INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

Cap.-Av. Roberto Carlos Fernandes

Projeto de Próprio Nacional Residencial
para Alunos da Pós-Graduação do ITA

Trabalho de Graduação
2003

Infra-Estrutura

CDU TG 624.04:69

CAP.-AV. ROBERTO CARLOS FERNANDES

PROJETO DE PRÓPRIO NACIONAL RESIDENCIAL PARA ALUNOS DA PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA

Orientadores
Prof. Danillo Cesco – ITA
Prof. Ph.D. Eliseu Lucena Neto – ITA

Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
CENTRO TÉCNICO AEROESPACIAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2003

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão Biblioteca Central do ITA/CTA

Fernandes, Roberto Carlos – Cap.-Av.
Projeto de próprio nacional residencial para alunos da pós-graduação do ITA / Cap.-Av. Roberto Carlos Fernandes.
São José dos Campos, 2003.
Número de folhas no formato 142f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2003. Orientadores: Profº. Danillo Cesco, Profº Ph.D. Eliseu Lucena Neto

1. Edificações. 2. Projeto estrutural. 3. Construção civil. I. Centro Técnico Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica. II.Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA –

FERNANDES, Roberto Carlos. **Projeto de próprio nacional residencial para alunos da pós-graduação do ITA**. 2003. 142f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Cap.-Av. Roberto Carlos Fernandes
TÍTULO DO TRABALHO: Projeto de próprio nacional residencial para alunos da pós-graduação do ITA
TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2003

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Cap.-Av. Roberto Carlos Fernandes
Rua Iru, 266 – Vila Formosa
CEP 03363-060 – São Paulo – SP

PROJETO DE PRÓPRIO NACIONAL RESIDENCIAL PARA ALUNOS DA PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação

Cap.-Av. Roberto Carlos Fernandes
Autor

Prof. Danillo Cesco – ITA
Orientador

Prof. Ph.D. Eliseu Lucena Neto – ITA
Orientador

Prof. Ph.D. Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica

São José dos Campos, 14 de novembro de 2003

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Clarice e Gilberto, força gloriosa que impulsionou meus passos em todos os momentos, imperadores eternos do meu passado, a quem devo minha vida,

à minha esposa, Rosemeire, personalidade forte que inspirou minhas ações, rainha absoluta do meu presente, a quem devo minha dedicação e respeito,

aos meus filhos, Jennypher e Jackythor, dádivas divinas que pousaram em meu coração, senhores intocáveis do meu futuro, a quem amo com todas as minhas forças,

dedico este trabalho.

Roberto Carlos Fernandes

Agradecimentos

Ao Ten.-Cel.-Av. Celso Guitarrari Filho que, à frente da Divisão de Engenharia do CTA, cordialmente disponibilizou recursos materiais e humanos para o apoio às diversas fases do trabalho.

Ao 2S SDE Ricardo Siqueira da Silveira, engenheiro entusiasta, pelos trabalhos executados com o programa *CYPECAD*®, absolutamente essenciais para a finalização do dimensionamento estrutural do projeto.

A todos os professores da Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica pela delicadeza de comigo compartilharem suas experiências e conhecimentos técnicos, nas mais variadas áreas, dando-me condições de realizar este trabalho.

A todos os colegas da Infra/03 e do ITA, pela forma extraordinária com que me receberam e pelo ambiente positivo que estabelecemos para a condução das atividades acadêmicas.

Ao Profº Akio Baba pelo incansável esforço que dedicou para disponibilizar-me os recursos de informática da Divisão durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Ao meu orientador Profº Eliseu Lucena Neto pela transparência com que transmitiu seus conhecimentos e sugestões, mas principalmente pelo exemplo de humildade que deixou.

Ao meu orientador Profº Danillo Cesco por sua constante preocupação em tornar cada vez melhores os meus resultados, com intervenções inteligentes e oportunas, mas especialmente pela confiança, respeito e paciência com que me conduziu.

A toda minha família, em especial minha esposa, Rhose, e minhas crianças, Jennypher e Jackythor, por suportarem todos esses anos de convívio com a dura rotina do ITA e ainda encontrarem entusiasmo para me confortar e incentivar.

Muito obrigado.

Roberto Carlos Fernandes

Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto de engenharia para a construção, no Campo Montenegro, de um Próprio Nacional Residencial destinado a alojar alunos dos cursos de pós-graduação do ITA. São mostradas as considerações sobre a filosofia do projeto e a concepção arquitetônica, bem como o dimensionamento e o detalhamento dos sistemas estrutural (incluindo as fundações), de distribuição de água fria, instalações hidrossanitárias e coleta de águas pluviais.

O edifício foi concebido para ser assentado em pilotis, comportando dois ou três pavimentos residenciais e uma cobertura para finalidades utilitárias, sendo previstos apartamentos para alunos casados, solteiros e portadores de necessidades especiais, num total de até 158 vagas.

A solução estrutural adotada foi a convencional em concreto armado, com pórtico espacial formado por pilares e vigas, suportando lajes maciças. O dimensionamento foi feito com o auxílio de programa computacional específico (*CYPECAD*®).

Em complemento, são feitas considerações sobre as possibilidades de expansão horizontal e vertical da construção, bem como sobre a otimização do uso do solo, em concordância com o Plano Diretor do CTA.

Abstract

This work presents the engineering project development to the construction, in Campo Montenegro, of a Próprio Nacional Residencial destined to lodge ITA's post-graduate course students. It is shown considerations about the project's philosophy and architectonic conception, as well as measurement and detailing of the structural system (including foundations), cold water distribution, hydro sanitary installations and pluvial water collection.

The building was conceived to be held on column, containing two or three residential pavements and a coverage for practical reasons. It is foreseen apartments to married and single students, and also to those having special needs, in a total of 158 vacancies.

The structural solution adopted is conventional, in reinforced concrete, with a 3-D portico made with columns and beams, holding massive flag. The calculations and measurements was done with a specific software (*CYPECAD*^{TM}).

As a complement, it is made considerations about building expansion possibilities and the soil use optimization, in accordance with CTA Director Plan.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista em perspectiva da edificação ..... p. 29
Figura 2 – Inserção do projeto no Plano Diretor do CTA ..... p. 30
Figura 3 – Inserção do projeto no Plano Diretor do CTA com escala ampliada ..... p. 30
Figura 4 - Planta de Situação ..... p. 31
Figura 5 – Pavimento Térreo ..... p. 31
Figura 6 – Pavimento Térreo – Hall Central ..... p. 32
Figura 7 – Compartimento para lixo ..... p. 33
Figura 8 – 1º Andar ..... p. 34
Figura 9 – 1º Andar – conjunto com área cantral, 2 apartamentos conjugados para solteiros, 4 para casais e 2 especiais ..... p. 34
Figura 10 – 1º Andar – Área Central ..... p. 35
Figura 11 – Apartamentos para casais – detalhamento ..... p. 36
Figura 12 – Apartamentos Singulares – detalhamento ..... p. 37
Figura 13 – 2º Andar ..... p. 38
Figura 14 – 2º Andar – conjunto com área central, 4 apartamentos simples e 2 conjugados, para solteiros ..... p. 38
Figura 15 – 2º Andar – Área Central ..... p. 39
Figura 16 – Apartamento-Tipo Conjugado para Solteiros ..... p. 39
Figura 17 – Cobertura ..... p. 40
Figura 18 – Cobertura – Área Central ..... p. 41
Figura 19 – Planta de Cobertura ..... p. 41
Figura 20 – Fachada Principal do edifício ..... p. 43
Figura 21 – Vista da Face Nordeste do edifício ..... p. 43
Figura 22 – Vistas Laterais do edifício ..... p. 43
Figura 23 – Aspecto final da construção com cinco pavimentos ..... p. 44
Figura 24 - Vistas laterais do prédio com cinco pavimentos ..... p. 44
Figura 25 – Primeira fase da construção com área central e ala noroeste ..... p. 45

LISTA DE FIGURAS (continuação)

Figura 26 - Primeira fase da construção com área central e ala sudeste ..... p. 45
Figura 27 – Níveis adotados na concepção estrutural ..... p. 52
Figura 28 – Localização dos pilares ..... p. 54
Figura 29 – Detalhamento de armaduras dos pilares P16 e P17 ..... p. 60
Figura 30 – Detalhamento da armadura da viga V127 ..... p. 77
Figura 31 – Detalhe da seção transversal das lajes nervuradas ..... p. 78
Figura 32 – Local de realização do ensaio de sondagem SPT ..... p. 85
Figura 33 – Caracterização dos blocos de fundação ..... p. 97
Figura 34 – Localização dos circuitos de distribuição de água fria ..... p. 101
Figura 35 – Localização dos barriletes e das colunas de distribuição de água fria ..... p. 119
Figura 36 – Principais conexões entre os reservatórios superiores e elevado ..... p. 122
Figura 37 – Diagrama de comando das bombas de recalque ..... p. 122
Figura 38 – Localização dos ramais de esgoto ..... p. 124
Figura 39 – Ocupação integral do terreno: primeira possibilidade ..... p. 133
Figura 40 – Ocupação integral do terreno: segunda possibilidade ..... p. 134
Figura 41 – Ocupação integral do terreno: terceira possibilidade ..... p. 135
Figura 42 – Três possibilidades de ocupação integral do terreno ..... p. 135

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1 – Circuito “A” de distribuição de água fria ..... p. 102
Esquema 2 – Circuito “B” de distribuição de água fria ..... p. 103
Esquema 3 – Circuitos “C” e “D” de distribuição de água fria ..... p. 103
Esquema 4 – Circuito “E” de distribuição de água fria ..... p. 104
Esquema 5 – Circuito “F” de distribuição de água fria ..... p. 105
Esquema 6 – Circuito “G” de distribuição de água fria ..... p. 106
Esquema 7 – Circuito “H” de distribuição de água fria ..... p. 107
Esquema 8 – Circuito “I” de distribuição de água fria ..... p. 107
Esquema 9 – Circuito “J” de distribuição de água fria ..... p. 108
Esquema 10 – Circuito “K” de distribuição de água fria ..... p. 109
Esquema 11 – Circuito “L” de distribuição de água fria ..... p. 110
Esquema 12 – Circuito “M” de distribuição de água fria ..... p. 110
Esquema 13 – Circuito “N” de distribuição de água fria ..... p. 111
Esquema 14 – Dimensionamento das colunas AF 2, AF 5, AF 7, AF 8, AF 11 e AF 12 ..... p. 112
Esquema 15 – Dimensionamento das colunas AF 3 e AF 4 ..... p. 113
Esquema 16 – Dimensionamento das colunas AF 1 e AF 6 ..... p. 113
Esquema 17 – Dimensionamento das colunas AF 9 e AF 10 ..... p. 114
Esquema 18 – Dimensionamento das colunas AFs 1 a AFs 12, exceto AFs 4 e AFs 10 ..... p. 114
Esquema 19 - Dimensionamento das colunas AFs 4 e AFs 10 ..... p. 115
Esquema 20 – Detalhamento do barrilete BAF 1 ..... p. 116
Esquema 21 - Detalhamento do barrilete BAF 2 ..... p. 116
Esquema 22 - Detalhamento do barrilete BAF 3 ..... p. 117
Esquema 23 - Detalhamento do barrilete BAF 4 ..... p. 117
Esquema 24 - Detalhamento dos barriletes BAFs 1 a BAFs 5 ..... p. 118

LISTA DE PLANTAS

Arq – 02 Inserção do projeto no plano diretor do CTA; planta de situação; vista em perspectiva.

Arq – 03 Plantas de pavimentos; térreo; 1º Andar.

Arq – 04 Plantas de pavimentos; 2º e 3º andares; cobertura.

Arq – 05 Plantas de pavimentos; lajes de cobertura; telhado.

Arq – 06 Fachadas; proposta com 2 pavimentos residenciais.

Arq – 07 Detalhamento em conjunto; 1º andar.

Arq – 08 Detalhamento em conjunto; 2º andar.

Arq – 09 Detalhamento de cotas; áreas centrais e de circulação dos pavimentos térreo e 1º andar.

Arq – 10 Detalhamento de cotas; áreas centrais e de circulação dos pavimentos 2º andar e cobertura.

Arq – 11 Detalhamento de cotas; dois apartamentos para casais.

Arq – 12 Detalhamento de cotas; apartamento-tipo conjugado para solteiro.

Arq – 13 Detalhamento de cotas; apartamento-tipo simples solteiro; apartamento-tipo especial.

Arq – 14 Detalhamento das lixeiras.

Alternativas

Alt – 01 Alternativa de expansão horizontal para 79,95 m de comprimento; plantas do 1º e do 2º pavimentos; fachada principal.

Alt – 02 Fachadas do edifício original após a expansão vertical; comparação entre a versão original e as possibilidades de expansão horizontal.

Projeto Estrutural

Est – F01 Blocos de fundação; dimensionamento; detalhamento de armaduras 01/04.

Est – F02 Blocos de fundação; dimensionamento; detalhamento de armaduras 02/04.

Est – F03 Blocos de fundação; dimensionamento; detalhamento de armaduras 03/04.

Est – F04 Blocos de fundação; dimensionamento; detalhamento de armaduras 04/04.

Est – L03 Laje do 1º pavimento; detalhamento de armaduras 01/02 armadura longitudinal superior; armadura longitudinal inferior; armadura de punção.

Est – L04 Laje do 1º pavimento; detalhamento de armaduras 02/02; armadura transversal superior; armadura transversal inferior.

Est – L09 Laje nervurada – armadura de base; lajes de cobertura e elevador; detalhamento de armaduras 01/02; armadura longitudinal superior; armadura longitudinal inferior; armadura de punção.

Est – P01 Pilares; localização em planta.

Est – P02 Pilares – baldrames à laje do térreo; dimensionamento; detalhamento de armaduras 02/06

Est – P03 Pilares – laje do térreo à laje do 1º pav.; dimensionamento; detalhamento de armaduras 03/06.

Est – P04 Pilares – laje do 1º pav. à laje do 2º pav.; dimensionamento; detalhamento de armaduras 04/06.

Est – P05 Pilares – laje do 2º pav. à laje do 3º pav.; dimensionamento; detalhamento de armaduras 05/06.

Est – P06 Pilares – laje do elevador, guarda-corpo e laje de cobertura; dimensionamento; detalhamento de armaduras 06/06.

Est – P07 Pilares; quadro-resumo de pilares 01/02.

Est – P08 Pilares; quadro-resumo de pilares 02/02.

Est – V04 Vigas – laje do térreo; denominação; detalhamento de armaduras 01/04.

Est – V05 Vigas – laje do térreo; denominação; detalhamento de armaduras 02/04.

Est – V06 Vigas – laje do térreo; denominação; detalhamento de armaduras 03/04.

Est – V07 Vigas – laje do térreo; denominação; detalhamento de armaduras 04/04.

Projeto Hidráulico

Hid – 01 Localização dos dutos hidráulicos; localização das calhas pluviais; localização e denominação das tubulações verticais.

Hid – 02 Circuitos de distribuição de água fria; barriletes BAF e BAFs; prumadas das colunas AF e AFs; dimensionamento por trechos.

Hid – 03 Circuitos de distribuição de água fria; perspectivas isométricas; pavimentos térreo e cobertura; dimensionamento e detalhamento.

Hid – 04 Circuitos de distribuição de água fria; isométricas dos apartamentos; 1º, 2º e 3º andares; dimensionamento e detalhamento.

Hid – 06 Ramais de esgoto; pavimentos térreo e cobertura; dimensionamento e detalhamento dos ramais de descarga.

Hid – 07 Ramais de esgoto; 1º, 2º e 3º andares; dimensionamento e detalhamento dos ramais de descarga.

Hid – 08 rede de esgotamento; barriletes BV1 a BV5; prumadas das colunas CV1 a CV12 e dos tubos TQ1 a TQ12; locação dos tubos TV1 a TV12 e TVP.

Hid – 09 Rede de esgotamento; subcoletores e coletor predial; detalhamento e dimensionamento; detalhe das descidas – pé-de-coluna.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quadro-resumo dos principais dados do projeto básico 21
Tabela 2 – Disposição dos diversos pavimentos 42
Tabela 3 – Quadro-resumo de capacidades e áreas de construção na configuração básica ..... p. 43
Tabela 4 – Principais dados do projeto ..... p. 52
Tabela 5 – Pré-dimensionamento da seção de concreto e coordenadas dos pilares ..... p. 56
Tabela 6 – Resultado do dimensionamento dos pilares ..... p. 61
Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas ..... p. 65
Tabela 8 – Resultado do dimensionamento de lajes ..... p. 79
Tabela 9 – Quadro-resumo do dimensionamento estrutural do projeto ..... p. 82
Tabela 10 – Resultados médios por camada do ensaio de sondagem a percussão ..... p. 86
Tabela 11 – Cargas aplicadas às fundações ..... p. 86
Tabela 12 – Aplicação da formulação de Aoki & Veloso (1) ao projeto ..... p. 88
Tabela 13 – Aplicação da formulação de Decourt & Quaresma (2) ao projeto ..... p. 89
Tabela 14 – Aplicação das formulações de Meyerhof (3) e do método α (4) ao projeto ..... p. 90
Tabela 15 – Coeficientes de segurança das fundações ..... p. 92
Tabela 16 – Dimensionamento da armadura de fundação ..... p. 95
Tabela 17 – Requisitos hidráulicos mínimos nos pontos de utilização ..... p. 99
Tabela 18 – Características dos tubos de PVC soldáveis ..... p. 99
Tabela 19 – Denominação dos circuitos de distribuição de água fria ..... p. 100
Tabela 20 – Definição dos circuitos associados às colunas de distribuição de água fria . p. 112
Tabela 21 – Definição das colunas conectadas aos barriletes de distribuição de água fria ..... p. 115
Tabela 22 – Volumes a considerar no projeto de distribuição de água fria ..... p. 120
Tabela 23 – Unidades Hunter de Contribuição dos aparelhos sanitários ..... p. 125
Tabela 24 – Quadro-resumo do dimensionamento dos ramais de esgoto ..... p. 126
Tabela 25 – Resumo das áreas totais construídas nas três configurações apresentadas para a edificação ..... p. 136
Tabela 26 – Capacidades de acomodação nas três configurações apresentadas para a edificação ..... p. 136
Tabela 27 – Capacidades de acomodação nas três possibilidades de ocupação do terreno ..... p. 137

ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

A_P – área de ponta da estaca (m^2)

APG – Associação de Pós-Graduandos do ITA

B – diâmetro da estaca (m)

BV – barrilete de ventilação

c – coeficiente médio de coesão do solo

CP – coletor predial.

CTA – Centro Técnico Aeroespacial

CV – coluna de ventilação

D – diâmetro interno da tubulação (m)

DE – Divisão de Engenharia do CTA

F_1 – variável de adequação do modelo (formulação de Aoki & Veloso)

F_2 – variável de adequação do modelo (formulação de Aoki & Veloso)

f_{ck} – resistência característica do concreto

f_s – capacidade resistiva lateral da estaca

f_{yk} – resistência característica do aço

gf – grupo final

gi – grupo inicial

H_L – altura da lâmina d'água no interior do reservatório (m)

ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica

K – coeficiente variável com o tipo de solo

K_{Sseco} – coeficiente de segurança das fundações com solo seco

K_{Sw} – coeficiente de segurança das fundações com solo saturado

L_B – largura da camada onde se apóia a estaca (solos estratificados)

N – N_{SPT} próximo à ponta da estaca, corrigido para N_{55}

N_{SPT} – resistência do solo à penetração, resultado de ensaio de sondagem à percussão

N_M – N_{SPT} médio para cada ΔL

N_P – N_{SPT} próximo à ponta da estaca

ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS (continuação)

P – perímetro da estaca (m)

PDF – Portador de Deficiência Física

P_L – resistência de atrito lateral (fuste) da estaca

PNR – Próprio Nacional Residencial

P_P – resistência de ponta da estaca

q – tensão vertical efetiva da camada (KN/m^2)

Q_{rup} – carga de ruptura do solo

SC – subcoletor predial

TG – Trabalho de Graduação

TQ – tubo de queda

TVP – tubo ventilador primário

UHC – Unidades Hunter de Contribuição

V – velocidade do escoamento no interior da tubulação (m/s)

α – coeficiente variável com o tipo de estaca e o tipo de solo
calibração para o coeficiente de coesão do solo

β – coeficiente variável com o tipo de estaca e o tipo de solo

δ – ângulo de atrito efetivo entre o solo e a estaca

ΔL – espessura de cada camada de solo (m)

$\gamma_{MÉD}$ – peso específico aparente do solo (KN/m^3)

γs – coeficiente de minoração da capacidade resistiva do aço

η – coeficiente de aderência das barras de aço

$\varnothing$ – diâmetro nominal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 20

2 A CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA 22

2.1 *A Filosofia do Projeto* 22

2.1.1 Apoio institucional estendido a alunos de pós-graduação 22

2.1.2 Apoio institucional a visitantes da pós-graduação 23

2.1.3 Apoio institucional a pessoas portadoras de deficiência física 23

2.1.4 A concepção vertical da moradia 24

2.1.5 A locação do edifício 24

2.1.6 Otimização na ocupação integral do terreno 25

2.1.7 O potencial de expansão horizontal e vertical do edifício 25

2.1.8 O número de leitos no dormitório de solteiros 25

2.1.9 A sacada conjugada ao dormitório e sua dupla função 26

2.1.10 Ambiente de estudo: uma solução 26

2.1.11 Cozinha no apartamento 26

2.1.12 O sistema de coleta de lixo 27

2.1.13 Medidas de segurança contra incêndio 27

2.1.14 O acesso ao edifício: recepção e vigilância 27

2.1.15 Acomodações complementares 28

2.2 *O Detalhamento do Projeto* 28

2.2.1 Apresentação 28

2.2.2 Localização 29

2.2.3 Descrição dos pavimentos 31

2.2.3.1 O PAVIMENTO TÉRREO 31

2.2.3.2 O 1º ANDAR 34

2.2.3.3 O 2º ANDAR 37

2.2.3.4 A COBERTURA 40

2.3 *Considerações Finais* 42

2.3.1 Procedimentos construtivos visando a uma futura expansão vertical do edifício: um alerta 44

3 O PROJETO ESTRUTURAL 47

3.1 *Análise Estrutural* 47

3.2 *Dimensionamento dos Elementos* 49

3.3 *Pilares* 54

3.4 *Vigas* 65

3.5 *Lajes* 78

3.6 *Fundações* 85

3.6.1 Características das estacas 86

3.6.2 Carregamentos 86

3.6.3 Método de Aoki & Veloso (Schnaid, 2000) 87

3.6.4 Método de Decourt & Quaresma (Schnaid, 2000) 88

3.6.5 Método Racional (Bowles, 1982) 89

3.6.5.1 CAPACIDADE ESTÁTICA RESISTIVA DE PONTA 89

3.6.5.2 CAPACIDADE RESISTIVA LATERAL (MÉTODO α) 90

3.6.6 Dimensionamento 91

4 O SUBSISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA 98

4.1 *Dimensionamento dos Circuitos* 98

4.1.1 Circuito A 102

4.1.2 Circuito B 102

4.1.3 Circuitos C e D 103

4.1.4 Circuito E 104

4.1.5 Circuito F 105

4.1.6 Circuito G 105

4.1.7 Circuito H 106

4.1.8 Circuito I 106
4.1.9 Circuito J 108
4.1.10 Circuito K 108
4.1.11 Circuito L 109
4.1.12 Circuito M 110
4.1.13 Circuito N 111

4.2 *Dimensionamento das Colunas de Distribuição* 111

4.3 *Dimensionamento dos Barriletes* 115

4.4 *Os Reservatórios* 119

5 O SUBSISTEMA DE ESGOTAMENTO 124

5.1 *Dimensionamento* 124

6 COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES 128

7 SUGESTÕES 130

7.1 *Validação* 130

7.2 *Projeto* 130

7.3 *Alternativas* 131

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 132

APÊNDICE – A OCUPAÇÃO INTEGRAL DO TERRENO 133

A.1 *1ª Possibilidade* 133

A 2 *2ª Possibilidade* 134

A.3 *3ª Possibilidade* 134

ANEXO – Relatório com os resultado das sondagens realizadas em terreno **..... 138**

1 Introdução

A idéia de se construir no Campo Montenegro um Próprio Nacional Residencial (PNR) para alojar os alunos de pós-graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) caracteriza um passo significativo para a modernização da instituição, visando adaptá-la às novas exigências do ensino superior, colocando-a em condições de competir com os melhores centros de pós-graduação do país.

Este trabalho apresenta os principais resultados alcançados pelo estudo das diversas variáveis que envolvem a concepção de uma edificação com este porte, constituindo um projeto básico para futura licitação da obra.

O edifício foi concebido para ser assentado em pilotis e composto de um pavimento térreo (que abriga hall central de recepção e garagem), dois pavimentos residenciais e uma cobertura para finalidades utilitárias. Em todos os níveis, o pé-direito é de 3,00 m.

São previstos 10 apartamentos para casais, 16 para solteiros e 2 especiais para pessoas portadoras de deficiência física (PDF) – estes, no entanto, são facilmente convertidos para uso convencional, caso não haja aquela necessidade específica. Em sua configuração básica, o edifício comporta 98 vagas.

Cada apartamento dispõe de uma minicopa no próprio hall de entrada e de pequena sacada com acesso pelo dormitório. Os sanitários convencionais dispõem de lavatórios com gabinete e armário, box de chuveiro elétrico e vasos sanitários com caixa acoplada.

O edifício incorpora algumas facilidades, a saber: lavanderia, lanchonete, churrasqueira, escritório da Associação de Pós-Graduandos do ITA (APG) e salas coletivas de jogos, de TV, de musculação e de uso múltiplo. Há também uma área ajardinada, como aproveitamento da laje de cobertura, que dispensa o telhado convencional.

No térreo, a área central é composta por hall de recepção (com balcão de atendimento, sala de espera, lavabos e cabina telefônica) e dependências de serviço (incluindo depósito geral, zeladoria e acomodações visando à permanência do zelador e/ou equipe de serviço, inclusive no período noturno).

A circulação vertical do edifício é provida de escada e elevador instalados no seu corpo central e, também, de escadas externas para saídas de emergência nas extremidades do prédio, com acesso por compartimentos providos de portas corta-fogo.

Por meio de pares de dutos, um sistema de coleta de lixo interliga verticalmente cada um dos pavimentos a depósitos localizados nas extremidades do térreo, com divisão para separação seletiva do lixo (orgânico e reciclável). A Tabela 1 apresenta os principais dados do projeto básico.

Tabela 1 – Quadro-resumo dos principais dados do projeto básico.

localização do PNR	entre o H 8C e o Hotel de Trânsito de Oficiais		
disponibilização de vagas para alunos	em 10 apartamentos para casais ..... 10 em 4 apartamentos de 1 dormitório (de 3 leitos) para solteiros ..... 12 em 12 apartamentos de 2 dormitórios (de 3 leitos cada um) para solteiros ..... 72 em 2 apartamentos de 1 dormitório (de 2 leitos) para PDFs ..... 4 total 98		
ocupação de terreno	876,73 m^2 de área		
quantificação das áreas	áreas "secas" (salas, dormitórios, halls, corredores, etc.) ..... 1 886,98 m^2 áreas "molhadas" (banheiros, lavabos, lanchonete, copas)..... 268,73 m^2 áreas abertas, sem fechamento (garagem e sacadas) ..... 832,09 m2 subtotal (áreas cobertas)..... 2 987,80 m^2 áreas descobertas (cobertura com ajardinamento) ..... 766,44 m^2 total ..... 3 754,24 m^2		
estimativa de preço	base: consultas oficiosas a empresas construtoras locais (abril/2003)		
	preço unitário (R$/$m^2$)	área de referência(m^2)	preço total estimado (R$)
	de 500,00 a 800,00	2 987,80	de 1 493 900,00 a 2 390 240,00

2 A Concepção Arquitetônica

2.1 A Filosofia do Projeto

2.1.1 Apoio institucional estendido a alunos de pós-graduação

A oferta de residência aos alunos de graduação no próprio campus foi sempre uma das marcas do ITA desde a sua implantação física, em 1950. Tal benefício é estendido a todo o corpo discente, que hoje abrange 603 alunos, sendo 502 civis, 72 Aspirantes-a-Oficial e 29 Oficiais da ativa das Forças Armadas Brasileiras.

Criado em 1963, também pioneiramente no país, o Curso de Pós-Graduação do Instituto conta, no primeiro semestre de 2003, com 533 alunos matriculados (380 no Mestrado e 153 no Doutorado), compreendendo 477 alunos civis e 56 Oficiais. A esse número, somam-se, ainda, 355 matriculados no Mestrado Profissionalizante e outros 868 em matérias isoladas da pós-graduação.

De há tempo tem havido no ITA certa preocupação para que também seja estendido a alunos de pós-graduação o benefício da moradia no campus. Assim, já há 20 anos era orientado um Trabalho de Graduação (TG) no Curso de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica que, nas suas propostas, também versou sobre o projeto de uma edificação, próxima aos H 8s, para aquela finalidade.

Hoje, a retomada dessa idéia é uma sentida preocupação da atual administração do ITA. É fácil inferir-lhe as razões: a par do substancial aumento dos inscritos no Curso, verifica-se cada vez mais dificultosa a moradia na cidade, tendo em vista o grande contingente de fora que a procura, mesmo que temporariamente. Desse modo, a oferta de moradia no campus, para solteiros e casais, além de amenizar o problema, viria a fortalecer os instrumentos do Instituto na atração da qualidade e, principalmente, concorrer para a maior integração de seus corpos discentes de ambos os níveis.

2.1.2 Apoio institucional a visitantes da pós-graduação

Uma questão levantada pela atual chefia da IEP diz respeito à possibilidade de que o ITA venha a contar, também, com algumas acomodações para hospedar, temporariamente, professores e pesquisadores de fora, mesmo do exterior, envolvidos nos Cursos de Pós-Graduação.

O projeto contempla essa possibilidade, dada a funcionalidade das instalações a serem ocupadas conforme os critérios oportunamente estabelecidos pela autoridade competente.

2.1.3 Apoio institucional a pessoas portadoras de deficiência física

Como é sabido, o Decreto nº 3 298, de 20 de dezembro de 1 999, regulamentou a Lei nº 785, de 2 de outubro de 1 989, que dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. Assim, em seu artigo 52, o Decreto estabelece:

" A construção, ampliação e reforma de edifícios, praças e equipamentos esportivos e de lazer, públicos e privados, destinados ao uso coletivo, deverão ser executadas de modo que sejam ou se tornem acessíveis à pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida..."

O projeto em pauta atende essa disposição legal, prevendo as devidas adequações à moradia e movimentação de PDFs, aqui ensejadas por sinalização, estacionamento, garagem e lavabos próprios, rampas em meio-fios, área de circulação e instalação de elevador e, sobretudo, pela destinação de 2 apartamentos funcionais, cada qual com um dormitório para 2 leitos e sanitário.

Cabe frisar, no entanto, que, não havendo esta necessidade de uso, tais apartamentos podem ser utilizados convencionalmente, bastando a simples remoção (e guarda) dos equipamentos específicos.

2.1.4 A concepção vertical da moradia

É do senso comum a responsabilidade envolvida na definição do uso de um bem cada vez mais restrito e precioso em áreas confinadas: os metros quadrados de solo disponibilizados à construção civil. Entende-se: optando-se por uma edificação térrea, sem uma razão determinante, é como se sacasse contra o futuro, numa ocupação irreversível do espaço que poderia vir a faltar mais adiante.

Daí, a presente preocupação quanto à concepção do edifício em pavimentos sobrepostos.

Por sinal, foi exatamente essa a direção que norteou o projeto original do campus do CTA, nos idos dos anos 40: edificações domiciliares foram aqui construídas com mais de um pavimento (as residências dos alunos – H 8s – contrariam essa assertiva, mas, na verdade, não fazem parte do projeto original).

2.1.5 A locação do edifício

O Plano Diretor do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) reserva uma área de 196 m x 45 m, ao lado do H8 C, para o assentamento de mais um bloco residencial para alunos, designado H8 D.

O presente projeto vale-se de parte dessa faixa para locar o novo edifício (de 60,05 m x 16,60 m), junto ao núcleo residencial dos alunos de graduação. Ressalta-se a configuração local do solo, já consolidado e plano, dispensando-se serviços de terraplenagem.

Como percebido, a economia na ocupação do terreno, propiciada pela concepção vertical da edificação, deixa-o intocado em sua maior parte, disponível, portanto, a futuras ampliações da área construída.

2.1.6 Otimização na ocupação integral do terreno

O edifício deve ocupar apenas parcialmente a área reservada, como acima descrito. Visando a uma solução otimizada, contudo, este trabalho apresenta detalhado estudo para uma futura ocupação integral da faixa de terreno, graças à combinação racional do número de blocos a se construir em diferentes configurações.

2.1.7 O potencial de expansão horizontal e vertical do edifício

A concepção modular do prédio viabiliza uma futura expansão horizontal, com significativo incremento da oferta de leitos.

Da mesma forma, pode-se pensar em expansões verticais futuras, já que sua configuração estrutural e de fechamentos comporta a construção de outros pavimentos residenciais no mesmo bloco. Claro que se trata de uma decisão a ser previamente tomada, tendo em vista os pertinentes cálculos que prevaleceriam já na primeira fase da obra.

2.1.8 O número de leitos no dormitório de solteiros

Para a natureza da ocupação prevista, é inegável que 2 leitos por quarto atenderiam melhor as desejadas condições de conforto. Entretanto, razões econômicas vão na direção de maior número de leitos que, a despeito de requerer maior área por dormitório, implica a redução da área total construída para uma mesma capacidade de ocupação. Descartando a solução de 4 leitos, ligeiramente acima do limite desejável, o projeto estipula dormitórios de 3 leitos para solteiros. Exceção é feita para os 2 apartamentos de PDFs que, como explicitado, contam com apenas 2 leitos por dormitório.

2.1.9 A sacada conjugada ao dormitório e sua dupla função

Em cada dormitório é previsto o acesso a uma sacada exclusiva, de pequena área. Desnecessário é realçar a importância desse apêndice arquitetônico em favor da melhor convivência e do alívio de tensões, especialmente considerando a presença de fumantes entre colegas de quarto. Por outro lado, a sacada também exerce a função de "brise soleil", amenizando sobremaneira o problema da incidência direta de raios solares sobre as paredes externas dos dormitórios.

2.1.10 Ambiente de estudo: uma solução

A inclusão de uma sala de estudos em cada apartamento sempre desperta curiosa polêmica. Os que a defendem reportam-se ao costume de estudantes que levam trabalhos para casa. Outros argumentam que já há suficientes áreas de estudo fora, prescindindo, portanto, de mais outra instalação para esse fim. Resultaria o evidente encarecimento da obra, se mais outro cômodo fosse agregado a cada apartamento. O projeto leva em conta esse ponto de vista, mas, por outro lado, também contempla a possibilidade de que alguma tarefa acadêmica seja feita no próprio dormitório. Para tanto, divisórias a meia altura dividem espaços junto às camas, criando-se nichos onde, com iluminação própria, cada aluno pode operar seu computador, sem interferir no sossego dos colegas ao lado.

2.1.11 Cozinha no apartamento

Eis aí outro ponto que divide opiniões. Por pequena que seja, uma cozinha implica mais instalações, mais custos, mais cuidados... e mais incômodos. Afinal, pode acontecer o problema de cheiros, fumaças ou gases de combustão a espraiar-se no ambiente confinado. Assim, este projeto não prevê cozinha nos apartamentos.

Por outro lado, não dá para esconder: sem outro meio ao alcance, o morador acaba se valendo mesmo de tomadas elétricas ou de fogareiros para alguma eventualidade. Daí, a solução da minicopa encontrada no projeto: guarnecer o hall de entrada de pequena pia, gabinete, armário suspenso, filtro de parede, tomadas elétricas para geladeira e forno de microondas, evitando-se o uso de chamas. Claro: não é objetivo da minicopa o preparo usual de alimentos. Essa é uma função reservada às instalações de uma pequena cozinha/lanchonete central adiante mencionada, localizada na cobertura do edifício, para uso coletivo.

2.1.12 O sistema de coleta de lixo

Visando a facilitar a operação diária de coleta de lixo, o pertinente sistema adotado prevê a interligação vertical, por meio de pares de dutos, de cada um dos pavimentos a depósitos localizados nas extremidades do térreo, com divisão para separação seletiva do lixo (orgânico e reciclável).

