - Regiões administrativas do município de Belo Horizonte .....	43
Figura 5.5 - Mapa de uso do solo do município de Belo Horizonte. ....	45
Figura 5.6 - Biomas do município de Belo Horizonte .....	46
Figura 5.7 - Localização do Centro de Promoção da Saúde Unimed.....	47
Figura 5.8 - Detalhe do dreno das jardineiras do Centro de Promoção da Saúde Unimed.....	49
Figura 5.9 - Vegetação da cobertura verde do Centro de Promoção da Saúde Unimed: (a) Vegetação do porte grande (b) Vegetação do porte médio .....	50

Figura 5.10 - Área destinada a manutenção da cobertura verde do Centro de Promoção da Saúde Unimed: (a) Caminho de acesso ao Jardim (b) Caminho de acesso ao Jardim .....	50
Figura 5.11 - Vista geral da Cobertura verde do Centro de Promoção da Saúde Unimed: (a) porte da vegetação (b) tipos de espécies da vegetação.....	51
Figura 5.12 - Vista geral da Cobertura verde do Centro de Promoção da Saúde Unimed: (a) Separação da cobertura (b) área verde interna do prédio .....	51
Figura 5.13 - Detalhe da Unidade Residencial Unifamiliar Padrão Normal .....	52
Figura 5.14 - Detalhe da Unidade Residencial Multifamiliar PP-N .....	53
Figura 5.15- Planta de Cobertura Projeto 1 .....	57
Figura 5.16 - Planta Cortes Cobertura Projeto 1 .....	58
Figura 5.17 - Planta de Cobertura Projeto 2.....	59
Figura 5.18 - Planta Corte Cobertura Projeto 2 .....	60
Figura 5.19 - Planta de Cobertura Projeto 3.....	61
Figura 5.20 - Planta Corte AA Cobertura Projeto 3 .....	62
Figura 5.21 - Planta Corte BB Cobertura Projeto 3 .....	63
Figura 5.22 - Planta de Cobertura Projeto 4.....	64
Figura 5.23 - Planta Corte AA Cobertura Projeto 4 .....	65
Figura 5.24 - Planta Corte BB Cobertura Projeto 4 .....	66
Figura 5.25 - Planta de Cobertura Projeto 5.....	67
Figura 5.26 - Planta Corte AA Cobertura Projeto 5 .....	68
Figura 5.27 - Planta Corte BB Cobertura Projeto 5 .....	69
Figura 5.28 - Planta de Cobertura Projeto 6.....	70
Figura 5.29 - Planta Corte AA Cobertura Projeto 6 .....	71
Figura 5.30 - Planta Corte BB Cobertura Projeto 6 .....	72
Figura 5.31 - Planilha de Composição de Preço Unitário .....	76
Figura 5.32 - Planilha de Relação de Insumos e Preços.....	77
Figura 5.33 - Planilha de Quantidades e Preços .....	78
Figura 6.1 - Planta de Implantação Modelo 1 – Projeto 1 .....	80
Figura 6.2-Planta de Implantação Modelo 1 – Projeto 2 .....	81
Figura 6.3 - Figura 6.3: Planta de Implantação Modelo 1 – Projeto 3 .....	82
Figura 6.4 - Planta de Implantação Modelo 1 – Projeto 4 .....	83
Figura 6.5 - Planta de Implantação Modelo 1 – Projeto 5 .....	84
Figura 6.6 - Planta de Implantação Modelo 1 – Projeto 6 .....	85

Figura 6.7- Detalhe Cobertura Verde do Projeto 1 do Modelo 1 .....	87
Figura 6.8 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 2 do Modelo 1 .....	87
Figura 6.9 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 3 do Modelo 1 .....	88
Figura 6.10 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 4 do Modelo 1 .....	88
Figura 6.11 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 5 do Modelo 1 .....	89
Figura 6.12 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 6 do Modelo 1 .....	89
Figura 6.13 - : Planta de Implantação Modelo 2 – Projeto 1 .....	90
Figura 6.14 - Planta de Implantação Modelo 2 – Projeto 2 .....	91
Figura 6.15 - Planta de Implantação Modelo 2 – Projeto 3 .....	92
Figura 6.16 - Planta de Implantação Modelo 2 – Projeto 4 .....	93
Figura 6.17 - Planta de Implantação Modelo 2 – Projeto 5 .....	94
Figura 6.18 - Planta de Implantação Modelo 2 – Projeto 6 .....	95
Figura 6.19 - Detalhe Muro do Projeto 1 do Modelo 2.....	96
Figura 6.20 - Detalhe Muro do Projeto 2 do Modelo 2.....	97
Figura 6.21 - Detalhe Muro do Projeto 3 do Modelo 2.....	97
Figura 6.22 - Detalhe Muro do Projeto 4 do Modelo 2.....	98
Figura 6.23 - Detalhe Muro do Projeto 5 do Modelo 2.....	98
Figura 6.24 - Detalhe Muro do Projeto 6 do Modelo 2.....	99
Figura 6.25 - Planta locação drenagem Projeto 1 do Modelo 2.....	100
Figura 6.26 - Planta locação drenagem Projeto 2 do Modelo 2.....	101
Figura 6.27 - Planta locação drenagem Projeto 3 do Modelo 2.....	102
Figura 6.28 - Planta locação drenagem Projeto 4 do Modelo 2.....	103
Figura 6.29 -Planta locação drenagem Projeto 5 do Modelo 2.....	104
Figura 6.30 - Planta locação drenagem Projeto 6 do Modelo 2.....	105
Figura 6.31 - Planta locação Ponto de água Projeto 1 do Modelo 2 .....	106
Figura 6.32 - Planta locação Ponto de água Projeto 2 do Modelo 2 .....	107
Figura 6.33 - Planta locação Ponto de água Projeto 3 do Modelo 2 .....	108
Figura 6.34 - Planta locação Ponto de água Projeto 4 do Modelo 2 .....	109
Figura 6.35 - Planta locação Ponto de água Projeto 5 do Modelo 2 .....	110
Figura 6.36 - Planta locação Ponto de água Projeto 6 do Modelo 2 .....	111
Figura 6.37 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 1 do Modelo 2 .....	114
Figura 6.38 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 2 do Modelo 2 .....	115
Figura 6.39 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 3 do Modelo 2 .....	116
Figura 6.40 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 4 do Modelo 2 .....	117



Figura 6.41 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 5 do Modelo 2 .....	118
Figura 6.42 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 6 do Modelo 2 .....	119
Figura 6.43 - Planta de Implantação Modelo 3 – Projeto 1 .....	120
Figura 6.44 - Planta de Implantação Modelo 3 – Projeto 2 .....	121
Figura 6.45 - Planta de Implantação Modelo 3 – Projeto 3 .....	122
Figura 6.46 - Planta de Implantação Modelo 3 – Projeto 4 .....	123
Figura 6.47 - Planta de Implantação Modelo 3 – Projeto 5 .....	124
Figura 6.48 - Planta de Implantação Modelo 3 – Projeto 6 .....	125
Figura 6.49 - Detalhe Muro do Projeto 1 do Modelo 3.....	126
Figura 6.50 - Detalhe Muro do Projeto 2 do Modelo 3.....	127
Figura 6.51 - Detalhe Muro do Projeto 3 do Modelo 3.....	127
Figura 6.52 - Detalhe Muro do Projeto 4 do Modelo 3.....	128
Figura 6.53 - Detalhe Muro do Projeto 5 do Modelo 3.....	128
Figura 6.54 - Detalhe Muro do Projeto 6 do Modelo 2.....	129
Figura 6.55 - Planta locação drenagem Projeto 1 do Modelo 3.....	130
Figura 6.56 - Figura 6.56: Planta locação drenagem Projeto 2 do Modelo 3 .....	131
Figura 6.57 - Planta locação drenagem Projeto 3 do Modelo 3.....	132
Figura 6.58 - Planta locação drenagem Projeto 4 do Modelo 3.....	133
Figura 6.59 - Planta locação drenagem Projeto 5 do Modelo 3.....	134
Figura 6.60 - Planta locação drenagem Projeto 6 do Modelo 3.....	135
Figura 6.61 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 1 do Modelo 3 .....	138
Figura 6.62 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 2 do Modelo 3 .....	139
Figura 6.63 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 3 do Modelo 3 .....	140
Figura 6.64 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 4 do Modelo 3 .....	141
Figura 6.65 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 5 do Modelo 3 .....	142
Figura 6.66 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 6 do Modelo 3 .....	143
Figura 6.67 - Relação de Insumos e Preços do Modelo 1 .....	144
Figura 6.68 - Relação de Insumos e Preços do Modelo 2.....	145
Figura 6.69 - Relação de Insumos e Preços do Modelo 3.....	146
Figura 6.70 - Custo de Implantação do Modelo 1.....	159
Figura 6.71 - Custo de Implantação do Modelo 2.....	159
Figura 6.72 - Custo de Implantação do Modelo 3.....	160
Figura 6.73 - Custo de implantação dos modelos de Cobertura Verde.....	160
Figura 6.74 - Custo unitário por área de cobertura.....	161

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Ocorrências registradas no Brasil entre 1948 a 2016. ....	8
Tabela 4.2- Classificação de telhados verdes de acordo com o tipo de uso, fatores de construção e requisitos de manutenção. ....	15
Tabela 4.3 - Porcentagem água retida .....	28
Tabela 4.4 - Nomenclatura dos projetos-padrão de edificações residenciais .....	35
Tabela 5.1 - Dados de desenvolvimento em municípios brasileiros.....	42
Tabela 5.2 - Classe de uso do solo predominante do município de Belo Horizonte..	44
Tabela 5.3 - Inclinação dos telhados dos projetos-padrão unifamiliares .....	53
Tabela 5.4 - Definição dos tipos de Edificação.....	54
Tabela 5.5 - Relação dos projetos-padrão CBIC com os projetos adotados.....	56
Tabela 6.1 - Áreas dos telhados verdes: Projetos x Modelos .....	147
Tabela 6.2 - Perímetro do muro do telhado verde: Projetos x Modelos .....	147
Tabela 6.3 - Quantidade de tubulação necessária para o sistema de drenagem....	147
Tabela 6.4 - Quantidade de tubulação necessária para o ponto de água. ....	148
Tabela 6.5 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 1 – Projeto.....	148
Tabela 6.6 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 1 – Projeto 2.....	149
Tabela 6.7 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 1 – Projeto 3.....	149
Tabela 6.8 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 1 – Projeto 4.....	149
Tabela 6.9 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 1 – Projeto 5.....	150
Tabela 6.10 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 1 – Projeto 6.....	150
Tabela 6.11 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 2 – Projeto 1.....	151
Tabela 6.12 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 2 – Projeto 2.....	151
Tabela 6.13 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 2 – Projeto 3.....	152
Tabela 6.14 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 2 – Projeto 4.....	152
Tabela 6.15 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 2 – Projeto 5.....	153
Tabela 6.16 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 2 – Projeto 6.....	153
Tabela 6.17 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 3 – Projeto 1.....	154
Tabela 6.18 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 3 – Projeto 2.....	154
Tabela 6.19 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 3 – Projeto 3.....	155
Tabela 6.20 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 3 – Projeto 4.....	155
Tabela 6.21 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 3 – Projeto 5.....	156
Tabela 6.22 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 3 – Projeto 6.....	156

Tabela 6.23 - Custo de implantação dos modelos de cobertura verde .....	157
Tabela 6.24 - Custo unitário de implantação dos modelos de cobertura verde.....	158

## LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 - Parâmetros urbanísticos da Lei nº 9.959/10 .....	32
Quadro 5.1 - Espécies utilizadas no Centro de Promoção da Saúde Unimed .....	48
Quadro 6.1 - Espécies da Cobertura Verde Modelo 1 .....	86
Quadro 6.2 - Espécies da Cobertura Verde Modelo 2.....	113
Quadro 6.3 - Espécies da Cobertura Verde Modelo 3.....	137

## LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ANSI - *Approved American National Standard*  
CAM - Metabolismo ácido das crassuláceas  
CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil  
COMPUR - Conselho Municipal de Política Urbana  
CP - Planta de Parcelamento do Solo  
CPU- Composição de Preço Unitário  
EM-DAT - *Emergency Database*  
GELCP - Gerência de Licenciamento de Comércio e Prestação de Serviço  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas  
INSS - Instituto Nacional do Seguro Social  
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
NCDEQ - *North Carolina Department of Environmental Quality*  
NRCA - *National Roofing Contractors Association*  
PEAD - Polietileno de Alta Densidade  
RIP - Relação de Insumos e Preços  
SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil  
SMREG - Secretaria Municipal Adjunta de Regulação Urbana  
SMMA - Secretaria Municipal de Meio Ambiente  
SMSUR - Secretaria Municipal de Serviços Urbanos  
SMURBE - Secretaria Municipal de Políticas Urbanas  
SPRI - *Single Ply Roofing Industry*  
US EPA - *US Environmental Protection Agency*

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a ocupação urbana em várias partes do mundo cresceu de forma desordenada e junto cresceram os problemas gerados por ela. No Brasil, a urbanização acelerada trouxe problemas como: enchentes, falta de conforto térmico e acústico nas edificações e altos gastos de energia devido à falta de luz natural (PARISI JONOV, 2012).

A gestão de águas pluviais, para muitos centros urbanos, tornou-se uma questão de urgência. Nas cidades, o número elevado de superfícies impermeáveis como ruas e edificações, que não retêm a precipitação, contribui para o aumento do volume e da velocidade de escoamento de água.

Nos últimos anos, as inundações nas cidades brasileiras foram mais frequentes e devastadoras, o que levou à realização de vários estudos sobre o tema. As inundações podem causar impactos sociais e econômicos através da perda de bens materiais e imateriais; do alto custo dos trabalhos de recuperação das edificações das áreas atingidas; dos danos à infraestrutura urbana e prejuízos indiretos causados pelos custos de congestionamentos e dos lucros cessantes (PARISI JONOV, 2012).

O problema da inundação em áreas urbanas ocorre desde a criação das cidades. A inundação acontece quando a capacidade de transporte das águas dos rios ou córregos é superada, ou seja, quando ocorre o transbordamento atingindo a planície de inundação ou área de várzea, ambas geralmente ocupadas pelo ser humano. Este fenômeno é agravado devido ao nível de impermeabilização do solo, da canalização de rios e ao desmatamento no caso de áreas rurais.

Os telhados verdes vêm sendo utilizados ao longo da história, mas para diversas finalidades como: estéticas, vernaculares, lazer, ecológicas e por fim sustentáveis (BALDESSAR, 2012). O telhado verde é uma combinação de diferentes camadas de suporte que fornecem condições para o crescimento da vegetação em uma cobertura plana ou inclinada (RAJI, TENPIERIK E DOBBELSTEEN, 2015).

Na Alemanha, as coberturas verdes foram aceitas a partir de 1960. Após as primeiras execuções da técnica sobre a cobertura de edificações, os alemães

perceberam imperfeições nas mantas que faziam as impermeabilizações do sistema. Com isto, investidores impulsionaram pesquisas para esta área, introduzindo tecnologias mais eficientes e acessíveis, fazendo da Alemanha o país um pioneiro no ramo (STAHLHÖFER e PEREIRA, 2009).

Hoje a procura por esse tipo de sistema se dá principalmente por sua característica sustentável, ajudando a melhorar a eficiência energética, o conforto térmico e a vazão de água pluvial escoada.

Visando o desenvolvimento sustentável, este tipo de cobertura ajuda a diminuir a incidência de calor direto na estrutura o que contribui para o conforto térmico reduzindo o gasto de energia para manter a temperatura ambiente agradável. Este sistema construtivo auxilia também na absorção das águas pluviais, pois comparado a um telhado convencional, escoar menos volume de água decorrente de precipitação, diminuindo assim as possibilidades de inundações que assombram as áreas urbanas. A área que antes era ou seria impermeável, torna-se uma área permeável.

A tecnologia do telhado verde já é usada em diversos países da Europa e Estados Unidos seja em locais comerciais, particulares ou industriais como o *Chicago City Hall* em Chicago ou a *Green School* em Paris. Já no Brasil, apesar do Edifício Matarazzo atual sede da Prefeitura de São Paulo ser um exemplo, a prática do telhado verde está sendo difundida através de projetos de lei que incentivam o uso desta tecnologia em novos edifícios. São exemplos: a Lei 6.349/2012 no Rio de Janeiro; aprovada em 2014, o projeto de Lei 67/2013 de Recife; o projeto de Lei 005.00006.2013 de Curitiba; e o projeto de lei complementar 19/2015 de Santos. No município de Belo Horizonte, a técnica do telhado verde é citada apenas no artigo 53º da Lei nº 9.959/10, lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do solo, e não há lei específica para o mesmo.

## **2. JUSTIFICATIVA**

O presente trabalho tem como intuito a utilização de técnicas de engenharia na implantação de coberturas verdes em edificações do município de Belo Horizonte, analisando seus custos e dificuldades. Além disso, verificando a contribuição na mitigação de enchentes; na ecoeficiência das edificações através do conforto térmico e redução do consumo de energia elétrica residencial.

O município de Belo Horizonte foi escolhido para o desenvolvimento deste projeto devido, ao mesmo estar localizado em uma importante região metropolitana do país, e de ter poucos estudos sobre o tema realizado na região.

A cobertura verde auxilia na retenção das águas de chuva, o que acarreta na redução do volume e na velocidade com que as águas chegam às redes de micro drenagem. A cidade de Belo Horizonte ao longo desta década sofreu com inúmeros casos de alagamentos e inundações, e a utilização desta técnica em conjunto com outras, pode ajudar a evitar novas tragédias.



### **3. OBJETIVO**

O objetivo geral do presente trabalho é realizar a implantação de modelos de cobertura verde em edificações residenciais de diferentes padrões construtivos já existentes, no município de Belo Horizonte, sob os critérios de implantação e custo.

Para atingir o objetivo geral, será necessário alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Revisão de literatura relativa ao tema coberturas verdes;
- Definição de modelo de cobertura verde em edificações residenciais de diferentes padrões construtivos no município;
- Estimativas dos custos da implantação de cobertura verde em edificações de diferentes padrões construtivos.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O capítulo em destaque refere-se a uma revisão de literatura técnica onde serão explanados temas importantes, os quais servirão como embasamento para o entendimento do trabalho em questão: coberturas verdes.

### **4.1 Águas urbanas**

A população mundial, ao longo do século XX, cresceu de 220 milhões para 2,8 bilhões de habitantes, e estima-se que até 2050 chegue a um total de 6,2 bilhões habitantes. A medida que a migração para áreas urbanas aumenta, conseqüentemente há o aumento da demanda sobre a infraestrutura existente e os serviços prestados (PARISI JONOV 2012).

O aumento da concentração de edificações em áreas urbanas acarreta no aumento da área de superfície impermeável, elevando a pressão sobre as galerias de águas pluviais (BERNDTSSON, 2010 apud SAVI, 2015). A implantação da infraestrutura adequada para acompanhar o crescimento da urbanização, nem sempre ocorre em países em desenvolvimento, por deficiência de planejamento ou por insuficiência de recursos (MIGUEZ, VEROL E RESENDE, 2015).

O aquecimento global, segundo pesquisas, em certas regiões pode causar o aumento da frequência e intensidade das precipitações, ocasionando o aumento das inundações urbanas (BERNDTSSON, 2010 apud SAVI, 2015). Em países em desenvolvimento, por deficiência de planejamento ou por insuficiência de recursos, nem sempre ocorre a implantação da infraestrutura adequada para acompanhar o crescimento da urbanização.

As planícies e fundos de vales estreitos, em condições naturais, apresentam lento escoamento superficial das águas das chuvas, e devido à crescente urbanização estes fenômenos têm sido intensificados pela impermeabilização do solo, retificação e assoreamento de cursos d'água. Em locais de topografia

praticamente plana, onde haveria uma melhor infiltração, os resultados são catastróficos (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

As enchentes e as inundações são apontadas pelo IPT (2007) como um dos principais tipos de desastres naturais, pois afetam várias comunidades em diferentes partes do planeta, sejam em áreas rurais ou metropolitanas. No texto, o autor define enchente como “elevação temporária do nível d’água em um canal de drenagem devida ao aumento da vazão ou descarga” e inundação como sendo (ver figura 4.1):

“Processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio.”

**Figura 4.1 - Enchente x Inundação**



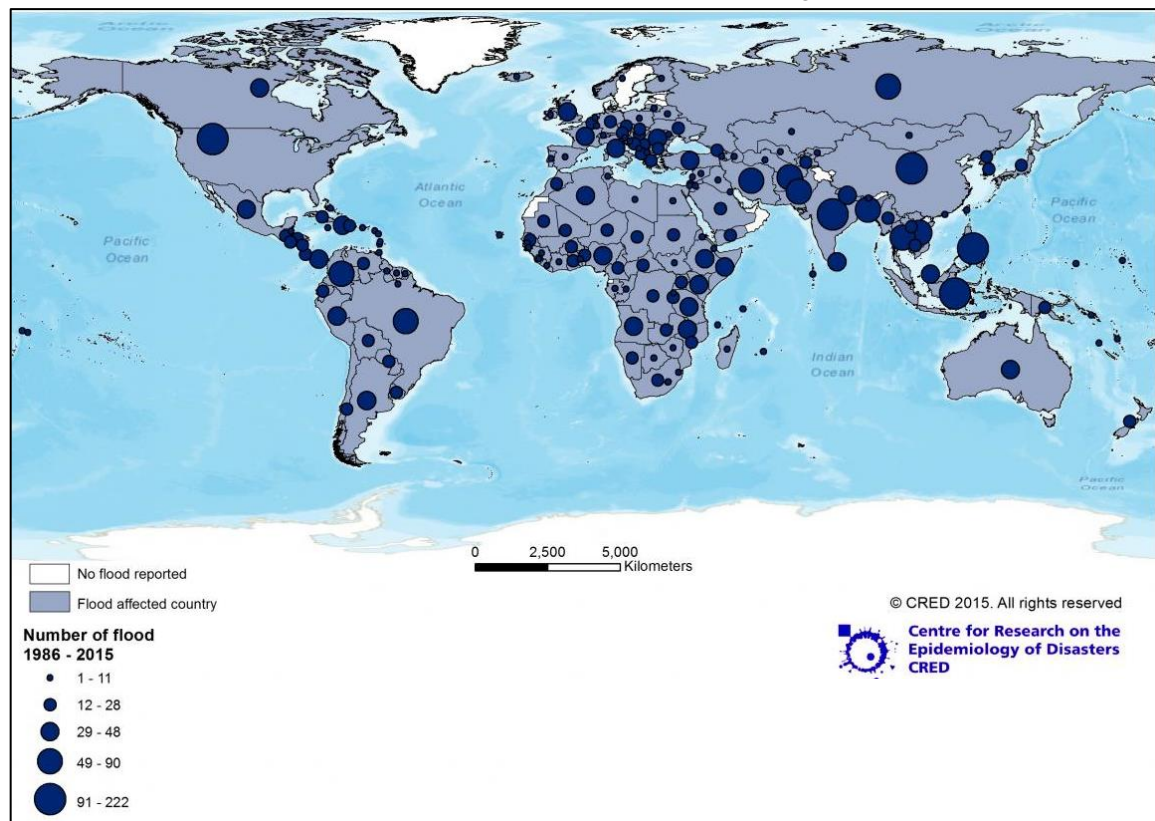
Fonte: IPT, 2007.

Para Reda, Tanzillo e Costa (2012), a impermeabilização dos centros urbanos também causa excessivo escoamento superficial e acelera as enxurradas para os corpos receptores, podendo causar riscos de erosão e inundação. A urbanização, segundo Parisi Jonov (2012), provoca um aumento das áreas impermeáveis, alterações na rede de drenagem natural (inclusão de estruturas superficiais) e mudanças no microclima local.

A ocorrência de inundações é o mais frequente de todos os desastres naturais. O número de eventos de inundações registrados ao longo dos últimos vinte anos,

vem aumentando significativamente (JHA; BLOCH e LAMOND, 2012). Através da figura 4.2, verifica-se o número dos eventos de inundações registrados no mundo no período de 1986 a 2015. De acordo com Proverbe e Soetando (2004 apud PARISI JONOV 2012), as inundações têm como principal fonte: os rios e córregos; mar; água subterrânea; escoamento superficial; sistemas de drenagem obstruídos ou sobrecarregados e ruptura de tubulações de água.

**Figura 4.2 – Eventos de Inundação**



Fonte: EM-DAT/CREED International Disaster Database [www.emdat.be](http://www.emdat.be) – Université Catholique de Louvain - Bruxelas-Bélgica, 2015.

O *Emergency Database* - EM-DAT é um banco de dados sobre a ocorrência de desastres obtidos de fontes como agências das Nações Unidas, organizações não governamentais, companhias de seguros, institutos de pesquisa e agências de notícia. Segundo o EM-DAT (2016), em todo o mundo no período de 1900 a 2016 foram registrados um total de 4.721 inundações e enchentes, dos quais 2.790 foram registrados de 2000 até 2016. De acordo com o EM-DAT (2016), um dos países mais afetados pelas inundações é o Brasil, com um total de 132 ocorrências registradas entre os anos de 1948 a 2016 (ver tabela 4.1).

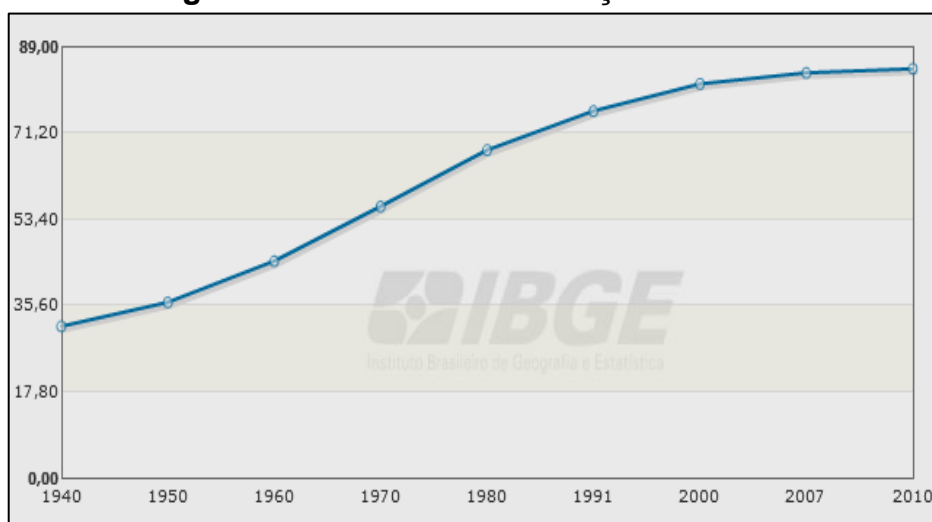
**Tabela 4.1 - Ocorrências registradas no Brasil entre 1948 a 2016.**

Período	Nº Ocorrências	Nº Mortes	Nº Afetados
1948 - 1969	16	2.230	717.917
1970 - 1979	11	1.142	2.770.371
1980 - 1989	23	1.598	8.385.335
1990 - 1999	20	386	37.000
2000 - 2009	34	866	4.005.899
2010 - 2016	28	1.550	2.811.311
<b>Total</b>	<b>132</b>	<b>7.772</b>	<b>18.727.833</b>

Fonte: Adaptado de EM-DAT, 2016.

Na figura 4.3 se verifica a taxa de urbanização do Brasil nos últimos anos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2018).

**Figura 4.3 - Taxa de Urbanização do Brasil**



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2018.

Segundo Tingsanchali (2011) as inundações urbanas podem ser reduzidas através da adoção de medidas de retenção das águas pluviais, como a construção de bacias ou lagoas que, temporariamente, retém o escoamento superficial e o liberam a uma taxa controlada. O escoamento superficial também pode ser reduzido com a adoção de medidas que proporcionem o aumento da

infiltração, da evapotranspiração das áreas de captação e a preservação de espaços não vedados e esverdeados na cidade.

Para a mitigação dos problemas da inundação, levando em consideração a necessidade do uso dos recursos naturais, de maneira racional e sustentável, e a realização de atividades econômicas e sociais são empregadas tecnologias ambientais. A utilização de práticas que garantam a conservação e a preservação do meio ambiente e a reciclagem e uso racional das matérias-primas, devem ser buscadas pelas novas tecnologias. Na procura de satisfazer tais necessidades, o telhado verde desponta como alternativa. O telhado verde vem ganhando o mercado e conquistando os consumidores que se preocupam com o meio ambiente e que valorizam uma boa aparência em suas residências (LIMA, 2013).

#### **4.2 Vedação Horizontal: Cobertura**

A origem das coberturas teve início na Pré-História com o surgimento do Homem primitivo. Para suprir a necessidade de proteção, principalmente das intempéries, os homens primitivos construíam habitações precárias, que com o passar do tempo foram sendo aprimoradas.

A norma ABNT NBR 15575/2013, parte 5, define sistema de cobertura como:

“Conjunto de elementos/componentes, dispostos no topo da construção, com as funções de assegurar estanqueidade às águas pluviais e salubridade, proteger demais sistemas da edificação habitacional ou elementos e componentes da deterioração por agentes naturais, e contribuir positivamente para o conforto termoacústico da edificação habitacional.”

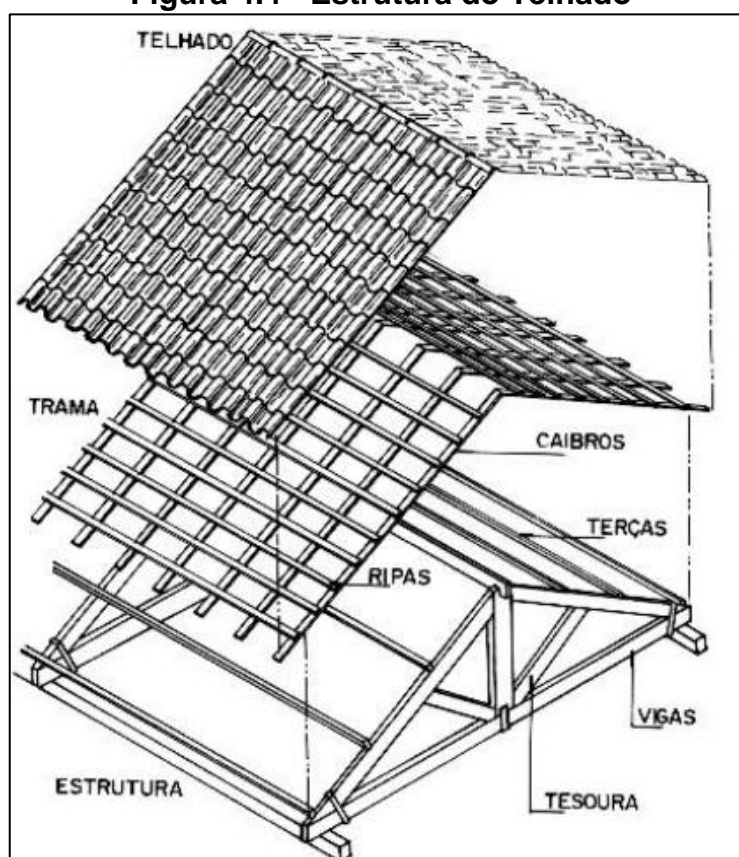
A cobertura de uma edificação pode ser projetada e construída de várias maneiras, algumas delas são: concreto armado, telhados, cúpulas e coberturas tensionadas com membrana. O foco do trabalho serão as coberturas em concreto armado e telhados, assim não serão detalhadas as demais estruturas.

De acordo com Moliterno (2010), o telhado é constituído principalmente de duas partes, a primeira é a cobertura, que é composta por materiais impermeáveis

águas e resistentes a intempéries e a ação do vento; e a segunda é a armação, da qual fazem parte os elementos estruturais de sustentação da cobertura que são as ripas, caibros, terças, tesouras e contra-ventamentos. A figura 4.4 mostra os elementos que compõem um telhado tradicional.

As estruturas que compõem a armação dos telhados podem ser executadas em madeira, metal (aço e alumínio) ou concreto armado, enquanto as telhas podem ser de diversos materiais como cerâmica, fibrocimento, concreto, aço, metálica, cobre, vidro, etc. (FLACH, 2012).

**Figura 4.4 - Estrutura do Telhado**

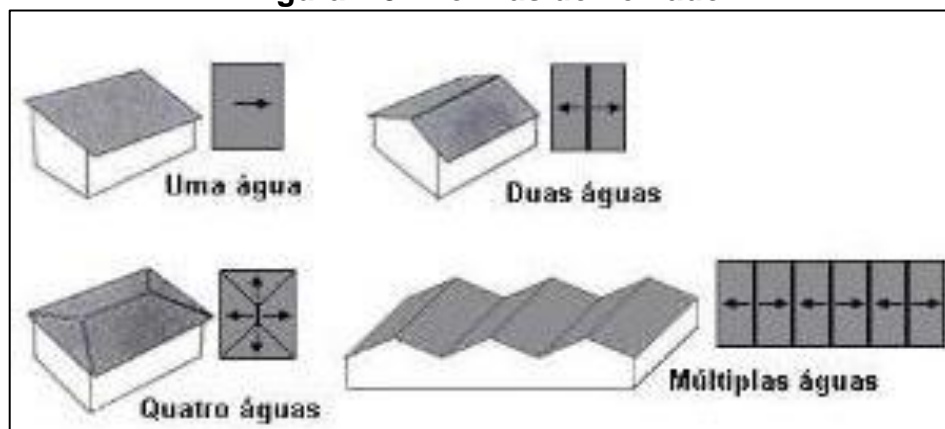


Fonte: Flach (2012 apud RODRIGUES, 2006).

Os componentes de um telhado são subdivididos em três partes: estrutura principal (tesoura e os contraventamentos); estrutura secundária (terças, caibros e ripas) e cobertura e revestimento (telhas, chapas). O telhado também pode ser classificado quanto a sua forma (ver figura 4.5). As mais convencionais são:

- Telhado de uma água: utilizados em pequenos vãos e possui uma só vertente ou superfície, que forma um plano inclinado que distribui as águas para uma das fachadas.
- Telhado de duas águas: dois planos inclinados simetricamente ou não sobre o eixo da edificação. A aresta superior denomina-se cumeeira e as inferiores beirais.
- Telhado de quatro águas: quatro planos de superfícies inclinadas, onde dois têm a forma triangular (tacaniça) e dois na forma trapezoidal (águas mestras). Possuem cumeeira e beiral conforme o de duas águas.
- Múltiplas águas: é a junção dos telhados já citados, onde o encontro destes formam arestas externas denominadas espigões, e quando internas chamam rincões.

**Figura 4.5 - Formas do Telhado**



Fonte: LOGSDON, 2002

As coberturas de concreto armado dentro do contexto histórico da arquitetura representam uma técnica bastante recente, desde a descoberta do concreto armado, com as lajes tipo cogumelo (lajes que apoiam diretamente sobre os pilares, sem vigas), as cascas cilíndricas, ou as planas (PICCHI, 1986).

As coberturas em concreto armado, de acordo com CRUZ (2003), classificam quanto à forma em:

- Planas: podem ser divididas em horizontais ou inclinadas. O *Centre Scientifique Et Technique Du Batiment*, localizado na França, divide as superfícies inclinadas em três grupos: inclinação de 1% a 5% (com o limite



superior); inclinação entre 5% e 15% (incluindo o limite superior) e a inclinação maior que 15%. Para as superfícies horizontais, deve-se ressaltar que segundo a ABNT NBR 9574/2008 a superfície a ser impermeabilizada deve ter caimento de no mínimo 1% em direção aos coletores de águas pluviais.

- Curvas: podem ter curvatura simples ou curvatura dupla, sendo que uma grande variedade de formas pode ser catalogada, em ambos os grupos.
- Complexas: são as coberturas constituídas por elementos planos, as coberturas obtidas pela reunião de elementos idênticos e as coberturas onduladas.

A cobertura plana, foco do trabalho, foi bastante utilizada nos últimas décadas, e com ela, cresceu a busca por novas tecnologias e técnicas de aplicação da impermeabilização, visando uma proteção cada vez mais eficiente da estrutura.

A proteção da estrutura é importante, pois quando exposta ao intemperismo, tende a deteriorar-se pela intermitência cíclica, devido à variação entre a presença e ausência de água; e devido à variação da temperatura ocorre a movimentação das estruturas (CRUZ, 2003).

O termo infiltração é definido pela ABNT NBR 9575/2010 como a penetração indesejável de fluídos nas construções. A infiltração ocorre devido a vários fatores como incorreta execução da impermeabilização, fissuras na estrutura e outros. De acordo com Ramson (1981), a principal causa de vazamentos em telhados planos são os caimentos, insuficientes para a vazão de água.

### **4.3 Telhado Verde**

O telhado verde é uma combinação de diferentes camadas de suporte que fornecem condições para o crescimento da vegetação em uma cobertura plana ou inclinada (RAJI, TENPIERIK E DOBBELSTEEN, 2015). As figuras 4.6 e 4.7 exemplificam dois tipos diferentes de telhados verdes. O telhado verde pode ser definido como acessível, que se caracteriza por ser uma área aberta ao uso de pessoas, e inacessível o qual não permite a circulação de pessoas, podendo ser planos, inclinados e curvos (OLIVEIRA, 2009).

**Figura 4.6 - Cobertura Plana - Sede da Prefeitura de São Paulo**



Fonte: Portal de Notícias G1, 2015.

**Figura 4.7 - Cobertura Inclinada - Villa la Angostura, Argentina**



Fonte: Placitelli, 2010.

De acordo com Lima (2013), os telhados verdes não asseguram a recarga do aquífero, logo, não se caracterizariam como áreas livres conforme descrito no Art. 1º da Instrução Nº 22 (PORTO ALEGRE, 2007). Continuando, a autora fala que são apresentadas no Art.7º da própria Instrução, medidas alternativas para a área livre que não puder ser mantida no lote, que de acordo com a Instrução são:

“...terraços e coberturas vegetadas, desde que haja manutenção de área descoberta, em estrutura permanente e fixa, totalmente vegetada com uma camada de substrato (terra).”

A Instrução diz ainda que área de terraço ou cobertura vegetada deverá ser de, no mínimo, o dobro da área livre não atendida no terreno. Entende-se desta forma que os telhados verdes podem ser considerados como áreas livres permeáveis à precipitação (LIMA, 2013).

#### **4.3.1 Tipologia**

De acordo com pesquisa bibliográfica, verifica-se a existência de duas linhas de classificação dos telhados verdes. A primeira, classifica os telhados verdes em intensivo e extensivo (ver figura 4.8) e a segunda, classifica em intensivo, semi-intensivo e extensivo. Ambas serão explanadas a seguir.

Segundo Kibert (2012), os telhados verdes podem ser classificados como intensivo e extensivos. Os sistemas extensivos têm como característica, possuir uma baixa manutenção, exigem pouca ou nenhuma irrigação e adubação. Os

tipos de plantas mais adequadas para este sistema são as nativas e alguns tipos de plantas exóticas que estejam adaptadas à região e que necessitem de pouca manutenção (de acordo com estudos feitos no Brasil). No caminho inverso, estão os sistemas intensivos que necessitam de alta manutenção, devido aos gramados e vegetações de médio e grande porte, como arbustos e árvores característicos. Devido ao porte maior da vegetação, os sistemas intensivos são mais complexos e pesados do que os extensivos e requerem maior investimento e manutenção. A espessura do substrato no sistema extensivo varia entre 2 a 15 cm, enquanto no intensivo é de 20 cm ou mais (MAGALHAES, 2015).

**Figura 4.8 - Tipos de Cobertura**



**Fonte: Corsini, 2011.**

O telhado verde extensivo é caracterizado por sua vegetação de pequenas gramíneas e ervas, e plantas herbáceas de no máximo 25 cm de altura; necessitam de pouca manutenção e o sistema de irrigação não é permanente; a profundidade média da raiz é de 3 a 15 cm, e não é considerado como uma área de passeio. O sistema de telhado verde intensivo é caracterizado pela vegetação que varia de plantas herbáceas a pequenas árvores que necessitam de manutenção e um sistema de irrigação regular; e profundidade média da raiz de 15 a 30 cm (GARGARI *et al.*, 2016).

O telhado verde é classificado pela norma ANSI/SPRI VF-1 (2017) da seguinte maneira:

- Extensivo: caracteriza-se pelo substrato de espessura inferior a 0,15 m; baixa capacidade de carga, variando entre 63 e 145 kg/m<sup>2</sup>; e a utilização de plantas como ervas e gramíneas.
- Intensivo: tem o substrato com espessura superior a 0,15 m; a capacidade de carga varia entre 171 e 488 kg/m<sup>2</sup>; e a vegetação caracteriza-se pela diversidade de plantas.
- Semi-intensivo: é uma mistura dos sistemas extensivos e intensivos; o sistema pesa entre 122 e 195 kg/m<sup>2</sup>; a vegetação varia entre a do tipo extensivo e intensivo.

Conforme definição anterior, para Raji, Tenpierik e Dobbelsteen (2015) o telhado verde também divide-se em três grandes grupos: extensivo, intensivo e semi-intensivo. Os grupos variam quanto ao tipo de uso, fatores de construção e requisitos de manutenção (ver tabela 4.2). Nesta dissertação estará sendo adotada tal classificação.

**Tabela 4.2- Classificação de telhados verdes de acordo com o tipo de uso, fatores de construção e requisitos de manutenção.**

	<b>Telhado verde extensivo</b>	<b>Telhado verde semi-intensivo</b>	<b>Telhado verde intensivo</b>
<b>Manutenção</b>	Baixa	Periodicamente	Alta
<b>Irrigação</b>	Não	Periodicamente	Regularmente
<b>Espécie de vegetação</b>	Musgo, Sedum, herbáceas e Gramíneas	Gramíneas, herbáceas e arbustos	Gramíneas, arbustos e árvores
<b>Altura substrato</b>	0,06 a 0,20 m	0,12 a 0,25 m	0,15 a 0,40 m
<b>Sobrecarga</b>	60 – 150 kg/m <sup>2</sup>	120 – 200 kg/m <sup>2</sup>	180 – 500 kg/m <sup>2</sup>
<b>Custo</b>	Baixo	Médio	Alto
<b>Uso</b>	Camada de proteção ecológica	Telhado verde projetado	Parque com jardim

**Fonte: Raji, Tenpierik e Dobbelsteen, 2015.**

Para Anwar, Rasul e Khan (2012), os telhados intensivos podem reter maior quantidade de água devido à espessura do substrato e as propriedades físicas, porém, não são facilmente adaptados aos telhados existentes. Os telhados verdes intensivos são adequados para as estruturas novas, pois podem carregar uma carga relativamente mais elevada, enquanto para um edifício existente, o telhado do tipo extensivo pode ser uma solução ideal para o gerenciamento de escoamento de águas pluviais.

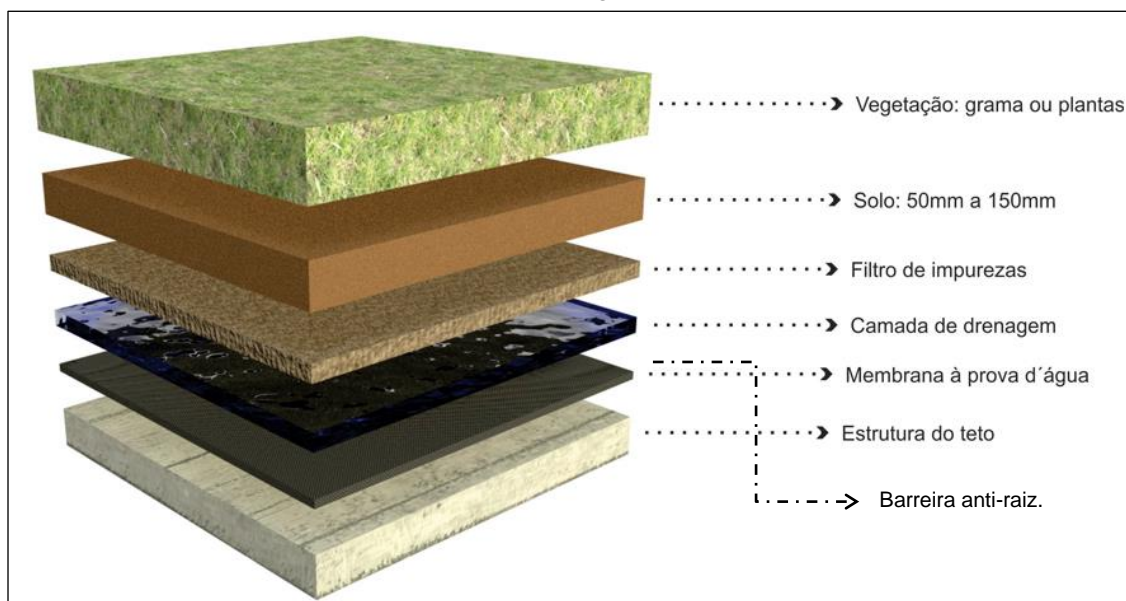
Os telhados verdes podem ser construídos sobre superfícies planas ou telhados inclinados. Segundo Thomaz (2008) para que a água não escorra muito rápido, o sistema é aplicado em telhados quase planos com inclinação de aproximadamente 5°, para inclinações acima de 20° outras estruturas para conter o fluxo de água devem ser feitas. Para Minke (2004 apud BALDESSAR, 2012) a classificação vai além, denomina-se telhado de encosta suave o que têm de 3° a 20° ou 5% a 35% de inclinação; telhado com declive o que possui de 20° a 40° ou 36% a 84% e telhado íngreme acima de 40° ou acima de 84%. A colocação de dispositivos de segurança contra o deslizamento do substrato é dispensada para telhados de encosta suave e, os dispositivos variam para as diferentes inclinações.

Segundo NCDEQ (2017), o telhado verde deve ser instalado em uma inclinação máxima de 8%, caso contrário, um sistema de contenção adequado deverá ser projetado.

#### **4.3.2 Composição do Telhado Verde**

A tecnologia chamada de telhado verde é composta, de modo geral, pela sobreposição de camadas, dentre as quais estão: a estrutura da cobertura (estrutura do teto), a impermeabilização (membrana à prova d'água), a barreira anti-raiz, a camada de drenagem, a camada filtrante (filtro de impurezas), o substrato (solo) e a vegetação, ver figura 4.9 (PLACITELLI, 2010).

**Figura 4.9 - Composição das Camadas**



Fonte: Adaptado de DCA Arquitetura, 2013.

#### *a) Estrutura de Cobertura*

A estrutura pode ser plana como lajes, ou inclinada como a estrutura do telhado convencional. Deve ser projetada para suportar toda a carga das demais camadas do sistema. O sistema extensivo pesa entre 60 a 150 kg/m<sup>2</sup> enquanto o intensivo pesa de 180 a 500 kg/m<sup>2</sup> (RAJI, TENPIERIK e DOBBELSTEEN, 2015).

#### *b) Impermeabilização*

A camada impermeabilizante é feita geralmente com mantas sintéticas que protegem a laje contra possíveis infiltrações. A execução incorreta ou o uso de materiais inadequados podem resultar em patologias futuras na edificação.

Segundo Savi (2015), os tipos de impermeabilizantes utilizados são: flexíveis e os rígidos. Para as lajes de concreto armado, a manta asfáltica é a mais utilizada, e para sistemas de chapas de madeira, utiliza-se a manta de polietileno de alta densidade (PEAD) ou a borracha líquida.

Conforme ABNT NBR 9574/2008 o escoamento superficial de superfícies impermeabilizadas deve possuir inclinação de 1% na direção do ralo.

*c) Barreira anti-raiz*

A barreira anti-raiz controla o crescimento das raízes da vegetação, fornecendo proteção física para a camada de impermeabilização. Faz também a retenção da umidade e nutrientes acima da estrutura do telhado.

*d) Camada de Drenagem*

A camada drenante atua para drenar e reter a água evitando assim que ocorram alagamentos nas estruturas horizontais e auxiliando a vegetação durante os períodos de seca retendo parte da água de chuva. Esta camada geralmente é feita com mantas drenantes de poliestireno, brita, seixos ou argila expandida.

*e) Camada filtrante*

A camada filtrante retém partículas do substrato evitando que elas passem para a camada drenante. Pode ser feita com um geotêxtil.

*f) Substrato*

O substrato é uma camada de solo onde se é fixada a vegetação, e auxilia na manutenção desta suprindo-a de nutrientes e água. Para o sistema extensivo a camada de substrato varia entre 6 a 20 cm e para o intensivo acima de 15 cm (RAJI, TENPIERIK e DOBBELSTEEN, 2015).

*g) Vegetação*

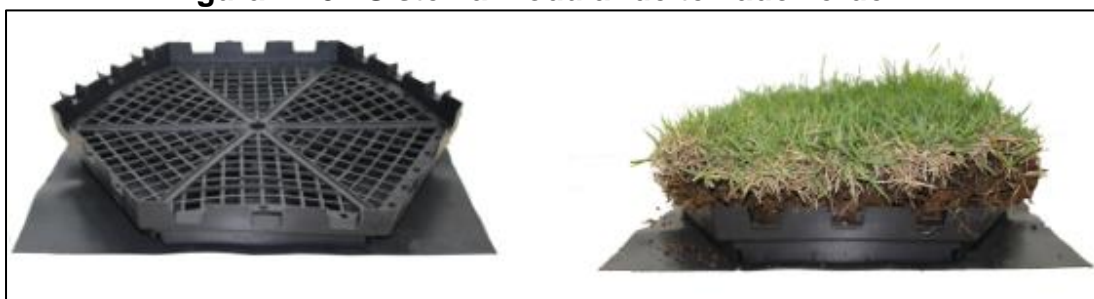
A vegetação normalmente mais indicada é a composta por plantas nativas, já acostumadas ao clima da região e que facilitam a manutenção. Com a vegetação, uma parte da chuva é interceptada ou amortecida antes de atingir o solo e acaba retardando a saturação do substrato e o escoamento superficial.

### 4.3.3 Sistemas de construção

Os telhados verdes dividem-se em três tipos básicos de sistemas de aplicação e construção, são eles: aplicação contínua, com módulos pré-elaborados e a aérea (PEREIRA, 2007).

- Aplicação contínua: caracteriza-se por ser a cobertura mais antiga e difundida. O substrato é aplicado diretamente sobre a base impermeabilizada com todas as outras diferentes camadas. As camadas podem se alterar de acordo com o clima da região e a base utilizada.
- Módulos pré-elaborados: são módulos prontos compostos de bandejas rígidas, substrato e com a vegetação já crescida, encontradas no mercado. O sistema é de fácil manuseio e utiliza um encaixe para a fixação. Pode-se dividir em:
  - *Modular*: normalmente utilizado em coberturas extensivas, é um sistema leve, indicado para coberturas e sacadas que não suportam muito peso, ver figura 4.10 (ECOTELHADO, 2017).

**Figura 4.10 - Sistema modular de telhado verde**

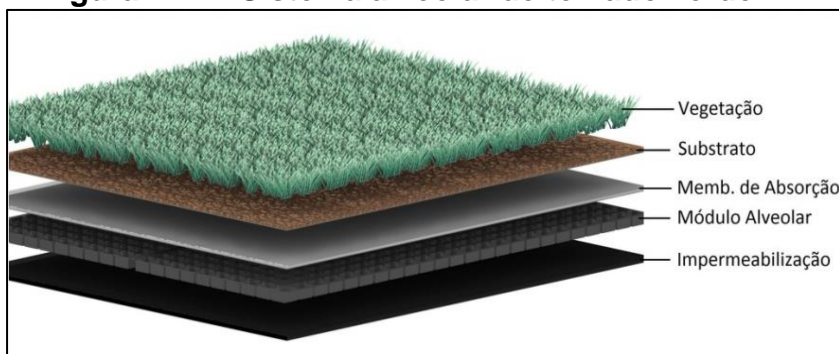


Fonte: Ecotelhado, 2017.

- *Alveolar*: se destaca do sistema modular por possuir uma membrana alveolar que realiza a reserva de água e permitir uma inclinação do telhado de 10 a 20°, ver figura 4.11 (ECOTELHADO, 2017).



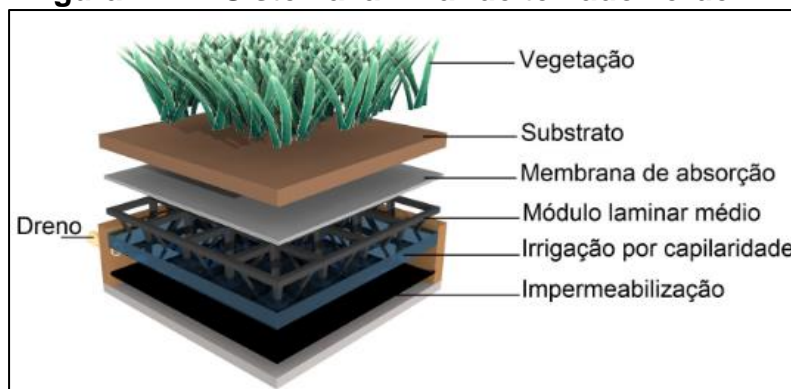
**Figura 4.11 - Sistema alveolar de telhado verde**



Fonte: Ecotelhado, 2017.

- *Laminar*: caracteriza-se por utilizar uma lâmina d'água sob um piso elevado feito de módulos (WILLES, 2014). O sistema é hidropônico e reutiliza a água de chuva e o efluente tratado da edificação, evitando o desperdício de água potável na irrigação, ver figura 4.12 (ECOTELHADO, 2017).

**Figura 4.12 - Sistema laminar de telhado verde**



Fonte: Ecotelhado, 2017.

- **Aéreos**: sistema onde a vegetação é separada da sua base e necessita de uma tela que servirá como base para seu crescimento. A estrutura da edificação não é sobrecarregada e podem-se utilizar plantas frutíferas como pepino, maracujá ou trepadeiras. Produz efeito isolante menor que dos outros sistemas.

#### **4.3.4 Vegetação**

As áreas verdes são importantes para a qualidade ambiental das cidades, já que assumem um papel de equilíbrio entre o espaço modificado para o assentamento

urbano e o meio ambiente (LIMA; AMORIM, 2006). As vegetações presentes nas áreas verdes são essenciais devido à sua capacidade de fixação de carbono e liberação de oxigênio (SAVI, 2015).

Segundo Minke (2005 apud SAVI, 2015) a escolha das vegetações deve levar em conta alguns fatores como: o tipo de telhado verde, espessura do substrato, forma de drenagem, inclinação da cobertura, sombreamento por outras coberturas, resistência à seca, resistência ao frio e altura de crescimento da vegetação.

Também citados por Pereira (2007 apud SILVA, 2011), os aspectos frisados a serem levados em consideração ao se implantar um telhado verde foram a incidência solar, índices pluviométricos, temperatura do local, ventos dominantes, inclinação do telhado e a necessidade de retenção de água pela vegetação

As espécies de plantas que realizam fotossíntese do tipo CAM são indicadas para telhados em regiões de clima tropical, pois fecham os estômatos e reduzem a transpiração durante o dia, conservando a umidade, e abrem os estômatos à noite, transformando carbono em ácidos orgânicos para utilizar na fotossíntese (JIM, 2014 apud SAVI, 2015). Segundo Vieira e Monteiro (2002), o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) é:

“..uma via metabólica para a síntese de carboidratos presente em certas espécies de plantas, especialmente plantas suculentas (como as da família Crassulaceae, nas quais este metabolismo foi detectado pela primeira vez) e é uma adaptação a condições áridas.”

Também recomendada por Liu *et al.* (2012 apud SAVI, 2015) as plantas do tipo CAM resistem ao estresse hídrico, evitando a evaporação de água durante o dia. Quando comparadas as espécies do tipo C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>, verifica-se que as do tipo CAM consomem uma quantidade menor de água ( $\leq 100$  gramas por grama de CO<sub>2</sub>) (SAVI, 2015).

Ao escolher as plantas, deve-se optar por plantas com crescimento semelhantes entre si, o que diminui a manutenção do jardim. As ervas daninhas devem ser

arrancadas de preferência manualmente, pois elas tiram os nutrientes do solo e prejudicam a luz do sol no jardim (SILVA, 2011).

De acordo com Savi (2015) a região de instalação do telhado verde influencia na escolha da vegetação a ser utilizada na cobertura.

Savi (2015) realizou um experimento onde foi montada uma mesa de testes no tamanho de 2,44m x 1,22m, com 14 módulos dos quais: 5 com variação de espécies vegetais, 5 tiveram variação na composição do substrato mas com mesma vegetação, 2 com cobertura tradicional (telha cerâmica e fibrocimento) e 2 de laje impermeabilizada (ver figura 4.13). As plantas utilizadas no experimento são do tipo perene, caracterizadas por possuem ciclo de vida longo, podendo viver por mais de dois anos, o que reduz a manutenção dos telhados verdes.

**Figura 4.13 - Protótipo mesa de testes**



Fonte: Savi, 2015.

Devido ao experimento ser realizado na cidade de Curitiba, caracterizada por um clima chuvoso e moderadamente úmido, e 1500 mm de índice pluviométrico médio ao ano, Savi (2015) optou por utilizar as espécies: *Bulbine frutescens*, *Tradescantia zebrina* (Purpusii), *Arachis repens*, *Sedum mexicanum* e *Callisia repens*; e a espécie *Zoysia tenuifolia* (na variação de composição do solo). O acompanhamento foi realizado durante o período de fevereiro de 2014 a fevereiro

2015, e foram analisadas as variáveis: capacidade de retenção de água, desempenho térmico e qualidade da água escoada.

Segundo Savi (2015), para a cidade de Curitiba a espécie que apresentou melhores resultados foi a *Tradescantia zebrina* e em segundo a *Zoysia tenuifolia*. A *Arachis repens* não apresentou rebrotamento após a geada registrada; já a *Callisia repens*, sobre uma condição de incidência solar intensa, teve uma redução de área foliar; e a *Sedum mexicanum* teve uma perda significativa de mudas durante o verão.

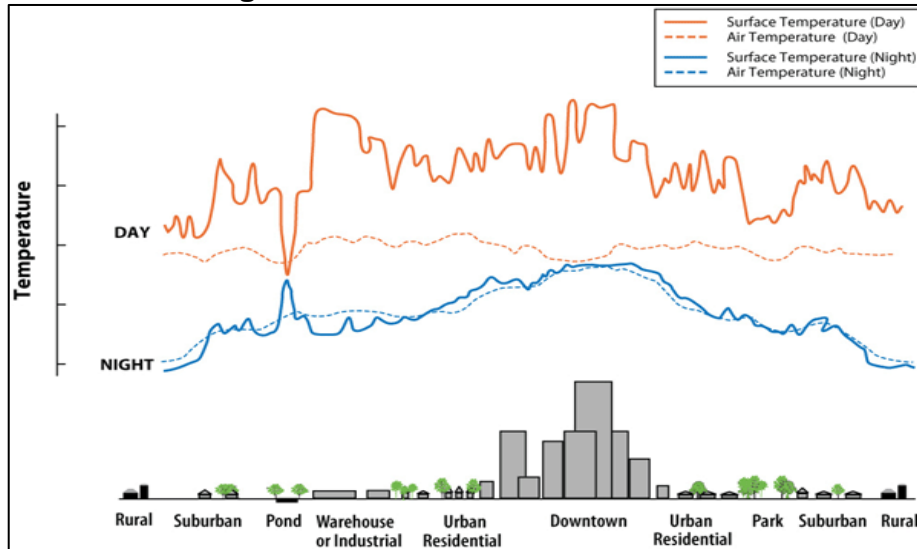
#### **4.4 Conforto Térmico**

A temperatura média global desde o final do século XIX aumentou, o que levou ao crescimento dos debates a respeito do aquecimento global. A crescente urbanização dos grandes centros como a substituição de superfícies naturais por edificações e a criação de ruas e avenidas asfaltadas, leva ao aumento da impermeabilização dos solos e na irradiação de calor para a atmosfera (COSTA, SILVA e PERES, 2010).

O aumento das propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais pavimentados e o aumento da rugosidade causam a redução da evaporação, responsável pelo surgimento das ilhas de calor (ARAUJO e ANDRADE, 2015). Segundo Amorim (2010), ilhas de calor são “bolsões de ar quente decorrentes da capacidade diferenciada dos materiais encontrados na superfície de armazenar e refletir energia solar” e Lombardo (1985) define ilha de calor como “uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas” (ver figura 4.14).

De acordo com Givoni (1998 apud SAYDELLES, 2005), dois aspectos principais interferem na diferença de temperatura entre a área urbana e sua periferia. Os aspectos são os fatores meteorológicos, como a cobertura de nuvens, umidade e velocidade do vento e a influência das várias características da estrutura urbana, como o tamanho da cidade e a densidade de áreas construídas.

**Figura 4.14 - Ilha de Calor Urbana**



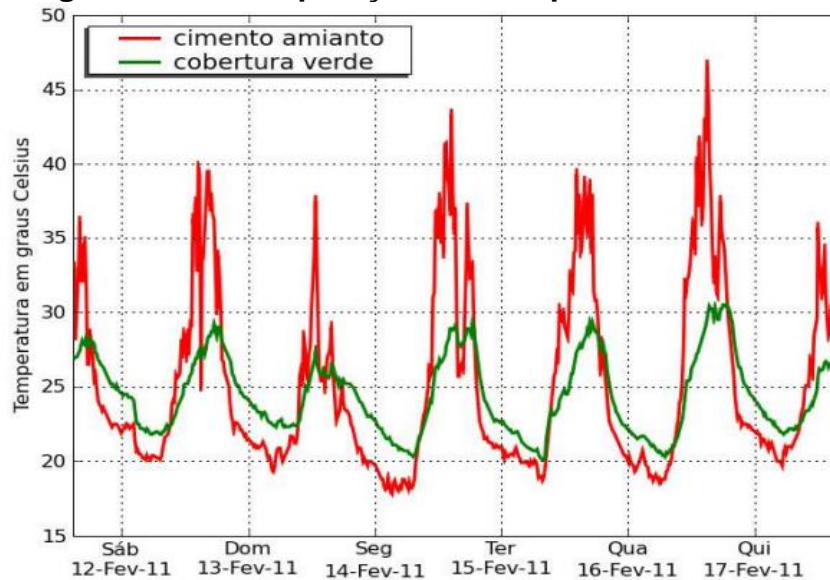
Fonte: US EPA, 2008.

Segundo a EPA, a incorporação dos telhados verdes às construções das cidades contribui com a remoção do ar quente através da evapotranspiração e impede que a luz solar incida diretamente sobre a superfície do telhado ou laje, diminuindo o calor nas horas de ocorrência de maiores temperaturas. Segundo Baldessar (2012), “evapotranspiração é o conjunto de processos físicos e fisiológicos que provocam a transformação da água precipitada na superfície da Terra em vapor”.

As coberturas, principalmente as de coloração escura, absorvem a radiação solar e a libera pela a noite de forma lenta, acarretando na elevação da temperatura no arredor das edificações (SAVI, 2015). A autora complementa ainda que a evapotranspiração das espécies vegetais poderia ajudar na redução dessas temperaturas. Porém, de acordo com Lopes (2006 apud OHNUMA, 2008), a manutenção térmica das edificações ocorre também devido a outros fatores, como o fluxo de água de drenagem sobre o telhado verde, a velocidade do vento e outros.

De acordo com um estudo realizado por Vacilikio e Fleischfresser (2011) ao comparar a temperatura interna de dois ambientes idênticos, sendo um com cobertura convencional e outro com telhado verde, verificou-se a redução das temperaturas máximas e a manutenção das temperaturas internas durante a noite. A figura 4.15, indica uma redução na amplitude térmica quando o telhado verde é utilizado, contribuindo para o conforto térmico do ambiente.

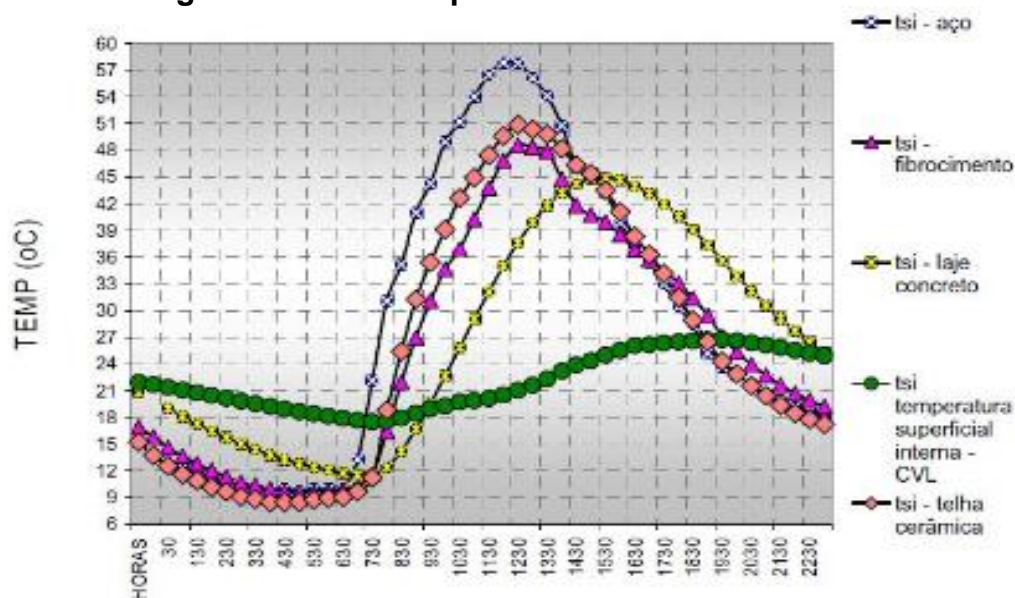
**Figura 4.15 - Comparação das temperaturas internas**



Fonte: Vacilikio e Fleischfresser, 2011.

Um outro estudo realizado por Vecchia (2005) comparou o desempenho térmico de diferentes tipos de coberturas. Foram construídos cinco protótipos de cobertura, um de telhado verde leve, e o restante de sistemas cobertura tradicionais sendo: aço galvanizado; telha de fibrocimento ondulada; laje pré-moldada com lajotas de cerâmica com pintura na cor branca e telhado cerâmico. Ao comparar o desempenho térmico das coberturas, o autor concluiu que o sistema mais eficiente quanto ao isolamento da edificação é o telhado verde (ver figura 4.16).

**Figura 4.16 - Desempenho térmico de estruturas**



Fonte: Vecchia, 2005.

#### 4.5 Consumo energético

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira. (2012) “um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia”.

Como visto anteriormente, o telhado verde contribui para o aumento do conforto térmico da edificação, acarretando assim, mesmo que indiretamente, a melhoria da eficiência energética. Com o ambiente da residência em uma temperatura mais agradável ocorre a queda da utilização do ar condicionado, diminuindo assim, o consumo de energia elétrica.

Segundo Liu *et al.*(2012) as edificações recebem através dos telhados duas vezes mais radiação solar do que pelas superfícies verticais, tais como paredes e esquadrias. Liu *et al.* (2012 apud SAVI, 2015) explica ainda que, um ciclo vicioso de concentração de energia urbana é gerado pelo efeito de ilha de calor, e com a elevação da temperatura o uso de ar condicionado aumenta.

Os telhados verdes protegem a edificação quanto à radiação solar, pois as folhas refletem-na, protegendo a cobertura da estrutura, ponto mais frágil da construção (MACHADO; BRITTO; NEILA, 2003).

A EPA (2010) estimou uma economia de energia elétrica de aproximadamente US\$ 3.600,00 por ano, com redução de aproximadamente 9.270 kWh por ano com aquecimento ou refrigeração dos ambientes internos na Câmara Municipal de Chicago nos Estados Unidos após a instalação do telhado verde.

Na cidade de Toronto no Canadá, após a instalação do telhado verde, com área de 2980m<sup>2</sup>, em um edifício, registrou-se uma redução de cerca de 21.000 kWh por ano, equivalente a 10% no consumo de energia com refrigeração e aquecimento do ambiente (BASS e BASKARAN, 2003 apud JOBIM, 2013).