2.1.13 Medidas de segurança contra incêndio

A par de outras soluções técnicas de combate a incêndio, o projeto prevê escada metálica externa para saída de emergência em cada extremidade do prédio, com acesso por compartimento devidamente protegido por porta corta-fogo.

2.1.14 O acesso ao edifício: recepção e vigilância

A natureza da destinação do edifício justifica o detalhamento do hall de recepção no térreo, que inclui balcão de atendimento, sala de espera, lavabos e cabina telefônica, anexos à

área de serviço. Esta é composta de depósito geral e dependências para zeladoria e equipe noturna de vigilância.

2.1.15 Acomodações complementares

Para suprir necessidades específicas da moradia, minuciosamente levantadas, o edifício incorpora ainda instalações de:

a) lavanderia, cozinha/lanchonete, churrasqueira;
b) sala multiuso, sala de TV/vídeo e de jogos;
c) escritório da APG/Administração; e
d) garagem, sala de musculação e área aberta ajardinada;

2.2 O Detalhamento do Projeto

2.2.1 Apresentação

A proposta do PNR, mostrada em perspectiva na Figura 1 (Fonte: planta Arq-02), foi estruturada tendo em vista um edifício assentado em pilotis, com 2 pavimentos residenciais, encimados por uma cobertura totalmente utilitária, e garagem no pavimento térreo. O conjunto tem acomodações para 98 alunos, distribuídos em diversas composições de apartamentos, adiante descritas, ocupando uma área no terreno de 876,73 m^2, totalizando 3 754,24 m^2 de área construída, dividida em 4 pavimentos. As dimensões principais dessa configuração básica são de 60,05 m de frente e 16,60 m de lateral, com pé-direito de 3,00 m em todos os níveis.

Entretanto, toda a estrutura, as fundações e as instalações prediais estão desde já calculadas levando-se em conta um terceiro pavimento residencial, que seria oportunamente construído, desde que fosse essa a decisão da autoridade competente. Nesse sentido, este

trabalho também explicita um alerta para os acertados procedimentos iniciais. A vigorar tal configuração, a capacidade de acomodação seria ampliada para 158 leitos.

Figura 1 – Vista em perspectiva da edificação.

2.2.2 Localização

A área escolhida para a implantação da obra está localizada entre o atual alojamento H 8C dos alunos de graduação e o Hotel de Trânsito de Oficiais, na quadra reservada pelo Plano Diretor do CTA para a instalação de um futuro H 8D. Dessa forma, a alteração prevista do plano não compromete a concepção original de uso local do solo. As Figuras 2 e 3 mostram em diferentes escalas a inserção do projeto no Plano Diretor do CTA e são complementadas pela Planta de Situação, apresentada na Figura 4 (Fonte: planta Arq-02). Nesta, foram introduzidas mais duas projeções da obra, confrontando as proporções da construção com as dos atuais H 8s. Constata-se, então, que a área reservada para o H 8D comporta 3 (três) unidades do projeto básico, ora apresentado. Os círculos assinalam a posição do prédio.

Figura 2 – Inserção do projeto no Plano Diretor do CTA.

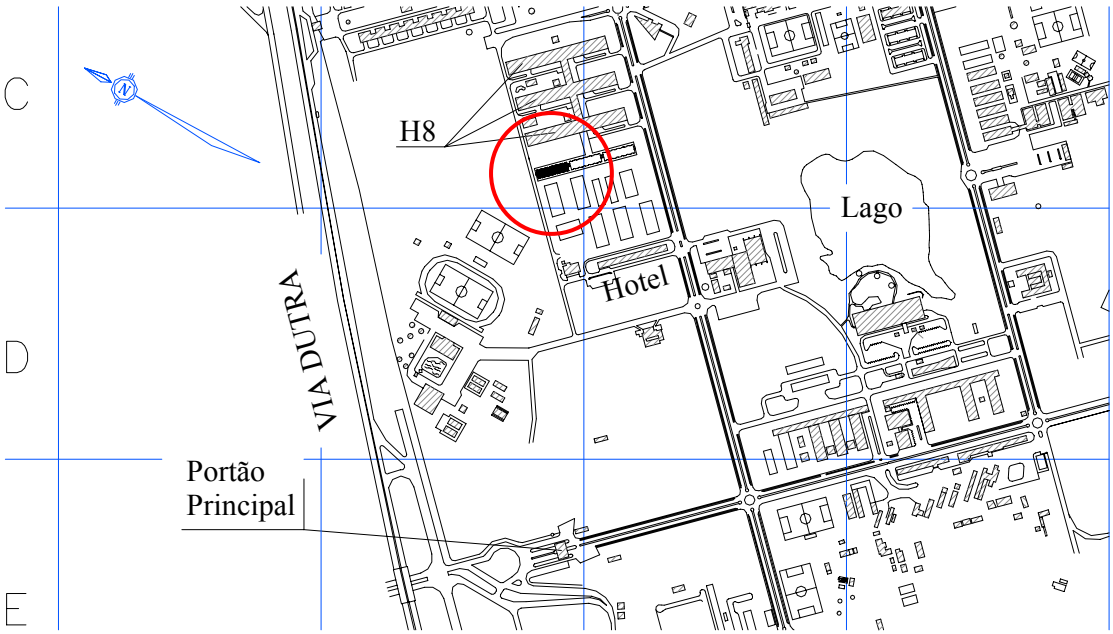


Figura 3 – Inserção do projeto no Plano Diretor do CTA com escala ampliada.

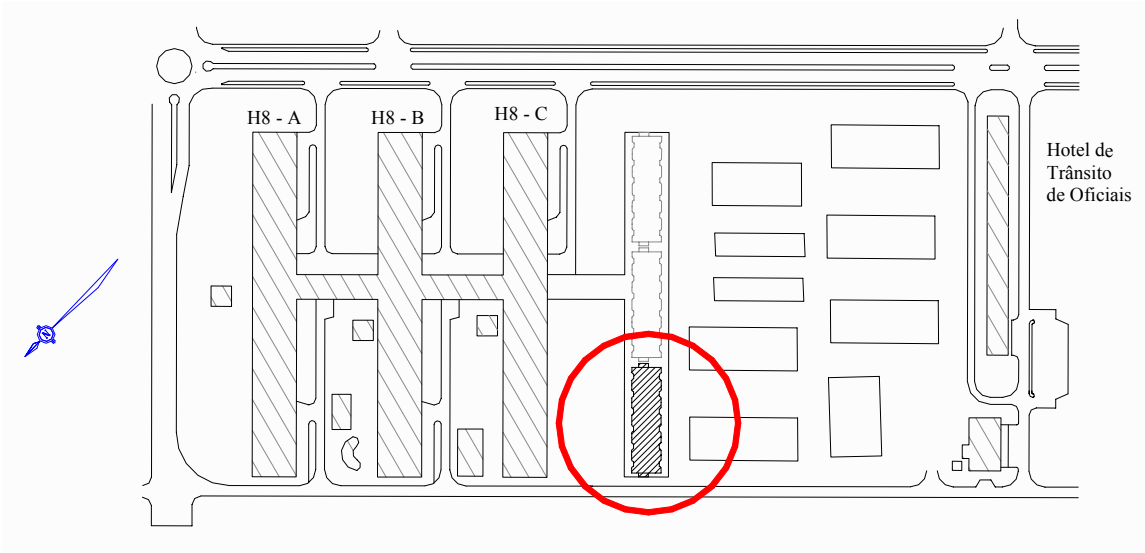


Figura 4 - Planta de Situação.

2.2.3 Descrição dos pavimentos

2.2.3.1 O PAVIMENTO TÉRREO

Este pavimento comporta 876,73 m^2 de área coberta, agrupando hall central de recepção, dependências de serviço, zeladoria, sanitários, garagem e compartimentos para lixo, conforme a disposição mostrada na Figura 5 (Fonte: planta Arq-03).

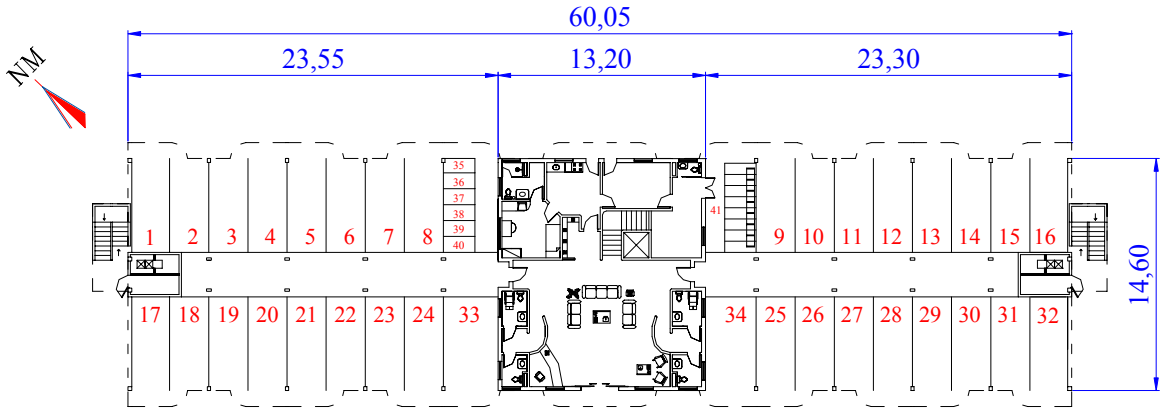


Figura 5 – Pavimento Térreo (medidas em metros).

A região central ocupa uma área de 190,48 m^2, cuja maior parte é destinada ao saguão de entrada, onde a recepção é realizada em um balcão lateral que permite ampla visão do interior. No local, dois ambientes permitem uma confortável espera para visitantes e moradores. Os lavabos, nas laterais, têm garantida a privacidade de acesso por paredes divisórias e incluem dependências exclusivas para portadores de deficiência física, de ambos os sexos. Também nas laterais do saguão, há entradas secundárias que o ligam aos dois setores da garagem.

As dependências de serviço incluem uma zeladoria com entrada própria e com acesso interno ao depósito geral do prédio, que, por sua vez, dispõe de outra entrada pela garagem. Incluem, também, alojamento completo para uma equipe de serviço, responsável pela segurança na ausência do zelador. Contudo, tais acomodações podem ser utilizadas como residência do zelador, se for o caso. Interligando o alojamento e a zeladoria há uma copa, a ser equipada para atender as necessidades da zeladoria e da equipe de serviço, bem como garantir o serviço de buffet durante eventos festivos de congraçamento que venham a ser realizados no saguão. Todos estes detalhes estão apresentados na Figura 6 (Fonte: planta Arq-09).

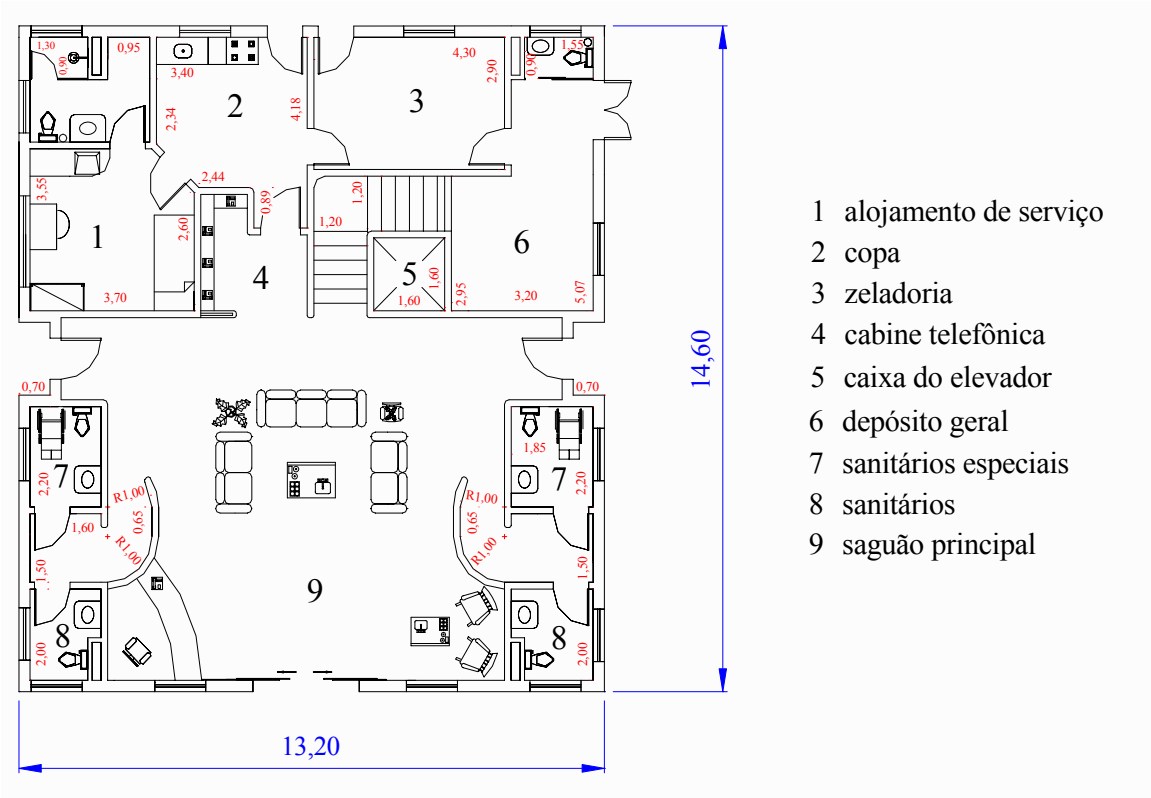


Figura 6 – Pavimento Térreo – Hall Central (medidas em metros).

A garagem coberta dispõe de 32 vagas para automóveis de grande porte (numeradas de 01 a 32 na Figura 5), além de uma especial, destinada a veículo adaptado para portadores de deficiência física, permitindo a circulação em cadeira de rodas (n.º 34), e uma vaga para utilitários, tipo microônibus ou Van (n.º 33). São demarcadas, ainda, as vagas para motos (n.ºs 35 a 40) e os suportes para bicicletas (n.º 41). Nas extremidades deste pavimento encontram-se os compartimentos destinados a acomodar o lixo produzido pelos ocupantes do prédio. Cada um deles, com 9,52 m^2 de área, possui um pequeno corredor lateral de acesso ao interior e duas câmaras destinadas a recolher separadamente o lixo reciclável e o orgânico, ali despejados a partir de cada um dos pavimentos residenciais. Para essa finalidade, em cada extremidade do edifício é verticalmente instalado um par de tubulações, com aletas amortecedoras internas. Os detalhes estão mostrados na Figura 7 (Fonte: planta Arq-14).

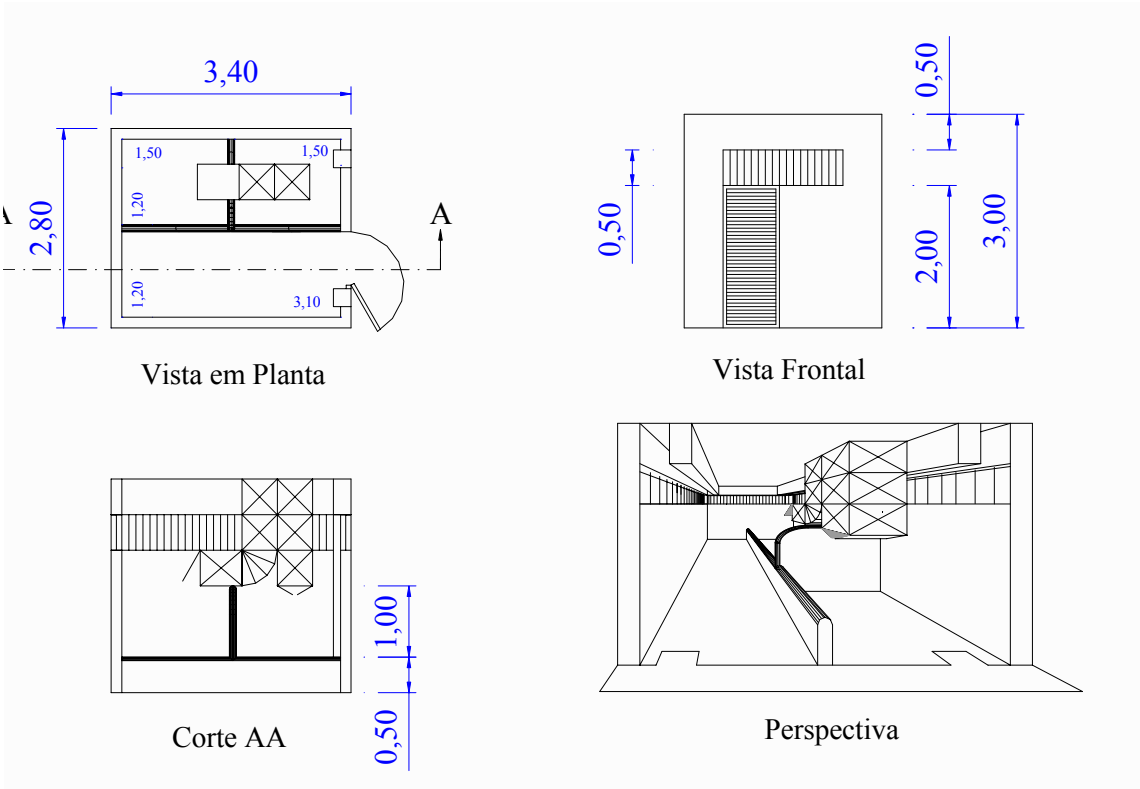


Figura 7 – Compartimento para lixo.

A partir deste pavimento, os demais níveis podem ser alcançados pela escada ou pelo elevador (para 6 pessoas), o que garante a devida mobilidade ao portador de deficiência física.

2.2.3.2 O 1º ANDAR

Esse pavimento é o único adaptado para receber alunos casados, bem como portadores de deficiência física. Para tanto, na ala noroeste há 10 apartamentos para casais e, na sudeste, 2 apartamentos especiais, além de 4 conjugados para solteiros. Tal disposição está apresentada na Figura 8 (Fonte: planta Arq-03), complementada pela Figura 9 (Fonte: planta Arq-07) que traz o conjunto central do pavimento em vista ampliada. No total, esse pavimento comporta 16 apartamentos, para 38 alunos.

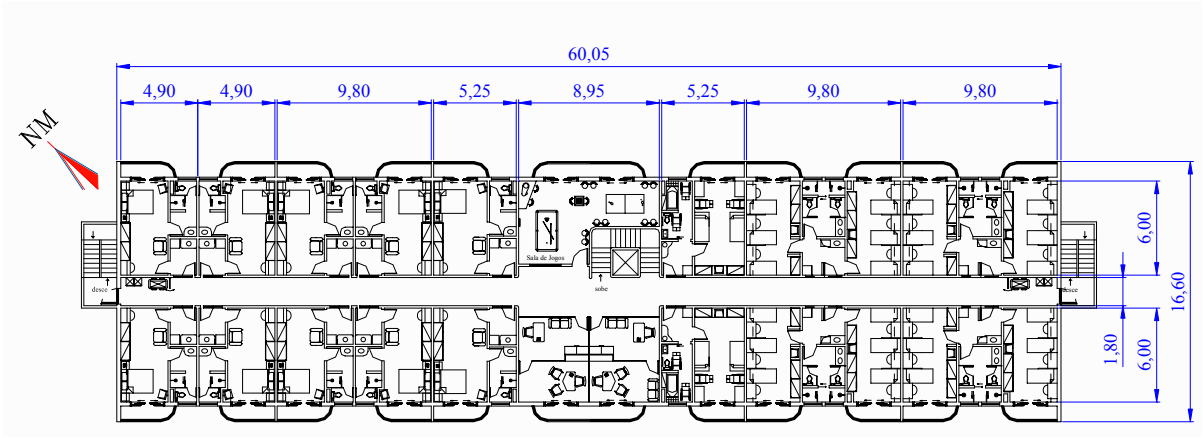


Figura 8 – 1º Andar (medidas em metros).

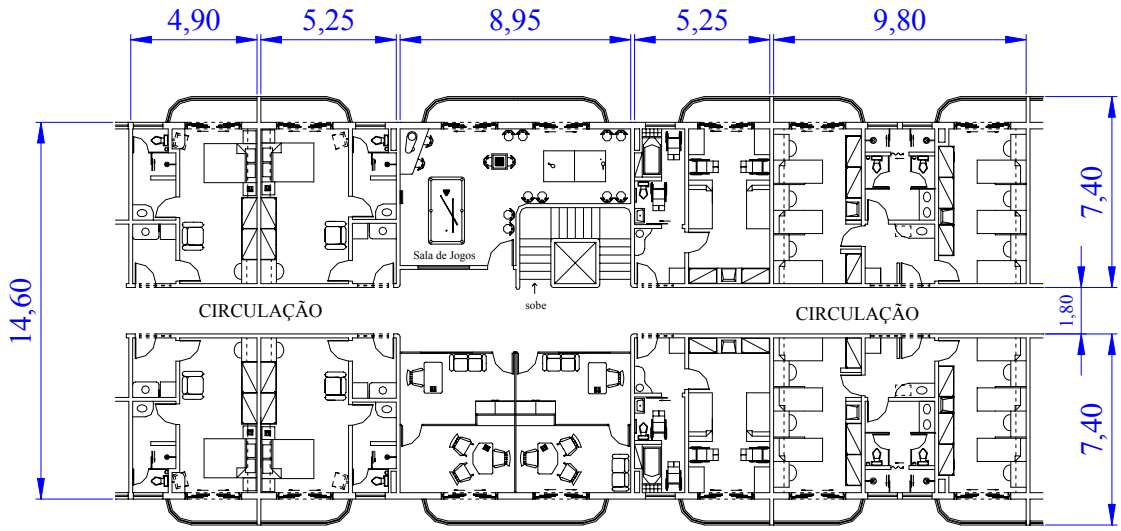


Figura 9 – 1º Andar – conjunto com área central, 2 apartamentos conjugados para solteiros, 4 para casais e 2 especiais (medidas em metros).

A área central deste andar é composta de uma sala de jogos e recreação, com área útil de 36,60 m^2, como detalhada na Figura 10 (Fonte: planta Arq-09), com acesso a uma sacada idêntica à dos apartamentos, integrando o conjunto arquitetônico externo. Completa a área central um amplo espaço para escritório, cujo aproveitamento é também ilustrado na Figura 10.

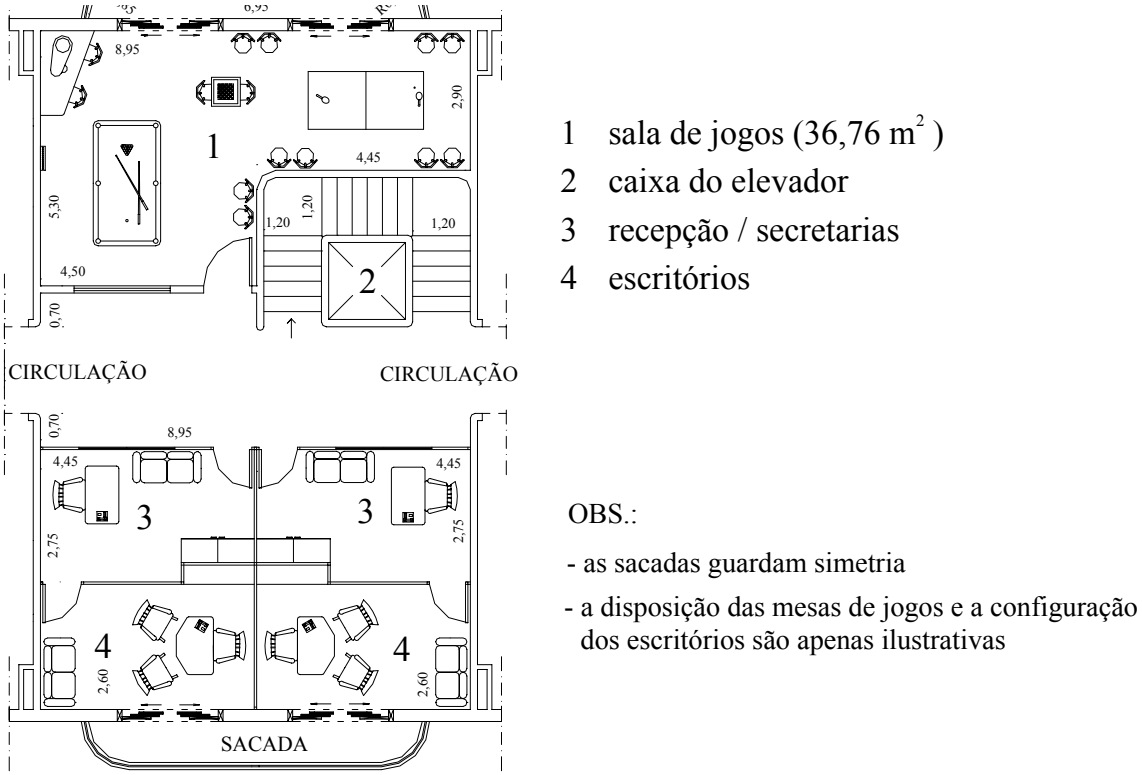


Figura 10 – 1º Andar – Área Central (medidas em metros).

Como acontece em todos os apartamentos do edifício, o morador conta no dormitório com armário individual para roupas, outro suspenso (de uso geral), e mesa de estudos adequada à instalação de microcomputador pessoal, além de espaço reservado para aparelho de TV. Todos os apartamentos dispõem de pequena sacada, cujo acesso se dá pelos dormitórios mediante uma porta, de folhas duplas e envidraçadas, que permite a ventilação, a iluminação natural ou o fechamento completo. No próprio hall de entrada dos apartamentos, encontra-se uma minicopa, equipada com pia, gabinete e armário suspenso, filtro de parede para água e pontos elétricos para forno de microondas e geladeira. As instalações sanitárias são convencionais, com chuveiro elétrico, vaso sanitário com caixa acoplada e lavatório com gabinete e armário.

Os apartamentos para casais possuem pouco mais de 30 m^2 de área útil, conforme ilustrados na Figura 11 (Fonte: planta Arq-11).

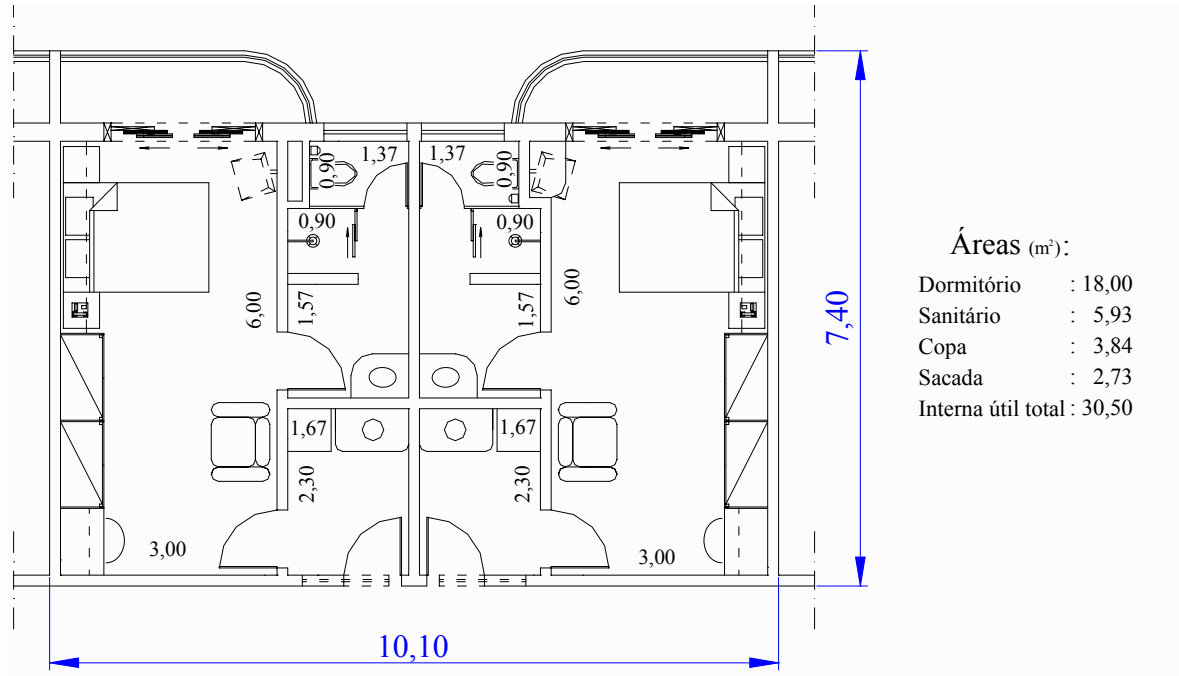


Figura 11 – Apartamentos para casais – detalhamento (medidas em metros).

Dispondo de 2 leitos, cada apartamento especial tem área útil de 32,77 m^2, possibilitando a mobilidade em cadeiras de rodas. Em vez de chuveiros comuns, é instalada uma banheira especialmente destinada a portadores de deficiência, garantindo-lhes maior conforto e segurança. Em caso de necessidade, tais apartamentos podem ser rapidamente convertidos para o uso convencional. Os detalhes encontram-se na Figura 12 (Fonte: planta Arq-13).

Os apartamentos conjugados, destinados a alunos solteiros, são compostos de 2 dormitórios, com 3 leitos cada um, interligados pelo hall de entrada. As instalações sanitárias são duplicadas, a fim de garantir bom nível de conforto a todos os seis ocupantes. A área útil deste apartamento é de 61,80 m^2, com dormitórios de 20,40 m^2. Nestes, estão previstas divisórias com 1,80 m de altura formando nichos, os quais agrupam cama, mesa de estudos, armário suspenso e sistema localizado de iluminação, separados para cada morador. Procura-se, assim, garantir o relativo isolamento das atividades de cada morador sem maior interferência com as dos colegas de quarto. Uma ilustração de ocupação dos espaços é proposta na Figura 16 (Fonte: planta Arq-12).

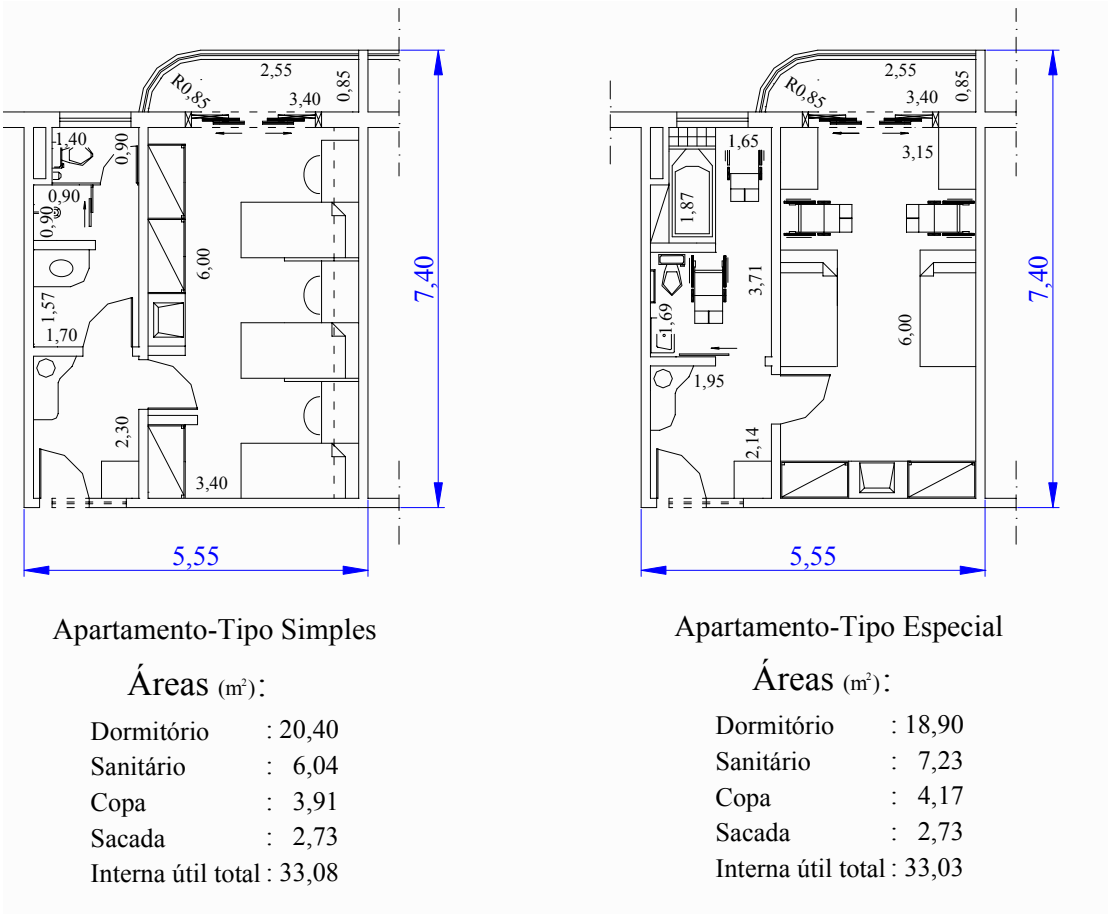


Figura 12 – Apartamentos Singulares – detalhamento (medidas em metros).

2.2.3.3 O 2º ANDAR

Este pavimento é destinado exclusivamente a alunos solteiros. Para tanto, ambas as alas têm a mesma configuração: 2 apartamentos simples e 4 conjugados, totalizando acomodações para 60 alunos em 12 apartamentos. Esta disposição é mostrada na Figura 13 (Fonte: planta Arq-04), complementada pela Figura 14 (Fonte: planta Arq-08) que mostra o conjunto central do pavimento em vista ampliada. Caso venha a ser construído, o terceiro pavimento residencial repetirá a mesma planta, ampliando a capacidade do prédio em 60 leitos.

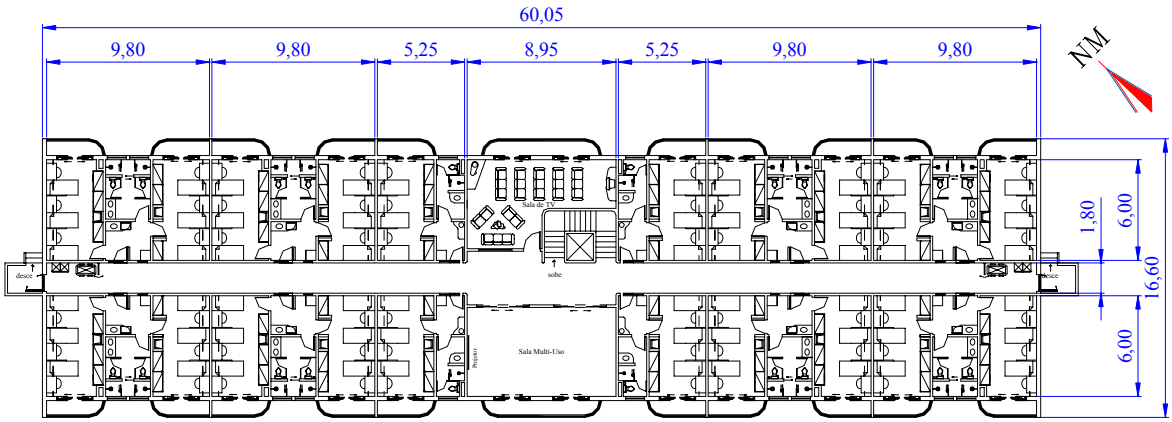


Figura 13 – 2º Andar (medidas em metros).

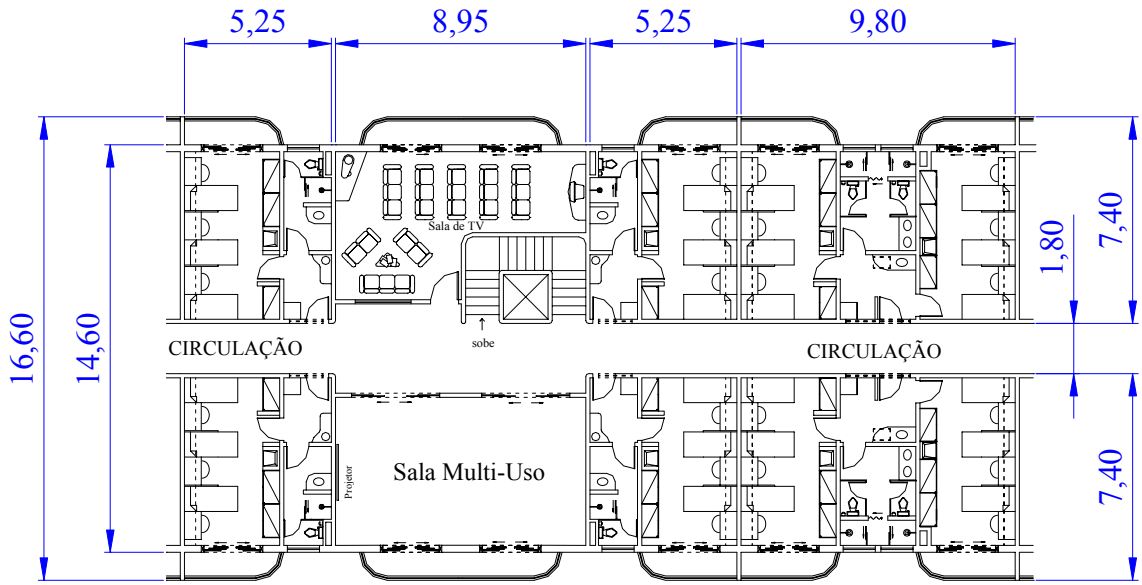


Figura 14 – 2º Andar – conjunto com área central, 4 apartamentos simples e 2 conjugados, para solteiros (medidas em metros).

A área central deste andar tem as mesmas dimensões da congênere no 1º andar, embora com diferente utilização dos espaços, aqui destinados a uma sala de TV/vídeo e a uma área de estar que, devidamente mobiliadas, configuram dois ambientes. À frente, é prevista uma sala para uso múltiplo que, equipada com recursos audiovisuais, se presta a reuniões de grupos de estudo, debates, etc. A Figura 15 (Fonte: planta Arq-10) apresenta uma concepção ilustrativa dessas acomodações.

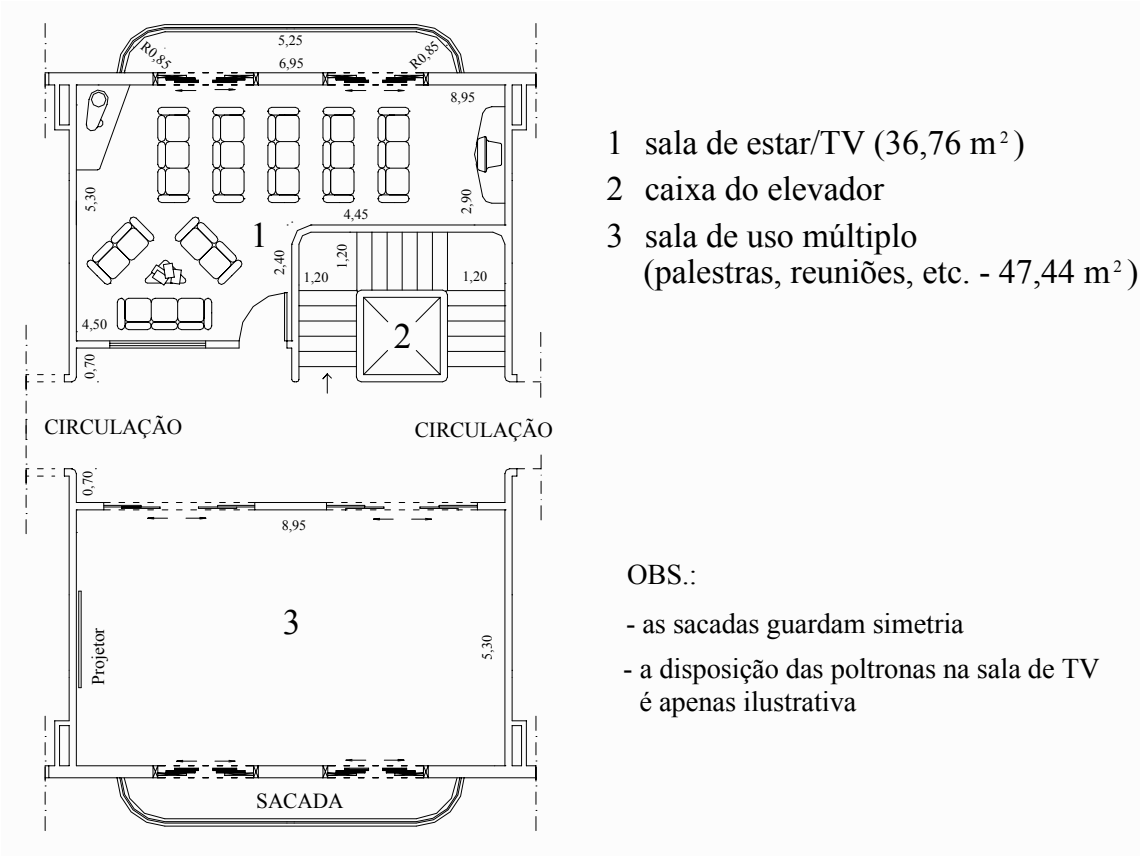


Figura 15 – 2º Andar – Área Central (medidas em metros).

Os apartamentos conjugados são idênticos aos do 1º andar (Figura 16). Os apartamentos simples são dotados de 3 leitos, ocupando uma área útil de 32,80 m^2, com o mesmo nível de conforto existente nos conjugados. Os detalhes de ocupação aparecem na Figura 12.

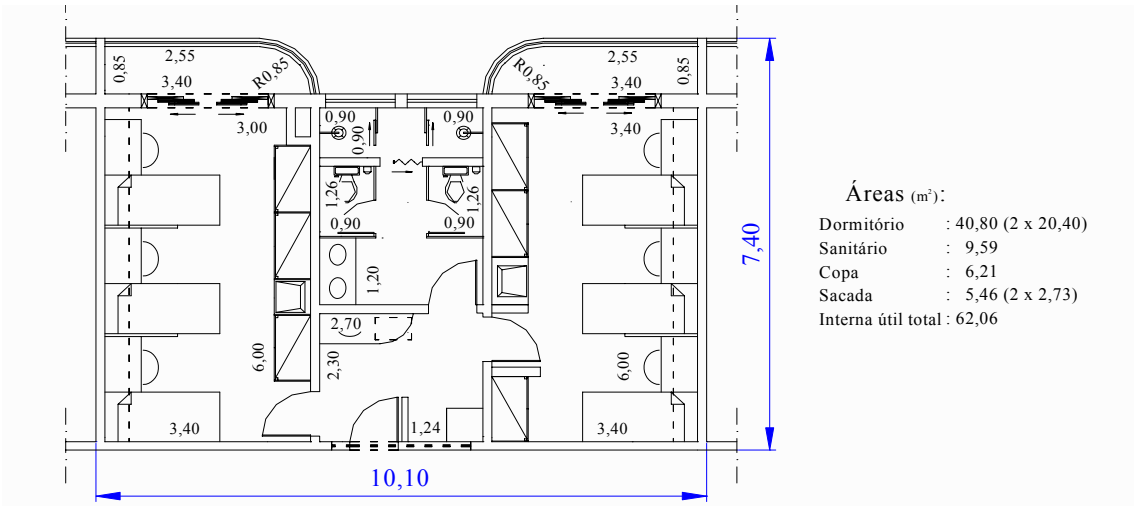


Figura 16 – Apartamento-Tipo Conjugado para Solteiros (medidas em metros).

2.2.3.4 A COBERTURA

A cobertura do edifício é idealizada como área totalmente utilizável. Ela agrupa uma lavanderia devidamente equipada, uma área para secagem natural de roupas, uma área social, dispondo de lanchonete, churrasqueira e lavabos, além de sala de musculação e área ajardinada. A disposição geral está apresentada na Figura 17 (Fonte: planta Arq-04).

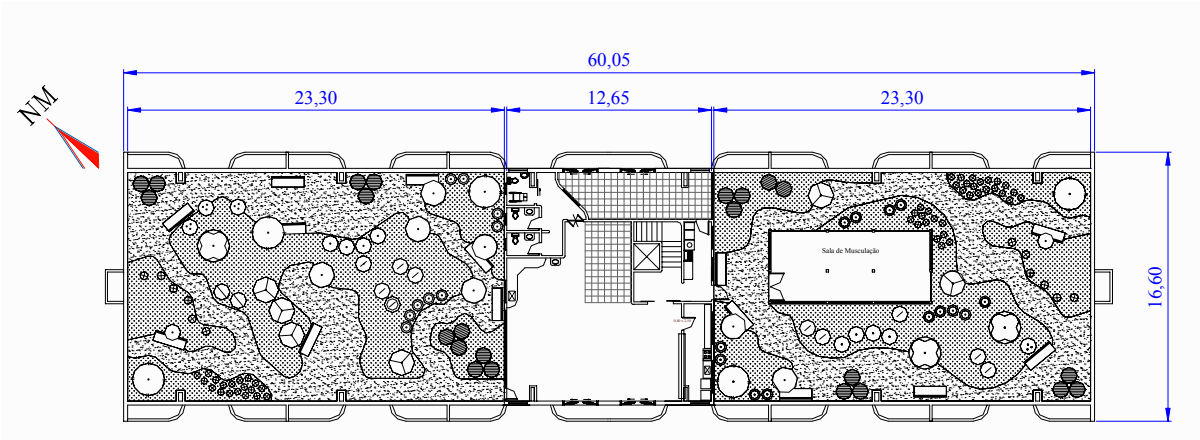


Figura 17 – Cobertura (medidas em metros).

A área social ocupa pouco mais de 120 m^2 e seu detalhamento é mostrado na Figura 18 (Fonte: planta Arq-10). A churrasqueira é dotada de pia e bancada de serviço, permitindo praticidade no preparo dos alimentos. A área fica parcialmente coberta pelo telhado com tratamento térmico, mas deixa livre uma pequena porção do espaço, com iluminação natural direta (Figura 19 – Fonte: planta Arq-05). Ao fundo ficam os lavabos, incluindo instalações para portadores de deficiência física, isolados do conjunto por um hall de acesso, onde uma porta biarticulada garante a devida privacidade. A lanchonete deve possuir equipamentos necessários ao preparo de lanches rápidos e ao acondicionamento de bebidas, podendo ser utilizada isoladamente ou em conjunto com a churrasqueira, já que ambas posicionadas em laterais opostas.

Com acesso pelo hall do elevador e completamente isolada da área social, encontra-se a lavanderia, ocupando uma área útil de 8,33 m^2 e dotada de tanque, máquinas de lavar e secar roupas e bancada de trabalho. Somente a partir dela, tem-se acesso à área de secagem natural de roupas, garantindo privacidade (Figura 18).

Figura 18 – Cobertura – Área Central.

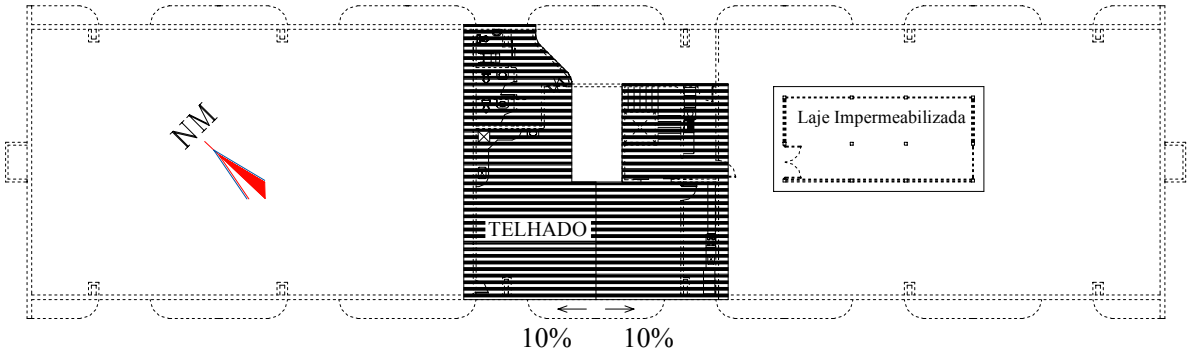


Figura 19 – Planta de Cobertura.

A área social oferece uma ampla visão do jardim noroeste, proporcionada por um gradil de meia altura fixado na lateral da churrasqueira, onde também se encontra o portão de acesso. Esta área ajardinada, com cerca de 327 m^2 de área útil, pode agregar bancos aleatoriamente distribuídos ao redor de plantas ornamentais de diversos tipos e tamanhos, mantidas em vasos decorados que, juntamente com a cobertura de grama sintética, substitui o telhado convencional. Trata-se de uma proposta de fácil implementação, já que a principal exigência construtiva fica por conta da adequada impermeabilização da laje.

O jardim sudeste tem as mesmas características do anterior, mas com menor área útil (de aproximadamente 281 m^2), já que cede espaço para a sala de musculação, esta com pouco mais de 41 m^2. Tal sala foi idealizada de forma a aproveitar a estrutura da edificação pois, em caso de construção do terceiro pavimento residencial, não haveria a necessidade de demolir paredes ou pilares que comporiam a estrutura do novo pavimento.

Contudo, embora aqui apresentado com uma cobertura utilitária, é evidente que o mesmo projeto poderia ser facilmente implementado com o telhado convencional (de telhas de fibrocimento, por exemplo), em substituição às áreas ajardinadas acima descritas.

2.3 Considerações Finais

As Tabelas 2 e 3, a seguir, retratam as principais dimensões e capacidades do prédio, cujas vistas principal, da face nordeste e das laterais estão apresentadas nas Figuras 20, 21 e 22, respectivamente (Fonte: planta Arq-06).

Tabela 2 – Disposição dos diversos pavimentos.

pavimento	ala nordeste	área central	ala sudeste
térreo	garagem e compartimento para lixo	saguão, zeladoria, dependências de serviço e lavabos	garagem e compartimento para lixo
1º andar	10 apartamentos para casais	sala de jogos e escritório da APG	2 apartamentos para PDFs e 4 conjugados
2º andar	4 apartamentos conjugados e 2 simples	sala de TV/vídeo e sala de uso múltiplo	4 apartamentos conjugados e 2 simples
cobertura	área ajardinada *	área social e lavanderia	área ajardinada* e sala de ginástica

* ou telhado convencional, alternativamente.

Tabela 3 – Quadro-resumo de capacidades e áreas de construção na configuração básica.

pavimento	quantidade de apartamentos	quantidade de leitos	área útil (m^2)	área total (m^2)
térreo	-	-	833,43	876,73
1º andar	16	38	846,95	959,17
2º andar	12	60	849,87	959,17
cobertura	-	-	830,01	959,17
totais	**28**	**98**	**3 360,26**	**3 754,24**

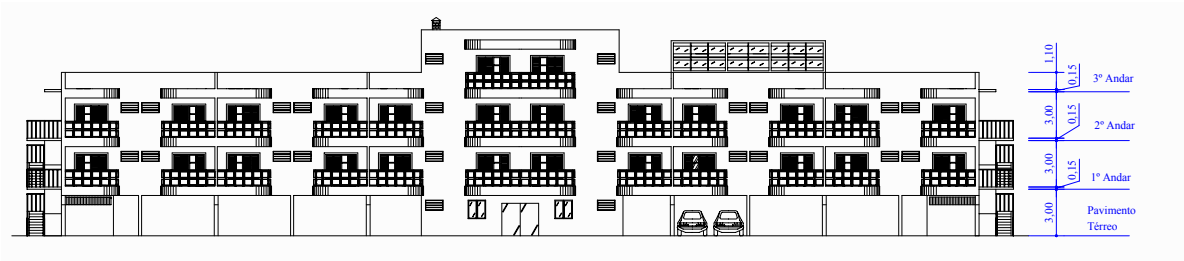


Figura 20 – Fachada principal do edifício.

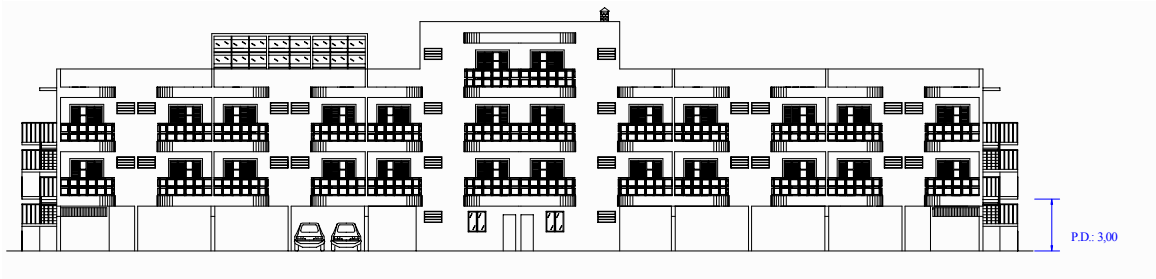


Figura 21 – Vista da face nordeste do edifício.

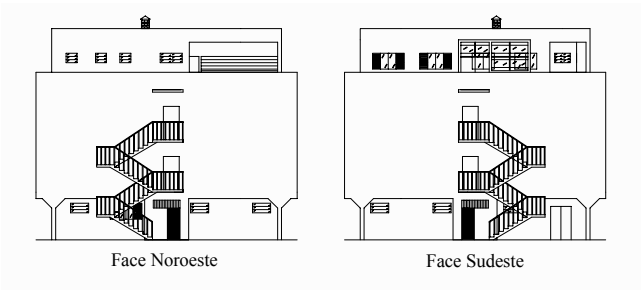


Figura 22 – Vistas laterais do edifício.

2.3.1 Procedimentos construtivos visando a uma futura expansão vertical do edifício: um alerta

Como apresentado, o projeto contempla uma edificação com apartamentos dispostos em 2 andares (2º e 3º pavimentos). No entanto, os cálculos estruturais e de instalações estão desde já elaborados para a eventualidade de, no futuro, vir a comportar um 3º pavimento também destinado a apartamentos, o que acresceria cerca de 60% à capacidade originalmente prevista (elevando-a de 98 para 158 vagas). As Figuras 23 e 24 (Fonte: planta Alt-02) retratam o edifício após essa expansão vertical.

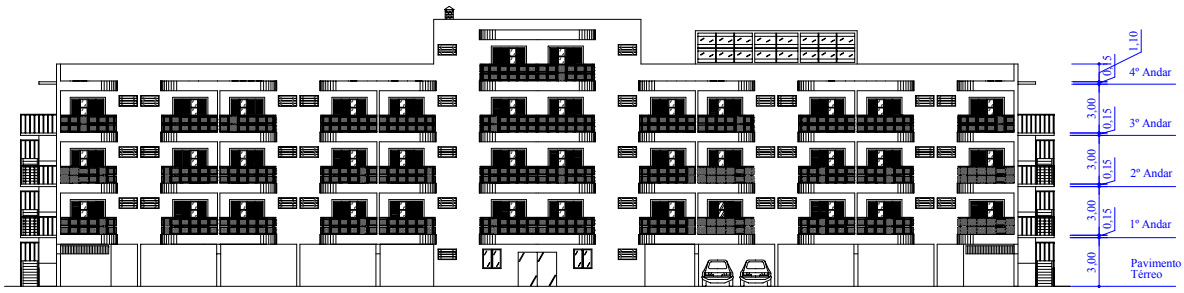


Figura 23 – Aspecto final da construção com cinco pavimentos.

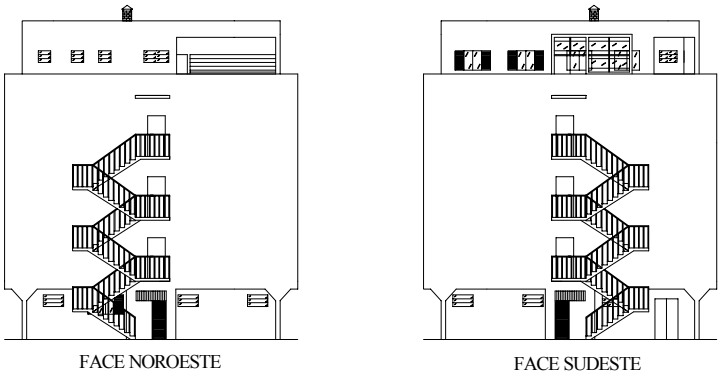


Figura 24 - Vistas laterais do prédio com cinco pavimentos.

Aqui, portanto, faz-se **necessário um alerta** sobre os procedimentos a serem implementados no início da construção, tendo em vista a projetada expansão futura – caso seja mesmo essa a decisão da autoridade competente.

Há duas opções possíveis:

a) constrói-se na 1ª fase da obra **apenas uma parte** do edifício, porém com os três pavimentos residenciais previstos, compondo-os com as respectivas áreas centrais

somadas a uma das alas. Caso se construa a ala noroeste nesta 1ª fase, o edifício inicialmente comportaria 70 vagas, incluindo as dos 10 apartamentos para casais. O aspecto desta primeira fase da construção está apresentado na Figura 25 (Fonte: planta Alt-02). Por outro lado, se for a sudeste a ala construída, inicialmente ter-se-iam 88 vagas do total das 158 previstas, incluindo os apartamentos para PDF, em vez dos de casais (Figura 26). Em qualquer dos casos, a expansão futura, ou 2ª fase da obra, se daria na implementação da ala faltante (Figuras 23 e 24).

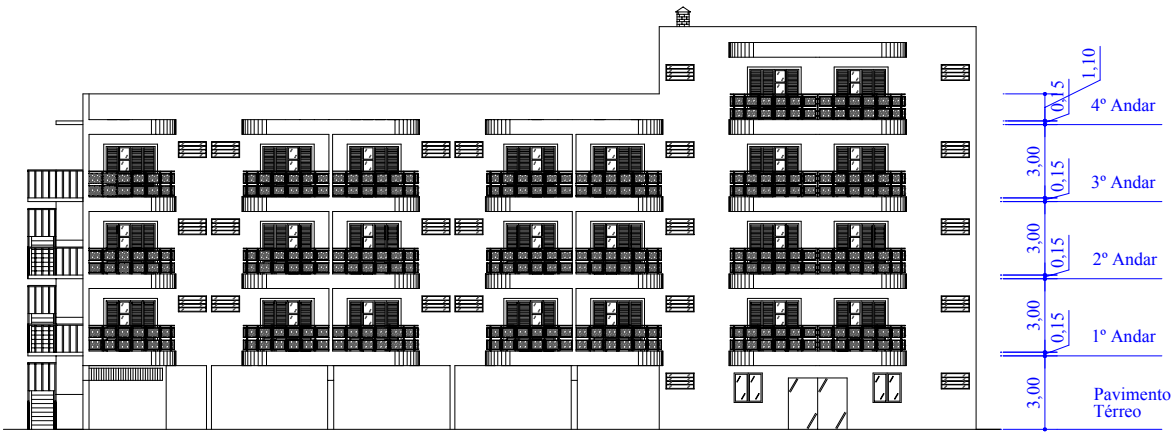


Figura 25 – Primeira fase da construção com área central e ala noroeste.

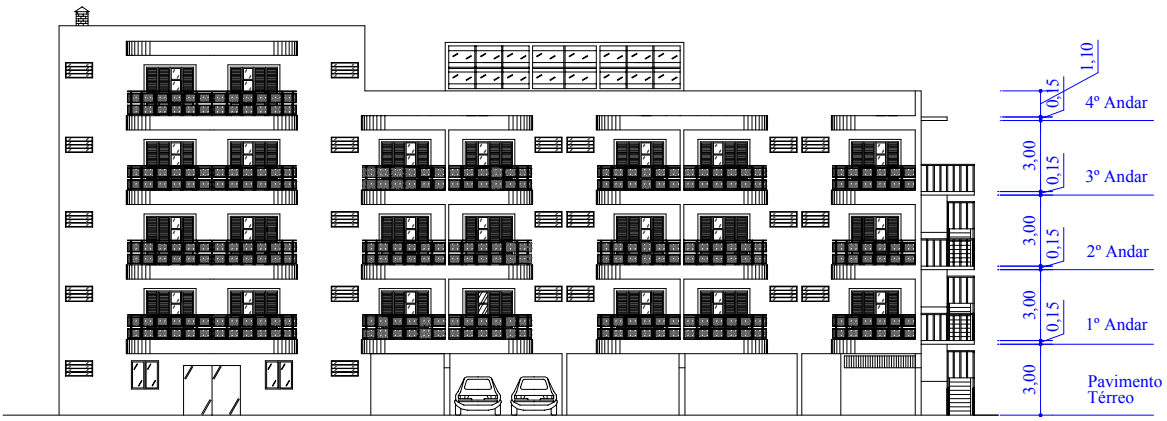


Figura 26 - Primeira fase da construção com área central e ala sudeste.

A decisão sobre qual das alas construir primeiro define um importante detalhe estrutural: a posição da junta construtiva de dilatação, a ser construída exatamente na junção das duas fases da construção. Este projeto contempla a construção inicial da ala sudeste, que disponibiliza mais vagas na primeira fase, com a locação da junta de dilatação na junção das áreas centrais com a futura ala noroeste;

b) numa primeira fase, constrói-se o edifício conforme o projeto básico (98 vagas em 2 dos pavimentos) para, numa 2ª fase futura, incorporar-se mais um pavimento residencial (158 vagas em 3 pavimentos residenciais). Isso será possível pelo aproveitamento do pavimento de cobertura original, já que a disposição estrutural e de fechamentos estaria perfeitamente adequada à subida vertical prevista.

É fácil inferir que a opção apresentada em "a" prepondera sobre a mostrada em "b", com amplas vantagens, já que evita a construção vertical acima de uma ala ocupada, com todos os conhecidos transtornos: interação humana, ruídos, poeira, molhamento, respingos e quedas de materiais, entre tantos outros.

3 O Projeto Estrutural

A solução estrutural adotada é convencional, em concreto armado, com as lajes maciças recebendo o carregamento acidental. As lajes são apoiadas em vigas convenientemente dispostas que, por sua vez, descarregam em pilares contínuos, diretamente ligados às fundações.

Toda a análise da estrutura e determinação dos esforços, bem como o dimensionamento das peças de concreto foram realizados com o emprego de recursos computacionais. Utilizou-se o programa *CYPECAD*®, versão 2002, produzido pela *CYPE Ingenieros S. A.*, do qual algumas características de emprego são descritas a seguir. Os carregamentos considerados foram conforme NBR 6120.

A partir do projeto arquitetônico, foi idealizada a estrutura com a locação dos pilares e vigas, gerando-se desenhos em formato ".dxf". O programa *CYPECAD*® reconhece este formato e permite ao usuário manipular diversas variáveis do processo de análise, de forma a inserir carregamentos e ações externas de qualquer natureza.

3.1 Análise Estrutural

Conforme apresentado no memorial de cálculo do programa, a análise das solicitações é realizada através de cálculo espacial em três dimensões, a partir de métodos matriciais de rigidez, considerando-se todos os elementos que definem a estrutura: pilares, vigas e lajes. A compatibilidade das deformações em cada nó é estabelecida considerando-se 6 graus de liberdade, com a hipótese de indeformabilidade no plano de cada piso, a fim de simular o comportamento rígido das lajes, o que impede os deslocamentos relativos entre os nós no plano considerado (diafragma rígido).

A consideração de diafragma rígido é mantida para cada zona independente de um determinado piso, mesmo que ali sejam lançadas apenas vigas, sem interconexão das bordas com lajes. Neste sentido, a existência de zonas independentes em um mesmo piso faz com que cada uma seja considerada um elemento distinto de indeformabilidade. Para exemplificar, um pilar sem ligação (passante) é considerado zona independente.

A partir da aplicação dos carregamentos, o programa efetua um cálculo estático (quando não se impõe a condição de ações sísmicas à estrutura), supondo um comportamento linear dos materiais, caracterizando um cálculo de primeira ordem para a obtenção de deslocamentos e esforços.

A discretização da estrutura se dá em elementos do tipo barra, grelhas de barras e nós, com a consideração de elementos finitos triangulares, cujas características são específicas para cada peça considerada.

Os pilares são dispostos por barras verticais entre cada piso, interpondo-se nós no arranque de fundação, nos contatos com vigas e lajes e na interseção de cada piso, considerando-se seu eixo o mesmo da seção transversal. As variações nas dimensões do pilar em decorrência da altura do ponto analisado na estrutura são consideradas nas excentricidades. O comprimento do elemento barra é tomado como a altura ou a distância livre entre dois outros elementos.

As vigas são definidas em planta, fixando-se nós nas interseções com as faces de elementos de suporte, como pilares, e também nos pontos de corte com elementos de laje ou com outras vigas. Desta forma, além dos nós definidos pelos eixos das peças, há outros nos bordos laterais e extremidade livres bem como nos contatos com outros elementos das lajes. Assim, uma viga entre dois pilares é constituída por várias barras consecutivas, cujos nós são as interseções com as barras de lajes, possuindo sempre três graus de liberdade, além da hipótese de diafragma rígido entre todos os elementos que se encontram em contato. Ressalta-se, neste caso, que uma viga contínua que se apóia em vários pilares, mesmo que não tenha laje, conserva a hipótese de diafragma rígido.

A simulação dos apoios é feita pela definição de três tipos de vigas, cujas rigidezes são aumentadas de forma considerável (100 vezes) na região em torno do ponto onde se quer considerar o apoio, vinculando todos os nós ali existentes. A situação se assemelha à de uma viga contínua muito rígida com tramos de vãos curtos sobre apoios. Consideram-se os três tipos de apoio: engastamento (deslocamentos e rotações impedidos em qualquer direção), articulação fixa (deslocamentos impedidos, mas com rotação livre) e articulação com deslocamento horizontal livre (apenas o deslocamento vertical é impedido).

Pode-se, então, inferir o efeito que os diversos tipos de apoio causam, já que, por exemplo, ao estar impedindo o movimento vertical, todos os elementos estruturais ligados a um apoio do tipo articulação com deslocamento horizontal livre também encontrarão um impedimento que restringe aquele movimento. Esse efeito deve ser atentamente observado no

caso de pilares com vínculos externos, pois impedirá a transmissão das cargas localizadas acima do apoio para as fundações, o que pode afetar a segurança.

As lajes maciças são discretizadas em malhas de elementos tipo barra, de tamanho máximo de 25 cm, e efetua-se uma condensação estática (método exato) de todos os graus de liberdade. Também se consideram a deformação por corte e a rigidez à torção dos elementos, além de manter a hipótese de diafragma rígido.

Outras características intrínsecas ao método dos elementos finitos estão bem explicadas nos manuais do programa e sua transcrição foge aos objetivos do trabalho.

3.2 Dimensionamento dos Elementos

No dimensionamento das peças em concreto armado, o programa utiliza o diagrama parábola-retângulo nos cálculos que envolvem os elementos portantes, que neste caso se restringem aos pilares. Para o dimensionamento de vigas e lajes, emprega-se o diagrama retangular simplificado. Entretanto, os manuais não deixam claras as razões desta diferenciação e sempre anexam mensagens de alerta sobre as responsabilidades do operador no caso de aceitação dos resultados.

O manual de cálculo do programa também informa que são respeitados os limites exigidos pelas normas, expressos por porcentagens mínimas, taxas mecânicas e geométricas, assim como as disposições quanto ao número mínimo de barras, diâmetros máximos e mínimos e separações. Entretanto, o programa trabalha com diversas normas: espanhola, portuguesa, brasileira (no caso, a NB 1/2000), o eurocódigo, etc., deixando a critério do operador a escolha da norma com a qual deseja trabalhar. Porém, alguns resultados mostrados para pilares e vigas não atenderam aos critérios da norma brasileira, quanto a diâmetros máximos das barras para pilares, ou espaçamentos mínimos entre barras para vigas, exigindo intensa intervenção manual para sanar os problemas.

A armadura longitudinal de flexão em vigas planas é determinada por cálculos à flexão simples em, pelo menos, 14 pontos de cada tramo da viga, delimitados pelos nós de conexão com outras peças. Em cada ponto, a partir das envoltórias de momentos fletores, determina-se a armadura necessária, tanto superior quanto inferior, e procede-se a uma

comparação com as taxas geométricas e mecânicas mínimas especificadas em norma, para retornar o maior valor.

Uma vez conhecida a armadura longitudinal de flexão, o programa calcula a armadura necessária de torção, de acordo com a norma. Se a armadura já alocada nos vértices da seção for capaz de absorver os incrementos de esforços devido à torção, o programa não especifica armadura de torção. Caso contrário, a armadura longitudinal é aumentada e se adiciona uma armadura nas faces laterais, como se tratasse de armadura de alma. A comprovação de compressão oblíqua por torção e esforço cortante efetua-se a uma altura útil do bordo de apoio, de acordo com a formulação de cada norma.

O dimensionamento do esforço cortante se faz com a verificação à compressão oblíqua realizada na face do ponto de apoio e os estribos são dispostos a partir desta face ou, de forma opcional, a uma distância especificada pelo usuário em porcentagens da altura útil da face de apoio.

O dimensionamento dos pilares é feito por flexão normal composta, analisando-se os esforços em três pontos distintos: a base e o topo do tramo em questão, bem como a base do tramo imediatamente acima. Caso existam cargas intermediárias a considerar, como planos deslocados, o programa passa a considerar os "subtramos" como um tramo inteiro e a regra igualmente se aplica. Na especificação das barras, a compatibilidade de esforços e deformações é estabelecida, a fim de se verificar que com tal armadura não sejam superados os limites de tensão e deformação, tanto para o concreto como para o aço.

A consideração de excentricidades mínimas ou acidentais, bem como as de 2ª ordem, são, segundo o manual, "conforme a norma", indicando que as formulações têm seu campo de atuação especificado em termos de limite de esbeltez que, caso superado, indica ao operador que a seção proposta é insuficiente, ainda que permita o prosseguimento do projeto, a partir da introdução manual de armadura.

No caso das lajes maciças, são determinados em cada um dos nós da malha os momentos fletores nas duas direções, bem como o momento torçor. Aplica-se o Método de Wood, que considera o efeito da torção para obter o momento da armadura (sic) em cada direção especificada, para efetuar uma distribuição transversal em cada nó, com seus adjacentes à esquerda e à direita, numa faixa de um metro. Somam-se, em cada nó, os esforços dele próprio mais os da distribuição, a partir dos quais se obtém a área necessária de aço em cada direção, tanto superior quanto inferior, especificada por metro de largura. Esta área é desbitolada a partir de tabelas com armaduras de reforço, de base, pré-determinadas,

etc., todas com possibilidades de formatação pelo usuário, de forma a se chegar numa armadura que respeite os limites impostos por norma.

Em superfícies paralelas aos bordos de apoio, como pilares e vigas, numa faixa de afastamento distante meia altura útil, verifica-se o cumprimento da tensão limite de puncionamento, de acordo com a norma. Trata-se de uma comprovação de tensões tangenciais, cujos valores são obtidos a partir dos esforços em nós próximos, interpolando-se linearmente nos pontos de corte do perímetro de puncionamento. Se não forem cumpridas as restrições e não se adotar a armadura transversal, é um indicativo de que se deve aumentar a altura da laje, o tamanho do apoio ou a resistência do concreto. No caso da opção por reforço ao puncionamento, indicam-se o número e o diâmetro do reforço a se colocar como ramos verticais, bem como a separação necessária em função do número de ramos colocados num certo comprimento.

A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos no projeto estrutural, referenciando as plantas Est-L01 a Est-L10, Est-P01 a Est-P08 e Est-V01 a Est-V20.

A edificação foi dividida em níveis, devidamente denominados. Por uma característica do programa, na atribuição da malha de elementos finitos, não se considera que as vigas baldrames descarreguem diretamente sobre as fundações, o que significaria uma descontinuidade dos pilares. O fabricante alerta sobre este detalhe com duas opções: calcular a obra sem considerar a fundação (neste caso, os esforços resultantes da análise estrutural são direcionados para o módulo "fundações", para o cálculo posterior), ou criar um nível de diferenciação entre as vigas baldrames e as fundações, permitindo o cálculo da estrutura sem restrições. Este segundo método, considerado mais preciso, foi o adotado criando-se uma separação simbólica de 3 cm entre estes níveis. Assim, em termos estruturais, os níveis considerados são os apresentados na Figura 27, com as respectivas cotas do piso acabado, referentes ao nível da rua, em metros.

É importante que se observe a colocação de um guarda-corpo (nível 6) de 1,10 m ao longo de todo o perímetro da cobertura do prédio (nível 5), onde se localizam a área ajardinada, a churrasqueira e a sala de musculação. Aliás, note-se que este piso (coloquialmente chamado de *cobertura* nos edifícios), não constitui o fechamento da edificação, pois foi concebido de com a possibilidade de se tornar o piso de mais um pavimento, motivo pelo qual foi denominado apenas por "laje do 3º Pav.". Na realidade, tecnicamente, a laje de cobertura é a última laje da edificação, que neste caso se sobrepõe à sala de musculação e, apenas parcialmente, à área central do pavimento. Este nível (7) foi,

então, denominado de “laje de cobertura”. Acima dele, existe apenas o fechamento da caixa do elevador, colocada um metro acima, conforme orientações gerais dos fabricantes.