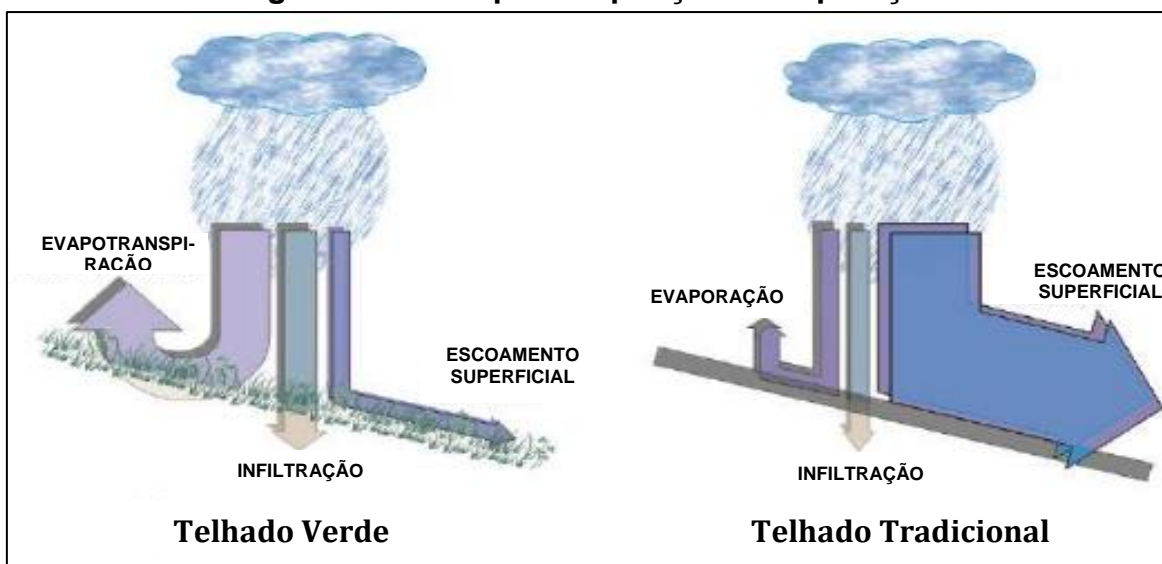
## 4.6 Retenção de Água

Em grandes centros urbanos a drenagem das águas pluviais pode ser um problema, devido à falta de áreas permeáveis. A impermeabilização dos centros urbanos faz com que a chuva corra diretamente para os canais e drenos, que devido ao grande volume d'água acabam transbordando.

Segundo Palla et al. (2010 apud REDA, TANZILLO e COSTA, 2012), os telhados verdes têm como fundamental característica a capacidade de retenção e detenção de águas pluviais. O ciclo hidrológico de uma região urbana pode ser restaurado com a utilização, em boa parte das edificações, de telhados verdes (ver figura 4.17). A cobertura de vegetação nos telhados influencia significativamente o pico de escoamento responsável pelas enchentes em áreas urbanas e produz o retardo no escoamento superficial (PALLA et al., 2008 apud OLIVEIRA, 2009).

As diversas camadas presentes no modelo de telhado verde, diminuem a velocidade de escoamento da água, aumentando o tempo de detenção no sistema cobertura (BERTHIER et al., 2011 apud REDA, TANZILLO e COSTA, 2012).

**Figura 4.17 - Evapotranspiração x Evaporação**



Fonte: Laar (2001 apud OLIVEIRA 2009).



Quando comparados com outros sistemas de cobertura, os telhados verdes reduzem o escoamento de águas pluviais e retardam o pico de vazão de água, isso é devido à capacidade do sistema de reter a água e de lançá-la apenas depois que o solo estiver saturado (BERNDTSSON, 2010 apud SAVI, 2015).

A capacidade de retenção de água segundo Berndtsson (2010 apud SAVI, 2015) irá alterar devido a diferentes fatores como:

- Características dos telhados verdes: podem variar os tipos de camadas, material e vegetação, assim como a espessura do substrato, geometria do telhado, inclinação, posição solar, idade do telhado, entre outros;
- Condições climáticas: período de seca, de chuva, temperatura do ar, umidade e condições de vento.

O autor destaca as propriedades do solo e as condições de umidade antes da ocorrência de chuva, como fundamentais para a quantidade de água que será retida. Para finalizar, destaca ainda que os valores em % de um estudo dificilmente podem ser comparados com outro, ou seja, variam de acordo com cada pesquisa (ver tabela 4.3).

**Tabela 4.3 - Porcentagem água retida**

Referência	Água da chuva retida no telhado verde durante o período de estudo %	Água da chuva retida nos telhados verdes: intervalo dos eventos %	Duração do período de estudo
Bengtsson <i>et al.</i> (2005)	46	-	15 meses
VanWoert <i>et al.</i> (2005)	60.6	-	17 meses
De Nardo <i>et al.</i> (2005)	45	19-98	2 meses
Moran <i>et al.</i> (2005)	63	-	18 meses
Moran <i>et al.</i> (2005)	55	-	15 meses
Carter e Rasmussen (2006)	78	39-100	13 meses
Monterusso <i>et al.</i> (2004)	48	-	4 eventos de chuva
Bliss <i>et al.</i> (2009)	-	5-70	6 meses

**Fonte: Berndtsson (2010 apud SAVI, 2015).**

Segundo Anwar, Rasul e Khan (2012), a capacidade de retenção de água de chuva pode variar de 75% para tetos verdes intensivos a 54% para telhados verdes extensivos.

Quando comparado com telhados tradicionais, os telhados verdes tem uma expressiva redução da contaminação da água da chuva segundo Saadatian et al.(2013 apud SAVI, 2015).

Através de um telhado verde experimental montado no subúrbio de Paris, Gromaire et al. (2013) monitorou ao longo de um período de um ano o escoamento de água do telhado. Através do experimento, constatou-se que o telhado verde tem a capacidade de diminuir o coeficiente de escoamento em comparação com outros tetos. Ao menos 50% da chuva, em escala anual, pode ser retida e evaporada ou evapotranspirada. Gromaire et al. (2013) ainda destaca que:

“...a capacidade de retenção é fortemente variável e depende da quantidade da chuva e da condição de umidade do solo. Um aumento na retenção de água pode ser obtido por uma camada de drenagem com capacidade de retenção de água (como pedra de lava), maior substrato ou vegetação mais densa.”

#### **4.7 Vantagens e Desvantagens do Telhado Verde**

Os telhados verdes possuem muitas vantagens e algumas desvantagens, como ponto positivo, destaca-se a retenção de água de chuva, a redução das instalações de tratamento de água e o aumento da qualidade da água escoada e como ponto negativo, de acordo a vegetação utilizada e do tipo do telhado, poderá ser necessário maior consumo de água para a sua irrigação (SAADATIAN et al., 2013 apud SAVI, 2015).

As coberturas verdes não tem somente um caráter estético e ornamental, nas cidades funcionam também como um filtro contra a poluição e na manutenção da umidade relativa do ar (GOMEZ, 1998 apud OLIVEIRA, 2009). As superfícies verdes nas coberturas de centros urbanos geram um conforto ambiental e térmico

dos usuários das edificações, também gera como benefício a economia de energia para climatização de ambientes internos e a redução do efeito urbano denominado “ilhas de calor” (NIACHOU, 2001 apud OLIVEIRA, 2009).

Conforme explanado por Reda, Tanzillo e Costa (2012), ainda não há norma em vigor, específica para cobertura verde, o que torna o método construtivo de telhado verde simplificado. Os autores finalizam que a umidade no ambiente interno construído é um dos maiores problemas potenciais da cobertura verde.

Um dos benefícios dos sistemas intensivos e extensivos é a restauração do ciclo hidrológico local, pois aumentam a evapotranspiração e diminuem o escoamento superficial, reduzem a temperatura interna, elevam a biodiversidade local e a qualidade do ar melhora, levando a uma melhor qualidade de vida da população (JOBIM, 2013).

Para Silva (2011), os telhados verdes proporcionam um aumento das áreas verdes, suavizando assim, as paisagens dos grandes centros urbanos o que traz benefícios estéticos para a população. Também é citada pela autora como benefícios em menor escala a economia de energia, diminuição das ilhas de calor e aproveitamento das águas de chuva (SILVA, FLORES-COLEN, COELHO, 2015).

Em comparação com as soluções convencionais, no telhado verde a degradação devido à intensa radiação solar e gradientes de temperatura é menos significativa, uma vez que a vegetação protege outros elementos do sistema. No entanto, no telhado verde o vento forte é mais relevante, devido às forças de sucção que podem causar anormalidades, como arrasto de substrato, vegetação e erosão.

Alguns dos benefícios apresentados pela cobertura verde são: redução das superfícies pavimentadas e impermeáveis; produção de oxigênio e dióxido de carbono; diminuição dos efeitos das ilhas de calor urbanas; redução dos níveis de poluição. Filtragem de partículas de poeira e fumaça e absorção de componentes da chuva ácida; regulação térmica dos ambientes através da evapotranspiração das plantas; aumento da vida útil da cobertura; economia de energia com condicionamento do ar e outros (FERRAZ, 2012).

Os telhados verdes, de acordo com Lima (2013), são uma ótima alternativa, pois permitem: a retenção das águas, devido à presença de substrato e vegetais que auxiliam nesta função; a possibilidade de reuso das águas retidas durante as precipitações; a agricultura urbana; e a redução de impostos como meio de incentivar o uso desse sistema, fator pouco citado pelos demais autores pesquisados. Porém, ressalta que no Brasil, os telhados verdes são considerados desnecessários por algumas comunidades e de valor apenas estético para classes financeiras altas, mesmo difundidos em diversos países como Alemanha, Espanha, Suíça entre outros. Reforça ainda a falta de apoio e/ou incentivo do poder público para a implantação desta tecnologia nas áreas urbanas.

#### **4.8 Legislação Municipal aplicável**

As edificações a serem construídas no Município de Belo Horizonte seguem as diretrizes da Lei nº 9.959/10. A Lei nº 9.959 de 20 de julho de 2010, altera as Leis nº 7.165 de 27 de agosto de 1996 que institui o Plano diretor do município de Belo Horizonte, e nº 7.166 de 27 de agosto de 1996 que estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no município, estabelece normas e condições para a urbanização e a regularização fundiária das zonas de especial interesse social, dispõe sobre parcelamento, ocupação e uso do solo nas áreas de especial interesse social, e dá outras providências. Conhecida como Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo, a Lei nº 9.959/10, artigo 53º, define o que é Taxa de Permeabilidade (TP):

“[...] a área descoberta e permeável do terreno em relação à sua área total, dotada de vegetação que contribua para o equilíbrio climático e propicie alívio para o sistema público de drenagem urbana.”

Para atender as exigências da Taxa de Permeabilidade, a área descoberta deve possuir qualquer tipo de piso permeável (areia, saibro, brita) com área equivalente vegetada, seja sobre lajes, jardineiras ou pavimentos elevados com acesso por área de uso comum (SECRETARIA MUNICIPAL ADJUNTA DE REGULAÇÃO URBANA e SECRETARIA MUNICIPAL DE SERVIÇOS URBANOS, 2012). De

acordo com o Artigo 53° da Lei nº 9.959/10, as TP mínimas são previstas nos Anexos IX da mesma lei (ver quadro 4.1).

**Quadro 4.1 - Parâmetros urbanísticos da Lei nº 9.959/10**

ZONEAMENTO	Quota de Terreno por unidade habitacional (m²/un)	Taxa de Ocupação	Taxa de Permeabilidade	Altura Máxima na Divisa
ZPAM	-	0,02	95%	-
ZP-1 <sup>(1)</sup>	2.500 <sup>(2)</sup>	-	70%	5,0 m
ZP-2	1.000 <sup>(2)</sup>	-	30%	5,0 m
ZP-3	200	-	30%	5,0 m
ZAR-1	180	-	Cf. art. 50 <sup>(3)</sup>	5,0 m
ZAR-2	45	-	Cf. art. 50 <sup>(3)</sup>	5,0 m
ZA <sup>(4)</sup>	40	-	Cf. art. 50 <sup>(3)</sup>	5,0 m
ZAP	40	-	Cf. art. 50 <sup>(3)</sup>	5,0 m
ZHIP	08	-	Cf. art. 50 <sup>(3)</sup>	10,8 m <sup>(5)</sup>
ZCBH	20	-	Cf. art. 50 <sup>(3)</sup>	10,8 m
ZCBA	25	-	Cf. art. 50 <sup>(3)</sup>	9,0 m
ZCVN	25	-	Cf. art. 50 <sup>(3)</sup>	9,0 m
ZEIS				
ZE	-	-	Cf. art. 50 <sup>(3)</sup>	5,0 m

**Fonte: Belo Horizonte, 2010.**

As TP mínimas variam de acordo com o zoneamento em que a construção se enquadra. O território do município é considerado área urbana, e com a criação do plano diretor, este território foi dividido em zonas de acordo com o Artigo 5° da Lei nº 7.166/96:

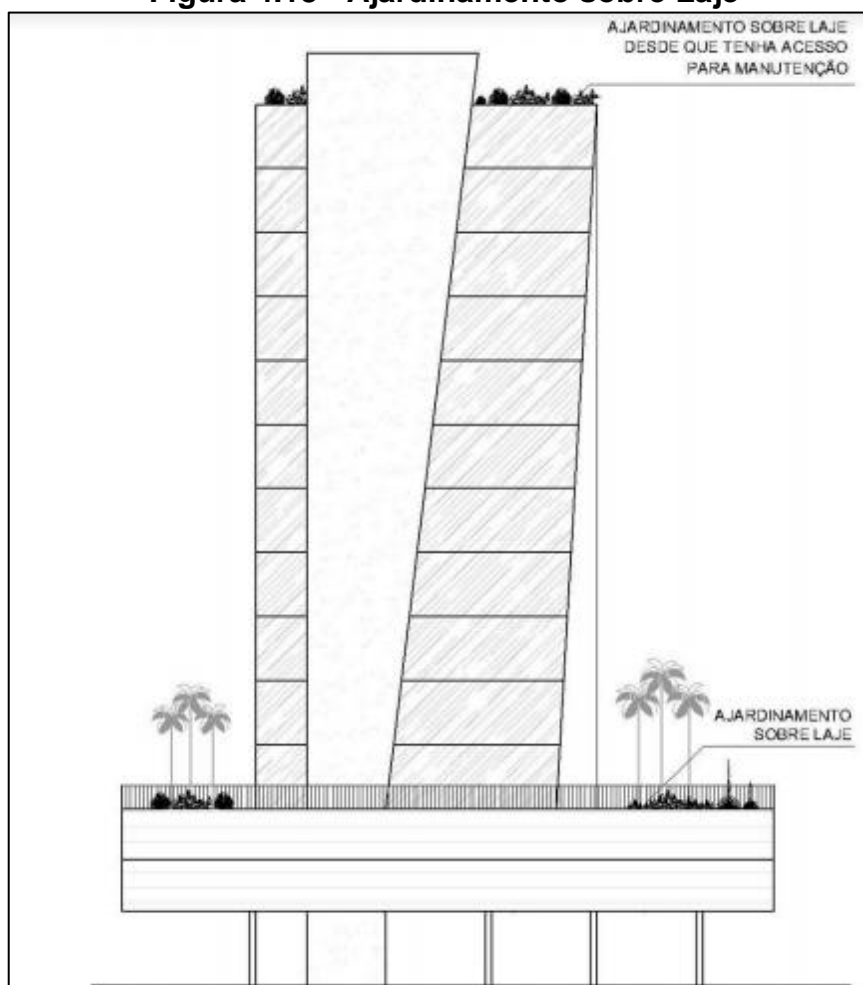
“As zonas, diferenciadas segundo os potenciais de adensamento e as demandas de preservação e proteção ambiental, histórica, cultural, arqueológica ou paisagística, são as seguintes:

- I - Zona de Preservação Ambiental - ZPAM -;
- II - Zona de Proteção - ZP -;
- III - Zona de Adensamento Restrito - ZAR -;
- IV - Zona de Adensamento Preferencial - ZAP -;
- V - Zona Central - ZC -;
- VI - Zona Adensada - ZA -;
- VII - Zona de Especial Interesse Social - ZEIS -;
- VIII - Zona de Grandes Equipamentos - ZE.”

Segundo o artigo 53º da Lei nº 9.959/10, com exceção das edificações localizadas nas ZPAM e nas ZPs, as demais podem ter 100% da área do terreno impermeabilizada, desde que atendam as seguintes condições (SMREG e SMSUR, 2012):

- Haja área descoberta, com vegetação, proporcional à área permeabilidade mínima, situada totalmente ou parcialmente sobre lajes, jardineiras ou pavimentos elevados, que permita uma camada de substrato mínima de 20cm, em qualquer nível da edificação. Esta área deve possuir acesso para manutenção e ser integrada ao empreendimento (ver figura 4.18);
- Haja uma “caixa de captação” e drenagem, que tenha até 30 litros de água pluvial por metro quadrado de terreno impermeabilizado acima do limite da área permeável prevista.

**Figura 4.18 - Ajardinamento sobre Laje**



Fonte: SMREG e SMSUR, 2012.

#### **4.9 Tese: Avaliação de estratégias para a redução do consumo de água de abastecimento como meio de diminuição da pressão sobre os recursos hídricos.**

Chaib (2016) em sua tese: Avaliação de estratégias para a redução do consumo de água de abastecimento como meio de diminuição da pressão sobre os recursos hídricos, realiza um estudo de caso no qual faz uma organização do cadastro de edificações residenciais unifamiliares (casas) e multifamiliares (edifícios de apartamentos) existentes no município de Belo Horizonte, determinando projetos-padrões para cada situação. Esta organização das edificações é realizada através de características como: área de cobertura, padrão construtivo e altura. Com os projetos-padrão definidos, analisou-se a viabilidade técnica (da parte hidráulica) e financeira (da visão do investidor privado) de dispositivos e ações para a redução do consumo residencial de água potável em escala municipal.

O autor, por meio da correlação de cinco projetos-padrão residenciais unifamiliares e dez multifamiliares, reduz e compatibiliza a variabilidade das edificações, utilizando como base, principalmente, a ABNT NBR12.721/2006. Chaib (2016) estabeleceu três projetos-padrão a mais que os da norma: R1-X (unifamiliar), R8-X e R8-Y (multifamiliares) e determinou o número de edificações existentes no município correspondente a cada projeto-padrão.

Chaib (2016) apresenta conforme ABNT NBR 12.721/2006 a nomenclatura dos projetos-padrão residenciais com suas características gerais, que diferenciam os projetos entre si (ver tabela 4.4). No Anexo A verifica-se tais características em detalhes.

O cadastro de edificações residenciais existentes em Belo Horizonte foi estudado visando ao estabelecimento de correlação qualitativa e quantitativa com os projetos-padrão, obtendo-se o número correspondente de edificações existentes no município segundo cada projeto-padrão da NBR 12721 (ABNT, 2006) (CHAIB, 2016).

**Tabela 4.4 - Nomenclatura dos projetos-padrão de edificações residenciais**

Projetos-Padrão - Nomenclatura e características gerais	
Unifamiliares (casas)	
RP1-Q	Residência unifamiliar popular (1 pavimento)
R1-B	Residência padrão baixo (1 pavimento)
R1-N	Residência padrão normal (1 pavimento)
R1-A	Residência padrão alto (1 pavimento)
R1-X <sup>(1)</sup>	Residência padrão luxo (2 pavimentos)
Multifamiliares (edifícios de apartamentos)	
PIS	Residência multifamiliar - projeto de interesse social (térreo e 4 pavimentos-tipo)
PP-B	Residência multifamiliar - padrão baixo (térreo e 3 pavimentos-tipo)
R8-B	Residência multifamiliar - padrão baixo (térreo e 7 pavimentos-tipo)
PP-N	Residência multifamiliar - padrão normal (pilotis e 4 pavimentos-tipo)
R8-N	Residência multifamiliar - padrão normal (garagem, pilotis e 8 pavimentos-tipo)
R8-Y <sup>(1)</sup>	Residência multifamiliar - padrão normal (garagem, pilotis e 8 pavimentos-tipo)
R16-N	Residência multifamiliar - padrão normal (garagem, pilotis e 16 pavimentos-tipo)
R8-A	Residência multifamiliar - padrão alto (garagem, pilotis e 8 pavimentos-tipo)
R8-X <sup>(1)</sup>	Residência multifamiliar - padrão alto (garagem, pilotis e 8 pavimentos-tipo)
R16-A	Residência multifamiliar - padrão alto (garagem, pilotis e 16 pavimentos-tipo)

**Fonte: Chaib, 2016.**

Segundo Chaib (2016), os dados cadastrais e mapas do município foram fornecidos pela Gerência de Cadastros Tributários da Secretaria Municipal de Finanças da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PMBH). Utilizando programas computacionais, tais como Excel 2007 e MapInfo 11.0, foram selecionadas, a partir do banco de dados extraído dos Índices Cadastrais do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) e da codificação dos setores censitários do IBGE, as informações relevantes ao estudo.

Destaca-se que a base de dados original da PMBH possui quatro classificações de edificações residenciais: barracão, casa, apartamento e vaga de garagem residencial. Na nova divisão as duas primeiras foram inseridas na classificação de edificações residenciais unifamiliares, enquanto as informações relativas aos apartamentos foram inseridas na classificação de edificações residenciais multifamiliares e as vagas de garagem não foram computadas (CHAIB, 2016).

Conforme a PMBH os padrões construtivos são divididos, de acordo com as características construtivas do imóvel, em: P1 (popular), P2 (baixo), P3 (normal),



P4 (alto) e P5 (luxo). Para adaptar à ABNT NBR 12721/2006 que define os padrões como baixo, normal e alto, Chaib (2016) reagrupa os padrões em:

- P1P2 (baixo);
- P3 (normal);
- P4P5 (alto).

Chaib (2016) classifica as edificações residenciais como:

- Edificações residenciais unifamiliares: Casas P1P2, Casas P3 e Casas P4P5;
- Edificações residenciais multifamiliares: Edifícios P1P2, Edifícios P3 e Edifícios P4P5.

Ao realizar a análise das bases de dados obtidas através dos dados fornecidos pela PMBH, Chaib (2016) identificou o de registro áreas de projeção da cobertura muito reduzidas (menor que 10 m<sup>2</sup>) e muito grandes (acima de 1000 m<sup>2</sup>). As áreas de pequena projeção foram desconsideradas. As áreas com projeção elevada foram entendidas como um erro, pois às distorções no levantamento aerofotogramétrico realizado em 2008, trataram como uma única edificação unidades distintas que estavam muito próximas entre si.

Chaib (2016) utilizou o método proposto por Naguettini e Pinto (2007) para identificar os pontos atípicos na amostra, ou seja, os *outliers* superiores (OS). Após identificados, os mesmos foram desconsiderados.

Segundo Chaib (2016), através da análise inicial dos dados fornecidos pela PMBH, foram elaborados histogramas, que representam a distribuição das edificações no município, contribuindo para melhorar a identificação de *outliers*.

A sistematização dos dados tornou possível analisar comparativamente os projetos-padrão existentes e a distribuição de edificações residenciais reduzindo assim sua variabilidade. Para as simulações de implantação dos dispositivos hidráulicos, equiparou-se os projetos-padrão e os domicílios existentes conforme as características específicas das edificações unifamiliares (casas) e multifamiliares (edifícios de apartamentos), sendo essas características,

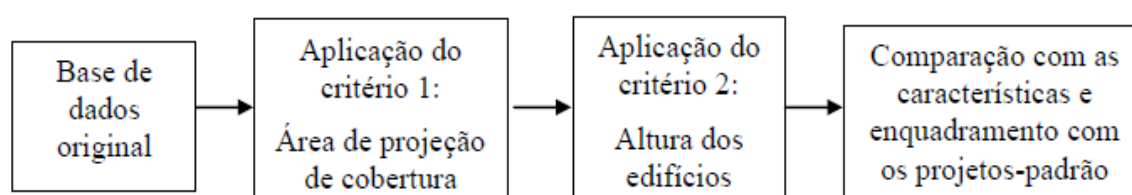
fundamentais nas análises do potencial econômico de água potável a nível municipal (CHAIB, 2016).

De acordo com a base de dados, o principal parâmetro disponível para as edificações residenciais unifamiliares é a área de projeção de cobertura (área de captação de água de chuva). As edificações multifamiliares podem ser analisadas através de cinco parâmetros:

- Área total de construção, área de projeção de cobertura;
- Número de pavimentos;
- Altura do edifício e número de inscrições cadastrais vinculadas ao edifício;
- Variável que corresponde ao número de unidades privativas (apartamentos).

Chaib (2016) verificou que para o caso das edificações multifamiliares, os projetos-padrão de edifícios residenciais adotados apresentaram áreas de projeção de cobertura muito próximas entre si, conforme verificado no Anexo A, dificultando o uso somente dessa variável nos estudos de enquadramento com os edifícios existentes. Portanto, considerou-se também a altura dos edifícios como uma segunda variável nos estudos de enquadramento das edificações residenciais multifamiliares, conforme esquema verificado na figura 4.19.

**Figura 4.19 - Enquadramento de edificações multifamiliares e projetos-padrão**



Fonte: Chaib, 2016.

O aerolevantamento a laser, processado pela Secretaria Municipal Adjunta de Planejamento Urbano da PMBH, atualizado em 2011, também foi utilizado para estimar a altura e número de pavimentos dos edifícios, adotando como padrão, 3 metros de altura por pavimento. Reforçando que a quantidade de pavimentos está ligada a quantidade de unidades residenciais, à população que ocupa o edifício e, conseqüentemente, à estimativa de consumo hidráulico (CHAIB, 2016).

Chaib (2016) analisou os sistemas de aproveitamento de água de chuva; a utilização de aparelhos hidráulicos economizadores de água; a medição individualizada em edifícios; a viabilidade financeira e os incentivos ao emprego de alternativas para a redução do consumo de água. Para as análises realizadas utilizou-se como base os projetos-padrão voltados para o município de Belo Horizonte.

Foram levantados os quantitativos de edificações existentes em Belo Horizonte, a partir da base de dados fornecida pela Prefeitura Municipal (PMBH), de acordo com os padrões construtivos, dos edifícios existentes nas regiões administrativas do município.

No Anexo B verifica-se o número de edificações residenciais unifamiliares existentes no município de Belo Horizonte em 2013, separados pela região administrativa e por projetos-padrão. Verifica-se a mesma relação para as edificações residenciais multifamiliares, no Anexo C.

As faixas de áreas de projeção de cobertura de cada edificação residencial foram identificadas e enquadradas de acordo com os projetos-padrão (ver Anexos D e E).

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aplicada ao presente trabalho consistiu de diversas etapas. A pesquisa abordou todas as etapas necessárias para implantação da cobertura verde em edificações.

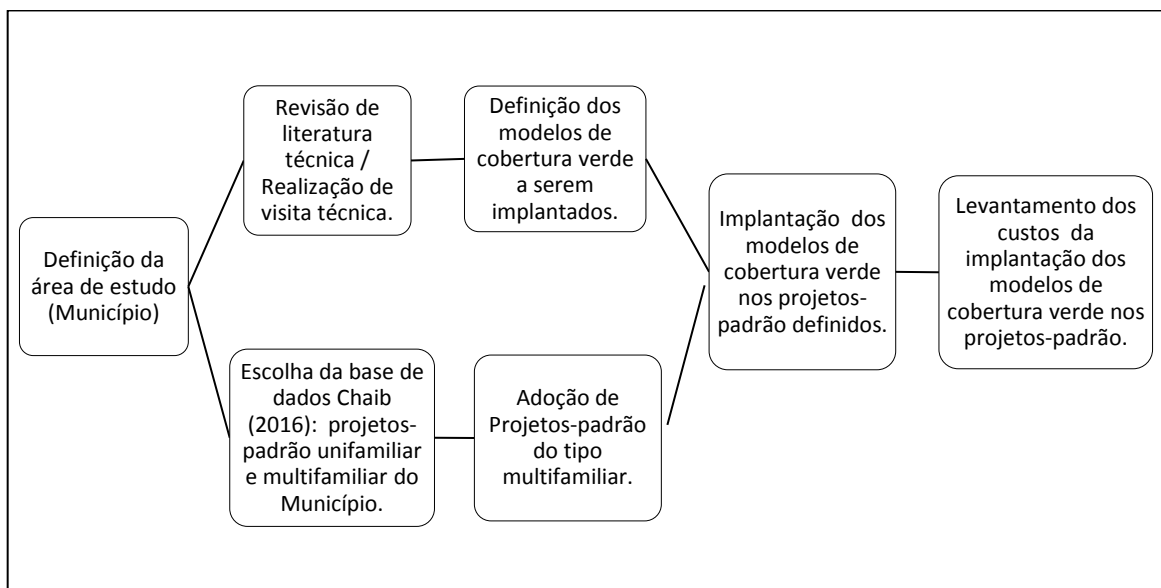
Posteriormente, foi realizada visita técnica em edificação com sistema de cobertura verde em processo de licenciamento pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município de Belo Horizonte. A partir das visitas ao edifício do Centro de Promoção da Saúde Unimed, foi elaborado um estudo de caso, com pesquisas de campo e vistorias da edificação.

Foi também definido, com base nos projetos-padrão de Chaib (2016), os seis projetos de edificação padrão para o município de Belo Horizonte.

Após a definição dos projetos base do município, foram criados três modelos de cobertura verde. Os modelos foram implantados em cada um dos projetos.

Realizado o levantamento dos custos de implantação dos modelos de coberturas verdes para cada projeto padrão (ver figura 5.1).

**Figura 5.1 - Fluxograma indicativo da sequência das etapas metodológicas**



Fonte: A autora.

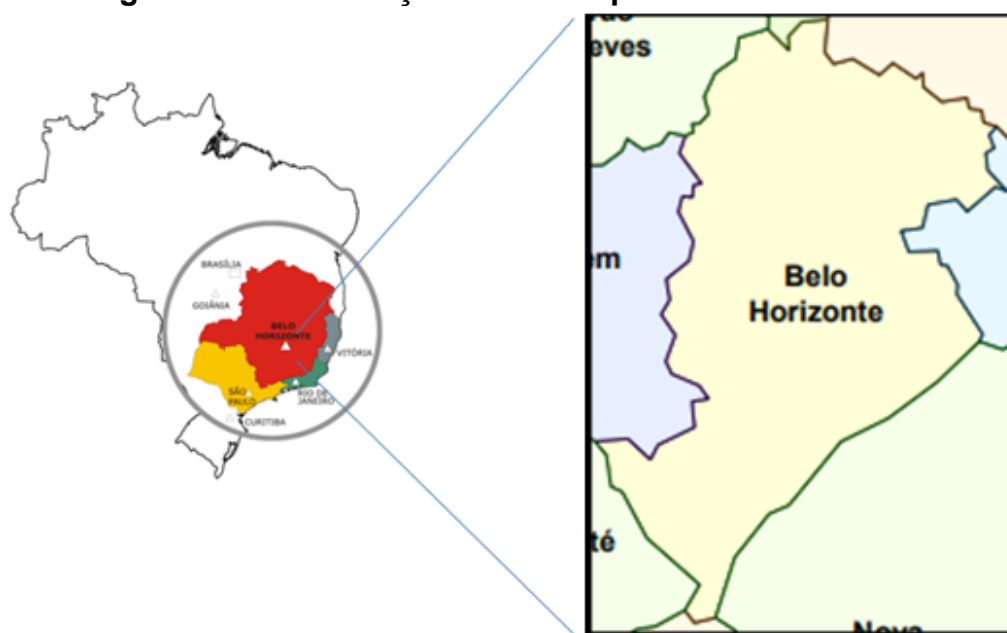
## 5.1 Definição da região onde foi realizada a pesquisa

O município de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais que se localiza na região sudeste do Brasil (ver figura 5.1), teve nos últimos anos, um aumento do número de edificações com cobertura verde. A técnica ainda pouco difundida no Brasil ganhou visibilidade no município devido em parte às medidas compensatórias impostas nos processos de licenciamentos pela prefeitura local.

Ao longo das últimas décadas o município de Belo Horizonte vem sofrendo com as inundações que atingiram principalmente as regiões do Barreiro, Oeste, Pampulha e Venda Nova, de acordo com a identificação das áreas potencialmente suscetíveis a inundação realizada pela SMURBE (ver figura 5.2).

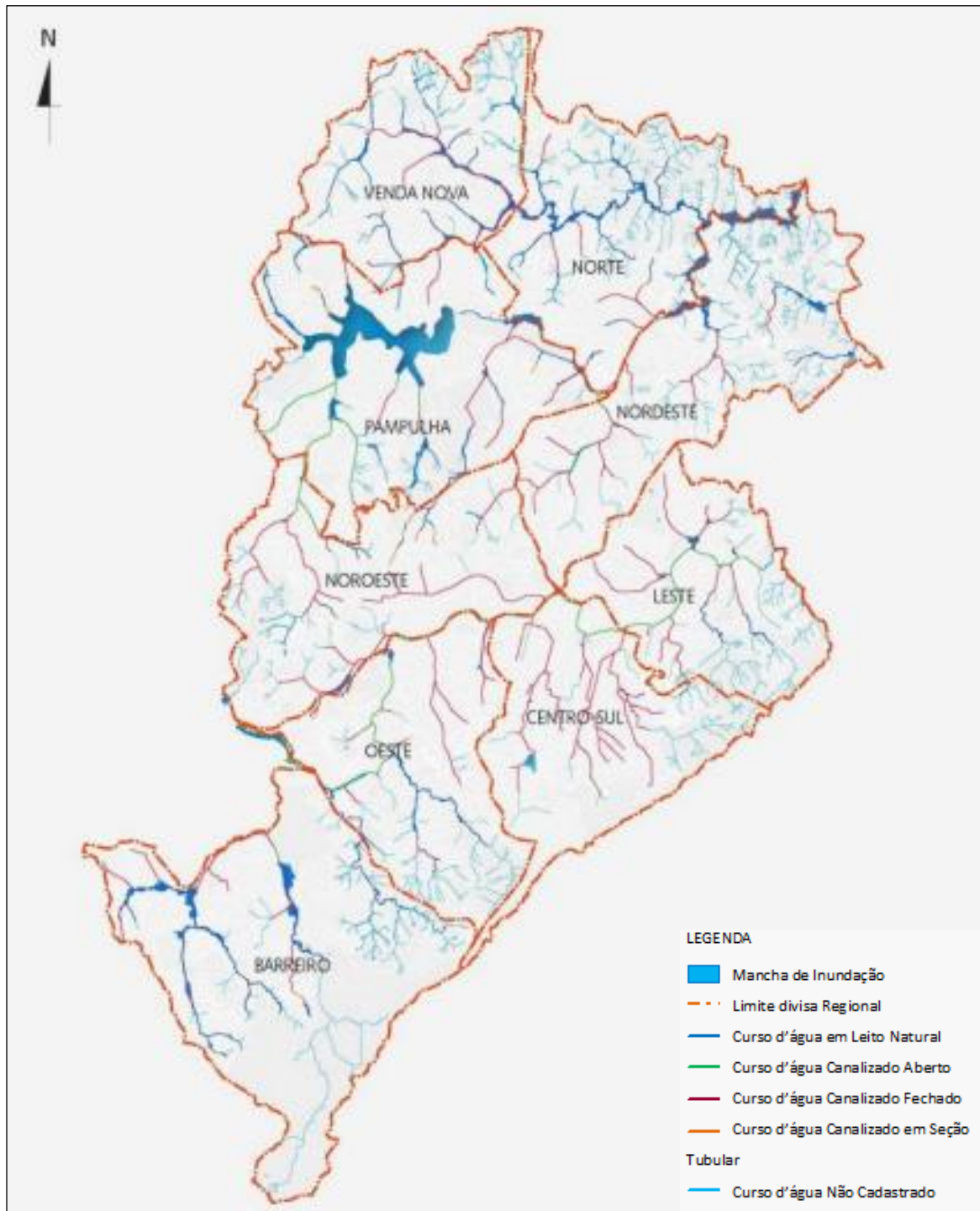
A região definida para o estudo de caso foi o município de Belo Horizonte devido à disponibilidade de projetos-padrão residenciais já existentes, ao acesso a dados cadastrais e estruturas físicas de edificações com cobertura verde, e outras métricas. O município também está dentro da média, quando comparado a outras capitais do Brasil, quanto as taxas de distribuição de renda, índice de desenvolvimento humano e esgotamento sanitário (ver tabela 5.3).

**Figura 5.2 - Localização do Município de Belo Horizonte**



Fonte: ABREPO, 2009 e Prefeitura de Belo Horizonte, 2017.

**Figura 5.3 - Áreas Potencialmente Suscetíveis a Inundação**



Fonte: Secretaria Municipal de Políticas Urbanas (SMURBE, 2009).

**Tabela 5.1 - – Dados de desenvolvimento em municípios brasileiros**

<b>Município</b>	<b>IDH</b>	<b>PIB per capita (10<sup>3</sup> R\$)</b>	<b>Esgotamento sanitário adequado (%)</b>
Belo Horizonte	0,810	35,2	96,2
Brasília	0,824	69,2	87,9
Curitiba	0,823	42,3	96,3
Florianópolis	0,847	37,5	87,8
Fortaleza	0,754	22,1	74,0
Manaus	0,737	33,4	62,4
Porto Alegre	0,805	43,4	93,0
Rio de Janeiro	0,799	46,4	94,4
Salvador	0,759	19,5	92,8
São Paulo	0,805	52,7	92,6
Vitória	0,845	66,4	98,1

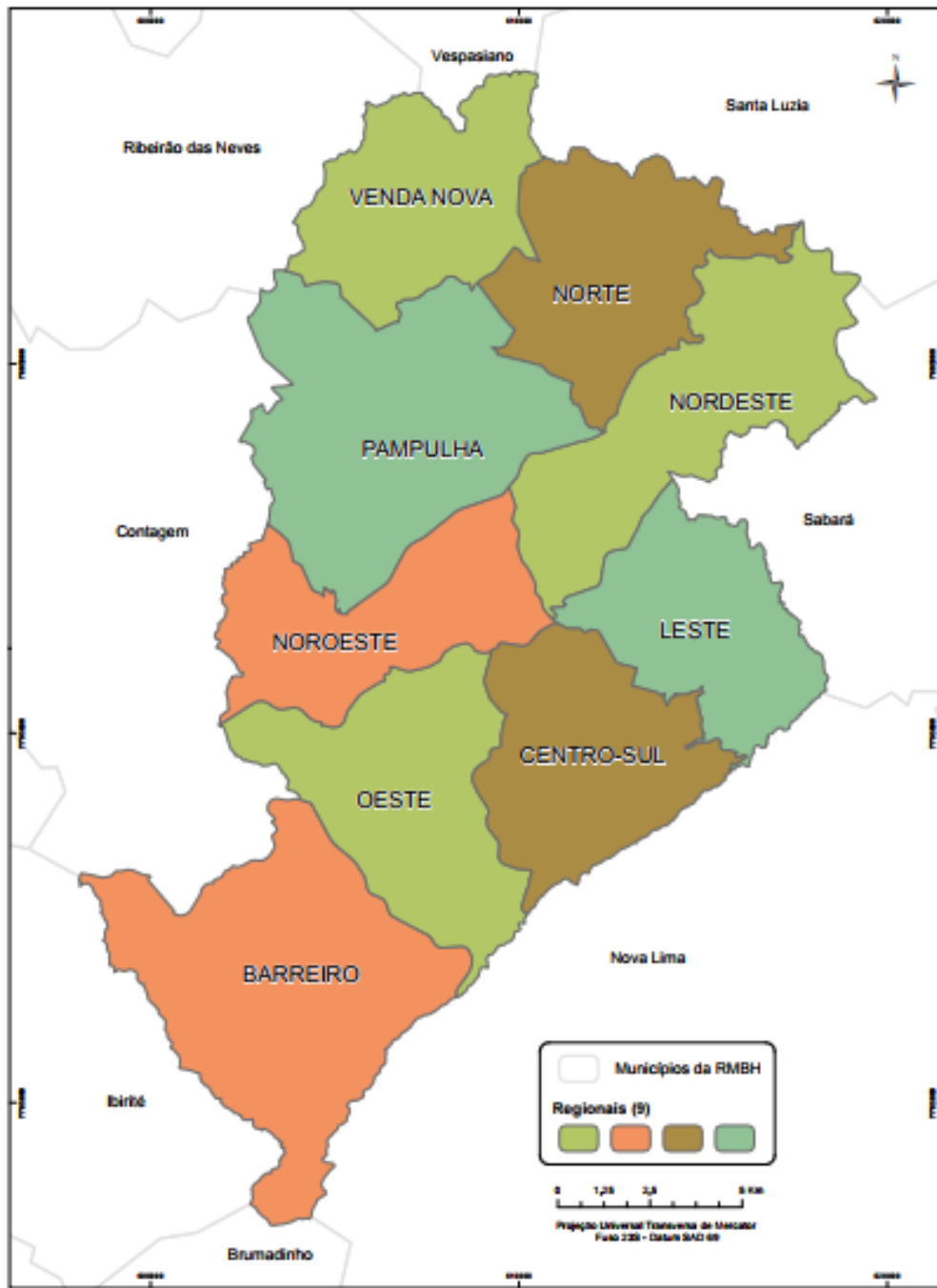
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2018.

## **5.2 Caracterização da região onde foi realizada a pesquisa**

A região do estudo de caso da presente pesquisa é o município de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, localizado na região sudoeste do estado. Fundada em 12 de dezembro de 1897 o município, sexto mais populoso do Brasil, possui uma população de 2.501.576 habitantes distribuídos em uma área de 331,401 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018).

A cidade de Belo Horizonte tem como limite sul a Serra do Curral e possui divisas com os municípios de Nova Lima e Brumadinho ao sul, com Sabará e Santa Luzia a leste, com Santa Luzia e Vespasiano ao norte e com Ribeirão das Neves, Contagem e Ibirité a oeste. O município se divide em 9 (nove) regiões administrativas, denominadas como: Barreiro, Centro-Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Oeste, Pampulha e Venda Nova (ver figura 5.4).

**Figura 5.4 - Regiões administrativas do município de Belo Horizonte**



Fonte: PMBH, 2017.

Segundo Nascimento (2005 apud PARISI JONOV, 2012), 94% da superfície total do município de Belo Horizonte corresponde à área parcelada e 6% a área de preservação. Baseado na Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do Município de Belo Horizonte, Assis (2010) adotou 11 (onze) classes de uso do solo (ver tabela 5.2) e através das classes elaborou o mapa de uso do solo (ver figura 5.5).



O município divide-se em duas unidades de climas locais, o Clima Tropical de Altitude da Depressão de Belo Horizonte e o Clima Tropical de Altitude da Serra do Quadrilátero Ferrífero (ASSIS, 2010). O Clima Tropical, de acordo com a Prefeitura de Belo Horizonte, é caracterizado pelo regime sazonal de chuvas e estações úmida, chuvosa (verão) e seca (inverno). A temperatura média anual entre os anos de 1911 a 2009 no município, elevou-se cerca de 1,5°C, variando de 20,4°C no ano de 1911 até 21,9°C em 2009 (ASSIS, 2010).

A vegetação característica do município é a Floresta Estacional Semidecidual, representada na figura 5.6 pela cor bege escuro (IBGE, 2018). Nos dias atuais devido a forte urbanização, quase não se observa a Mata Atlântica.

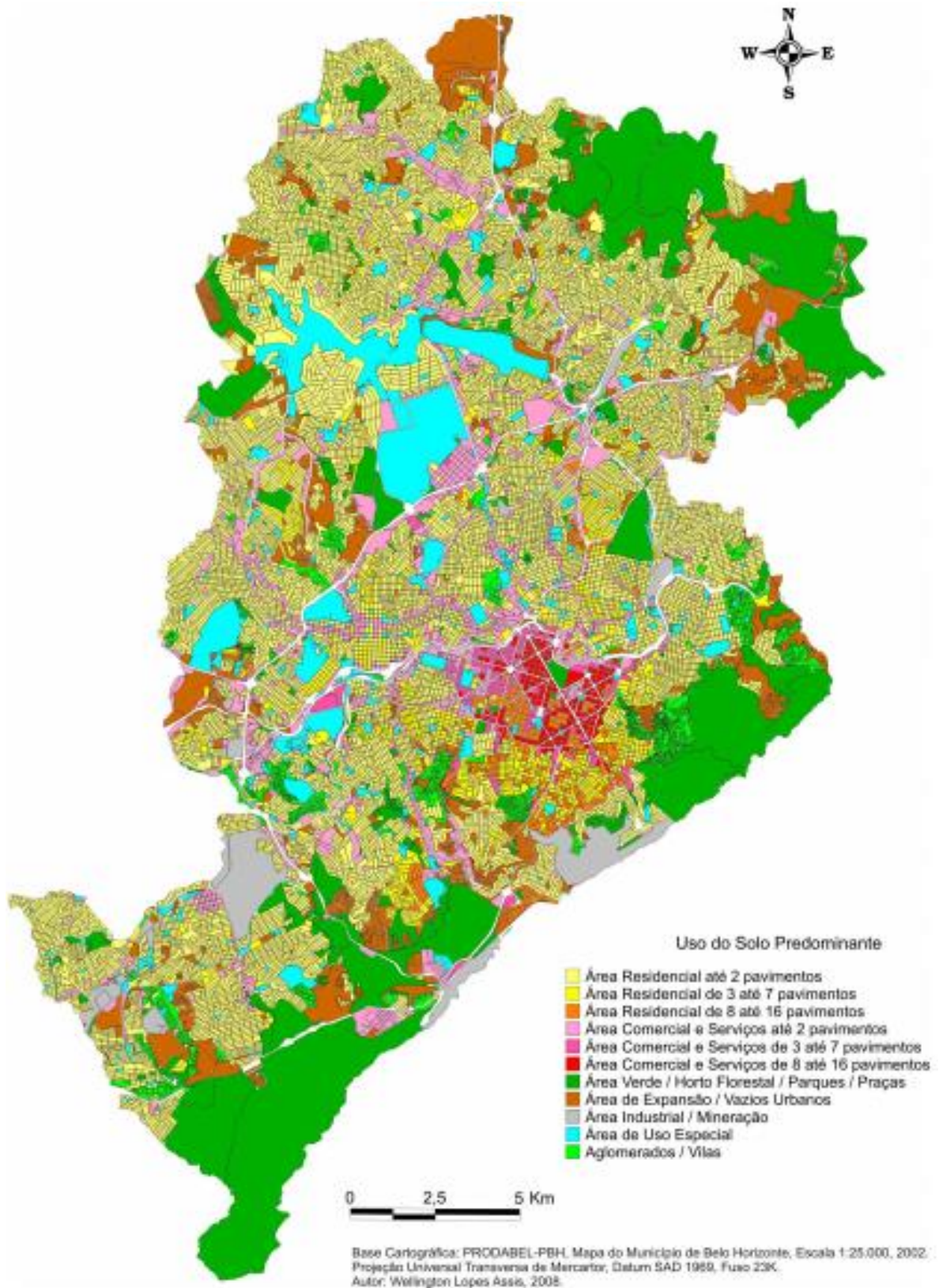
**Tabela 5.2 - Classe de uso do solo predominante do município de Belo Horizonte.**

<b>Tipo de Uso</b>	<b>Cor</b>	<b>Código</b>
Área Residencial até 2 pavimentos	Bege	1
Área Residencial de 3 até 7 pavimentos	Amarelo	2
Área Residencial de 8 até 16 pavimentos	Laranja	3
Área Comercial e Serviços até 2 pavimentos	Rosa Claro	4
Área Comercial e Serviços de 3 até 7 pavimentos	Rosa	5
Área Comercial e Serviços de 8 até 16 pavimentos	Vermelho	6
Área Verde / Horto Florestal / Parques / Praças	Verde	7
Área Não Urbanizada	Marrom	8
Área Industrial / Mineração	Cinza	9
Área de Uso Especial	Azul-Céu	10
Aglomerados / Vilas	Verde Brilhante	11

Fonte: Assis, 2010.

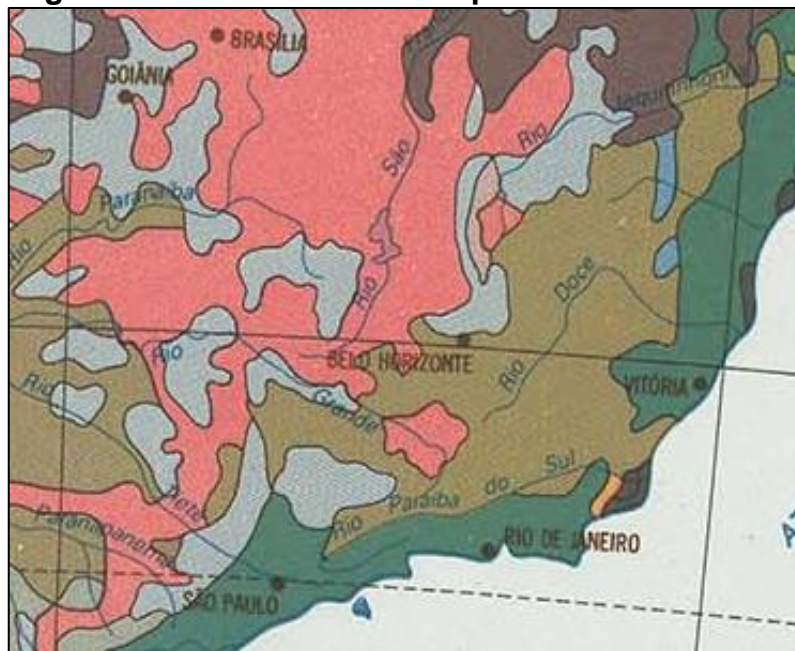
Encontram-se licenciados no município de Belo Horizonte, de acordo com consulta realizada no mês de Junho de 2017 a Gerência de Licenciamento de Comércio e Prestação de Serviço (GELCP) da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA), quatorze empreendimentos (ver Anexo F). Os empreendimentos possuem um substrato, camada de solo, de 40 e 80 cm e detêm sistemas de captação, armazenamento e uso das águas pluviais.

Figura 5.5 - Mapa de uso do solo do município de Belo Horizonte.



Fonte: Assis, 2010.

**Figura 5.6 - Biomas do município de Belo Horizonte**



Fonte: IBGE, 2004.

### **5.3 Vistoria em edificação com cobertura verde no município de Belo Horizonte**

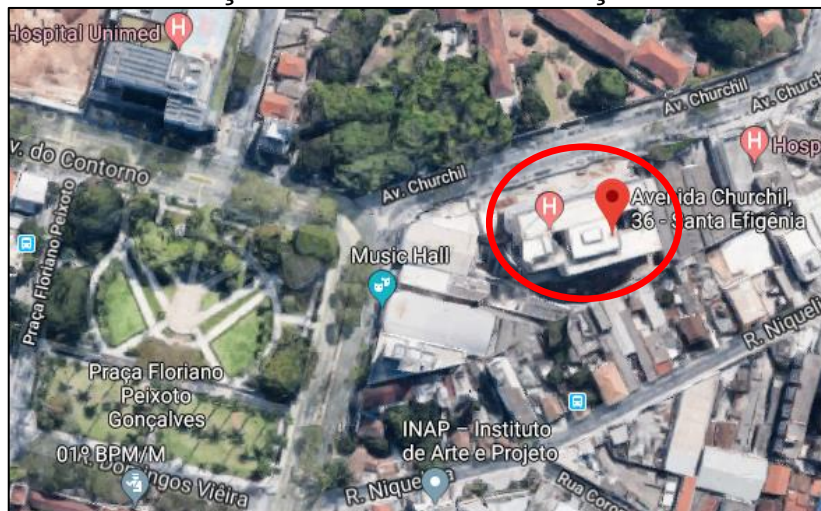
O Centro de Promoção da Saúde Unimed, localizado à Avenida Churchill, nº36, no bairro Santa Efigênia, foi inaugurado em 2015 (ver figura 5.7). O empreendimento teve como objetivo reduzir o déficit em infraestrutura existente no município de Belo Horizonte frente a grande demanda por centros de saúde privados.

O projeto, licenciado na prefeitura do município conforme definido pelo Decreto Nº 14.594, de 30 de setembro de 2011, passou por análise de várias secretarias. O licenciamento de edificações comerciais em Belo Horizonte exige que uma taxa do terreno seja permeável, e para empreendimentos de grande impacto, que é o caso do Centro de Saúde da Unimed-BH, há exigências complementares.

Desta forma, a Prefeitura de Belo Horizonte, por meio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA), vinculou a concessão da baixa de construção e licença ambiental, à implementação de cobertura verde no telhado da edificação.



**Figura 5.7 - Localização do Centro de Promoção da Saúde Unimed**



Fonte: Google Earth, 2017.

A Unimed, em atendimento às exigências para o licenciamento, fez um projeto de implantação da cobertura verde, assim como todo o sistema de drenagem da água de chuva proveniente do mesmo (ver Anexos G e H).

O Centro de Promoção da Saúde Unimed foi escolhido para visita através de indicação da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA) que listou alguns empreendimentos licenciados pela secretaria já finalizados, que poderiam ser visitados. A fim de conhecer melhor a edificação, o funcionamento e manutenção de uma cobertura verde, foi então realizada visita técnica no dia vinte e cinco às 9 horas no mês de setembro do ano de 2017, acompanhada pelos professores do Departamento de Engenharia de Materiais de Construção (DEMC) e Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG (EHR).

A visita realizada contou com a orientação do engenheiro responsável pela Gestão do Plano Diretor de Obras da Unimed-BH (GPDO), o qual apresentou toda a estrutura da cobertura verde e sanou as dúvidas.

Durante a visita observou-se que a cobertura da edificação possui uma área destinada à cobertura verde e outra destinada à circulação de pessoas. A partir da visita realizada e do projeto paisagístico disponibilizado pela Unimed (ver Anexo I), foi gerado o Quadro 5.1 com as espécies utilizadas no local.

**Quadro 5.1 - Espécies utilizadas no Centro de Promoção da Saúde Unimed**

<b>Espécies</b>	<b>Nome Científico</b>	<b>Porte</b>
Gramma São Carlos	<i>Axonopus compressus</i>	Pequeno
Gramma Amendoim	<i>Arachis repens</i>	Pequeno
Azulzinha	<i>Evolvulus glomeratus</i>	Médio
Vedélia	<i>Wedelia</i>	Médio
Semânia	<i>Gloxinia sylvatica</i>	Médio
Jasmim Amarelo	<i>Jasminum mesnyi</i>	Médio
Falsa Érica	<i>Cuphea gracilis</i>	Médio
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	Grande
Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>	Grande
Jabuticaba	<i>Myrciaria cauliflora</i>	Grande
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Grande

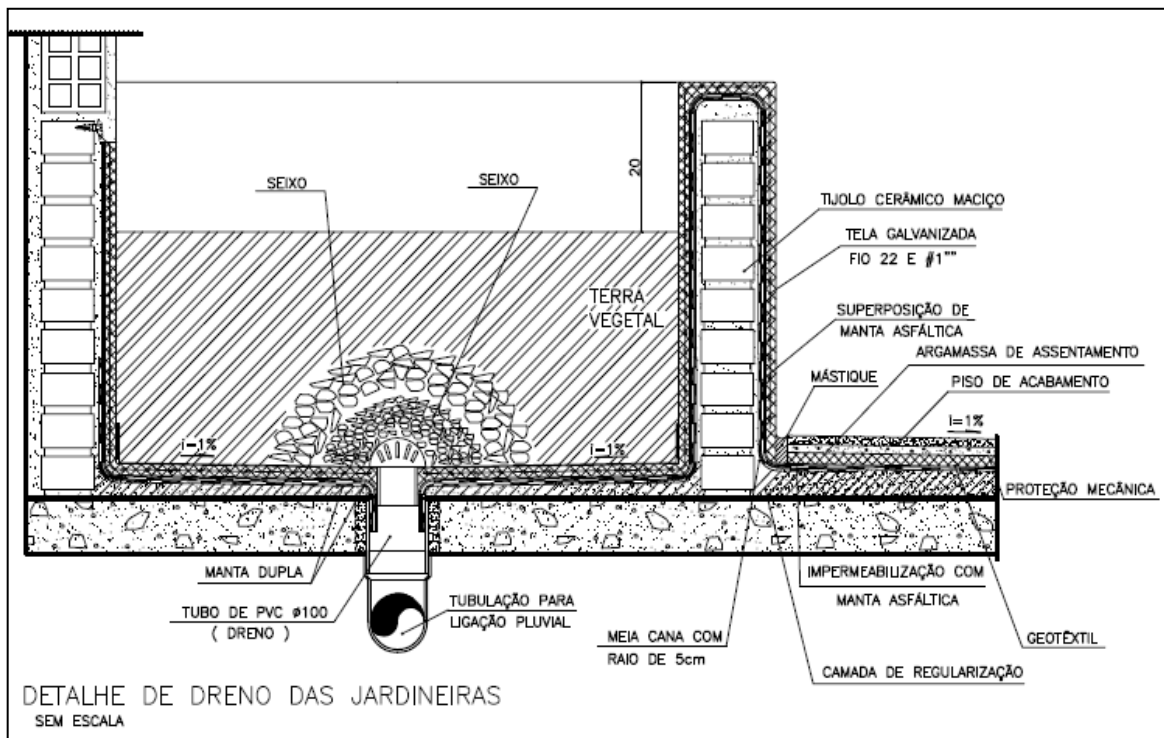
**Fonte: A autora.**

A cobertura verde da edificação é do tipo intensivo, com a presença de vegetação de porte pequeno a grande. As espécies utilizadas na cobertura verde são características do clima tropical e originárias em sua maioria da América do Sul. A única exceção é a espécie Jasmim Amarelo que é de origem asiática, mas que se adaptou ao clima do local.

O tipo de vegetação utilizada requer constante adubação e irrigação. A irrigação ocorre através de um sistema automatizado que é programado para irrigar durante um intervalo de tempo, em horários específicos do dia. Caso chova, o sistema é programado para não fazer a irrigação, já que a cobertura verde estará saturada, não necessitando de água no momento.

O jardim possui áreas destinadas à manutenção (ver figura 5.11), sendo seu acesso restrito aos funcionários e os cuidados realizados por profissionais com a utilização de equipamentos de segurança, devido ao risco de queda. O detalhe da cobertura verde pode ser visto na figura 5.8.

**Figura 5.8 - Detalhe do dreno das jardineiras do Centro de Promoção da Saúde Unimed**



Fonte: Unimed, 2016.

A cobertura possui um sistema de drenagem composto por tubulações de 100 de diâmetro visualizado através do forro da laje tipo *steel deck* do andar de abaixo. Os forros foram posicionados em módulos de placas de *drywall* e com a remoção dessas placas foi possível à visualização da tubulação.

O sistema de drenagem adotado não separa a água oriunda da irrigação das águas pluviais, e não existe um sistema de captação para possível reutilização dessa água.

A vantagem da implantação da cobertura verde na edificação é a diminuição do escoamento das águas pluviais e o retardamento do pico de vazão de água devido ao jardim deter parte da água e começar a lançá-la apenas depois que o solo estiver saturado, quando comparado com outros sistemas de cobertura.

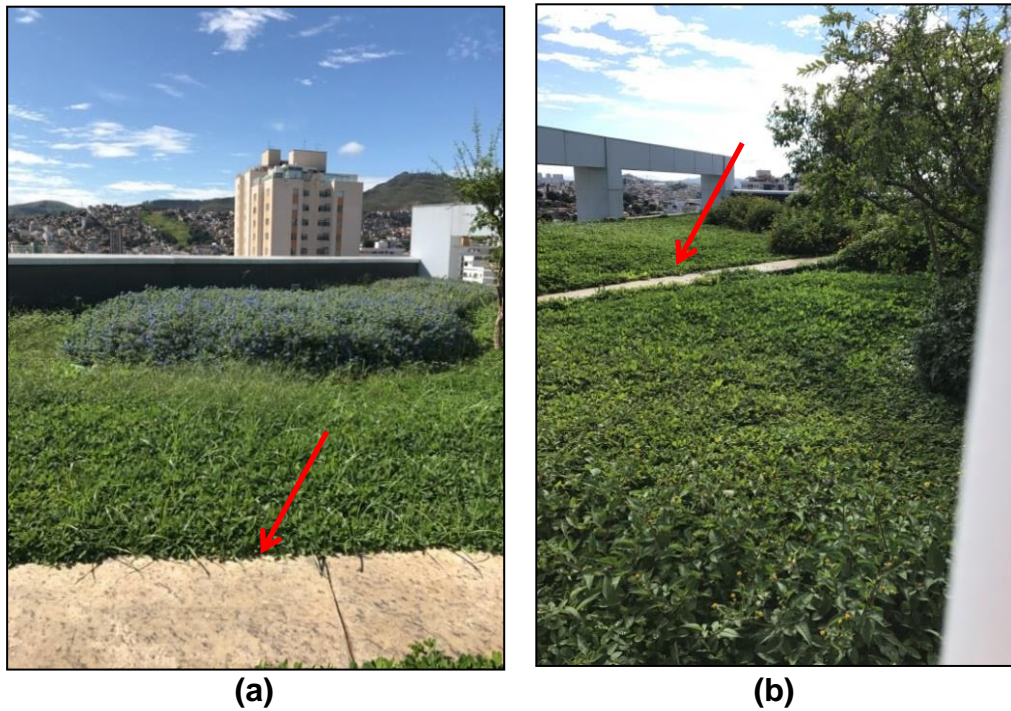
As figuras 5.9 a 5.12 mostram a cobertura verde já implantada no Centro de Promoção da Saúde Unimed – Unidade Santa Efigênia.

**Figura 5.9 - Vegetação da cobertura verde do Centro de Promoção da Saúde Unimed: (a) Vegetação do porte grande (b) Vegetação do porte médio**



Fonte: A autora.

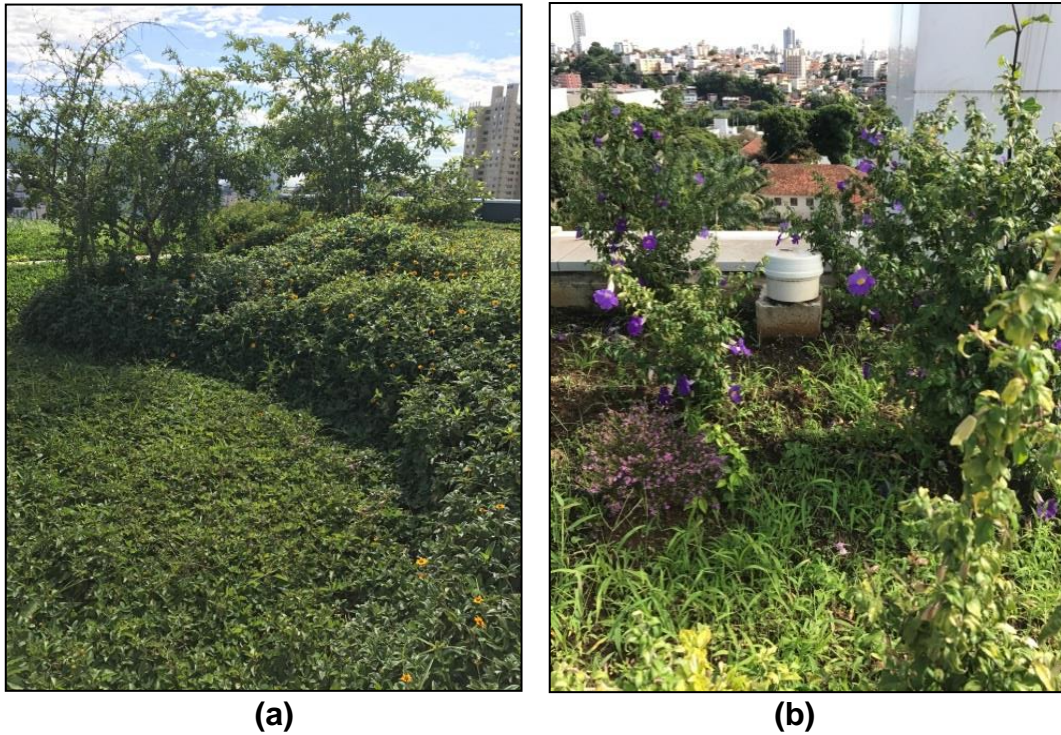
**Figura 5.10 - Área destinada a manutenção da cobertura verde do Centro de Promoção da Saúde Unimed: (a) Caminho de acesso ao Jardim (b) Caminho de acesso ao Jardim**



Fonte: A autora.

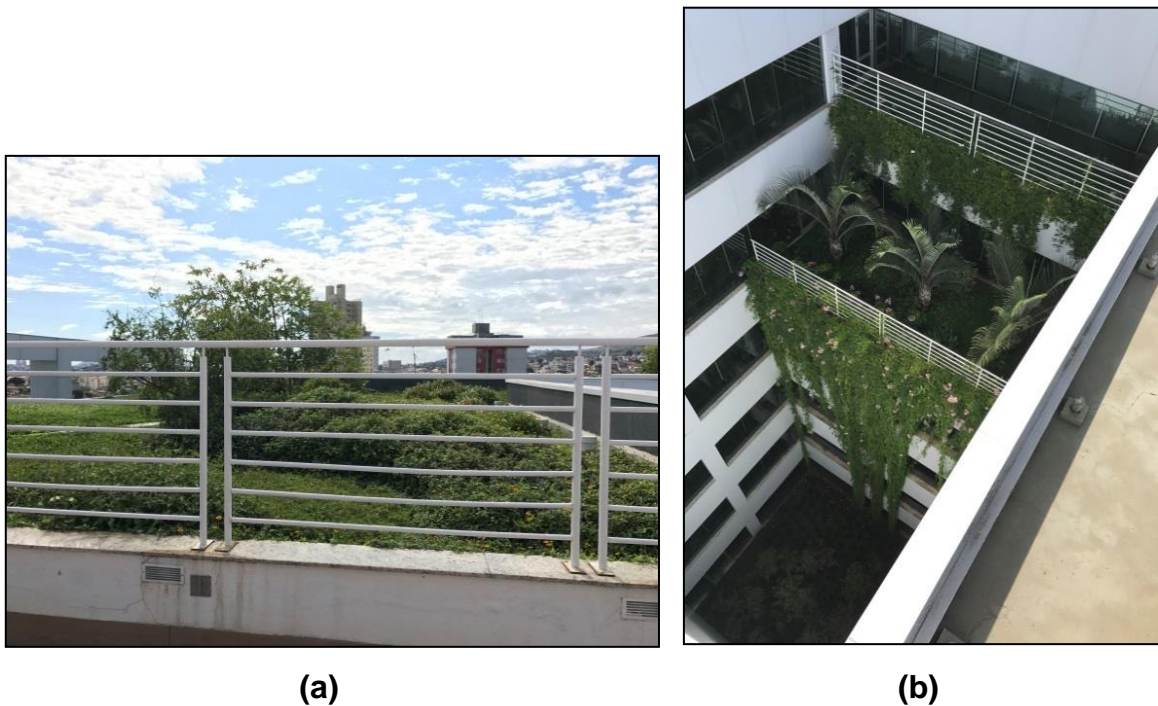


**Figura 5.11 - Vista geral da Cobertura verde do Centro de Promoção da Saúde Unimed: (a) porte da vegetação (b) tipos de espécies da vegetação**



Fonte: A autora.

**Figura 5.12 - Vista geral da Cobertura verde do Centro de Promoção da Saúde Unimed: (a) Separação da cobertura (b) área verde interna do prédio**



Fonte: A autora.



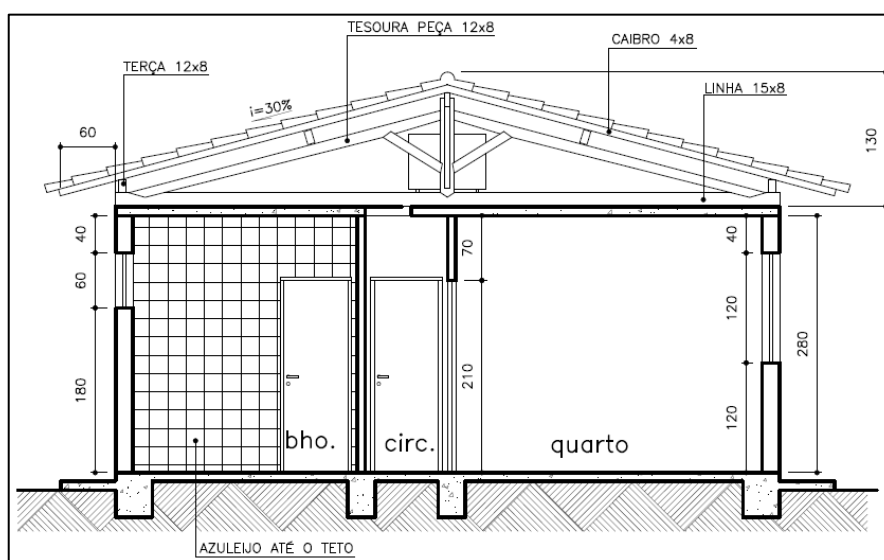
## 5.4 Definição das edificações do município de Belo Horizonte a serem estudadas

Para a definição das edificações do município de Belo Horizonte, a presente pesquisa utilizou como base dados a tese de Chaib (2016), projetos-padrão da Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (2001), NBR 12.721 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006) e PMBH.

De acordo com Chaib (2016), as edificações residenciais se dividem em unifamiliar (casas) e multifamiliares (edifícios de apartamentos). Com base nos projetos-padrão (Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil, 2001) baseados na ABNT NBR 12.721/2006 e nos dados das edificações do município repassadas pela PMBH, foram definidos 5 (cinco) projetos-padrão residenciais unifamiliares e 10 (dez) multifamiliares de acordo com as edificações residenciais existentes em Belo Horizonte (ver tabela 4.3 citada anteriormente).

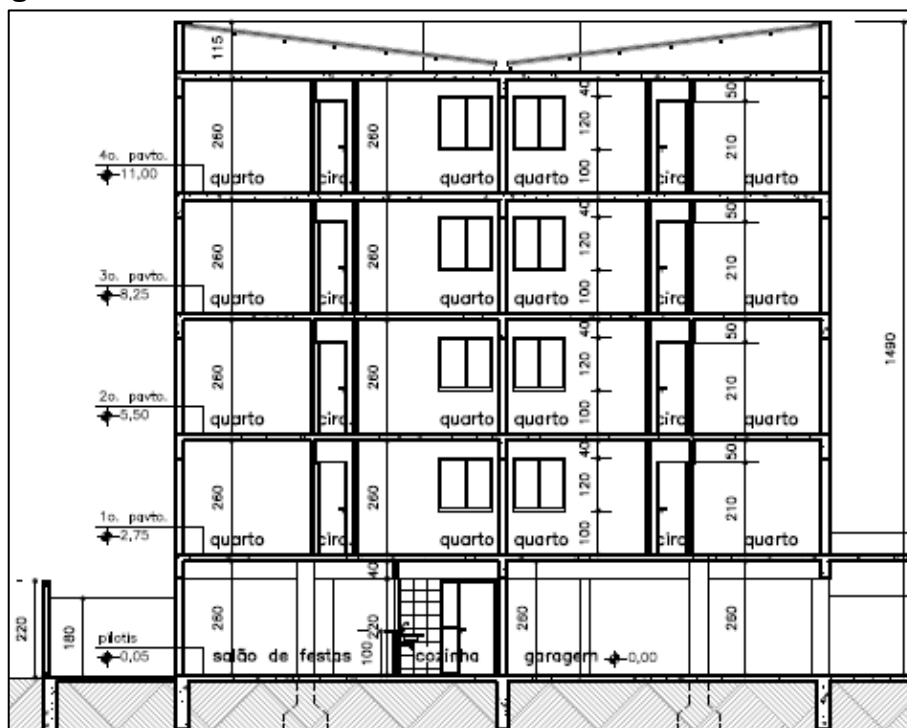
Os projetos-padrão residenciais unifamiliares, de acordo com modelos da Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (2001), caracterizam-se pela cobertura de telhado convencional com inclinação igual ou maior que 30% (ver figura 5.13); já os residenciais multifamiliares são do tipo planas, de concreto armado com estruturas de telhas em amianto com inclinação até 7% (ver figura 5.14).

**Figura 5.13 - Detalhe da Unidade Residencial Unifamiliar Padrão Normal**



Fonte: Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil, 2001.

**Figura 5.14 - Detalhe da Unidade Residencial Multifamiliar PP-N**



Fonte: Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil, 2001.

A inclinação de 30% dos telhados dos projetos-padrão unifamiliares (ver tabela 5.3) restringe as opções possíveis de cobertura verde para a estrutura. A cobertura do tipo intensiva torna-se inviável devido à altura necessária do substrato para receber as espécies de maior porte e também ao complexo sistema de drenagem.

**Tabela 5.3- Inclinação dos telhados dos projetos-padrão unifamiliares**

Projetos-padrão		Inclinação Telhado (%)
RP1-Q	Padrão baixo	30
R1-B	Padrão baixo	30
R1-N	Padrão normal	30
R1-A	Padrão alto	30
R1-X	Padrão alto	30

Fonte: A autora.

Após análise das coberturas dos projetos-padrão residenciais unifamiliares (CBIC, 2001), optou-se pela exclusão dos projetos-padrão residenciais unifamiliares, devido à estrutura e a elevada inclinação do telhado convencional. Assim, o estudo ficará restrito às edificações residenciais multifamiliares, ou seja, edifícios de apartamentos.

## 5.5 Definição de tipologias representativas das edificações do município de Belo Horizonte

As tipologias representativas das edificações do município de Belo Horizonte foram definidas baseadas no enquadramento das edificações deste município realizado por Chaib (2016). Os dez projetos-padrão definidos por Chaib (2016) foram compatibilizados e agrupados por meio de suas características, como área de projeção de cobertura e padrão construtivo, gerando assim, seis tipos de projetos-padrão (ver tabela 5.4).

Os projetos identificados por Chaib (2016) como PP-B e R8-B, foram reduzidos a um projeto-padrão, Projeto 2, por caracterizarem-se como de padrão baixo e estarem na mesma faixa de projeção de cobertura. O mesmo raciocínio foi utilizado para compilar os projetos PP-N, R8-N e R16-N em Projeto 3, e os projetos R8-A e R16-A em Projeto 5.

**Tabela 5.4 - Definição dos tipos de Edificação**

Nomenclatura da Edificação	Caracterização da Edificação de acordo com Chaib (2016)			
	Enquadramento com os projetos-padrão*		Áreas de projeção de cobertura (m <sup>2</sup> )*	Altura dos edifícios (m)*
Projeto 1	PIS	Padrão baixo	$A < 200$	-
Projeto 2	PP-B	Padrão baixo	$200 \leq A < 220$	$H < 17$
	R8-B			$H \geq 17$
Projeto 3	PP-N	Padrão normal	$220 \leq A < 370$	$H < 20$
	R8-N			$20 \leq H < 35$
	R16-N			$H \geq 35$
Projeto 4	R8-Y	Padrão normal	$1.000 \leq A < 1.400$	$H < 35$
Projeto 5	R8-A	Padrão alto	$370 \leq A < 750$	$H < 35$
	R16-A			$H \geq 35$
Projeto 6	R8-X	Padrão alto	$750 \leq A < 1.000$	$H < 35$

**Fonte: Elaboração própria baseada em informações de Chaib (2016).**

Conforme descrito na tabela 5.4 acima, os seis projetos de cobertura das edificações adotadas, foram os seguintes:

- **Projeto 1:**

Autoria projeto: Elaboração própria;

Faixa da área de cobertura:  $< 200 \text{ m}^2$ ;

Padrão: baixo;

Características da edificação: térreo + 4 pavimentos tipos com total de 20 unidades residenciais

- **Projeto 2:**

Autoria projeto: CBIC (2001);

Faixa da área de cobertura:  $200 \leq A < 220 \text{ m}^2$ ;

Padrão: baixo;

Características da edificação: térreo + 3 pavimentos tipos; total de 16 unidades residenciais

- **Projeto 3:**

Autoria projeto: CBIC (2001);

Faixa da área de cobertura:  $220 \leq A < 370 \text{ m}^2$ ;

Padrão: normal;

Característica da edificação: pilotis + 4 pavimentos tipo; total de 16 unidades residenciais

- **Projeto 4:**

Autoria projeto: Elaboração própria;

Faixa da área de cobertura:  $1000 \leq A < 1400 \text{ m}^2$ ;

Padrão: normal;

Características da edificação: garagem + pilotis + 8 pavimentos tipo; total de 64 unidades residenciais

- **Projeto 5:**

Autoria projeto: CBIC (2001);

Faixa da área de cobertura:  $370 \leq A < 750 \text{ m}^2$ ;

Padrão: alto;

Características da edificação: garagem + pilotis + 8 pavimentos tipo; total de 16 unidades residenciais

- **Projeto 6:**

Projeto: Elaboração própria;

Faixa da área de cobertura:  $750 \leq A < 1000 \text{ m}^2$ ;

Padrão: alto;

Características da edificação: subsolo + pilotis + 8 pavimentos tipo com total de 32 unidades residenciais

Para cada um dos projetos foram desenvolvidas plantas para demonstrar a implantação da cobertura verde. A elaboração das plantas dos seis projetos foi baseada nos modelos desenvolvidos pela CBIC, referentes os projetos-padrão da ABNT NBR 12.721/2006. Os Projetos 1, 4 e 6 utilizaram como base, as plantas dos projetos-padrão que mais se assemelharam a cada projeto, pois no caso do projeto-padrão PIS (Projeto 1) a planta não foi disponibilizada pela CBIC, e os projetos-padrão R8-Y e R8-X (Projetos 4 e 6 respectivamente) foram criados por Chaib (2016) para adequar as tipologias às edificações existentes no município de Belo Horizonte, não existindo assim, plantas desenvolvidas pelo CBIC para os mesmos.

Para os Projetos 2, 3 e 5, como havia mais de uma planta desenvolvida pelo CBIC para o mesmo projeto, foi utilizada como base a planta do projeto-padrão em pior situação (ver quadro 5.2).

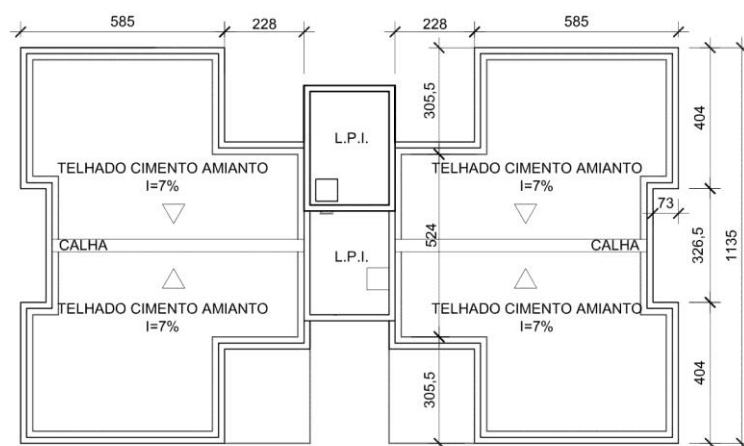
**Tabela 5.5 - Relação dos projetos-padrão CBIC com os projetos adotados**

Nomenclatura da Edificação	Enquadramento projetos-padrão Chaib (2016)		Planta projeto-padrão CBIC	Planta projeto-padrão CBIC utilizada como referencia
<b>Projeto 1</b>	Padrão baixo	PIS	-	<b>H4B</b>
<b>Projeto 2</b>	Padrão baixo	PP-B	H4B	H4B
		R8-B	H8B	
<b>Projeto 3</b>	Padrão normal	PP-N	H4N	H4N
		R8-N	H8N	
		R16-N	H16N	
<b>Projeto 4</b>	Padrão normal	R8-Y	-	<b>H16N</b>
<b>Projeto 5</b>	Padrão alto	R8-A	H8A	H8A
		R16-A	H16A	
<b>Projeto 6</b>	Padrão alto	R8-X	-	<b>H16A</b>

Fonte: A autora.

As plantas com os detalhes de cada um dos Projetos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 são identificadas nas figuras 5.15 a 5.30).

**Figura 5.15- Planta de Cobertura Projeto 1**



**1 DIAGRAMA DE COBERTURA**

ESCALA: 1/150

UNIDADE EM CENTÍMETROS

LPI: LAJE PLANA IMPERMEABILIZADA

ÁREA TOTAL COBERTURA: A<200 m<sup>2</sup>

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

FONTE: CBIC e NBR 12.271

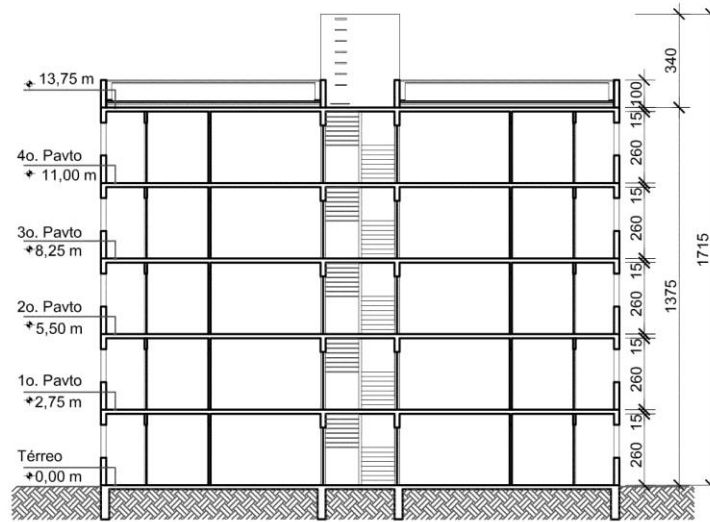
PROJETO 1  
PLANTA DE COBERTURA

DATA:  
Dez/2017

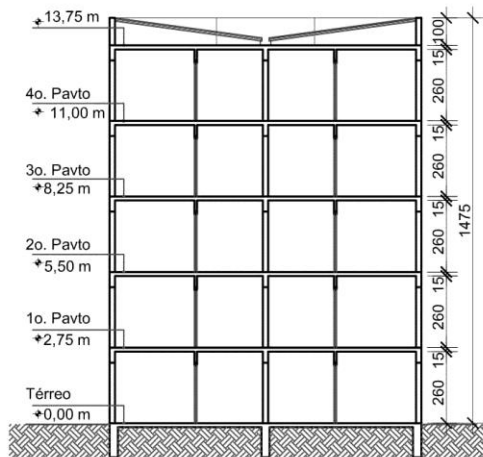
FOLHA:  
01/01

**Fonte: A autora.**

**Figura 5.16 - Planta Cortes Cobertura Projeto 1**



**1** **CORTE AA**  
 ESCALA: 1/200  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS



**2** **CORTE BB**  
 ESCALA: 1/200  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

FONTE: CBIC e NBR 12.271

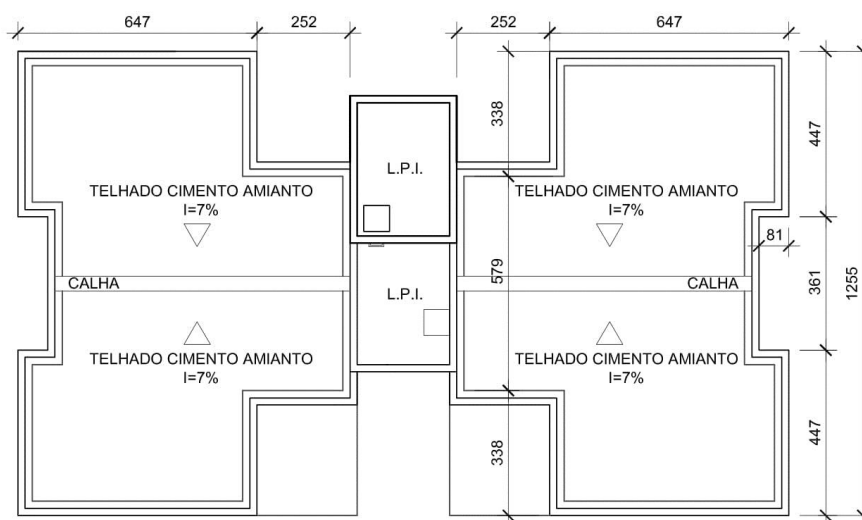
PROJETO 1  
 CORTES

DATA:  
 Dez/2017

FOLHA:  
 01/01

Fonte: A autora.

**Figura 5.17 - Planta de Cobertura Projeto 2**



**1 DIAGRAMA DE COBERTURA**

ESCALA: 1/150  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS  
 LPI: LAJE PLANA IMPERMEABILIZADA  
 ÁREA TOTAL COBERTURA:  $200 \leq A < 220 \text{ m}^2$

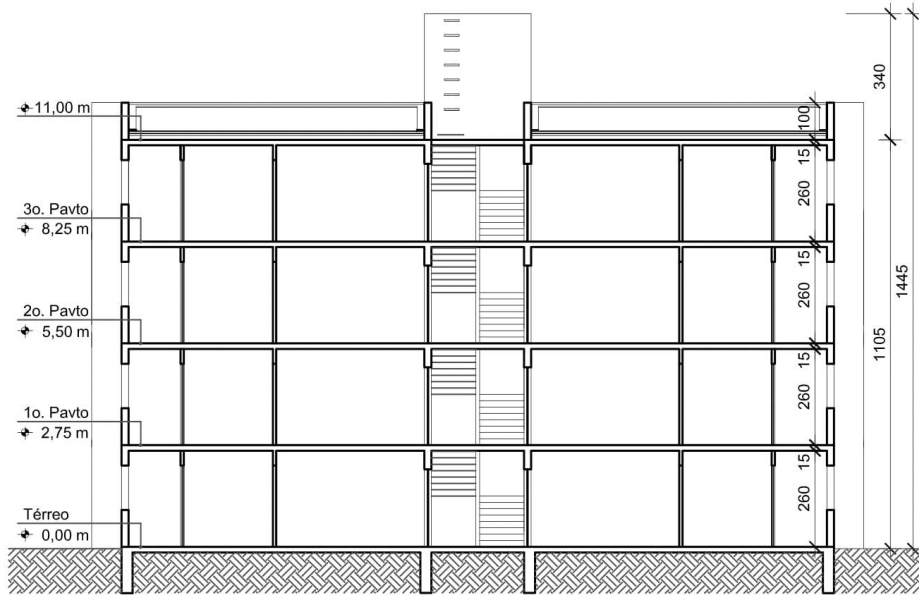
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS	FONTE: CBIC e NBR 12.271	
	PROJETO 2 PLANTA DE COBERTURA	DATA: Dez/2017 FOLHA: 01/01

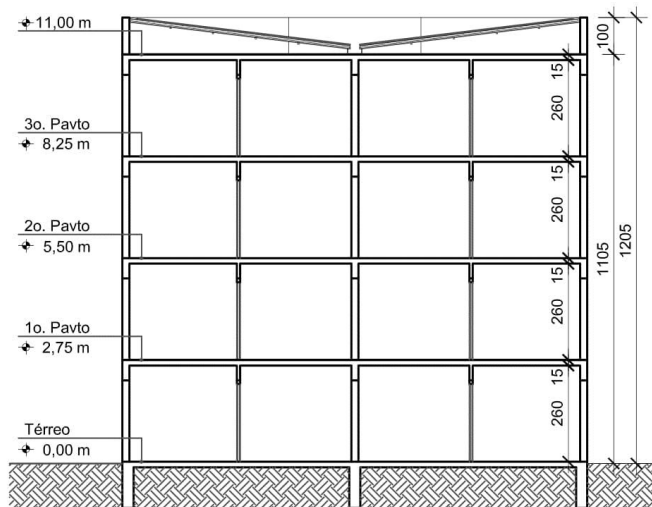
Fonte: A autora.



**Figura 5.18 - Planta Corte Cobertura Projeto 2**



**1** **CORTE AA**  
 ESCALA: 1/150  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS



**2** **CORTE BB**  
 ESCALA: 1/150  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

FONTE: CBIC e NBR 12.271

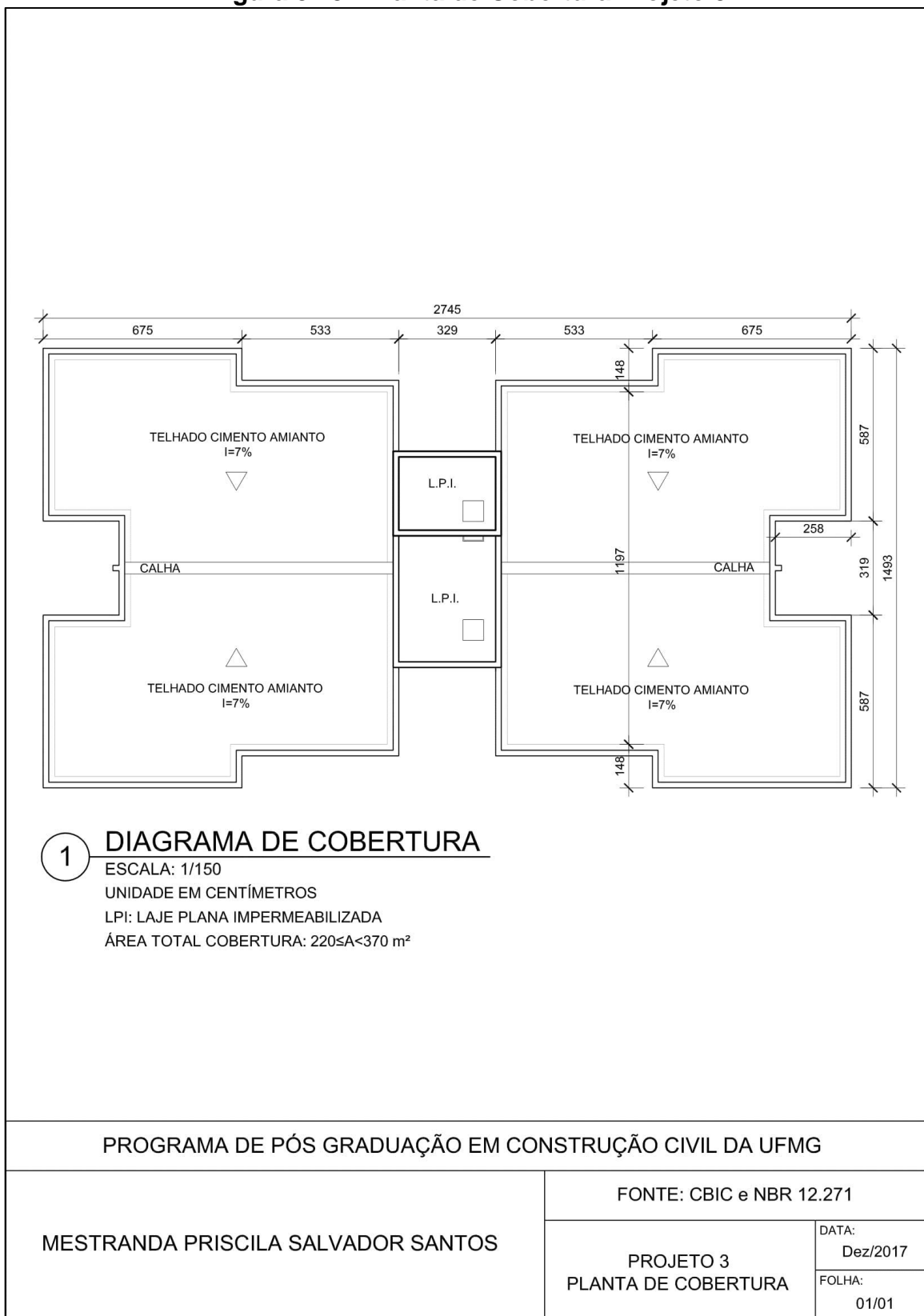
PROJETO 2  
 CORTES

DATA:  
 Dez/2017

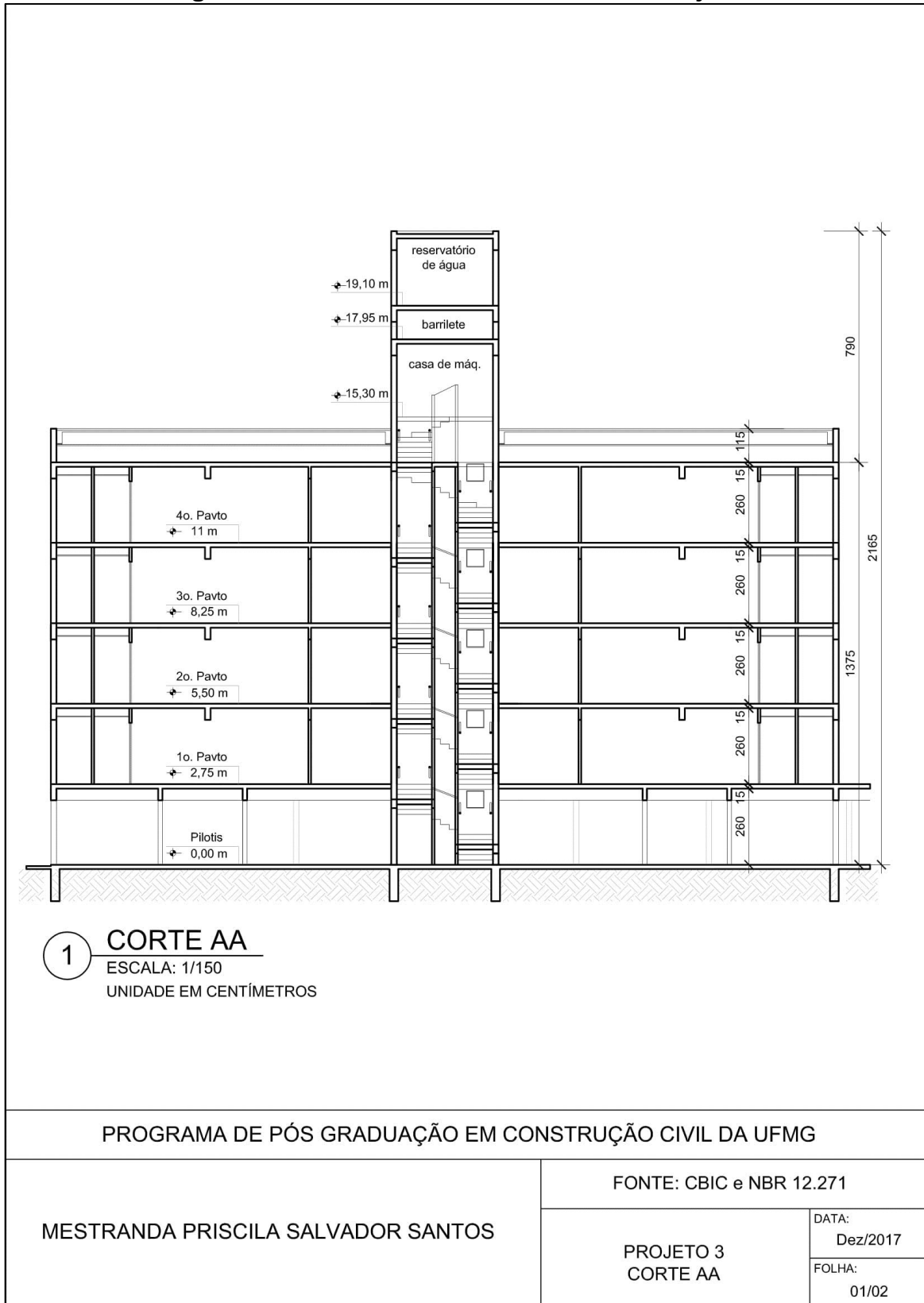
FOLHA:  
 01/01

Fonte: A autora.

**Figura 5.19 - Planta de Cobertura Projeto 3**

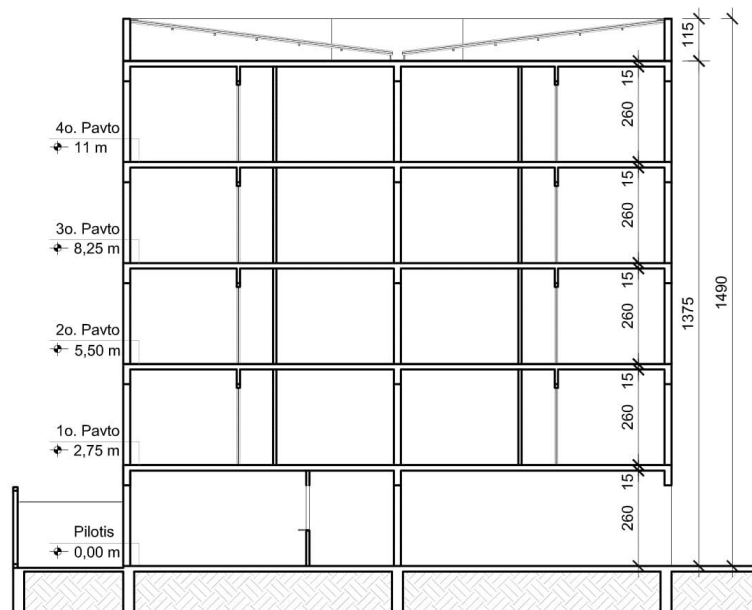


**Figura 5.20 - Planta Corte AA Cobertura Projeto 3**



Fonte: A autora.

**Figura 5.21 - Planta Corte BB Cobertura Projeto 3**



**2** CORTE BB  
 ESCALA: 1/150  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

FONTE: CBIC e NBR 12.271

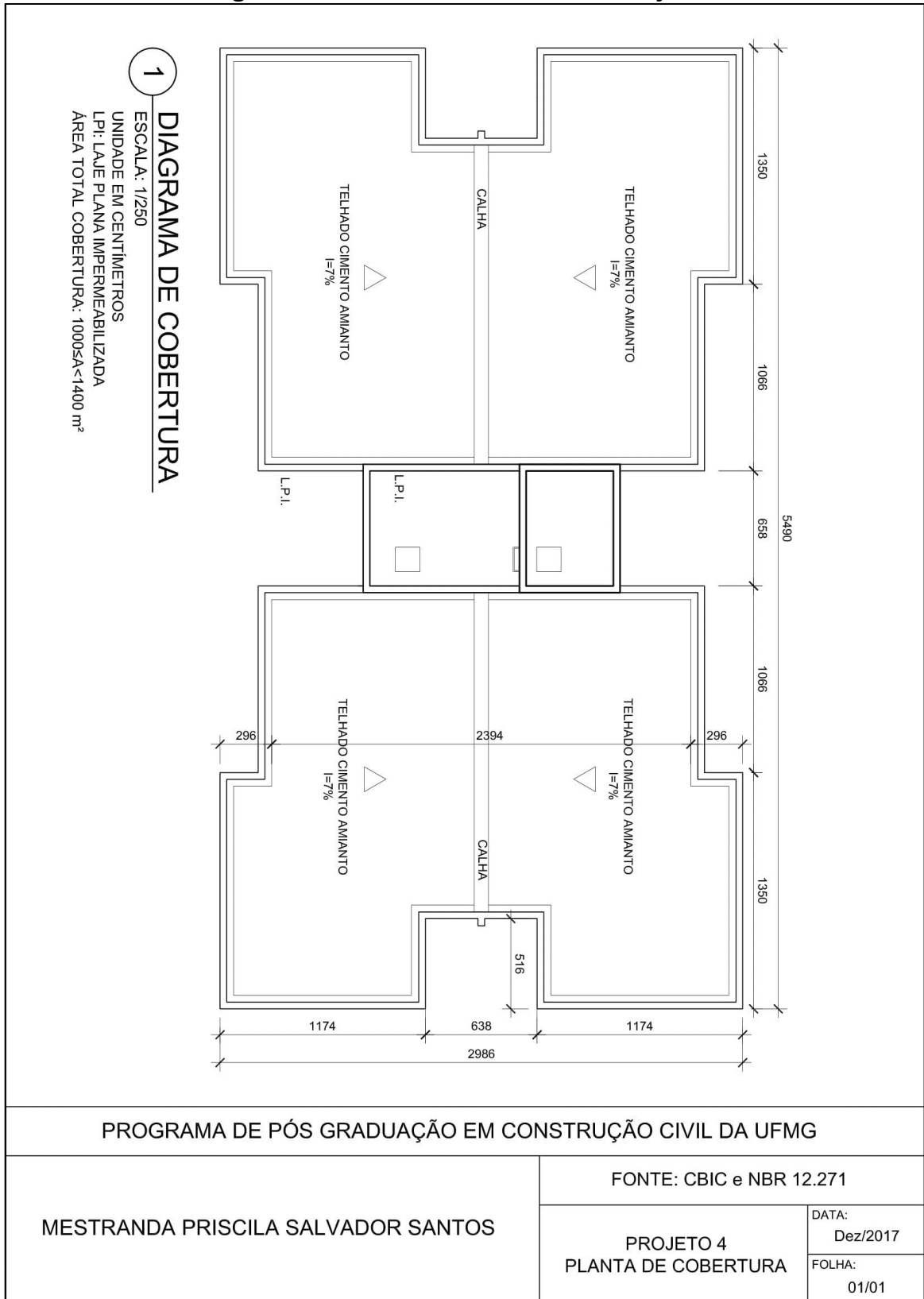
PROJETO 3  
 CORTE BB

DATA:  
 Dez/2017

FOLHA:  
 02/02

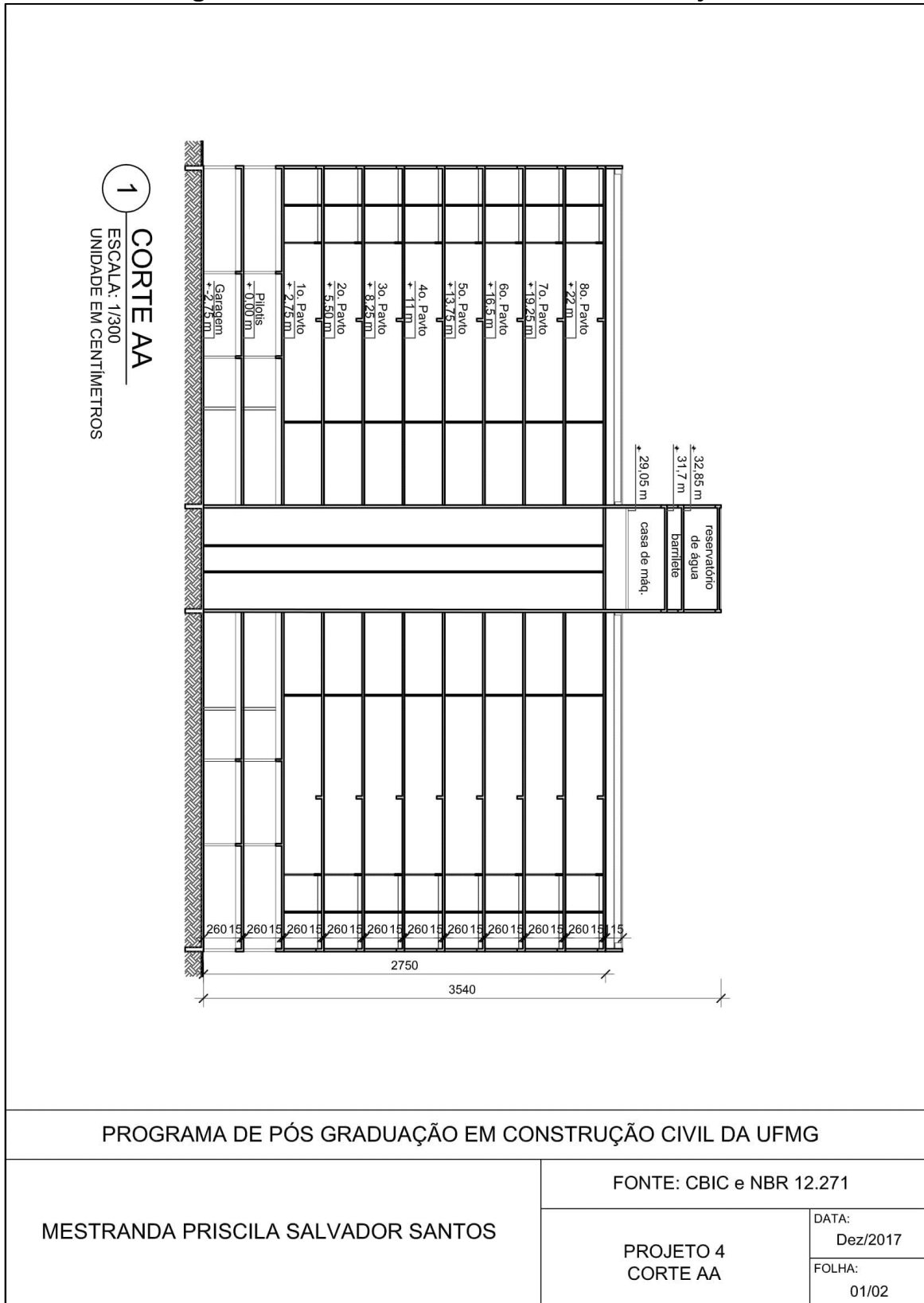
Fonte: A autora.

**Figura 5.22 - Planta de Cobertura Projeto 4**



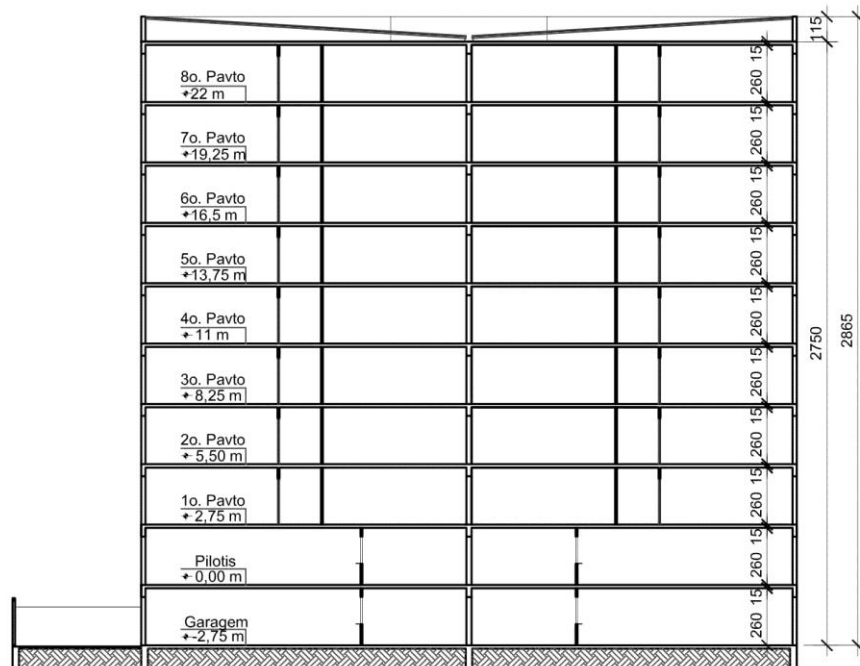
Fonte: A autora.

Figura 5.23 - Planta Corte AA Cobertura Projeto 4



Fonte: A autora.

**Figura 5.24 - Planta Corte BB Cobertura Projeto 4**



**2** CORTE BB  
 ESCALA: 1/250  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

FONTE: CBIC e NBR 12.271

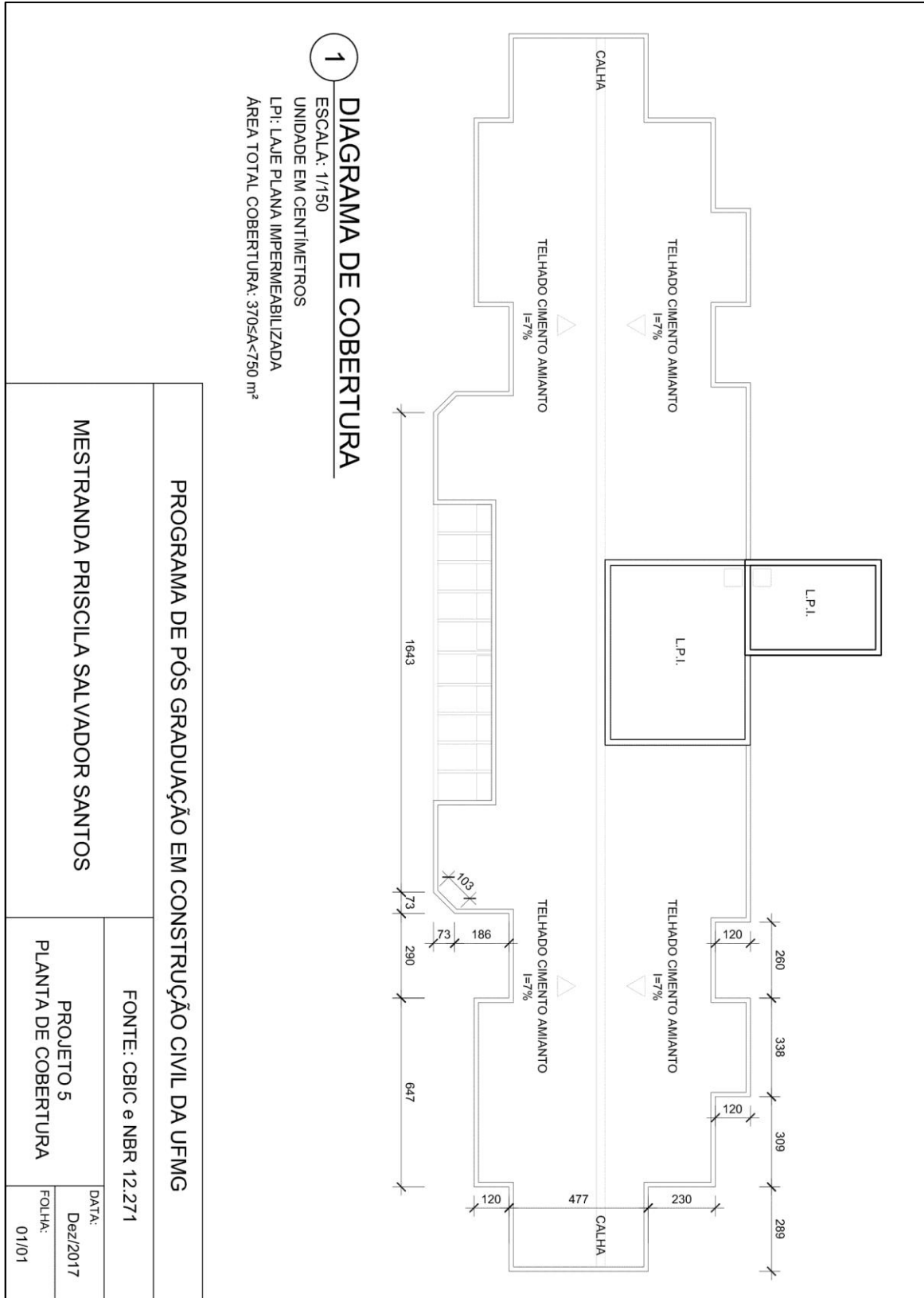
PROJETO 4  
 CORTE BB

DATA:  
 Dez/2017

FOLHA:  
 02/02

Fonte: A autora.

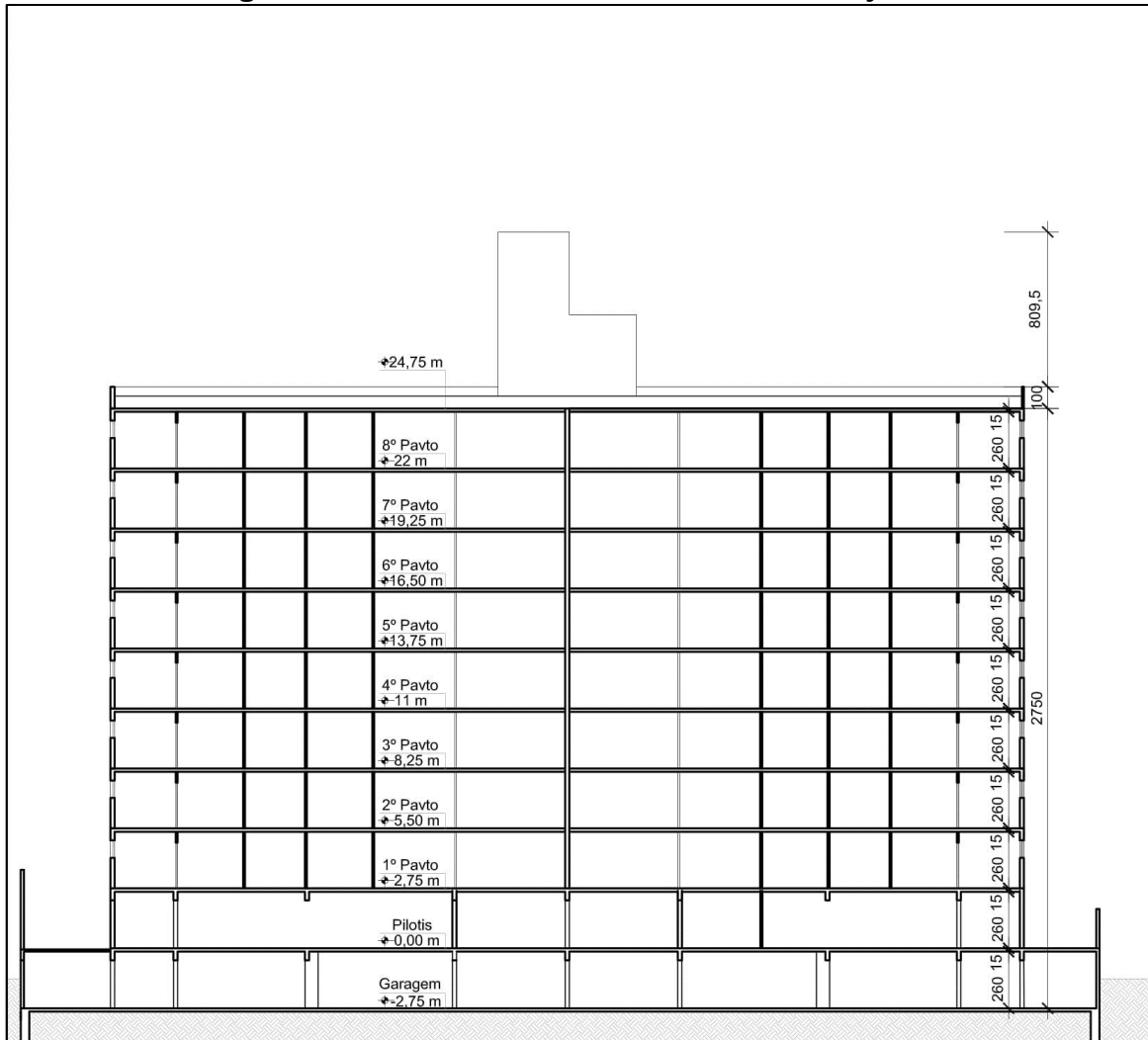
**Figura 5.25 - Planta de Cobertura Projeto 5**



Fonte: A autora.



**Figura 5.26 - Planta Corte AA Cobertura Projeto 5**



**1** **CORTE AA**  
 ESCALA: 1/250  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

FONTE: CBIC e NBR 12.271

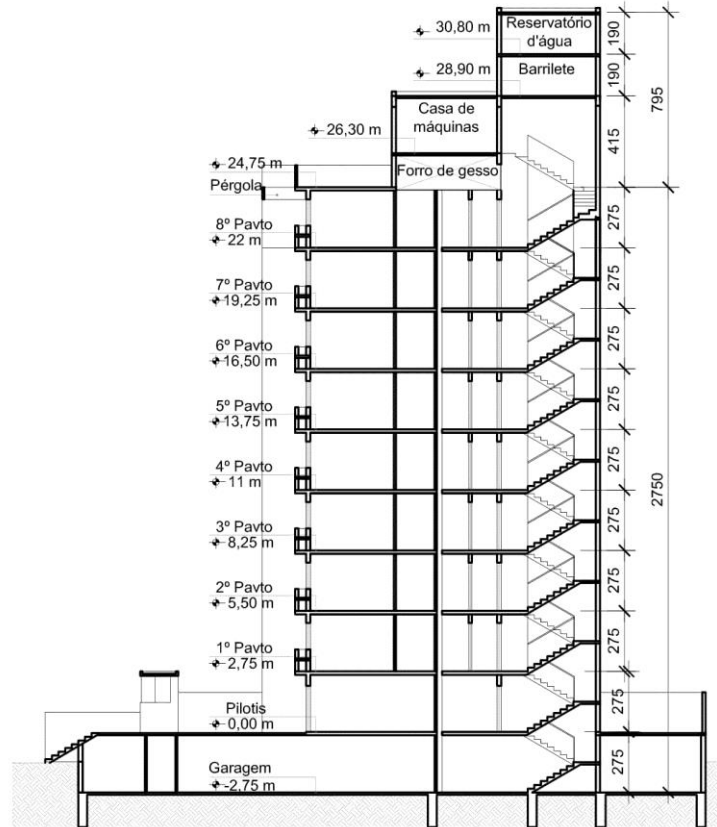
PROJETO 5  
 CORTE AA

DATA:  
 Dez/2017

FOLHA:  
 01/02

Fonte: A autora.

**Figura 5.27 - Planta Corte BB Cobertura Projeto 5**



**2** **CORTE BB**  
 ESCALA: 1/250  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

FONTE: CBIC e NBR 12.271

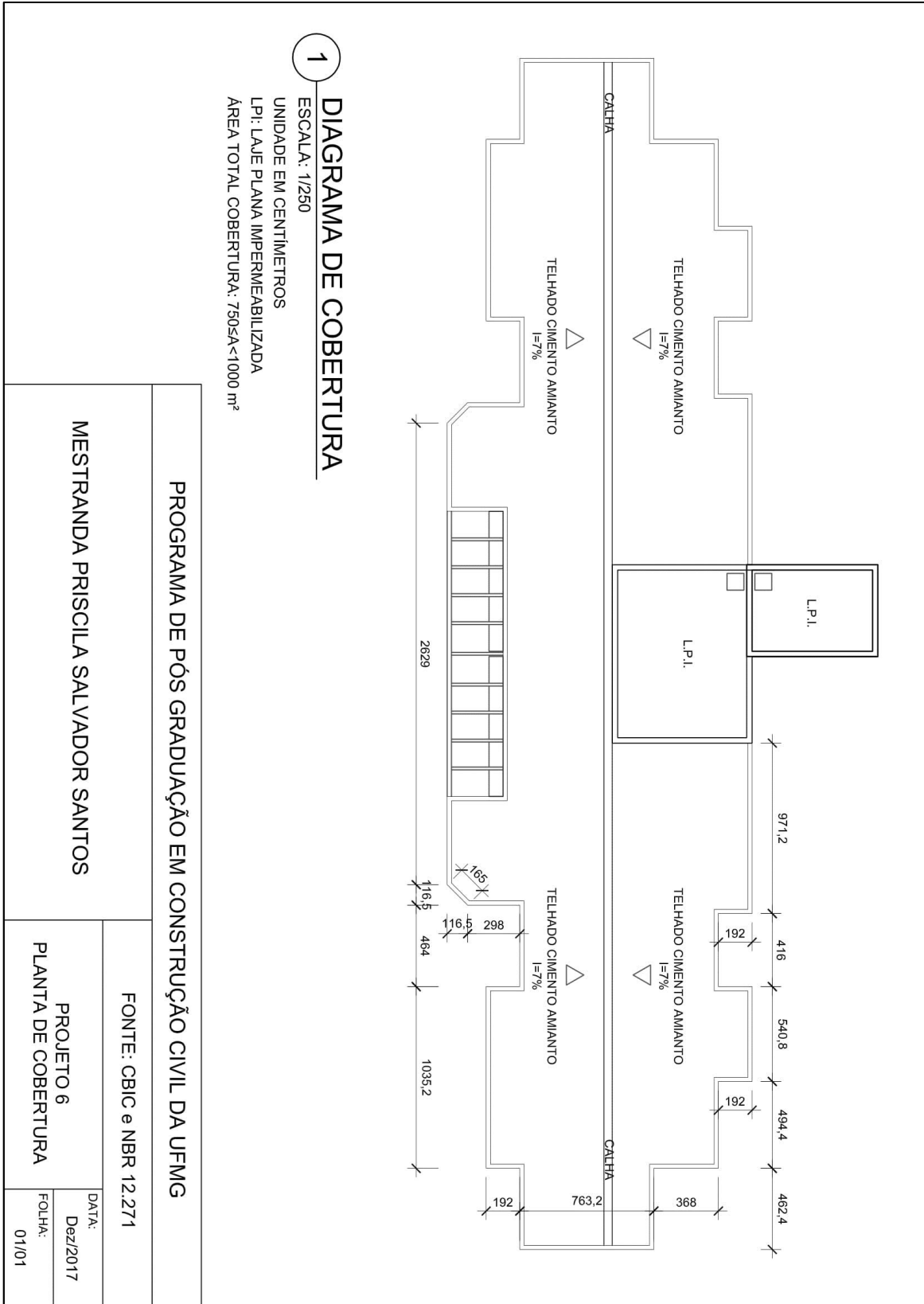
PROJETO 5  
 CORTE BB

DATA:  
 Dez/2017

FOLHA:  
 02/02

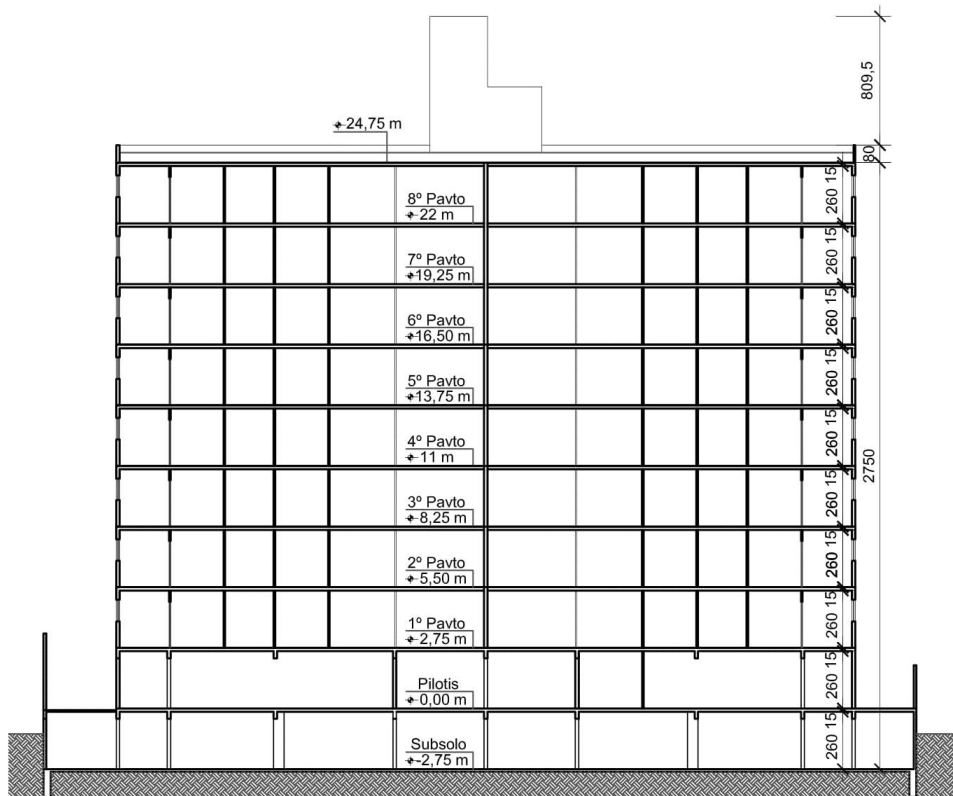
**Fonte: A autora.**

Figura 5.28 - Planta de Cobertura Projeto 6



Fonte: A autora.

**Figura 5.29 - Planta Corte AA Cobertura Projeto 6**



**1** **CORTE AA**  
 ESCALA: 1/250  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

FONTE: CBIC e NBR 12.271

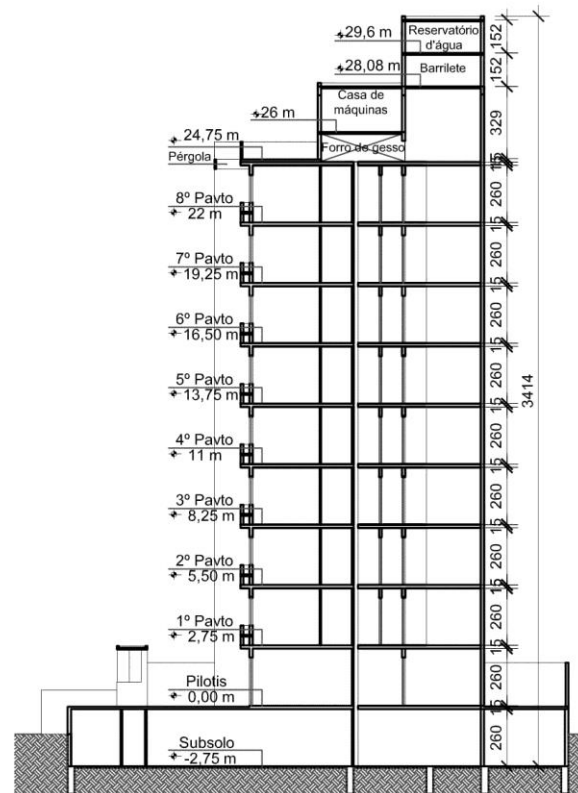
PROJETO 6  
 CORTE AA

DATA:  
 Dez/2017

FOLHA:  
 01/02

**Fonte: A autora.**

**Figura 5.30 - Planta Corte BB Cobertura Projeto 6**



**2** CORTE BB  
 ESCALA: 1/250  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

FONTE: CBIC e NBR 12.271

PROJETO 6  
 CORTE BB

DATA:  
 Dez/2017

FOLHA:  
 02/02

Fonte: A autora.

## **5.6 Modelos de cobertura verde adotados nas tipologias de edificações estudadas**

Após definidas as tipologias de projetos de edificações, foram estabelecidos os modelos de coberturas verdes implantados em cada um dos projetos. Os modelos escolhidos foram adequados aos tipos de edificações estudadas, que no caso, são edificações já existentes, cujas coberturas foram projetadas para receber uma carga “x”. A mudança do tipo de uso da cobertura irá acarretar em novas cargas sobre a laje, por esse motivo, optou-se por trabalhar com modelos de menor sobrecarga.

O sistema de aplicação de cobertura verde utilizado nos modelos adotados é a aplicação contínua, ou seja, o substrato é aplicado diretamente sobre a base impermeabilizada com todas as outras diferentes camadas. Os modelos de cobertura verde adotados foram:

- Modelo 1:

São retiradas as telhas e mantida a estrutura do telhado, que servirá como base da cobertura. A cobertura verde, composta por uma espécie de vegetação, é do tipo extensiva. A cobertura ocupa 100% da área do telhado existente e não tem área destinada ao uso comum dos moradores.

- Modelo 2:

A estrutura do telhado é removida e a cobertura verde é instalada sobre uma parte da laje da cobertura. A cobertura verde, composta por uma espécie de vegetação, é do tipo extensiva. A cobertura tem uma parte da área destinada ao uso comum dos moradores.

- Modelo 3:

A estrutura do telhado é removida e a cobertura verde é instalada sobre uma parte da laje da cobertura. A cobertura verde é do tipo semi-intensiva, composta por duas ou mais espécies de vegetação. A cobertura tem uma parte da área destinada ao uso comum dos moradores.

## **5.7 Serviços de engenharia necessários para a implantação dos modelos de coberturas verdes adotados**

A viabilidade de execução de um projeto é avaliada por meio do custo estimado de sua implantação. O levantamento do custo só é possível através da elaboração do orçamento.

Para realizar uma análise comparativa entre os modelos propostos, executou-se o levantamento do custo de forma teórica.

A partir dos Modelos 1, 2 e 3 propostos, foram detalhados os serviços de engenharia, necessários para a implantação das coberturas verdes em cada projeto. Os serviços que compõem cada um dos modelos de coberturas verdes adotados são:

- Modelo 1:
  - Retirada das telhas existentes;
  - Fixação de placas OSB;
  - Aplicação de manta geotêxtil;
  - Aplicação de geomembrana de PEAD;
  - Aplicação de Terra Vegetal;
  - Aplicação de Vegetação;
  - Fixação de rufos metálicos;
  
- Modelo 2:
  - Retirada da estrutura do telhado;
  - Assentamento dos blocos de concreto;
  - Furação da laje;
  - Instalação dos tubos de drenagem;
  - Instalação do ponto de água;
  - Regularização da laje de cobertura;
  - Aplicação de manta asfáltica;
  - Aplicação da Manta Geotêxtil;
  - Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal;
  - Aplicação de proteção mecânica;

- Aplicação de piso de acabamento;
  - Aplicação de piso cerâmico;
  - Aplicação de mastique elástico;
  - Aplicação de seixo pequeno;
  - Aplicação de seixo médio;
  - Aplicação de terra vegetal;
  - Aplicação de vegetação;
  - Aplicação de rufo pingadeira na cobertura;
- Modelo 3:
    - Retirada da estrutura do telhado;
    - Assentamento dos blocos de concreto;
    - Furação da laje;
    - Instalação dos tubos de drenagem;
    - Instalação do ponto de água;
    - Regularização da laje de cobertura;
    - Aplicação de manta asfáltica;
    - Aplicação da Manta Geotêxtil;
    - Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal;
    - Aplicação de proteção mecânica;
    - Aplicação de piso de acabamento;
    - Aplicação de piso cerâmico;
    - Aplicação de mastique elástico;
    - Aplicação de seixo pequeno;
    - Aplicação de seixo médio;
    - Aplicação de terra vegetal;
    - Aplicação de vegetação;
    - Aplicação de rufo pingadeira na cobertura.

Para cada serviço citado acima, criou-se as composições de preço unitário, também denominada CPU. A CPU é dividida em três partes, o levantamento do custo da mão de obra, do custo dos materiais e do custo dos equipamentos (ver figura 5.31).



**Figura 5.31 - Planilha de Composição de Preço Unitário**

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:		CÓDIGO:		UNIDADE:	
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
					-
					-
					-
					-
					-
					-
		Sub-total :			-
		Enc. Soc. % :			
		Total Mão de Obra :			-
Materiais					
		Total de Materiais :			-
Equipamentos					
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
		Total de Equipamentos :			-
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>-</b>

**Fonte: A autora.**

Na composição de preço unitário de cada serviço, foram adotados os valores do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil do estado de Minas Gerais, referente ao mês de maio de 2018 (SINAPI, 2018). Para a composição da mão de obra, considerou-se:

- O encargo social desonerado, ou seja, não ocorre a contribuição de INSS de 20% sobre folha de pagamento;
- Os valores de horista, onde o valor da mão de obra é calculada por hora.

Já para a composição dos insumos que não foram encontrados diretamente na SINAPI, foram realizadas pesquisas de preços dos insumos na região de Belo Horizonte e utilizado a média entre os valores encontrados.

Após finalizar as CPU's é feita a Relação de Insumos e Preços (RIP), para cada modelo adotado. A RIP é a relação de todos os insumos que compõem os serviços executados (ver figura 5.32).

**Figura 5.32 - Planilha de Relação de Insumos e Preços**

RELAÇÃO DE INSUMOS E PREÇOS				
CODIGO	DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNID.	\$ UNIT.	CPU
	Mão de Obra			
	Materiais			
	Equipamentos			

Fonte: A autora.

Depois de preenchida a RIP, foi realizado o levantamento de quantidades e preços (ver figura 5.33) para obter o valor do custo da implantação do telhado verde dos Projetos 1 a 6, para cada um dos três modelos estudados.

Para a elaboração do custo leva-se em consideração os custos diretos, os custos indiretos e o lucro. Os custos diretos foram calculados a partir da CPU, e o custo indireto e o lucro fazem parte do cálculo dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI).



## 6. RESULTADOS

Neste capítulo é apresentado o resultado do estudo de implantação dos três modelos de coberturas verdes propostos, nos seis tipos de projetos-padrão adotados. A partir dos serviços de engenharia necessários para a execução dos modelos, foi calculado o custo teórico de implantação das coberturas verdes por metro quadrado de área.

### 6.1 Implantação dos modelos adotados

#### 6.1.1 Modelo 1

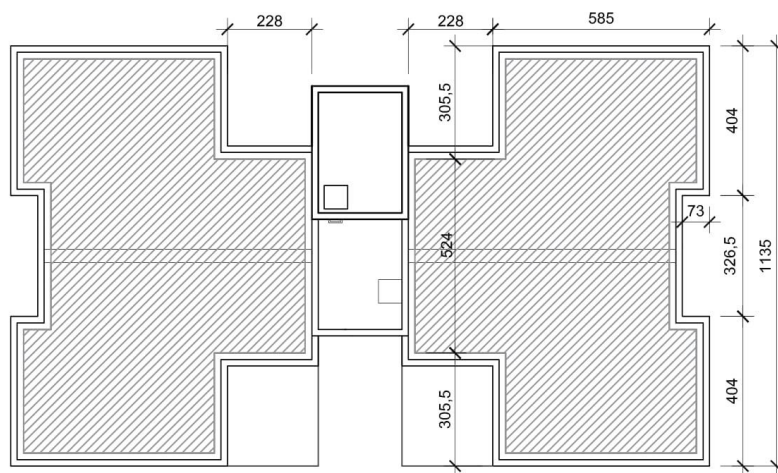
O primeiro modelo definido é a implantação de Cobertura verde do tipo extensivo em toda cobertura de telha da cobertura. No Modelo 1 a estrutura do telhado existente, incluindo o sistema de calhas, foi mantida retirando somente as telhas e substituindo-as por placas OSB (*Oriented Strand Board*), sigla em inglês que significa Painel de Tiras de Madeira Orientadas. As placas foram fixadas alinhadas deixando o mínimo de abertura no encontro entre as mesmas. A estrutura de OSB serve de base para a instalação da cobertura verde.

A área de cobertura verde a ser utilizada neste modelo é de 100% da área de telhado existente, e a metragem varia de acordo com cada projeto (ver figuras de 6.1 a 6.6).

Após a colocação das placas OSB, realiza-se a impermeabilização da superfície através da colocação de manta geotêxtil. Esta camada protege a geomembrana (camada posterior) do contato com o OSB e evitando assim, um possível dano ao material. Executada a proteção, instala-se a Geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade), evitando que ocorram infiltrações devido ao acúmulo de água da chuva na cobertura.

Finalizada a impermeabilização, coloca-se uma nova camada de manta geotêxtil, que realiza o papel de filtrar a água, impedindo que partículas de areia e terra ou raízes passem pela tubulação de queda da água de chuva.