Figura 27 – Níveis adotados na concepção estrutural.

Os principais parâmetros empregados no projeto estão mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Principais dados do projeto.

Dados geométricos de grupos e pisos					
grupo	**nome do grupo**	**piso**	**nome do piso**	**altura (m)**	**cota (m)**
8	laje elevador	8	laje elevador	1,00	16,75
7	laje cobertura	7	laje cobertura	2,05	15,75
6	guarda-corpo	6	guarda-corpo	1,10	13,70
5	laje 3º pav.	5	laje 3º pav.	3,15	12,60
4	laje 2º pav.	4	laje 2º pav.	3,15	9,45
3	laje 1º pav.	3	laje 1º pav.	3,15	6,30
2	laje térreo	2	laje térreo	3,45	3,15
1	baldrames	1	baldrames	0,48	– 0,30
0	fundação	-	-	-	– 0,78

Tabela 4 – Principais dados do projeto (continuação).

norma considerada	NB 1/2000 (Brasil)
combinações consideradas	concreto: NBR-8681(e.l.u.) edificação de habitação equilíbrio de fundações: NBR-8681(e.l.u.) edificação de habitação
concreto	C40; f_{ck} = 408 kgf/cm^2 e γ_c = 1,40, para toda a obra
aço	CA-50; f_{yk} = 5 097 kgf/cm^2, η= 1,5, γ_s = 1,15, para toda a obra
vento	realiza-se análise dos efeitos de 2ª ordem
	deslocamentos multiplicados por 1,43
	coeficientes de carga = 1,00, em qualquer direção
	velocidade básica = 25,00 km/h
	rugosidade categoria 111, classe C
	fator topográfico unitário
	largura das faixas (m) [X;Y] = [60,05;16,40]

3.3 *Pilares*

A estrutura lançada soma 94 pilares distribuídos conforme mostrado na Figura 28. A Tabela 5 apresenta as características físicas dos pilares, decorrentes do pré-dimensionamento da seção de concreto. Nesta tabela, o sistema de coordenadas tem origem no centro da caixa do elevador.

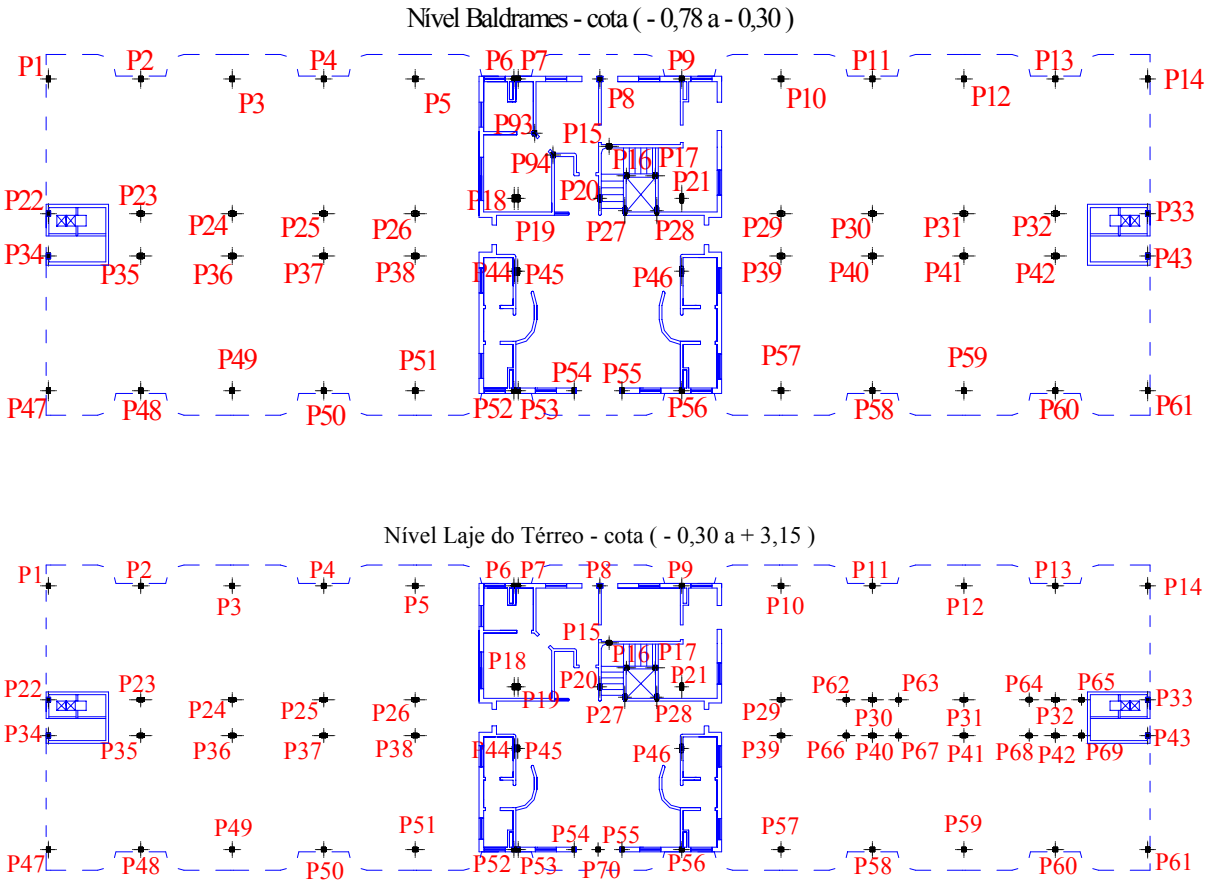
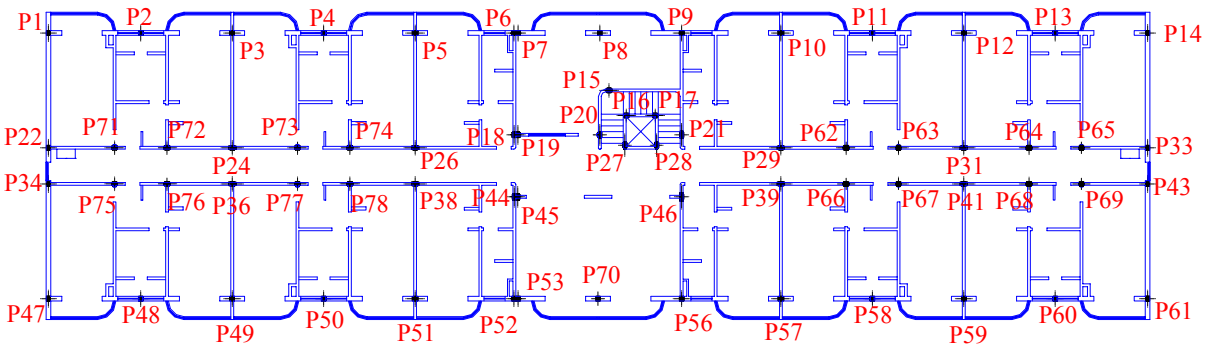
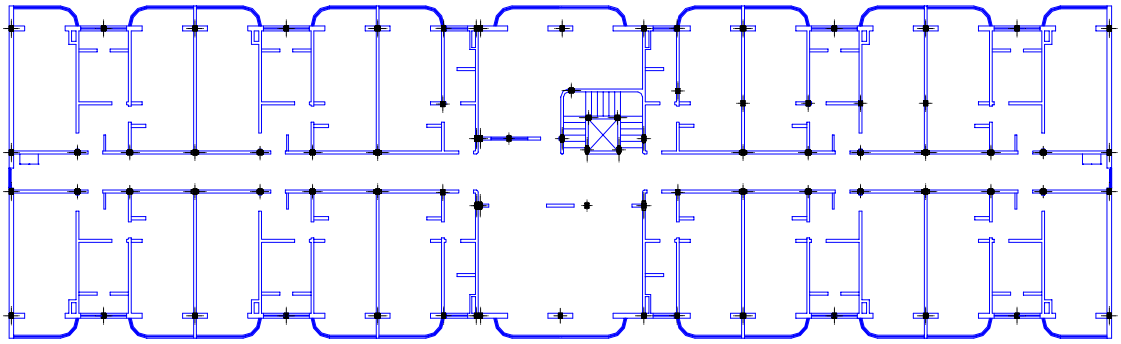


Figura 28 – Localização dos pilares.

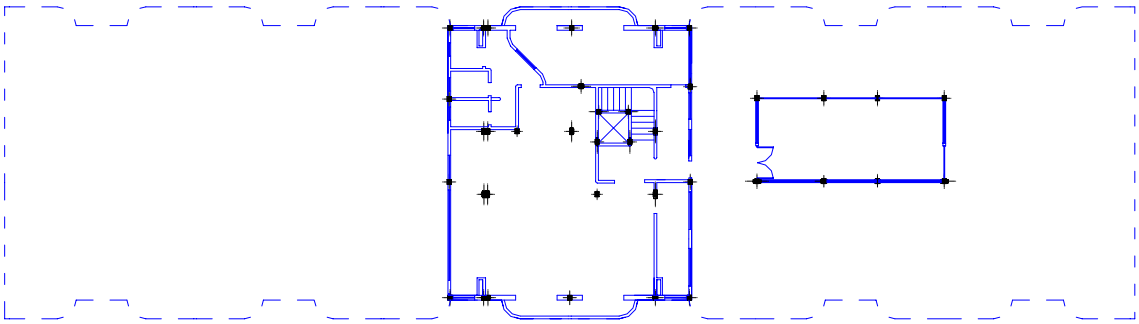
Nível Laje do 2º Pav. - cota (+ 6,30 a + 9,45)



Nível Laje do 3º Pav. - cota (+ 9,45 a + 12,60)



Nível Laje de Cobertura - cota (+ 12,60 a + 15,75)



Nível Laje do Elevador - cota (+ 15,75 a + 16,75)

Figura 28 – Localização dos pilares (continuação).

Tabela 5 – Pré-dimensionamento da seção de concreto e coordenadas dos pilares.

dados geométricos de pilares			
referência	**coordenadas [X / Y] (m)**	**gi – gf ***	**dimensões (m)**
P1	– 32,22 / 5,32	0 – 6	0,22 x 0,25
P2	– 27,20 / 5,32	0 – 5	0,26 x 0,22
P3	– 22,22 / 5,32	0 – 6	0,26 x 0,22
P4	– 17,25 / 5,32	0 – 5	0,25 x 0,22
P5	– 12,27 / 5,32	0 – 5 6 – 7	0,32 x 0,22 0,30 x 0,22
P6	– 6,80 / 5,43	0 – 7	0,20 x 0,22
P7	– 6,77 / 5,43	0 – 7	0,20 x 0,22
P8	– 2,22 / 5,32	0 – 7	0,20 x 0,22
P9	2,22 / 5,32	0 – 5	0,25 x 0,22
P10	– 7,62 / 5,32	0 – 5 5 – 6	0,32 x 0,22 0,30 x 0,22
P11	12,60 / 5,32	0 – 5	0,25 x 0,22
P12	17,57 / 5,32	0 – 6	0,25 x 0,22
P13	22,55 / 5,32	0 – 5	0,26 x 0,22
P14	27,57 / 5,32	0 – 6	0,25 x 0,22
P15	– 1,73 / 2,23	0 – 7	0,30 x 0,16
P16	– 0,94 / 0,87	0 – 7	0,30 x 0,14
P17	0,93 / 0,87	0 – 8	0,30 x 0,14
P18	– 6,80 / – 0,18	0 – 7	0,18 x 0,30
P19	– 6,77 / – 0,18	0 – 7	0,18 x 0,30
P20	– 2,23 / – 0,18	0 – 5	0,16 x 0,35
P21	2,23 / – 0,18	0 – 7	0,16 x 0,40
P22	– 32,22 / – 0,88	0 – 5	0,22 x 0,25
P23	– 27,20 / – 0,88	0 – 3	0,40 x 0,18

* gi: grupo inicial; gf: grupo final;

Tabela 5 – Pré-dimensionamento da seção de concreto e coordenadas dos pilares (continuação).

dados geométricos de pilares			
referência	**coordenadas [X / Y] (m)**	**gi – gf ***	**dimensões (m)**
P24	– 22,22 / – 0,88	0 – 5	0,40 x 0,18
P25	– 17,25 / – 0,88	0 – 3	0,40 x 0,18
P26	– 12,27 / – 0,88	0 – 2 3 – 5	0,40 x 0,20 0,40 x 0,18
P27	– 0,87 / – 0,93	0 – 8	0,14 x 0,40
P28	0,87 / – 0,93	0 – 8	0,14 x 0,40
P29	7,62 / – 0,88	0 – 2 3 – 5	0,40 x 0,20 0,40 x 0,18
P30	12,60 / – 0,88	0 – 2	0,40 x 0,18
P31	17,57 / – 0,88	0 – 5	0,40 x 0,18
P32	22,55 / – 0,88	0 – 2	0,40 x 0,18
P33	27,57 / – 0,88	0 – 5	0,22 x 0,25
P34	– 32,22 / – 2,83	0 – 6	0,22 x 0,25
P35	– 27,20 / – 2,83	0 – 3	0,40 x 0,18
P36	– 22,22 / – 2,83	0 – 5	0,40 x 0,18
P37	– 17,25 / – 2,83	0 – 3	0,40 x 0,18
P38	– 12,27 / – 2,83	0 – 2 2 – 5	0,40 x 0,20 0,40 x ,018
P39	7,62 / – 2,83	0 – 5 6 – 7	0,40 x 0,18 0,20 x 0,18
P40	12,60 / – 2,83	0 – 2	0,40 x 0,18
P41	17,57 / – 2,83	0 – 7	0,40 x 0,18
P42	22,55 / – 2,83	0 – 2	0,40 x 0,18
P43	27,57 / – 2,83	0 – 6	0,22 x 0,25
P44	– 6,80 / – 3,53	0 – 5	0,16 x 0,35

* gi: grupo inicial; gf: grupo final;

Tabela 5 – Pré-dimensionamento da seção de concreto e coordenadas dos pilares (continuação).

dados geométricos de pilares			
referência	**coordenadas [X / Y] (m)**	**gi – gf ***	**dimensões (m)**
P45	– 6,77 / – 3,53	0 – 5	0,16 x 0,35
P46	2,23 / – 3,53	0 – 2 3 – 7	0,20 x 0,45 0,18 x 0,45
P47	– 32,22 / – 9,03	0 – 6	0,22 x 0,25
P48	– 27,20 / – 9,03	0 – 5	0,25 x 0,22
P49	– 22,22 / – 9,03	0 – 6	0,25 x 0,22
P50	– 17,25 / – 9,03	0 – 5	0,25 x 0,22
P51	– 12,27 / – 9,03	0 – 6	0,30 x 0,22
P52	– 6,80 / – 9,14	0 – 7	0,20 x 0,22
P53	– 6,77 / – 9,14	0 – 7	0,20 x 0,22
P54	– 3,62 / – 9,03	0 – 2	0,20 x 0,22
P55	– 1,02 / – 9,03	0 – 2	0,20 x 0,22
P56	2,22 / – 9,03	0 – 7	0,25 x 0,22
P57	7,62 / – 9,03	0 – 6	0,30 x 0,22
P58	12,60 / – 9,03	0 – 5	0,25 x 0,22
P59	17,57 / – 9,03	0 – 6	0,25 x 0,22
P60	22,55 / – 9,03	0 – 5	0,26 x 0,22
P61	27,57 / – 9,03	0 – 6	0,22 x 0,25
P62	11,17 / – 0,88	2 – 3 4 – 5	0,36 x 0,16 0,32 x 0,16
P63	14,02 / – 0,88	2 – 3 4 – 5	0,36 x 0,16 0,32 x 0,16
P64	21,12 / – 0,88	2 – 3 4 – 5	0,36 x 0,16 0,32 x 0,16
P65	23,97 / – 0,88	2 – 3 4 – 5	0,37 x 0,16 0,32 x 0,16

* gi: grupo inicial; gf: grupo final;

Tabela 5 – Pré-dimensionamento da seção de concreto e coordenadas dos pilares (continuação).

dados geométricos de pilares			
referência	**coordenadas [X / Y] (m)**	**gi – gf ***	**dimensões (m)**
P66	11,17 / – 2,83	2 – 5 6 – 7	0,36 x 0,16 0,20 x 0,16
P67	14,02 / – 2,83	2 – 5 6 – 7	0,36 x 0,16 0,20 x 0,16
P68	21,12 / – 2,83	2 – 3 4 – 5	0,36 x 0,16 0,32 x 0,16
P69	23,97 / – 2,83	2 – 3 4 – 5	0,37 x 0,16 0,32 x 0,16
P70	– 2,32 / – 9,03	2 – 7	0,20 x 0,22
P71	– 28,62 / – 0,88	3 – 5	0,36 x 0,16
P72	– 25,77 / – 0,88	3 – 5	0,32 x 0,16
P73	– 18,68 / – 0,88	3 – 5	0,32 x 0,16
P74	– 15,83 / – 0,88	3 – 5	0,32 x 0,16
P75	– 28,62 / – 2,83	3 – 5	0,36 x 0,16
P76	– 25,77 / – 2,83	3 – 5	0,32 x 0,16
P77	– 18,68 / – 2,83	3 – 5	0,32 x 0,16
P78	– 15,83 / – 2,83	3 – 5	0,32 x 0,16
P79	– 8,79 / 5,32	5 – 7	0,20 x 0,22
P80	4,13 / 5,33	5 – 7	0,20 x 0,22
P81	4,07 / 2,20	5 – 7	0,14 x 0,25
P82	– 8,72 / 1,55	5 – 7	0,14 x 0,20
P83	7,62 / 1,59	5 – 7	0,14 x 0,20
P84	11,17 / 1,59	5 – 7	0,14 x 0,20
P85	14,02 / 1,59	5 – 7	0,14 x 0,20
P86	17,57 / 1,59	5 – 7	0,14 x 0,20

* gi: grupo inicial; gf: grupo final;

Tabela 5 – Pré-dimensionamento da seção de concreto e coordenadas dos pilares (continuação).

dados geométricos de pilares			
referência	**coordenadas [X / Y] (m)**	**gi – gf ***	**dimensões (m)**
P87	– 5,12 / – 0,18	5 – 7	∅ 15
P88	– 8,72 / – 2,87	5 – 7	0,14 x 0,20
P89	4,07 / – 2,87	5 – 7	0,14 x 0,20
P90	– 0,88 / – 3,53	5 – 7	∅ 15
P91	– 8,78 / – 9,02	5 – 7	0,20 x 0,22
P92	4,13 / – 9,02	5 – 7	0,20 x 0,22
P93	– 5,77 / 2,83	0 – 1	0,20 x 0,20
P94	– 4,78 / 1,83	0 – 1	0,20 x 0,20

* gi: grupo inicial; gf: grupo final;

Após diversas iterações, o programa gerou as armaduras detalhadas nas plantas Est-P01 a Est-P08. A Figura 29 exemplifica estes resultados com dois pilares. Em seguida, a Tabela 6 apresenta o resumo dos resultados obtidos, em função da especificação dos materiais a serem empregados na construção dos pilares.

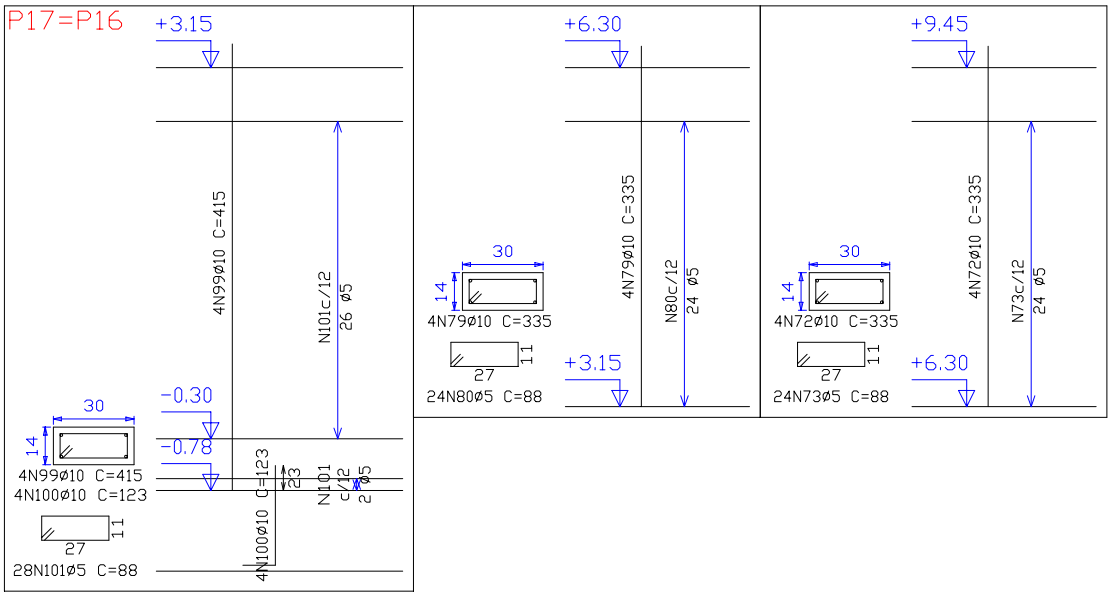


Figura 29 – Detalhamento de armaduras dos pilares P16 e P17.

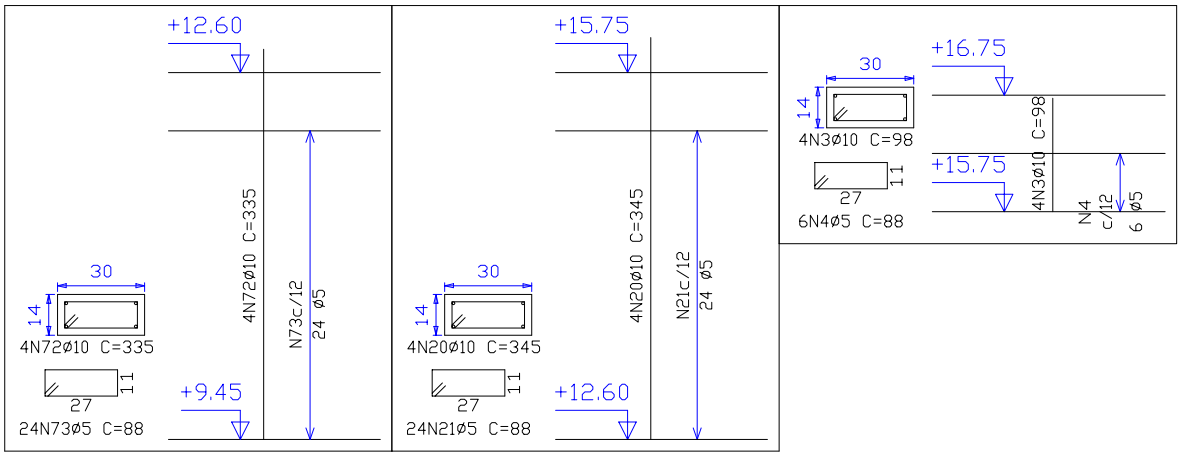


Figura 29 – Detalhamento de armaduras dos pilares P16 e P17 (continuação).

Tabela 6 – Resultado do dimensionamento dos pilares.

piso	tipo de aço	diâmetro (cm)	comprimento (m)	peso (kgf)	fôrmas (m^2)	concreto (m^3)
nível 1	em barras	∅ 10	3,60	2	--	--
		∅ 12,5	15,20	16	--	--
		∅ 20	20,80	57	--	--
	em estribos	∅ 5	4,80	1	--	--
		∅ 6,3	13,04	4	--	--
	em arranques	∅ 10	8,08	6	--	--
		∅ 12,5	17,54	19	--	--
		∅ 20	22,60	61	--	--
	total	--	--	**166**	**0,90**	**0,07**
nível 2	em barras	∅ 10	240,00	166	--	--
		∅ 12,5	531,66	574	--	--
		∅ 16	534,86	924	--	--
		∅ 20	594,02	1 616	--	--
		∅ 25	27,00	117	--	--

Tabela 6 – Resultado do dimensionamento dos pilares (continuação).

piso	tipo de aço	diâmetro (cm)	comprimento (m)	peso (kgf)	fôrmas (m^2)	concreto (m^3)
nível 2	em estribos	∅ 5	394,42	68	--	--
		∅ 6,3	1 204,30	328	--	--
		∅ 8	30,21	13	--	--
	em arranques	∅ 10	53,34	37	--	--
		∅ 12,5	105,34	114	--	--
		∅ 16	122,86	212	--	--
		∅ 20	132,56	361	--	--
		∅ 25	7,32	32	--	--
	total	**--**	**--**	**4 562**	**186,00**	**10,85**
nível 3	em barras	∅ 10	377,00	260	--	--
		∅ 12,5	471,64	509	--	--
		∅ 16	424,10	732	--	--
		∅ 20	262,90	715	--	--
	em estribos	∅ 5	831,43	144	--	--
		∅ 6,3	735,40	200	--	--
	em arranques	∅ 12,5	2,22	2	--	--
		∅ 16	52,16	90	--	--
		∅ 20	50,40	137	--	--
	total	--	--	**2 789**	**167,40**	**9,73**
nível 4	em barras	∅ 10	578,80	400	--	--
		∅ 12,5	412,20	445	--	--
		∅ 16	400,40	692	--	--
		∅ 20	117,20	319	--	--
	em estribos	∅ 5	1 121,12	194	--	--
		∅ 6,3	561,50	153	--	--

Tabela 6 – Resultado do dimensionamento dos pilares (continuação).

piso	tipo de aço	diâmetro (cm)	comprimento (m)	peso (kgf)	fôrmas (m^2)	concreto (m^3)
nível 4	arranques	∅ 16	89,08	154	--	--
	total	--	--	**2 357**	**176,40**	**10,22**
nível 5	em barras	∅ 10	681,08	471	--	--
		∅ 12,5	533,32	576	--	--
		∅ 16	178,70	309	--	--
		∅ 20	28,00	76	--	--
	em estribos	∅ 5	1 482,81	256	--	--
		∅ 6,3	282,33	77	--	--
	total	--	--	**1 765**	**176,40**	**10,22**
nível 6	em barras	∅ 10	153,40	106	--	--
		∅ 12,5	24,30	26	--	--
		∅ 16	5,60	10	--	--
		∅ 20	5,80	16	--	--
	em estribos	∅ 5	260,71	45	--	--
		∅ 6,3	13,99	4	--	--
	em arranques	∅ 10	21,00	15	--	--
		∅ 12,5	19,98	22	--	--
		∅ 16	4,84	8	--	--
		∅ 20	5,28	14	--	--
	total	--	--	**266**	**26,80**	**1,53**
nível 7	em barras	∅ 10	401,28	277	--	--
		∅ 12,5	30,84	33	--	--
	em estribos	∅ 5	579,42	100	--	--
	arranques	∅ 10	29,48	20	--	--
	total	--	--	**430**	**62,30**	**3,13**

Tabela 6 – Resultado do dimensionamento dos pilares (continuação).

piso	tipo de aço	diâmetro (cm)	comprimento (m)	peso (kgf)	fôrmas (m^2)	concreto (m^3)
nível 8	em barras	∅ 10	15,68	11	--	--
	em estribos	∅ 5	23,52	4	--	--
	total	--	--	**15**	**1,80**	**0,10**
totais	em barras	∅ 10	2 450,84	1 693	--	--
		∅ 12,5	2 019,16	2 179	--	--
		∅ 16	1 543,66	2 667	--	--
		∅ 20	1 028,72	2 799	--	--
		∅ 25	27,00	117	--	--
	em estribos	∅ 5	4 698,23	812	--	--
		∅ 6,3	2 810,56	766	--	--
		∅ 8	30,21	13	--	--
	em arranques	∅ 10	111,90	78	--	--
		∅ 12,5	145,08	157	--	--
		∅ 16	268,94	464	--	--
		∅ 20	210,84	573	--	--
		∅ 25	7,32	32	--	--
total obra		--	--	**12 350**	**798,00**	**45,85**

3.4 Vigas

O arranjo de vigas praticamente se repete nos diversos níveis da estrutura e a ordem de grandeza de seus comprimentos inviabiliza a representação legível dos detalhamentos no formato deste relatório. Assim, a Figura 30 apresenta uma viga menor, selecionada no conjunto detalhado nas plantas Est-V01 a Est-V20. A Tabela 7 apresenta os resultados do dimensionamento das vigas.

Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas.

viga	aço CA-50 (+ 10% - em kgf)									C 40 (m^3)
	∅ 5	∅ 6,3	∅ 8		∅ 12,5	∅ 16	∅ 20	∅ 25	total	concreto
baldrames										
VB1	25,5	13,3	32,6	5,6	14,1	--	--	--	91,1	1,606
VB2	34,5	17,9	44,6	8,0	13,3	--	--	--	118,3	2,168
VB3	2,2	1,0	1,7	--	--	--	--	--	4,9	0,077
VB4	1,1	0,9	0,9	--	--	--	--	--	2,9	0,042
VB5	4,3	2,3	8,3	--	--	--	--	--	14,9	0,259
VB6	3,0	1,4	3,4	--	--	--	--	--	7,8	0,118
VB7	1,3	1,0	3,5	--	--	--	--	--	5,8	0,122
VB8	5,2	2,6	2,0	--	10,7	6,4	--	--	26,9	0,305
VB9	5,2	2,6	2,0	--	10,7	6,4	--	--	26,9	0,305
VB10	19,7	10,4	21,6	16,1	6,5	--	--	-	74,3	1,286
VB11	28,5	14,3	38,4	23,7	--	--	--	--	104,9	1,825
VB12	3,8	1,7	--	5,8	--	--	--	--	11,3	0,139
VB13	3,8	1,7	--	5,8	--	--	--	--	11,3	0,139
VB14	19,7	10,4	24,4	6,9	13,6	--	--	--	75,0	1,286
VB15	19,7	10,4	24,3	2,6	20,2	--	--	--	77,2	1,286
VB16	5,2	2,6	4,4	2,3	10,7	--	--	--	25,2	0,305
VB17	5,2	2,6	2,0	4,5	10,7	--	--	--	25,0	0,305
VB18	2,2	1,0	1,7	--	--	--	--	--	4,9	0,077
VB19	2,4	1,1	1,9	--	--	--	--	--	5,4	0,089

Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas (continuação).

viga	aço CA-50 (+ 10% - em kgf)									C 40 (m^3)
	∅ 5	∅ 6,3	∅ 8	∅ 10	∅ 12,5	∅ 16	∅ 20	∅ 25	total	concreto
VB20	2,2	1,0	1,7	--	--	--	--	--	4,9	0,077
VB21	2,4	1,1	1,9	--	--	--	--	--	5,4	0,089
VB22	25,5	13,3	30,0	5,6	17,3	--	--	--	91,7	1,606
VB23	34,2	17,9	46,9	6,4	15,3	--	--	--	120,7	2,168
VB24	14,4	7,6	24,0	--	--	--	--	--	46,0	0,919
VB25	1,5	0,8	1,3	--	--	--	--	--	3,6	0,053
VB26	3,1	1,4	1,4	3,8	--	--	--	--	9,7	0,114
VB27	14,6	7,6	23,7	--	--	--	--	--	45,9	0,917
VB28	14,6	7,4	22,6	--	--	--	--	--	44,6	0,917
VB29	14,6	7,4	22,6	--	--	--	--	--	44,6	0,917
VB30	14,6	7,4	22,6	--	--	--	--	--	44,6	0,917
VB31	6,3	0,8	--	8,3	--	34,9	--	--	50,3	0,379
VB32	6,3	3,2	--	4,8	19,5	--	--	--	33,8	0,379
VB33	14,2	7,5	16,2	13,7	--	--	--	--	51,6	0,917
VB34	14,2	7,5	24,7	--	--	--	--	--	46,4	0,917
VB35	2,8	1,4	3,6	--	--	--	--	--	7,8	0,115
VB36	1,8	1,4	1,5	--	--	--	--	--	4,7	0,078
VB37	3,1	1,5	4,1	--	--	--	--	--	8,7	0,125
VB38	3,1	1,5	2,4	--	--	--	--	--	7,0	0,116
VB39	6,2	1,8	14,8	0,7	--	--	--	--	23,5	0,382
VB40	3,0	1,7	6,4	--	--	--	--	--	11,1	0,195
VB41	3,0	1,7	4,3	2,7	--	--	--	--	11,7	0,195
VB42	14,2	7,5	15,4	11,1	11,3	--	--	--	59,5	0,917
VB43	6,3	--	--	8,3	35,2	--	--	--	49,8	0,379
VB44	6,3	3,2	3,0	2,8	13,0	--	--	--	28,3	0,379
VB45	14,6	7,4	22,6	--	--	--	--	--	44,6	0,917
VB46	14,6	7,4	22,6	--	--	--	--	--	44,6	0,917
VB47	14,6	7,5	23,1	--	--	--	--	--	45,2	0,917

Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas (continuação).

viga	aço CA-50 (+ 10% - em kgf)									C 40 (m^3)
	∅ 5	∅ 6,3	∅ 8	∅ 10	∅ 12,5	∅ 16	∅ 20	∅ 25	total	concreto
VB48	14,6	7,6	23,7	--	-	--	--	--	45,9	0,917
VB49	3,1	1,4	1,4	3,8	--	--	--	--	9,7	0,114
VB50	1,5	0,8	1,3	--	--	--	--	--	3,6	0,053
VB51	14,4	7,6	24,0	--	--	--	--	--	46,0	0,919
total	**502,4**	**252,5**	**631,5**	**153,3**	**222,1**	**47,7**	**--**	**--**	**1 809,5**	**30,660**
laje do térreo										
V101	--	57,0	3,8	24,0	73,7	36,2	--	--	194,7	2,808
V102	--	77,4	7,3	48,6	83,8	22,0	--	--	239,1	3,790
V103	8,5	4,5	9,1	10,2	2,3	--	--	--	34,6	0,614
V104	1,4	1,0	1,4	2,6	--	--	--	--	6,4	0,131
V105	28,5	14,0	2,4	35,8	64,2	18,2	--	--	163,1	2,031
V106	3,2	34,9	13,8	11,2	293,2	11,7	---	364,1	732,1	3,041
V107	28,5	13,3	2,4	29,4	76,4	16,3	--	--	166,3	2,031
V108	--	10,1	1,6	10,0	265,2	17,8	--	360,1	664,8	2,438
V109	--	57,0	6,2	26,0	73,5	30,6	--	--	193,3	2,808
V110	--	71,4	6,3	58,1	126	33,7	--	48,7	344,2	3,790
V111	--	36,9	5,7	44,6	15,5	--	--	--	102,7	1,827
V112	6,8	3,2	2,6	5,6	19,6	--	--	--	37,8	0,451
V113	6,8	3,2	2,6	5,6	19,6	--	--	--	37,8	0,451
V114	6,8	3,2	--	11,9	3,0	21,2	--	--	46,1	0,480
V115	6,8	3,2	--	12,0	3,0	21,2	--	--	46,2	0,480
V116	6,8	3,2	2,6	--	23,5	--	--	--	36,1	0,451
V117	6,8	3,2	2,6	5,2	19,6	--	--	--	37,4	0,451
V118	--	16,3	1,1	10,7	6,7	20,9	--	--	55,7	0,816
V119	13,5	1,8	3,1	--	--	--	--	--	18,4	0,064
V120	--	16,3	1,1	10,7	6,7	20,9	--	--	55,7	0,816
V121	6,8	3,2	2,6	5,4	19,6	--	--	--	37,6	0,451

Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas (continuação).