**Figura 6.1 - Planta de Implantação Modelo 1 – Projeto 1**



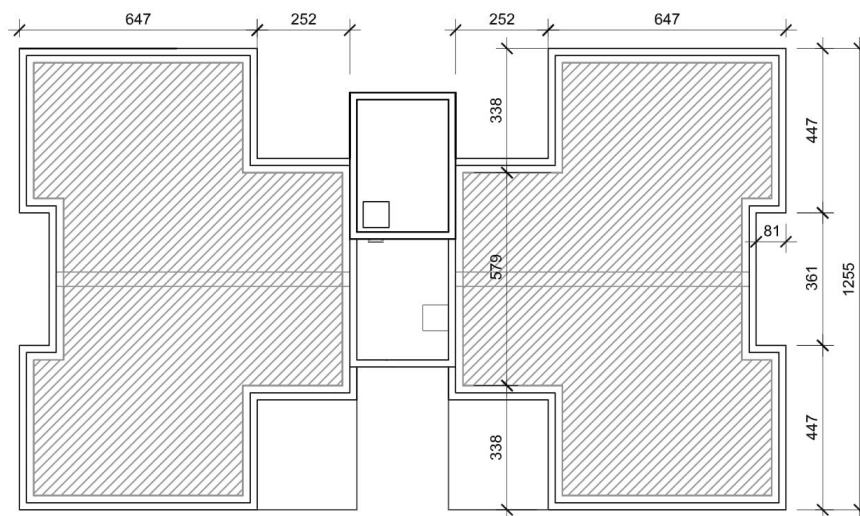
**1** ÁREA DA COBERTURA VERDE TOTAL  
 ESCALA: 1/150  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS  
 ÁREA TOTAL = 129,45 m<sup>2</sup> (100% DA ÁREA TOTAL)  
 PERÍMETRO DA COBERTURA: 80,83 m

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS	FONTE: CBIC e NBR 12.271	
	PROJETO 1 IMPLANTAÇÃO MODELO 1	DATA: Dez/2017 FOLHA: 01/01

**Fonte: A autora.**

**Figura 6.2-Planta de Implantação Modelo 1 – Projeto 2**



**1** ÁREA DA COBERTURA VERDE TOTAL

ESCALA: 1/150

UNIDADE EM CENTÍMETROS

ÁREA TOTAL = 158,21 m<sup>2</sup> (100% DA ÁREA TOTAL)

PERÍMETRO DA COBERTURA: 89,40 m

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

FONTE: CBIC e NBR 12.271

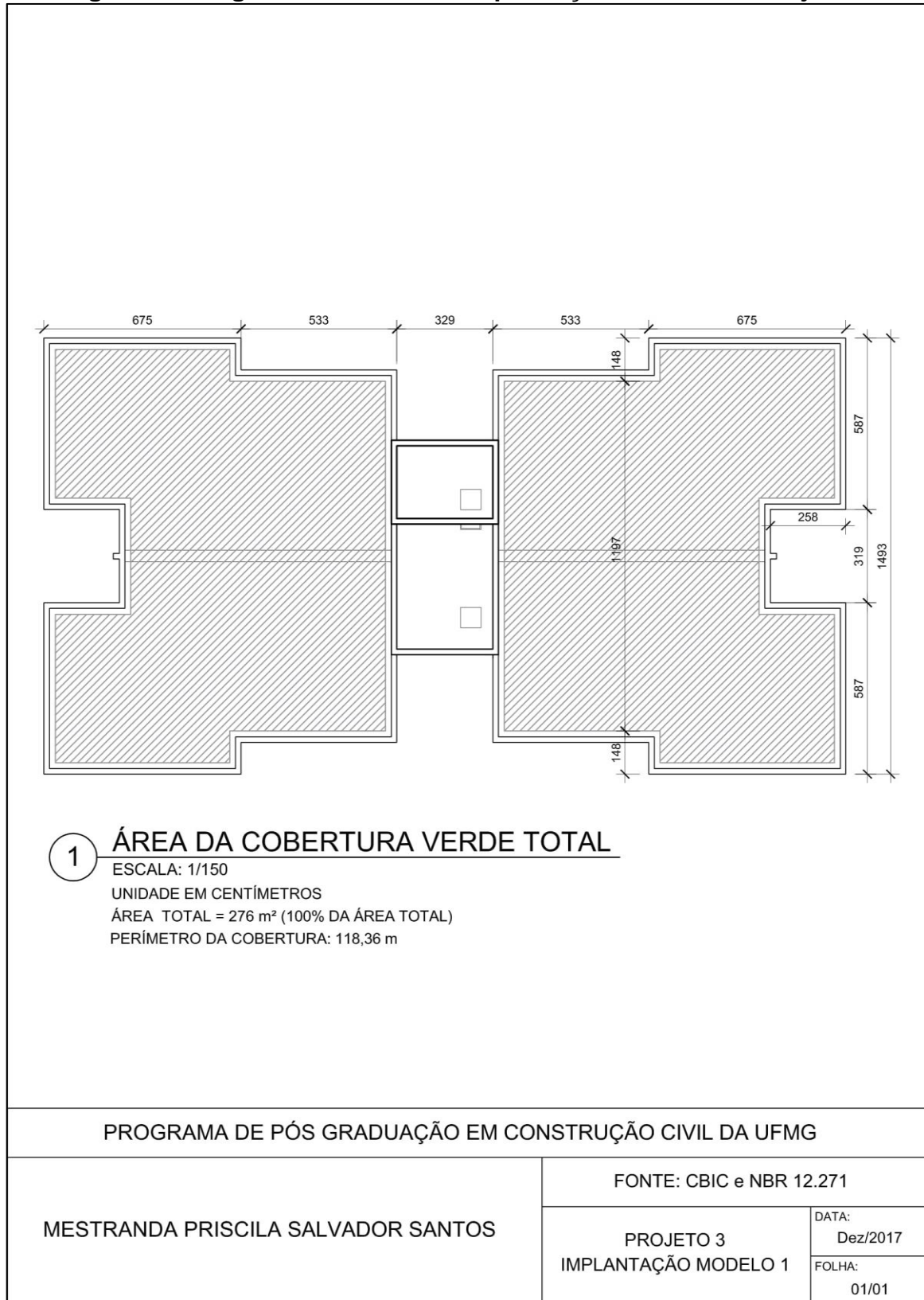
PROJETO 2  
IMPLANTAÇÃO MODELO 1

DATA:  
Dez/2017

FOLHA:  
01/01

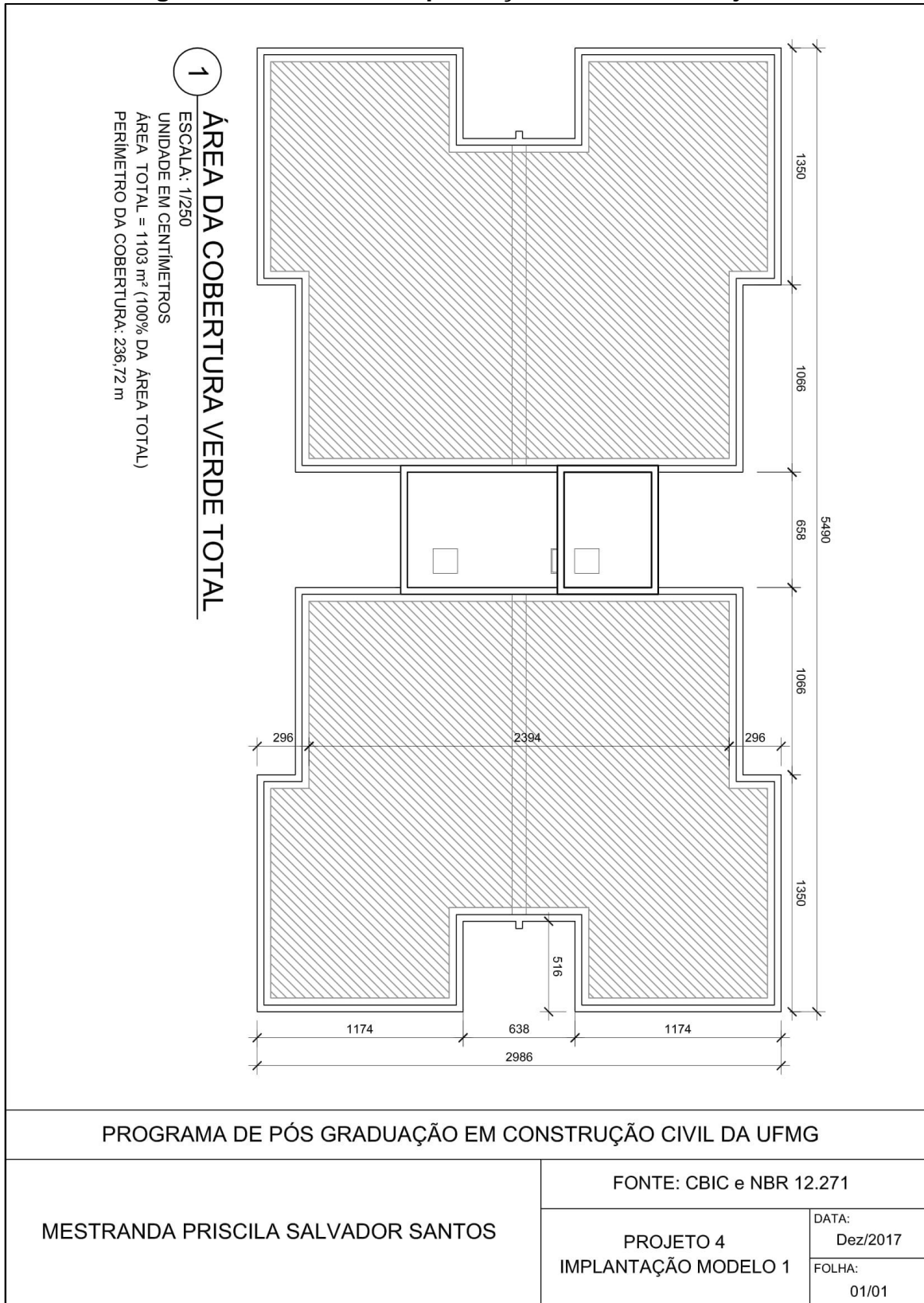
**Fonte: A autora.**

**Figura 6.3 - Figura 6.3: Planta de Implantação Modelo 1 – Projeto 3**



**Fonte: A autora.**

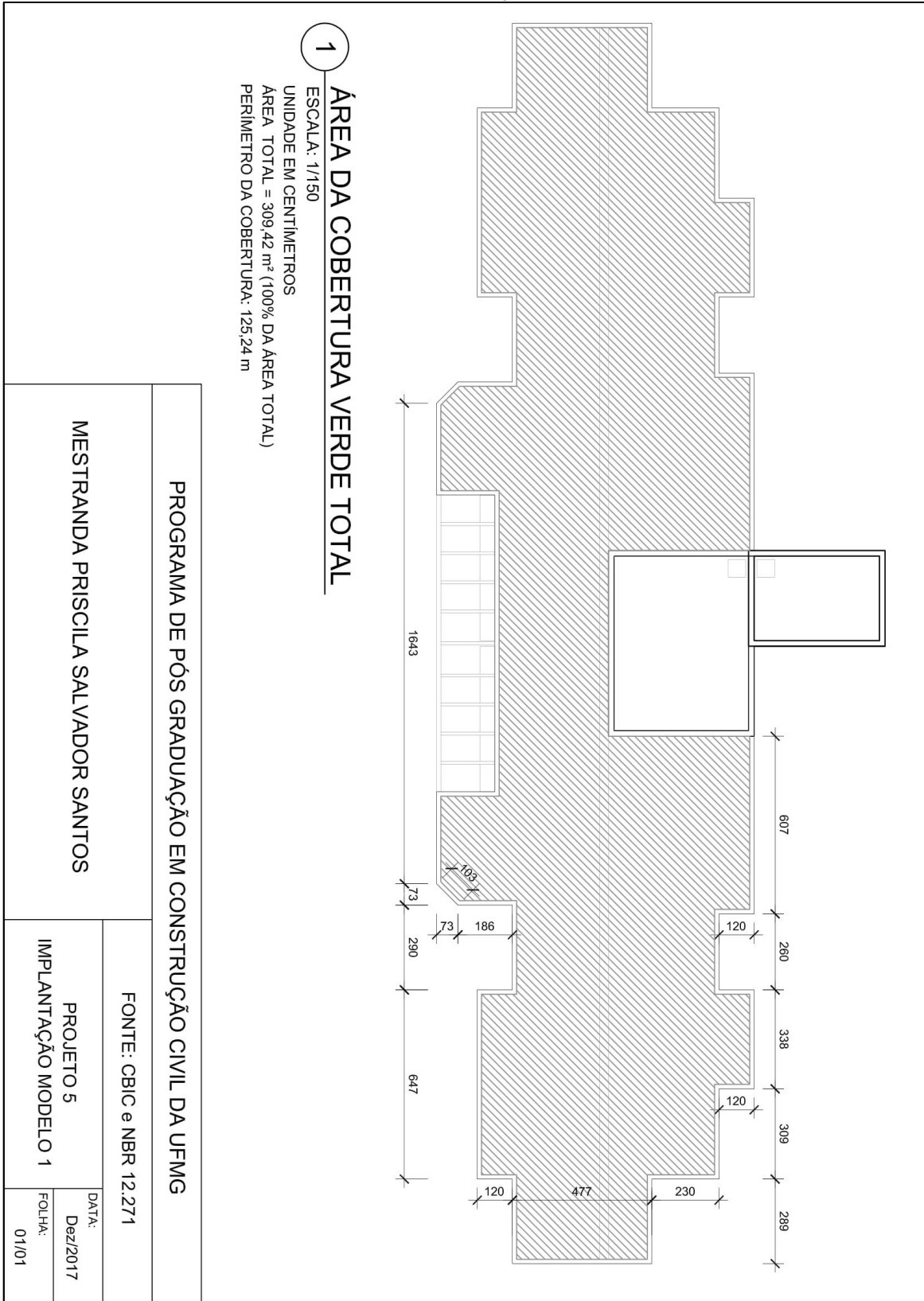
**Figura 6.4 - Planta de Implantação Modelo 1 – Projeto 4**



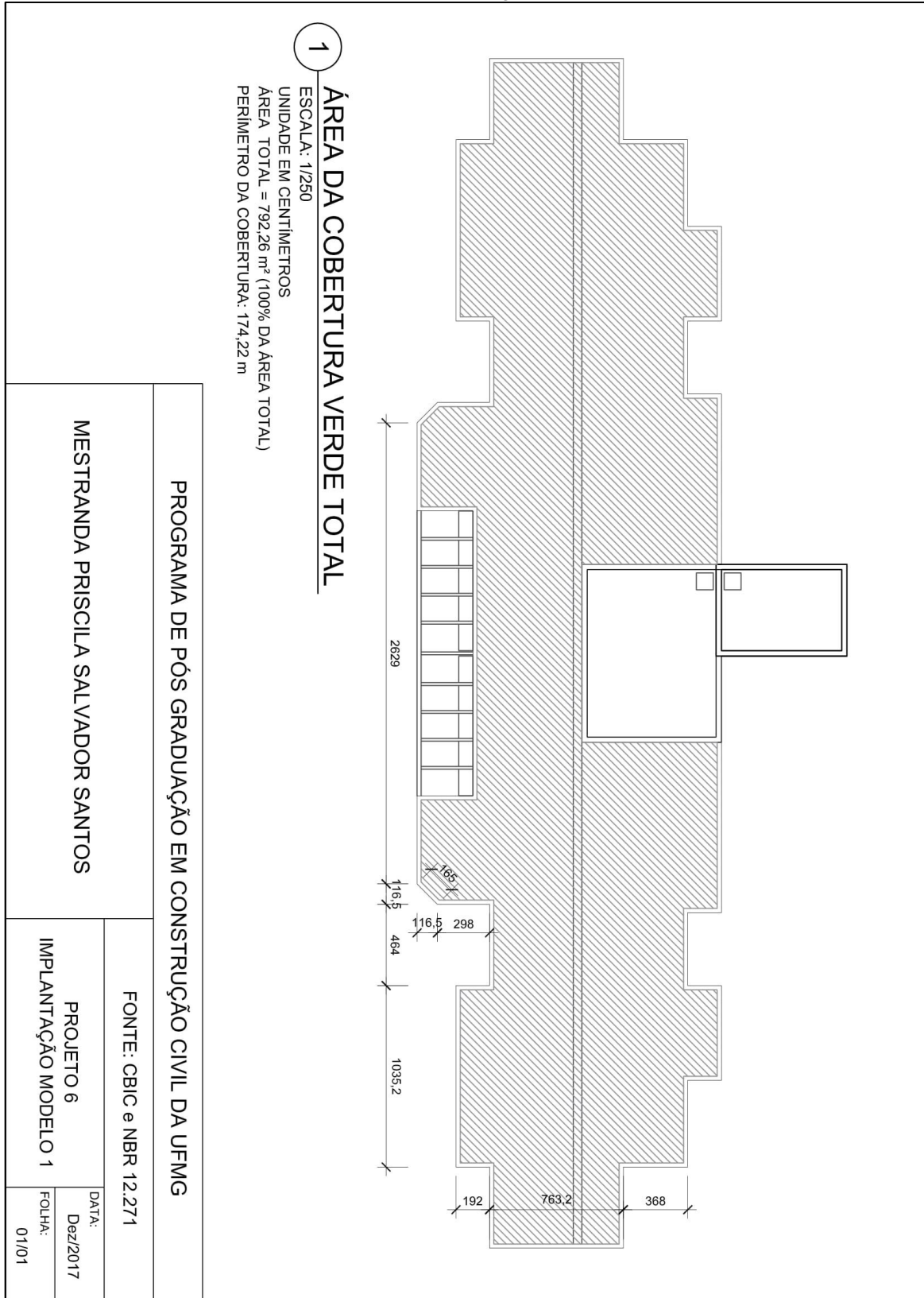
Fonte: A autora.



**Figura 6.5 - Planta de Implantação Modelo 1 – Projeto 5**



**Figura 6.6 - Planta de Implantação Modelo 1 – Projeto 6**



Fonte: A autora.

A seguir, aplica-se uma camada de argila expandida em toda a extensão da placa de OSB já com a manta geotêxtil. A camada de argila servirá para drenar a água no sistema.

Sobre a argila expandida, novamente é colocada a manta geotêxtil, que impede a terra de entrar em contato com a argila e, assim, com o tempo prejudicar a drenagem e a terra ser carregada pela água.

Após a camada manta geotêxtil, espalha-se o substrato, uma camada de terra adubada a qual dará suporte à vegetação. A altura da camada depende do tipo de vegetação que irá sobre a mesma. No caso do Modelo 1 a altura definida foi de 10 cm.

Após a camada de substrato, coloca-se a vegetação. Neste caso, o tipo de vegetação utilizada é a grama esmeralda (ver quadro 6.1), caracterizada pelas folhas finas e coloração verde esmeralda, possui um enraizamento rápido e profundo. A espécie é resistente aos períodos de seca, possui baixa exigência nutricional e de crescimento lento quando comparada a outras gramíneas, diminuído assim, a quantidade de podas. A grama é resistente ao pisoteio e a ervas daninha, de manutenção simples e amplamente difundida e conhecida no país.

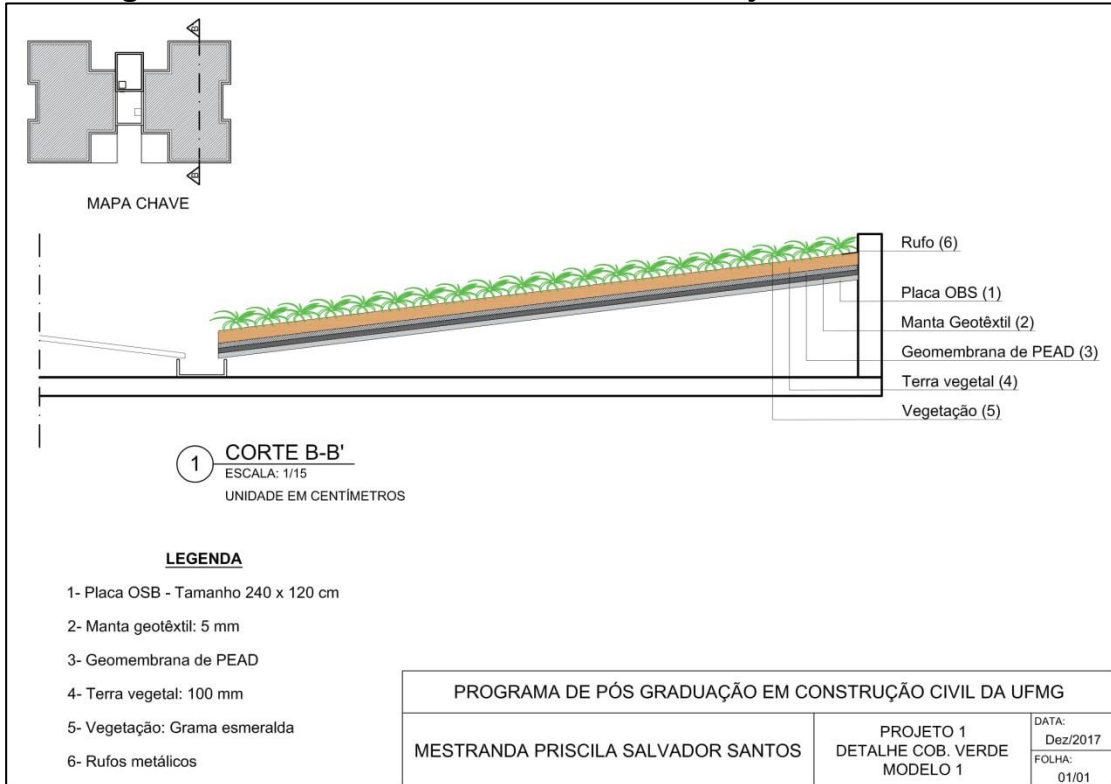
**Quadro 6.1 - Espécies da Cobertura Verde Modelo 1**

<b>Espécies</b>	<b>Nome Científico</b>	<b>Porte</b>
Gramma Esmeralda	<i>Zoysia japonica</i>	Pequeno

**Fonte: A autora.**

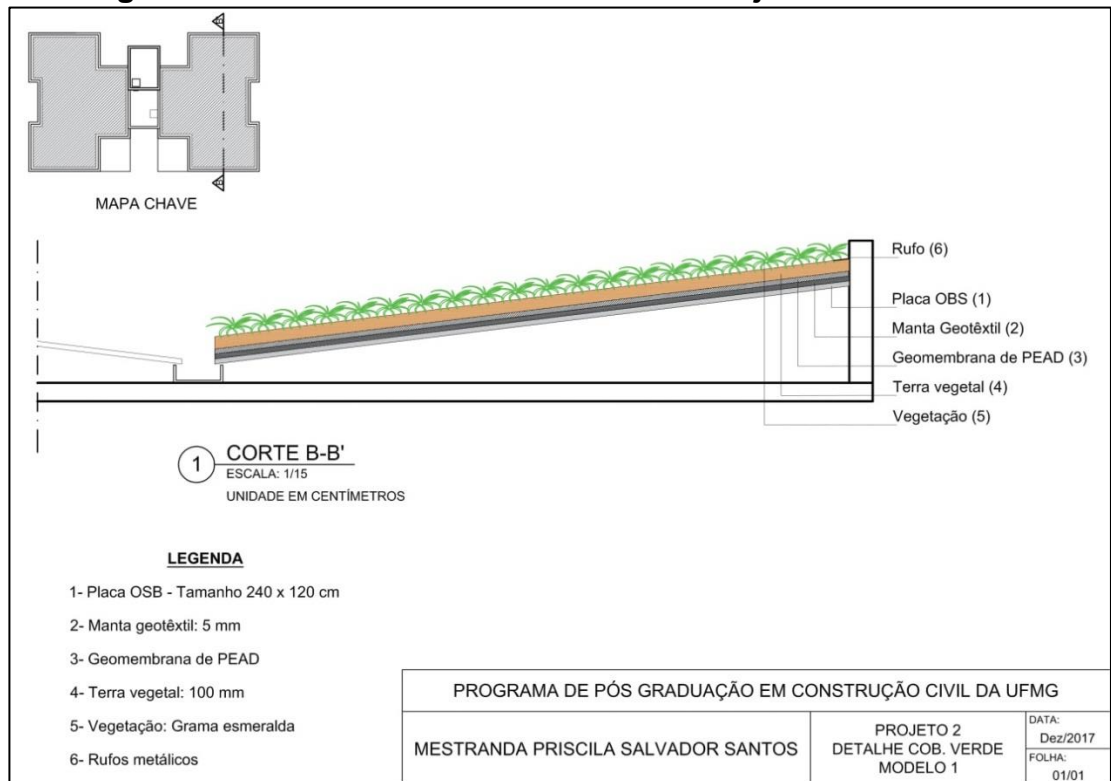
Finalizada a colocação da vegetação, instalam-se as peças de rufos metálicos no encontro entre o telhado e a platibanda, por todo o perímetro da cobertura. Os rufos servem para proteger a estrutura, diminuindo o risco de futuras infiltrações. As figuras de 6.7 a 6.12 mostram os detalhes da cobertura verde do Modelo 1 dos projetos de 1 a 6.

**Figura 6.7- Detalhe Cobertura Verde do Projeto 1 do Modelo 1**



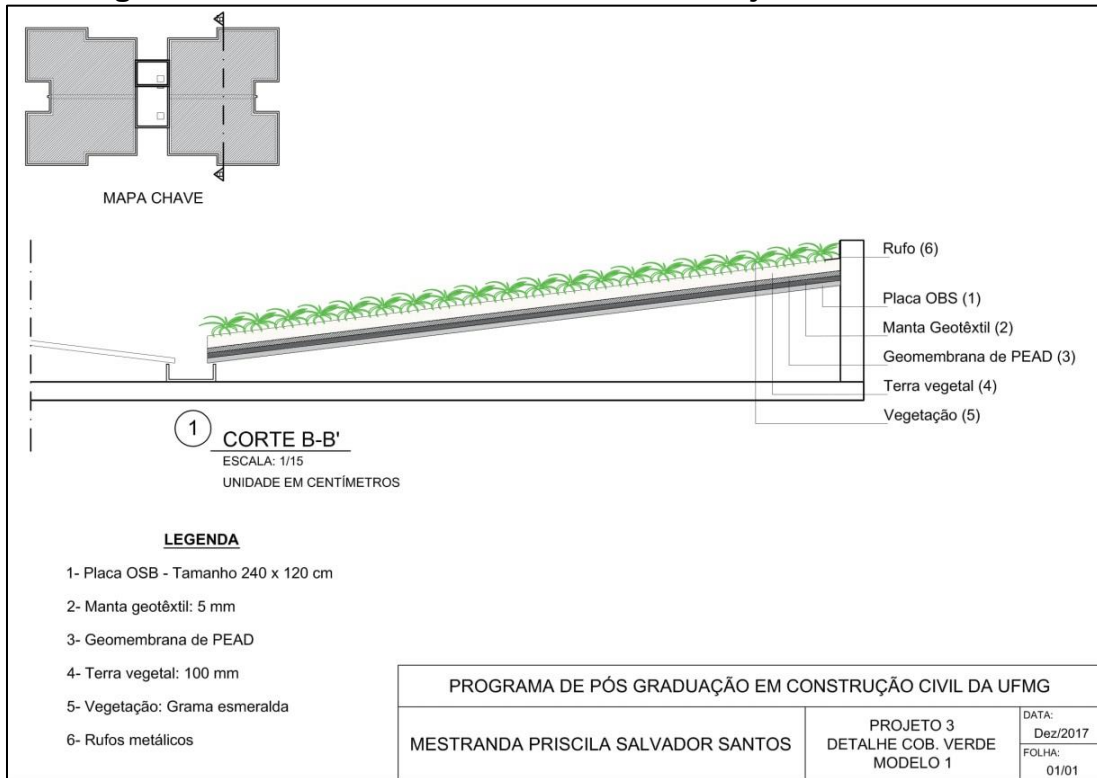
**Fonte: A autora.**

**Figura 6.8 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 2 do Modelo 1**



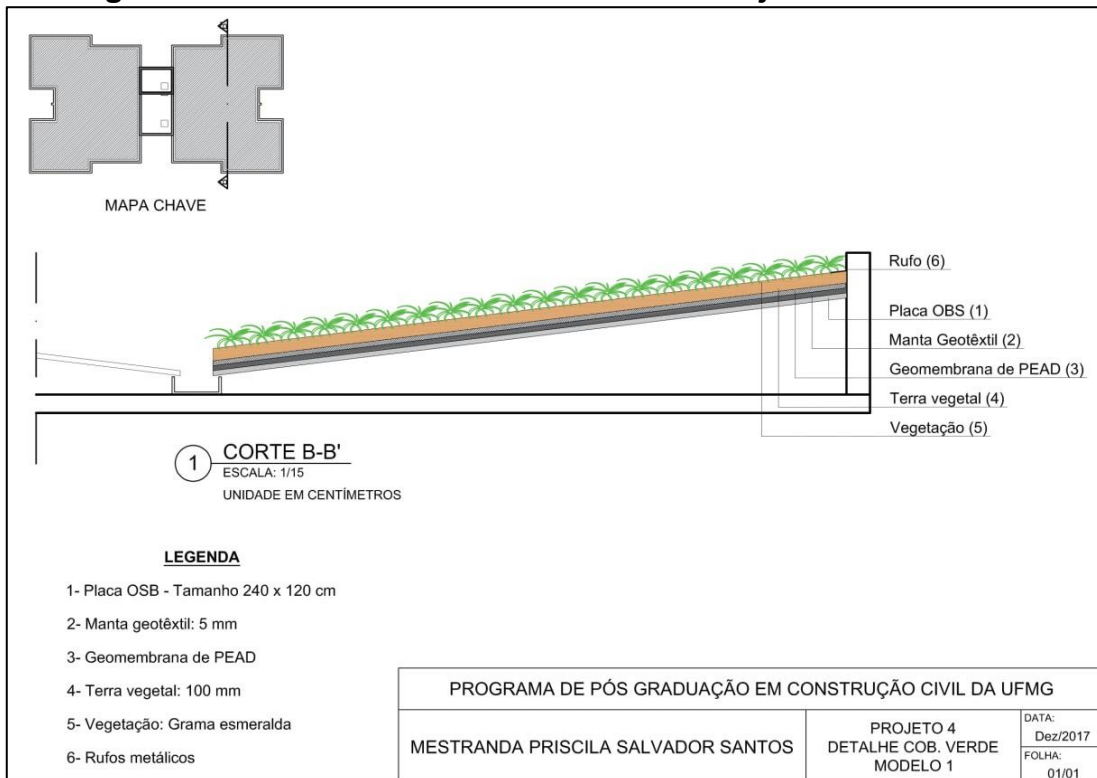
**Fonte: A autora.**

**Figura 6.9 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 3 do Modelo 1**



Fonte: A autora.

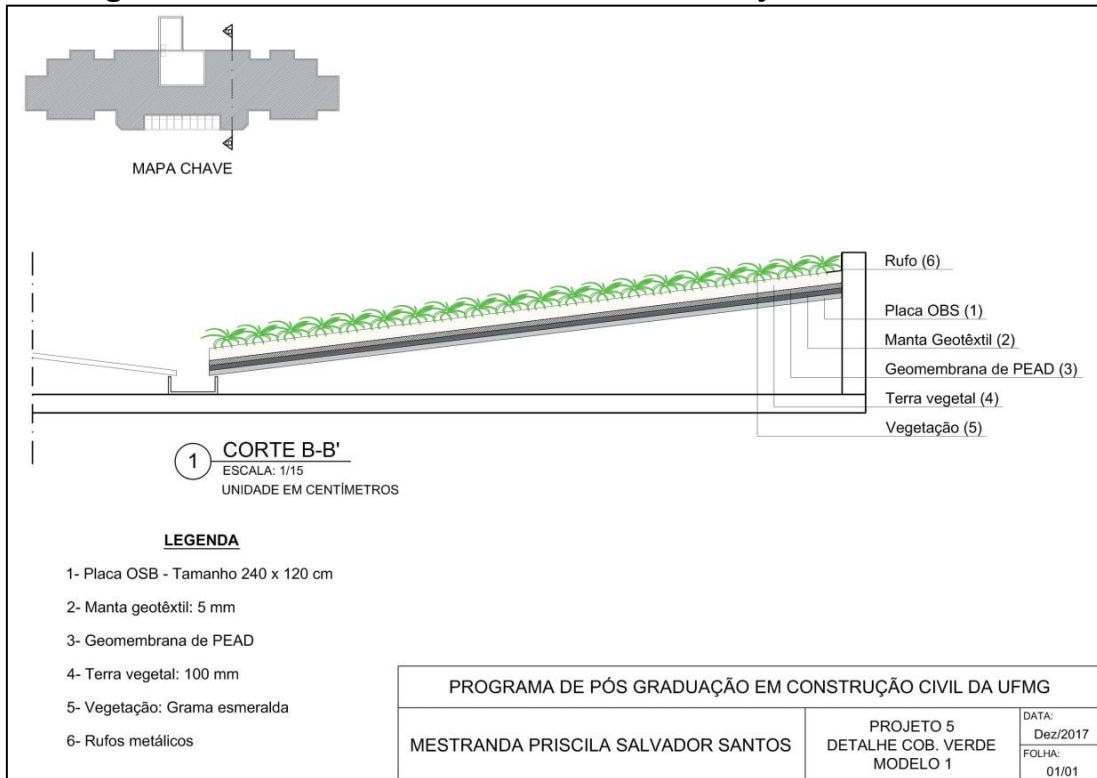
**Figura 6.10 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 4 do Modelo 1**



Fonte: A autora.

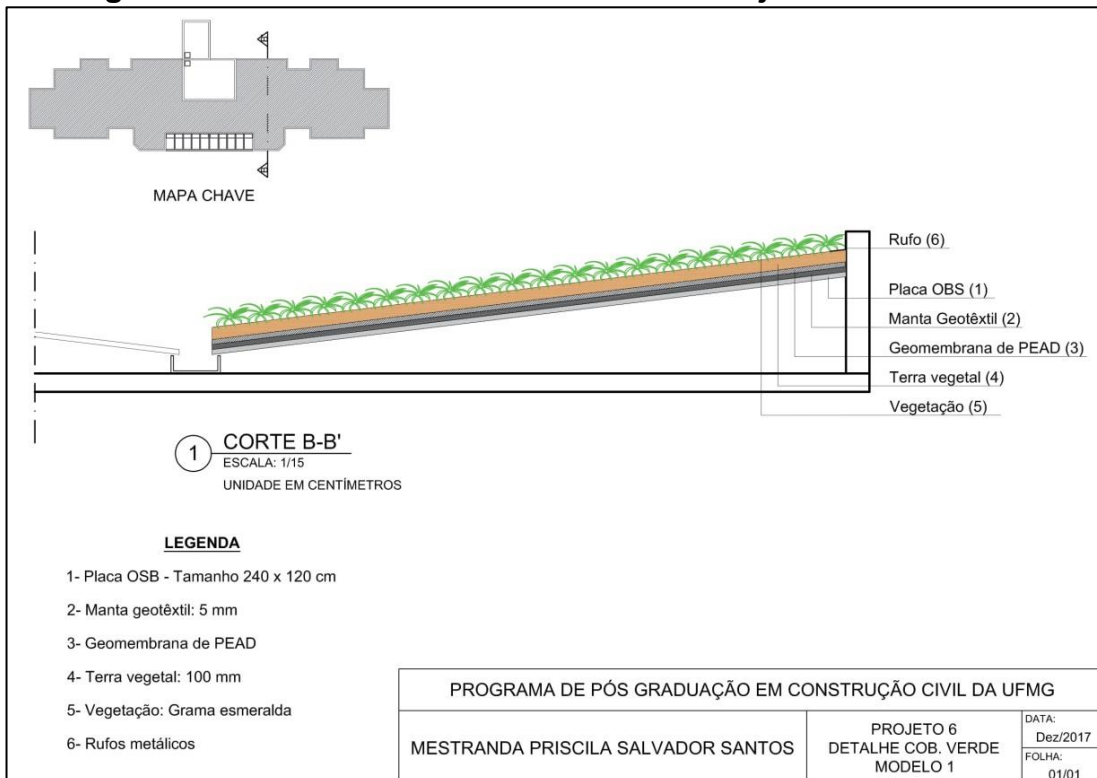


**Figura 6.11 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 5 do Modelo 1**



Fonte: A autora.

**Figura 6.12 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 6 do Modelo 1**



Fonte: A autora.

### 6.1.2 Modelo 2

O segundo modelo de cobertura considerado foi a instalação de cobertura verde do tipo extensiva, porém retirando toda a estrutura do telhado existente e utilizando a laje como base.

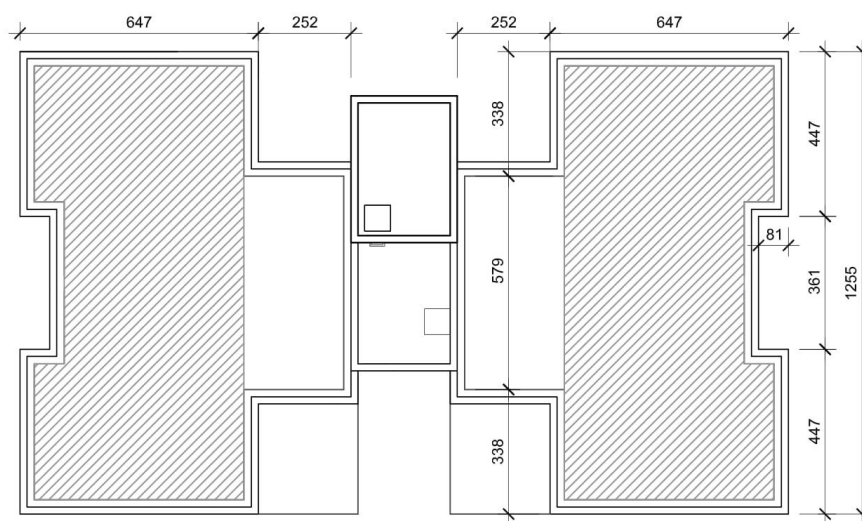
A área de cobertura verde utilizada neste modelo varia de acordo com cada projeto (ver figuras de 6.13 a 6.18).

**Figura 6.13 - : Planta de Implantação Modelo 2 – Projeto 1**



Fonte: A autora.

**Figura 6.14 - Planta de Implantação Modelo 2 – Projeto 2**



**1** ÁREA DA COBERTURA VERDE PARCIAL

ESCALA: 1/150

UNIDADE EM CENTÍMETROS

ÁREA PARCIAL = 128,83 m<sup>2</sup> (81,43% DA ÁREA TOTAL)

PERÍMETRO DA COBERTURA: 89,40 m

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

FONTE: CBIC e NBR 12.271

PROJETO 2  
IMPLANTAÇÃO MODELO 2

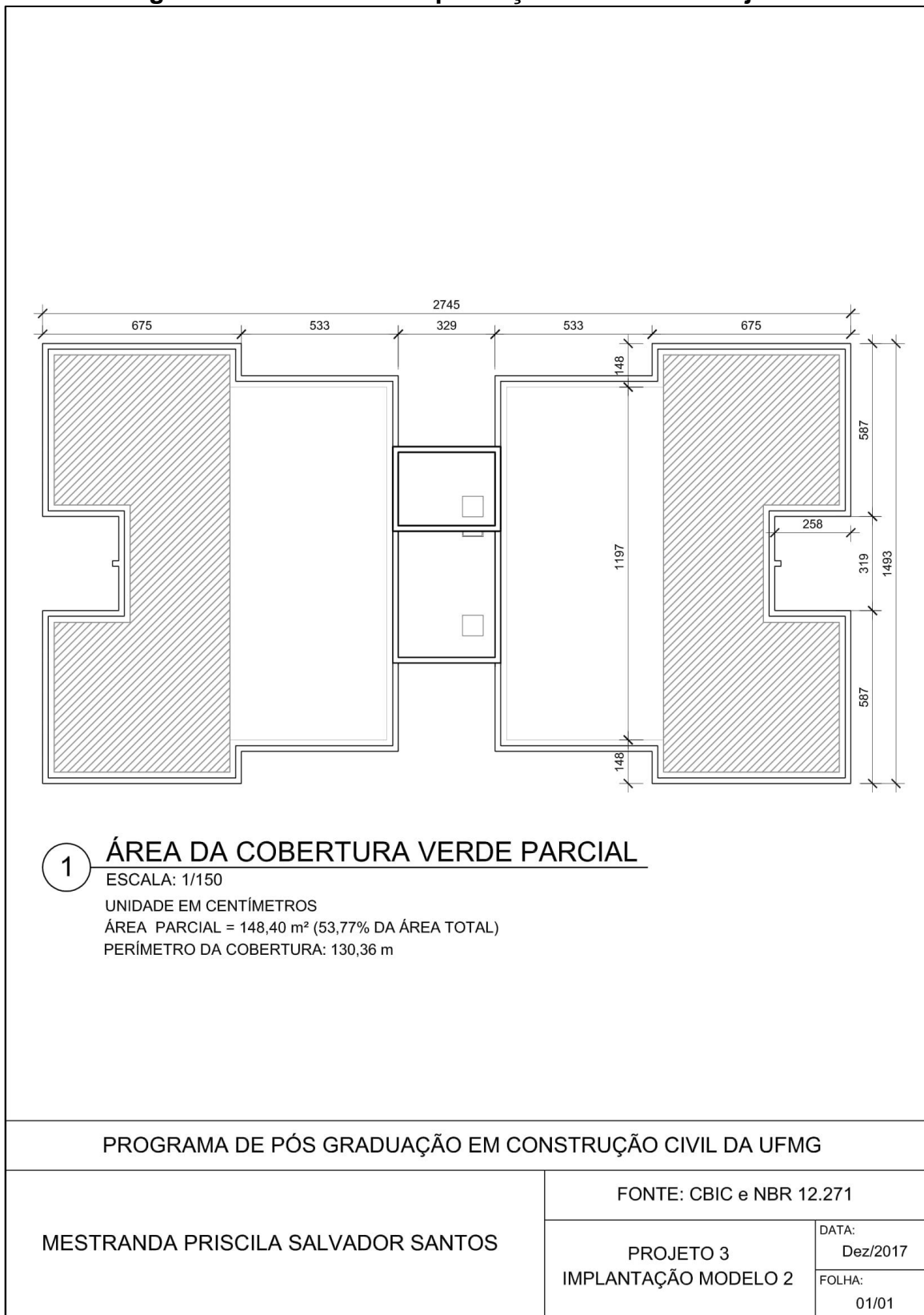
DATA:  
Dez/2017

FOLHA:  
01/01

Fonte: A autora.

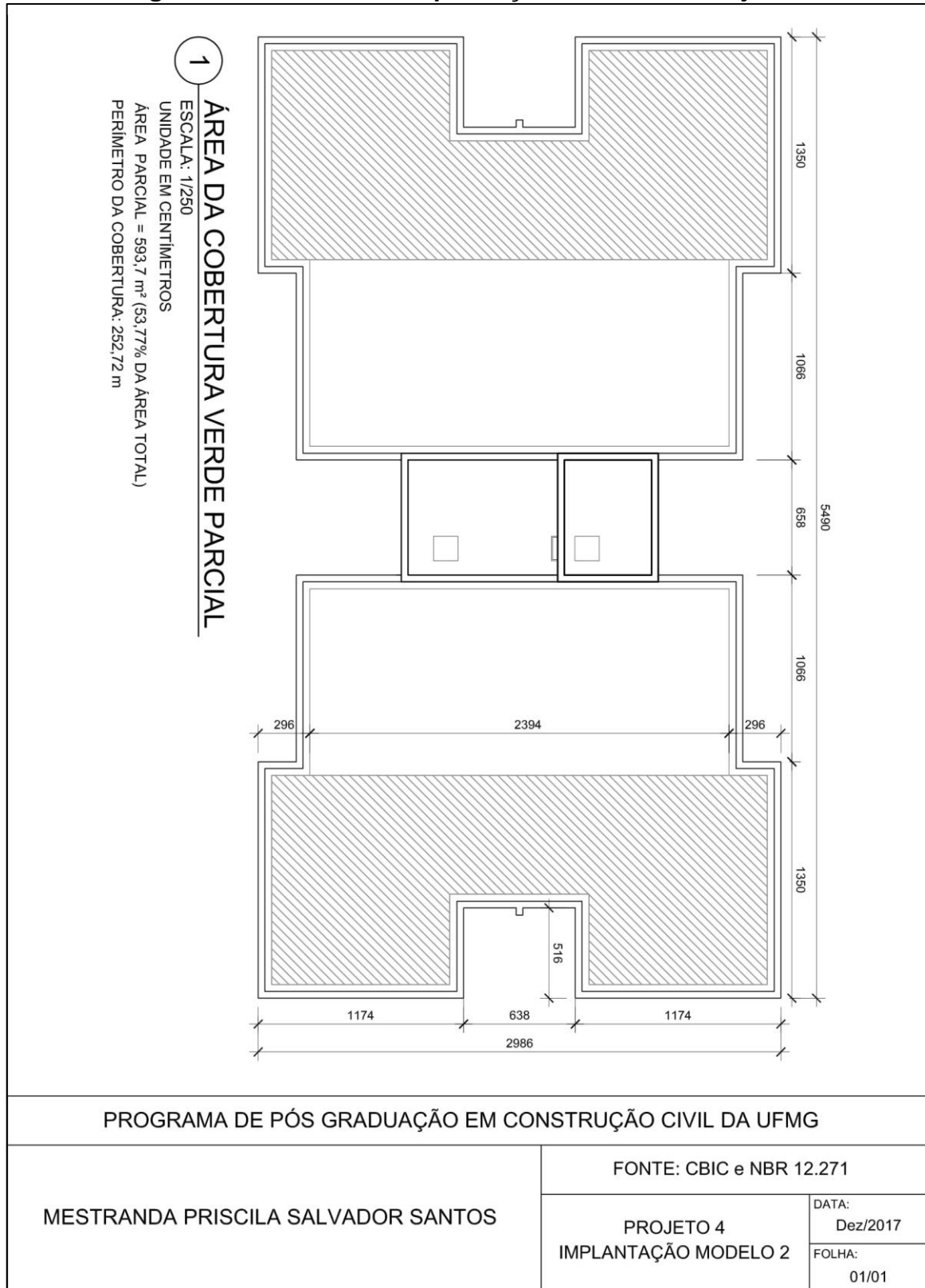


**Figura 6.15 - Planta de Implantação Modelo 2 – Projeto 3**



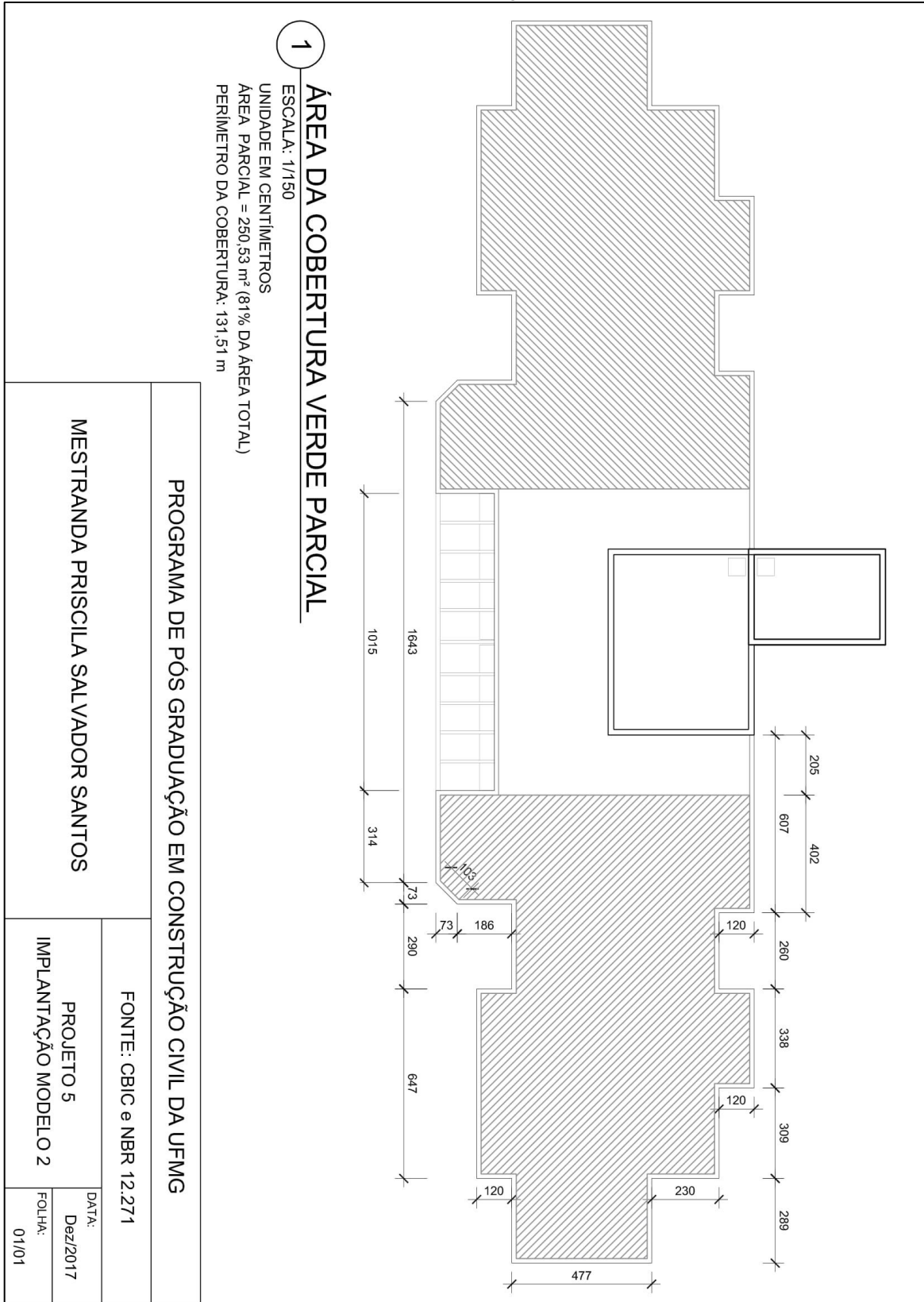
Fonte: A autora.

**Figura 6.16 - Planta de Implantação Modelo 2 – Projeto 4**



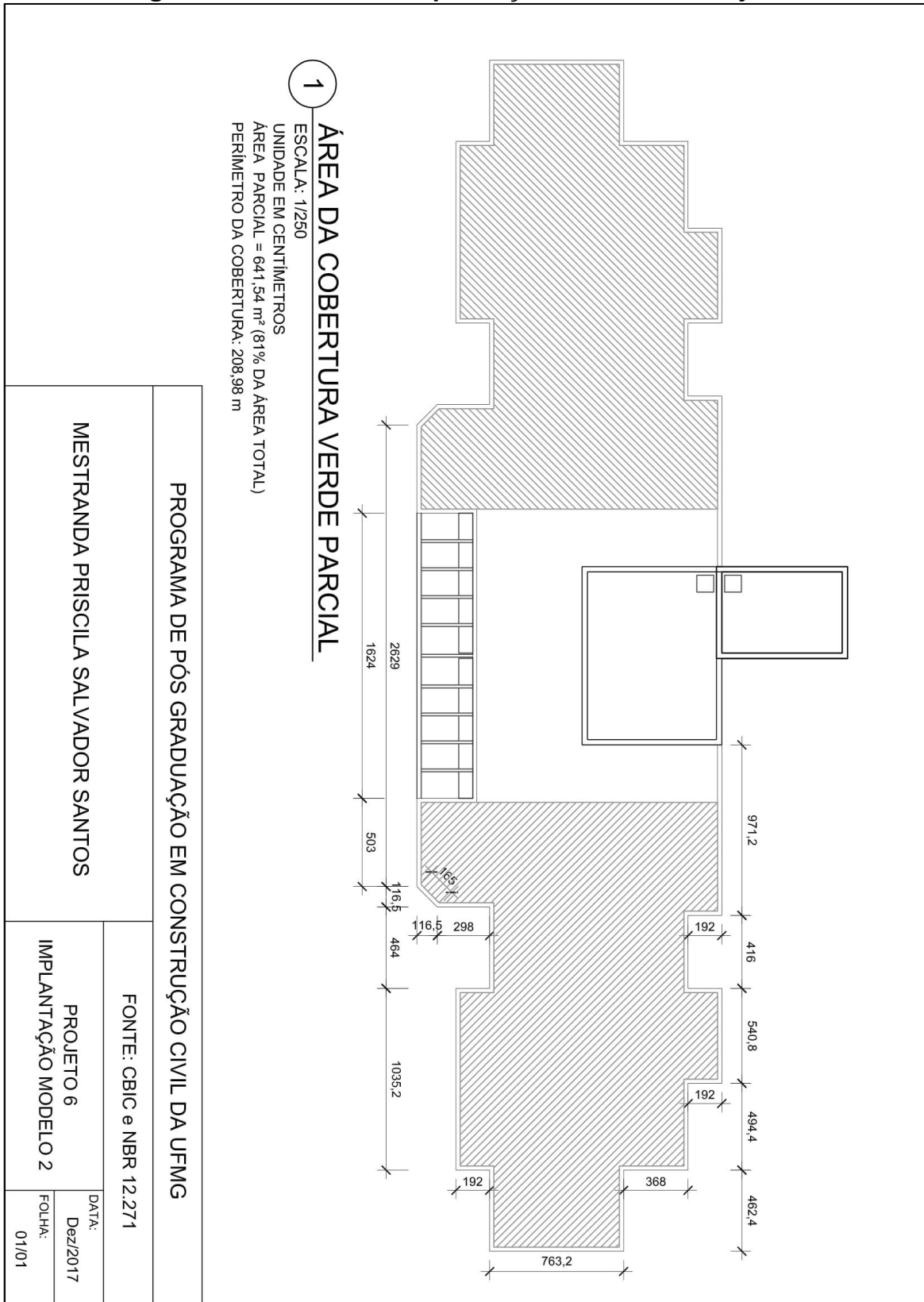
Fonte: A autora.

**Figura 6.17 - Planta de Implantação Modelo 2 – Projeto 5**



Fonte: A autora.

**Figura 6.18 - Planta de Implantação Modelo 2 – Projeto 6**



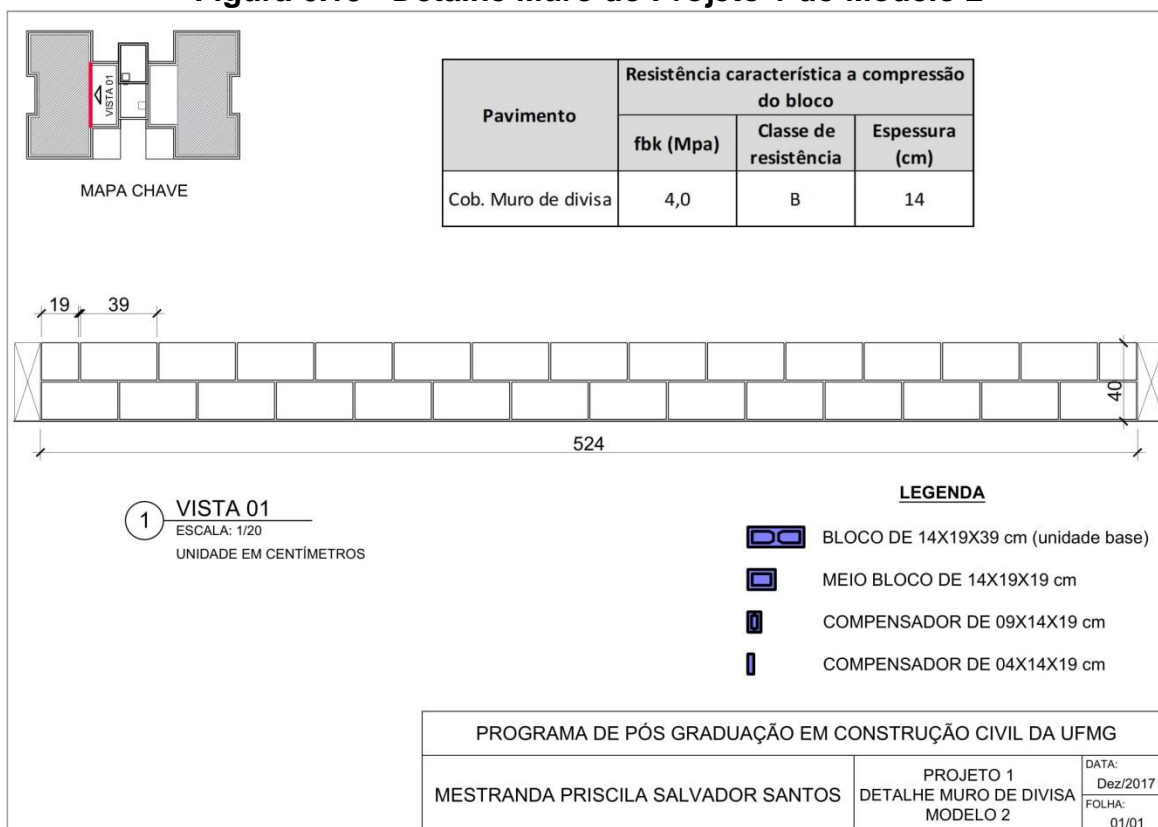
Fonte: A autora.

O primeiro passo é a retirada da estrutura do telhado, liberando assim a laje para a próxima etapa da cobertura verde.

Após a retirada da estrutura do telhado, é realizada a construção do muro de divisa que serve como separação da área destinada a cobertura verde, da área de circulação de pessoas. O muro de alvenaria de blocos de concreto é composto por blocos de concreto estrutural e argamassa de assentamento.

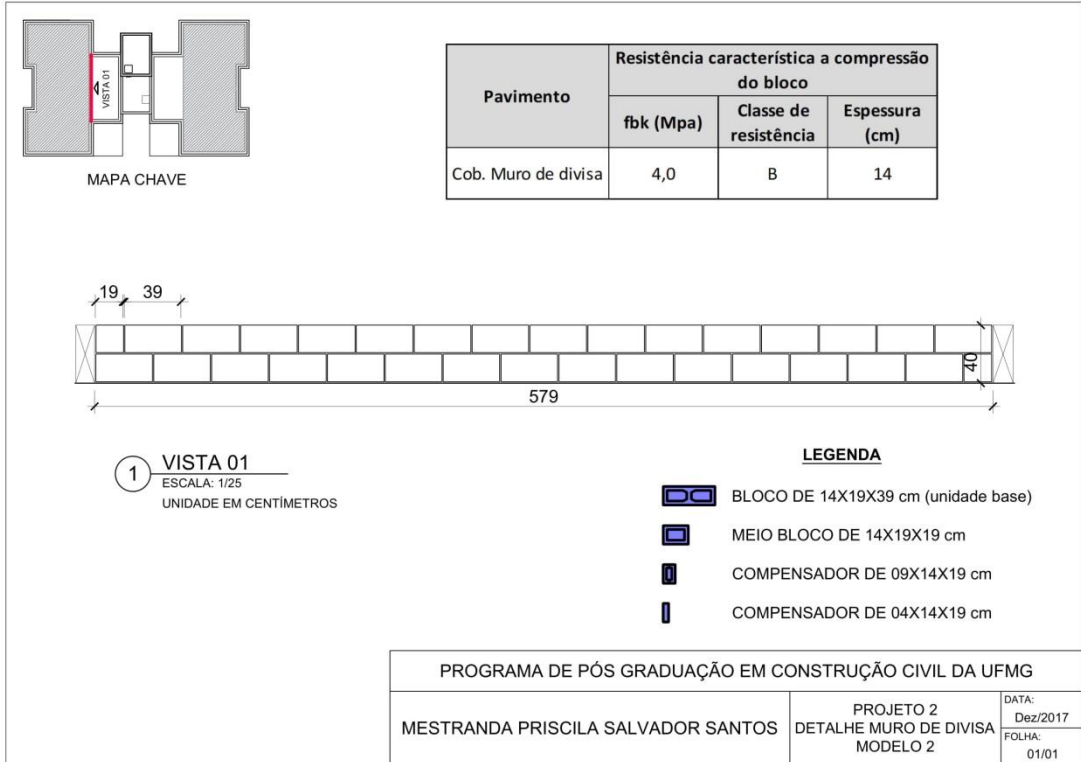
Primeiramente, foi realizada a marcação da alvenaria para, posteriormente, dar continuidade a paginação do muro. A altura do muro para todos os projetos é de 40 cm, este valor foi dimensionado de acordo com altura dos blocos de concreto utilizados e as juntas de argamassa (ver figuras de 6.19 a 6.24).

**Figura 6.19 - Detalhe Muro do Projeto 1 do Modelo 2**



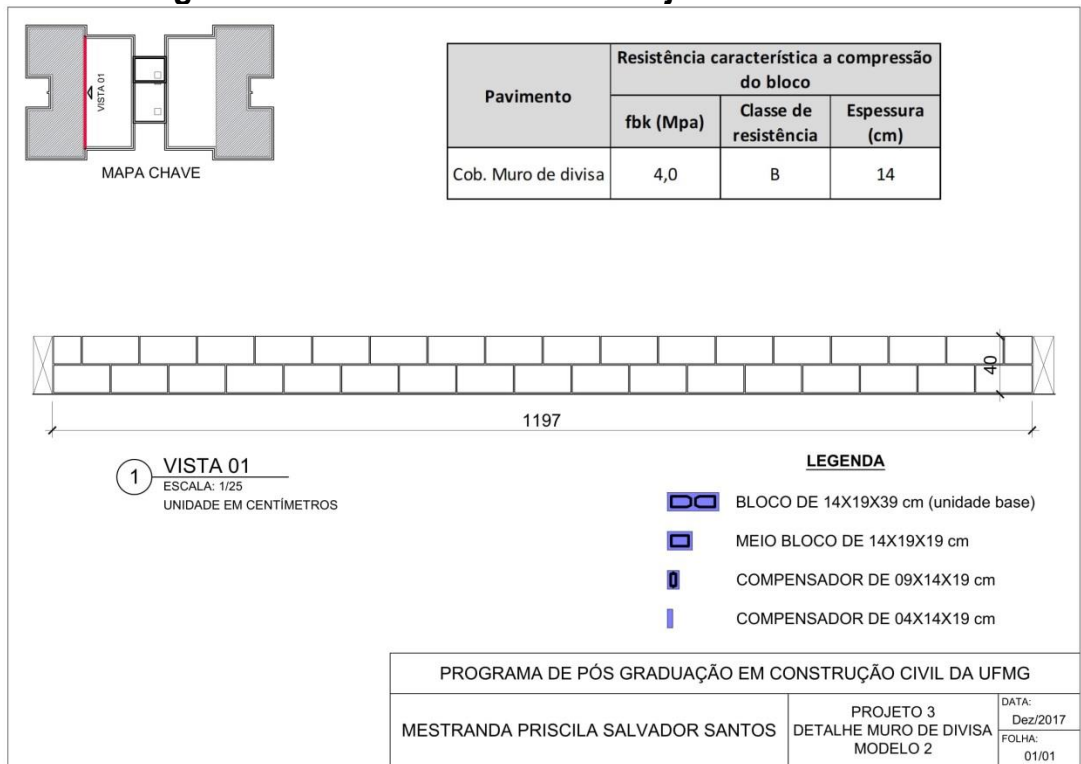
**Fonte: A autora.**

**Figura 6.20 - Detalhe Muro do Projeto 2 do Modelo 2**



Fonte: A autora, 2017.

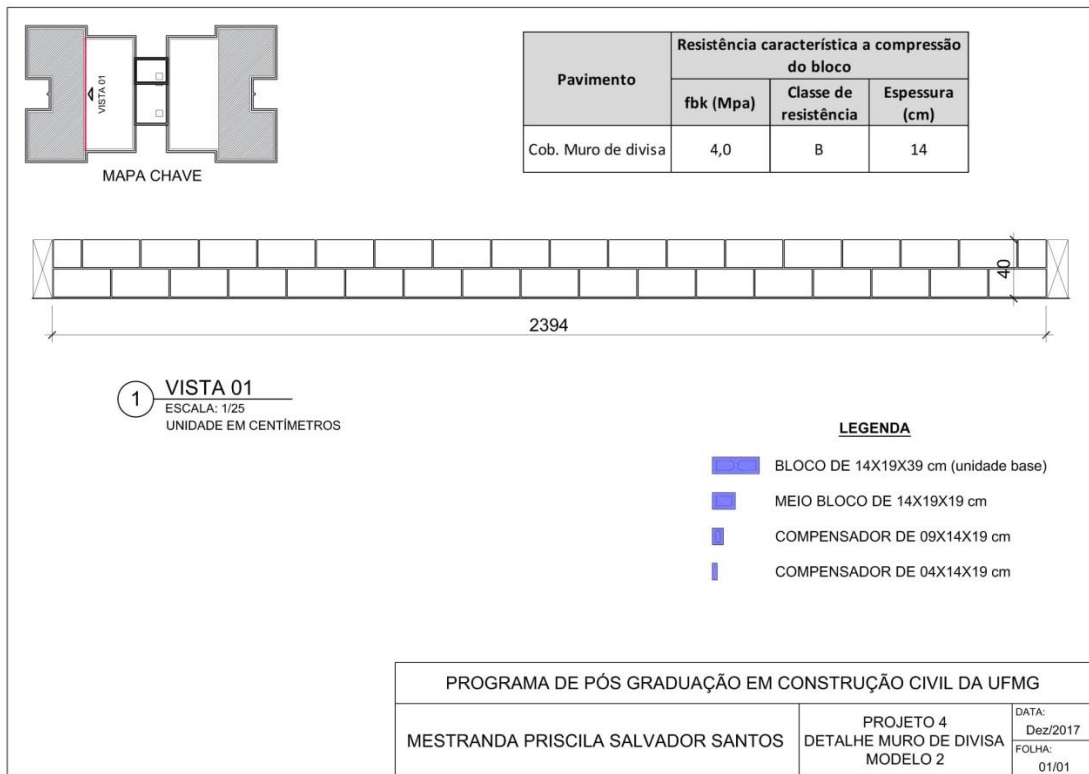
**Figura 6.21 - Detalhe Muro do Projeto 3 do Modelo 2**



Fonte: A autora.

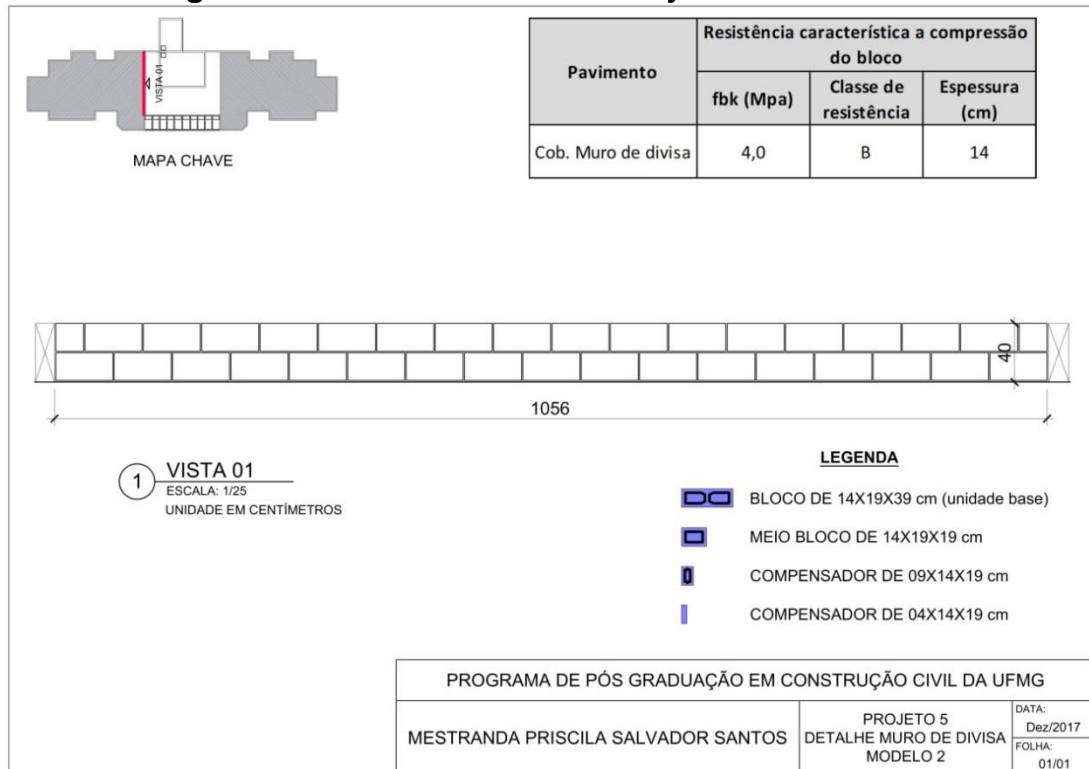


**Figura 6.22 - Detalhe Muro do Projeto 4 do Modelo 2**



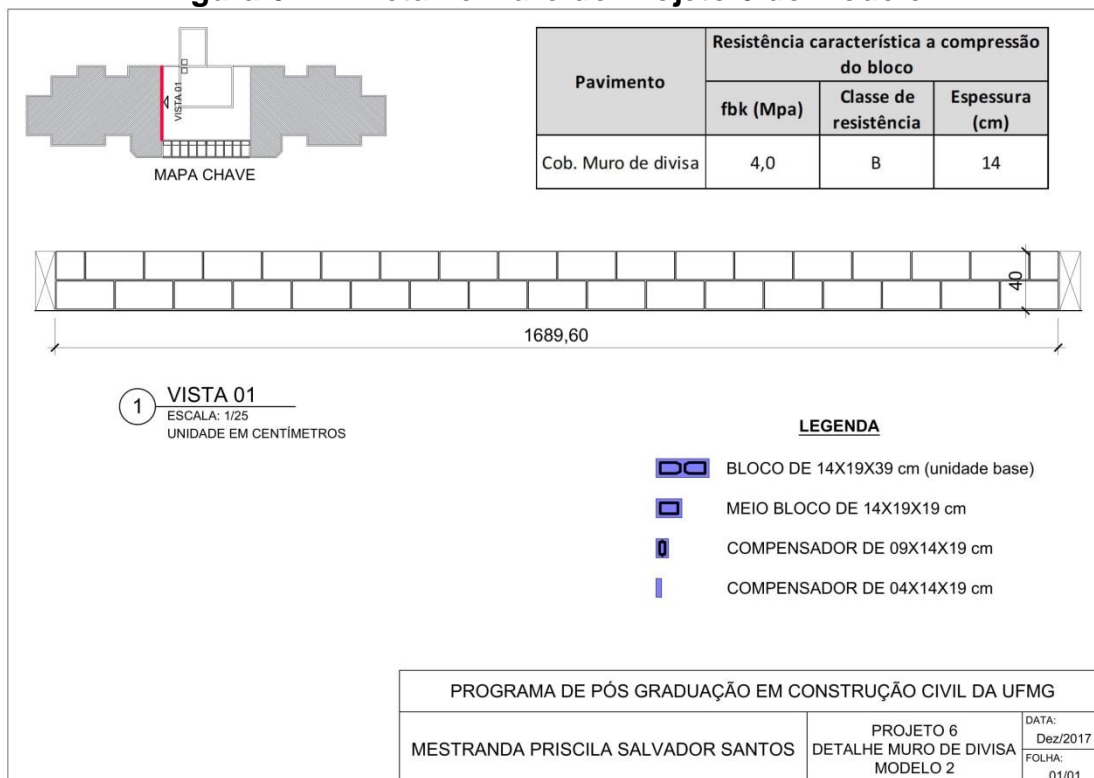
Fonte: A autora, 2017.

**Figura 6.23 - Detalhe Muro do Projeto 5 do Modelo 2**



Fonte: A autora.

**Figura 6.24 - Detalhe Muro do Projeto 6 do Modelo 2**

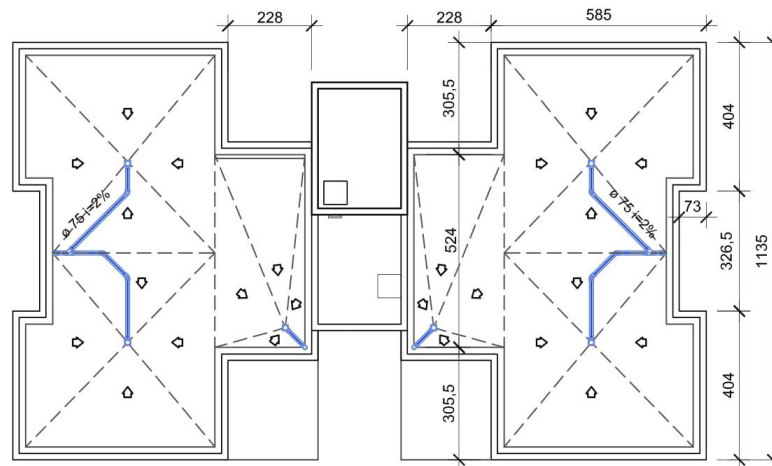


**Fonte: A autora.**

Após a instalação do muro é realizada a marcação e furação da laje para instalação do sistema de drenagem. São necessários três drenos por cada lado da laje para os projetos 1 e 2, sendo dois na parte da cobertura verde e um para a área de circulação. Para os projetos 3 e 4 são quatro furos locados de cada lado da laje, sendo 2 locados na área da cobertura verde e 2 na área de circulação. Os projetos 5 e 6 são necessários 5 furos para cada lado da laje, sendo 4 locados de na cobertura verde e um para a área de circulação. Os furos serão locados conforme figuras 6.25 e 6.30. Toda a drenagem é direcionada para o tubo de queda já existente na estrutura.



**Figura 6.25 - Planta localização drenagem Projeto 1 do Modelo 2**



**1** PLANTA DE LOCAÇÃO DRENAGEM  
 ESCALA: 1/150  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS

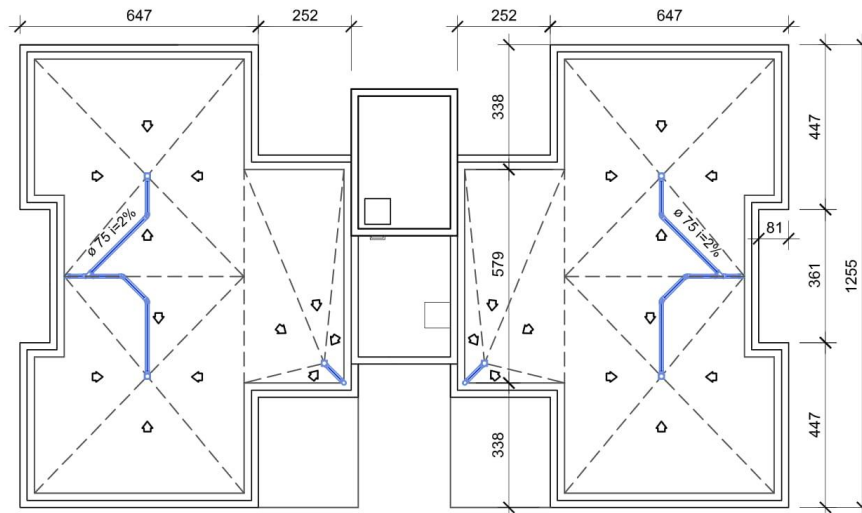
**Notas Gerais:**

- 1 - Todas as tubulações representadas em planta, estão sob a laje de piso, vigas e cintas.
- 2 - As declividades mínimas da tubulação deverá ser:
  - Tubulações com diâmetro nominal igual ou inferior a 75mm: 2%
  - Tubulações com diâmetro nominal igual ou superior a 100mm: 1%
- 3 - O espaçamento mínimo entre suportes para fixação de tubulações horizontais será:
  - Tubos de  $\varnothing 100$ mm: 1,80m
  - Tubos de  $\varnothing 75$ mm: 1,50m

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG		
MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS	PROJETO 1 LOCAÇÃO DE DRENAGEM MODELO 2	DATA: Dez/2017
		FOLHA: 01/01

**Fonte: A autora.**

**Figura 6.26 - Planta localização drenagem Projeto 2 do Modelo 2**



**1** **PLANTA DE LOCAÇÃO DRENAGEM**  
 ESCALA: 1/150  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS

**Notas Gerais:**

- 1 - Todas as tubulações representadas em planta, estão sob a laje de piso, vigas e cintas.
- 2 - As declividades mínimas da tubulação deverá ser:
  - Tubulações com diâmetro nominal igual ou inferior a 75mm: 2%
  - Tubulações com diâmetro nominal igual ou superior a 100mm: 1%
- 3 - O espaçamento mínimo entre suportes para fixação de tubulações horizontais será:
  - Tubos de  $\varnothing 100\text{mm}$ : 1,80m
  - Tubos de  $\varnothing 75\text{mm}$ : 1,50m

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

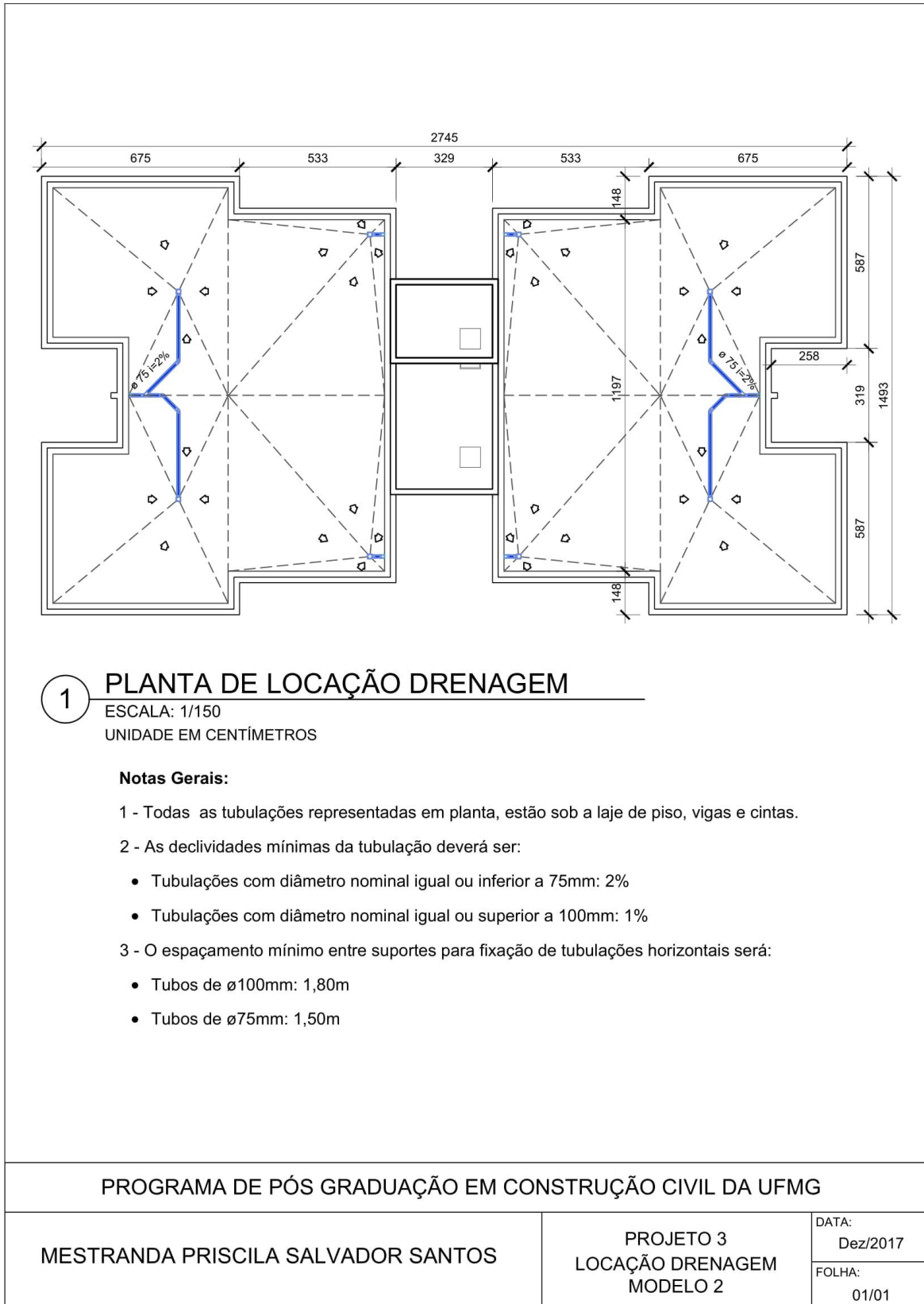
MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

PROJETO 2  
 LOCAÇÃO DRENAGEM  
 MODELO 2

DATA:  
 Dez/2017  
 FOLHA:  
 01/01

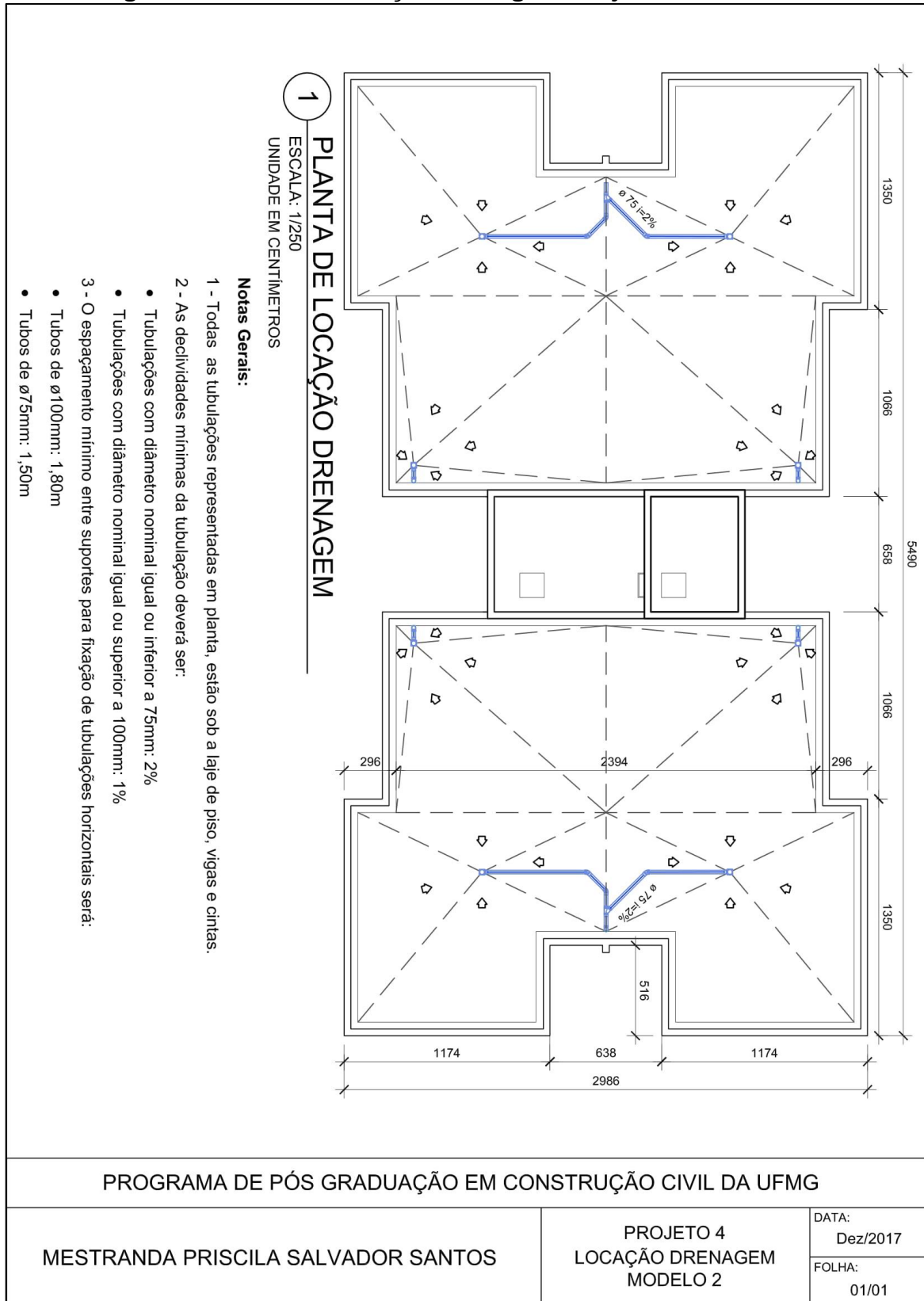
**Fonte: A autora.**

**Figura 6.27 - Planta localização drenagem Projeto 3 do Modelo 2**



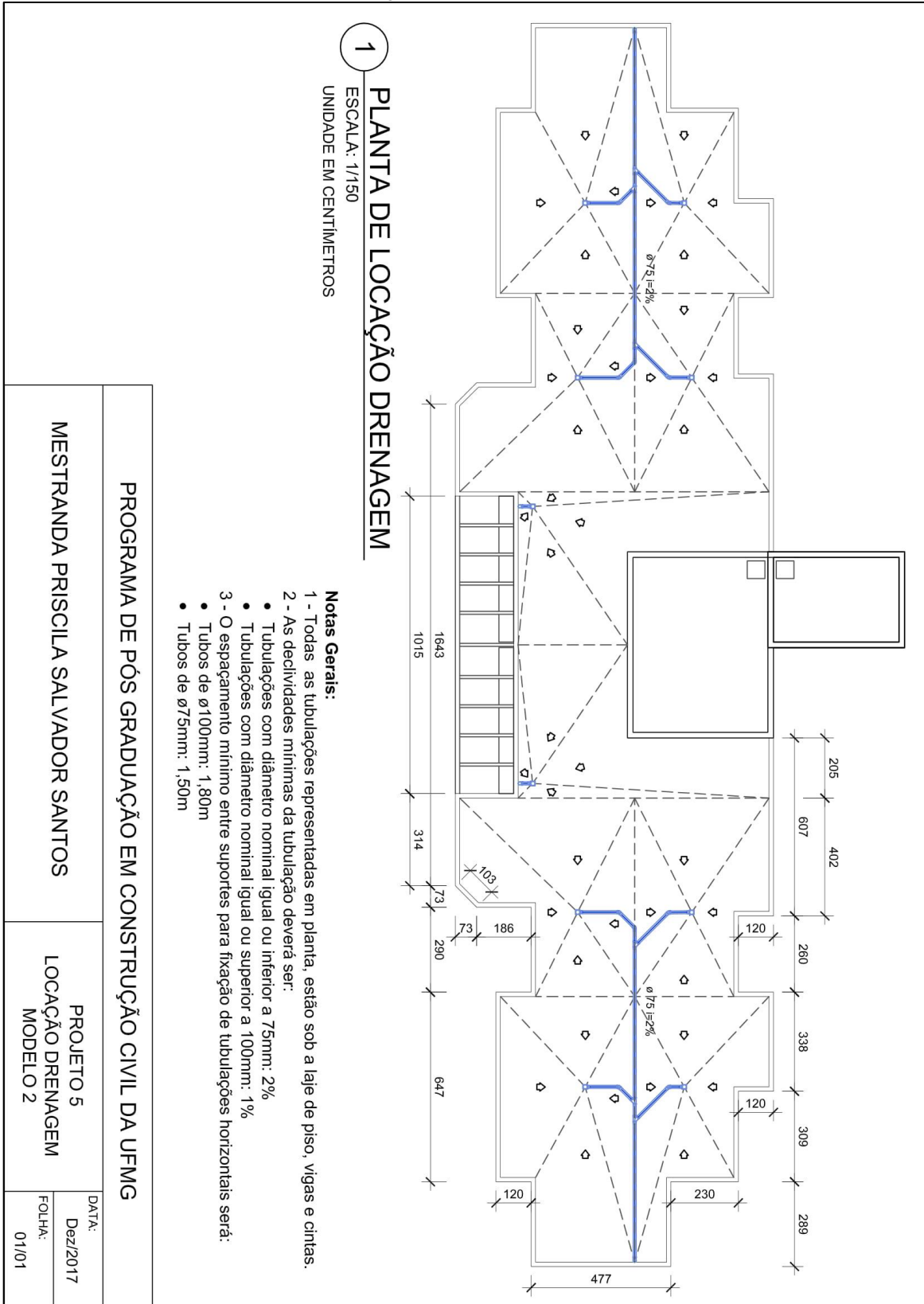
**Fonte: A autora.**

Figura 6.28 - Planta localização drenagem Projeto 4 do Modelo 2



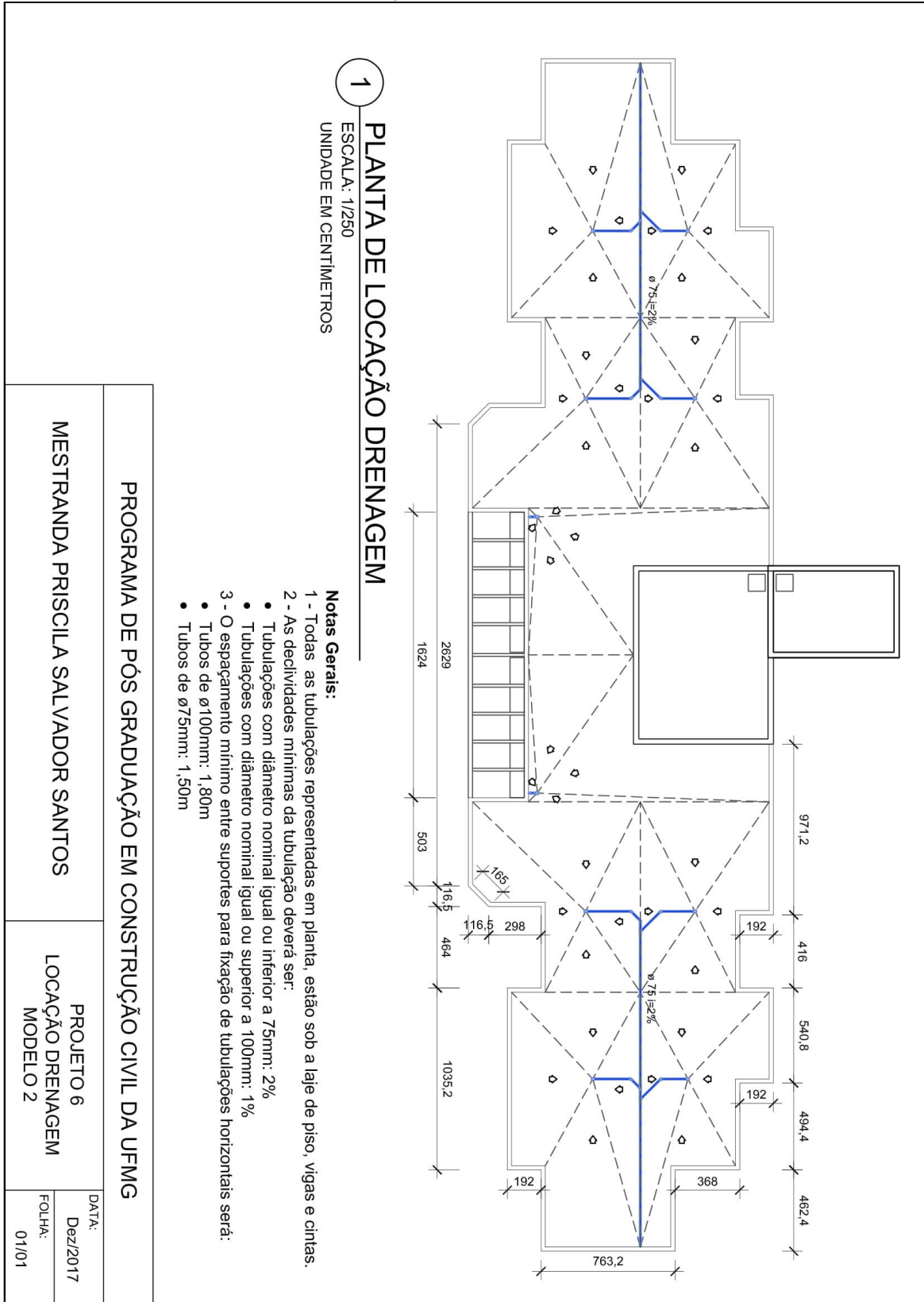
Fonte: A autora.

Figura 6.29 -Planta locação drenagem Projeto 5 do Modelo 2



Fonte: A autora.

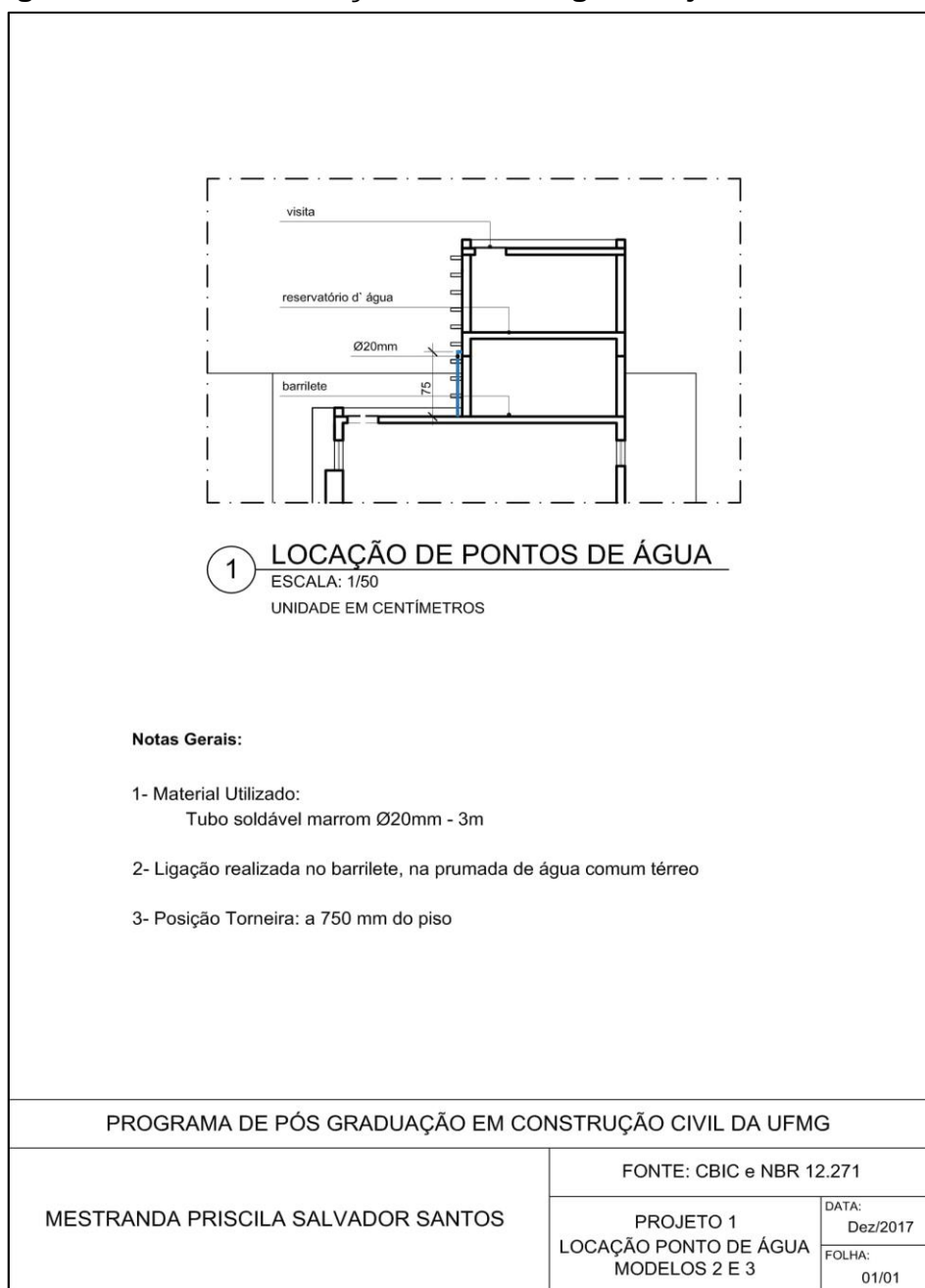
Figura 6.30 - Planta locação drenagem Projeto 6 do Modelo 2



Fonte: A autora.

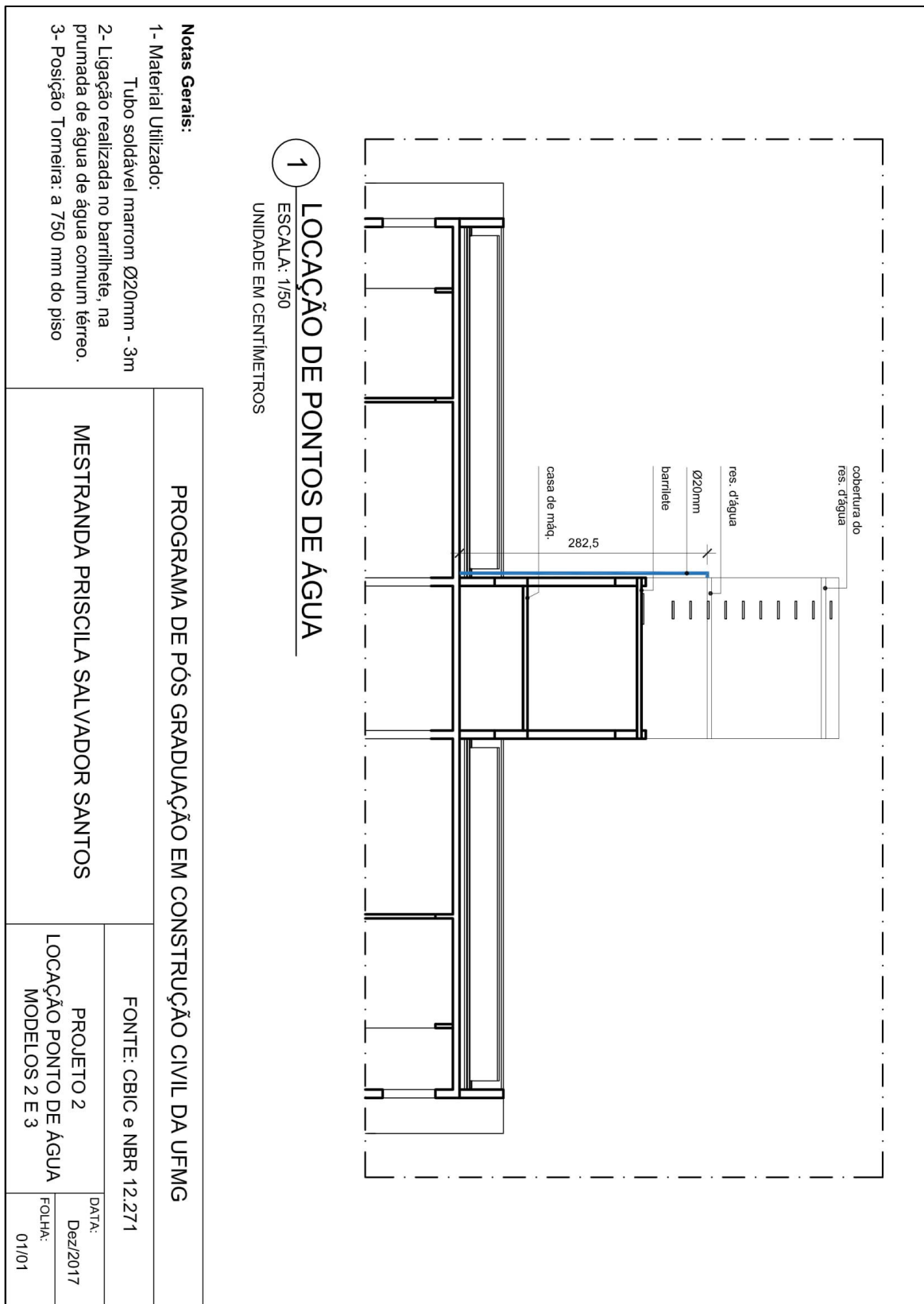
Serão criados dois pontos de água que serão utilizados para a irrigação durante os períodos de seca. Os pontos serão instalados próximos à cobertura verde em ambos os lados da cobertura do edifício. Será realizado um desvio na prumada de água fria, no barrilete, localizado abaixo da caixa d'água. O desvio será realizado na prumada que alimenta a área comum da edificação, assim a conta de água pode ser rateada igualmente para todas as unidades do condomínio. As locações dos pontos são representadas nas figuras 6.31 a 6.36 abaixo.

**Figura 6.31 - Planta locação Ponto de água Projeto 1 do Modelo 2**



**Fonte: A autora.**

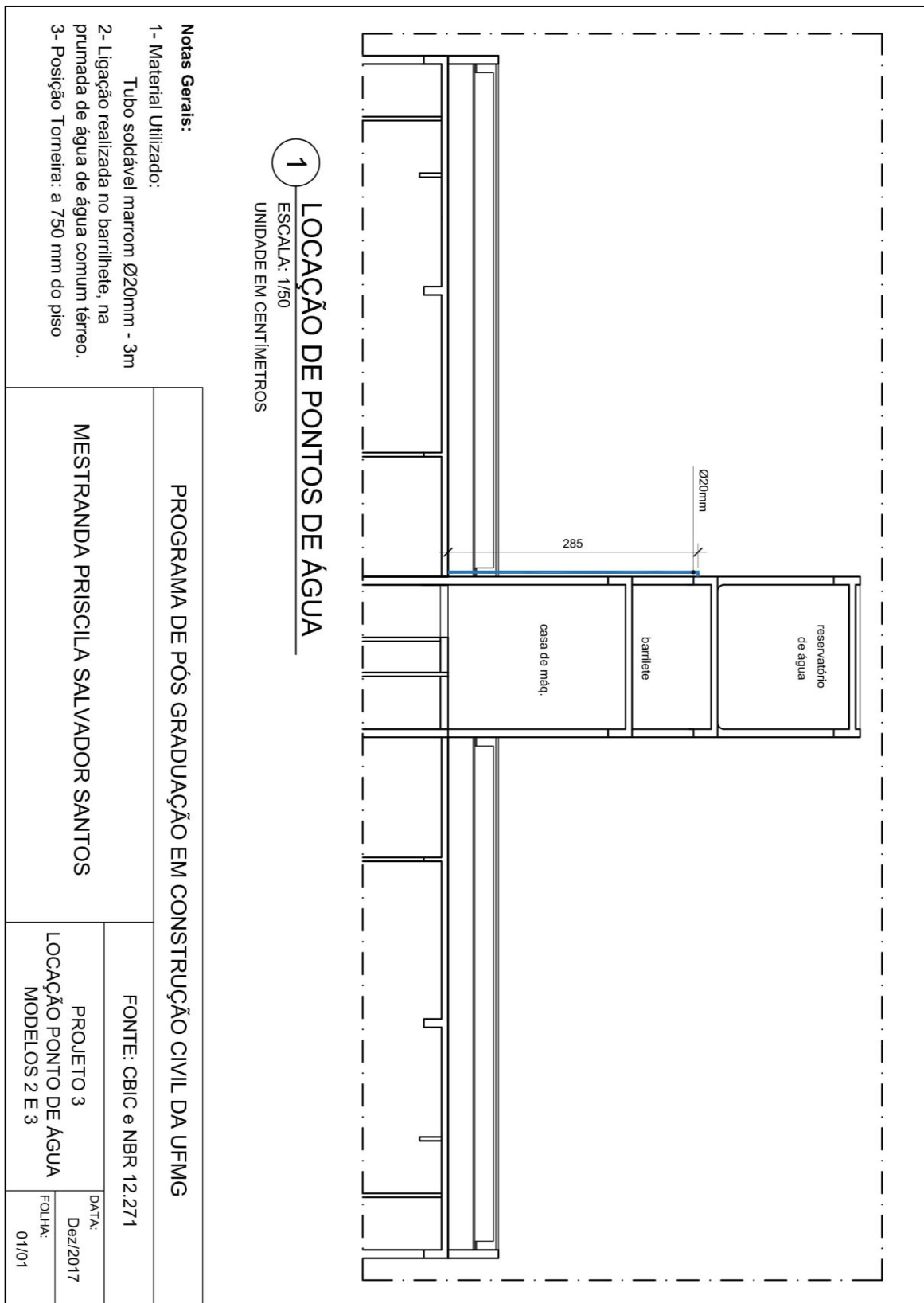
**Figura 6.32 - Planta localização Ponto de água Projeto 2 do Modelo 2**



Fonte: A autora.

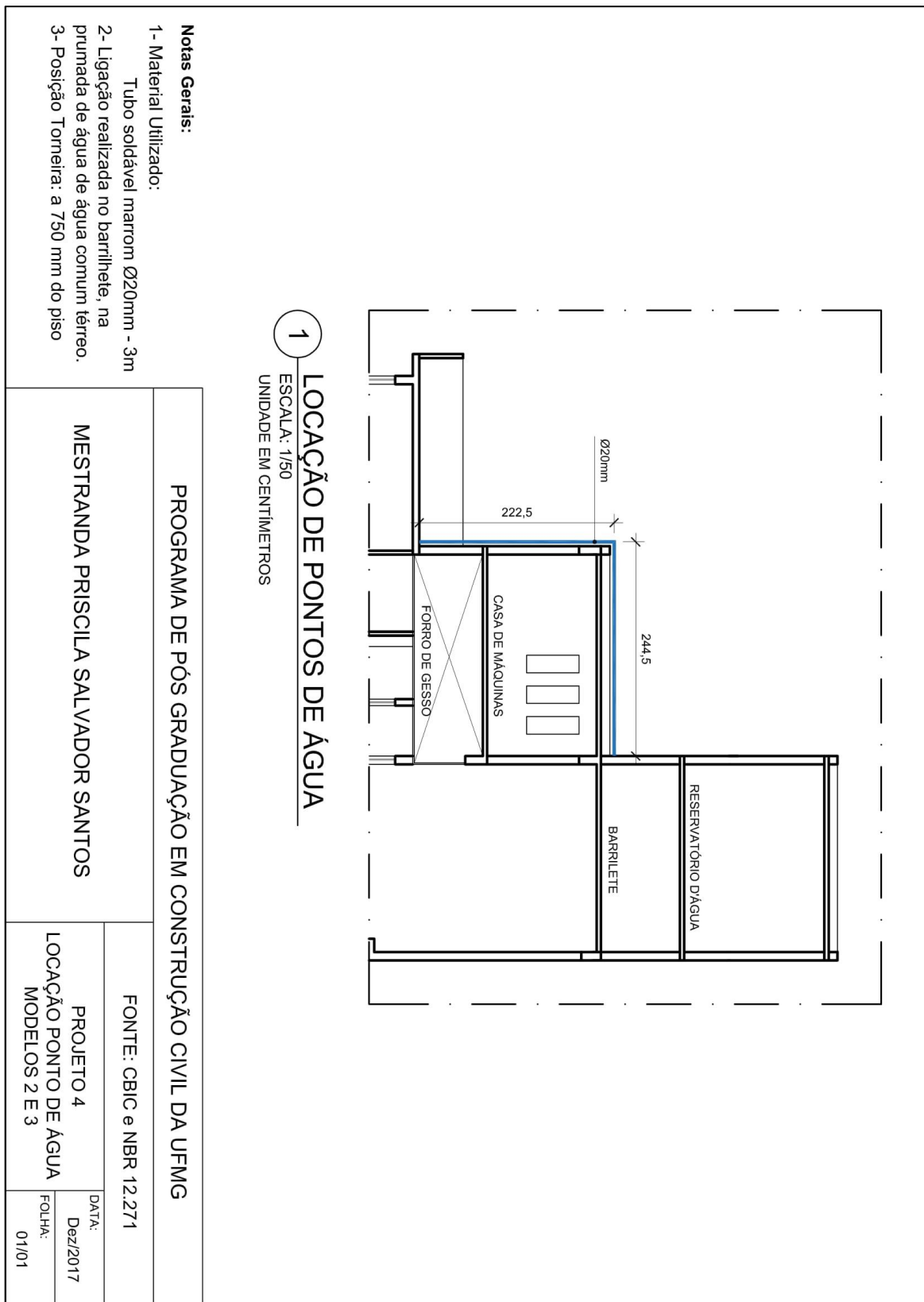


**Figura 6.33 - Planta localização Ponto de água Projeto 3 do Modelo 2**



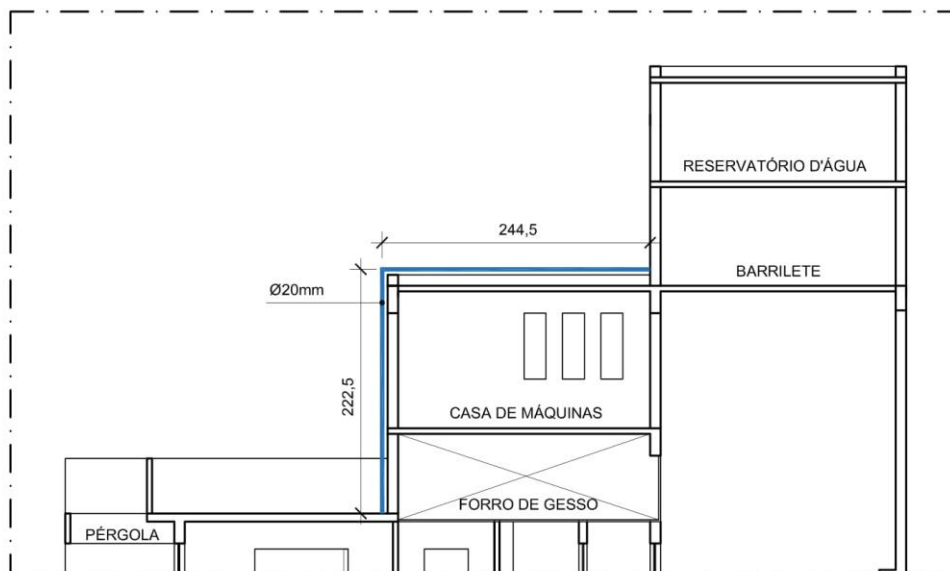
Fonte: A autora.

**Figura 6.34 - Planta locação Ponto de água Projeto 4 do Modelo 2**



Fonte: A autora.

**Figura 6.35 - Planta locação Ponto de água Projeto 5 do Modelo 2**



**1 LOCAÇÃO DE PONTOS DE ÁGUA**

ESCALA: 1/50  
UNIDADE EM CENTÍMETROS

**Notas Gerais:**

- 1- Material Utilizado:  
Tubo soldável marrom Ø20mm - 3m
- 2- Ligação realizada no barrilete, na prumada de água comum térreo
- 3- Posição Torneira: a 750 mm do piso

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

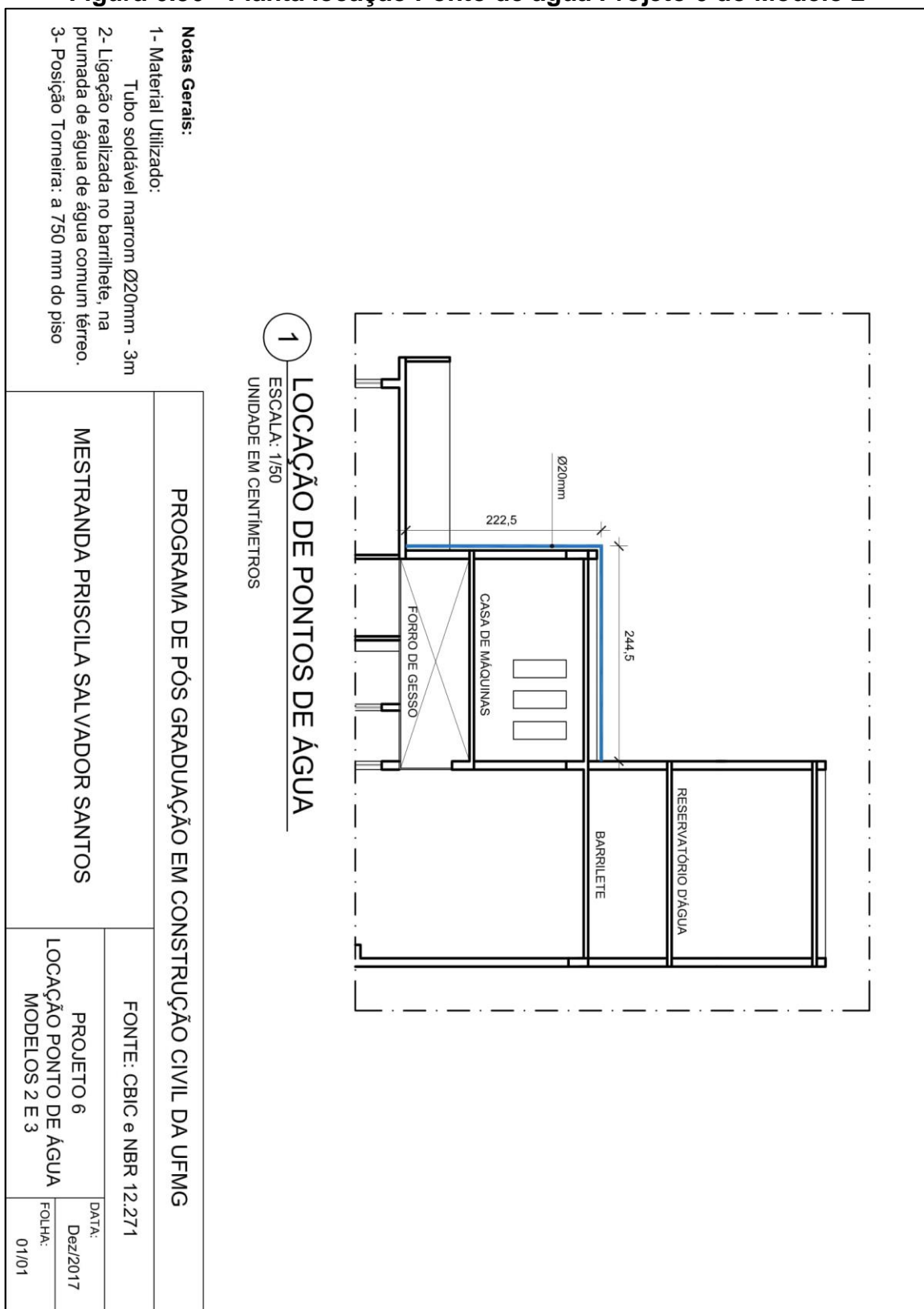
FONTE: CBIC e NBR 12.271

PROJETO 5  
LOCAÇÃO PONTO DE ÁGUA  
MODELOS 2 E 3

DATA:  
Dez/2017  
FOLHA:  
01/01

**Fonte: A autora.**

**Figura 6.36 - Planta locação Ponto de água Projeto 6 do Modelo 2**



Fonte: A autora.

Para definir a disposição dos furos, verifica-se primeiramente o projeto de armação da laje a ser implantada a cobertura verde. Com o projeto de armação em mãos, o responsável técnico realiza um estudo para verificar quais os possíveis pontos de instalação da drenagem na laje, os furos não podem causar interferências na armação existente.

Após a furação da drenagem é realizada a etapa de regularização do piso, onde se executa seu nivelamento com os caimentos para os ralos e arredondamento dos cantos verticais e horizontais, deixando-os em formato meia-cana. A regularização proporciona uma superfície uniforme de apoio adequado à camada subsequente.

Após a regularização, é realizada a etapa de impermeabilização que é composta por: limpeza da superfície, primer, manta asfáltica e camada separadora. Primeiro, a área deve ser limpa, retirando resíduos da superfície, como restos de argamassa, madeiras, *etc.*. Em seguida, aplica-se o primer, solução asfáltica, que permite a melhor aderência da manta ao substrato. Passado o período de cura do primer (4 a 6 horas) é instalada a manta asfáltica. Aplica-se a manta asfáltica polimérica (SBS) em toda a extensão da cobertura, ou seja, na parte da cobertura verde, na área destinada a circulação, e também nas paredes laterais. Nas paredes com cobertura verde, a impermeabilização é feita em toda a parede, já na área de circulação a altura de aplicação da manta é de 30 cm. Com a área impermeabilizada executa-se o teste de estanqueidade da cobertura, enchendo os locais impermeabilizados com água e mantendo o nível por no mínimo 72 horas. O teste verifica se a impermeabilização foi bem executada garantindo que não há nenhum vazamento na estrutura. Após o teste, coloca-se uma camada de geotêxtil (camada separadora), que têm como função separar a impermeabilização da proteção mecânica.

A próxima etapa é a colocação da proteção mecânica, também chamada de contrapiso. A proteção mecânica na área da cobertura verde é armada com tela galvanizada e coberta com argamassa. Na área de circulação, a proteção mecânica não é armada, é feita somente com argamassa.

Na área destinada à cobertura verde, coloca-se o substrato de terra vegetal, com altura de 20 cm.

Após o substrato, é colocado a vegetação. No modelo 2 foi utilizada a grama da espécie esmeralda, que vêm em placas, o que facilita sua fixação (ver quadro 6.2). A espécie é caracterizada pelas folhas finas e coloração verde esmeralda, possui um enraizamento rápido e profundo, resistente à seca, têm baixa exigência nutricional e de crescimento lento quando comparada a outras gramíneas, diminuído assim, a quantidade de podas. A grama é resistente a pisoteio e ervas daninha, de manutenção simples e amplamente difundida e conhecida no país.

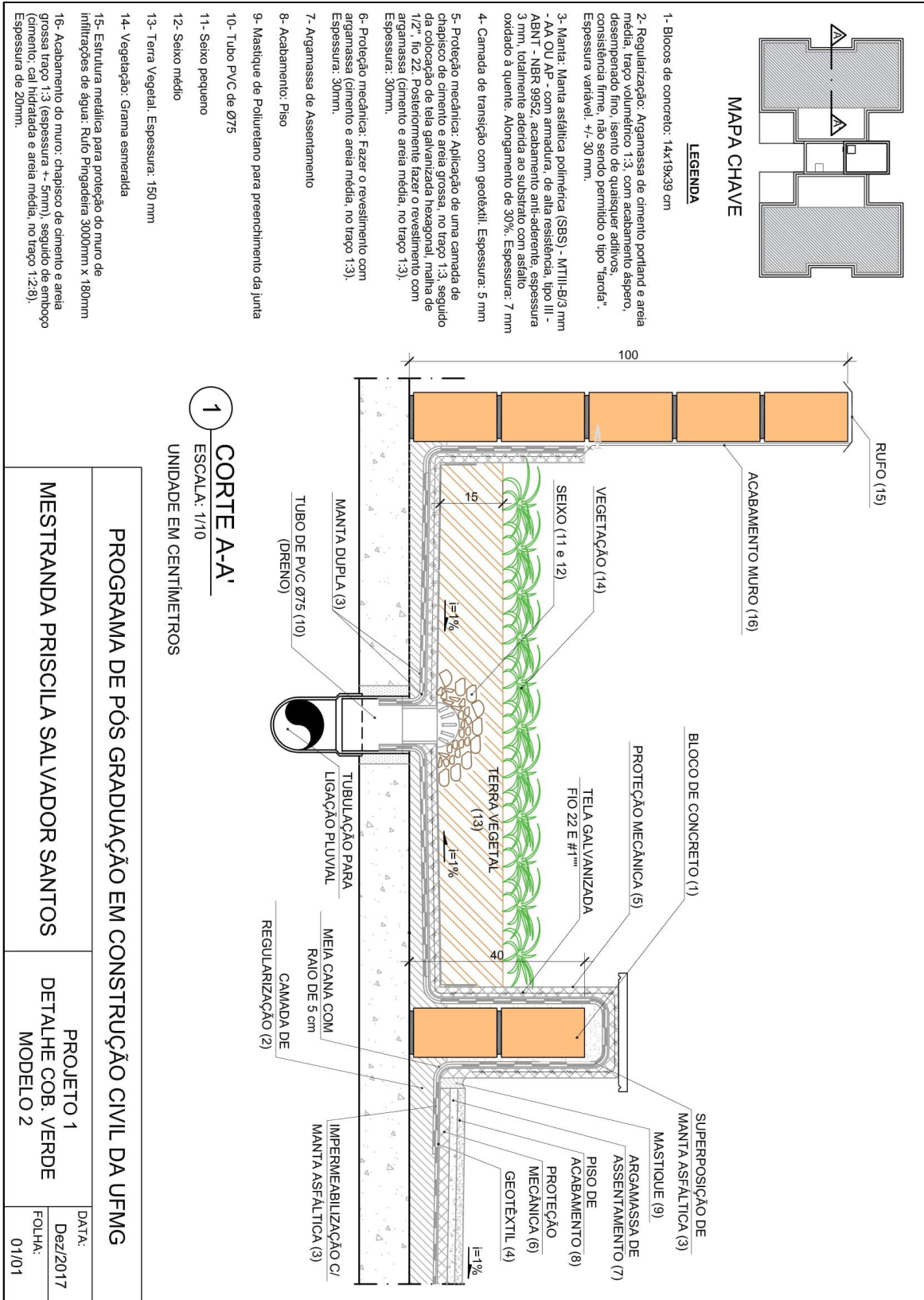
**Quadro 6.2 - Espécies da Cobertura Verde Modelo 2**

<b>Espécies</b>	<b>Nome Científico</b>	<b>Porte</b>
Gramma Esmeralda	<i>Zoysia japonica</i>	Pequeno

Fonte: A autora.

Para a área da circulação, após a realização do contrapiso, instala-se o piso de acabamento, utilizando como insumo a argamassa pronta para contrapiso. A próxima etapa é a instalação do piso cerâmico e do masticado. O masticado, material adesivo utilizado para o fechamento das juntas, é colocado em todo perímetro do encontro entre o piso e o muro de divisa com a cobertura verde. Por fim, aplica-se o rejunte em toda área do piso. O detalhe da cobertura verde pode ser visto nas figuras de 6.37 a 6.42.

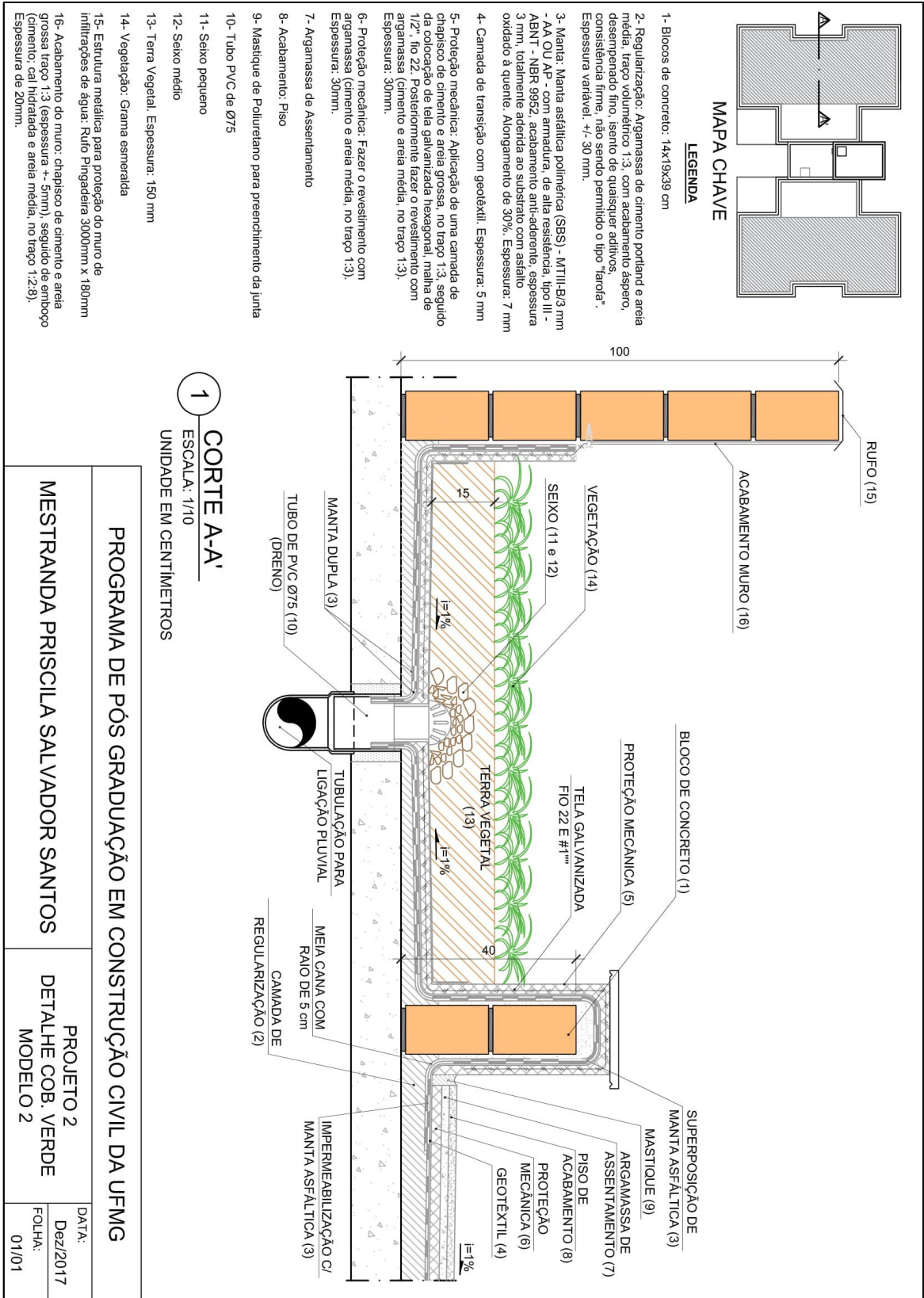
**Figura 6.37 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 1 do Modelo 2**



Fonte: A autora.



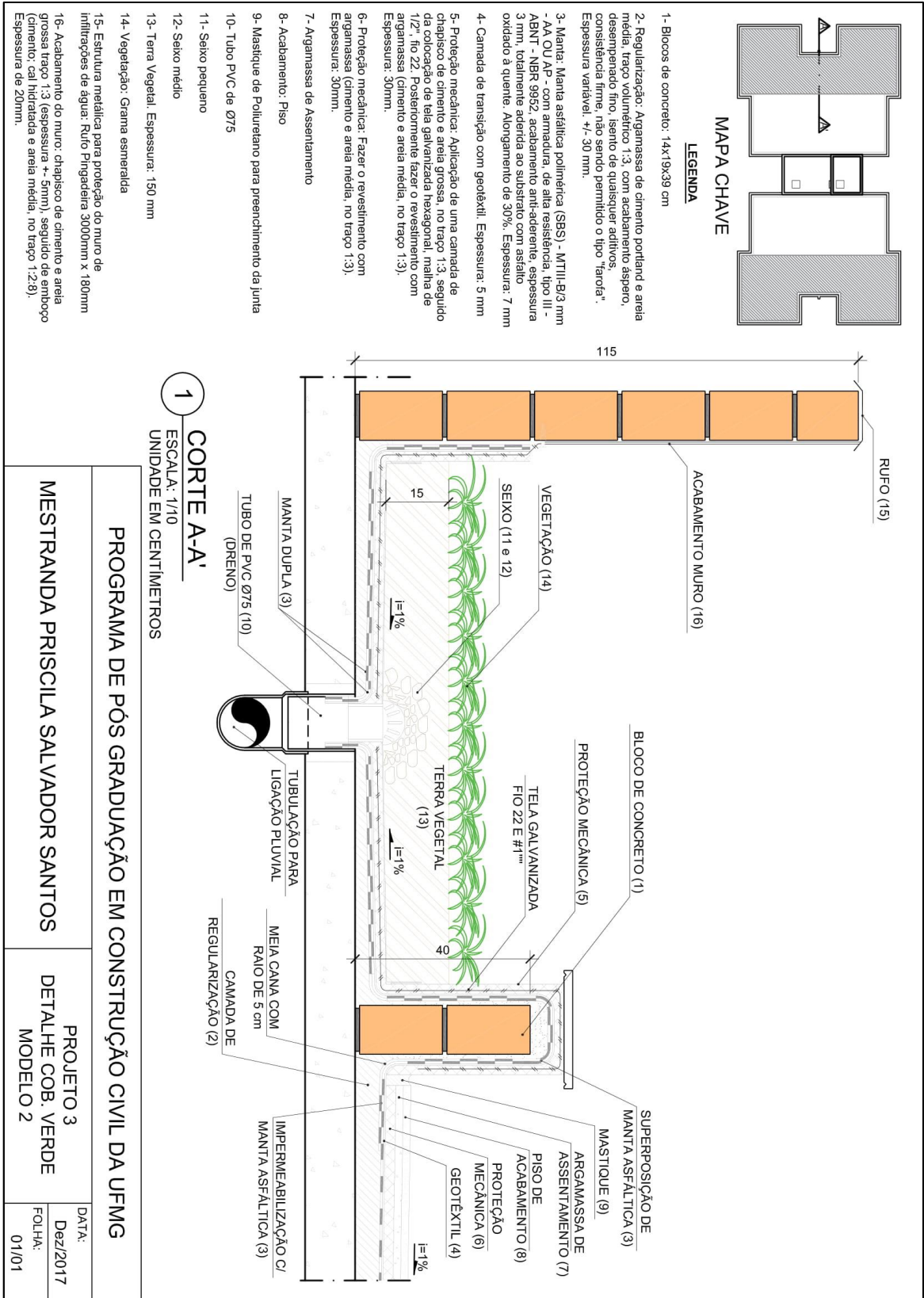
**Figura 6.38 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 2 do Modelo 2**



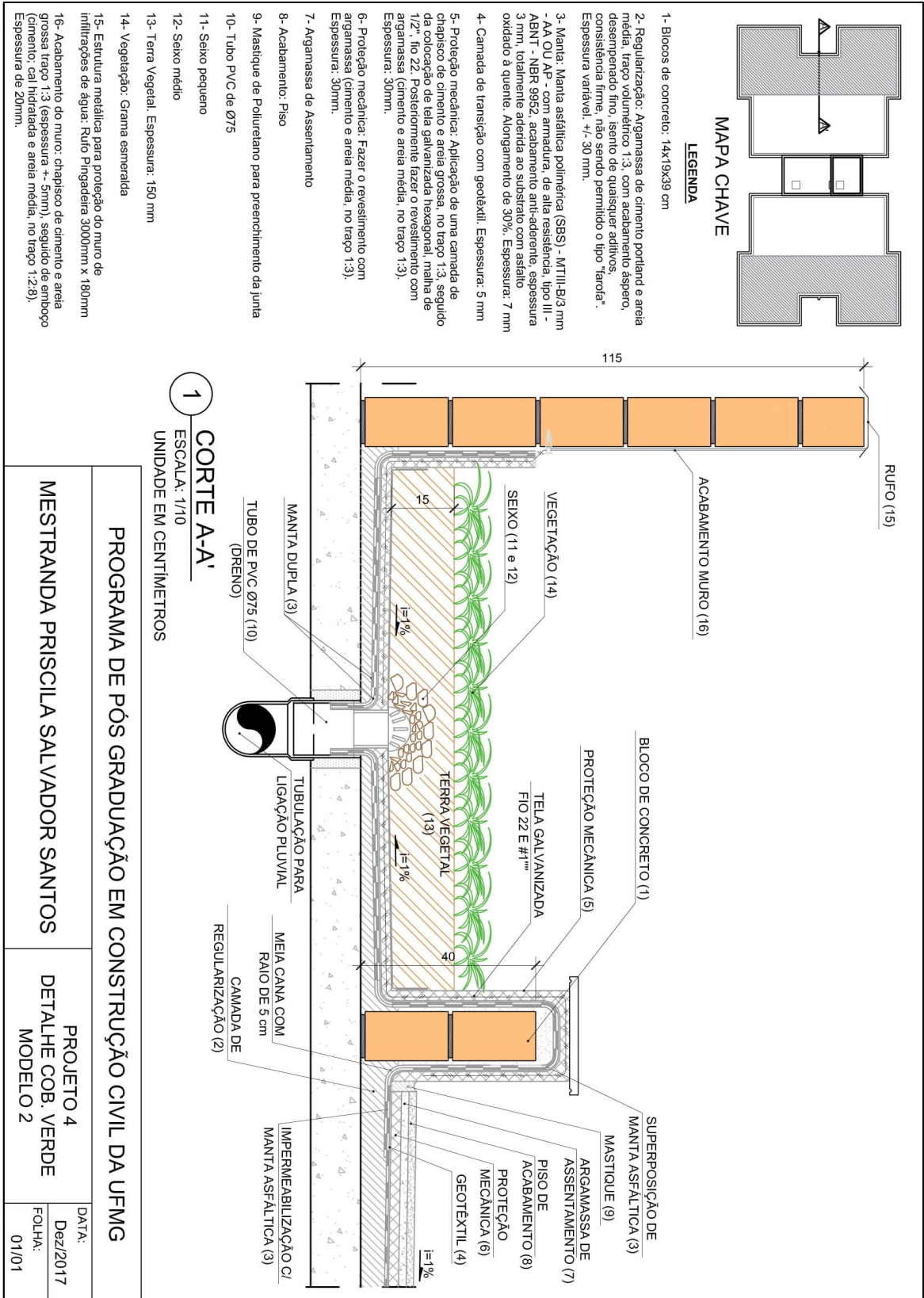
Fonte: A autora.



**Figura 6.39 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 3 do Modelo 2**

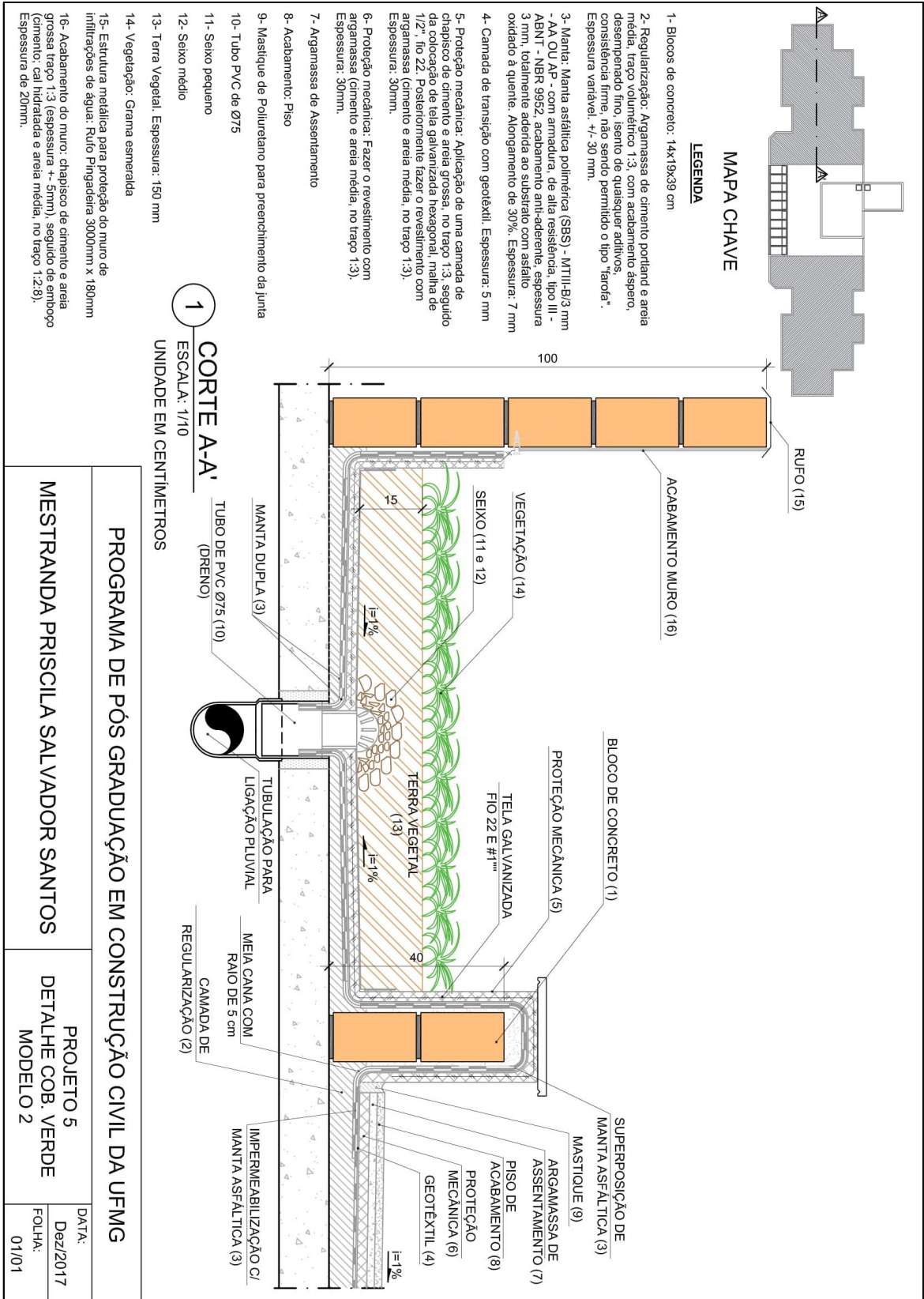


**Figura 6.40 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 4 do Modelo 2**



Fonte: A autora.