viga	aço CA-50 (+ 10% - em kgf)									C 40 (m^3)
	∅ 5	∅ 6,3	∅ 8	∅ 10	∅ 12,5	∅ 16	∅ 20	∅ 25	total	concreto
V122	6,8	3,2	2,6	5,4	19,6	--	--	--	37,6	0,451
V123	6,8	3,2	--	12,2	22,6	--	--	--	44,8	0,480
V124	6,8	3,2	--	12,2	22,6	--	--	--	44,8	0,480
V125	6,8	3,2	2,6	--	23,5	--	--	--	36,1	0,451
V126	6,8	3,2	2,6	--	23,5	--	--	--	36,1	0,451
V127	--	16,3	1,1	6,7	34,1	--	--	--	58,2	0,816
V128	13,5	1,8	3,3	--	--	--	--	--	18,6	0,064
V129	--	16,3	1,1	6,7	34,1	--	--	--	58,2	0,816
V130	6,8	3,2	2,4	22,1	--	--	--	--	34,5	0,451
V131	6,8	3,2	--	22,1	--	--	--	--	32,1	0,451
V132	15,2	7,5	15,1	--	36,4	--	--	--	74,2	1,093
V133	15,2	7,5	23,1	2,3	12,9	--	--	--	61,0	1,093
V134	3,0	1,7	0,4	12,1	2,2	--	--	--	19,4	0,207
V135	1,4	--	1,6	2,6	4,2	--	--	--	9,8	0,132
V136	1,4	--	1,6	6,5	--	--	--	--	9,5	0,132
V137	--	29,4	12,0	21,5	22,3	23,1	--	--	108,3	1,400
V138	6,8	3,2	2,6	--	17,6	--	--	--	30,2	0,451
V139	6,8	3,2	2,6	--	13,1	8,1	--	--	33,8	0,451
V140	--	16,3	1,1	16,9	1,5	20,9	--	--	56,7	0,816
V141	13,5	1,8	3,9	--	--	--	--	--	19,2	0,064
V142	--	16,3	1,7	--	18,4	20,9	--	--	57,3	0,816
V143	7,0	3,9	2,6	--	9,8	21,2	--	--	44,5	0,463
V144	7,0	3,9	2,6	--	9,6	21,2	--	--	44,3	0,463
V145	7,0	3,9	2,6	9,1	--	21,2	--	--	43,8	0,463
V146	7,0	3,9	2,6	9,1	--	21,2	--	--	43,8	0,463
V147	--	16,3	2,9	8,0	8,4	20,9	--	--	56,5	0,816
V148	13,5	1,8	4,2	--	--	--	--	--	19,5	0,064

Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas (continuação).

viga	aço CA-50 (+ 10% - em kgf)									C 40 (m^3)
	∅ 5	∅ 6,3	∅ 8	∅ 10	∅ 12,5	∅ 16	∅ 20	∅ 25	total	concreto
V149	--	16,3	2,9	--	16,8	20,9	--	--	56,9	0,816
V150	7,0	3,9	2,4	--	9,6	21,2	--	--	44,1	0,463
V151	7,0	3,9	2,4	--	9,6	21,2	--	--	44,1	0,463
V152	7,0	3,2	2,6	13,1	19,2	--	--	--	45,1	0,463
V153	7,0	3,2	2,6	12,9	19,2	--	--	--	44,9	0,463
V154	--	36,9	2,2	47,4	20,7	--	--	--	107,2	1,827
total	**325,1**	**679,1**	**192,3**	**616,5**	**1 626,6**	**512,7**	**--**	**772,9**	**4 725,2**	**49,013**
laje do 1º pavimento										
V201	--	57,0	4,8	19,7	83,7	26,3	--	--	191,5	2,808
V202	--	77,4	10,6	63,0	68,9	11,8	--	--	231,7	3,790
V203	8,5	2,7	8,3	15,1	2,3	--	--	--	36,9	0,614
V204	1,4	1,0	1,4	2,6	--	--	--	--	6,4	0,131
V205		10,1	1,9	143,5	80,3	87,9	84,6	55,0	463,3	2,439
V206	31,7	25,8	55,6	36,3	34,9	--	--	--	184,3	2,635
V207	--	10,1	3,4	146,7	76,7	96,3	68,8	55,0	457,0	2,439
V208	28,3	12,6	37,3	27,7	11,4	--	--	--	117,3	2,031
V209	--	57,0	4,8	14,2	89,8	26,4	--	--	192,2	2,810
V210	--	85,7	12,7	22,5	100,4	21,6	--	--	242,9	3,791
V211	--	36,9	2,2	11,6	49,0	--	--	--	99,7	1,827
V212	6,1	3,9	2,6	9,0	--	21,2	--	--	42,8	0,432
V213	6,1	3,9	2,6	9,0	--	21,2	--	--	42,8	0,432
V214	6,1	3,9	3,8	--	9,4	21,2	--	--	44,4	0,432
V215	6,1	3,9	3,8	--	9,4	21,2	--	--	44,4	0,432
V216	6,9	3,7	2,3	5,6	27,8	--	--	--	46,3	0,519
V217	13,5	1,8	3,4	--	--	--	--	--	18,7	0,064
V218	6,9	3,7	2,3	5,6	27,8	--	--	--	46,3	0,519
V219	6,1	3,2	3,8	9,2	19,2	--	--	--	41,5	0,432

Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas (continuação).

viga	aço CA-50 (+ 10% - em kgf)									C 40 (m^3)
	∅ 5	∅ 6,3	∅ 8	∅ 10	∅ 12,5	∅ 16	∅ 20	∅ 25	total	concreto
V220	6,1	3,2	3,8	9,1	19,2	--	--	--	41,4	0,432
V221	6,1	3,9	3,8	8,9	--	21,2	--	--	43,9	0,432
V222	6,1	3,9	3,8	8,9	--	21,2	--	--	43,9	0,432
V223	6,9	3,7	3,7	7,0	28,9	--	--	--	50,2	0,519
V224	13,5	1,8	3,4	--	--	--	--	--	18,7	0,064
V225	6,9	3,7	3,7	7,0	28,9	--	--	--	50,2	0,519
V226	6,1	3,2	2,4	22,1	--	--	--	--	33,8	0,421
V227	6,1	3,2	2,4	22,1	--	--	--	--	33,8	0,421
V228	--	26,1	7,4	22,5	19,8	--	--	--	75,8	1,400
V229	14,3	11,8	16,1	18,9	--	--	--	--	61,1	1,021
V230	3,0	1,7	--	12,8	1,1	--	--	--	18,6	0,207
V231	1,4	--	--	6,5	--	--	--	--	7,9	0,132
V232	1,4	--	--	6,5	--	--	--	--	7,9	0,132
V233	6,3	25,0	3,9	11,5	35,2	31,5	--	--	113,4	1,166
V234	6,1	3,2	--	--	17,7	--	--	--	27,0	0,421
V235	6,1	3,2	--	21,2	--	--	--	--	30,5	0,421
V236	6,9	3,7	1,7	11,8	22,5	--	--	--	46,6	0,519
V237	13,5	1,8	3,4	--	--	--	--	--	18,7	0,064
V238	6,9	3,7	1,1	5,6	29,5	--	--	--	46,8	0,519
V239	6,1	3,2	--	9,1	26,0	--	--	--	44,4	0,432
V240	6,1	3,2	--	13,1	22,6	--	--	--	45,0	0,432
V241	6,1	3,9	--	--	6,4	28,7	--	--	45,1	0,432
V242	6,1	3,9	2,2	4,0	--	28,7	--	--	44,9	0,432
V243	6,9	3,7	2,9	--	30,3	--	--	--	43,8	0,519
V244	13,5	1,8	3,4	--	--	--	--	--	18,7	0,064
V245	6,9	3,7	1,1	1,9	30,6	--	--	--	44,2	0,519
V246	6,1	3,2	--	12,9	22,6	--	--	--	44,8	0,432

Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas (continuação).

viga	aço CA-50 (+ 10% - em kgf)									C 40 (m^3)
	∅ 5	∅ 6,3	∅ 8	∅ 10	∅ 12,5	∅ 16	∅ 20	∅ 25	total	concreto
V247	6,1	3,2	--	12,9	22,6	--	--	--	44,8	0,432
V248	6,1	3,2	2,2	13,4	19,6	--	--	--	44,5	0,432
V249	6,1	3,2	--	13,3	22,6	--	--	--	45,2	0,432
V250	--	36,9	5,5	11,1	49,1	--	--	--	102,6	1,827
total	**327,5**	**584,2**	**245,5**	**835,4**	**1 146,2**	**486,4**	**153,4**	**110,0**	**3 888,6**	**44,204**
laje do 2º pavimento										
V301	--	57,0	11,4	30,0	80,9	8,2	--	--	187,5	2,808
V302	--	77,4	13,2	60,5	69,1	11,8	--	--	232,0	3,790
V303	8,5	2,7	8,3	15,1	2,3	--	--	--	36,9	0,614
V304	1,4	1,0	1,4	2,5	--	--	--	--	6,3	0,131
V305	28,3	11,5	33,0	18,1	22,5	15,1	--	--	128,5	2,031
V306	31,7	27,0	50,6	32,0	38,9	--	--	--	180,2	2,635
V307	28,3	12,2	31,7	27,0	11,2	18,4	--	--	128,8	2,031
V308	28,3	17,3	34,7	15,2	23,3	--	--	--	118,8	2,031
V309	--	57,0	4,8	28,8	73,5	26,3	--	--	190,4	2,810
V310	--	86,3	12,7	20,8	100,4	21,4	--	--	241,6	3,791
V311	--	36,9	3,4	13,9	43,1	--	--	--	97,3	1,827
V312	6,1	3,2	--	5,8	29,4	--	--	--	44,5	0,432
V313	6,1	3,2	--	5,8	29,4	--	--	--	44,5	0,432
V314	6,1	3,9	--	8,9	6,4	21,2	--	--	46,5	0,432
V315	6,1	3,9	--	8,9	6,4	21,2	--	--	46,5	0,432
V316	6,9	3,7	2,3	2,0	28,6	--	--	--	43,5	0,519
V317	13,5	1,8	3,1	--	--	--	--	--	18,4	0,064
V318	6,9	3,7	2,3	2,0	28,6	--	--	--	43,5	0,519
V319	6,1	3,9	--	5,8	--	28,7	--	--	44,5	0,432
V320	6,1	3,9	--	5,8	--	28,7	--	--	44,5	0,432
V321	6,1	3,2	--	5,8	29,2	--	--	--	44,3	0,432

Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas (continuação).

viga	aço CA-50 (+ 10% - em kgf)									C 40 (m)
	∅ 5	∅ 6,3		∅ 10	∅ 12,5	∅ 16	∅ 20		total	concreto
V322	6,1	3,2	--	5,8	29,1	--	--	--	44,2	0,432
V323	6,9	3,7	2,6	3,9	32,6	--	--	--	49,7	0,519
V324	13,5	1,8	3,5	--	--	--	--	--	18,8	0,064
V325	6,9	3,7	1,7	4,7	28,0	2,7	--	--	47,7	0,519
V326	6,1	3,2	2,4	22,1	--	--	--	--	33,8	0,421
V327	6,1	3,2	2,6	22,1	--	--	--	--	34,0	0,421
V328	16,3	7,5	6,1	20,4	16,2	7,8	--	--	74,3	1,166
V329	14,3	10,1	15,0	19,9	--	--	--	--	59,3	1,021
V330	3,0	1,7	--	4,3	9,5	--	--	--	18,5	0,207
V331	1,4	--	--	5,2	--	--	--	--	6,6	0,132
V332	1,4	--	1,8	5,2	--	--	--	--	8,4	0,132
V333	13,6	15,7	7,4	9,9	51,8	9,0	--	--	107,4	1,166
V334	6,1	3,2	--	--	17,6	--	--	--	26,9	0,421
V335	6,1	3,2	--	21,0	--	--	--	--	30,3	0,421
V336	6,9	3,7	1,7	6,6	28,0	--	--	--	46,9	0,519
V337	13,5	1,8	3,3	--	--	--	--	--	18,6	0,064
V338	6,9	3,7	1,1	5,6	28,1	2,7	--	--	48,1	0,519
V339	6,1	3,2	--	14,9	19,6	--	--	--	43,8	0,432
V340	6,1	3,9	--	5,8	--	28,7	--	--	44,5	0,432
V341	6,1	3,9	--	5,8	--	28,7	--	--	44,5	0,432
V342	6,1	3,9	--	5,8	--	28,7	--	--	44,5	0,432
V343	6,9	3,7	1,1	2,0	30,3	--	--	--	44,0	0,519
V344	13,5	1,8	3,4	--	--	--	--	--	18,7	0,064
V345	6,9	3,7	2,9	--	30,3	--	--	--	43,8	0,519
V346	6,1	3,2	--	5,6	29,3	--	--	--	44,2	0,432
V347	6,1	3,2	--	14,7	19,6	--	--	--	43,6	0,432
V348	6,1	3,2	--	5,8	29,5	--	--	--	44,6	0,432

Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas (continuação).

viga	aço CA-50 (+ 10% - em kgf)									C 40 (m^3)
	∅ 5	∅ 6,3	∅ 8	∅ 10	∅ 12,5	∅ 16	∅ 20	∅ 25	total	concreto
V349	6,1	3,2	--	5,8	29,5	--	--	--	44,6	0,432
V350	--	36,9	4,2	32,2	26,8	--	--	--	100,1	1,827
total	**407,7**	**563,9**	**273,7**	**569,8**	**1 079,0**	**309,3**	**--**	**--**	**3 203,4**	**43,154**
laje do 3º pavimento										
V401	--	57,8	2,2	62,8	19,5	51,0	45,3	--	238,6	2,808
V402	--	77,4	4,4	68,1	81,0	43,2	--	--	274,1	3,790
V403	8,7	4,5	--	26,2	16,6	--	--	--	56,0	0,614
V404	1,4	1,0	1,2	2,6	--	--	--	--	6,2	0,131
V405	22,0	20,4	23,2	19,1	23,9	53,0	--	--	161,6	2,031
V406	32,3	20,6	53,1	48,9	44,0	26,9	--	--	225,8	2,635
V407	28,3	11,5	28,4	22,6	22,5	34,4	--	--	147,7	2,031
V408	29,1	9,7	43,9	16,8	32,8	--	--	--	132,3	2,031
V409	1,3	0,5	0,8	--	--	--	--	--	2,6	0,034
V410	--	57,0	2,2	70,1	42,1	19,0	--	--	190,4	2,810
V411	--	81,2	8,3	80,9	56,1	3,6	--	--	230,1	3,791
V412	--	36,9	7,9	7,3	43,2	--	--	--	95,3	1,827
V413	6,1	3,7	2,6	--	--	28,3	--	--	40,7	0,432
V414	6,1	3,7	2,6	--	--	28,5	--	--	40,9	0,432
V415	6,1	3,7	2,6	--	--	28,3	--	--	40,7	0,432
V416	6,1	3,7	2,6	-	--	28,3	--	--	40,7	0,432
V417	6,9	3,7	3,5	5,7	23,1	--	--	--	42,9	0,519
V418	13,5	1,8	2,1	3,2	--	--	--	--	20,6	0,064
V419	6,9	3,7	2,3	2,4	28,3	--	--	--	43,6	0,519
V420	6,1	3,2	2,6	2,4	24,3	--	--	--	38,6	0,432
V421	6,1	3,2	2,6	2,4	24,1	--	--	--	38,4	0,432
V422	6,1	3,2	2,6	2,4	23,9	--	--	--	38,2	0,432
V423	6,1	3,2	2,6	2,4	24,1	--	--	--	38,4	0,432

Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas (continuação).

viga	aço CA-50 (+ 10% - em kgf)									C 40 (m^3)
	∅ 5	∅ 6,3	∅ 8	∅ 10	∅ 12,5	∅ 16	∅ 20	∅ 25	total	concreto
V424	6,9	3,7	2,3	9,1	5,2	20,9	--	--	48,1	0,519
V425	19,8	--	5,6	2,0	--	7,2	--	--	34,6	0,064
V426	1,0	12,6	1,1	2,0	5,2	16,3	33,4	--	71,6	0,519
V427	6,3	3,2	2,6	--	22,8	--	--	--	34,9	0,447
V428	6,3	3,9	3,8	--	--	37,4	--	--	51,4	0,436
V429	16,3	7,5	9,9	20,9	10,4	--	--	--	65,0	1,166
V430	13,8	7,5	8,1	26,6	13,1	--	--	--	69,1	1,021
V431	3,1	1,7	6,0	--	--	--	--	--	10,8	0,155
V432	2,4	3,0	2,2	11,9	3,3	--	--	---	22,8	0,207
4V33	1,4	--	--	6,5	--	--	--	--	7,9	0,132
V434	1,4	--	1,8	5,0	--	--	--	--	8,2	0,132
V435	6,3	16,5	18,5	41,7	26,5	11,0	--	--	120,5	1,166
V436	6,3	3,2	2,6	18,0	--	--	--	--	30,1	0,447
V437	6,3	3,2	2,6	5,9	19,6	--	--	--	37,6	0,436
V438	6,9	3,7	1,1	6,2	28,1	--	--	--	46,0	0,519
V439	19,8	--	2,8	--	8,7	15,5	--	--	46,8	0,064
V440	1,0	13,6	2,7	4,0	7,8	--	--	68,1	97,2	0,519
V441	6,1	3,7	3,8	5,2	--	21,2	--	--	40,0	0,432
V442	6,1	3,9	3,8	--	--	--	34,0	17,9	65,7	0,432
V443	6,1	3,7	3,8	5,4	--	21,2	--	--	40,2	0,432
V444	6,1	3,9	3,8	--	--	--	34,0	17,7	65,5	0,432
V445	6,9	3,7	1,1	11,0	1,6	20,7	--	--	45,0	0,519
V446	19,8	1,8	2,7	--	--	11,6	--	--	35,9	0,064
V447	6,9	3,7	5,2	0,9	6,8	36,6	--	--	60,1	0,519
V448	6,1	3,2	2,4	2,4	23,9	--	--	--	38,0	0,432
V449	6,1	3,2	2,4	8,9	19,2	--	--	--	39,8	0,432
V450	6,1	3,9	2,6	--	--	28,4	--	--	41,0	0,432
V451	6,1	3,9	2,6	--	--	28,5	--	--	41,1	0,432

Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas (continuação).

viga	aço CA-50 (+ 10% - em kgf)									C 40 (m^3)
	∅ 5	∅ 6,3	∅ 8	∅ 10	∅ 12,5	∅ 16	∅ 20	∅ 25	total	concreto
V452	--	36,9	7,9	24,6	26,4	--	--	--	95,8	1,827
total	**406,9**		**320,1**	**664,5**	**758,1**	**621,0**	**146,7**	**103,7**	**3 595,1**	**43,425**
laje de cobertura										
V501	--	3,9	1,4	4,8	--	--	--	--	10,1	0,219
V502	--	24,5	4,9	24,5	--	--	--	--	53,9	1,201
V503	10,3	5,5	6,0	16,6	--	--	--	--	38,4	0,746
V504	10,0	5,1	12,9	--	--	--	--	--	28,0	0,424
V505	1,4	--	--	5,1	--	--	--	--	6,5	0,131
V506	1,8	1,6	2,8	--	--	--	--	--	6,2	0,078
V507	1,5	1,4	1,4	--	--	--	--	--	4,3	0,072
V508	3,0	1,7	4,7	2,5	--	--	--	--	11,9	0,216
V509	2,0	--	--	5,6	--	--	--	--	7,6	0,130
V510	9,8	5,1	12,9	--	--	--	--	--	27,8	0,426
V511	3,1	2,5	5,6	--	--	--	--	--	11,2	0,137
V512	--	3,9	1,6	5,2	--	--	--	--	10,7	0,219
V513	--	23,8	0,9	28,9	--	--	--	--	53,6	1,201
5V14	13,8	4,3	1,3	30,5	33,8	--	--	--	83,7	1,020
V515	5,3	2,9	2,2	2,1	11,2	--	--	--	23,7	0,403
V516	4,9	2,9	9,1	--	--	--	--	--	16,9	0,374
V517	2,4	1,3	4,1	--	--	--	--	--	7,8	0,118
V518	4,1	1,6	2,4	11,2	--	--	--	--	19,3	0,237
V519	1,4	--	--	5,2	--	--	--	--	6,6	0,132
V520	10,5	6,0	1,1	14,5	14,3	4,0	--	--	50,4	0,781
V521	13,8	7,4	3,4	22,9	30,2	--	--	--	77,7	1,020
V522	4,5	2,3	8,7	--	--	--	--	--	15,5	0,193
V523	4,5	2,3	8,5	--	--	--	--	--	15,3	0,193
total	**108,1**	**110,0**	**95,9**	**179,6**	**89,5**	**4,0**	**--**	**--**	**587,1**	**9,671**

Tabela 7 – Resultado do dimensionamento de vigas (continuação).

viga	aço CA-50 (+ 10% - em kgf)									C 40 (m^3)
	∅ 5	∅ 6,3	∅ 8	∅ 10	∅ 12,5	∅ 16	∅ 20	∅ 25	total	concreto
laje do elevador										
V601	1,4	1,0	1,0	2,5	--	--	--	--	5,9	0,131
V602	1,6	1,0	--	2,6	--	--	--	--	5,2	0,112
V603	1,6	1,0	1,0	2,5	--	--	--	--	6,1	0,131
V604	1,4	1,0	1,0	2,6	--	--	--	--	6,0	0,132
V605	1,6	1,0	--	2,6	--	--	--	--	5,2	0,112
V606	1,4	1,0	1,4	2,4	--	--	--	--	6,2	0,132
total	**9,0**	**6,0**	**4,4**	**15,2**	**--**	**--**	**--**	**--**	**34,6**	**0,750**
total da obra	**∅ 5**	**∅ 6,3**	**∅ 8**	**∅ 10**	**∅ 12,5**	**∅ 16**	**∅ 20**	**∅ 25**	**total**	
	2 086,7	2 769,8	1 763,4	3 034,3	4 921,5	1 981,1	300,1	986,6	17 843,5	220,877

resumo dos quantitativos (+ 10%)									
viga	**aço CA-50 (kgf)**								**C 40 (m^3)**
	∅ 5	**∅ 6,3**	**∅ 8**	**∅ 10**	**∅ 12,5**	**∅ 16**	**∅ 20**	**∅ 25**	**total**
baldrame	552,6	277,8	6 94,7	168,6	244,3	52,5	--	--	1 990,5
Térreo	357,6	747,0	2 11,5	678,2	1 789,3	564,0	--	850,2	5 197,8
1º Pav.	360,3	642,6	2 70,1	918,9	1 260,8	535,0	168,7	121,0	4 277,4
2º Pav.	448,5	620,3	301,1	626,8	1 186,9	340,2	--	--	3 523,8
3º Pav.	447,6	631,5	352,1	731	833,9	683,1	161,4	114,1	3 954,7
cobert.	118,9	121,0	105,5	1 97,6	98,5	4,4	--	--	645,9
elevador	9,9	6,6	4,8	16,7	--	--	--	--	38,0
totais	**2 295,4**	**3 046,8**	**1 939,8**	**3 337,8**	**5 413,7**	**2 179,2**	**330,1**	**1 085,3**	**19 628,1**

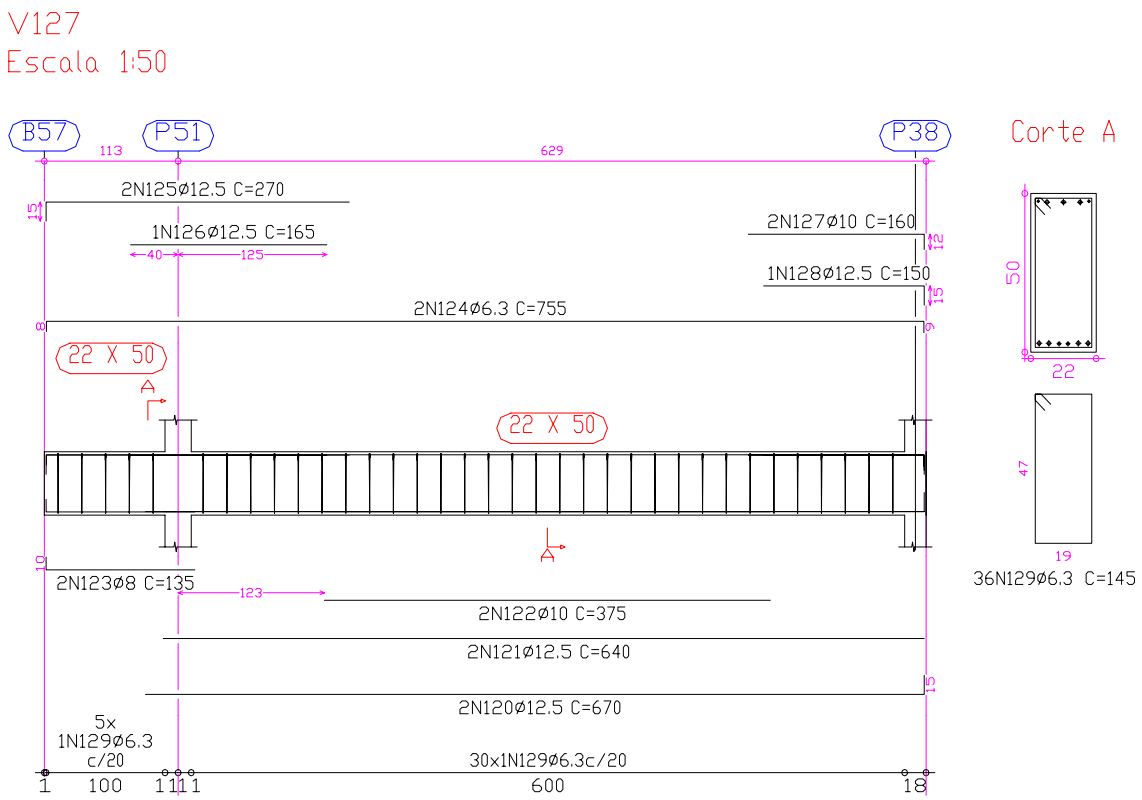


Figura 30 – Detalhamento da armadura da viga V127.

3.5 Lajes

O detalhamento das armaduras das lajes foi efetuado tal como o das vigas, com planta de fôrmas para cada pavimento. As lajes são maciças, com exceção daquelas que servem de piso para as áreas centrais dos pavimentos, de maiores dimensões (vãos livres), calculadas como lajes nervuradas, conforme seção transversal mostrada na figura 31.

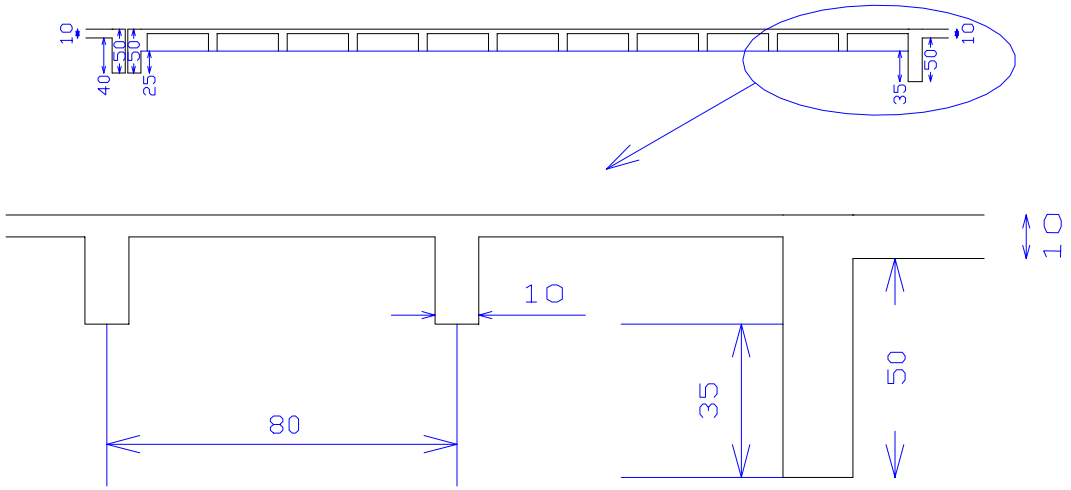


Figura 31 – Detalhe da seção transversal das lajes nervuradas (cm).

Os resultados estão separados por tipos de armaduras, a saber:

a) armadura longitudinal superior;
b) armadura longitudinal inferior;
c) armadura transversal superior;
d) armadura transversal inferior; e
e) armadura contra puncionamento.

Para as lajes maciças, tais armaduras aparecem sem qualquer outra indicação, apenas com o detalhe de que o termo “transversal” utilizado não corresponde ao emprego de estribos, como acontece com as vigas. No caso das lajes, esse termo descreve apenas o sentido de distribuição das barras de aço, perpendicular ao sentido longitudinal.

Já para as lajes nervuradas, ocorre uma separação em “armadura de base” e “armadura de reforço”: a primeira é destinada à plataforma de suporte e a segunda, às vigotas das nervuras. Os detalhamentos dessas armaduras aparecem em plantas separadas. A necessidade

de desenhos em escalas maiores, bem como a pequena quantidade de informações apresentadas nos detalhamentos justificam a ausência de diagramas neste texto. A tabela 8 apresenta os resultados do dimensionamento de lajes.

Tabela 8 – Resultado do dimensionamento de lajes

armadura longitudinal superior								
∅ (mm)	**medida**	**térreo**	**1º pav.**	**2º pav.**	**3º pav.**	**cobert.**	**elev.**	**totais**
∅ 4,2	CT (m)	770,0	788,5	579,7	1852,6	199,1	76,4	--
	P (kgf)	92	95	70	222	24	9	512
∅ 5	CT (m)	878,8	1530,3	1894,3	707,0	265,9	769,3	--
	P (kgf)	152	264	327	122	46	133	1 044
∅ 6,3	CT (m)	990,4	984,7	1475,4	945,5	58,8	162,9	--
	P (kgf)	269	268	401	257	16	44	1 255
∅ 8	CT (m)	1167,0	910,8	516,6	1323,4	207,6	42,4	--
	P (kgf)	504	393	223	571	90	18	1 799
∅ 10	CT (m)	26,7	110,2	104,6	252,5	100,8	--	--
	P (kgf)	18	76	72	174	70	--	410
∅ 12,5	CT (m)	52,1	14,4	18,9	17,8	--	--	--
	P (kgf)	56	16	20	19	--	--	111
∅ 16	CT (m)	19,6	27,8	27,5	13,6	--	--	--
	P (kgf)	34	48	47	23	--	--	152
∅ 20	CT (m)	4,2	13,7	13,7	17,8	--	--	--
	P (kgf)	11	37	37	48	--	--	133
∅ 25	CT (m)	--	--	--	4,3	--	--	--
	P (kgf)	--	--	--	19	--	--	19
total por pav. (kgf)		**1 136**	**1 197**	**1 197**	**1 455**	**246**	**204**	**5 435**

CT: comprimento total; P: peso, com perdas (+ 10%);

Tabela 8 – Resultado do dimensionamento de lajes (continuação).

armadura longitudinal inferior									
∅ (mm)	**medida**	**térreo**	**1º pav.**	**2º pav.**	**3º pav.**	**cobert.**	**elev.**	**nerv.**	**totais**
∅ 4,2	CT* (m)		145,7	7,4	--	76,4	--	--	**--**
	P* (kgf)	--	17	1	--	9	--	--	**27**
∅ 5	CT (m)	4 623,9	4 995,6	5 173,0	4 586,8	769,3	24,0	1 980,0	**--**
	P (kgf)	799	863	893	792	133	4	344	**3 828**
∅ 6,3	CT (m)	1 577,9	1 024,5	1 047,4	1 393,5		--	--	**--**
	P (kgf)	429	279	285	379	44	--	--	**1 416**
∅ 8	CT (m)	51,5	231,8	255,5	560,6	42,4	--	--	**--**
	P (kgf)	22	100	110	242	18	--	--	**492**
∅ 10	CT (m)	41,7	28,7	53,6	35,0	--	--	--	**--**
	P (kgf)	29	20	37	24	--	--	--	**110**
∅ 12,5	CT (m)	78,4	100,9	84,0	55,4	--	--	--	**--**
	P (kgf)	85	109	91	60	--	--	--	**345**
∅ 16	CT (m)		28,2	28,2	62,7	--	--	--	**--**
	P (kgf)	56	49	49	108	--	--	--	**262**
∅ 20	CT (m)	--	--	--	19,2	--	--	--	**--**
	P (kgf)	--	--	--	52	--	--	--	**52**
total por pav. (kgf)		**1 420**	**1 437**	**1 466**	**1 657**	**204**	**4**	**344**	**6 532**

armadura transversal superior								
∅ (mm)	**medida**	**térreo**	**1º pav.**	**2º pav.**	**3º pav.**		**elev.**	**totais**
∅ 4,2	CT (m)	145,2	18,9	33,2	57,0	442,2	13,2	--
	P (kgf)	17	2	4	7	53	2	**85**
∅ 5	CT (m)	326,8	220,0	327,6	219,5	260,5	--	--
	P (kgf)	56	38	57	38	45	--	**234**
∅ 6,3	CT (m)	2 223,3	2 226,3		1 093,8	63,4	--	--
	P (kgf)	605	606	566	298	17	--	**2 092**

CT: comprimento total; P: peso, com perdas (+ 10%);

Tabela 8 – Resultado do dimensionamento de lajes (continuação).

armadura transversal superior								
∅ (mm)	**medida**	**térreo**	**1º pav.**		**3º pav.**	**cobert.**	**elev.**	**totais**
∅ 8	CT (m)	1 132,0	1 501,7	1 591,2	1 991,6	62,1	--	--
	P (kgf)	489	648	687	860	27	--	
∅ 10	CT (m)	296,2	267,0	89,9	796,5	78,4	--	--
	P (kgf)	205	184	62	550	54	--	**1 055**
∅ 12,5	CT (m)	46,1	45,0	44,1	34,1	--	--	--
	P (kgf)	50	49	48		--	--	**184**
∅ 16	CT (m)		17,0	16,8	34,4	--	--	--
		16	29	29	59	--	--	**133**
∅ 20	CT (m)	--	--	--		225,0	--	--
	P (kgf)	--	--	--	--	612	--	**612**
total por pav. (kgf)		**1 438**	**1 556**	**1 453**	**1 849**	**808**	**2**	**7 106**

armadura transversal inferior									
∅ (mm)	**medida**	**térreo**	**1º pav.**	**2º pav.**	**3º pav.**	**cobert.**	**elev.**	**nerv.**	**totais**
∅ 4,2	CT (m)	606,5	614,6	620,9	504,3	29,0	--	--	--
	P (kgf)		74	74	60	3	--	--	**284**
∅ 5	CT (m)	1 882,6	810,2	1 108,8	1 899,5	280,5	24,0	2 000,8	--
	P (kgf)	325	140	191	328	48	4	348	**1 384**
∅ 6,3	CT (m)	2 329,2	3 312,8	3 398,4	3 161,6	737,8	--	--	--
	P (kgf)	634	901	924	860	201	--	--	**3 520**
∅ 8	CT (m)	381,0	410,5	169,2	540,4	4,2	--	--	--
	P (kgf)	164	177	73	233	2	--		**649**
∅ 10	CT (m)	17,2	25,3	31,4	2,9	33,0	--	--	--
	P (kgf)	12	17	22	2	23	--	--	**76**
∅ 12,5		117,5	101,8	95,5	56,9	--	--	--	--
	P (kgf)	127	110	103	61	--	--	--	**401**

CT: comprimento total; P: peso, com perdas (+ 10%);--

Tabela 8 – Resultado do dimensionamento de lajes (continuação).

Armadura transversal inferior									
∅ (mm)	**medida**	**térreo**	**1º pav.**	**2º pav.**	**3º pav.**	**cobert.**	**elev.**	**nerv.**	**totais**
∅ 16	CT (m)	26,1	26,1	26,1	107,1	--	--	--	**--**
	P (kgf)	45	45	45	185	--	--	--	**320**
total por pav. (kg)		**1 380**	**1 464**	**1 432**	**1 729**	**277**	**4**	**348**	**6 634**

CT: comprimento total; P: peso, com perdas (+ 10%);

Por fim, a Tabela 9 mostra um quadro-resumo do dimensionamento da estrutura do edifício, separado por níveis, conforme Figura 27.

Tabela 9 – Quadro-resumo do dimensionamento estrutural do projeto.

baldrames			
elemento	fôrmas (m^2)	volume (m^3)	barras (kg)
vigas – fundo	79,55	30,61	1 960
vigas – fôrma lateral	337,16	--	--
pilares – sup. fôrmas	0,60	0,04	64
total	417,31	30,65	2 024
laje do térreo			
elemento	fôrmas (m^2)	volume (m^3)	barras (kg)
lajes maciças	776,81	77,68	4 788
nervuradas	69,84	6,77	586
vigas – fundo	91,95	48,89	5 199
vigas – fôrma lateral	427,61		--
pilares – sup. fôrmas	187,30	11,06	4 765
total	1 553,51	144,40	15 338

Tabela 9 – Quadro-resumo do dimensionamento estrutural do projeto (continuação).

laje do 1º pavimento			
elemento	fôrmas (m^2)	volume (m^3)	barras (kg)
lajes maciças	786,32	78,63	5 071
nervuradas	69,96	6,79	
vigas – fundo	82,62	44,10	4 256
vigas – fôrma lateral	409,36	--	--
pilares – sup. fôrmas	170,00	9,87	2 937
total	1 518,26	139,39	12 847
laje do 2º pavimento			
	fôrmas (m^2)	volume (m^3)	barras (kg)
lajes maciças	786,36	78,64	4 971
nervuradas	69,96	6,79	578
vigas – fundo	82,87	43,05	3 525
vigas – fôrma lateral		--	--
pilares – sup. fôrmas	179,60	10,38	2 460
total	1 517,80	138,86	11 534
laje do 3º pavimento			
elemento	fôrmas (m^2)	volume (m^3)	barras (kg)
lajes maciças	790,64	79,06	5 946
nervuradas	69,83	6,77	748
vigas – fundo	82,99	43,34	
vigas – fôrma lateral	397,92	--	--
pilares – sup. fôrmas	179,60	10,38	1 923
total	1 520,98	139,55	12 568
guarda-corpo			
elemento	fôrmas (m^2)	volume (m^3)	barras (kg)
pilares – sup. fôrmas	27,00	1,55	307
total	27,00	1,55	307

Tabela 9 – Quadro-resumo do dimensionamento estrutural do projeto (continuação).

laje de cobertura			
elemento	fôrmas (m^2)	volume (m^3)	barras (kg)
lajes	121,79	12,18	1 535
vigas – fundo	19,90	9,64	647
vigas – fôrma lateral	105,18	--	--
pilares – sup. fôrmas	62,30	3,13	460
total	309,17	24,95	2 642
elemento	fôrmas (m^2)	volume (m^3)	barras (kg)
lajes	2,13	0,21	11
vigas – fundo	1,20	0,74	38
vigas – fôrma lateral	7,37	--	--
	1,80	0,10	15
total	12,50	1,05	64
total da obra			
elemento	fôrmas (m^2)	volume (m^3)	barras (kg)
lajes maciças	3 264,05	326,40	22 322
nervuradas	279,59	27,12	2 495
vigas – fundo	441,08	220,37	19 576
vigas – fôrma lateral	2 083,61	--	--
pilares – sup. fôrmas	808,20	46,51	12 931
total	6 876,53	620,40	57 324

3.6 Fundações

As fundações foram calculadas com base em um ensaio de sondagem disponível na Divisão de Engenharia (DE) do CTA, anexo a este documento, cujas características são descritas a seguir. Tal ensaio foi realizado a aproximadamente 400 m do local definido para o projeto, conforme mostrado na Figura 32.

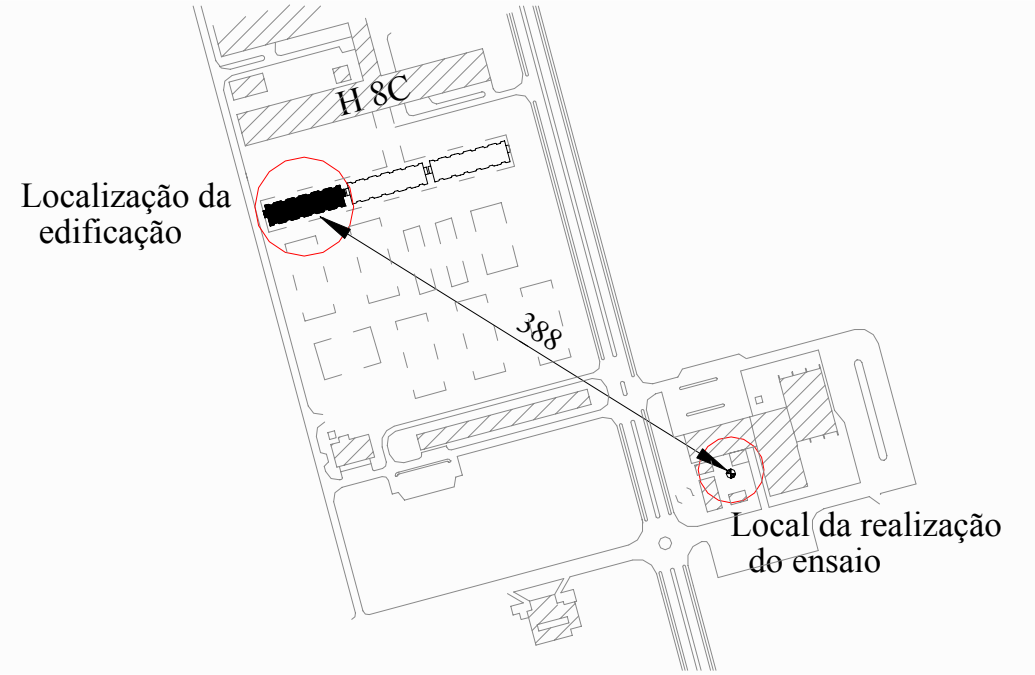


Figura 32 – Local de realização do ensaio de sondagem SPT (distância em metros).

A sondagem foi realizada com tubo de revestimento de 2 ½" de diâmetro, atingindo o total perfurado de 16,45 m, com amostrador tipo Terzaghi & Peck 13/8" e 2" de diâmetros interno e externo, respectivamente, sem encontrar o nível d'água. Podem ser identificadas duas lâminas de areia intercalando camadas de argila até uma profundidade de 12,00 m, onde tem início uma camada de areia fina e média, variando de siltosa a muito siltosa, compacta ocre. Entre 7,00 m e 9,00 m foi registrado um decréscimo de resistência na camada de argila, que pode ser explicado pela incorreta técnica de lavagem, sem que se tivesse atingido o nível d'água, o que causou ruptura local do solo, com alteração de suas características. Mais detalhes sobre o comportamento do solo saturado podem ser encontradas em Lambe & Whitman (1969).

Portanto, este decréscimo pode ser desconsiderado, ficando o $N_{SPTMéd}$ da camada em torno de 27. A partir dos 12,00 m, a resistência é crescente, com valores maiores que N_{SPT} 30. Os valores médios por camadas, considerados no projeto, estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados médios por camada do ensaio de sondagem a percussão.

profundidade (m)	ΔL (m)	N_{SPT}	profundidade (m)	ΔL (m)	N_{SPT}
de 0 a 6,00	6,00	6	de 7,00 a 12,00	5,00	25
de 6,00 a 7,00	1,00	19	aos 12,00	--x--	30

3.6.1 Características das estacas

O ensaio realizado mostrou que o solo apresenta boas características de resistência a partir dos 12,00 m, onde tem lugar uma camada de areia siltosa fina e média. Por isso, foi adotado comprimento de 12,00 m para as estacas, com diâmetros entre 0,35 m e 0,60 m, para a aplicação dos métodos de dimensionamento de fundações profundas.

3.6.2 Carregamentos

Os pilares no pavimento térreo estão ligados aos blocos das fundações e suas cargas, decorrentes da associação mais desfavorável de carregamento, estão mostradas na Tabela 11.

Tabela 11 – Cargas aplicadas às fundações (tf).

I		II		III		IV		V		VI	
P1	53,51	P11	88,93	P21	84,46	P31	92,5	P41	89,48	P51	110,07
P2	96,44	P12	96,30	P22	52,80	P32	89,83	P42	89,76	P52	53,30
P3	95,39	P13	93,57	P23	93,96	P33	53,77	P43	54,35	P53	29,50
P4	86,57	P14	52,92	P24	81,39	P34	53,09	P44	62,08	P54	47,10
P5	120,37	P15	47,85	P25	82,38	P35	93,71	P45	49,68	P55	45,82
P6	61,03	P16	11,73	P26	106,24	P36	81,38	P46	125,16	P56	94,44

Tabela 11 – Cargas aplicadas às fundações (tf) (continuação).

I		II		III		IV		V		VI	
P7	35,13	P17	12,19	P27	36,62	P37	82,57	P47	53,23	P57	102,15
P8	63,12	P18	64,95	P28	24,15	P38	98,26	P48	95,76	P58	86,15
P9	89,22	P19	38,17	P29	108,58	P39	97,8	P49	95,06	P59	94,28
P10	113,4	P20	61,83	P30	90,36	P40	86,73	P50	87,78	P60	94,2
										P61	53,61

3.6.3 Método de Aoki & Veloso (Schnaid, 2000)

A formulação deste método contempla:

$$Q_{rup} = A_P \frac{K\ N_P}{F_1} + P\ \Sigma\left(\frac{\alpha\ K\ N_M}{F_2}\right) \Delta L \qquad (1)$$

em que se têm:

A_P: área de ponta da estaca

P: perímetro da estaca (m)

ΔL: espessura de cada camada de solo (m)

N_P: N_{SPT} próximo à ponta da estaca

N_M: N_{SPT} médio para cada ΔL

K: variável com o material $\Rightarrow$ K = 0,35 MPa (as estacas atravessam camadas com predominância de argila e lâminas de areia) e K = 0,80 MPa na ponta da estaca

α: variável com o material = 2,4 % (idem a K)

F_1: variável de adequação do modelo = 1,75 (estaca pré-moldada de concreto)

F_2: variável de adequação do modelo = 3,50 (estaca pré-moldada de concreto)

A Tabela 12 mostra os resultados da aplicação dos fatores acima no cálculo da capacidade de suporte para diversos diâmetros de estacas.

Tabela 12 – Aplicação da formulação de Aoki & Veloso (1) ao projeto.

diâmetro (m)	**área** (m^2)	**perímetro** (m)	**res. ponta**		**fuste**		**Q_{rup}**	
			(MN)	(tf)	(MN)	(tf)	(MN)	(tf)
0,35	0,096	1,100	1,32	135	0,48	49	1,79	183
0,40	0,126	1,257	1,72	176	0,54	55	2,27	231
0,45	0,159	1,414	2,18	222	0,61	62	2,79	285
0,50	0,196	1,571	2,69	274	0,68	69	3,37	344
0,55	0,238	1,728	3,26	333	0,75	77	4,00	409
0,60	0,283	1,885	3,88	396	0,81	83	4,69	479
0,65	0,332	2,042	4,55	464	0,88	90	5,43	554

3.6.4 Método de Decourt & Quaresma (Schnaid, 2000)

A formulação deste método contempla:

$$Q_{rup} = \alpha\ K\ N_P\ A_P + P\ \beta\ \Sigma 10\ (\frac{N_M}{3} + 1)\ \Delta L \qquad (2)$$

em que se têm:

A_P: área de ponta da estaca (m^2)

P: perímetro da estaca (m)

ΔL: espessura de cada camada de solo (m)

N_P: N_{SPT} próximo à ponta da estaca

N_M: N_{SPT} médio para cada ΔL

K: variável com o tipo de solo, 120 kPa ≤ K ≤ 400 kPa (adotado K = 300 kPa, pois a ponta da estaca estará em contato com uma camada de areia fina siltosa, não areia pura)

α: variável com o tipo de estaca e o tipo de solo = 1 (estaca cravada em qualquer tipo de solo)

β: variável com o tipo de estaca e o tipo de solo = 1 (estaca cravada em qualquer tipo de solo)

A Tabela 13 mostra os resultados da aplicação dos fatores acima no cálculo da capacidade de suporte para diversos diâmetros de estacas.

Tabela 13 – Aplicação da formulação de Decourt & Quaresma (2) ao projeto.

diâmetro (m)	**área** (m^2)	**perímetro** (m)	**res. ponta**		**fuste**		**Q_{rup}**	
			(MN)	(tf)	(MN)	(tf)	(MN)	(tf)
0,35	0,096	1,100	0,87	89	0,79	81	1,66	169
0,40	0,126	1,257	1,13	115	0,90	92	2,04	208
0,45	0,159	1,414	1,43	146	1,02	104	2,45	250
0,50	0,196	1,571	1,77	181	1,13	115	2,90	296
0,55	0,238	1,728	2,14	218	1,24	127	3,38	345
0,60	0,283	1,885	2,54	259	1,36	139	3,90	398

3.6.5 Método Racional (Bowles, 1982)

3.6.5.1 CAPACIDADE ESTÁTICA RESISTIVA DE PONTA

Segundo formulação de Meyerhof

$$P_P = A_P\,(40\ N)\,\frac{L_B}{B} \leq A_P\,(400\ N) \qquad (\ 3\ )$$

em que se têm:

A_P: área de ponta da estaca (m^2)

N: N_{SPT} próximo à ponta da estaca, corrigido para N_{55}

B: diâmetro da estaca (m)

L_B: largura da camada onde se apóia a estaca (solos estratificados)

3.6.5.2 CAPACIDADE RESISTIVA LATERAL (MÉTODO α)

O método α se baseia na seguinte formulação

$$f_S = \alpha\ c + q\ K\ tg\ \delta \qquad (4)$$

em que:

α = coeficiente alfa = 0,75

c = coeficiente médio de coesão = 4,00 KPa

q = tensão vertical efetiva da camada ($\gamma_{MÉD}$ = 17 KN/m^3, ΔL = 12,00 m)

K = 1,00

δ = ângulo de atrito efetivo entre o solo e a estaca (pode ser considerado o próprio coeficiente de atrito interno do solo, θ)

Então, f_S = (0,75) 4 + 17 (6,00) (1,00) tg 30° ⇒ f_S = 61,89 kPa.

A Tabela 14 mostra os resultados da aplicação dos fatores acima no cálculo da capacidade de suporte para diversos diâmetros de estacas.

Tabela 14 – Aplicação das formulações de Meyerhof (3) e do método α (4) ao projeto.

diâmetro (m)	**área** (m^2)	**perímetro** (m)	**L_B/B**	**res. ponta**		**fuste**		**Q_{rup}**	
			14,8	(MN)	(tf)	(MN)	(tf)	(MN)	(tf)
0,35	0,096	1,100	12,7	1,47	150	0,82	84	2,29	233
0,40	0,126	1,257	11,1	1,92	196	0,93	95	2,85	291
0,45	0,159	1,414	9,9	2,40	245	1,05	107	3,45	352
0,50	0,196	1,571	8,9	2,67	272	1,17	119	3,84	391
0,55	0,238	1,728	8,1	2,94	300	1,28	131	4,22	431
0,60	0,283	1,885	7,4	3,20	327	1,40	143	4,60	470

3.6.6 Dimensionamento

Os resultados apresentados nas Tabelas 12, 13 e 14, quando comparados com a magnitude das cargas da Tabela 11, mostram que são necessários 3 diâmetros diferentes de estacas para a execução das fundações em blocos de estaca única, com variações desde 0,35 m até mais de 0,70 m, o que é bastante inconveniente na hora da execução, sob o aspecto prático, envolvendo equipamentos de cravação diferentes, podendo inclusive levar a erros capazes de comprometer toda a obra, caso os diâmetros venham a ser trocados, na hora da cravação. Assim, é preferível adotar-se estacas de mesmo diâmetro em todo o projeto, variando-se a quantidade de estacas por fundação, a fim de atingir os coeficientes de segurança necessários.

Assim, o dimensionamento está proposto tomando-se por base estacas pré-fabricadas de concreto armado de 35 cm de diâmetro (A_P = 0,096 m^2 e P = 1,1 m) e 12,0 m de comprimento. Das Tabelas 12, 13 e 14, é possível extrair-se os seguintes resultados para estas estacas (P_P: resistência de ponta; P_L: resistência de atrito lateral):

Aoki & Veloso $\Rightarrow$ $P_P = 135$ *tf e* $P_L = 49$ *tf;*

Decourt & Quaresma $\Rightarrow$ $P_P = 89$ *tf e* $P_L = 81$ *tf;*

Meyerhof/α $\Rightarrow$ $P_P = 150$ *tf e* $P_L = 84$ *tf;*

Além destes resultados, deve-se considerar que a resistência de ponta obtida em fundações com mais de uma estaca é igual à soma dos valores obtidos para cada estaca da fundação. O mesmo não ocorre com a resistência de atrito lateral, já que a cravação de estacas próximas acaba por romper completamente a estrutura do solo na região interna ao arranjo das estacas, eliminando a resistência. Para se determinar a resistência lateral resultante, devem-se somar apenas aquelas áreas sob influência de uma única estaca, o que, para arranjos com 2, 3 ou 4 estacas, resulta no mesmo valor de uma estaca isolada.

Por outro lado, os diversos métodos de dimensionamento analisados conduzem a resultados diferentes, pois estão baseados em hipóteses e comprovações empíricas distintas, cabendo ao projetista a escolha dos parâmetros a utilizar. Neste caso, foram adotados os valores de resistência intermediários, com P_P = 135 tf e P_L = 81 tf.

A Tabela 15 mostra os coeficientes de segurança obtidos para cada arranjo de estacas adotado, tanto para o caso de solo seco (k_{Sseco}), quanto para o caso da presença de água (k_{Sw}), que prevê rompimento do solo, com a capacidade de suporte sendo representada apenas pela resistência de ponta e o atrito lateral sendo somado à carga aplicada.

Tabela 15 – Coeficientes de segurança das fundações.

fundação	carga (tf)	estacas	capacidade de suporte (tf)		k_{Sseco}	k_{Sw}
			seco	úmido		
P1		2	351	270	6,5	2,0
P2	96,44	3	486	405	5,0	2,2
P3	95,39	3	486	405	5,0	2,2
P4	86,57	3	486	405	5,6	2,4
P5	120,37	4	621	540	5,1	2,6
P6 + P7	96,16	3	486	405	5,0	2,2
P8	63,12	2	351	270	5,5	1,8
P9	89,22	3	486	405	5,4	2,3
P10	113,40	4	621	540	5,4	2,7
P11	88,93	3	486	405	5,4	2,3
P12	96,30	3	486	405	5,0	2,2
P13	93,57	3	486	405	5,1	2,3
P14	52,92	2	351	270	6,6	2,0
P15	47,85	2	351	270	7,3	2,0
	11,73	1	216	135	18,4	1,4
P17	12,19	1	216	135	17,7	1,4
P18 + P19	103,12	3	486	405	4,7	2,1
	61,83	2	351	270	5,6	1,8
P21	84,46	1	216	135	2,5	0,8

Tabela 15 – Coeficientes de segurança das fundações (continuação).

fundação	carga (tf)	estacas	capacidade de suporte (tf)		k_{Sseco}	k_{Sw}
			seco	úmido		
P22	52,80	2	351	270	6,6	2,0
P23	93,96	3	486		5,1	2,3
P24	81,39	3	486	405	5,9	2,4
P25	82,38	3	486	405	5,8	2,4
P26	106,24	3	486	405	4,5	2,1
P27	36,62	1	216	135	5,8	1,1
P28	24,15	1	216	135	8,9	1,2
P29	108,58	4	621	540	5,7	2,8
P30	90,36	3	486	405	5,3	2,3
P31	92,50	3	486	405	5,2	2,3
P32	89,83	3	486		5,4	2,3
P33	53,77	2	351	270	6,5	2,0
P34	53,09	2	351	270	6,6	2,0
P35	93,71	3	486		5,1	2,3
P36	81,38	3	486	405	5,9	2,4
P37	82,57	3	486	405	5,8	2,4
P38	98,26	3	486	405	4,9	2,2
P39	97,80	3	486	405	4,9	2,2
P40	86,73	3	486	405	5,6	2,4
P41	89,48	3	486	405	5,4	2,3
P42	89,76	3		405	5,4	2,3
P43	54,35	2	351	270	6,4	1,9
	111,76	4	621	540	5,5	2,8
P46	125,16	4	621	540	4,9	2,6

Tabela 15 – Coeficientes de segurança das fundações (continuação).

fundação	carga (tf)	estacas	capacidade de suporte (tf)		k_{Sseco}	k_{Sw}
			seco	úmido		
P47	53,23	2	351	270	6,5	2,0
P48	95,76	3	486	405	5,0	2,2
P49	95,06	3	486	405	5,1	2,3
P50	87,78	3	486	405	5,5	2,3
P51	110,07	4	621	540	5,6	2,8
P52 + P53	100,40	3	486	405	4,8	2,2
	47,10	1	216	135	4,5	1,0
P55	45,82	1		135	4,7	1,0
P56	94,44	3	486	405	5,1	2,3
	102,15	3	486	405	4,7	2,2
P58	86,15	3	486	405	5,6	2,4
P59	94,28	3	486	405	5,1	2,3
P60	94,20	3	486	405	5,1	2,3
P61	53,61	2		270	6,5	2,0

Tendo estabelecido o número de estacas por fundação, o passo seguinte é o dimensionamento da armadura dos blocos de união das cabeças das estacas. Esses blocos têm dimensões e formatos diretamente ligados à quantidade de estacas que unem. O programa *CYPECAD*® realizou o dimensionamento, cujos resultados estão apresentados na Tabela 16. A Figura 33 mostra detalhes dos blocos de fundação e das armaduras, com referência às plantas Est-F01 a Est-F04.

Serão executados 6 blocos para 1 estaca em cada bloco, 11 para 2 estacas em cada um, 34 para 3 estacas e 6 blocos para 4, totalizando 154 estacas pré-fabricadas de concreto armado, todas com 35 cm de diâmetro e 12,00 m de profundidade.

Tabela 16 – Dimensionamento da armadura de fundação.

resumo dos quantitativos (+ 10% para o aço)									
referência	**aço CA-50 (kgf)**							**concreto (m^3)**	
	∅ 8	**∅ 10**	**∅ 12,5**	**∅ 16**	**∅ 20**	**∅ 25**	**total**	**bloco**	**limpeza***
P1, P22, P34, P47	--	4 x 34,40	4 x 13,48	--	--	--	191,52	4 x 0,44	4 x 0,10
P 2	--	22,28	33,20	10,32	11,40	--	77,20	0,69	0,14
P3	--	22,28	37,27	--	12,05	--	71,60	0,69	0,14
P4, P50	--	2 x 22,29	2 x 33,20	--	2 x 17,09	--	145,16	2 x 0,69	2 x 0,14
P5	--	30,49	63,61	21,04	--	--	115,14	0,98	0,20
P6 + P7	--	26,07	35,15	--	11,39	--	72,61	0,69	0,14
P8		33,23	11,19	9,69	--	--	54,11	0,44	0,10
P9	--		35,21	--	11,82	--	69,32	0,69	0,14
P10	--	30,32	--	117,48	11,71	--	159,51	0,98	0,20
P11	--	22,29	35,21	--	11,71	--	69,21	0,69	0,14
P12	--	22,29	37,31	--		--	71,64	0,69	0,14
P13	--	22,28	37,27	--	11,94	--	71,49	0,69	0,14
P14	--	33,23	9,79	6,46	--	--	49,48	0,44	0,10
P15	--	41,31	--	--	10,30	--	51,61	0,39	0,10
P16	4,53	10,69	--	--	--	--	15,22	0,37	0,05
P17	4,53	10,77	--	--	--	--	15,30	0,37	0,05
P18 + P19	--	25,26	1,94	60,62	11,40	--	99,22	0,69	0,14
P20	--	32,36	12,58	12,22	--	--		0,39	0,10
P21	--	21,41	33,19	10,00	11,18	--	75,78	0,62	0,14
P23, P35	--	2 x 22,29	2 x 50,74	--	--	--	146,06	2 x 0,69	2 x 0,14
P24, P32, P36, P40, P42	--	5 x 22,28	5 x 35,15	--	5 x 11,40	--	344,15	5 x 0,69	5 x 0,14
P25, P37, P41	--	3 x 22,29	3 x 37,10	--	3 x 11,40	--	212,37	3 x 0,69	3 x 0,14

* refere-se à camada de concreto para a regularização do fundo.

Tabela 16 – Dimensionamento da armadura de fundação (continuação).

resumo dos quantitativos (+ 10% para o aço)									
referência	**aço CA-50 (kgf)**							**concreto (m^3)**	
	∅ 8	**∅ 10**	**∅ 12,5**	**∅ 16**	**∅ 20**	**∅ 25**	**total**	**bloco**	**limpeza**
P26	--	21,47	--	50,84	11,62	--	83,93	0,69	0,14
P27	4,53	7,49	2,50	--	14,10	--	28,62	0,37	0,05
P28	4,53	10,69	--	--	--	--	15,22	0,37	0,05
P29	--	30,49	59,62	10,52	11,71	--	112,34	0,98	0,20
P30	--	22,28	33,20	13,61	--	--	69,09	0,69	0,14
P31	--	22,29	33,20	--	17,09	--	72,58	0,69	0,14
P33	--	36,78	14,87	--	--	--	51,65	0,44	0,10
P38	--	21,48	--	57,78	--	--	79,26	0,69	0,14
P39	--	22,28	38,71	6,88	11,51	--	79,38	0,69	0,14
P43	--	33,23	13,04	6,45	--	--	52,72	0,44	0,10
P44 + P45	--	31,59	--	19,51	78,76	--	129,86	0,88	0,20
P46	--	31,73	--	76,38	--	30,51	138,62	0,98	0,20
P48	--	22,28	33,20	10,32	11,40	--	77,20	0,69	0,14
P49	--	22,28	37,27	--	12,05	--	71,60	0,69	0,14
P51	--	30,31	--	91,66	17,91	--	139,88	0,98	0,20
P52 + P53	--	22,28	39,05	10,21	--	--	71,54	0,69	0,14
P54, P55	2 x 4,53	2 x 7,49	--	2 x 8,55	--	--	41,14	2 x 0,37	2 x 0,05
P56	--	21,48	--	70,71	17,74	--	109,93	0,69	0,14
P57	--	21,48	2,01	60,62	11,82	--	95,93	0,69	0,14
P58	--	29,85	37,23	--	--	--	67,08	0,69	0,14
P59	--	22,28	37,27	--	11,94	--	71,49	0,69	0,14
P60	--	22,28	37,27	--	11,94	--	71,49	0,69	0,14
P61	--	43,08	--	6,45	--	--	49,53	0,44	0,10
totais	**32,52**	**1 415,00**	**1 310,21**	**756,87**	**491,91**	**30,51**	**4 037,02**	**36,34**	**7,27**

***** refere-se à camada de concreto para a regularização do fundo.

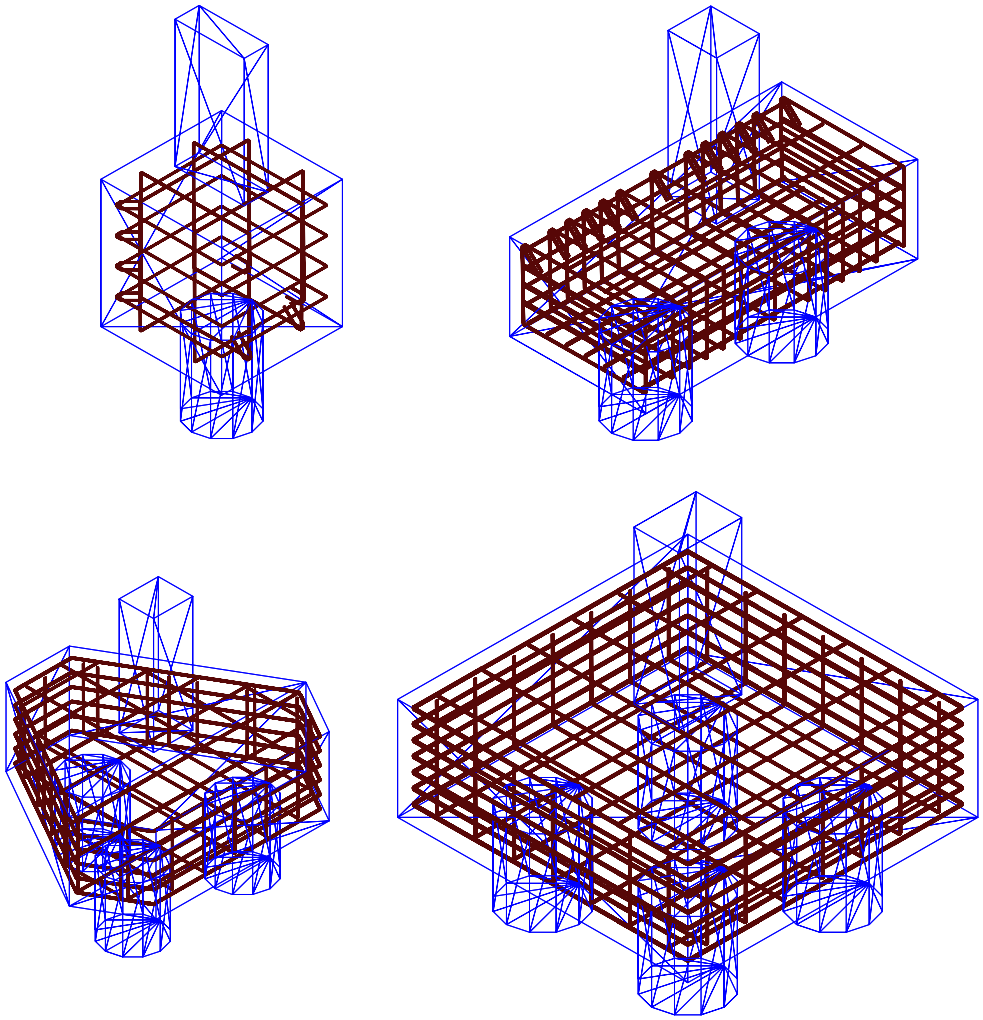


Figura 33 – Caracterização dos blocos de fundação.

4 O Subsistema de Distribuição de Água Fria

Para prover o edifício de um abastecimento visando a reduzir a possibilidade de falhas, como baixa pressão nos pontos de utilização, baixa vazão nos horários de pico, etc., foi idealizado um sistema de abastecimento a partir da rede pública do CTA, cujo distribuidor passa pelas alamedas contíguas à edificação.

Após realizar contatos junto à DE – CTA, foi verificado que a pressão de abastecimento do distribuidor público no local não comporta a adoção de um sistema de distribuição direto, pois as alturas envolvidas na edificação excedem a altura manométrica disponível. Assim, adotou-se um sistema indireto de distribuição com bombeamento, admitindo-se reservatórios de acumulação, inferior e superior.

Um problema comum em edifícios é a baixa pressão disponível nos chuveiros do último pavimento, por ser este o ponto crítico do sistema, com a menor diferença de altura em relação à cota de fundo dos reservatórios superiores. Para saná-lo, foi idealizado um *reservatório elevado*, com cota de fundo maior que a dos reservatórios superiores, a fim de abastecer exclusivamente os chuveiros do último pavimento, proporcionando um incremento de altura manométrica.

4.1 Dimensionamento dos Circuitos

Os diversos ambientes com pontos de utilização foram separados por circuitos hidráulicos, aplicando-se o conceito de consumo máximo possível para dimensionar os ramais. Este critério de dimensionamento justifica-se pela utilização peculiar da edificação, basicamente destinada a receber estudantes após a jornada diária de trabalho, de forma que se admite a chegada simultânea de muitos moradores iniciando-se de imediato o consumo. Em vez de usar o método das seções equivalentes de ½, optou-se por empregar diretamente o critério da capacidade máxima de vazão dos tubos.

As Tabelas 17 e 18 apresentam os principais parâmetros utilizados no projeto (Creder, 1991). A Tabela 19 define os circuitos de utilização de água fria, para efeitos de dimensionamento. Em todos os casos, foi adotada tubulação de PVC rígido de seção circular

para instalações prediais de água fria, com juntas soldadas, conforme especificado por Creder (1991).

Tabela 17 – Requisitos hidráulicos mínimos nos pontos de utilização (adaptada de Creder, 1991).

peça	Q (l/min)	Q (l/s)	P (mca)	∅ referência (pol)	peso ABNT
pia de copa	15	0,25	0,5	½	0,7
chuveiro	18	0,30	0,5	¾	0,5
lavatório	12	0,20	1,0	½	0,5
vaso sanitário com caixa acoplada	9	0,15	0,5	½	0,3
torneira de uso geral	18	0,30	1,0		1,0
ducha íntima / bidê	16	0,27	1,0	½	0,1
filtro / bebedouro	3	0,05	2,0	½	0,1
banheira	18	0,30	1,0	¾	1,0
máquina de lavar roupas	18	0,30	0,5	¾	1,0
tanque de lavar roupas	18	0,30	1,80	¾	1,0

Tabela 18 – Características dos tubos de PVC soldáveis (adaptada de Creder, 1991)

∅ referência (mm – pol)	∅ nominal (mm)	espessura da parede (mm)	seção útil (mm^2)	$V_{MÁX}$* do escoamento (m/s)	$Q_{MÁX}$ (l/min)
10 – $^3/_8$	16	1,5	78,54	1,40	6,60
15 – ½	20	1,5	176,71	1,71	18,13
20 – ¾	25	1,7	314,16	1,98	37,32
25 – 1	32	2,1	490,87	2,21	
32 – 1 ¼	40	2,4	804,25	2,50	120,64
40 – 1 ½	50	3,0	1 256,63	2,50	188,50
50 – 2	60	3,3	1 963,50	2,50	294,52
60 – 2 ½		4,2	2 827,43	2,50	424,50
75 – 3	85	4,7	4 417,86	2,50	662,68

$V_{MÁX}$: segundo Creder (1991), por Norma, as velocidades máximas nas tubulações não devem ultrapassar 2,5 m/s e nem os valores resultantes da expressão $V = 14.\sqrt{D}$, em que V (velocidade média) e D (diâmetro) são expressos no S.I.

Tabela 19 – Denominação dos circuitos de distribuição de água fria.

circuito	dependência
A	alojamento de serviço – banheiro e copa
B	
C	hall de entrada do térreo – sanitários do lado esquerdo
D	hall de entrada do térreo – sanitários do lado direito
E	apartamento conjugado para casal – banheiros e minicopas
F	apartamento simples para casal – banheiro e minicopa
G	apartamento para PDF – banheiro e minicopa
H	apartamento conjugado para solteiro – 1º e 2º andares – banheiro e minicopa
I	apartamento simples para solteiro – 1º e 2º andares – banheiro e minicopa
J	
K	apartamento simples para solteiro – último andar – banheiro e minicopa
L	churrasqueira e lavabos anexos
M	lavanderia
N	lanchonete

A Figura 34 mostra as plantas dos diversos pavimentos com a localização dos circuitos de utilização de água fria apresentados na Tabela 19.

Os Esquemas 1 a 13 detalham cada um dos circuitos e mostram os somatórios das vazões e dos pesos (padrão ABNT) por trecho ou sub-ramal. Nestes esquemas, a grandeza em vermelho, que sucede ao símbolo "∅" indica o diâmetro nominal do tubo no trecho, em mm, resultante da comparação entre os valores das vazões em cada trecho e os máximos apresentados na Tabela 18; a grandeza em azul, assinalada entre parênteses, é o somatório parcial da vazão, em l/min; a grandeza em preto, assinalada entre colchetes, indica a rosca do adaptador solda/rosca necessário ao encaixe da peça de utilização; por fim, a grandeza em verde, assinalada entre chaves, é o somatório parcial dos pesos, padrão ABNT.