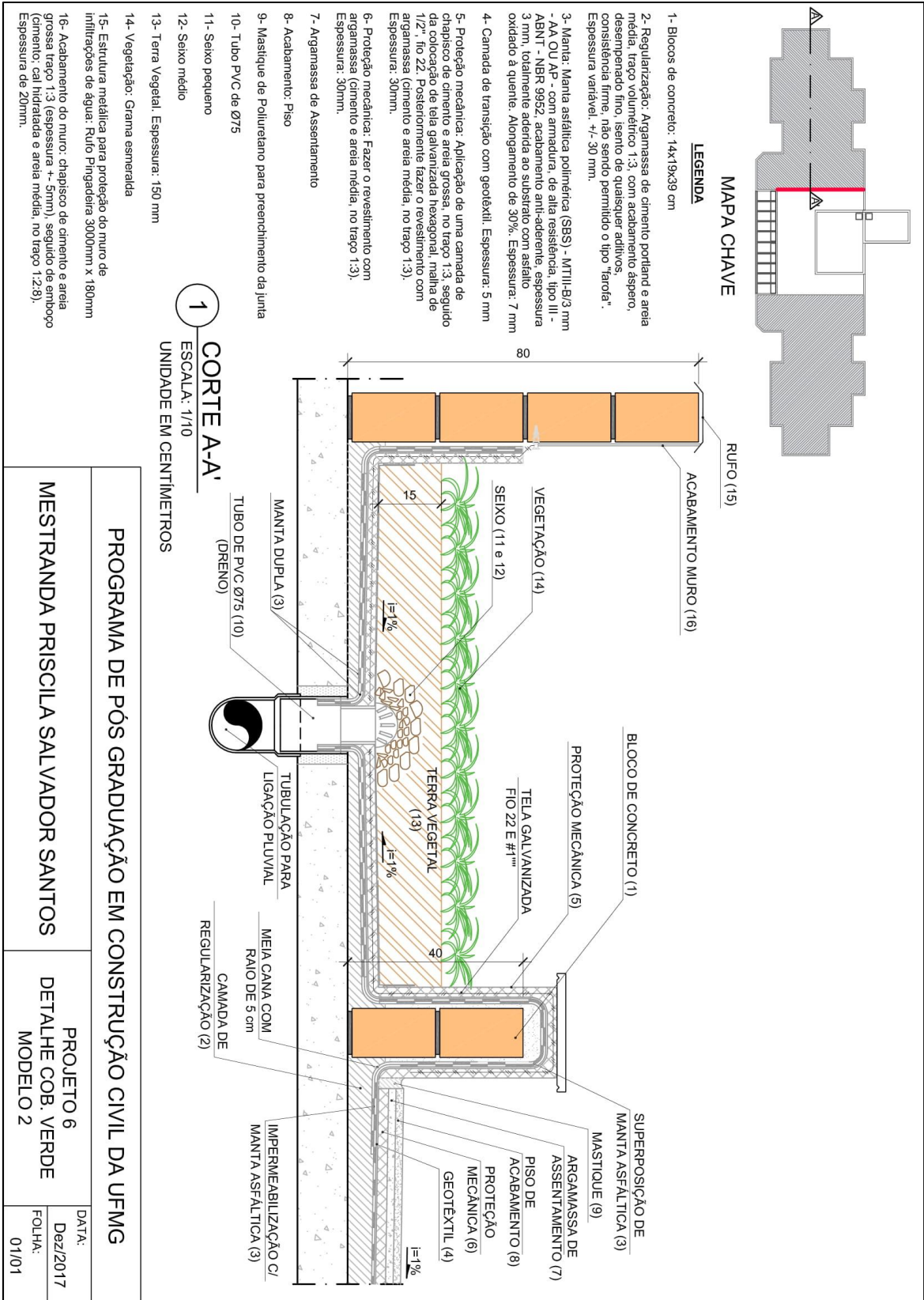
**Figura 6.41 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 5 do Modelo 2**



Fonte: A autora.



**Figura 6.42 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 6 do Modelo 2**



Fonte: A autora.

### 6.1.3 Modelo 3

O terceiro modelo de cobertura considerado foi à instalação de cobertura verde do tipo semi-extensiva, porém retirando toda a estrutura do telhado existente e utilizando a laje como base.

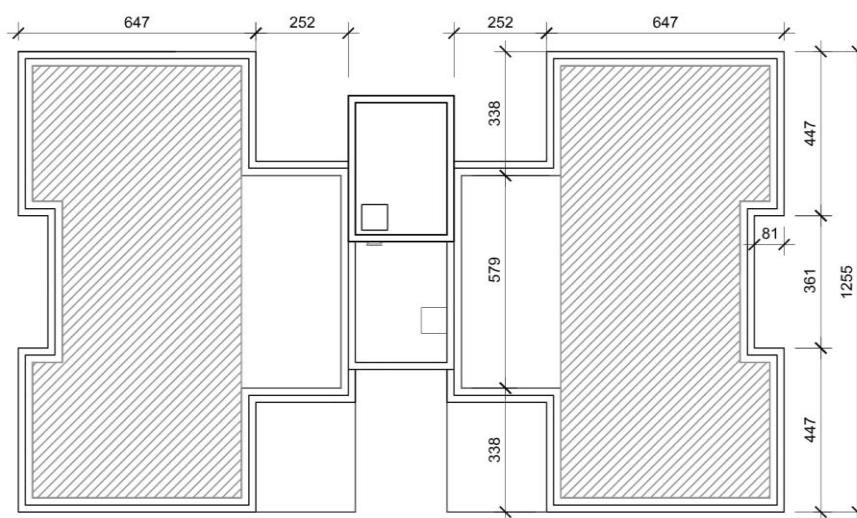
A área de cobertura verde utilizada neste modelo varia de acordo com cada projeto (ver figuras de 6.43 a 6.48).

**Figura 6.43 - Planta de Implantação Modelo 3 – Projeto 1**



**Fonte: A autora.**

**Figura 6.44 - Planta de Implantação Modelo 3 – Projeto 2**



**1** ÁREA DA COBERTURA VERDE PARCIAL

ESCALA: 1/150

UNIDADE EM CENTÍMETROS

ÁREA PARCIAL = 128,83 m<sup>2</sup> (81,43% DA ÁREA TOTAL)

PERÍMETRO DA COBERTURA: 89,40 m

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

FONTE: CBIC e NBR 12.271

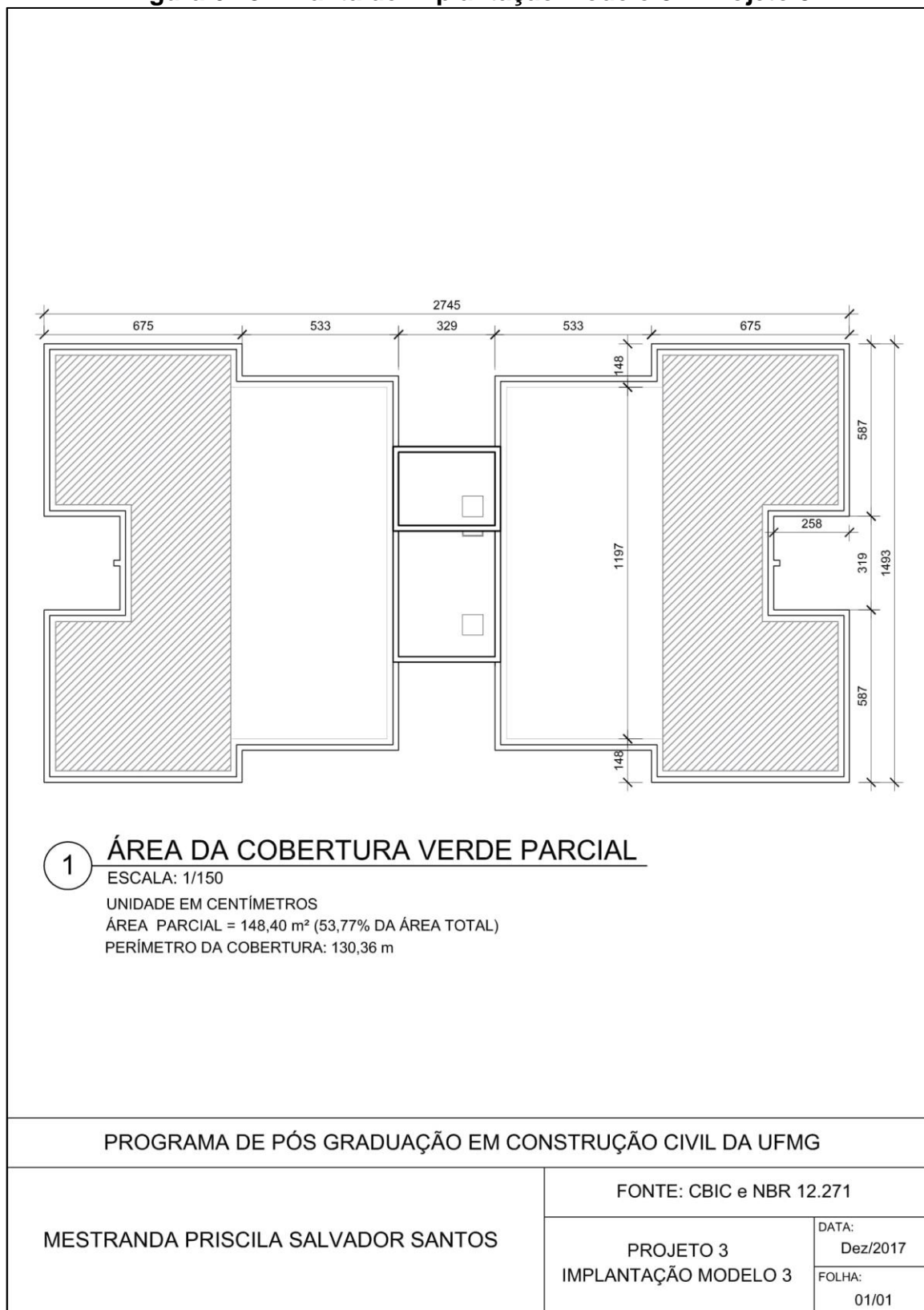
PROJETO 2  
IMPLANTAÇÃO MODELO 3

DATA:  
Dez/2017

FOLHA:  
01/01

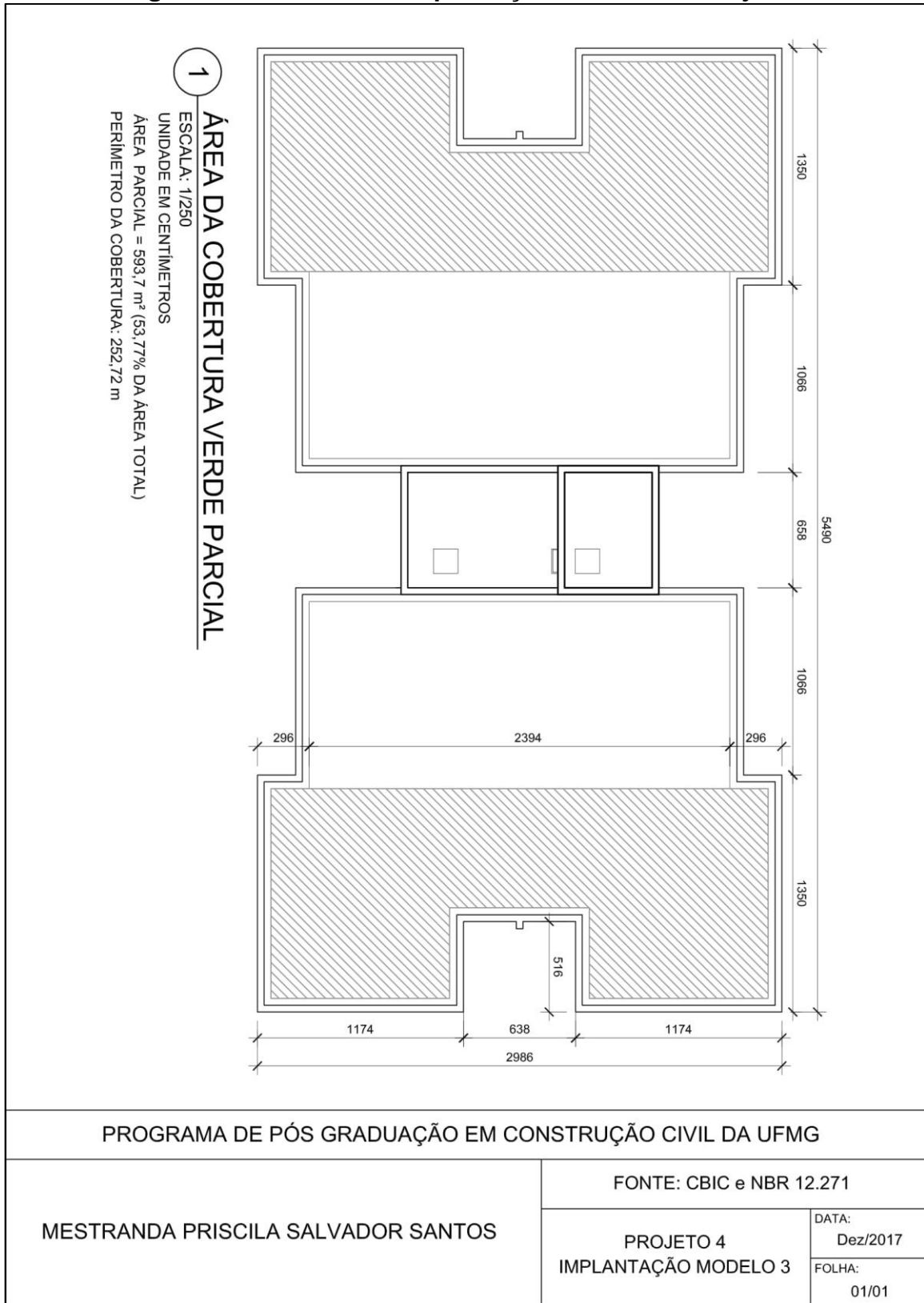
Fonte: A autora.

**Figura 6.45 - Planta de Implantação Modelo 3 – Projeto 3**



Fonte: A autora.

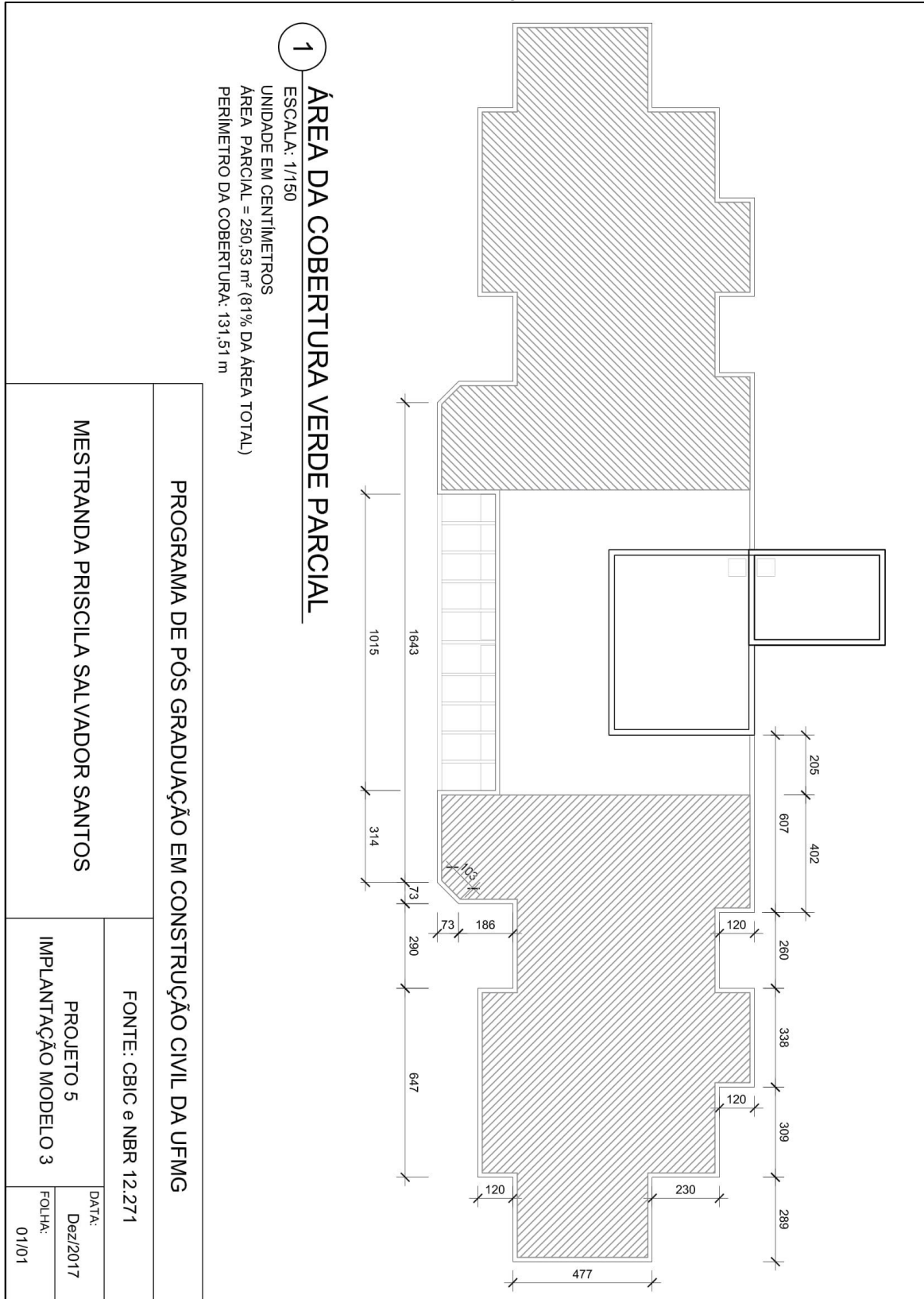
**Figura 6.46 - Planta de Implantação Modelo 3 – Projeto 4**



Fonte: A autora.

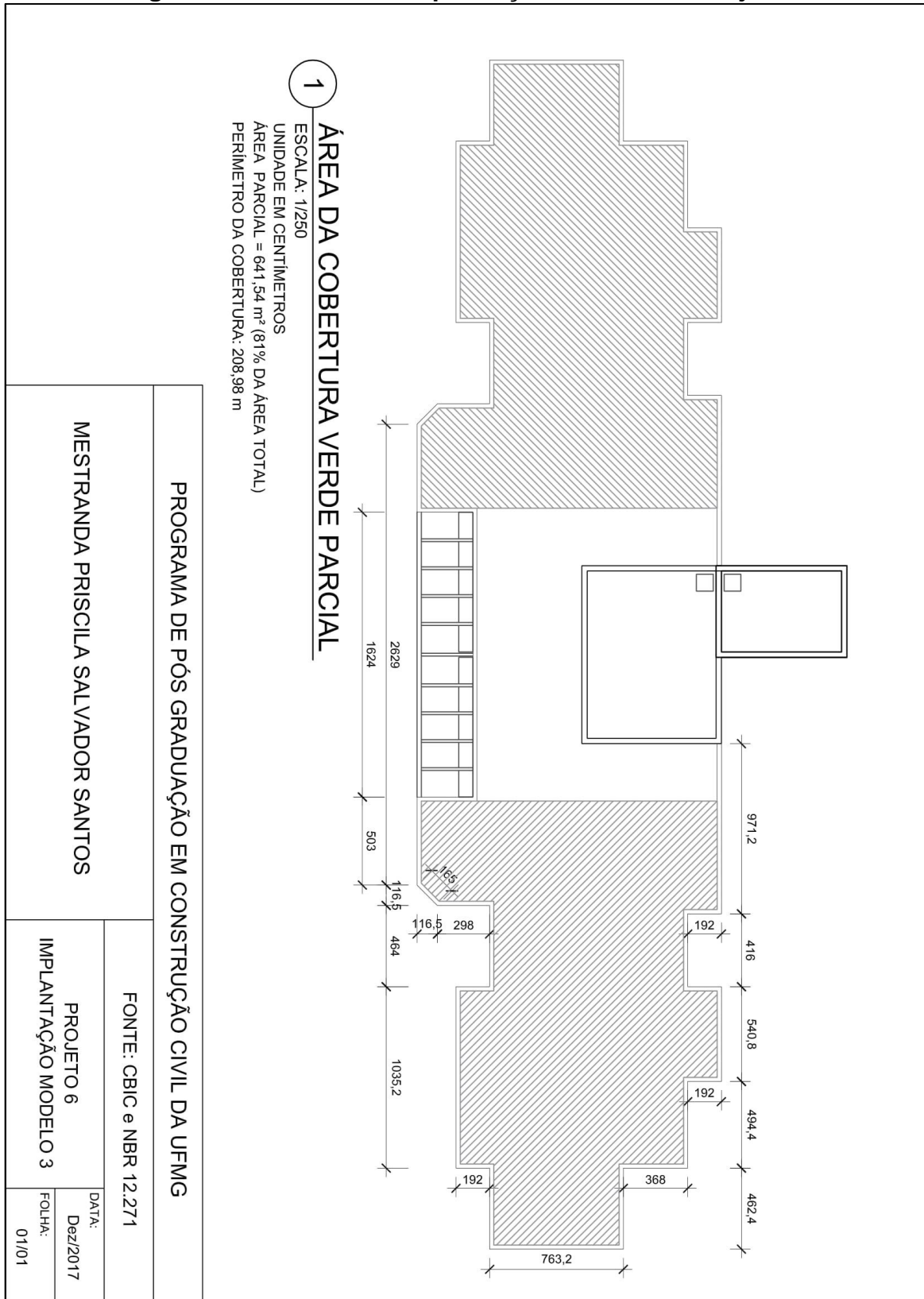


**Figura 6.47 - Planta de Implantação Modelo 3 – Projeto 5**



Fonte: A autora.

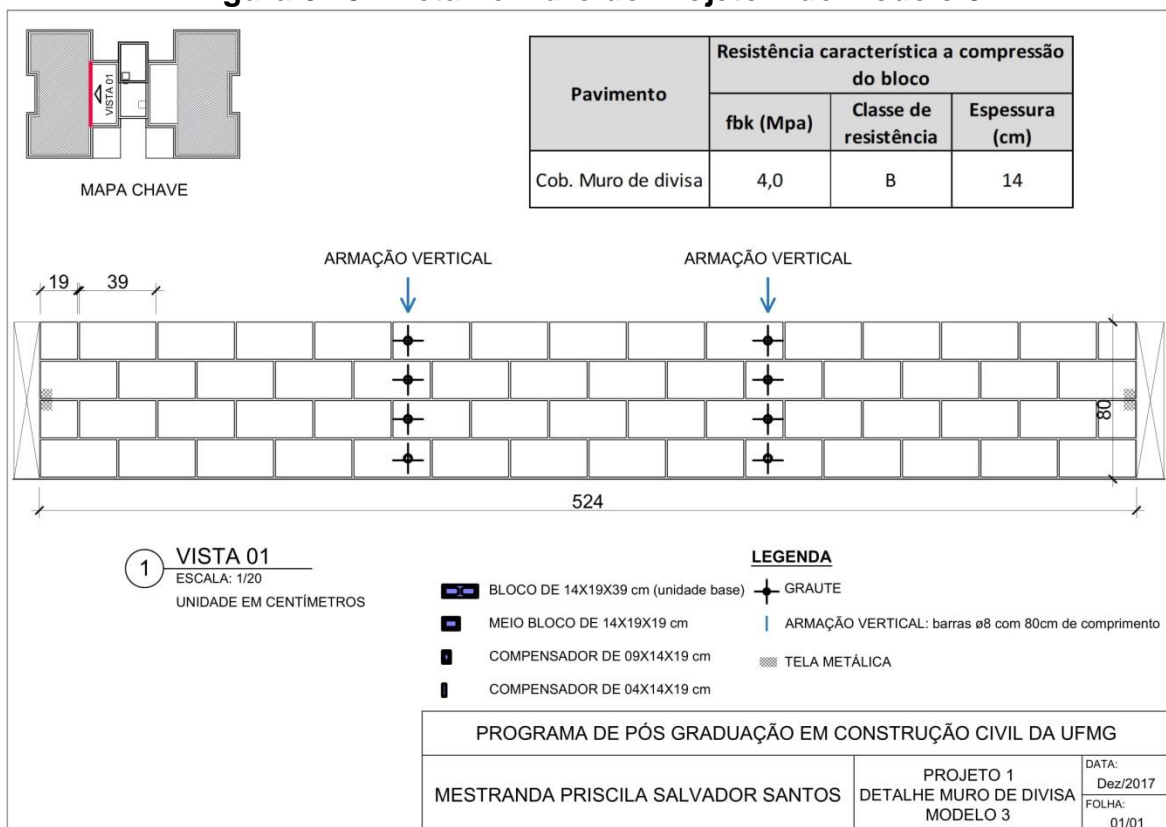
Figura 6.48 - Planta de Implantação Modelo 3 – Projeto 6



Fonte: A autora.

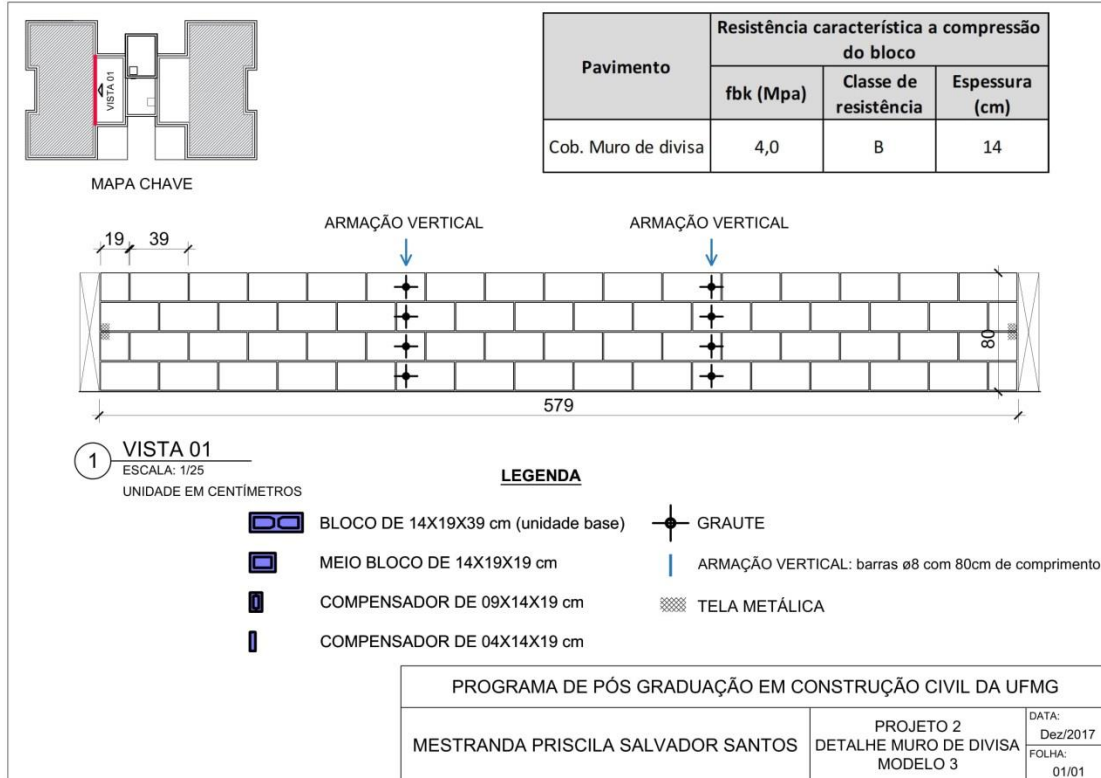
Após a retirada da estrutura do telhado é realizada a construção do muro de divisa que serve como separação da área destinada a cobertura verde, da área de circulação de pessoas. O muro caracteriza-se por ser de alvenaria em bloco de concreto preenchido por pontos de graute e armação, os quais proporcionam a resistência necessária para suportar o peso da cobertura verde. Primeiramente, realiza-se a marcação da alvenaria e a locação da armação. Posteriormente, realizam-se as aberturas na laje para fixar a armação na estrutura. A altura do muro todos os projetos é de 80 cm, valor este dimensionado de acordo com altura padrão de blocos de concreto disponíveis no mercado. A paginação para atender a paginação de acordo com cada tipo de projeto (ver figuras de 6.49 a 6.54).

**Figura 6.49 - Detalhe Muro do Projeto 1 do Modelo 3**



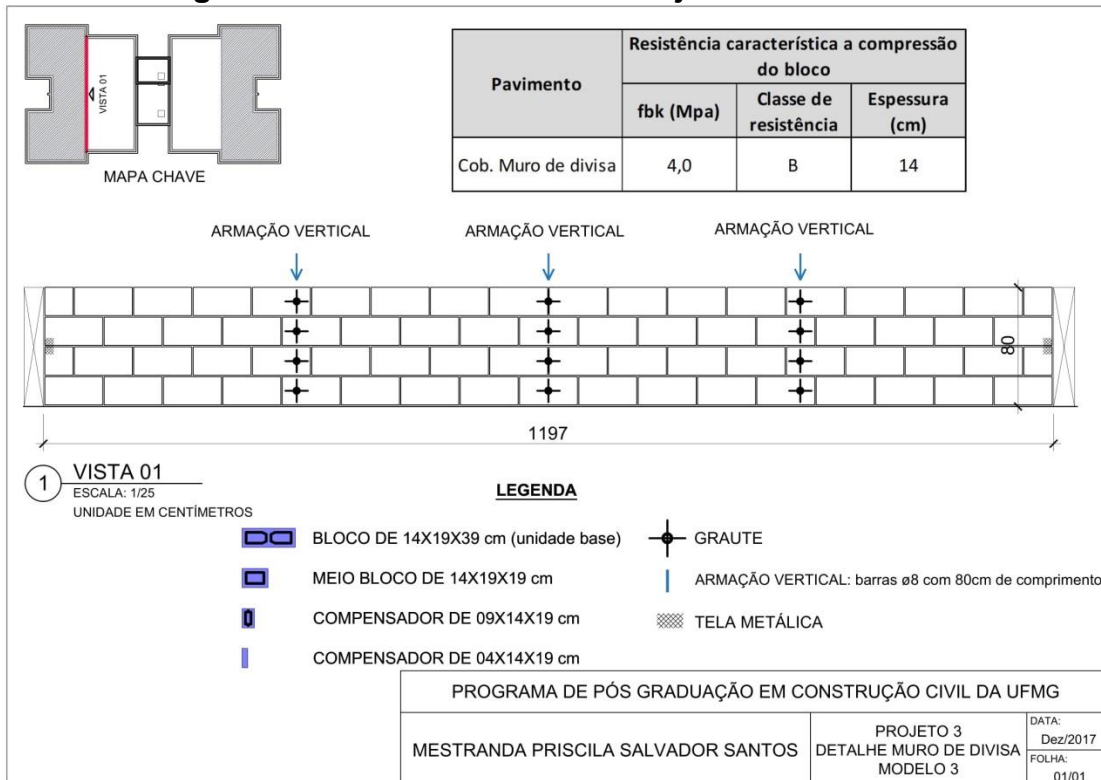
Fonte: A autora.

**Figura 6.50 - Detalhe Muro do Projeto 2 do Modelo 3**



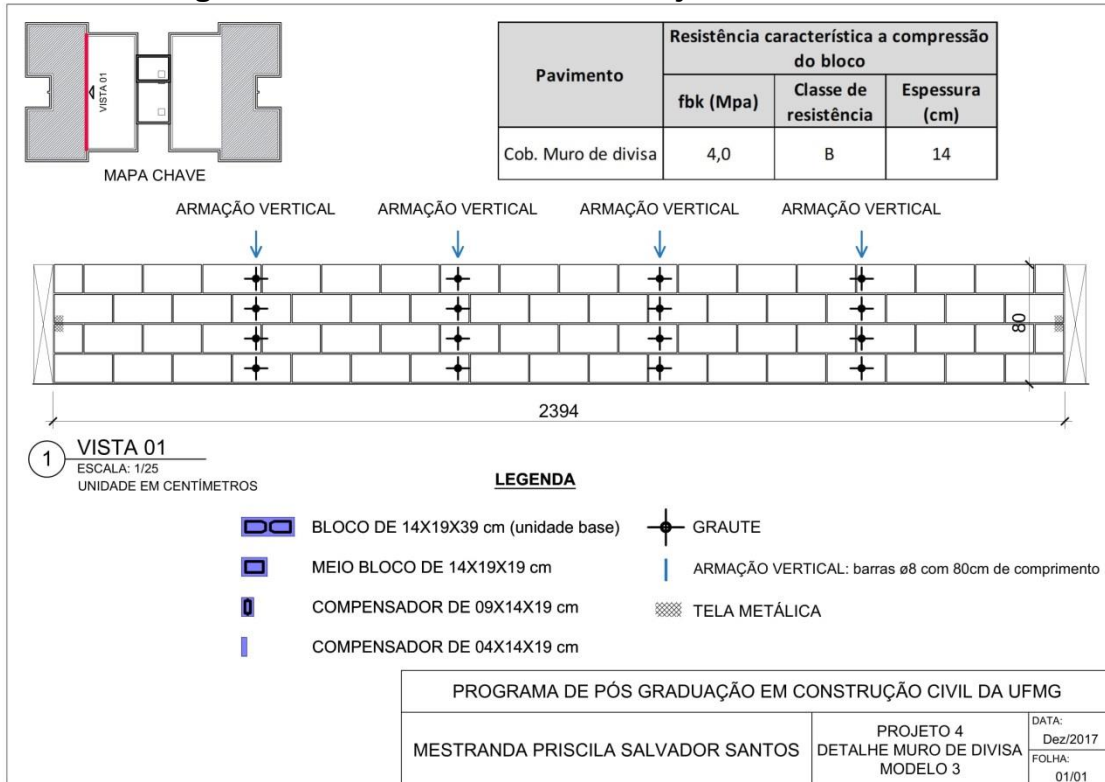
Fonte: A autora.

**Figura 6.51 - Detalhe Muro do Projeto 3 do Modelo 3**



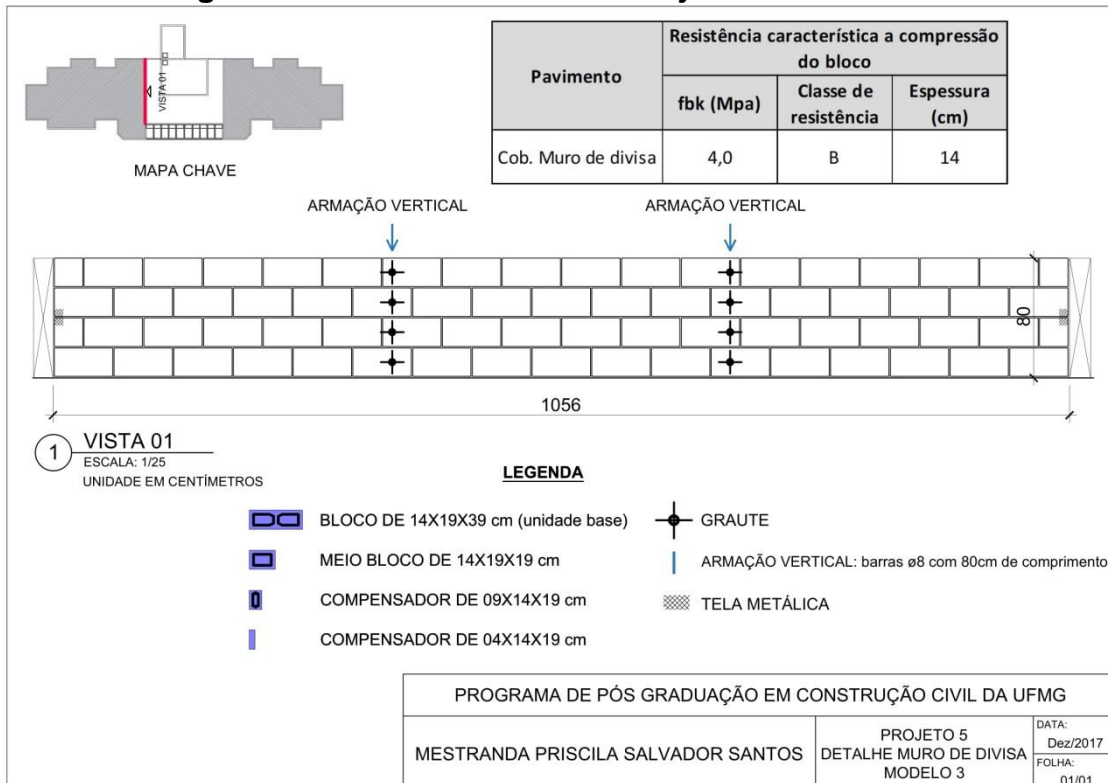
Fonte: A autora.

**Figura 6.52 - Detalhe Muro do Projeto 4 do Modelo 3**



Fonte: A autora.

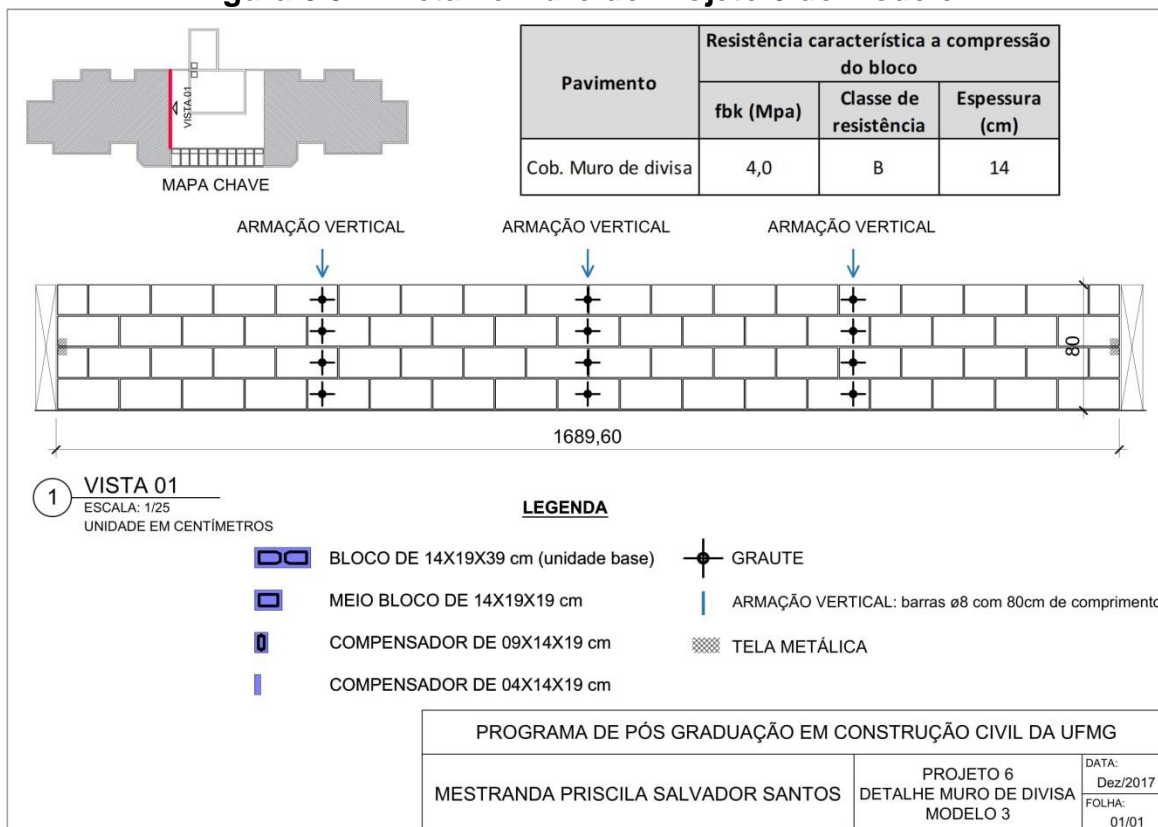
**Figura 6.53 - Detalhe Muro do Projeto 5 do Modelo 3**



Fonte: A autora.



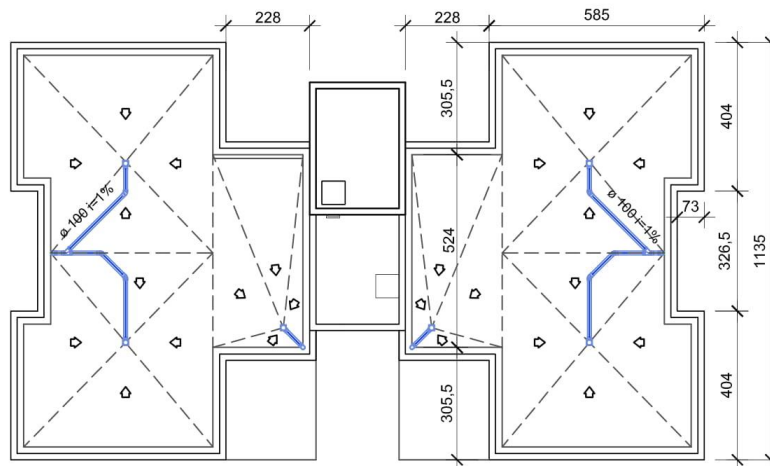
**Figura 6.54 - Detalhe Muro do Projeto 6 do Modelo 2**



**Fonte: A autora.**

Após a instalação do muro é realizada a marcação e furação da laje para instalação do sistema de drenagem. Conforme descrito no Modelo 2, são necessários três drenos por cada lado da laje para os projetos 1 e 2, sendo dois na parte da cobertura verde e um para a área de circulação. Para os projetos 3 e 4 são quatro furos locados de cada lado da laje, sendo 2 locados na área da cobertura verde e 2 na área de circulação. Os projetos 5 e 6 são necessários 5 furos para cada lado da laje, sendo 4 locados de na cobertura verde e um para a área de circulação. Os furos serão locados conforme figuras 5.55 e 6.60 mostradas abaixo. Toda a drenagem é direcionada para o tubo de queda já existente na estrutura.

**Figura 6.55 - Planta locação drenagem Projeto 1 do Modelo 3**



**1 PLANTA DE LOCAÇÃO DRENAGEM**  
 ESCALA: 1/150  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS

**Notas Gerais:**

- 1 - Todas as tubulações representadas em planta, estão sob a laje de piso, vigas e cintas.
- 2 - As declividades mínimas da tubulação deverá ser:
  - Tubulações com diâmetro nominal igual ou inferior a 75mm: 2%
  - Tubulações com diâmetro nominal igual ou superior a 100mm: 1%
- 3 - O espaçamento mínimo entre suportes para fixação de tubulações horizontais será:
  - Tubos de  $\varnothing 100\text{mm}$ : 1,80m
  - Tubos de  $\varnothing 75\text{mm}$ : 1,50m

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

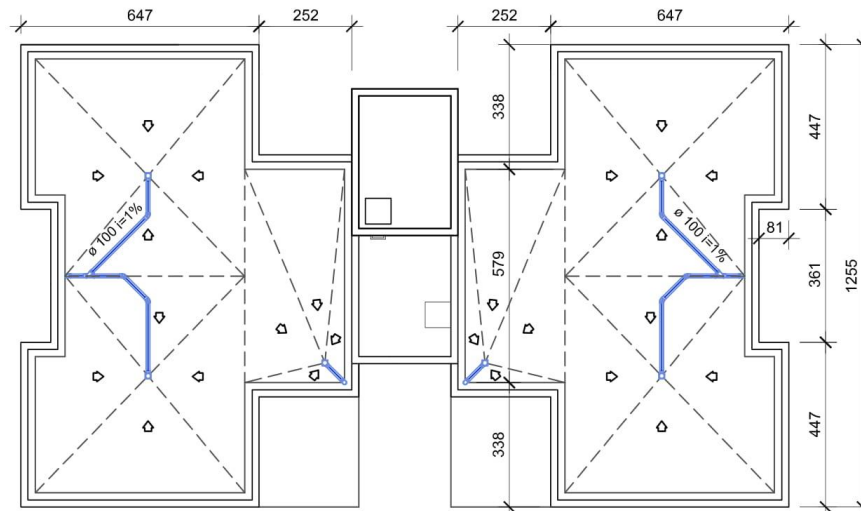
MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

PROJETO 1  
 LOCAÇÃO DE DRENAGEM  
 MODELO 3

DATA:  
 Dez/2017  
 FOLHA:  
 01/01

**Fonte: A autora.**

**Figura 6.56 - Figura 6.56: Planta locação drenagem Projeto 2 do Modelo 3**



**1 PLANTA DE LOCAÇÃO DRENAGEM**  
 ESCALA: 1/150  
 UNIDADE EM CENTÍMETROS

**Notas Gerais:**

- 1 - Todas as tubulações representadas em planta, estão sob a laje de piso, vigas e cintas.
- 2 - As declividades mínimas da tubulação deverá ser:
  - Tubulações com diâmetro nominal igual ou inferior a 75mm: 2%
  - Tubulações com diâmetro nominal igual ou superior a 100mm: 1%
- 3 - O espaçamento mínimo entre suportes para fixação de tubulações horizontais será:
  - Tubos de  $\varnothing 100\text{mm}$ : 1,80m
  - Tubos de  $\varnothing 75\text{mm}$ : 1,50m

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFMG

MESTRANDA PRISCILA SALVADOR SANTOS

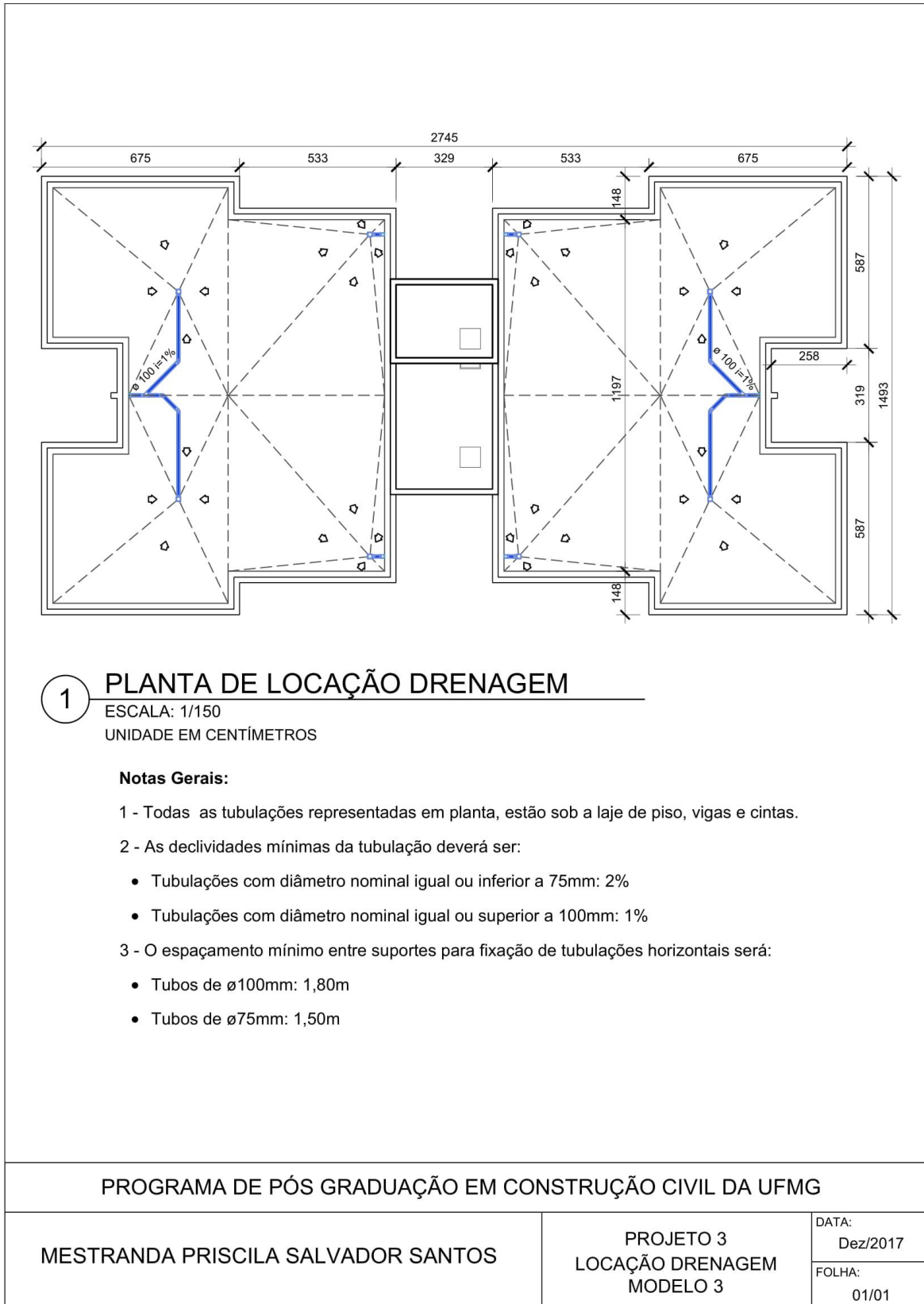
PROJETO 2  
 LOCAÇÃO DRENAGEM  
 MODELO 3

DATA:  
 Dez/2017  
 FOLHA:  
 01/01

Fonte: A autora.

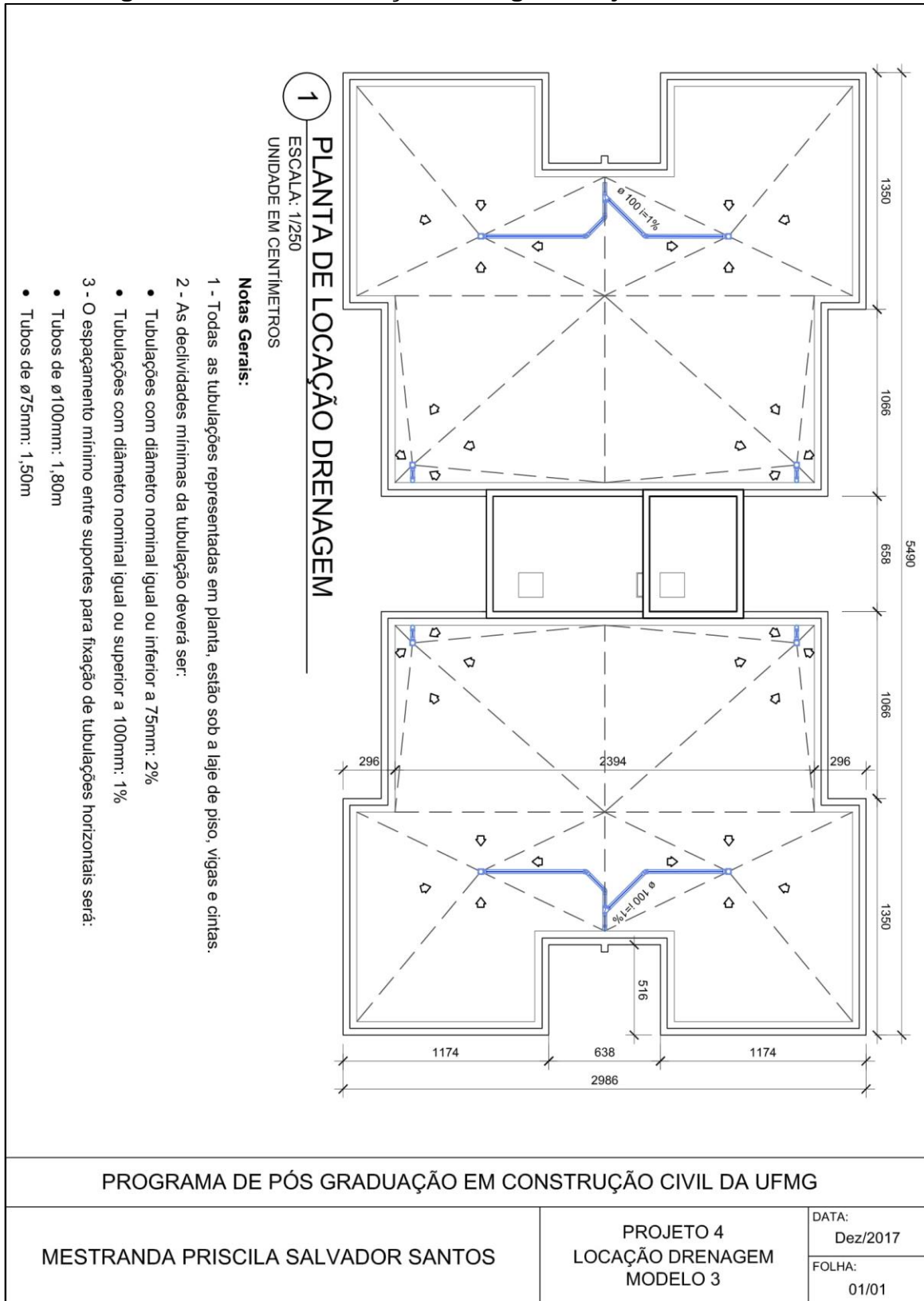


**Figura 6.57 - Planta localização drenagem Projeto 3 do Modelo 3**



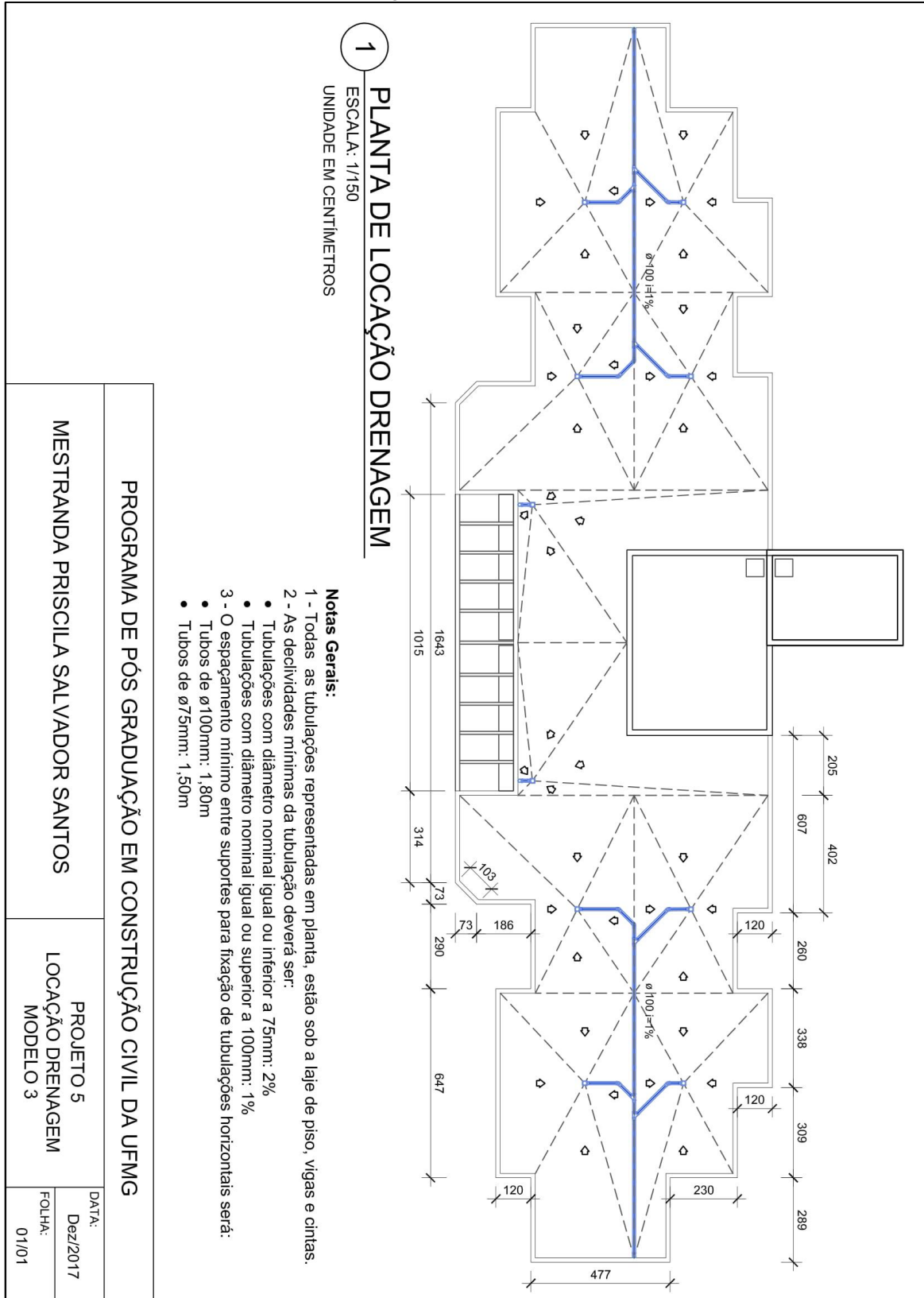
**Fonte: A autora.**

**Figura 6.58 - Planta localização drenagem Projeto 4 do Modelo 3**



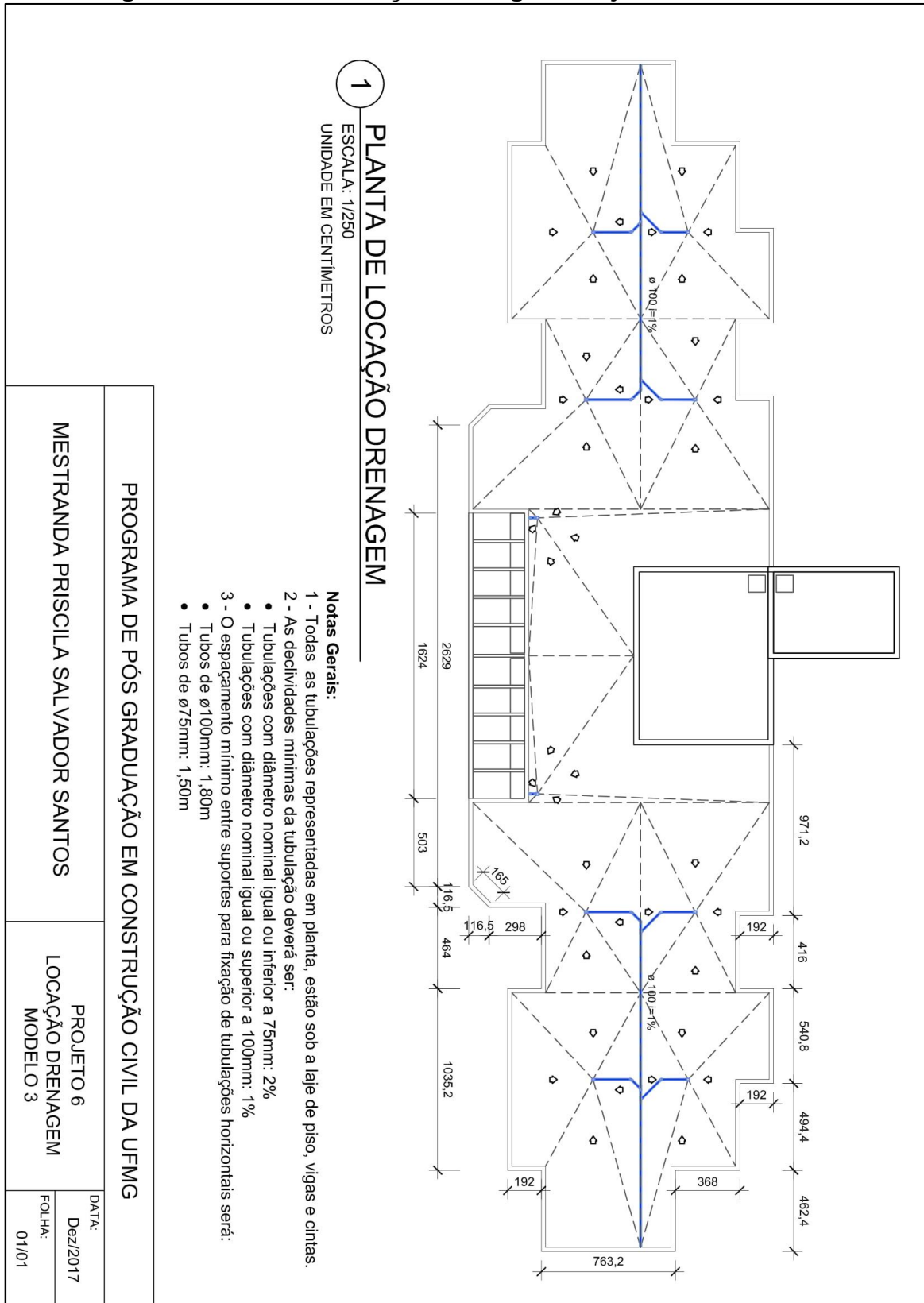
Fonte: A autora.

Figura 6.59 - Planta localização drenagem Projeto 5 do Modelo 3



Fonte: A autora.

Figura 6.60 - Planta locação drenagem Projeto 6 do Modelo 3



Fonte: A autora.

Serão criados dois pontos de água que serão utilizados para a irrigação durante os períodos de seca. Os pontos serão instalados próximos à cobertura verde em ambos os lados da cobertura do edifício. Será realizado um desvio na prumada de água fria, no barrilete, localizado abaixo da caixa d'água. O desvio será realizado na prumada que alimenta a área comum da edificação, assim a conta de água pode ser rateada igualmente para todas as unidades do condomínio. As locações dos pontos estão representadas nas figuras 5.62 a 5.67 mostradas anteriormente.

Para definir a disposição dos furos, verifica-se primeiramente o projeto de armação da laje a ser implantada a cobertura verde. Com o projeto de armação em mãos, o responsável técnico realiza um estudo para verificar quais os possíveis pontos de instalação da drenagem na laje, os quais não podem causar interferências na armação existente.

Após a furação da drenagem é realizada a etapa de regularização do piso, onde se executa o nivelamento do piso com os caimentos para os ralos e arredondamento dos cantos verticais e horizontais, deixando-os em formato meia-cana. A regularização proporciona uma superfície uniforme de apoio adequado à camada subsequente.

Após a regularização, é realizada a etapa de impermeabilização que é composta por: limpeza da superfície, primer, manta asfáltica e camada separadora. Primeiro, a área deve ser limpa, retirando resíduos da superfície, como restos de argamassa, madeiras, etc.. Em seguida aplica-se o primer, solução asfáltica, que permite a melhor aderência da manta. Passado o período de cura do Primer (4 a 6 horas), é colada a manta asfáltica. Aplica-se a manta asfáltica polimérica (SBS) em toda a extensão da cobertura, ou seja, na parte da cobertura verde, na área destinada a circulação, e também nas paredes laterais. Nas paredes com cobertura verde, a impermeabilização é feita em toda a parede, já na área de circulação a altura de aplicação da manta é de 30 cm. Com a área impermeabilizada, executa-se o teste de estanqueidade da cobertura, enchendo os locais impermeabilizados com água e mantendo o nível por no mínimo 72 horas. O teste verifica se a impermeabilização foi bem executada garantindo que não há nenhum vazamento na estrutura. Após o teste, coloca-se uma camada de

geotêxtil (camada separadora), que têm como função separar a impermeabilização da proteção mecânica.

A próxima etapa é a colocação da proteção mecânica, também chamada de contrapiso. A proteção mecânica na área da cobertura verde é armada com tela galvanizada e coberta com argamassa. Na área de circulação, a proteção mecânica não é armada, é feita somente com argamassa.

Na área destinada à cobertura verde, coloca-se o substrato, terra vegetal, com altura de 20 cm.

Após o substrato, coloca-se a vegetação em toda a área destinada a cobertura verde. No Modelo 3 foi utilizada mudas e placas das espécies: grama esmeralda, azulzinha e vedélia (ver quadro 6.3). A espécie grama esmeralda, conforme já descrito nos Modelos 1 e 2, é caracterizada pela manutenção simples; o enraizamento rápido e profundo; resistente à seca, ao pisoteio e as ervas daninha; e baixa exigência nutricional. A espécie azulzinha e vedélia são de fácil cultivo; floração durante todo o ano e rega regular, sendo que a azulzinha não tolera o frio e encharcamento e a vedélia tolera umidade excessiva, alagamentos e a seca.

**Quadro 6.3 - Espécies da Cobertura Verde Modelo 3**

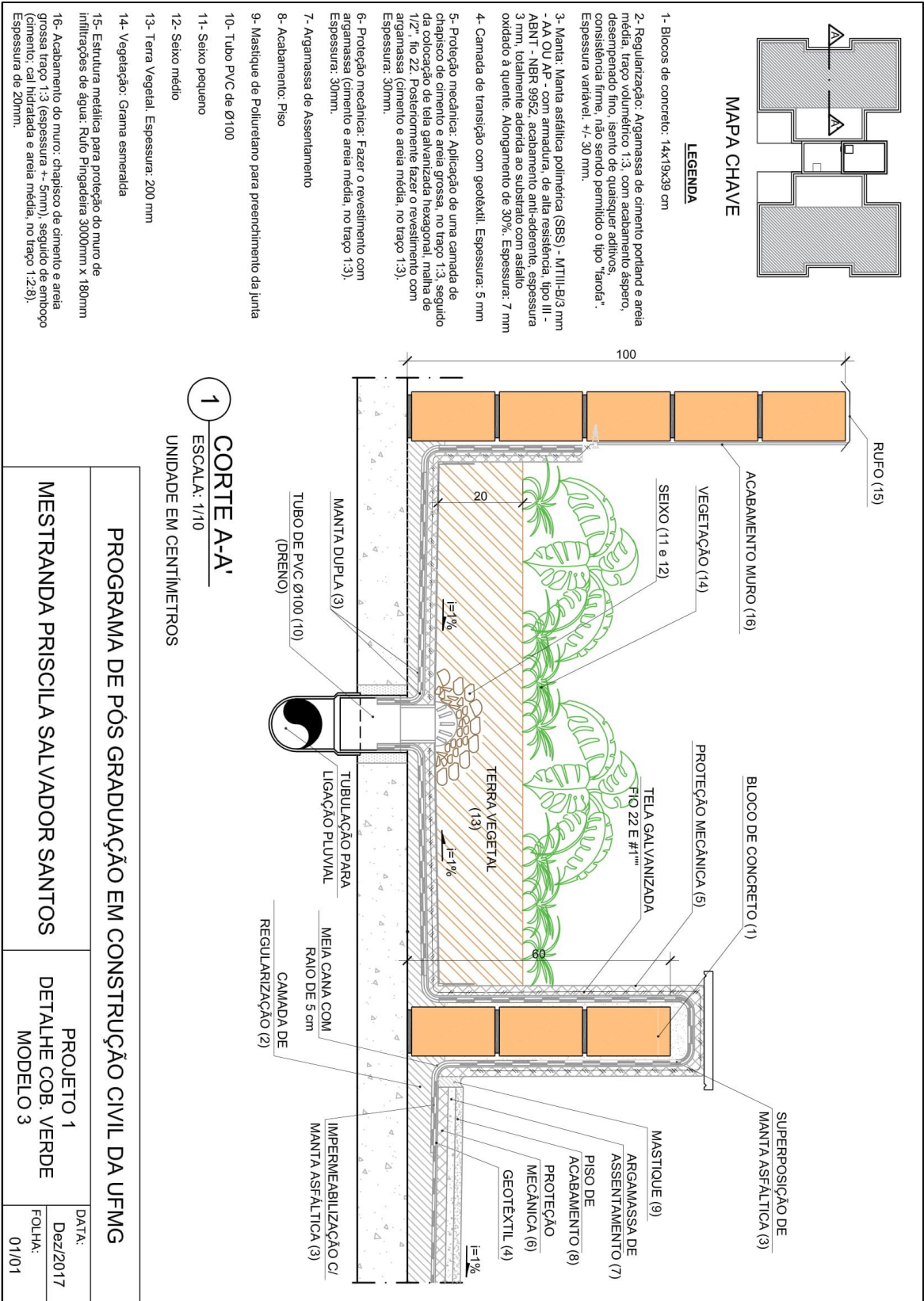
<b>Espécies</b>	<b>Nome Científico</b>	<b>Porte</b>
Gramma Esmeralda	<i>Zoysia japonica</i>	Pequeno
Azulzinha	<i>Evolvulus glomeratus</i>	Médio
Vedélia	<i>Wedelia</i>	Médio

**Fonte: A autora.**

Para a área da circulação, após a realização do contrapiso, instala-se o piso de acabamento, utilizando como insumo, a argamassa pronta para contrapiso. A próxima etapa é a instalação do piso cerâmico e do masticue. O masticue, material adesivo utilizado para o fechamento das juntas, é colocado em todo perímetro do encontro entre o piso e o muro de divisa com a cobertura verde. Por fim, aplica-se o rejunte em toda área do piso. O detalhe da cobertura verde pode ser observado nas figuras 6.61 a 6.66.