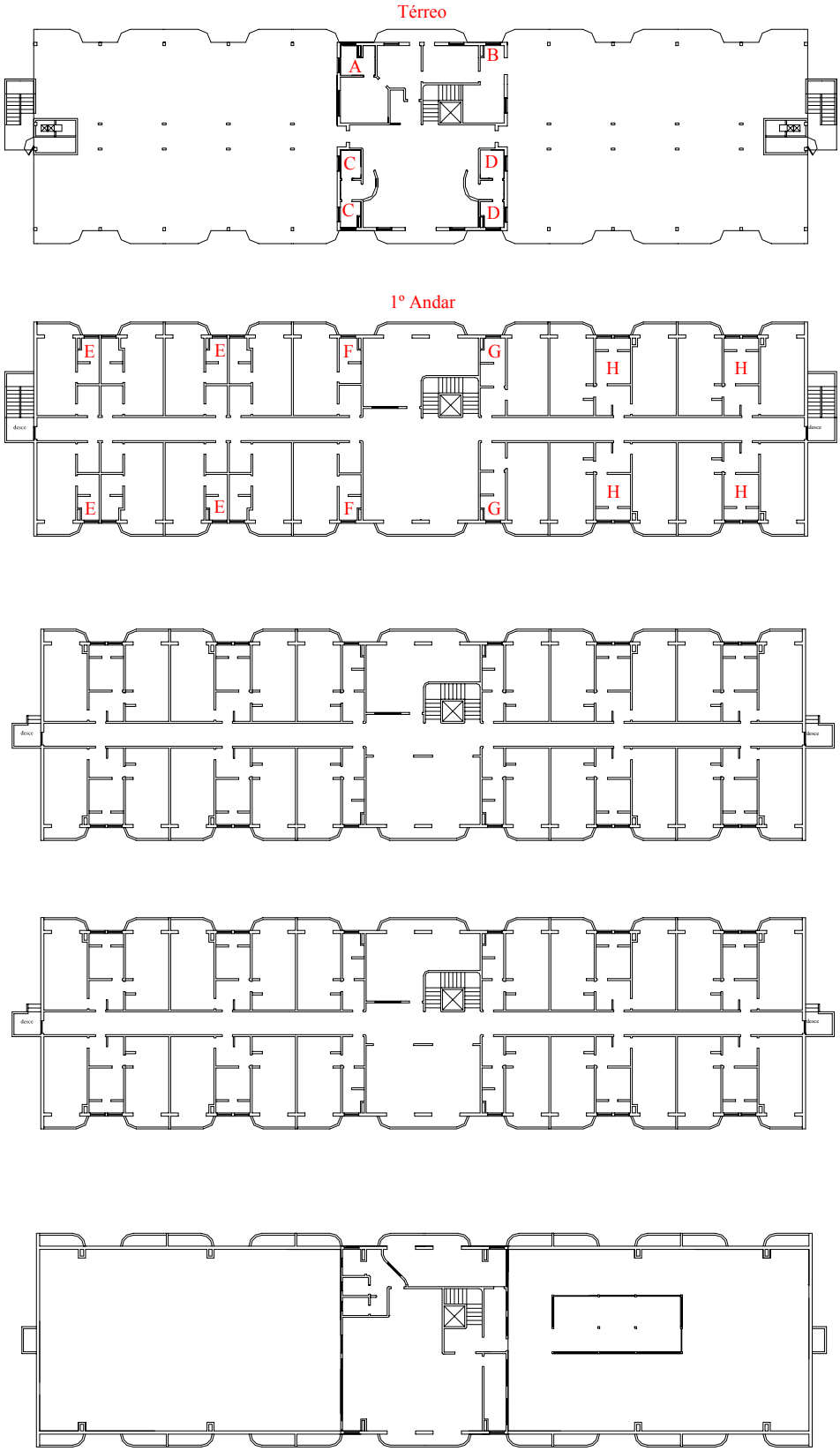
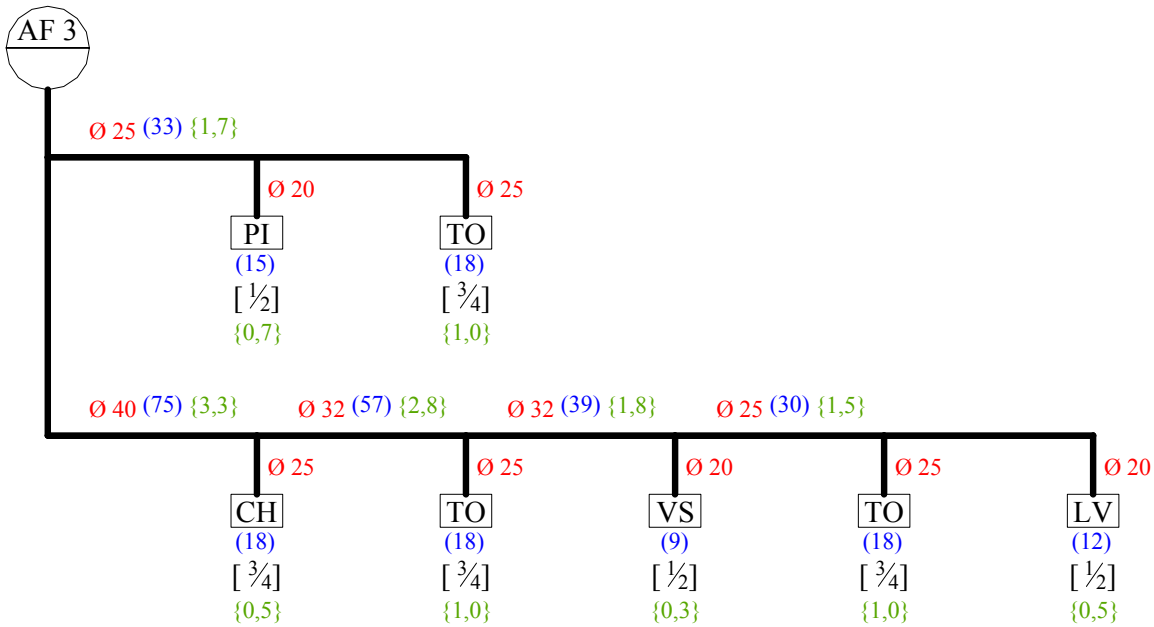


Figura 34 – Localização dos circuitos de distribuição de água fria.

4.1.1 Circuito A

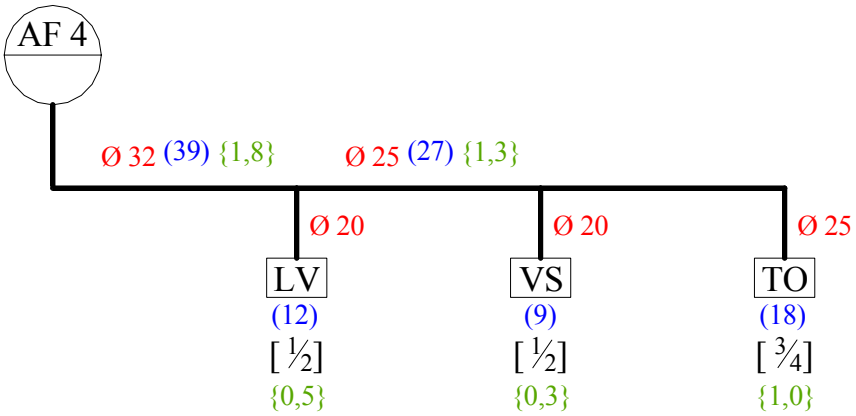
Este circuito é alimentado pela coluna AF 3 e apresenta a incorporação de uma lira horizontal de dilatação, no sub-ramal que vai para a copa de serviço, pois este trecho atravessa a junta construtiva de dilatação da estrutura. O detalhe em perspectiva isométrica está na planta Hid-03 (todos os detalhes isométricos foram feitos conforme Belinazo, 1986).



Esquema 1 – Circuito "A" de distribuição de água fria.

4.1.2 Circuito B

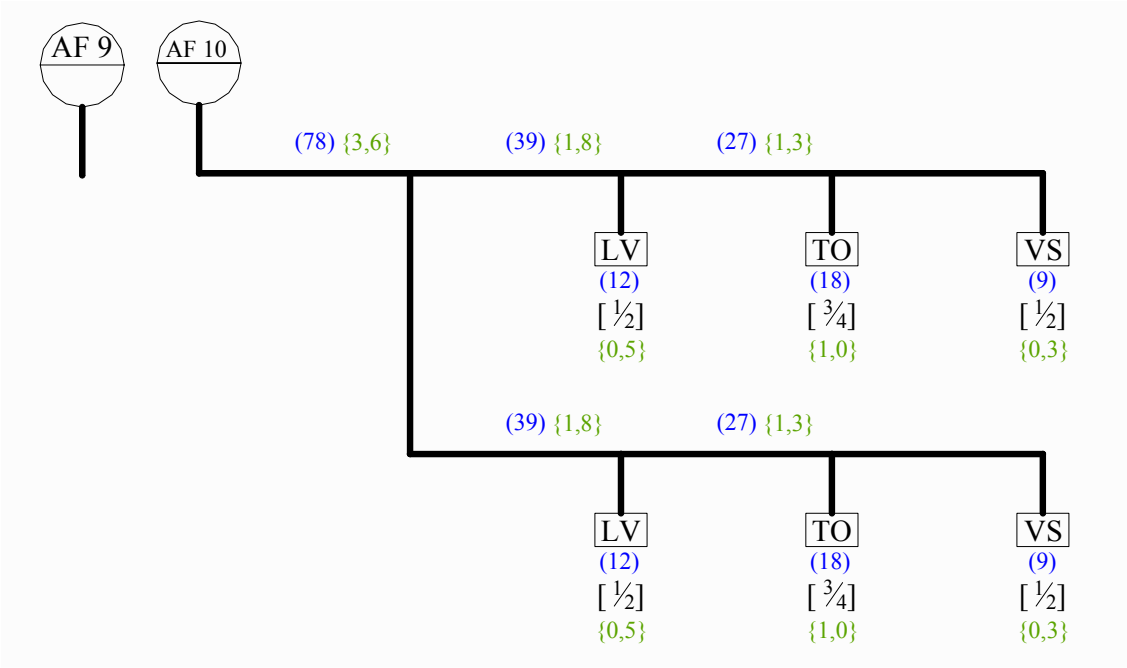
Este circuito é alimentado pela coluna AF 4. O detalhe em perspectiva isométrica está na planta Hid-03.



Esquema 2 – Circuito "B" de distribuição de água fria.

4.1.3 Circuitos C e D

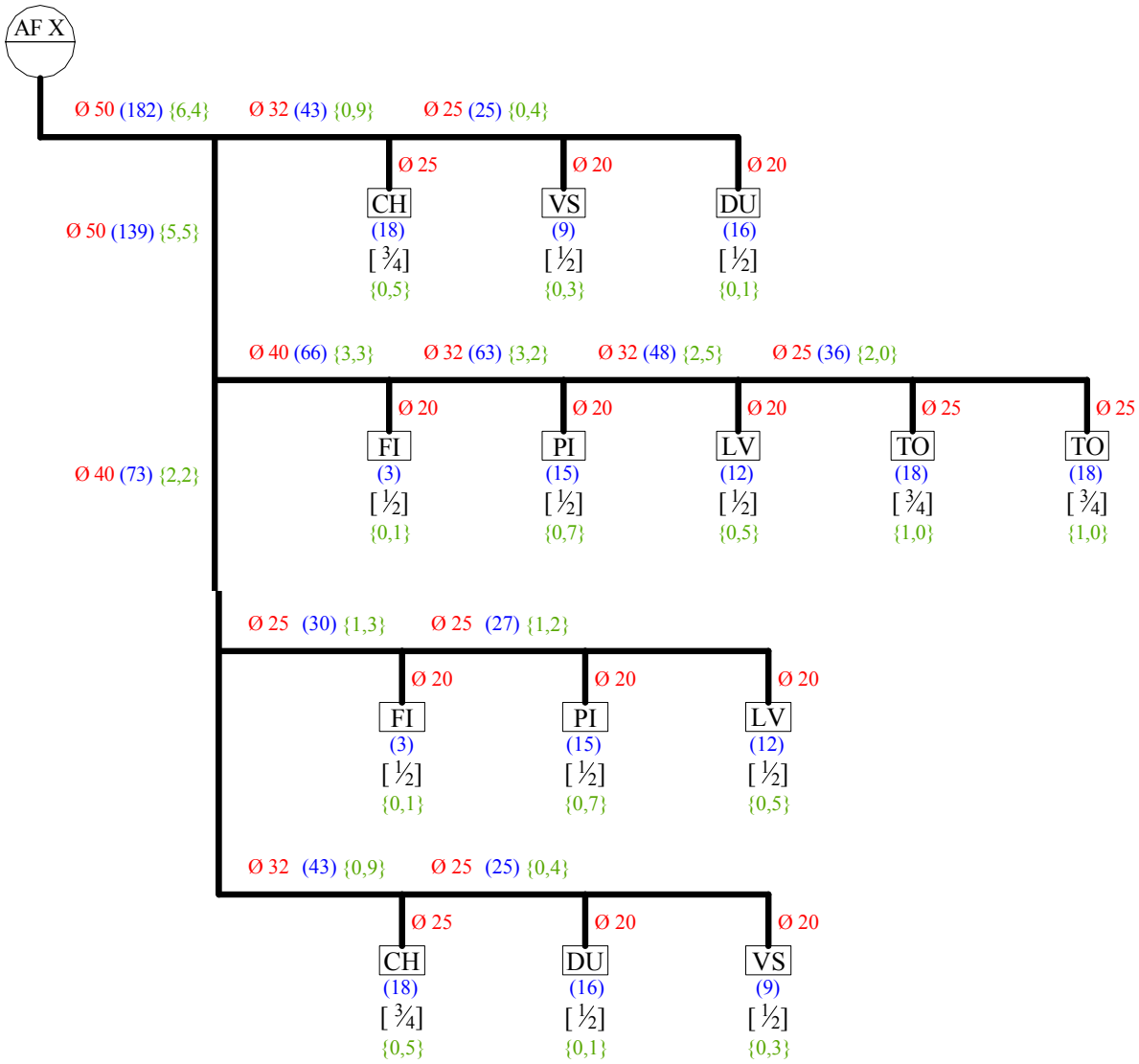
Estes circuitos são alimentados pelas colunas AF 9 e AF 10, respectivamente. Os detalhes em perspectiva isométrica estão na planta Hid-03.



Esquema 3 – Circuitos "C" e "D" de distribuição de água fria.

4.1.4 Circuito E

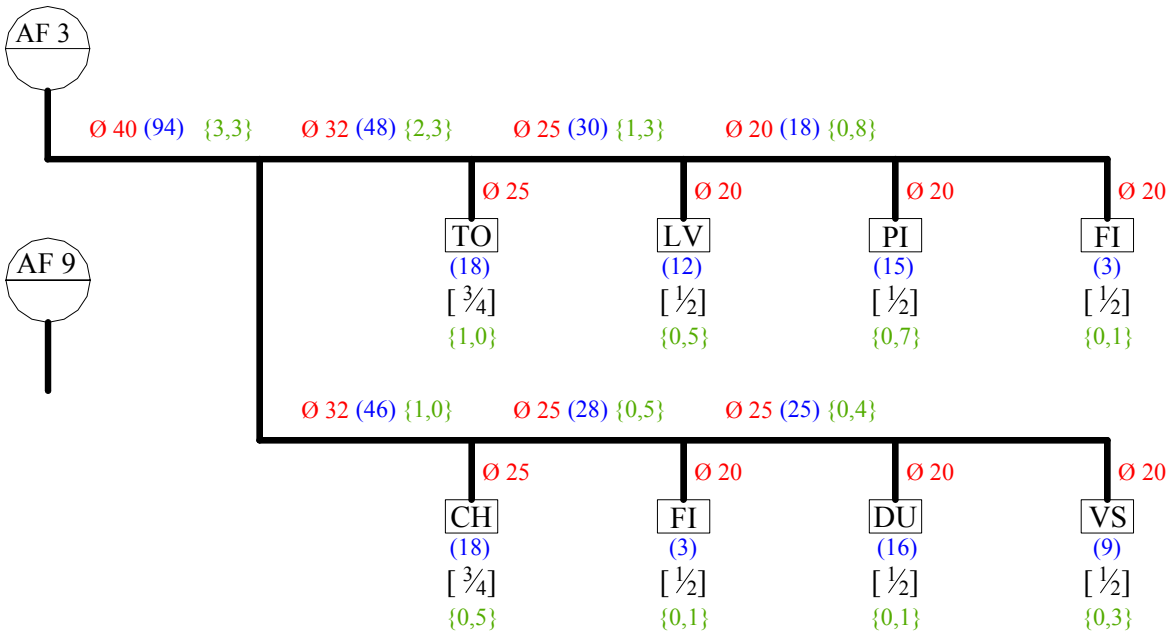
Este circuito repete-se por quatro colunas de distribuição: AF 1, AF 2, AF 7 e AF 8. Os detalhes em perspectiva isométrica estão na planta Hid-04.



Esquema 4 – Circuito "E" de distribuição de água fria.

4.1.5 Circuito F

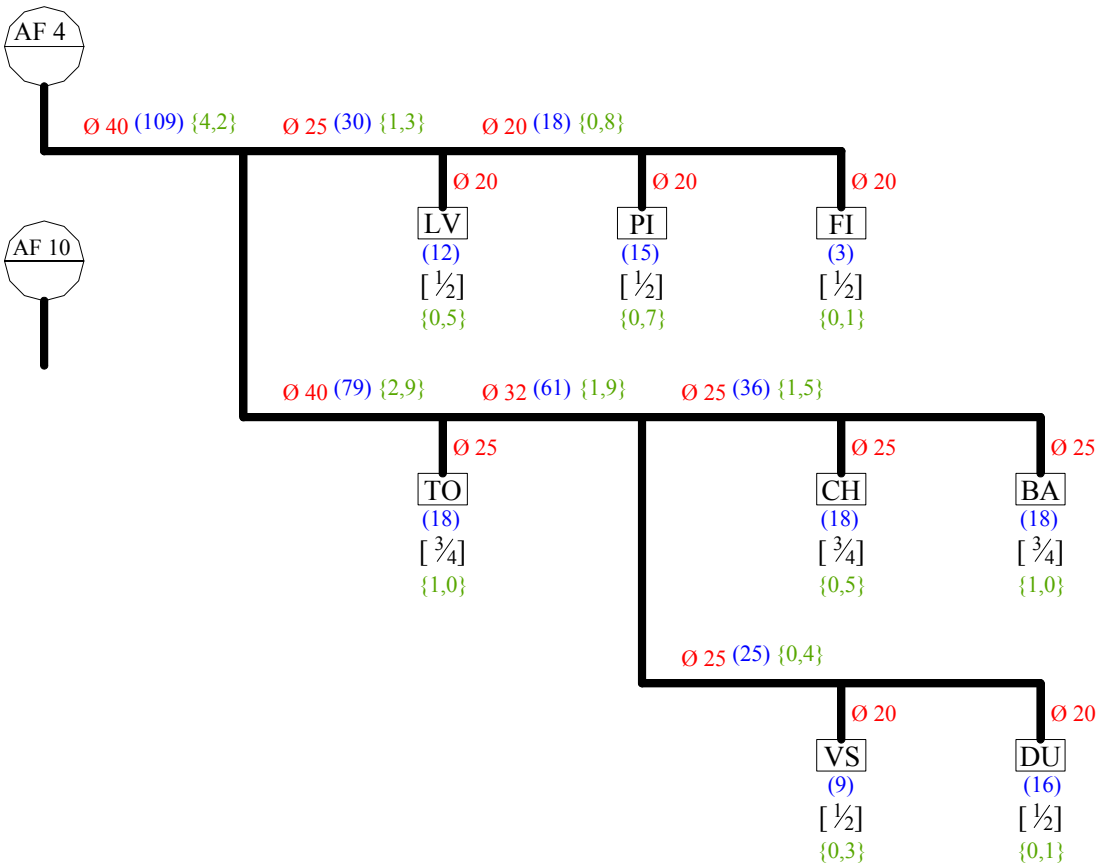
Este circuito repete-se por duas colunas de distribuição: AF 3 e AF 9. Os detalhes em perspectiva isométrica estão na planta Hid-04.



Esquema 5 – Circuito "F" de distribuição de água fria.

4.1.6 Circuito G

Este circuito repete-se por duas colunas de distribuição: AF 4 e AF 10. Os detalhes em perspectiva isométrica estão na planta Hid-04.



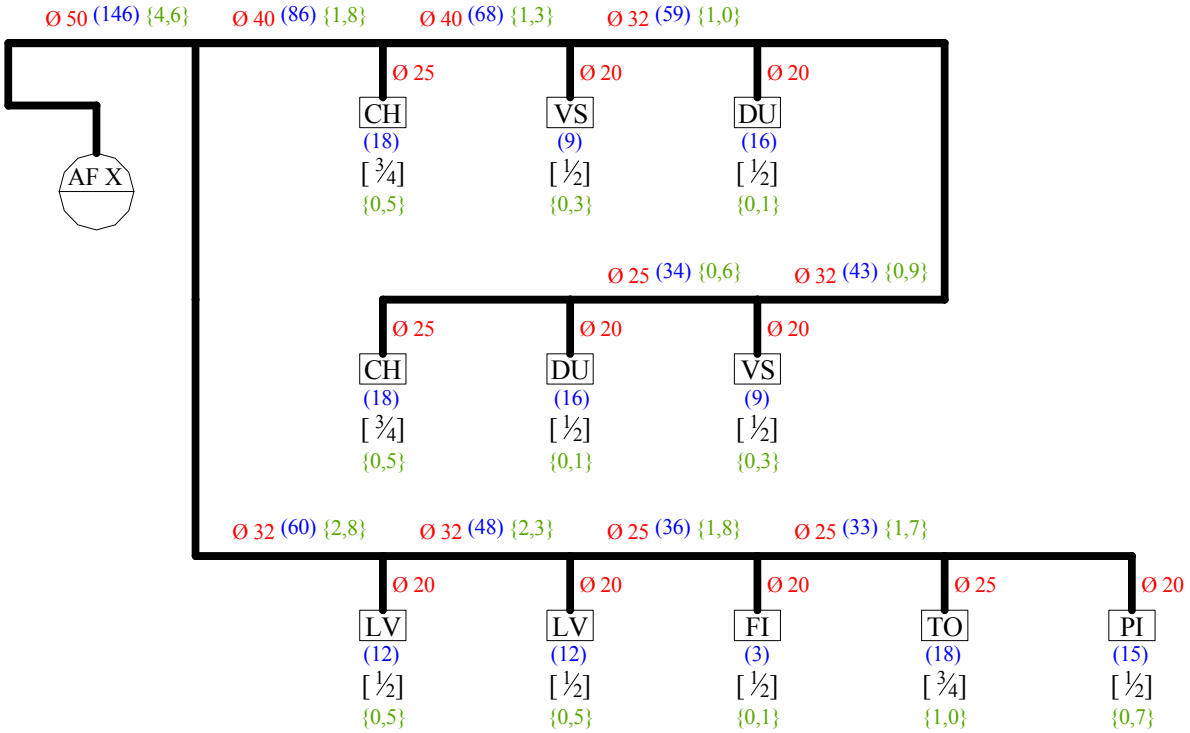
Esquema 6 – Circuito "G" de distribuição de água fria.

4.1.7 Circuito H

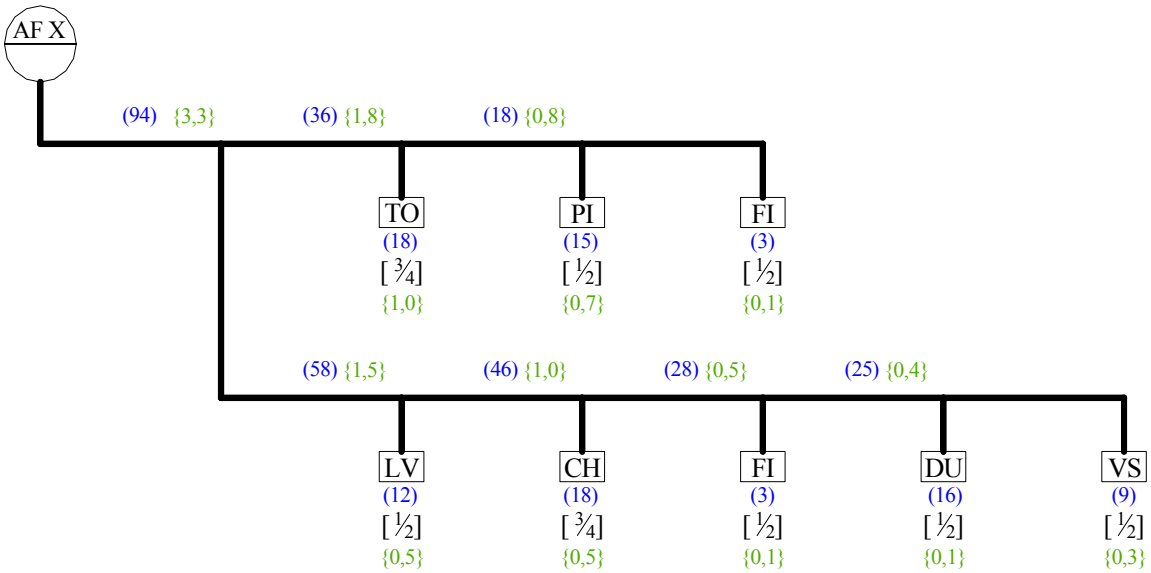
Este circuito repete-se por oito colunas de distribuição: AF 1, AF 2, AF 5, AF 6, AF 7, AF 8, AF 11, e AF 12. Os detalhes em perspectiva isométrica estão na planta Hid-04.

4.1.8 Circuito I

Este circuito repete-se por quatro colunas de distribuição: AF 3, AF 4, AF 9 e AF 10. Os detalhes em perspectiva isométrica estão na planta Hid-04.



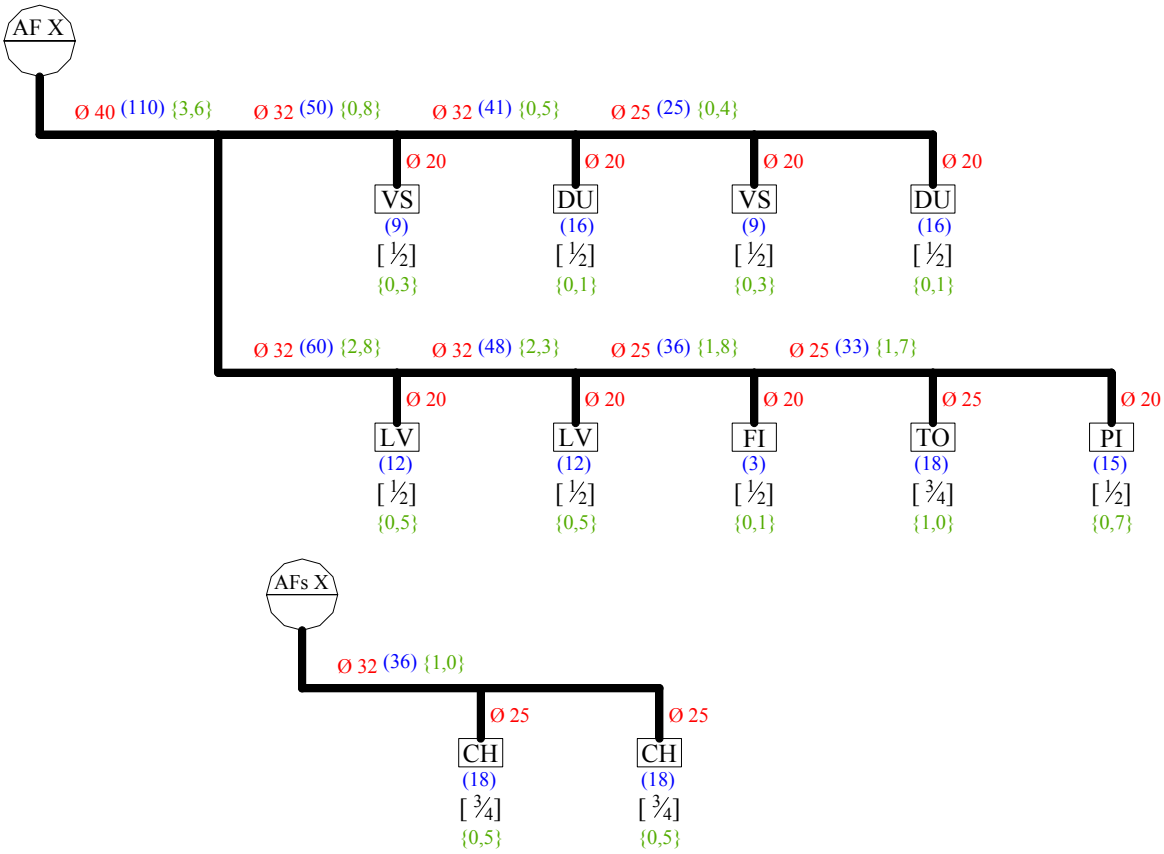
Esquema 7 – Circuito "H" de distribuição de água fria.



Esquema 8 – Circuito "I" de distribuição de água fria.

4.1.9 Circuito J

Este circuito, exclusivo de apartamentos do último andar, repete-se por oito colunas de distribuição: AF 1, AF 2, AF 5, AF 6, AF 7, AF 8, AF 11 e AF 12. Estas colunas alimentam todos os pontos de utilização, exceto os chuveiros, conectados a descidas especiais, denominadas AFs, provenientes do reservatório elevado, como anteriormente explicado. Os detalhes em perspectiva isométrica estão na planta Hid-04.

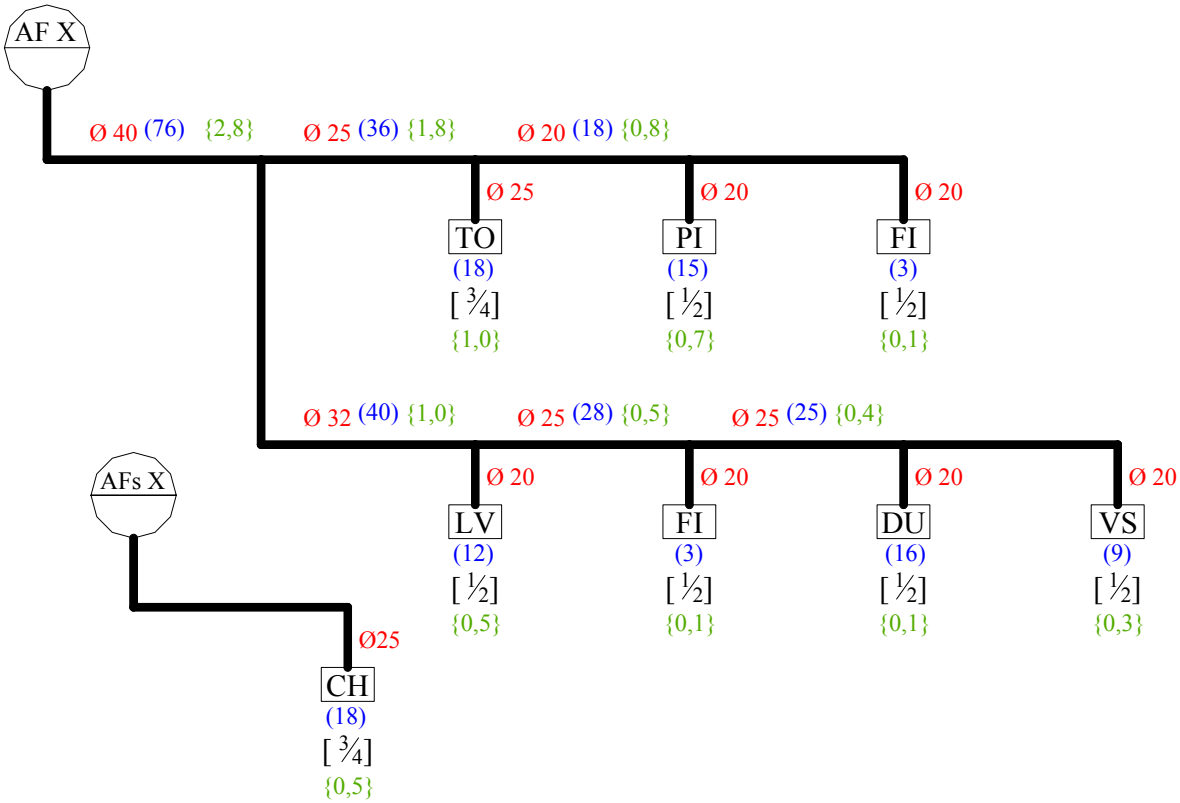


Esquema 9 – Circuito "J" de distribuição de água fria.

4.1.10 Circuito K

Este circuito, também exclusivo de apartamentos do último andar, repete-se por quatro colunas de distribuição: AF 3, AF 4, AF 9 e AF 10. Estas colunas alimentam todos os pontos de utilização, exceto os chuveiros, conectados às descidas especiais AFs, provenientes do

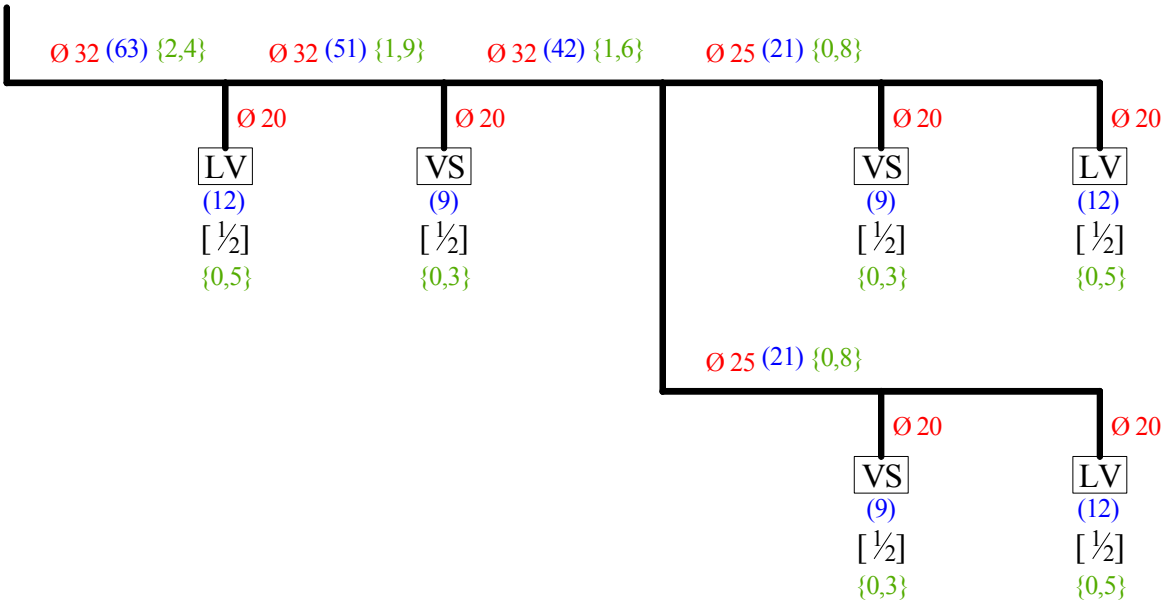
reservatório elevado, como anteriormente explicado. Os detalhes em perspectiva isométrica estão na planta Hid-04.



Esquema 10 – Circuito "K" de distribuição de água fria.

4.1.11 Circuito L

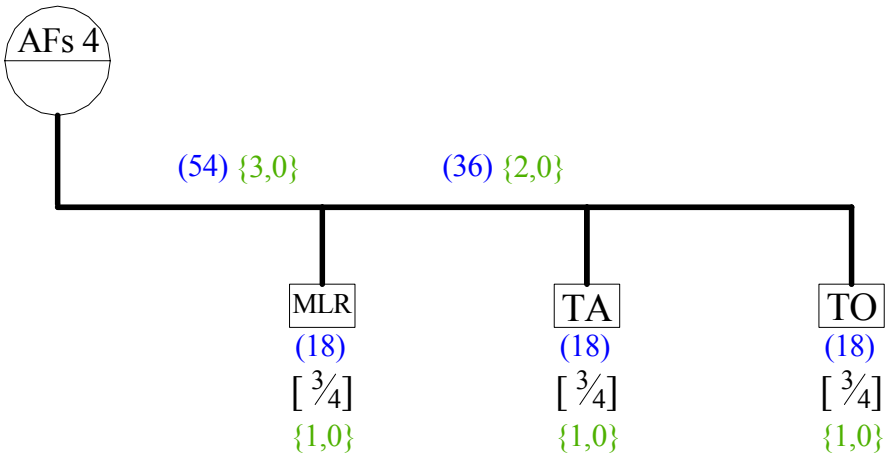
Este circuito não é conectado a nenhuma coluna de distribuição, mas diretamente ao reservatório elevado, localizado justamente sobre a laje de cobertura dos lavabos anexos à churrasqueira, os quais alimenta. Os detalhes em perspectiva isométrica estão na planta Hid-03.



Esquema 11 – Circuito "L" de distribuição de água fria.

4.1.12 Circuito M

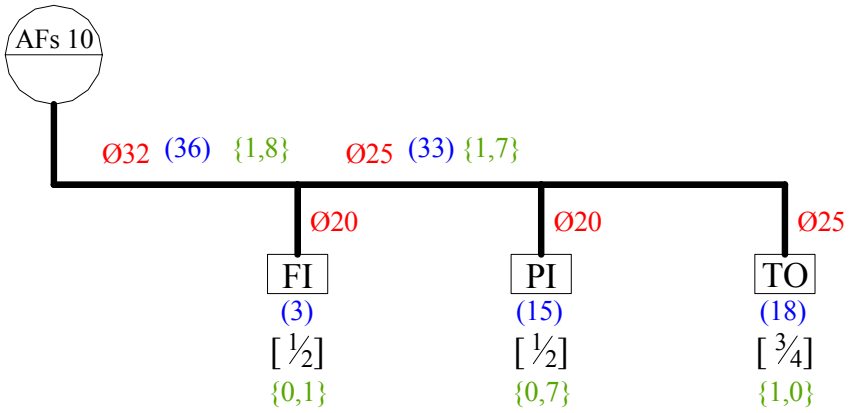
Este circuito está conectado à coluna de distribuição AFs 4 (ou seja, também abastecido pelo reservatório elevado). Os detalhes em perspectiva isométrica estão na planta Hid-03.