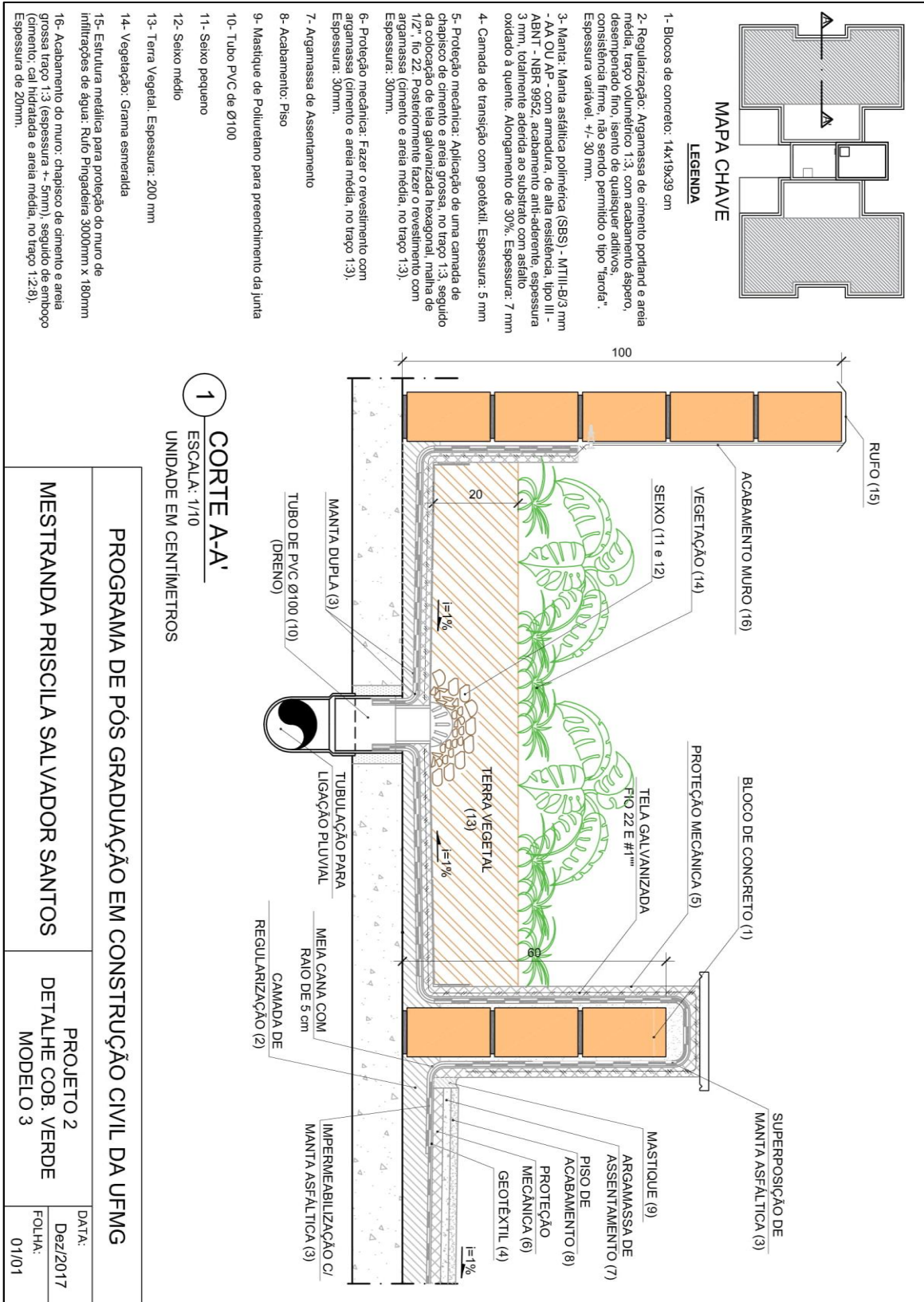


**Figura 6.61 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 1 do Modelo 3**



Fonte: A autora.

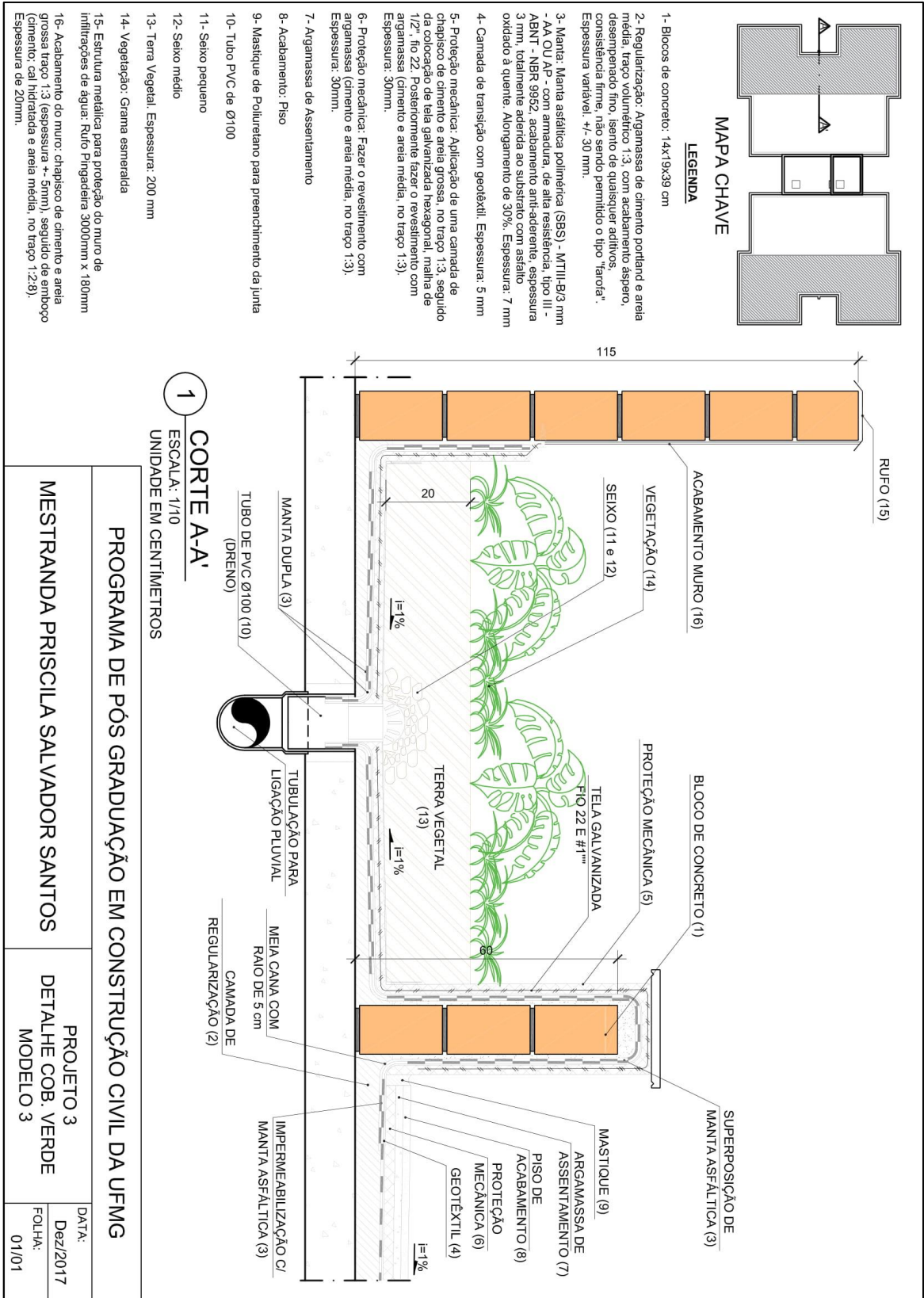
**Figura 6.62 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 2 do Modelo 3**



Fonte: A autora.

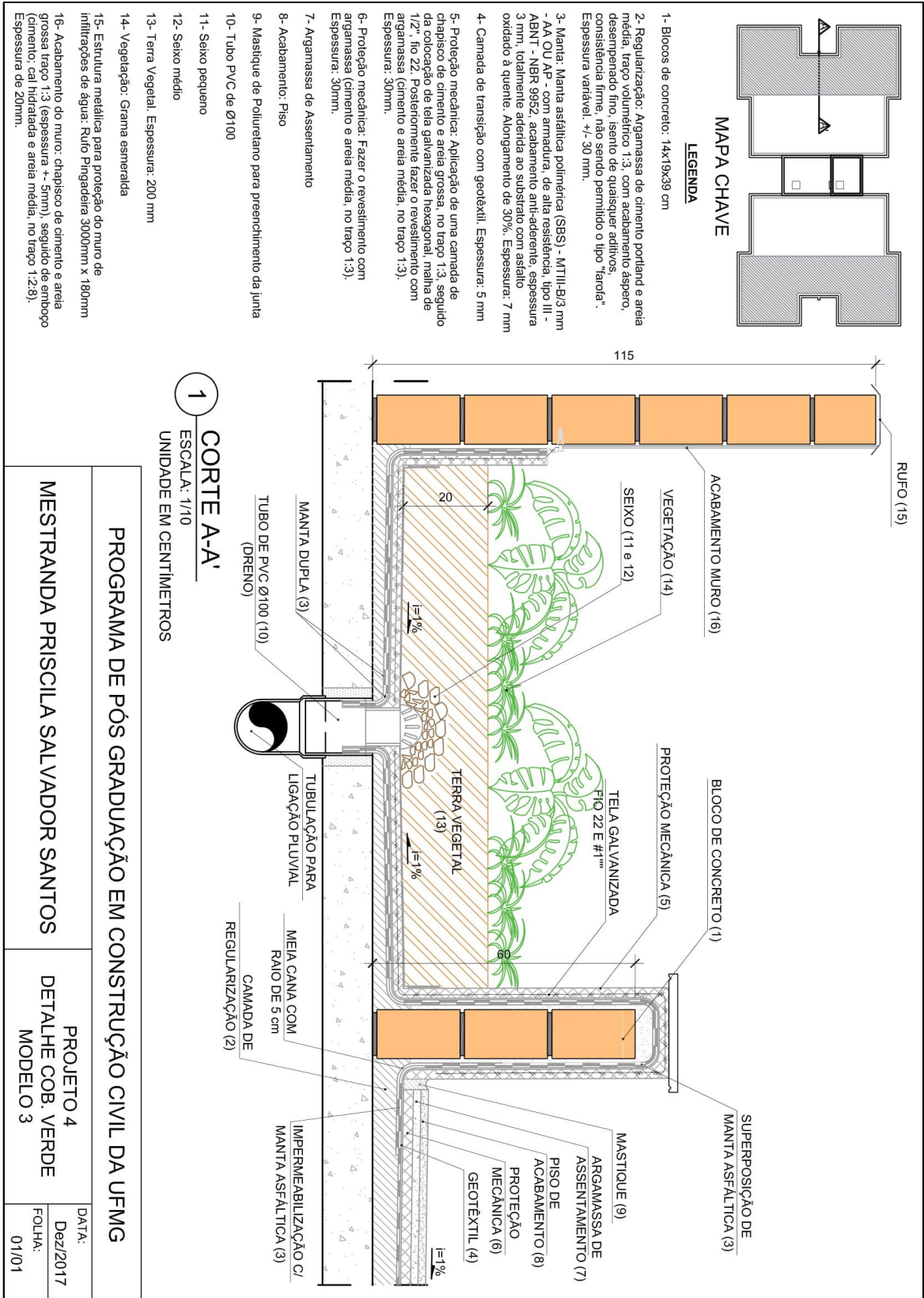


**Figura 6.63 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 3 do Modelo 3**



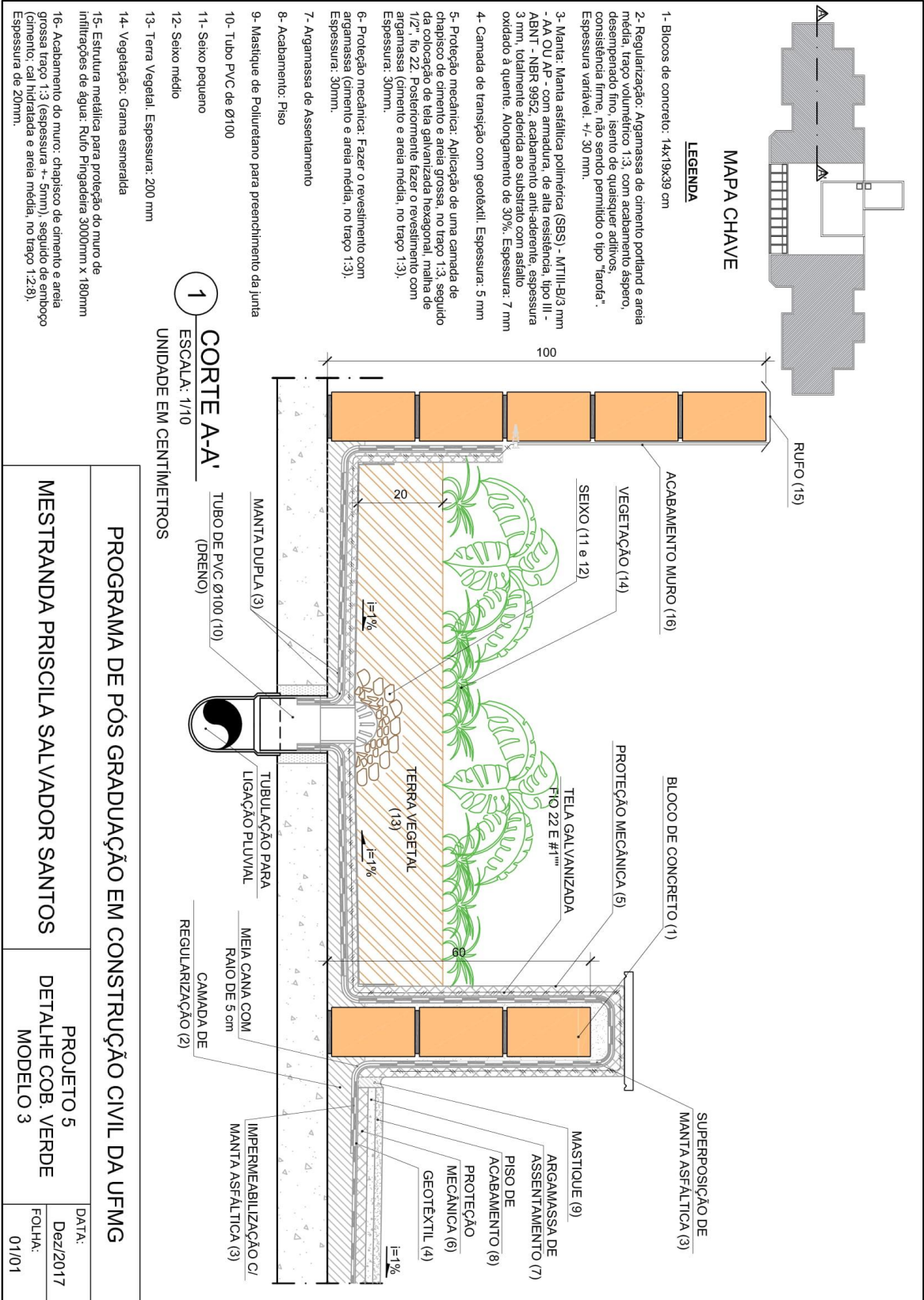
Fonte: A autora.

**Figura 6.64 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 4 do Modelo 3**



Fonte: A autora.

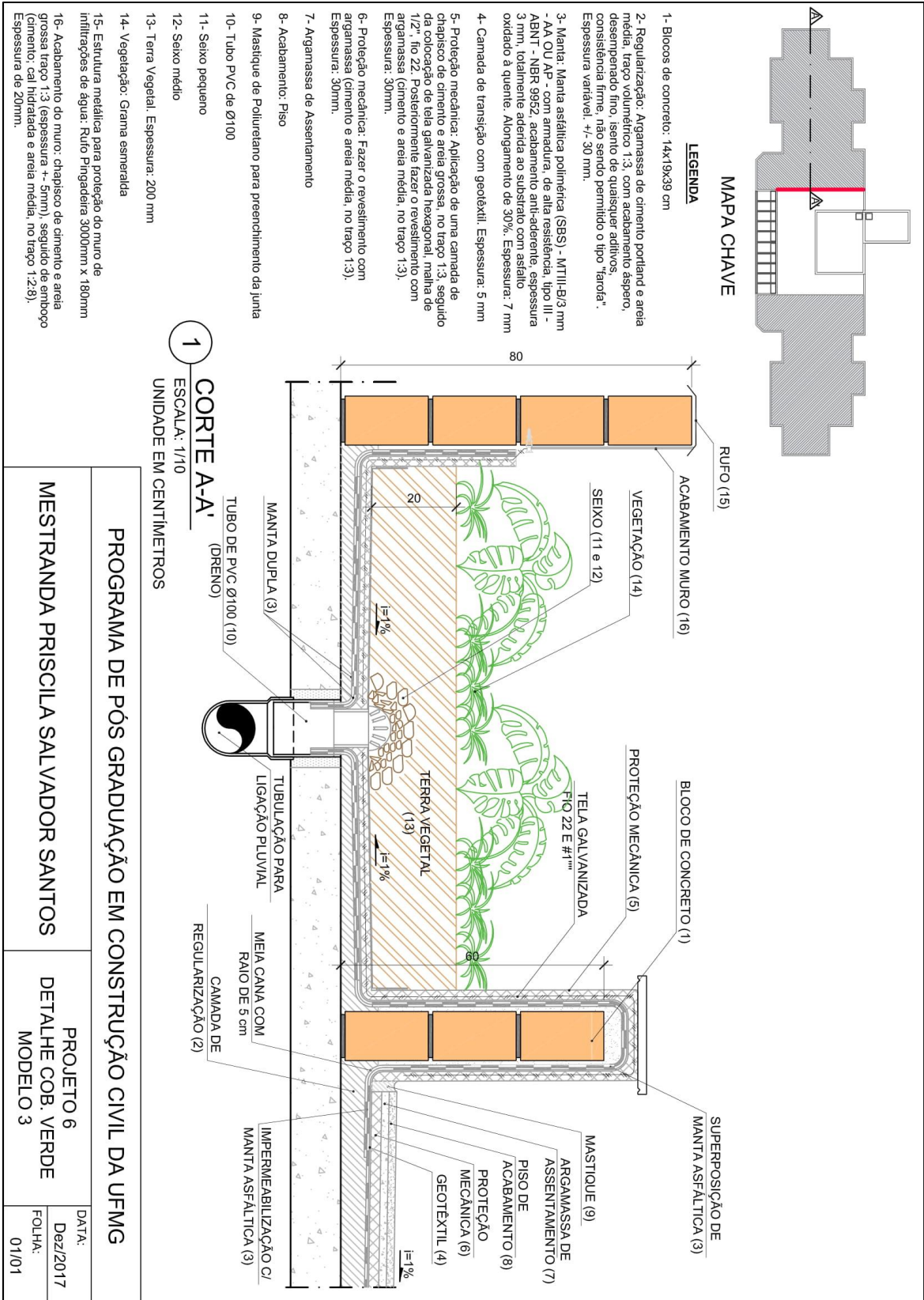
**Figura 6.65 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 5 do Modelo 3**



Fonte: A autora.



**Figura 6.66 - Detalhe Cobertura Verde do Projeto 6 do Modelo 3**



Fonte: A autora.

## 6.2 Levantamento dos custos necessários para a implantação dos modelos de coberturas verdes adotados

Para obter o custo necessário para implantação dos modelos de coberturas verdes adotados, primeiramente foi elaborada a CPU de cada serviço que compõe os modelos propostos (ver anexos VI a VIII).

Finalizadas as CPU's, foram elaboradas as RIPs para os modelos 1, 2 e 3, a partir da compilação dos dados das CPUs respectivas a cada modelo (ver figura 6.67 a 6.69).

**Figura 6.67 - Relação de Insumos e Preços do Modelo 1**

RELAÇÃO DE INSUMOS E PREÇOS				Modelo 1
CODIGO	DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNID.	\$ UNIT.	CPU
Mão de Obra				
MO1	Pedreiro	h	14,00	1;3;4;7
MO2	Servente	h	9,15	1;2;3;4;5;6;7
Materiais				
M1	Parafuso rosca soberba zincado cabeça chata fenda simples 3,8 x 30 mm (1.1/4 ")	Unid.	0,04	2
M2	Placa OSB 2,40 x 1,20 m	m <sup>2</sup>	20,80	2
M3	Manta líquida	kg	88,90	3
M4	Geotêxtil não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster (tipo Bidim)	m <sup>2</sup>	6,28	3
M5	Manta termoplástica, PEAD, geomembrana lisa, E=1,00 mm (NBR 15352)	m <sup>2</sup>	16,99	4
M6	Terra vegetal granel (camada com 0,10m altura)	m <sup>3</sup>	96,42	5
M7	Gramma esmeralda	m <sup>2</sup>	6,20	6
M8	Ruífo externo de chapa de aço galvanizada corte 25mm	m	13,29	7
M9	Silicone acético 280gr	Unid.	9,64	7
M10	Selante tipo veda calha para metal e fibrocimento	kg	50,64	7
M11	Parafuso zincado, autobrocante, flangeado, 4,2 x 19"	Cento	14,14	7
M12	Selante tipo veda calha para metal e fibrocimento	Kg	50,64	7
Equipamentos				

Fonte: A autora.

**Figura 6.68 - Relação de Insumos e Preços do Modelo 2**

RELAÇÃO DE INSUMOS E PREÇOS				Modelo 2
CODIGO	DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNID.	\$ UNIT.	CPU
<b>Mão de Obra</b>				
MO1	Pedreiro	h	14,00	1;2;3;6;10;11;12;18
MO2	Servente	h	9,15	1;16;17
MO3	Ajudante de pedreiro	h	9,70	2;6;9;10;11;12;13;14;15;18
MO4	Bombeiro Hidraulico	h	14,00	4;5
MO5	Auxiliar de Bombeiro Hidraulico	h	9,93	4;5
MO6	Impermeabilizador	h	13,98	7
MO7	Ajudante especializado	h	11,87	7,8
<b>Materiais</b>				
M14	Bloco Concreto Estrutural 14 X 19 X 39 cm, Fbk 4,5 Mpa (NBR 6136)	Unid.	1,65	2
M15	Argamassa Industrializada Multiuso, para Revestimento Interno e Externo Assentamento de Blocos Diversos	Kg	0,36	2
M16	Broca diamantada para concreto 3" (75mm)	Unid.	253,50	3
M17	Tubo PVC Serie Normal, DN 75 MM, para Esgoto Predial (NBR 5688)	m	6,87	4
M18	Joelho PVC, Soldavel, Pb, 90 Graus, DN 75 mm, para Esgoto Predial	Unid.	4,23	4
M19	Joelho PVC, Soldavel, Pb, 45 Graus, DN 75 mm, para Esgoto Predial	Unid.	4,96	4
M20	Juncao Simples, PVC, DN 75 X 75 mm, serie normal para Esgoto Predial	Unid.	10,33	4
M21	Ralo fofa semiesferico, 75 mm, para Lajes/ Calhas	Unid.	9,51	4
M22	Ralo Seco pvc conico, 100 x 40 mm, com grelha quadrada	Unid.	6,42	4
M23	Adesivo Plastico para PVC, Frasco Com 175 Gr	Unid.	14,05	4; 5
M24	Tubo PVC, soldavel, DN 20 mm, agua fria (nbr-5648)	m	1,74	5
M25	Joelho PVC, soldavel com rosca, 90 graus, 20 mm x 1/2", para agua fria predial	Unid.	1,18	5
M26	Te de reducao, PVC, soldavel, 90 graus, 25 mm x 20 mm, para agua fria predial	Unid.	2,14	5
M27	Abraçadeira encaixe com tubo soldável 1/2" (20mm)	Unid.	4,00	5
M28	Torneira cromada com bico para jardim/tanque 1/2 " ou 3/4 " (ref 1153)	Unid.	50,11	5
M29	Argamassa pronta para contrapiso	kg	0,42	6
M30	Manta Asfaltica elastomerica em Poliester Aluminizada 3 mm, Tipo III, Classe B (NBR 9952)	m²	28,70	7
M31	Primer para Manta Asfaltica a base de asfalto modificado diluido em solvente, aplicação a frio	Litro	11,80	7
M32	Geotêxtil não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster (tipo Bidim)	m²	6,28	8
M33	Tela de Aço Soldada Galvanizada/Zincada para Alvenaria, Fio D = *1,24 mm, Malha 25 X 25 mm	m²	11,53	9
M34	Argamassa Industrializada para Chapisco Colante	KG	1,35	9
M35	Cimento Portland de Alto Forno (AF) CP III-32	kg	0,29	10
M36	Areia Media - Posto Jazida/Fornecedor	m³	61,67	10
M37	Argamassa Pronta para Contrapiso	Kg	0,42	11
M38	Argamassa Colante AC-II	kg	0,80	12
M39	Rejunte Epoxi Branco	Kg	35,44	12
M40	Piso Cerâmico Externo Esmaltado Acetinado 43,5x43,5cm Laka Viva Cerâmica	m²	10,99	12
M41	Espaçador Plástico 4mm	UN.	4,99	12
M42	Mastique elástico	M	30,00	13
M43	Seixo pequeno 10kg	UN.	9,00	14
M44	Seixo médio 10kg	UN.	9,00	15
M45	Terra vegetal granel (camada com 0,15m altura)	m³	96,42	16
M46	Grama esmeralda	m²	6,20	17
M47	Rufo Externo de chapa de aco galvanizada num 26, corte 28 cm	m	16,16	18
M48	Parafuso zincado, autobrocante, flangeado, 4,2 x 19"	Centos	14,14	18
M49	Selante tipo veda calha para metal e fibrocimento	Kg	50,64	18
<b>Equipamentos</b>				
E1	Colher de Pedreiro	Unid.	18,00	2;18
E2	Caixa plástica retangular para massa 20 litros	Unid.	10,33	2;18
E3	Perfuratriz (locação)	Diaria	200,00	3
E4	Arco de Serra Regulável para Lâminas de 12 Pol.	Unid.	14,00	4;5
E5	Bujão de gás	Unid.	80,00	7
E6	Maçarico para manta asfaltica	Unid.	30,00	7
E7	Pá de bico com cabo	Unid.	26,00	10
E8	Balde graduado 20L	Unid.	39,00	10
E9	Desempenadeira Aço	Unid.	10,00	12
E10	Desempenadeira de Plastico com Borracha	Unid.	10,00	12
E11	Espátula de Aço Cálice Cabo Madeira 40mm	Unid.	6,00	12
E12	Pistola aplicadora	Unid.	50,00	13
E13	Martelo de Borracha	Unid.	20,00	18

Fonte: A autora.

**Figura 6.69 - Relação de Insumos e Preços do Modelo 3**

RELAÇÃO DE INSUMOS E PREÇOS				Modelo 3
CODIGO	DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNID.	\$ UNIT.	CPU
<b>Mão de Obra</b>				
MO1	Pedreiro	h	14,00	1;2;3;6;10;11;12;18
MO2	Servente	h	9,15	1;16;17
MO3	Ajudante de pedreiro	h	9,70	2;6;9;10;11;12;13;14;15;18
MO4	Bombeiro Hidraulico	h	14,00	4;5
MO5	Auxiliar de Bombeiro Hidraulico	h	9,93	4;5
MO6	Impermeabilizador	h	13,98	7
MO7	Ajudante especializado	h	11,87	7;8
<b>Materiais</b>				
M14	Bloco Concreto Estrutural 14 X 19 X 39 cm, Fbk 4,5 Mpa (NBR 6136)	Unid.	1,65	2
M15	Argamassa Industrializada Multiuso, para Revestimento Interno e Externo Assentamento de Blocos Diversos	Kg	0,36	2
M16	Broca diamantada para concreto 3" (75mm)	Unid.	253,50	3
M17	Tubo PVC Serie Normal, DN 75 MM, para Esgoto Predial (NBR 5688)	m	6,87	4
M18	Joelho PVC, Soldavel, Pb, 90 Graus, DN 75 mm, para Esgoto Predial	Unid.	4,23	4
M19	Joelho PVC, Soldavel, Pb, 45 Graus, DN 75 mm, para Esgoto Predial	Unid.	4,96	4
M20	Juncao Simples, PVC, DN 75 X 75 mm, serie normal para Esgoto Predial	Unid.	10,33	4
M21	Ralo fofo semiesferico, 75 mm, para Lajes/ Calhas	Unid.	9,51	4
M22	Ralo Seco pvc conico, 100 x 40 mm, com grelha quadrada	Unid.	6,42	4
M23	Adesivo Plastico para PVC, Frasco Com 175 Gr	Unid.	14,05	4; 5
M24	Tubo PVC, soldavel, DN 20 mm, agua fria (nbr-5648)	m	1,74	5
M25	Joelho PVC, soldavel com rosca, 90 graus, 20 mm x 1/2", para agua fria predial	Unid.	1,18	5
M26	Te de reducao, PVC, soldavel, 90 graus, 25 mm x 20 mm, para agua fria predial	Unid.	2,14	5
M27	Abraçadeira encaixe com tubo soldável 1/2" (20mm)	Unid.	4,00	5
M28	Torneira cromada com bico para jardim/tanque 1/2 " ou 3/4 " (ref 1153)	Unid.	50,11	5
M29	Argamassa pronta para contrapiso	kg	0,42	6
M30	Manta Asfáltica elastomerica em Poliester Aluminizada 3 mm, Tipo III, Classe B (NBR 9952)	m²	28,70	7
M31	Primer para Manta Asfáltica a base de asfalto modificado diluido em solvente, aplicação a frio	Litro	11,80	7
M32	Geotêxtil não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster (tipo Bidim)	m²	6,28	8
M33	Tela de Aço Soldada Galvanizada/Zincada para Alvenaria, Fio D = *1,24 mm, Malha 25 X 25 mm	m²	11,53	9
M34	Argamassa Industrializada para Chapisco Colante	KG	1,35	9
M35	Cimento Portland de Alto Forno (AF) CP III-32	kg	0,29	10
M36	Areia Media - Posto Jazida/Fornecedor	m³	61,67	10
M37	Argamassa Pronta para Contrapiso	Kg	0,42	11
M38	Argamassa Colante AC-II	kg	0,80	12
M39	Rejunte Epoxi Branco	Kg	35,44	12
M40	Piso Cerâmico Externo Esmaltado Acetinado 43,5x43,5cm Laka Viva Cerâmica	m²	10,99	12
M41	Espaçador Plástico 4mm	UN.	4,99	12
M42	Mastique elástico	M	30,00	13
M43	Seixo pequeno 10kg	UN.	9,00	14
M44	Seixo médio 10kg	UN.	9,00	15
M45	Terra vegetal granel (camada com 0,15m altura)	m³	96,42	16
M46	Grama esmeralda	m²	6,20	17
M47	Rufo Externo de chapa de aco galvanizada num 26, corte 28 cm	m	16,16	18
M48	Parafuso zincado, autobrocante, flangeado, 4,2 x 19"	Centos	14,14	18
M49	Selante tipo veda calha para metal e fibrocimento	Kg	50,64	18
M50	Espécie Azulzinha (kit 10 mudas) (15 mudas/m²)	Unid.	1,80	17
M51	Espécie Vedélia (kit 10 mudas) (15 mudas/m²)	Unid.	3,69	17
<b>Equipamentos</b>				
E1	Colher de Pedreiro	Unid.	18,00	2;18
E2	Caixa plástica retangular para massa 20 litros	Unid.	10,33	2;18
E3	Perfuratriz (locação)	Diária	200,00	3
E4	Arco de Serra Regulável para Lâminas de 12 Pol.	Unid.	14,00	4;5
E5	Bujão de gás	Unid.	80,00	7
E6	Maçarico para manta asfáltica	Unid.	30,00	7
E7	Pá de bico com cabo	Unid.	26,00	10
E8	Balde graduado 20L	Unid.	39,00	10
E9	Desempenadeira Aço	Unid.	10,00	12
E10	Desempenadeira de Plastico com Borracha	Unid.	10,00	12
E11	Espátula de Aço Cálice Cabo Madeira 40mm	Unid.	6,00	12
E12	Pistola aplicadora	Unid.	50,00	13
E13	Martelo de Borracha	Unid.	20,00	18

Fonte: A autora.

Para a compilação dos quantitativos dos serviços dos modelos adotados, foram levadas em consideração as informações contidas nas Tabelas 6.1 a 6.4.

**Tabela 6.1 - Áreas dos telhados verdes: Projetos x Modelos**

<b>Áreas dos Telhados Verdes</b>						
Projetos	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	Área (m <sup>2</sup> )	Área <sup>1</sup> (%)	Área (m <sup>2</sup> )	Área <sup>1</sup> (%)	Área (m <sup>2</sup> )	Área <sup>1</sup> (%)
1	129,45	100	103,80	81,43	103,80	81,43
2	158,21	100	128,83	81,43	128,83	81,43
3	276,00	100	148,40	53,77	148,40	53,77
4	1.103,00	100	593,70	53,77	593,70	53,77
5	309,42	100	250,53	81	250,53	81
6	792,26	100	641,54	81	641,54	81

<sup>1</sup>Porcentagem da cobertura verde em comparação com a cobertura total.

Fonte: A autora.

**Tabela 6.2 - Perímetro do muro do telhado verde: Projetos x Modelos**

Projetos	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	Perímetro (m)	Perímetro (m)	Perímetro (m)
1	80,83	80,23	80,23
2	89,40	89,40	89,40
3	118,36	130,36	130,36
4	236,72	252,72	252,72
5	125,24	131,51	131,51
6	174,22	208,98	208,98

Fonte: A autora.

**Tabela 6.3 - Quantidade de tubulação necessária para o sistema de drenagem**

Projetos	Quantidade de Tubulação (m)	
	Modelo 2	Modelo 3
1	15,60	15,60
2	17,20	17,20
3	19,30	19,30
4	37,40	37,40
5	40,00	40,00
6	63,20	63,20

Fonte: A autora.



**Tabela 6.4 - Quantidade de tubulação necessária para o ponto de água.**

Projetos	Quantidade de Tubulação (m)	
	Modelo 2	Modelo 3
1	3,00	3,00
2	6,00	6,00
3	6,00	6,00
4	8,00	8,00
5	8,00	8,00
6	8,00	8,00

Fonte: A autora.

Os custos teóricos levantados para cada projeto podem variar de acordo com o modelo implantado. Para o levantamento dos quantitativos e definição dos custos da implantação dos modelos 1, 2 e 3 nos Projetos de 1 a 6, utilizou-se a planilha de quantidades e preços como modelo. Na planilha foram levantados os custos unitários de cada serviço de engenharia, necessários para a realização das coberturas verdes, e ao final calculado o custo total incluindo o BDI de 30% (ver tabelas 6.5 a 6.22).

**Tabela 6.5 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 1 – Projeto**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 1
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada das telhas existentes	m <sup>2</sup>	129,45	21,85	2.828,48
CPU 2	Fixação de placas OSB	m <sup>2</sup>	129,45	41,43	5.363,11
CPU 3	Aplicação de manta geotêxtil	m <sup>2</sup>	129,45	59,10	7.650,50
CPU 4	Aplicação de geomembrana de PEAD	m <sup>2</sup>	129,45	30,41	3.936,57
CPU 5	Aplicação de Terra Vegetal	m <sup>3</sup>	12,95	69,58	900,71
CPU 6	Aplicação de Vegetação	m <sup>2</sup>	129,45	27,86	3.606,48
CPU 7	Fixação de rufos metálicos	m	80,83	61,17	4.944,37
<b>Total</b>					<b>29.230,23</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>8.769,07</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>37.999,29</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.6 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 1 – Projeto 2**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 2
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada das telhas existentes	m <sup>2</sup>	158,21	21,85	3.456,89
CPU 2	Fixação de placas OSB	m <sup>2</sup>	158,21	41,43	6.554,64
CPU 3	Aplicação de manta geotêxtil	m <sup>2</sup>	158,21	59,10	9.350,21
CPU 4	Aplicação de geomembrana de PEAD	m <sup>2</sup>	158,21	30,41	4.811,17
CPU 5	Aplicação de Terra Vegetal	m <sup>3</sup>	15,82	69,58	1.100,83
CPU 6	Aplicação de Vegetação	m <sup>2</sup>	158,21	27,86	4.407,73
CPU 7	Fixação de rufos metálicos	m	89,40	61,17	5.468,60
<b>Total</b>					<b>35.150,06</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>17.705,97</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>76.725,86</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.7 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 1 – Projeto 3**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 3
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada das telhas existentes	m <sup>2</sup>	276,00	21,85	6.030,60
CPU 2	Fixação de placas OSB	m <sup>2</sup>	276,00	41,43	11.434,68
CPU 3	Aplicação de manta geotêxtil	m <sup>2</sup>	276,00	59,10	16.311,60
CPU 4	Aplicação de geomembrana de PEAD	m <sup>2</sup>	276,00	30,41	8.393,16
CPU 5	Aplicação de Terra Vegetal	m <sup>3</sup>	27,60	69,58	1.920,41
CPU 6	Aplicação de Vegetação	m <sup>2</sup>	276,00	27,86	7.689,36
CPU 7	Fixação de rufos metálicos	m	118,36	61,17	7.240,08
<b>Total</b>					<b>59.019,89</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>17.705,97</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>76.725,86</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.8 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 1 – Projeto 4**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 4
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada das telhas existentes	m <sup>2</sup>	1.103,00	21,85	4.100,55
CPU 2	Fixação de placas OSB	m <sup>2</sup>	1.103,00	41,43	45.697,29
CPU 3	Aplicação de manta geotêxtil	m <sup>2</sup>	1.103,00	59,10	65.187,30
CPU 4	Aplicação de geomembrana de PEAD	m <sup>2</sup>	1.103,00	30,41	33.542,23
CPU 5	Aplicação de Terra Vegetal	m <sup>3</sup>	110,30	69,58	7.674,67
CPU 6	Aplicação de Vegetação	m <sup>2</sup>	1.103,00	27,86	30.729,58
CPU 7	Fixação de rufos metálicos	m	236,72	61,17	14.480,16
<b>Total</b>					<b>221.411,79</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>66.423,54</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>287.835,32</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.9 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 1 – Projeto 5**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 5
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada das telhas existentes	m <sup>2</sup>	309,42	21,85	6.760,83
CPU 2	Fixação de placas OSB	m <sup>2</sup>	309,42	41,43	12.819,27
CPU 3	Aplicação de manta geotêxtil	m <sup>2</sup>	309,42	59,10	18.286,72
CPU 4	Aplicação de geomembrana de PEAD	m <sup>2</sup>	309,42	30,41	9.409,46
CPU 5	Aplicação de Terra Vegetal	m <sup>3</sup>	30,94	69,58	2.152,94
CPU 6	Aplicação de Vegetação	m <sup>2</sup>	309,42	27,86	8.620,44
CPU 7	Fixação de rufos metálicos	m	125,24	61,17	7.660,93
<b>Total</b>					<b>65.710,60</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>19.713,18</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>85.423,78</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.10 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 1 – Projeto 6**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 6
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada das telhas existentes	m <sup>2</sup>	792,26	21,85	17.310,88
CPU 2	Fixação de placas OSB	m <sup>2</sup>	792,26	41,43	32.823,33
CPU 3	Aplicação de manta geotêxtil	m <sup>2</sup>	792,26	59,10	6.822,57
CPU 4	Aplicação de geomembrana de PEAD	m <sup>2</sup>	792,26	30,41	24.092,63
CPU 5	Aplicação de Terra Vegetal	m <sup>3</sup>	79,23	69,58	5.512,55
CPU 6	Aplicação de Vegetação	m <sup>2</sup>	792,26	27,86	22.072,36
CPU 7	Fixação de rufos metálicos	m	174,22	61,17	10.657,28
<b>Total</b>					<b>59.291,60</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>47.787,48</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>207.079,08</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.11 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 2 – Projeto 1**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 1
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada da estrutura do telhado	m <sup>2</sup>	103,80	43,70	4.536,06
CPU 2	Assentamento dos blocos de concreto	m <sup>2</sup>	103,80	93,32	9.686,62
CPU 3	Furação da laje	Unid	6,00	124,31	745,86
CPU 4	Instalação dos tubos de drenagem	m	15,60	31,25	487,50
CPU 5	Instalação do ponto de água	m	3,00	46,48	139,44
CPU 6	Regularização da laje de cobertura	m <sup>2</sup>	103,80	53,14	5.515,93
CPU 7	Aplicação de manta asfáltica	m <sup>2</sup>	103,80	112,80	11.708,64
CPU 8	Aplicação da Manta Geotêxtil	m <sup>2</sup>	103,80	17,48	1.814,42
CPU 9	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	m <sup>2</sup>	103,80	31,49	3.268,66
CPU 10	Aplicação de proteção mecânica	m <sup>2</sup>	103,80	101,85	10.572,03
CPU 11	Aplicação de piso de acabamento	m <sup>2</sup>	103,80	19,72	2.046,94
CPU 12	Aplicação de piso cerâmico	m <sup>2</sup>	103,80	143,02	14.845,48
CPU 13	Aplicação de mastique elástico	m	10,48	56,66	593,80
CPU 14	Aplicação de seixo pequeno	m <sup>2</sup>	103,80	9,96	1.033,85
CPU 15	Aplicação de seixo médio	m <sup>2</sup>	103,80	9,06	940,43
CPU 16	Aplicação de terra vegetal	m <sup>3</sup>	15,57	28,28	440,32
CPU 17	Aplicação de vegetação	m <sup>2</sup>	103,80	18,33	1.902,65
CPU 18	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	m	80,23	64,30	5.158,79
<b>Total</b>					<b>75.437,41</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>22.631,22</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>98.068,63</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.12 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 2 – Projeto 2**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 2
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada da estrutura do telhado	m <sup>2</sup>	128,83	43,70	5.629,87
CPU 2	Assentamento dos blocos de concreto	m <sup>2</sup>	128,83	93,32	2.022,42
CPU 3	Furação da laje	Unid	6,00	124,31	745,86
CPU 4	Instalação dos tubos de drenagem	m	17,20	31,25	537,50
CPU 5	Instalação do ponto de água	m	6,00	46,48	278,88
CPU 6	Regularização da laje de cobertura	m <sup>2</sup>	128,83	53,14	6.846,03
CPU 7	Aplicação de manta asfáltica	m <sup>2</sup>	128,83	112,80	4.532,02
CPU 8	Aplicação da Manta Geotêxtil	m <sup>2</sup>	128,83	17,48	2.251,95
CPU 9	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	m <sup>2</sup>	128,83	31,49	4.056,86
CPU 10	Aplicação de proteção mecânica	m <sup>2</sup>	128,83	101,85	13.121,34
CPU 11	Aplicação de piso de acabamento	m <sup>2</sup>	128,83	19,72	2.540,53
CPU 12	Aplicação de piso cerâmico	m <sup>2</sup>	128,83	143,02	18.425,27
CPU 13	Aplicação de mastique elástico	m	11,58	56,66	656,12
CPU 14	Aplicação de seixo pequeno	m <sup>2</sup>	128,83	9,96	1.283,15
CPU 15	Aplicação de seixo médio	m <sup>2</sup>	128,83	9,06	1.167,20
CPU 16	Aplicação de terra vegetal	m <sup>3</sup>	19,32	28,28	546,50
CPU 17	Aplicação de vegetação	m <sup>2</sup>	128,83	18,33	2.361,45
CPU 18	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	m	89,40	64,30	5.748,42
<b>Total</b>					<b>92.751,35</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>27.825,41</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>120.576,76</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.13 - Tabela 6.13 – Custo de implantação da cobertura verde Modelo 2 – Projeto 3**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 3
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada da estrutura do telhado	m <sup>2</sup>	148,40	43,70	6.485,08
CPU 2	Assentamento dos blocos de concreto	m <sup>2</sup>	148,40	93,32	13.848,69
CPU 3	Furação da laje	Unid	8,00	124,31	994,48
CPU 4	Instalação dos tubos de drenagem	m	19,30	31,25	603,13
CPU 5	Instalação do ponto de água	m	6,00	46,48	278,88
CPU 6	Regularização da laje de cobertura	m <sup>2</sup>	148,40	53,14	7.885,98
CPU 7	Aplicação de manta asfáltica	m <sup>2</sup>	148,40	112,80	16.739,52
CPU 8	Aplicação da Manta Geotêxtil	m <sup>2</sup>	148,40	17,48	2.594,03
CPU 9	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	m <sup>2</sup>	148,40	31,49	4.673,12
CPU 10	Aplicação de proteção mecânica	m <sup>2</sup>	148,40	101,85	15.114,54
CPU 11	Aplicação de piso de acabamento	m <sup>2</sup>	148,40	19,72	2.926,45
CPU 12	Aplicação de piso cerâmico	m <sup>2</sup>	148,40	143,02	21.224,17
CPU 13	Aplicação de mastique elástico	m	23,94	56,66	1.356,44
CPU 14	Aplicação de seixo pequeno	m <sup>2</sup>	148,40	9,96	1.478,06
CPU 15	Aplicação de seixo médio	m <sup>2</sup>	148,40	9,06	1.344,50
CPU 16	Aplicação de terra vegetal	m <sup>3</sup>	22,26	28,28	629,51
CPU 17	Aplicação de vegetação	m <sup>2</sup>	148,40	18,33	2.720,17
CPU 18	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	m	130,36	64,30	8.382,15
<b>Total</b>					<b>109.278,89</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>32.783,67</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>142.062,56</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.14 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 2 – Projeto 4**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 4
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada da estrutura do telhado	m <sup>2</sup>	593,70	43,70	25.944,69
CPU 2	Assentamento dos blocos de concreto	m <sup>2</sup>	593,70	93,32	55.404,08
CPU 3	Furação da laje	Unid	8,00	124,31	994,48
CPU 4	Instalação dos tubos de drenagem	m	37,40	31,25	1.168,75
CPU 5	Instalação do ponto de água	m	8,00	46,48	371,84
CPU 6	Regularização da laje de cobertura	m <sup>2</sup>	593,70	53,14	31.549,22
CPU 7	Aplicação de manta asfáltica	m <sup>2</sup>	593,70	112,80	66.969,36
CPU 8	Aplicação da Manta Geotêxtil	m <sup>2</sup>	593,70	17,48	10.377,88
CPU 9	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	m <sup>2</sup>	593,70	31,49	18.695,61
CPU 10	Aplicação de proteção mecânica	m <sup>2</sup>	593,70	101,85	60.468,35
CPU 11	Aplicação de piso de acabamento	m <sup>2</sup>	593,70	19,72	11.707,76
CPU 12	Aplicação de piso cerâmico	m <sup>2</sup>	593,70	143,02	84.910,97
CPU 13	Aplicação de mastique elástico	m	47,88	56,66	2.712,88
CPU 14	Aplicação de seixo pequeno	m <sup>2</sup>	593,70	9,96	5.913,25
CPU 15	Aplicação de seixo médio	m <sup>2</sup>	593,70	9,06	5.378,92
CPU 16	Aplicação de terra vegetal	m <sup>3</sup>	89,06	28,28	2.518,48
CPU 17	Aplicação de vegetação	m <sup>2</sup>	593,70	18,33	10.882,52
CPU 18	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	m	252,72	64,30	16.249,90
<b>Total</b>					<b>412.218,94</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>123.665,68</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>535.884,62</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.15 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 2 – Projeto 5**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 5
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada da estrutura do telhado	m <sup>2</sup>	250,53	43,70	10.948,16
CPU 2	Assentamento dos blocos de concreto	m <sup>2</sup>	250,53	93,32	23.379,46
CPU 3	Furação da laje	Unid	10,00	124,31	1.243,10
CPU 4	Instalação dos tubos de drenagem	m	40,00	31,25	1.250,00
CPU 5	Instalação do ponto de água	m	8,00	46,48	371,84
CPU 6	Regularização da laje de cobertura	m <sup>2</sup>	250,53	53,14	13.313,16
CPU 7	Aplicação de manta asfáltica	m <sup>2</sup>	250,53	112,80	28.259,78
CPU 8	Aplicação da Manta Geotêxtil	m <sup>2</sup>	250,53	17,48	4.379,26
CPU 9	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	m <sup>2</sup>	250,53	31,49	889,19
CPU 10	Aplicação de proteção mecânica	m <sup>2</sup>	250,53	101,85	5.516,48
CPU 11	Aplicação de piso de acabamento	m <sup>2</sup>	250,53	19,72	940,45
CPU 12	Aplicação de piso cerâmico	m <sup>2</sup>	250,53	143,02	5.830,80
CPU 13	Aplicação de mastique elástico	m	17,74	56,66	1.005,15
CPU 14	Aplicação de seixo pequeno	m <sup>2</sup>	250,53	9,96	2.495,28
CPU 15	Aplicação de seixo médio	m <sup>2</sup>	250,53	9,06	2.269,80
CPU 16	Aplicação de terra vegetal	m <sup>3</sup>	37,58	28,28	1.062,75
CPU 17	Aplicação de vegetação	m <sup>2</sup>	250,53	18,33	4.592,21
CPU 18	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	m	131,51	64,30	8.456,09
<b>Total</b>					<b>177.202,98</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>53.160,89</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>230.363,87</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.16 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 2 – Projeto 6**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 6
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada da estrutura do telhado	m <sup>2</sup>	641,54	43,70	28.035,30
CPU 2	Assentamento dos blocos de concreto	m <sup>2</sup>	641,54	93,32	59.868,51
CPU 3	Furação da laje	Unid	10,00	124,31	1.243,10
CPU 4	Instalação dos tubos de drenagem	m	63,20	31,25	1.975,00
CPU 5	Instalação do ponto de água	m	8,00	46,48	371,84
CPU 6	Regularização da laje de cobertura	m <sup>2</sup>	641,54	53,14	34.091,44
CPU 7	Aplicação de manta asfáltica	m <sup>2</sup>	641,54	112,80	72.365,71
CPU 8	Aplicação da Manta Geotêxtil	m <sup>2</sup>	641,54	17,48	11.214,12
CPU 9	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	m <sup>2</sup>	641,54	31,49	20.202,09
CPU 10	Aplicação de proteção mecânica	m <sup>2</sup>	641,54	101,85	65.340,85
CPU 11	Aplicação de piso de acabamento	m <sup>2</sup>	641,54	19,72	12.651,17
CPU 12	Aplicação de piso cerâmico	m <sup>2</sup>	641,54	143,02	91.753,05
CPU 13	Aplicação de mastique elástico	m	28,26	56,66	1.601,44
CPU 14	Aplicação de seixo pequeno	m <sup>2</sup>	641,54	9,96	6.389,74
CPU 15	Aplicação de seixo médio	m <sup>2</sup>	641,54	9,06	5.812,35
CPU 16	Aplicação de terra vegetal	m <sup>3</sup>	96,23	28,28	2.721,41
CPU 17	Aplicação de vegetação	m <sup>2</sup>	641,54	18,33	11.759,43
CPU 18	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	m	208,98	64,30	13.437,29
<b>Total</b>					<b>440.833,84</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>132.250,15</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>573.083,99</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.17 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 3 – Projeto 1**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 1
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada da estrutura do telhado	m <sup>2</sup>	103,80	43,70	4.536,06
CPU 2	Assentamento dos blocos de concreto	m <sup>2</sup>	103,80	93,32	9.686,62
CPU 3	Furação da laje	Unid	6,00	137,57	825,42
CPU 4	Instalação dos tubos de drenagem	m	15,60	34,62	540,07
CPU 5	Instalação do ponto de água	m	3,00	46,48	139,44
CPU 6	Regularização da laje de cobertura	m <sup>2</sup>	103,80	53,14	5.515,93
CPU 7	Aplicação de manta asfáltica	m <sup>2</sup>	103,80	112,80	1.708,64
CPU 8	Aplicação da Manta Geotêxtil	m <sup>2</sup>	103,80	17,48	1.814,42
CPU 9	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	m <sup>2</sup>	103,80	31,49	3.268,66
CPU 10	Aplicação de proteção mecânica	m <sup>2</sup>	103,80	101,85	10.572,03
CPU 11	Aplicação de piso de acabamento	m <sup>2</sup>	103,80	19,72	2.046,94
CPU 12	Aplicação de piso cerâmico	m <sup>2</sup>	103,80	143,02	4.845,48
CPU 13	Aplicação de mastique elástico	m	10,48	56,66	593,80
CPU 14	Aplicação de seixo pequeno	m <sup>2</sup>	103,80	11,76	1.220,69
CPU 15	Aplicação de seixo médio	m <sup>2</sup>	103,80	11,76	1.220,69
CPU 16	Aplicação de terra vegetal	m <sup>3</sup>	15,57	33,10	515,37
CPU 17	Aplicação de vegetação	m <sup>2</sup>	103,80	73,23	7.601,27
CPU 18	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	m	80,23	64,30	5.158,79
<b>Total</b>					<b>81.810,31</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>24.543,09</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>106.353,40</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.18 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 3 – Projeto 2**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 2
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	ÁREA	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada da estrutura do telhado	m <sup>2</sup>	128,83	43,70	5.629,87
CPU 2	Assentamento dos blocos de concreto	m <sup>2</sup>	128,83	93,32	2.022,42
CPU 3	Furação da laje	Unid	6,00	137,57	825,42
CPU 4	Instalação dos tubos de drenagem	m	17,20	34,62	595,46
CPU 5	Instalação do ponto de água	m	6,00	46,48	278,88
CPU 6	Regularização da laje de cobertura	m <sup>2</sup>	128,83	53,14	6.846,03
CPU 7	Aplicação de manta asfáltica	m <sup>2</sup>	128,83	112,80	4.532,02
CPU 8	Aplicação da Manta Geotêxtil	m <sup>2</sup>	128,83	17,48	2.251,95
CPU 9	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	m <sup>2</sup>	128,83	31,49	.056,86
CPU 10	Aplicação de proteção mecânica	m <sup>2</sup>	128,83	101,85	3.121,34
CPU 11	Aplicação de piso de acabamento	m <sup>2</sup>	128,83	19,72	2.540,53
CPU 12	Aplicação de piso cerâmico	m <sup>2</sup>	128,83	143,02	18.425,27
CPU 13	Aplicação de mastique elástico	m	11,58	56,66	656,12
CPU 14	Aplicação de seixo pequeno	m <sup>2</sup>	128,83	11,76	1.515,04
CPU 15	Aplicação de seixo médio	m <sup>2</sup>	128,83	11,76	1.515,04
CPU 16	Aplicação de terra vegetal	m <sup>3</sup>	19,32	33,10	639,64
CPU 17	Aplicação de vegetação	m <sup>2</sup>	128,83	73,23	9.434,22
CPU 18	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	m	89,40	64,30	5.748,42
<b>Total</b>					<b>100.634,52</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>30.190,36</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>130.824,88</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.19 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 3 – Projeto 3**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 3
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada da estrutura do telhado	m <sup>2</sup>	148,40	43,70	6.485,08
CPU 2	Assentamento dos blocos de concreto	m <sup>2</sup>	148,40	93,32	13.848,69
CPU 3	Furação da laje	Unid	8,00	137,57	1.100,56
CPU 4	Instalação dos tubos de drenagem	m	19,30	34,62	668,17
CPU 5	Instalação do ponto de água	m	6,00	46,48	278,88
CPU 6	Regularização da laje de cobertura	m <sup>2</sup>	148,40	53,14	7.885,98
CPU 7	Aplicação de manta asfáltica	m <sup>2</sup>	148,40	112,80	6.739,52
CPU 8	Aplicação da Manta Geotêxtil	m <sup>2</sup>	148,40	17,48	2.594,03
CPU 9	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	m <sup>2</sup>	148,40	31,49	4.673,12
CPU 10	Aplicação de proteção mecânica	m <sup>2</sup>	148,40	101,85	15.114,54
CPU 11	Aplicação de piso de acabamento	m <sup>2</sup>	148,40	19,72	2.926,45
CPU 12	Aplicação de piso cerâmico	m <sup>2</sup>	148,40	143,02	21.224,17
CPU 13	Aplicação de mastique elástico	m	23,94	56,66	1.356,44
CPU 14	Aplicação de seixo pequeno	m <sup>2</sup>	148,40	11,76	1.745,18
CPU 15	Aplicação de seixo médio	m <sup>2</sup>	148,40	11,76	1.745,18
CPU 16	Aplicação de terra vegetal	m <sup>3</sup>	22,26	33,10	736,81
CPU 17	Aplicação de vegetação	m <sup>2</sup>	148,40	73,23	10.867,33
CPU 18	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	m	130,36	64,30	8.382,15
<b>Total</b>					<b>118.372,27</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>35.511,68</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>153.883,95</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.20 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 3 – Projeto 4**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 4
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada da estrutura do telhado	m <sup>2</sup>	593,70	43,70	5.944,69
CPU 2	Assentamento dos blocos de concreto	m <sup>2</sup>	593,70	93,32	5.404,08
CPU 3	Furação da laje	Unid	8,00	137,57	.100,56
CPU 4	Instalação dos tubos de drenagem	m	37,40	34,62	1.294,79
CPU 5	Instalação do ponto de água	m	8,00	46,48	371,84
CPU 6	Regularização da laje de cobertura	m <sup>2</sup>	593,70	53,14	1.549,22
CPU 7	Aplicação de manta asfáltica	m <sup>2</sup>	593,70	112,80	6.969,36
CPU 8	Aplicação da Manta Geotêxtil	m <sup>2</sup>	593,70	17,48	0.377,88
CPU 9	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	m <sup>2</sup>	593,70	31,49	8.695,61
CPU 10	Aplicação de proteção mecânica	m <sup>2</sup>	593,70	101,85	0.468,35
CPU 11	Aplicação de piso de acabamento	m <sup>2</sup>	593,70	19,72	1.707,76
CPU 12	Aplicação de piso cerâmico	m <sup>2</sup>	593,70	143,02	84.910,97
CPU 13	Aplicação de mastique elástico	m	47,88	56,66	2.712,88
CPU 14	Aplicação de seixo pequeno	m <sup>2</sup>	593,70	11,76	6.981,91
CPU 15	Aplicação de seixo médio	m <sup>2</sup>	593,70	11,76	6.981,91
CPU 16	Aplicação de terra vegetal	m <sup>3</sup>	89,06	33,10	2.947,72
CPU 17	Aplicação de vegetação	m <sup>2</sup>	593,70	73,23	3.476,65
CPU 18	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	m	252,72	64,30	6.249,90
<b>Total</b>					<b>448.146,08</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>134.443,83</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>582.589,91</b>

Fonte: A autora.



**Tabela 6.21 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 3 – Projeto 5**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 5
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada da estrutura do telhado	m <sup>2</sup>	250,53	43,70	10.948,16
CPU 2	Assentamento dos blocos de concreto	m <sup>2</sup>	250,53	93,32	23.379,46
CPU 3	Furação da laje	Unid	10,00	137,57	1.375,70
CPU 4	Instalação dos tubos de drenagem	m	40,00	34,62	1.384,80
CPU 5	Instalação do ponto de água	m	8,00	46,48	371,84
CPU 6	Regularização da laje de cobertura	m <sup>2</sup>	250,53	53,14	13.313,16
CPU 7	Aplicação de manta asfáltica	m <sup>2</sup>	250,53	112,80	28.259,78
CPU 8	Aplicação da Manta Geotêxtil	m <sup>2</sup>	250,53	17,48	4.379,26
CPU 9	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	m <sup>2</sup>	250,53	31,49	7.889,19
CPU 10	Aplicação de proteção mecânica	m <sup>2</sup>	250,53	101,85	25.516,48
CPU 11	Aplicação de piso de acabamento	m <sup>2</sup>	250,53	19,72	4.940,45
CPU 12	Aplicação de piso cerâmico	m <sup>2</sup>	250,53	143,02	35.830,80
CPU 13	Aplicação de mastiche elástico	m	17,74	56,66	1.005,15
CPU 14	Aplicação de seixo pequeno	m <sup>2</sup>	250,53	11,76	2.946,23
CPU 15	Aplicação de seixo médio	m <sup>2</sup>	250,53	11,76	2.946,23
CPU 16	Aplicação de terra vegetal	m <sup>3</sup>	37,58	33,10	1.243,88
CPU 17	Aplicação de vegetação	m <sup>2</sup>	250,53	73,23	18.346,31
CPU 18	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	m	131,51	64,30	8.456,09
<b>Total</b>					<b>192.533,00</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>57.759,90</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>250.292,89</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 6.22 - Custo de implantação da cobertura verde Modelo 3 – Projeto 6**

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS					Projeto 6
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
CPU 1	Retirada da estrutura do telhado	m <sup>2</sup>	641,54	43,70	28.035,30
CPU 2	Assentamento dos blocos de concreto	m <sup>2</sup>	641,54	93,32	59.868,51
CPU 3	Furação da laje	Unid	10,00	137,57	1.375,70
CPU 4	Instalação dos tubos de drenagem	m	63,20	34,62	2.187,98
CPU 5	Instalação do ponto de água	m	8,00	46,48	371,84
CPU 6	Regularização da laje de cobertura	m <sup>2</sup>	641,54	53,14	34.091,44
CPU 7	Aplicação de manta asfáltica	m <sup>2</sup>	641,54	112,80	72.365,71
CPU 8	Aplicação da Manta Geotêxtil	m <sup>2</sup>	641,54	17,48	11.214,12
CPU 9	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	m <sup>2</sup>	641,54	31,49	20.202,09
CPU 10	Aplicação de proteção mecânica	m <sup>2</sup>	641,54	101,85	65.340,85
CPU 11	Aplicação de piso de acabamento	m <sup>2</sup>	641,54	19,72	12.651,17
CPU 12	Aplicação de piso cerâmico	m <sup>2</sup>	641,54	143,02	91.753,05
CPU 13	Aplicação de mastiche elástico	m	28,26	56,66	1.601,44
CPU 14	Aplicação de seixo pequeno	m <sup>2</sup>	641,54	11,76	7.544,51
CPU 15	Aplicação de seixo médio	m <sup>2</sup>	641,54	11,76	7.544,51
CPU 16	Aplicação de terra vegetal	m <sup>3</sup>	96,23	33,10	3.185,25
CPU 17	Aplicação de vegetação	m <sup>2</sup>	641,54	73,23	46.979,97
CPU 18	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	m	208,98	64,30	13.437,29
<b>Total</b>					<b>479.750,73</b>
<b>BDI (%)</b>					<b>143.925,22</b>
<b>PREÇO FINAL</b>					<b>623.675,95</b>

Fonte: A autora.

A tabela a seguir (ver tabela 6.23) mostra de forma simplificada os valores do custo de implantação dos modelos de cobertura verde de acordo com cada projeto.

**Tabela 6.23 - Custo de implantação dos modelos de cobertura verde**

Projeto	Custo de Implantação (R\$)		
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
1	37.999,29	98.068,63	106.353,40
2	45.695,08	120.576,76	130.824,88
3	76.725,86	142.062,56	153.883,95
4	287.835,32	535.884,62	582.589,91
5	85.423,78	230.363,87	250.292,89
6	207.079,08	573.083,99	623.675,95

Fonte: A autora.

Os custos variam com o tipo de modelo e o tamanho da área a ser considerada na implantação. Percebe-se que dentre as possibilidades estudadas, o modelo 1 no projeto 1 é o que apresenta o menor custo de implantação, ao contrário do modelo 3 no projeto 6 que têm o maior custo. O valor final da cobertura verde em cada uma das tipologias variou de R\$ 37.999,29 à R\$ 623.675,95, um aumento de aproximadamente 16 vezes.

Considerando as faixas de áreas de cobertura de cada projeto, calcula-se a faixa do custo unitário por metro quadrado, da implantação dos três modelos de cobertura verde (ver tabela 6.24).

A partir dos custos de implantação dos modelos 1, 2 e 3 para os projetos de 1 a 6, foram elaboradas curvas dos custos unitários de implantação *versus* projetos (ver figuras 6.70 a 6.72). Para a elaboração das curvas foram considerados os maiores valores dos custos unitários obtidos por projeto adotado. A faixa do custo unitário das coberturas verdes variou entre R\$ 190,00 e R\$ 831,57 por m<sup>2</sup>. O

custo unitário de implantação do Modelo 1 variou de R\$ 190,00 a R\$ 348,75 por m<sup>2</sup>, sendo o Projeto 1 o de menor e o Projeto 3 o de maior custo unitário (ver figura 6.70). O custo de implantação do Modelo 2 variou de R\$ 490,34 a R\$ 764,11 por m<sup>2</sup>, dos quais o Projeto 1 apresentou o menor custo unitário e o Projeto 6 o maior custo unitário (ver figura 6.71). O Modelo 3 apresentou custo de implantação de R\$ 531,77 a 831,57 por m<sup>2</sup>, o Projeto 1 foi o de menor custo e o Projeto 6 o de maior custo (ver figura 6.72).

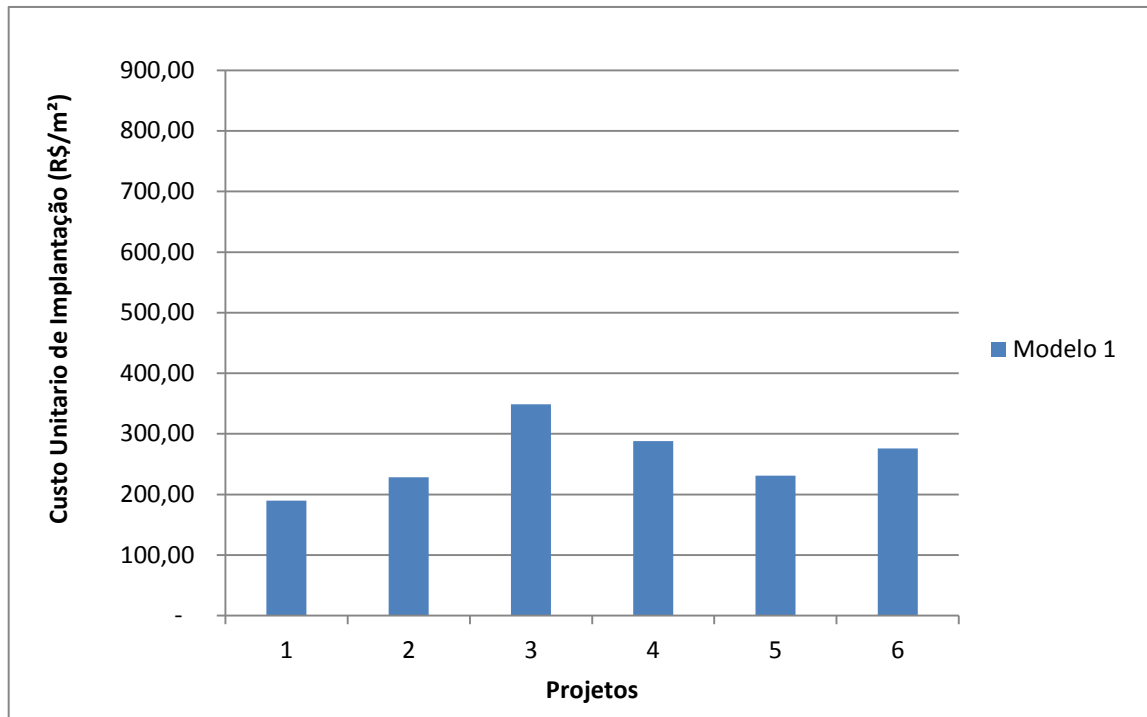
Verifica-se que dos três modelos adotados o Modelo 1 é o que apresenta a faixa de custo menor, e diferentemente dos outros modelos, apresenta o Projeto 3 com maior custo por m<sup>2</sup>; já o Modelo 3 é o que apresenta a maior faixa de custo por m<sup>2</sup> (ver figura 6.73).

**Tabela 6.24 - Custo unitário de implantação dos modelos de cobertura verde**

Projeto	Área cobertura (m <sup>2</sup> )	Custo Unitário de Implantação (R\$/m <sup>2</sup> )		
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
1	A<200	C<190,00	C<490,34	C<531,77
2	200≤A<220	207,70≤C<228,48	548,08≤C<602,88	594,66≤C<654,12
3	220≤A<370	207,37≤C<348,75	383,95≤C<645,74	415,90≤C<699,47
4	1.000≤A<1.400	205,60≤C<287,84	382,77≤C<535,88	416,14≤C<582,59
5	370≤A<750	113,90≤C<230,88	307,15≤C<622,61	333,72≤C<676,47
6	750≤A<1.000	207,08≤C<276,11	573,08≤C<764,11	623,68≤C<831,57

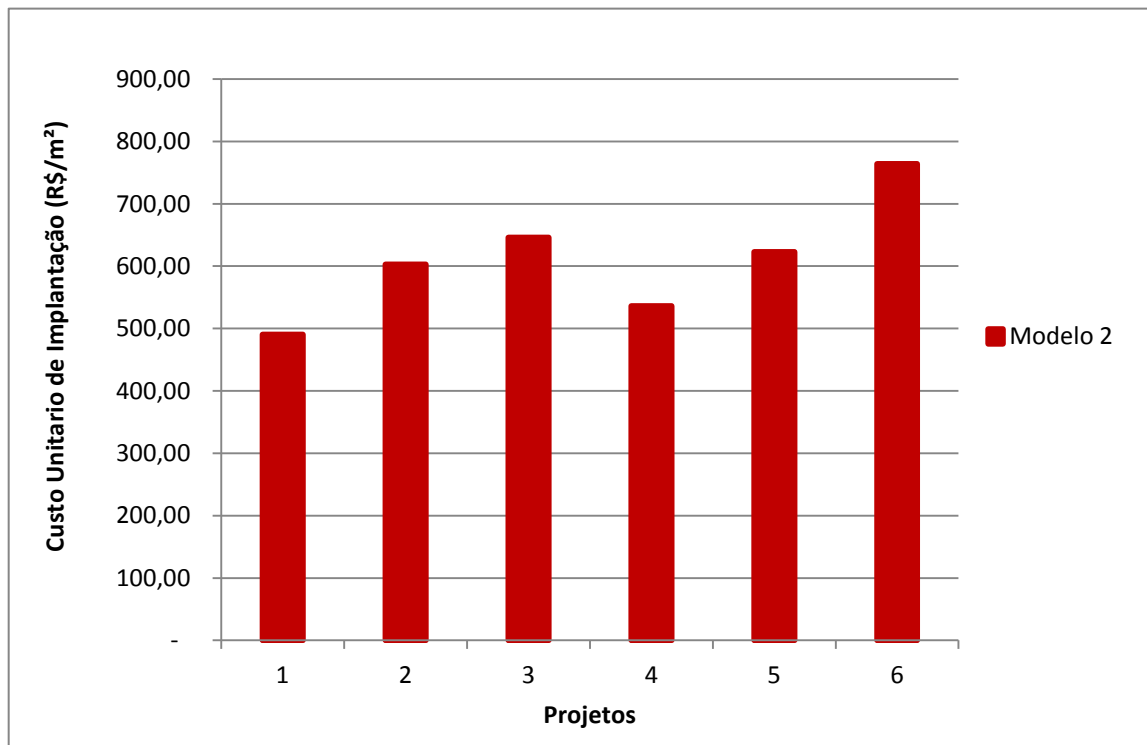
Fonte: A autora.

**Figura 6.70 - Custo de Implantação do Modelo 1**



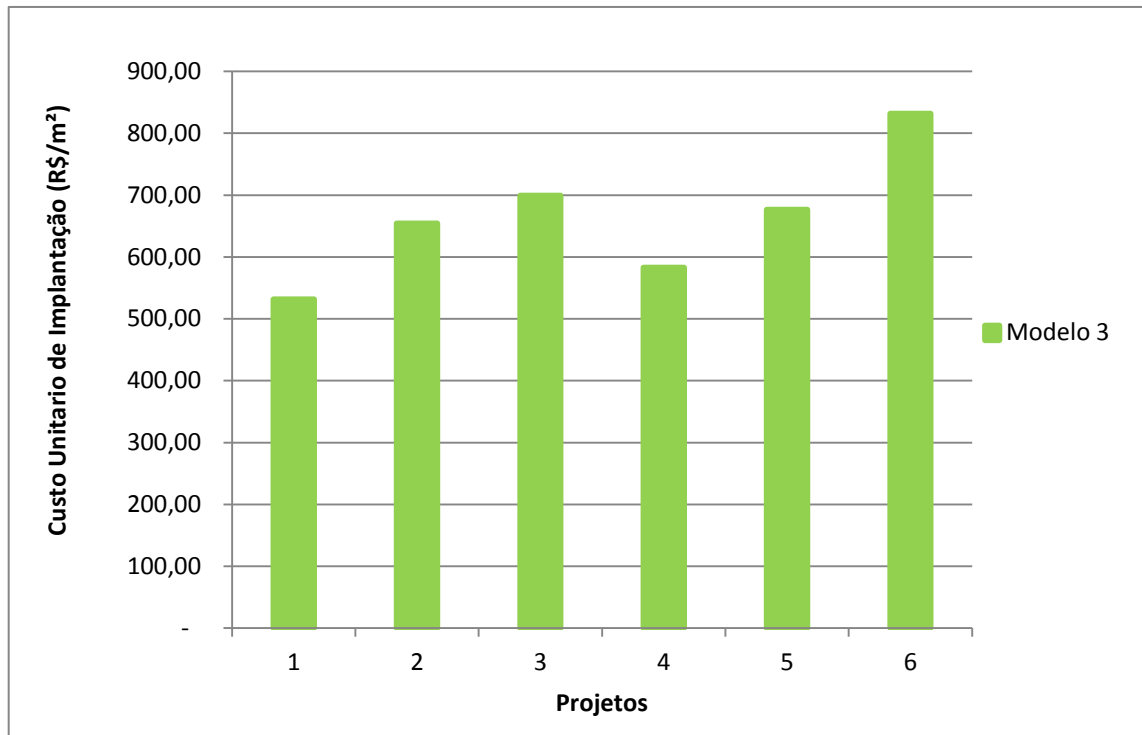
Fonte: A autora.

**Figura 6.71 - Custo de Implantação do Modelo 2**



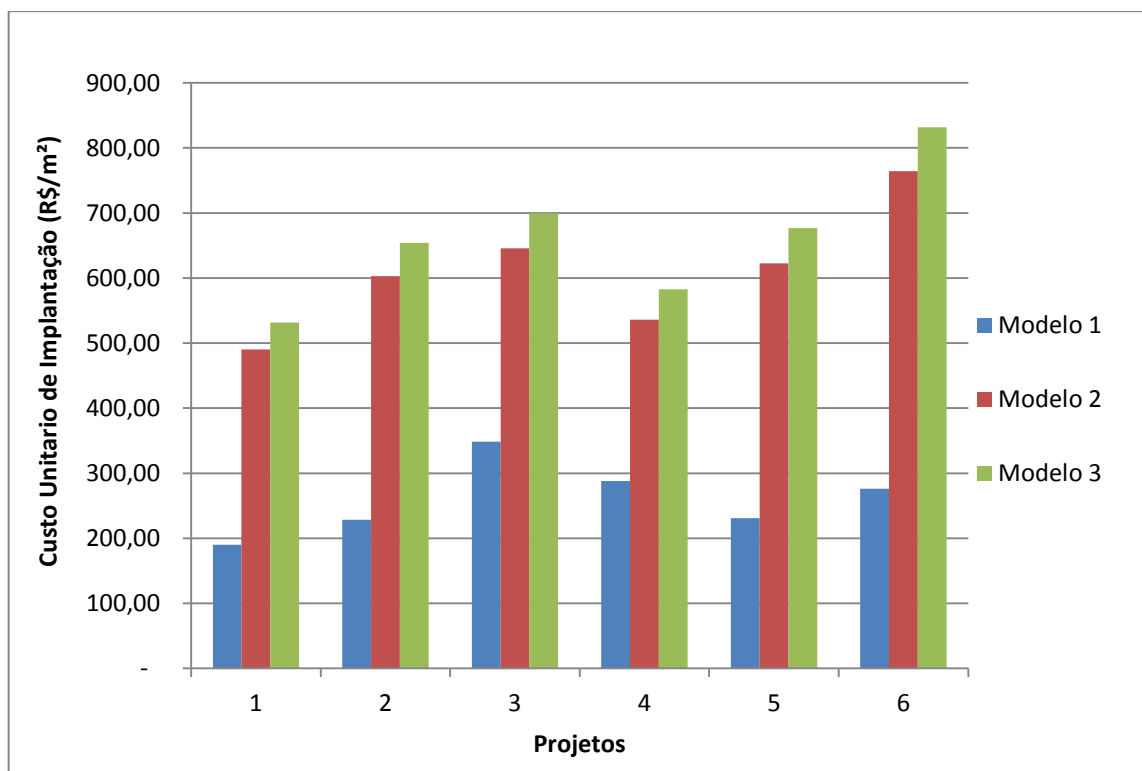
Fonte: A autora.

**Figura 6.72 - Custo de Implantação do Modelo 3**



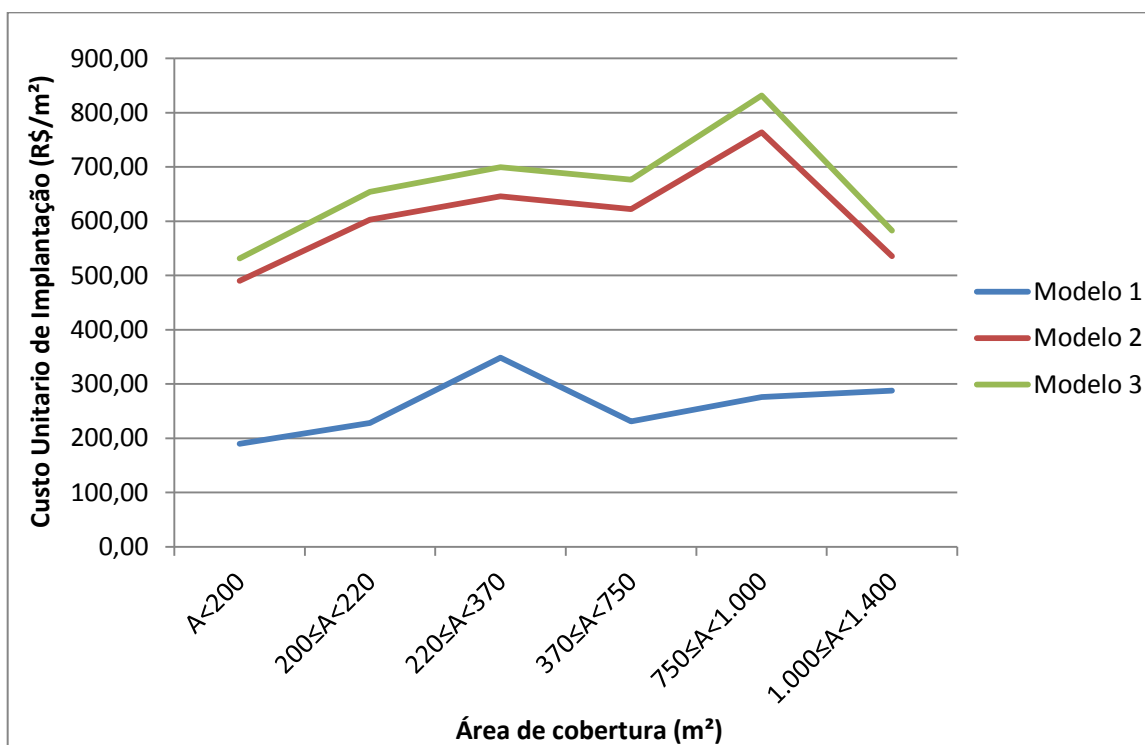
Fonte: A autora.

**Figura 6.73 - Custo de implantação dos modelos de Cobertura Verde**



Fonte: A autora.

**Figura 6.74 - Custo unitário por área de cobertura**



Fonte: A autora.

## 7. CONCLUSÕES

O objetivo principal do trabalho foi realizar um estudo de modelos de cobertura verde em edificações residenciais de diferentes padrões construtivos no município de Belo Horizonte, realizando a implantação e o levantamento do custo.

Analisando os três modelos definidos, verifica-se que os modelos 2 e 3 são mais complexos, pois é necessário realizar furação da laje existente para criar a drenagem necessária para o sistema, regularização do piso e impermeabilização. Para a execução da drenagem, é necessário possuir os projetos da armação da laje de cobertura ou realizar o ensaio de pacometria, que possibilita a identificação do posicionamento e diâmetro dos vergalhões metálicos na massa de concreto, para não correr o risco dos furos ocorrerem em locais onde passam as armações. A drenagem irá interferir na altura do pé direito das unidades localizadas abaixo da laje da cobertura, o que causará transtornos aos moradores com os serviços a serem realizados e necessitará de aprovação do dono da unidade para a realização. Para a implantação do Modelo 2 ou 3 será necessária uma avaliação da sobrecarga que o sistema irá aplicar sobre a laje, realizada por um engenheiro projetista. No modelo 1 não é necessário realizar a furação da laje e regularização do piso, o que torna o sistema mais simples de se executar.

O estudo comparativo da implantação dos modelos 1, 2 e 3 de cobertura verde nas tipologias de projetos 1 a 6 adotadas, os custos variam com o tipo de modelo e o tamanho da área a ser considerada na implantação. O valor final da cobertura verde em cada uma das tipologias variou de R\$ 37.999,29 à R\$ 623.675,95, uma diferença de aproximadamente dezesseis vezes. Os custos unitários da implantação das coberturas variaram de 190,00 a R\$ 831,57 por m<sup>2</sup>.

Apesar dos custos necessários para a implantação da cobertura verde, os benefícios que a mesma gera para os moradores, condomínio e meio ambiente, compensam a implantação. A cobertura verde trás diminuição da temperatura do ambiente das unidades localizadas no último andar das edificações; contribui para a retenção de água de chuvas e a redução da velocidade que as águas chegam as redes de drenagem dos bairros, o que diminui a possibilidade de alagamentos

e inundações que ocorrem no município; dependendo do modelo implantado, o condomínio ganhará uma área comum para utilização dos moradores; o condomínio poderá posteriormente instalar um sistema de reuso da água das chuvas e utilizar para regar a área verde e lavar áreas comuns.

Percebe-se que dentre as possibilidades estudadas, o modelo 1 no projeto 1 é o que apresenta o menor custo de implantação, ao contrário do modelo 3 no projeto 6 que têm o maior custo. Observou-se, através das curvas de tendência, que dos três modelos adotados o Modelo 1 não apresenta uma curva ascendente, demonstrando que o custo unitário de implantação não aumenta proporcionalmente ao padrão da edificação. Os Modelos 2 e 3 apresentam a curva de tendência ascendente, ou seja, os custos unitários são proporcionais ao padrão das edificações.

Os modelos 2 e 3, por exigirem uma maior quantidade e complexidade de serviços, tendem a ficarem restritos às edificações dos tipos de padrão normal a alto (projetos 3 a 6). Com o custo mais elevado, a implantação desses modelos se torna quase inviável nas edificações de padrão baixo (projetos 1 e 2), que tem como público alvo a população de baixa renda.

Conclui-se que a implantação do modelo 1 é viável nas tipologias de projetos adotadas, já dos modelos 2 e 3 torna-se inviável devido a falta de dados da sobrecarga sofrida pelas estruturas.

Como perspectivas para trabalhos futuros, sugere-se o estudo da manutenção necessária para os três modelos de coberturas verdes implantadas nas tipologias projeto adotadas, proporcionando assim uma análise da viabilidade; e o estudo dos custos necessários para realização da manutenção desse sistema.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, M. C. C. T.; MINAKI, C. **Climatologia e gestão do espaço urbano. Ceará: Revista Mercator – Número especial, dez. 2010, p. 71-90.**
- APPROVED AMERICAN NATIONAL STANDARD - ANSI/SPRI VF-1. External Fire Design Standard for Vegetative Roofs. ANSI/SPRI. Waltham, MA, p. 10 p. 2017.**
- ANWAR, M., RASUL, M.G., KHAN, M.M.K. **Green roofs for storm water management: a review.** Journal of Chongqing University, v. 11, n. 1, p. 5-11, mar. 2012.
- ARAUJO, K.C, ANDRADE, C.S.P. **Ilhas de calor em evidência na cidade de Teresina-PI. Revista de Ciências Humanas.** Viçosa, v. 15, n. 2, p. 434-451, jul./dez. 2015.
- ASSIS, W.L. **O Sistema Clima Urbano no Município de Belo Horizonte na Perspectiva Têmporo-Espacial.** Tese (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Concentração em Geografia e Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho – parte 5: requisitos para sistemas de coberturas.** NBR 15.575-5. Rio de Janeiro, 2013.73p.
- \_\_\_\_\_. **Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios – Procedimento.** NBR 12721. Rio de Janeiro, 2006. 91p.
- \_\_\_\_\_. **Execução de impermeabilização.** NBR 9574. Rio de Janeiro, 2008.14p.
- \_\_\_\_\_. **Execução de impermeabilização – Seleção e projeto.** NBR 9575. Rio de Janeiro, 2010.14p.
- BALDESSAR, S.M.N. **Telhado Verde e sua Contribuição na Redução da Vazão da Água Pluvial Escoda.** Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil Área de Concentração em Ambiente Construído) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.
- BRASIL. Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** Carvalho, C. S., Macedo, E. S., Ogura, A. T., organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro\\_Mapeamento\\_Enconstas\\_Margens.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro_Mapeamento_Enconstas_Margens.pdf)>. Acessado em: 20 fev. 2017.

BELO HORIZONTE. Lei nº 9.959, de 20 de julho de 2010. *Altera as leis nº 7.165/96 - que institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte - e nº 7.166/96 - que estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município -, estabelece normas e condições para a urbanização e a regularização fundiária das Zonas de Especial Interesse Social, dispõe sobre parcelamento, ocupação e uso do solo nas Áreas de Especial Interesse Social, e dá outras providências.* **Diário do Município de Belo Horizonte**, Belo Horizonte, 21 jul 2010. Disponível em: <<http://portal6.pbh.gov.br/dom/iniciaEdicao.do?method=DetalheArtigo&pk=1038018>>. Acesso em 5 fev. 2017.

BELO HORIZONTE. Lei nº 7.166, de 27 de agosto de 1996. Estabelece Normas e Condições para Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo Urbano no Município. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 27 ago 1996.

BELO HORIZONTE. Parecer PR/COMPUR 09/2006 Publicado em 17 de Outubro de 2006. Referente as áreas descobertas sobre terreno natural, não impermeabilizadas, que possam ser computadas para calculo da taxa de permeabilidade mesmo quando não dotadas de vegetação. **Diário do Município de Belo Horizonte**, Belo Horizonte, 17 out. 2006. Disponível em: <<http://www.radaroficial.com.br/d/4574957916913664>>. Acesso em 2 fev. 2017.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI)**. Belo Horizonte, 2018. 148p. Disponível em: [http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_648](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648). Acesso em: 15 mai. 2018.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL - CBIC. **Projeto Multifamiliar H4B, H4N, H8A,H8B,H8N, H16A, H16N**. Brasília, 2001.

CHAIB, E.B.D. **Avaliação de Estratégias para a Redução do Consumo de Água de Abastecimento como Meio de Diminuição da Pressão sobre os Recursos Hídricos**. Tese (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Área de Concentração em Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

CORSINI, R. **Telhado Verde: Cobertura de edificações com vegetação requer sistema preparado para receber as plantas**. Infraestrutura Urbana, Pini. ed.16. dez. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/1-telhado-verde-cobertura-de-edificacoes-com-vegetacao-requer-260593-1.aspx>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

COSTA, F.C, SILVA,H.R, PERES,L.F. **Identificação de Ilhas de Calor na Área Urbana de Ilha Solteira – SP através da utilização de geotecnologias**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.5, p.974-985, set./out. 2010.

CRUZ, J.H.P. **Manifestações Patológicas de Impermeabilizações com uso de Sistema não Aderido de Mantas Asfálticas: avaliação e análise com auxílio de sistema multimídia**. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

DCA Arq. **Sustentabilidade**. Jornal do Engenho. mai. 2011. Disponível em: <<http://www.dca.arq.br/index.php/jornal-reserva-do-engenho-maio-11/>>. Acesso em: 05 jan. 2017.

DOMINGOS, R. **São Paulo já tem pelo menos 11 pré-candidatos a prefeito**. G1 São Paulo, 6 de abr. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2016/04/sao-paulo-ja-tem-pelo-menos-11-pre-candidatos-prefeito.html>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

ECOTELHADOS. 2017. Disponível em: <<https://ecotelhado.com/>>. Acesso em: 09 jun. 2017.

ECOEICIENTES. 2013. Disponível em: <<http://ecoeicientes.com.br/guia-de-empresas/studio-terra-telhado-verde/>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

EMERGENCY DATABASE - EM-DAT. **Centre for Research on the Epidemiology of Disasters-CRED**. Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium. Disponível em: <<http://www.emdat.be/database>>. Acesso em fev. de 2017.

FLACH, R. S. **Estruturas para Telhados: Análise Técnica de Soluções**. Trabalho de diplomação (Departamento de Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

GARGARI, C. et al., ***Environmental impact of Green roofing: the contribute of a green roof to the sustainable use of natural resources in a life cycle approach***. Agriculture and Agricultural Science Procedia 8, p. 646 – 656. 2016.

GOOGLE EARTH. [Imagem]. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 07 jul. 2017.

GROMAIRE, M.C. et al. **Impact of extensive green roofs on the quantity and the quality of runoff – first results of a test bench in the Paris region**. Novatech. Lyon, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=10&op=0&vcodigo=POP122&t=taxa-urbanizacao>>. Acesso em: 10 Jul. 2018.

KIBERT, C.J. **Sustainable Construction**. *Green Building Design and Delivery*. 3 ed. John Wiley e Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 2012. 560p.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F.O.R.P. **Eficiência energética na Arquitetura**. 3 v. Rio de Janeiro, 2012. 382p. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Livro%20-%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2017.

LIMA, G. C. O. **Avaliação do Desempenho de Telhados Verdes: Capacidade de Retenção Hídrica e Qualidade da Água Escoada**. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2013.

LOGSDON, N.B. **Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997**. Material didático. Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2002.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1985.

MACHADO, M.V., BRITTO, C., NEILA, J. **El cálculo de la conductividad térmica equivalente en la cubierta ecológica**. Revista on-line de ANTAC, 3 v, n.3, jul./set. 2003. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3495/1896>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

MAGALHÃES, F.R. **Avaliação de condicionadores em solo para uso em telhados verdes com vistas à retenção hídrica**. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MIGUEZ, M.G, VERÓL, A.P, REZENDE, O.M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1 Ed. Elsevier, 2015. 384 p.

MINISTÉRIO DAS CIDADES/INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

NATIONAL ROOFING CONTRACTORS ASSOCIATION - NRCA. Disponível em: <<http://www.nrca.net/>>. Acesso em: 16 jan.2016.  
NCDEQ. *C-8 Green Roof*. North Carolina - Stormwater Design Manual. Raleigh, p. 17, 2017.

OHNUMA JR., A. A. **Medidas não convencionais de reservação d'água e controle da poluição hídrica em lotes domiciliares**. Tese (Doutorado no Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

OLIVEIRA, E. W. N. **Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico**. Dissertação (Mestrado no

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Área de Concentração em Recursos Hídricos) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

OSMUNDSON, T. **Roof Gardens. History, Design and Construction.** W. W. Norton & Company, Inc. Nova York, 1999.

PARISI JONOV, C.M. **Avaliação dos danos às edificações causados por águas de inundações e estudo de alternativas de proteção para tornar as edificações mais resilientes.** Tese (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Área de Concentração em Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PICCHI, F.A. **Impermeabilização de Coberturas.** Editora: Pini. São Paulo, 1986, 220p.

PLACITELLI, C.H. **Techos verdes en el Cono Sur.** v.1. Argentina, 2010. 83p. Disponível em: <<https://bioantu.files.wordpress.com/2012/01/techos-verdes-en-el-cono-sur.pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2017.

PORTO ALEGRE. Instrução nº22. Visa garantir nos imóveis, Área Livre de qualquer intervenção, permeável, passível de arborização e dá outras providências. Porto Alegre, 11 out. 2007.

RAJI, B.; TENPIERIK, M. J.; DOBBELSTEEN, A. V. D. **The impact of greening systems on building energy performance: A literature review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 45, p. 610–623, 2015.

RANSOM, W.H. **Building Failures. Diagnosis and Avoidance.** 1 Ed. London: E. & F. N. Spon Ltd, 1981. 174 p.

REDA, A.L.L.; TANZILLO, A.A.; COSTA, G.B. **Telhados Verdes: uma proposta econômica em busca do desenvolvimento urbano sustentável.** 1º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto, ABAI. 2012, 10p. Disponível em: <[http://avaliacaodeimpacto.org.br/wp-content/uploads/2012/10/090\\_EnergiaDesenvolvimento.pdf](http://avaliacaodeimpacto.org.br/wp-content/uploads/2012/10/090_EnergiaDesenvolvimento.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2017.

SAVI, A.C. **Telhados Verdes: Uma Análise da Influência das Espécies Vegetais no seu Desempenho na Cidade de Curitiba.** Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Área de concentração em Ambiente Construído) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

SAYDELLES, A.P. **Estudo do Campo Térmico e das Ilhas de Calor Urbano em Santa Maria - RS.** Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências. Área de Concentração em Análise Espacial) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. Tominaga, L. K., Santoro, J., Amaral, R. – organizadores. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196p. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

SECRETARIA MUNICIPAL ADJUNTA DE REGULAÇÃO URBANA e SECRETARIA MUNICIPAL DE SERVIÇOS URBANOS. **Manual Técnico Aplicado as Edificações**. v.2 Belo Horizonte, 2012. 539p. Disponível em: <[http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pldPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=regulacaourbana&lang=pt\\_br&pg=5570&tax=32727](http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pldPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=regulacaourbana&lang=pt_br&pg=5570&tax=32727)>. Acesso em: 16 ago.2017.

SILVA, N.C. **Telhado Verde: Sistema Construtivo de Maior Eficiência e Menor Impacto Ambiental**. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia.) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

SILVA,C.M.; FLORES-COLEN, COELHO, A. **Green roofs in Mediterranean areas e Survey and maintenance planning**. Building and Environment, v. 94, p. 131 - 143, 2015.

STAHLHÖFER.I.S, PEREIRA.M.F.B. **Políticas Públicas de Implementação de Coberturas Verdes: O Projeto de Lei N° 115/2009 da Câmara de Vereadores de São Paulo**. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM. São Paulo, 2009.

TASSI, R. et al. **Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais**. Revista Ambiente Construído, vol.14, n°1. Porto Alegre, 2014.

TINGSANCHALI, T. **Urban flood disaster management**. Procedia Engineering, v.32, p.25-37, 2012.

TOMAZ, P. **Cobertura Verde**. In: **Curso de manuseio de águas pluviais**. Cap.51. 2008. 13p. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_poluicao\\_difusa/capitulo51.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_poluicao_difusa/capitulo51.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2017.

VACILIKIO.D.V, FLEISCHFRESSER.L. **Comparação entre Telhado Verde e Convencional nas Temperaturas Internas de Ambientes**. II Simpósio Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – 2011. Curitiba, 2011.

VECCHIA, F. **Cobertura Verde Leve (CVL): Ensaio Experimental**. *Encac, Enlacac. Maceió*. out. 2005. Disponível em: <[http://www.eesc.usp.br/shs/attachments/121\\_COBERTURA\\_VERDE\\_LEVE\\_ENSAIO\\_EXPERIMENTAL.pdf](http://www.eesc.usp.br/shs/attachments/121_COBERTURA_VERDE_LEVE_ENSAIO_EXPERIMENTAL.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2017.

VIEIRA, E.L, MONTEIRO, C.A. **Hormônios vegetais**. In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J.O.A.; KLUGE, R.A. (Eds.). *Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal*. Maringá: Eduem, 2002. P.79-104

WILLES, J. A. **Tecnologias em telhados verdes extensivos: meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema**. Tese (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Área de Concentração em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2014.

SECRETARIA DE POLITICAS URBANAS DE BELO HORIZONTE. **Carta de Inundações de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2009.  
<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/contents.do?evento=conteudo&chPlc=33154>

## **APÊNDICES**



## APÊNDICE A - COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO (CPU) MODELO 1

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Retirada das telhas existentes	CÓDIGO:	CPU 1	UNIDADE:	m <sup>2</sup>
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
MO1	Pedreiro	h	0,50	14,00	7,00
MO2	Servente	h	0,50	9,15	4,58
					-
					-
					-
					-
					-
				Sub-total :	11,58
				Enc. Soc. % :	88,79%
				Total Mão de Obra :	21,85
Materiais					
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
				Total de Materiais :	-
Equipamentos					
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
				Total de Equipamentos :	-
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>21,85</b>



<b>COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO</b>					
<b>TÍTULO:</b>	<b>Aplicação de manta geotêxtil</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CPU 3</b>	<b>UNIDADE:</b>	<b>m²</b>
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UNID.</b>	<b>QUANTID.</b>	<b>\$ UNIT.</b>	<b>\$ TOTAL</b>
<b>Mão de Obra</b>					
MO1	Pedreiro	h	0,3	14,00	4,20
MO2	Servente	h	1	9,15	9,15
					-
					-
					-
					-
Sub- total :					13,35
Enc. Soc. % :					88,79%
Total Mão de Obra :					25,20
<b>Materiais</b>					
M3	Manta líquida	kg	0,3	88,90	26,67
M4	Geotêxtil não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster (tipo Bidim)	m²	1,15	6,28	7,22
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Materiais :					33,89
<b>Equipamentos</b>					
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Equipamentos :					-
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>59,10</b>



COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Aplicação de Terra Vegetal	CÓDIGO:	CPU 5	UNIDADE:	m³
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
<b>Mão de Obra</b>					
MO2	Servente	h	0,4	9,15	3,66
					-
					-
					-
					-
					-
Sub- total :					3,66
Enc. Soc. % :					88,79%
Total Mão de Obra :					6,91
<b>Materiais</b>					
M6	Terra vegetal granel (camada com 0,10m altura)	m³	0,65	96,42	62,67
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Materiais :					62,67
<b>Equipamentos</b>					
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Equipamentos :					-
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>69,58</b>

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Aplicação de Vegetação	CÓDIGO:	CPU 6	UNIDADE:	m <sup>2</sup>
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
<b>Mão de Obra</b>					
MO2	Servente	h	1,20	9,15	10,98
					-
					-
					-
					-
					-
		Sub- total :			10,98
		Enc. Soc. % :			88,79%
		Total Mão de Obra :			20,73
<b>Materiais</b>					
M7	Gramma esmeralda	m <sup>2</sup>	1,15	6,20	7,13
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
		Total de Materiais :			7,13
<b>Equipamentos</b>					
					-
					-
					-
					-
					-
					-
		Total de Equipamentos :			-
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>27,86</b>

## APÊNDICE B - COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO (CPU) MODELO 2

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Assentamento dos blocos de concreto	CÓDIGO:	CPU 2	UNIDADE:	m <sup>2</sup>
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
MO1	Pedreiro	h	1	14,00	14,00
MO3	Ajudante de pedreiro	h	1	9,70	9,70
					-
					-
					-
					-
					-
Sub- total :					23,70
Enc. Soc. % :					88,79%
Total Mão de Obra :					44,74
Materiais					
M14	Bloco Concreto Estrutural 14 X 19 X 39 cm, Fbk 4,5 Mpa (NBR 6136)	UN.	9	1,65	14,85
M15	Argamassa Industrializada Multiuso, para Revestimento Interno e Externo Assentamento de Blocos Diversos	KG	15	0,36	5,40
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Materiais :					20,25
Equipamentos					
E1	Colher de Pedreiro	unid.	1	18,00	18,00
E2	Caixa plástica retangular para massa 20 litros	unid.	1	10,33	10,33
					-
					-
					-
					-
Total de Equipamentos :					28,33
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>93,32</b>







COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Instalação do ponto de água	CÓDIGO:	CPU 5	UNIDADE:	m
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
MO4	Bombeiro Hidraulico	h	0,50	14,00	7,00
MO5	Auxiliar de Bombeiro Hidraulico	h	0,50	9,93	4,97
					-
					-
					-
					-
					-
Sub- total :					11,97
Enc. Soc. % :					88,79%
Total Mão de Obra :					22,59
Materiais					
M24	Tubo PVC, soldavel, DN 20 mm, agua fria (nbr-5648)	m	1	1,74	1,74
M25	Joelho PVC, soldavel com rosca, 90 graus, 20 mm x 1/2", para agua fria predial	unid.	1	1,18	1,18
M26	Te de reducao, PVC, soldavel, 90 graus, 25 mm x 20 mm, para agua fria predial	unid.	1	2,14	2,14
M23	Adesivo plastico para PVC, frasco com 175 gr	unid.	0,2	14,05	2,81
M27	Abraçadeira encaixe com tubo soldável 1/2" (20mm)	unid.	1,5	4,00	6,00
M28	Torneira cromada com bico para jardim/tanque 1/2 " ou 3/4 " (ref 1153)	unid.	0,2	50,11	10,02
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Materiais :					23,89
Equipamentos					
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Equipamentos :					-
TOTAL GERAL DO TÍTULO :					46,48

<b>COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO</b>					
<b>TÍTULO:</b>	<b>Regularização da laje de cobertura</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CPU 6</b>	<b>UNIDADE:</b>	<b>m²</b>
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UNID.</b>	<b>QUANTID.</b>	<b>\$ UNIT.</b>	<b>\$ TOTAL</b>
	<b>Mão de Obra</b>				
MO1	Pedreiro	h	1,00	14,00	14,00
MO3	Ajudante de pedreiro	h	1,00	9,70	9,70
					-
					-
					-
					-
					-
		Sub- total :			23,70
		Enc. Soc. % :			88,79%
		Total Mão de Obra :			44,74
	<b>Materiais</b>				
M29	Argamassa pronta para contrapiso	kg	20	0,42	8,40
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
		Total de Materiais :			8,40
	<b>Equipamentos</b>				
					-
					-
					-
					-
					-
		Total de Equipamentos :			-
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>53,14</b>



COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Aplicação da Manta Geotêxtil	CÓDIGO:	CPU 8	UNIDADE:	m <sup>2</sup>
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
MO3	Ajudante especializado	h	0,50	11,87	5,94
					-
					-
					-
					-
					-
		Sub- total :			5,94
		Enc. Soc. % :			88,79%
		Total Mão de Obra :			11,20
Materiais					
M32	Geotêxtil não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster (tipo Bidim)	M <sup>2</sup>	1	6,28	6,28
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
		Total de Materiais :			6,28
Equipamentos					
					-
					-
					-
					-
					-
		Total de Equipamentos :			-
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>17,48</b>

COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Aplicação de Tela Galvanizada Hexagonal	CÓDIGO:	GPU 9	UNIDADE:	m²
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
MO3	Ajudante de pedreiro	h	0,5	9,70	4,85
					-
					-
					-
					-
					-
Sub- total :					4,85
Enc. Soc. % :					88,79%
Total Mão de Obra :					9,16
Materiais					
M33	Tela de Aço Soldada Galvanizada/Zincada para Alvenaria, Fio D = *1,24 mm, Malha 25 X 25 mm	M²	1	11,53	11,53
M34	Argamassa Industrializada para Chapisco Colante	KG	8	1,35	10,80
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Materiais :					22,33
Equipamentos					
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Equipamentos :					-
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>31,49</b>



COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Aplicação de piso de acabamento	CÓDIGO:	CPU 11	UNIDADE:	m²
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
MO1	Pedreiro	h	0,30	14,00	4,20
MO3	Ajudante de pedreiro	h	0,30	9,70	2,91
					-
					-
					-
					-
Sub- total :					7,11
Enc. Soc. % :					88,79%
Total Mão de Obra :					13,42
Materiais					
M37	Argamassa Pronta para Contrapiso	Kg	15,00	0,42	6,30
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Materiais :					6,30
Equipamentos					
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Equipamentos :					-
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>19,72</b>









COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Aplicação de seixo médio	CÓDIGO:	CPU 15	UNIDADE:	m²
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
MO3	Ajudante de pedreiro	h	0,20	9,70	1,94
					-
					-
					-
					-
					-
		Sub- total :			1,94
		Enc. Soc. % :			88,79%
		Total Mão de Obra :			3,66
Materiais					
M44	Seixo médio 10kg	unid.	0,6	9,00	5,40
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
		Total de Materiais :			5,40
Equipamentos					
					-
					-
					-
					-
					-
		Total de Equipamentos :			-
TOTAL GERAL DO TÍTULO :					9,06

<b>COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO</b>					
<b>TÍTULO:</b>	<b>Aplicação de terra vegetal</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>CPU 16</b>	<b>UNIDADE:</b>	<b>m³</b>
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UNID.</b>	<b>QUANTID.</b>	<b>\$ UNIT.</b>	<b>\$ TOTAL</b>
<b>Mão de Obra</b>					
MO2	Servente	h	0,8	9,15	7,32
					-
					-
					-
					-
					-
Sub- total :					7,32
Enc. Soc. % :					88,79%
Total Mão de Obra :					13,82
<b>Materiais</b>					
M45	Terra vegetal granel (camada com 0,15m altura)	m³	0,15	96,42	14,46
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Materiais :					14,46
<b>Equipamentos</b>					
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Equipamentos :					-
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>28,28</b>



COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	CÓDIGO:	CPU 18	UNIDADE:	m
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
<b>Mão de Obra</b>					
MO1	Pedreiro	h	0,50	14,00	7,00
MO3	Ajudante de pedreiro	h	0,50	9,70	4,85
					-
					-
					-
					-
					-
Sub- total :					11,85
Enc. Soc. % :					88,79%
Total Mão de Obra :					22,37
<b>Materiais</b>					
M47	Rufo Externo de chapa de aço galvanizada num 26, corte 28 cm	m	1	16,16	16,16
M48	Parafuso zincado, autobrocante, flangeado, 4,2 x 19"	Cento	0,05	14,14	0,71
M49	Selante tipo veda calha para metal e fibrocimento	Kg	0,1	50,64	5,06
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Materiais :					21,93
<b>Equipamentos</b>					
E13	Martelo de Borracha	unid.	1	20,00	20,00
					-
					-
					-
					-
Total de Equipamentos :					20,00
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>64,30</b>





COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Assentamento dos blocos de concreto	CÓDIGO:	CPU 2	UNIDADE:	m <sup>2</sup>
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
MO1	Pedreiro	h	1	14,00	14,00
MO3	Ajudante de pedreiro	h	1	9,70	9,70
					-
					-
					-
					-
					-
Sub- total :					23,70
Enc. Soc. % :					88,79%
Total Mão de Obra :					44,74
Materiais					
M14	Bloco Concreto Estrutural 14 X 19 X 39 cm, Fbk 4,5 Mpa (NBR 6136)	UN.	9	1,65	14,85
M15	Argamassa Industrializada Multiuso, para Revestimento Interno e Externo Assentamento de Blocos Diversos	KG	15	0,36	5,40
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Materiais :					20,25
Equipamentos					
E1	Colher de Pedreiro	unid.	1	18,00	18,00
E2	Caixa plástica retangular para massa 20 litros	unid.	1	10,33	10,33
					-
					-
Total de Equipamentos :					28,33
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>93,32</b>





COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Instalação do ponto de água	CÓDIGO:	CPU 5	UNIDADE:	m
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
MO4	Bombeiro Hidraulico	h	0,50	14,00	7,00
MO5	Auxiliar de Bombeiro Hidraulico	h	0,50	9,93	4,97
					-
					-
					-
					-
					-
Sub- total :					11,97
Enc. Soc. % :					88,79%
Total Mão de Obra :					22,59
Materiais					
M24	Tubo PVC, soldavel, DN 20 mm, agua fria (nbr-5648)	m	1	1,74	1,74
M25	Joelho PVC, soldavel com rosca, 90 graus, 20 mm x 1/2", para agua fria predial	unid.	1	1,18	1,18
M26	Te de reducao, PVC, soldavel, 90 graus, 25 mm x 20 mm, para agua fria predial	unid.	1	2,14	2,14
M23	Adesivo plastico para PVC, frasco com 175 gr	unid.	0,2	14,05	2,81
M27	Abraçadeira encaixe com tubo soldável 1/2" (20mm)	unid.	1,5	4,00	6,00
M28	Torneira cromada com bico para jardim/tanque 1/2" ou 3/4" (ref 1153)	unid.	0,2	50,11	10,02
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Materiais :					23,89
Equipamentos					
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Equipamentos :					-
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>46,48</b>



COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Aplicação de manta asfáltica	CÓDIGO:	CPU 7	UNIDADE:	m²
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
<b>Mão de Obra</b>					
MO1	Impermeabilizador	h	0,50	13,98	6,99
MO3	Ajudante especializado	h	0,50	11,87	5,94
					-
					-
					-
					-
Sub- total :					12,93
Enc. Soc. % :					88,79%
Total Mão de Obra :					24,40
<b>Materiais</b>					
M30	Manta Asfáltica elastomérica em Poliéster Aluminizada 3 mm, Tipo III, Classe B (NBR 9952)	M²	1	28,70	28,70
M31	Primer para Manta Asfáltica a base de asfalto modificado diluído em solvente, aplicação a frio	L	1,5	11,80	17,70
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Materiais :					46,40
<b>Equipamentos</b>					
E5	Bujão de gás	unid.	0,15	80,00	12,00
E6	Maçarico para manta asfáltica	unid.	1	30,00	30,00
					-
					-
					-
Total de Equipamentos :					42,00
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					112,80











COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Aplicação de piso cerâmico	CÓDIGO:	CPU 12	UNIDADE:	m²
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
MO1	Pedreiro	h	0,30	14,00	4,20
MO3	Ajudante de pedreiro	h	0,30	9,70	2,91
					-
					-
					-
					-
					-
		Sub- total :			7,11
		Enc. Soc. % :			88,79%
		Total Mão de Obra :			13,42
Materiais					
M38	Argamassa Colante AC-II	kg	6	0,80	4,80
M39	Rejunte Epoxi Branco	Kg	0,28	35,44	9,92
M40	Piso Cerâmico Externo Esmaltado Acetinado 43,5x43,5cm Laka Viva Cerâmica	m²	4,00	10,99	43,96
M41	Espaçador Plástico 4mm	unid.	9,00	4,99	44,91
					-
					-
					-
					-
					-
					-
		Total de Materiais :			103,59
Equipamentos					
E9	Desempenadeira Aço	unid.	1	10,00	10,00
E10	Desempenadeira de Plastico com Borracha	unid.	1	10,00	10,00
E11	Espátula de Aço Cálice Cabo Madeira 40mm	unid.	1	6,00	6,00
					-
					-
					-
		Total de Equipamentos :			26,00
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>143,02</b>









COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Aplicação de vegetação	CÓDIGO:	CPU 17	UNIDADE:	m²
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
MO3	Ajudante especializado	h	0,50	11,87	5,94
					-
					-
					-
					-
					-
		Sub- total :			5,94
		Enc. Soc. % :			88,79%
		Total Mão de Obra :			11,20
Materiais					
M46	Gramma esmeralda	M²	1,15	6,20	7,13
M50	Muda de rasteira/forraçao, amendoim rasteiro/onze horas/azulzinha/impatiens ou equivalente da regioao (10 mudas/m²)	UN.	10,00	1,80	18,00
M51	Muda espécie Vedélia (10 mudas/m²)	UN.	10,00	3,69	36,90
					-
					-
					-
					-
					-
					-
		Total de Materiais :			62,03
Equipamentos					
					-
					-
					-
					-
					-
		Total de Equipamentos :			-
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>73,23</b>



COMPOSIÇÃO DE PREÇO UNITÁRIO					
TÍTULO:	Aplicação de rufo pingadeira na cobertura	CÓDIGO:	CPU 18	UNIDADE:	m
CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	\$ UNIT.	\$ TOTAL
Mão de Obra					
MO1	Pedreiro	h	0,50	14,00	7,00
MO3	Ajudante de pedreiro	h	0,50	9,70	4,85
					-
					-
					-
					-
					-
Sub- total :					11,85
Enc. Soc. % :					88,79%
Total Mão de Obra :					22,37
Materiais					
M47	Rufo Externo de chapa de aço galvanizada num 26, corte 28 cm	m	1	16,16	16,16
M48	Parafuso zincado, autobrocante, flangeado, 4,2 x 19"	Cento	0,05	14,14	0,71
M49	Selante tipo veda calha para metal e fibrocimento	Kg	0,1	50,64	5,06
					-
					-
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Materiais :					21,93
Equipamentos					
E13	Martelo de Borracha	unid.	1	20,00	20,00
					-
					-
					-
					-
					-
Total de Equipamentos :					20,00
<b>TOTAL GERAL DO TÍTULO :</b>					<b>64,30</b>

## **ANEXOS**

## ANEXO A – PROJETOS-PADRÃO ESTABELECIDOS NA NBR 12.721:2006

---

<b>RP1Q</b> – <i>Residência unifamiliar popular (1 unid.):</i> 1 pavimento, 1 dormitório, sala, banheiro e cozinha
<b>R1-B</b> – <i>Residência unifamiliar padrão baixo (1 unid.):</i> 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área tanque
<b>R1-N</b> – <i>Residência unifamiliar padrão normal (1 unidade):</i> 3 dormitórios, sendo uma suíte, banheiro social, sala, circulação, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda (abrigo p/ automóvel)
<b>R1-A</b> – <i>Residência unifamiliar padrão alto (1 unid.):</i> 4 dormitórios, sendo 1 suíte com banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda (abrigo para automóvel)
<b>R1-X(2)</b> – <i>Residência unifamiliar padrão alto (1 unid.):</i> 2 pavimentos (parcial), 6 dormitórios, sendo 2 suítes com banheiro e closet, e outras 2 com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa, varanda e abrigo para automóveis
<b>PIS</b> – <i>Residência multifamiliar – Projeto de interesse social (20 unid.):</i> térreo e 4 pavtos-tipo. Pavto térreo: hall, escada, 4 apartamentos por andar, c/ 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço. Área externa: guarita, c/ banheiro. Pavto-tipo: hall, escada e 4 apart. por andar, c/ 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço.
<b>PP-B</b> – <i>Residência multifamiliar – prédio popular padrão baixo (16 unid.):</i> Térreo e 3pavtos-tipo. Pavto térreo: hall de entrada, escada e 4 apartamentos por andar com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço. Pavto-tipo: hall, escada e 4 apartamentos por andar c/ 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço. Área externa: cômodo de lixo, guarita, central de gás, depósito c/ banheiro, 16 vagas.
<b>PP-N</b> – <i>Residência multifamiliar – prédio popular – padrão normal (16 unid.):</i> pilotis e 4 pavtos-tipo. Pilotis: Escada, elevador, 32 vagas de garagem cobertas, cômodo de lixo, depósito, hall de entrada, salão de festas, copa, 3 banheiros, central de gás e guarita. Pavto-tipo: hall, escada, elevadores e 4 apartamentos por andar, com 3 dormitórios, sendo 1 suíte, sala de estar / jantar, banheiro social, cozinha, área serviço e varanda.
<b>R8-B</b> – <i>Residência multifamiliar – padrão baixo (32 unid.):</i> Térreo e 7pavtos-tipo. Pavto térreo: hall de entrada, elevador, escada e 4 apartamentos por andar, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque. Área externa: cômodo de lixo e 32 vagas descobertas. Pavto-tipo: hall, escada e 4 apartamentos por andar, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque.
<b>R8-N</b> – <i>Residência multifamiliar – padrão normal (32 unid.):</i> garagem, pilotis e oito pavtos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 64 vagas cobertas, depósitos de lixo e instalação sanitária. Pilotis: Escada, elevadores, hall, salão de festas, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: hall, escada, elevadores e 4 aptos por andar, com 3 dormitórios, sendo 1 suíte, sala de estar / jantar, banh. social, cozinha, área serviço e varanda.
<b>R8-A</b> – <i>Residência multifamiliar – padrão alto (16 unid.):</i> garagem, pilotis e oito pavtos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 48 vagas de garagem cobertas, cômodo lixo, depósito e instalação sanitária. Pilotis: Escada, elevadores, hall, salão de festas, salão jogos, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita. Pavto-tipo: hall, escada, elevadores e 2 apartamentos por andar, com 4 dormitórios, sendo uma suíte com banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, salas de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda.
<b>R8-X(2)</b> – <i>Residência multifamiliar – padrão alto (32 unid.):</i> garagem, pilotis e oito pavtos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 64 vagas cobertas de garagem, depósitos de lixo e instalação sanitária. Pilotis: Escada, elevadores, hall, salão de festas, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita. Pavto-tipo: hall, escada, elevadores e 8 aptos por andar, com 3 dormitórios, sendo 1 suíte, sala de estar / jantar, banheiro social, cozinha, área de serviço e varanda
<b>R8-Y(2)</b> – <i>Residência multifamiliar – padrão normal (64 unid.):</i> garagem, pilotis e oito pavtos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 128 vagas cobertas de garagem, depósitos de lixo e inst. sanitária. Pilotis: Escada, elevadores, hall, salão de festas, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita. Pavto-tipo: hall, escada, elevadores e 16 aptos por andar, com 3 dormitórios, 1 suíte, sala de estar/jantar, banheiro social, cozinha, área de serviço e varanda.
<b>R16-N</b> – <i>Residência multifamiliar – padrão normal (64 unid.):</i> Garagem, pilotis e 16 pavtos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 64 vagas de garagem, cômodo de lixo, depósito e lavabo. Pilotis: Escada, elevadores, hall, salão de festas, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita. Pavto-tipo: hall, escada, elevadores e 4 aptos por andar, com 3 dormit, 1 suíte, sala de estar / jantar, banh. social, cozinha, área serviço e varanda.
<b>R16-A</b> – <i>Residência multifamiliar – padrão alto (32 unid.):</i> Garagem, pilotis e 16 pavtos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 96 vagas, cômodo lixo, depósito e instalação sanitária. Pilotis: Escada, elevadores, hall, salão de festas, salão de jogos, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita. Pavtos-tipo: Hall, escada, elevadores e 2 aptos por andar, com 4 dormitórios, 1 suíte c/ banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, salas de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda.

---

(1) Projetos-padrão contemplados pela NBR 12.721:2006, excetuando R1-X, R8-X e R8-Y (CHAIB, 2016).

Projetos-Padrão <sup>(1)</sup>	Número de pavimentos e de unidades residenciais	Áreas dos projetos-padrão (m <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>									Altura do edifício (m)
		Total de construção	Lote <sup>(2)</sup>	Coberta (telhado) <sup>(3)</sup>	Unidade residencial <sup>(4)</sup>	Internas (privativas)			Externas (comuns)		
						Banheiros	Cozinha e área de serviço	Demais cômodos	Permeável (jardins)	Impermeável	
Projetos-Padrão Unifamiliares (total: 5)											
RP1Q	1 pav. / 1 unid.	39,56	80,00	39,56	39,56	2,53	5,72	29,59	11,87	8,57	3,0
R1-B	1 pav. / 1 unid.	58,64	80,00	58,64	58,64	2,53	7,52	30,32	17,60	3,76	3,0
R1-N	1 pav. / 1 unid.	106,44	150,00	106,44	106,44	8,33	12,85	75,76	31,90	11,66	3,0
R1-A	1 pav. / 1 unid.	224,82	320,00	224,82	224,82	15,85	18,71	161,29	67,45	27,73	3,0
R1-X	1 pav. / 1 unid.	450,00	600,00	450,00	450,00	38,50	29,00	365,00	95,00	55,00	6,0
Projetos-Padrão Multifamiliares (total: 10)											
PIS	5 pav. / 20 unid.	991,45	538,00	198,29	43,32	2,65	6,35	28,32	59,50	622,21	14,0
PP-B	4 pav. / 16 unid.	1.415,07	538,00	218,09	48,04	2,65	7,23	31,65	60,75	558,11	11,0
PP-N	5 pav. / 16 unid.	2.590,35	717,00	348,81	77,70	7,81	11,67	47,57	81,50	301,23	14,0
R8-B	9 pav. / 32 unid.	2.801,64	757,00	220,34	48,04	2,65	7,23	31,65	41,80	892,77	22,0
R8-N	10 pav. / 32 unid.	5.998,73	1.152,00	348,81	77,70	7,81	11,67	47,57	65,00	1.359,39	25,0
R8-A	11 pav. / 16 unid.	5.917,79	915,00	371,06	171,02	19,53	17,09	109,10	65,00	951,40	28,0
R8-X	11 pav. / 32 unid.	9.500,00	2.310,00	750,00	171,02	19,53	17,09	109,10	65,00	2.197,00	28,0
R8-Y	9 pav. / 64 unid.	12.600,00	2.310,00	1.400,00	77,70	7,81	11,67	47,57	65,00	2.140,00	25,0
R16-N	17 pav. / 64 unid.	10.562,07	1.554,00	348,81	77,70	7,81	11,67	47,57	65,00	2.051,82	51,0
R16-A	17 pav. / 32 unid.	10.461,85	2.310,00	371,06	171,02	19,53	17,09	109,10	65,00	1.761,40	51,0

(1) Projetos-padrão e áreas obtidos diretamente em ABNT (2006), exceto os projetos-padrão R1-X, R8-X e R8-Y (elaboração própria).

(2) Arbitradas para o cálculo das áreas externas (permeáveis e impermeáveis). Ressalva-se a possibilidade de uma mesma edificação ser construída em diferentes lotes e áreas.

(3) A ser utilizada nas simulações de cálculo de captação de água de chuva. Não serão consideradas as áreas cobertas no pilotis, térreo, estacionamentos, subsolos, etc.

(4) Área da casa (edificação unifamiliar) ou área privativa do apartamento (nos edifícios multifamiliares), conforme o tipo de projeto-padrão.

Fonte: CHAIB (2016).

**ANEXO B – NÚMERO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES SEPARADOS POR REGIÃO ADMINISTRATIVA E PROJETOS-PADRÃO, EXISTENTES EM BELO HORIZONTE EM 2013.**

Padrão construtivo e região administrativa	Padrão baixo		Padrão normal	Padrão alto		Número de casas para a pesquisa		Total de casas	
	RP1-Q	R1-B	R1-N	R1-A	R1-X	Utilizadas	Descartadas		
Casas P1P2	Barreiro	9.522	6.306	-	-	-	15.828	997	16.825
	Centro-Sul	2.895	1.167	-	-	-	4.062	208	4.270
	Leste	9.648	6.153	-	-	-	15.801	632	16.433
	Nordeste	11.004	7.757	-	-	-	18.761	812	19.573
	Noroeste	10.290	7.434	-	-	-	17.724	1.114	18.838
	Norte	8.059	5.304	-	-	-	13.363	429	13.792
	Oeste	7.352	4.748	-	-	-	12.100	776	12.876
	Pampulha	8.852	5.390	-	-	-	14.242	702	14.944
	Venda Nova	13.152	8.253	-	-	-	21.405	689	22.094
	<b>Sub-total</b>	<b>80.774</b>	<b>52.512</b>	-	-	-	<b>133.286</b>	<b>6.359</b>	<b>139.645</b>
Casas P3	Barreiro	-	-	20.963	-	-	20.963	477	21.440
	Centro-Sul	-	-	2.147	-	-	2.147	739	2.886
	Leste	-	-	17.611	-	-	17.611	514	18.125
	Nordeste	-	-	22.042	-	-	22.042	457	22.499
	Noroeste	-	-	21.460	-	-	21.460	774	22.234
	Norte	-	-	15.359	-	-	15.359	281	15.640
	Oeste	-	-	12.424	-	-	12.424	592	13.016
	Pampulha	-	-	13.414	-	-	13.414	1.238	14.652
	Venda Nova	-	-	23.527	-	-	23.527	464	23.991
	<b>Sub-total</b>	-	-	<b>148.947</b>	-	-	<b>148.947</b>	<b>5.536</b>	<b>154.483</b>
Casas P4P5	Barreiro	-	-	-	16.115	56	16.171	-	16.171
	Centro-Sul	-	-	-	5.533	1.299	6.832	177	7.009
	Leste	-	-	-	13.424	77	13.501	1	13.502
	Nordeste	-	-	-	14.491	64	14.555	1	14.556
	Noroeste	-	-	-	18.193	83	18.276	5	18.281
	Norte	-	-	-	10.079	54	10.133	-	10.133
	Oeste	-	-	-	11.909	162	12.071	5	12.076
	Pampulha	-	-	-	15.299	1.078	16.377	147	16.524
	Venda Nova	-	-	-	14.695	57	14.752	1	14.753
	<b>Sub-total</b>	-	-	-	<b>119.738</b>	<b>2.930</b>	<b>122.668</b>	<b>337</b>	<b>123.005</b>
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>80.774</b>	<b>52.512</b>	<b>148.947</b>	<b>119.738</b>	<b>2.930</b>	<b>404.901</b>	<b>12.232</b>	<b>417.133</b>	

Fonte: CHAIB, 2016.

**ANEXO C – NÚMERO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES SEPARADOS POR REGIÃO ADMINISTRATIVA E PROJETOS-PADRÃO, EXISTENTES EM BELO HORIZONTE EM 2013.**

Região Administrativa e Padrão Construtivo	Projetos-Padrão de edificações multifamiliares										Edifícios utilizados na pesquisa	Edifícios descartados	Total de edifícios	
	Padrão baixo			Padrão normal				Padrão alto						
	PIS	PP-B	R8-B	PP-N	R8-N	R8-Y	R16-N	R8-A	R8-X	R16-A				
Edifícios P1P2	Barreiro	322	96	51	-	-	-	-	-	-	-	469	33	502
	Centro-Sul	91	30	8	-	-	-	-	-	-	-	129	44	173
	Leste	199	90	26	-	-	-	-	-	-	-	315	34	349
	Nordeste	212	64	25	-	-	-	-	-	-	-	301	35	336
	Noroeste	208	82	19	-	-	-	-	-	-	-	309	41	350
	Norte	192	63	34	-	-	-	-	-	-	-	289	32	321
	Oeste	198	91	22	-	-	-	-	-	-	-	311	18	329
	Pampulha	104	43	9	-	-	-	-	-	-	-	156	15	171
	Venda Nova	255	119	65	-	-	-	-	-	-	-	439	13	452
	<b>Sub-total / Edifícios P1P2</b>	<b>1.781</b>	<b>678</b>	<b>259</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2.718</b>	<b>265</b>	<b>2.983</b>
Edifícios P3	Barreiro	-	-	-	362	93	44	39	-	-	-	538	36	574
	Centro-Sul	-	-	-	1.194	266	350	401	-	-	-	2.211	71	2.282
	Leste	-	-	-	520	36	75	74	-	-	-	705	60	765
	Nordeste	-	-	-	404	78	39	10	-	-	-	531	55	586
	Noroeste	-	-	-	415	55	66	72	-	-	-	608	54	662
	Norte	-	-	-	580	85	41	46	-	-	-	752	36	788
	Oeste	-	-	-	697	116	86	63	-	-	-	962	53	1.015
	Pampulha	-	-	-	1.404	446	236	321	-	-	-	2.407	33	2.440
	Venda Nova	-	-	-	356	83	89	98	-	-	-	626	24	650
	<b>Sub-total / Edifícios P3</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>5.932</b>	<b>1.258</b>	<b>1.026</b>	<b>1.124</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>9.340</b>	<b>422</b>	<b>9.762</b>
Edifícios P4P5	Barreiro	-	-	-	-	-	-	-	307	4	21	332	3	335
	Centro-Sul	-	-	-	-	-	-	-	1.248	303	387	1.938	238	2.176
	Leste	-	-	-	-	-	-	-	315	13	26	354	10	364
	Nordeste	-	-	-	-	-	-	-	401	9	38	448	19	467
	Noroeste	-	-	-	-	-	-	-	288	13	46	347	2	349
	Norte	-	-	-	-	-	-	-	309	65	76	450	-	450
	Oeste	-	-	-	-	-	-	-	658	204	298	1.160	21	1.181
	Pampulha	-	-	-	-	-	-	-	1.147	299	351	1.797	19	1.816
	Venda Nova	-	-	-	-	-	-	-	299	9	16	324	-	324
	<b>Sub-total / Edifícios P4P5</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4.972</b>	<b>919</b>	<b>1.250</b>	<b>7.150</b>	<b>312</b>	<b>7.462</b>
	<b>Total</b>	<b>1.781</b>	<b>678</b>	<b>259</b>	<b>5.932</b>	<b>1.258</b>	<b>1.026</b>	<b>1.124</b>	<b>4.972</b>	<b>919</b>	<b>1.250</b>	<b>19.208</b>	<b>999</b>	<b>20.207</b>

Fonte: CHAIB, 2016.

**ANEXO D – RELAÇÃO ENTRE AS FAIXAS DE ÁREAS DAS CASAS EXISTENTES COM OS PROJETOS-PADRÃO UNIFAMILIARES.**

Faixas	Áreas de projeção de cobertura (m <sup>2</sup> )	Enquadramento com os projetos-padrão		Número de edificações unifamiliares, conforme padrões construtivos
1	10<A≤40	RP1-Q	Padrão baixo	80.774
2	40<A≤60	R1-B	Padrão baixo	52.512
3	60<A≤130	R1-N	Padrão normal	148.947
4	130<A≤260	R1-A	Padrão alto	119.738
5	260<A≤450	R1-X	Padrão alto	2.930
Total				404.901

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de CHAIB, 2016.

## ANEXO E – CRITÉRIOS DE ENQUADRAMENTO DOS EDIFÍCIOS COM OS PROJETOS-PADRÃO MULTIFAMILIARES

Critério 1: Áreas de projeção de cobertura (m <sup>2</sup> )	Critério 2: Altura dos edifícios (m)	Enquadramento com os projetos-padrão	Número de edificações multifamiliares, conforme padrões construtivos						Total <sup>(1)</sup>	
			P1P2		P3		P4P5			
			Critério 1	Critério 2	Critério 1	Critério 2	Critério 1	Critério 2		
A<200	-	PIS	Padrão baixo	1.781	-	-	-	-	-	1.781
200≤A<220	H<17	PP-B	Padrão baixo	937	678	-	-	-	-	678
	H≥17	R8-B			259					259
220≤A<370	H<20	PP-N	Padrão normal	-	-	8.314	5.932	-	-	5.932
	20≤H<35	R8-N					1.258			1.258
	H≥35	R16-N					1.124			1.124
370≤A<750	H<35	R8-A	Padrão alto	-	-	-	-	6.231	4.972	4.972
	H≥35	R16-A							1.259	1.259
750≤A<1.000	H<35	R8-X	Padrão alto	-	-	-	-	919	-	919
1.000≤A<1.400	H<35	R8-Y	Padrão normal	-	-	1.026	-	-	-	1.026
Total				2.718	-	9.340	-	7.150	-	19.208

<sup>1</sup>Fonte: CHAIB, 2016

<sup>1</sup> 19.208 (número de edifícios considerados na pesquisa) + 999 (número de edifícios descartados) = 20.207 (número total de edifícios)



## ANEXO F – LISTAGEM EMPREENDIMENTOS COM TELHADO VERDE DA PMBH

<b>EMPREENDIMENTOS IMPLANTADOS COM LICENÇA DE OPERAÇÃO GELCP</b>
<p><b>Atualização: Junho de 2017</b></p> <p><b>Processo Nº:</b> 01-088.312/09-57  <b>Empreendedor:</b> Construtora Agmar Ltda.  <b>Empreendimento:</b> Ed. Unique Commerce  <b>Localização:</b> Av. Getúlio Vargas – Lotes 002Y e 004 do quarteirão 003 da Sexta Seção Urbana.  - Captação, armazenamento e uso das águas pluviais.  - Dispositivos economizadores de água.  - Telhado verde de 40 cm.</p>
<p><b>Processo Nº:</b> 01.027.684.11.12  <b>Empresa:</b> EPO Engenharia  <b>Empreendimento:</b> Edifício Marly Viana  <b>Localização:</b> Avenida Bernardo Monteiro , 755 – Santa Efigênia  - Captação, armazenamento e uso das águas pluviais.  - Captação, armazenamento e uso das águas do rebaixamento do lençol freático.  - Dispositivos economizadores de água.  - Telhado verde de 80 cm.</p>
<p><b>Processo no:</b> 01-134.195-10.60  <b>Empreendimento:</b> Sede Administrativa do Sindicato da Construção Pesada de MG  <b>Empreendedor:</b> SICEPOT – Sindicato da Construção Pesada de MG  <b>Localização:</b> Avenida Barão Homem de Melo, nº 3000, Bairro Estoril, Regional Oeste.  - Captação, armazenamento e uso das águas pluviais.  - Dispositivos economizadores de água.  - Telhado verde de 40 cm.</p>
<p><b>Processo Nº:</b> 01-114.020-10.63  <b>Empreendedor:</b> Masb 21 Empreendimento Imobiliário  <b>Empreendimento:</b> Ed. Raja Estoril  <b>Localização:</b> Av. Raja Gabaglia, nº 2280 – Lote 012 do quarteirão 074 do Bairro Estoril.  - Captação, armazenamento e uso das águas pluviais.  - Dispositivos economizadores de água.  - Telhado verde de 40 cm.</p>
<p><b>Processo Nº:</b> 01.053.744-11-80  <b>Empreendimento:</b> Faculdade de Ciências Médicas  <b>Empreendedor:</b> Fundação Educacional Lucas Machado – FELUMA  <b>Localização:</b> Alameda Ezequiel Dias, nº 275, 3º andar – Santa Efigênia  - Captação, armazenamento e uso das águas pluviais.  - Dispositivos economizadores de água.  - Telhado verde de 80 e 40 cm.</p>
<p><b>Processo Nº:</b> 01-061193-08-78  <b>Empreendimento:</b> Edifício Comercial.  <b>Empreendedor:</b> Audi Empreendimentos Ltda.  <b>Localização:</b> Avenida do Contorno, esquina com Avenida dos Andradas, lotes 01 a 10, do quarteirão 064, da Sétima Seção Suburbana, no Bairro Santa Tereza  - Captação, armazenamento e uso das águas pluviais.  - Dispositivos economizadores de água.  - Telhado verde de 80 e 40 cm.</p>
<p><b>Processo Nº:</b> 01-159.765-09-72  <b>Empreendedor:</b> Molinari Administração de Bens e Participações Ltda.  <b>Localização:</b> Av. do Contorno, 6939 (Lotes 001C, 002C, 002Y, 003Y e 011Y do Quarteirão 007H), bairro Santo Antônio  - Telhado verde de 80 e 40 cm.</p>
<p><b>Processo Nº:</b> 01-059878-09-44  <b>Empreendedor:</b> MDC Empreendimentos Imobiliários S/A  <b>Empreendimento:</b> Edifício The One  <b>Localização:</b> Av. Raja Gabaglia, nº 1143, 1153, 1163 e 1173, lotes 41, 42, 43A e 44A do quarteirão 004A, da Ex-Colônia Afonso Pena, Bairro Luxemburgo  - Captação, armazenamento e uso das águas pluviais.  - Dispositivos economizadores de água.  - Telhado verde de 80 e 40 cm.</p>

Fonte: PMBH (2017).