Esquema 12 – Circuito "M" de distribuição de água fria.

4.1.13 Circuito N

Este circuito está conectado à coluna de distribuição AFs 10 (ou seja, também abastecido pelo reservatório elevado). Os detalhes em perspectiva isométrica estão na planta Hid-03.



Esquema 13 – Circuito "N" de distribuição de água fria.

4.2 Dimensionamento das Colunas de Distribuição

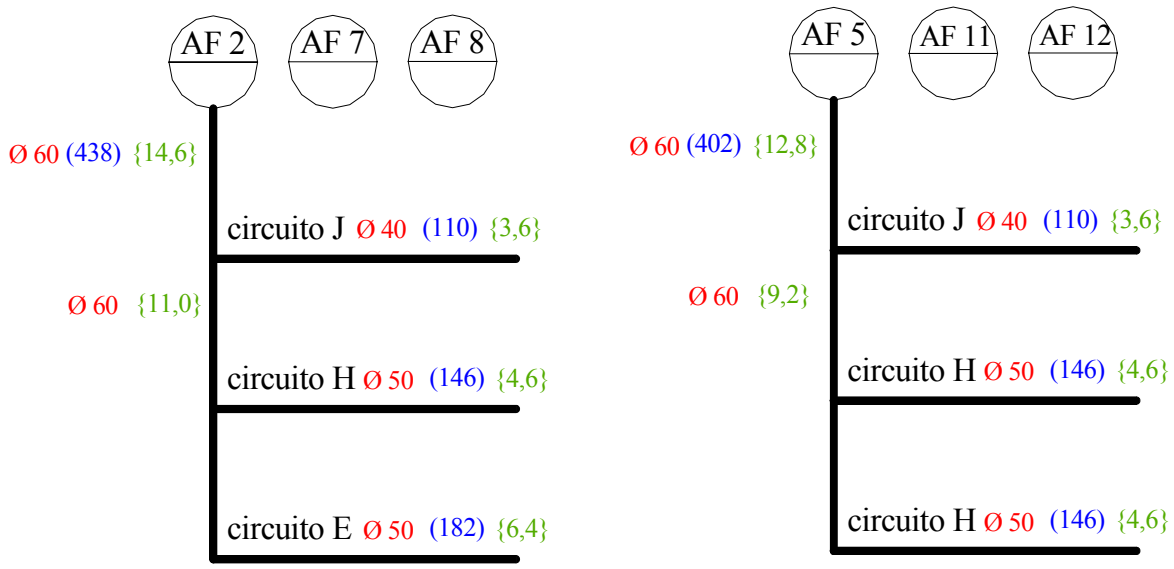
As colunas de distribuição de água fria abastecem diversos circuitos de utilização ao longo da descida e estão especificadas na Tabela 20. O dimensionamento das mesmas, baseado exclusivamente no critério de consumo máximo provável (Creder, 1991), levaria a diâmetros menores que aqueles adotados para os ramais (circuitos) dimensionados pelo critério de consumo máximo possível. Assim, o diâmetro nominal adotado para a coluna é sempre maior ou igual ao do ramal a ela conectado, garantindo o consumo simultâneo de mais de 70 % dos pontos de utilização.

Os Esquemas 14 a 19 (Fonte: planta Hid-02) detalham cada uma das colunas e mostram os somatórios das vazões e dos pesos (padrão ABNT) por trecho. Nestes esquemas, a grandeza em vermelho, que sucede ao símbolo "∅" indica o diâmetro nominal do tubo no trecho, em mm; a grandeza em azul, assinalada entre parênteses, é o somatório parcial da

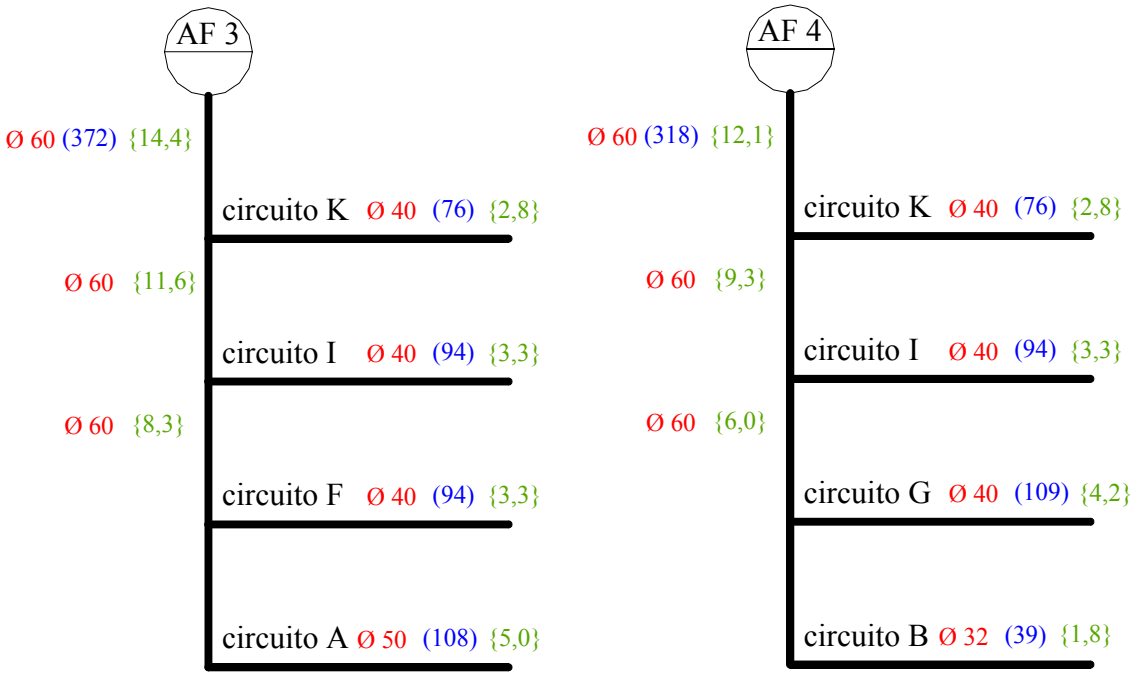
vazão, em l/min; por fim, a grandeza em verde, assinalada entre chaves, é o somatório parcial dos pesos, padrão ABNT.

Tabela 20 – Definição dos circuitos associados às colunas de distribuição de água fria.

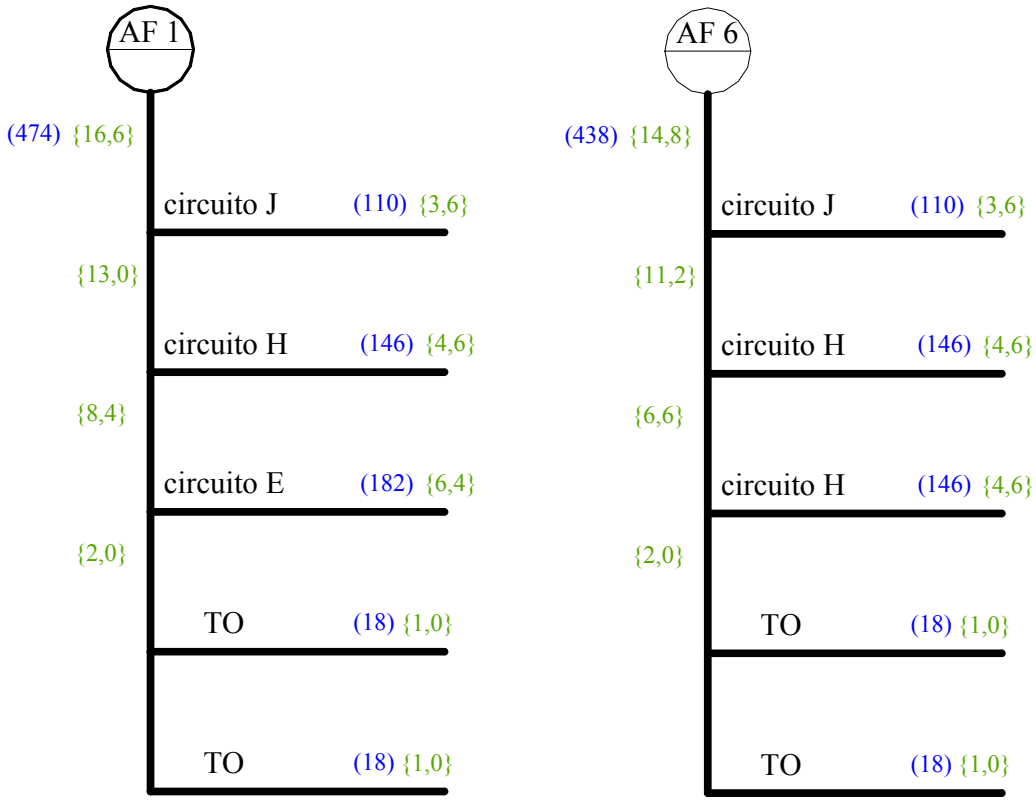
coluna de distribuição	circuitos abastecidos				
	cobertura	3º andar		1º andar	térreo
AF 1	--	J	H	E	
AF 2, AF 7 e AF 8	--	J	H	E	--
AF 3	--	K		F	A
AF 4	--	K	I	G	B
	--	J	H	H	--
AF 6	--	J	H		2 torneiras
AF 9	--	K	I	F	C
AF 10	--	K	I	G	D
AFs 1, AFs 2, AFs 5, AFs 6, AFs 7, AFs 8, AFs 11 e AFs 12	--	J	--	--	
AFs 3 e AFs 9	--	K	--	--	
AFs 4		K	--	--	--
AFs 10	N	K	--	--	--



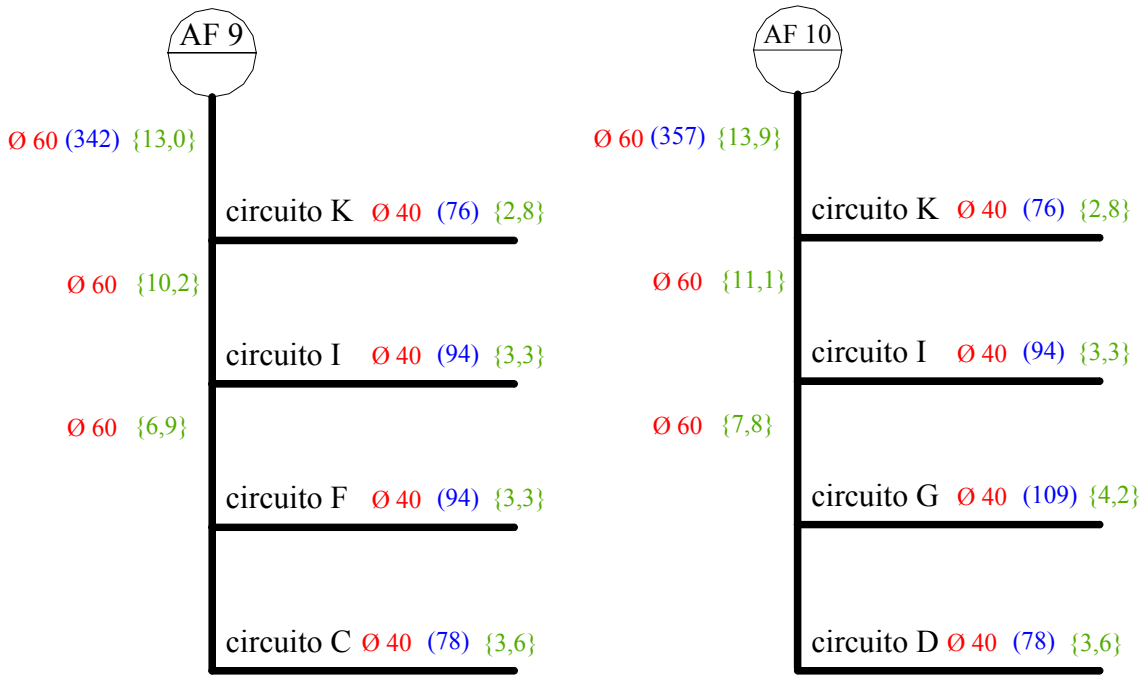
Esquema 14 – Dimensionamento das colunas AF 2, AF 5, AF 7, AF 8, AF 11 e AF 12.



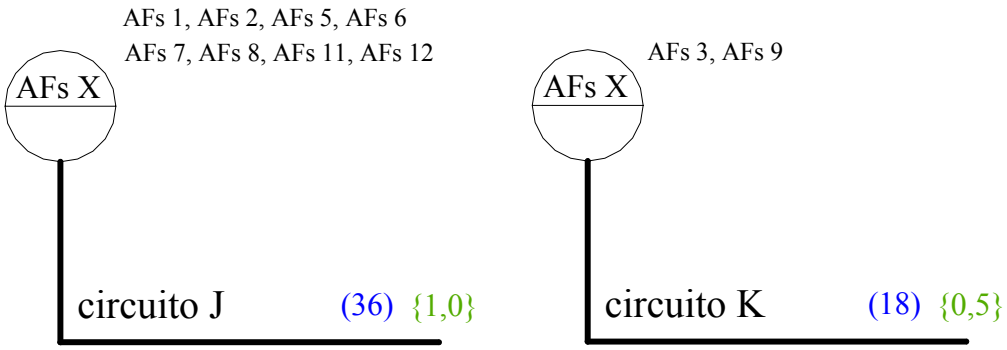
Esquema 15 – Dimensionamento das colunas AF 3 e AF 4.



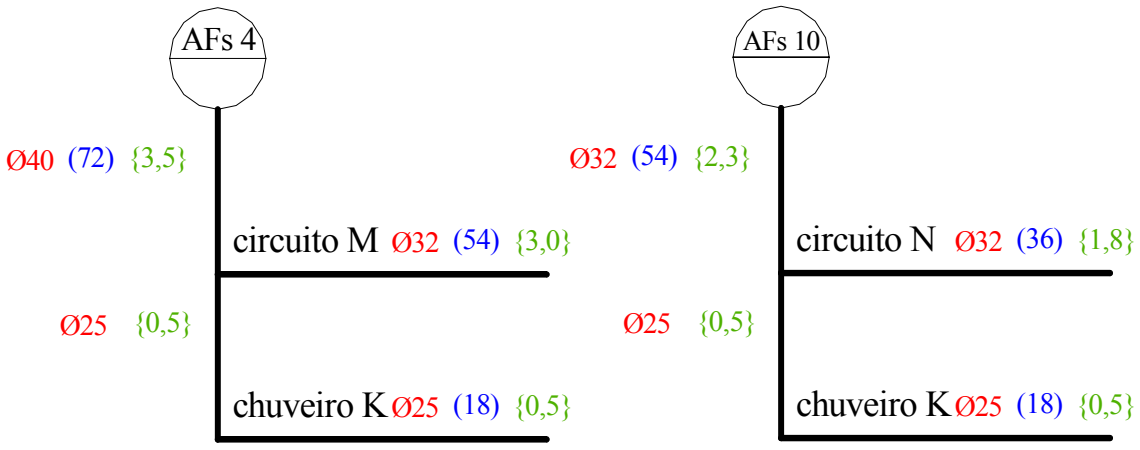
Esquema 16 – Dimensionamento das colunas AF 1 e AF 6



Esquema 17 – Dimensionamento das colunas AF 9 e AF 10.



Esquema 18 – Dimensionamento das colunas AFs 1 a AFs 12, exceto AFs 4 e AFs 10.



Esquema 19 - Dimensionamento das colunas AFs 4 e AFs 10.

4.3 Dimensionamento dos Barriletes

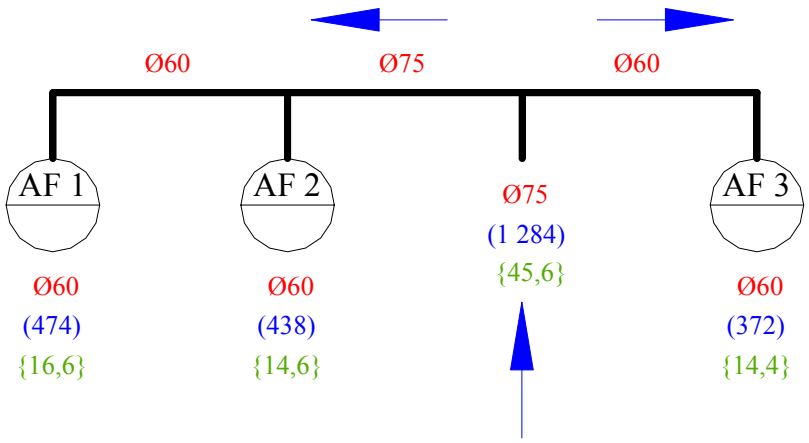
Este dimensionamento foi efetuado com as mesmas considerações adotadas para as colunas de distribuição. A Tabela 21 detalha quais são as colunas atendidas pelos barriletes, enquanto os esquemas (Fonte: planta Hid-02) apresentam o dimensionamento.

Tabela 21 – Definição das colunas conectadas aos barriletes de distribuição de água fria.

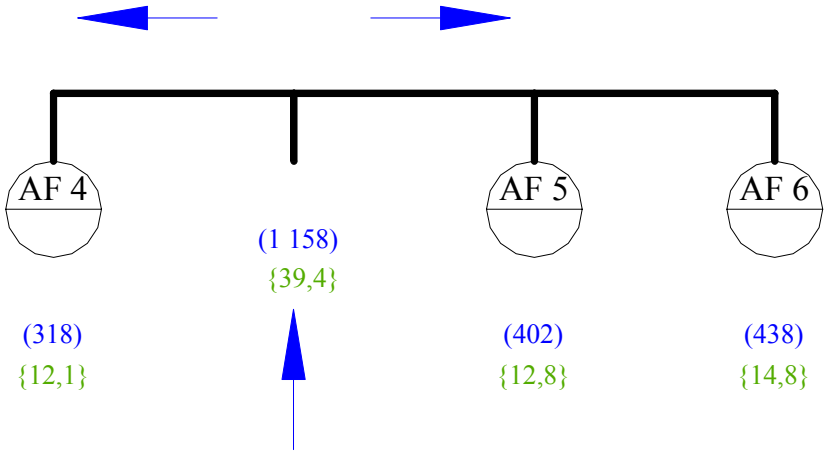
barrilete	colunas atendidas
BAF 1	AF 1, AF 2 e AF 3
BAF 2	AF 4, AF 5 e AF 6
BAF 3	AF 7, AF 8 e AF 9
BAF 4	AF 10, AF 11 e AF 12
BAFs 1	AFs 1 e AFs 2
	AFs 3, AFs 4, BAFs 1, BAFs 3, BAFs 4 e BAFs 5
BAFs 3	AFs 5 e AFs 6
BAFs 4	AFs 7, AFs 8 e AFs 9
BAFs 5	AFs 10, AFs 11 e AFs 12

* **BAFs 2**: trata-se do barrilete de saída do reservatório elevado, ao qual todos os demais estão conectados.

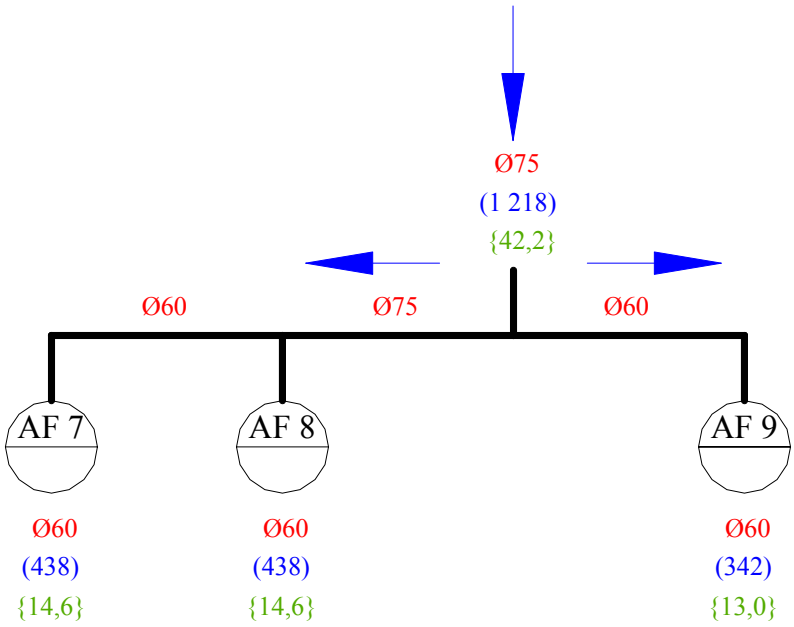
Também aqui o critério dos pesos conduziria a diâmetros menores que os dos ramais. Desta forma, optou-se por manter diâmetros iguais ou maiores que estes, o que possibilitou atendimento simultâneo para todos os aparelhos conectados ao reservatório elevado, com exceção do barrilete BAFs 2, o mais crítico, dimensionado de forma a garantir o abastecimento de 80 % do consumo máximo possível.



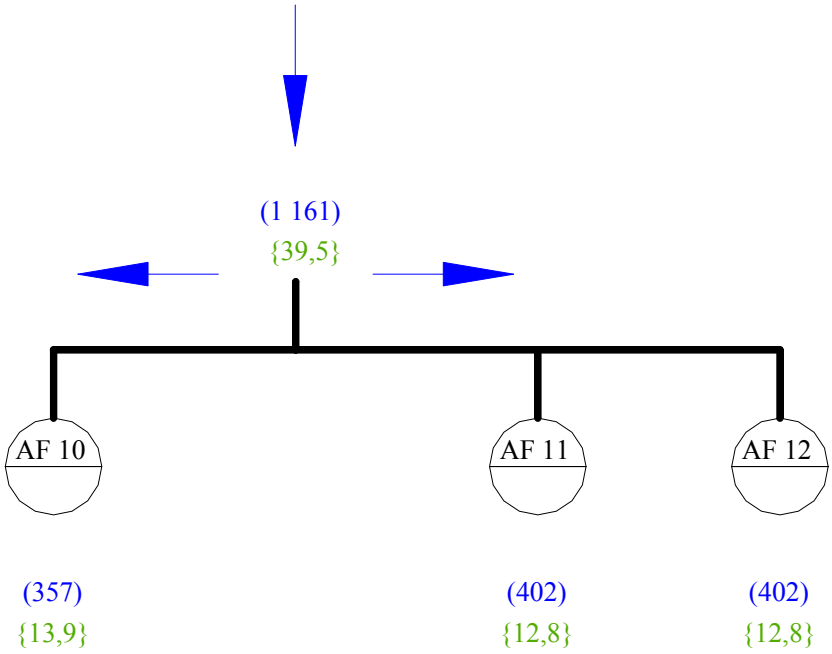
Esquema 20 – Detalhamento do barrilete BAF 1.



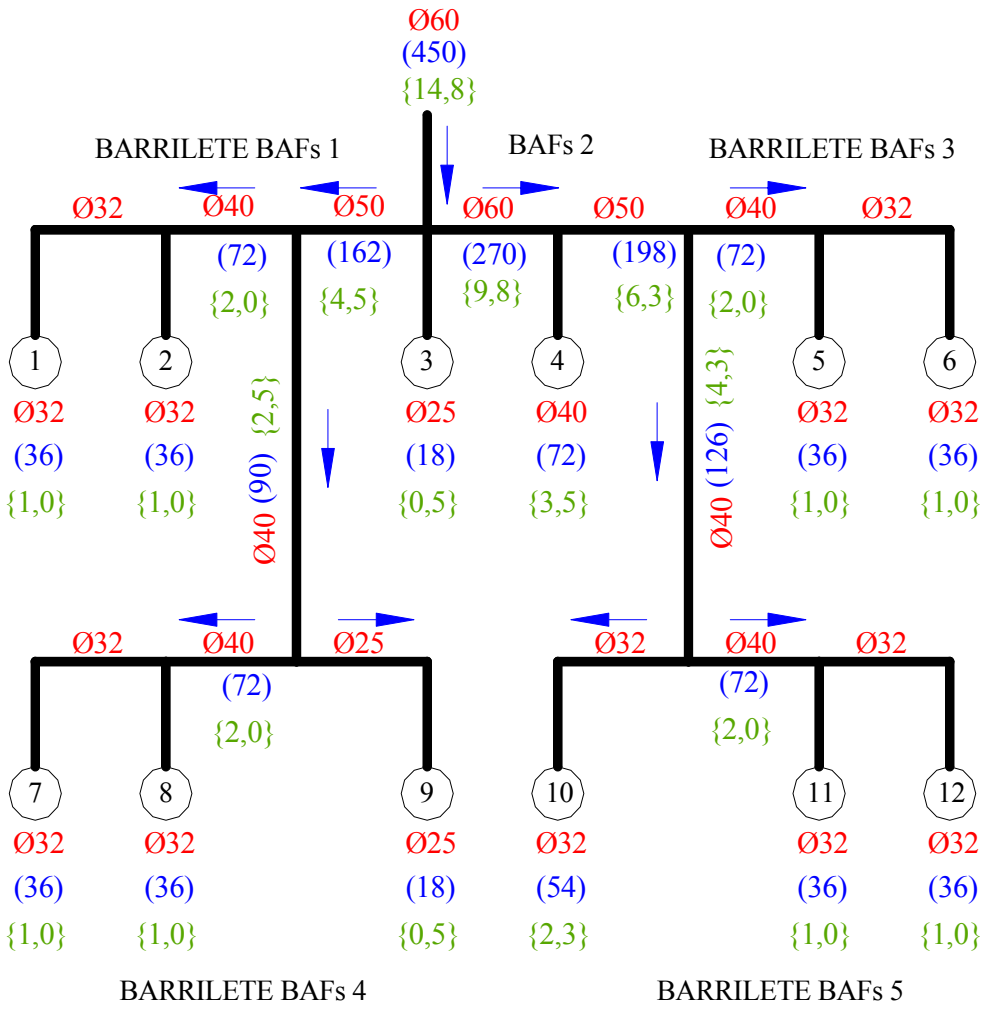
Esquema 21 - Detalhamento do barrilete BAF 2.



Esquema 22 - Detalhamento do barrilete BAF 3.



Esquema 23 - Detalhamento do barrilete BAF 4.



Esquema 24 - Detalhamento dos barriletes BAFs 1 a BAFs 5.

A Figura 35 mostra uma vista da cobertura do edifício e apresenta a localização dos barriletes e colunas de distribuição de água fria (Fonte: planta Hid-02).

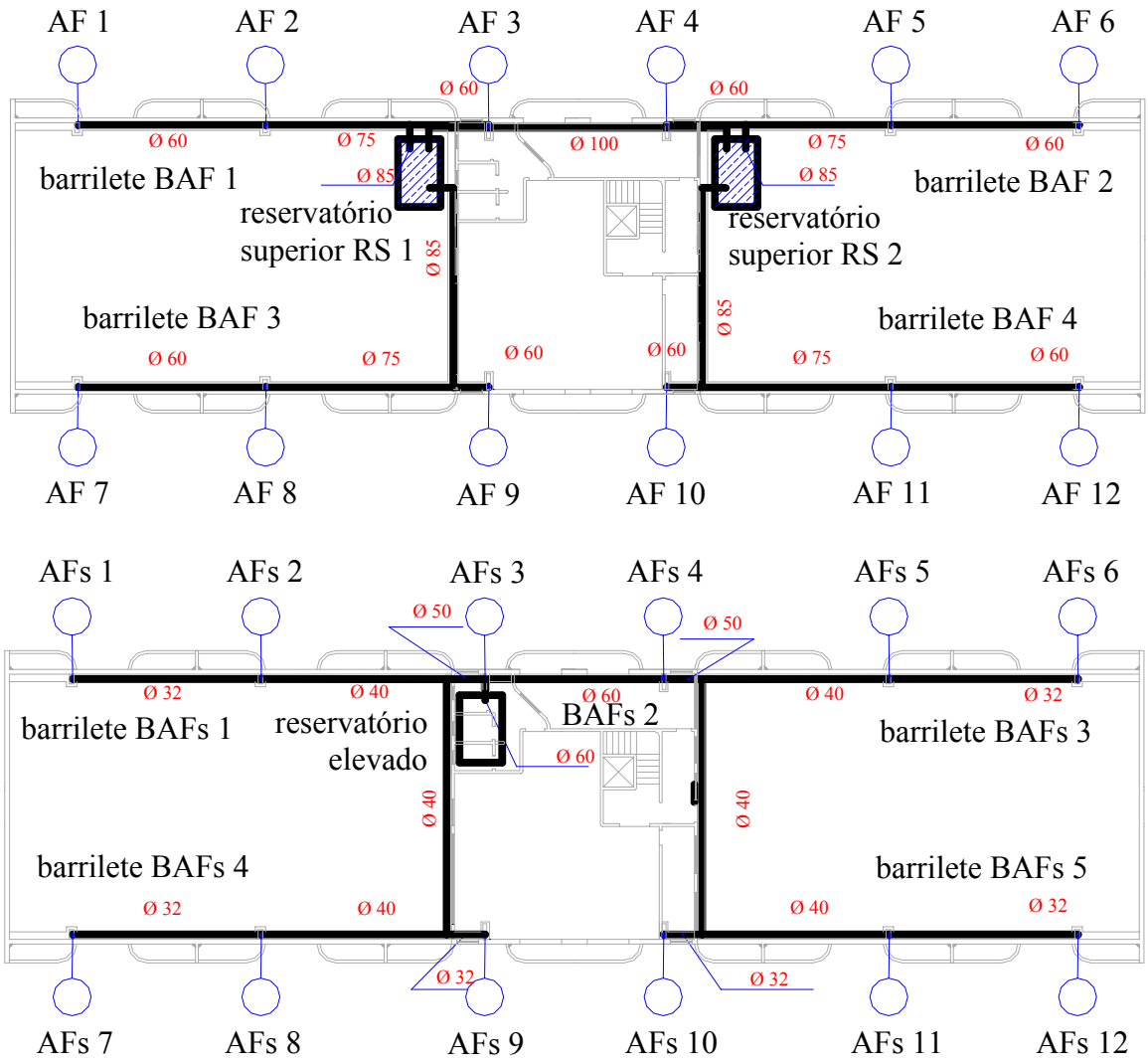


Figura 35 – Localização dos barriletes e das colunas de distribuição de água fria.

4.4 Os Reservatórios

Considerando-se o edifício com três pavimentos residenciais e sua máxima ocupação, haverá 169 pessoas, contando-se 2 em cada apartamento de casal e 1 zelador. Para utilização doméstica, Macintyre (1990) recomenda um uso *per capita* diário de 100 l, basicamente destinados à higiene pessoal e consumo.

No cálculo das capacidades dos reservatórios, é comum adotar um volume acumulado igual a 2 vezes o consumo máximo diário, com a postura prática de manter 60 % no reservatório inferior e os restantes 40 %, no superior (Creder, 1991).

Assim, ter-se-á:

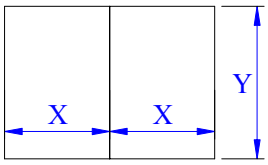
- consumo de 2 dias ⇒ 2 x 100 x 169 = 33 800 ℓ ⇒ 60% = 20 280 ℓ
  40% = 13 520 ℓ;

A reserva de incêndio deverá contar com 20% do volume diário, ou seja, 3 380 ℓ, 2 028 ℓ (60%) no reservatório inferior e o 1 352 ℓ (40%) no superior. Além disso, está sendo proposto um reservatório elevado, com cota de fundo acima do reservatório superior, cuja finalidade é aumentar a altura manométrica disponível nos chuveiros dos apartamentos do último pavimento, considerados pontos críticos. Considerando-se banhos de 7 minutos de duração e com uma vazão de 12 ℓ /min (Creder, 1991), o volume necessário para atender a uma demanda máxima possível é de 7 x 12 x 20 chuveiros = 1 680 ℓ. Adotando-se a taxa de utilização simultânea de 80% deste total, o volume elevado é de 1 344 ℓ, desconsiderando-se a reposição com o recalque, uma postura conservadora. Assim, a Tabela 22 resume os volumes citados.

Tabela 22 – Volumes a considerar no projeto de distribuição de água fria

volume de referência	litros
	33 800
reserva de incêndio	
inferior – consumo (60%)	20 280
inferior – incêndio (60%)	2 028
total reservatório inferior (consumo + incêndio)	
elevado – consumo	1 344
superior – incêndio	1 352
total reservatório elevado (consumo + incêndio)	2 696
	13 520
total reservatório superior (superior – elevado)	

Na cobertura do edifício foram consideradas duas posições para reservatórios superiores, uma em cada ala do prédio, além da área destinada ao reservatório elevado, conforme indicado na Figura 35. Todos são, na verdade, reservatórios de corpo duplo, a fim de facilitar as atividades de limpeza e manutenção, sem cortes no abastecimento. Considerando-se o formato retangular, as dimensões econômicas de cada reservatório são:



$$\Rightarrow \quad 4\,x = 3\,y \qquad \frac{8\,x^2}{3} = A\,H_L$$

em que A é a área útil do reservatório em planta e H_L é a altura da lâmina d'água.

Adotando-se H_L = 0,80 m para os reservatórios superiores e elevado, tem-se as seguintes dimensões:

- reservatórios superiores

  $A = 12{,}176\ m^3 / 2\ (0{,}80)\ m = 7{,}61\ m^2 \Rightarrow X = 1{,}70\ m$ e $Y = 2{,}30\ m$
- reservatório elevado

  $A = 2{,}696\ m^3 / 0{,}80\ m = 3{,}37\ m^2 \Rightarrow X = 1{,}20\ m$ e $Y = 1{,}50\ m$

A Figura 36 mostra um diagrama com as principais conexões do sistema de reservatórios superiores e elevado. Nela, as letras indicativas têm o seguinte significado:

- A: saída para abastecimento dos circuitos
- C: circuito de comando das bombas, ligado a chaves-bóias
- E: extravasores
- Em: circuito de emergência para desligar a bomba, em caso de falha do circuito de comando, também ligado a chaves-bóias
- I: saída de incêndio
- L: saída de limpeza
- R: entrada por recalque

O circuito elétrico de comando das bombas de recalque é mostrado em diagrama unifilar na Figura 37.

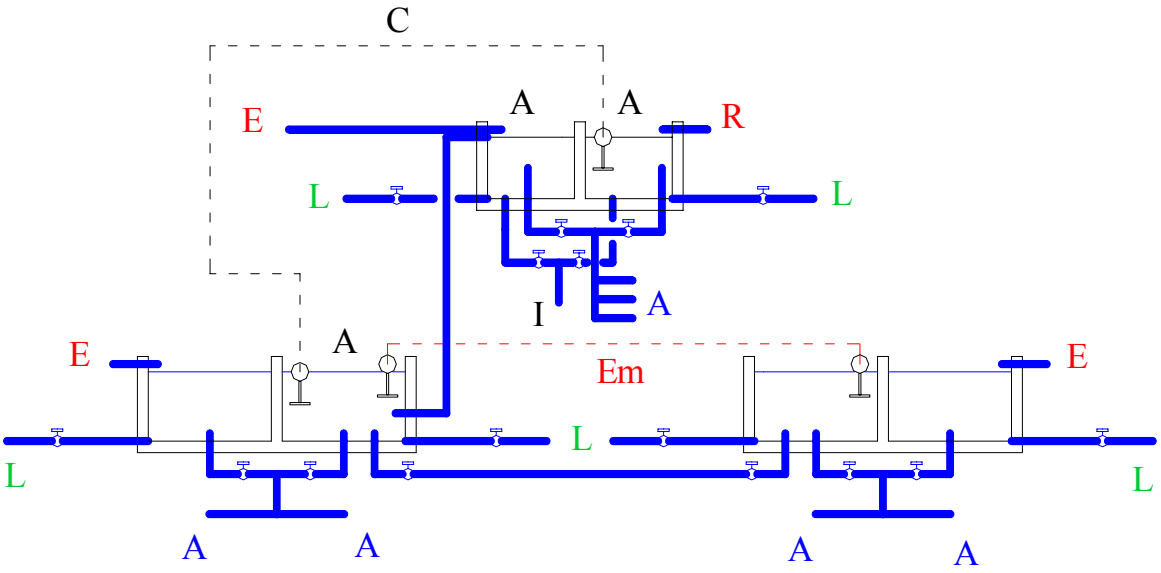


Figura 36 – Principais conexões entre os reservatórios superiores e elevado.

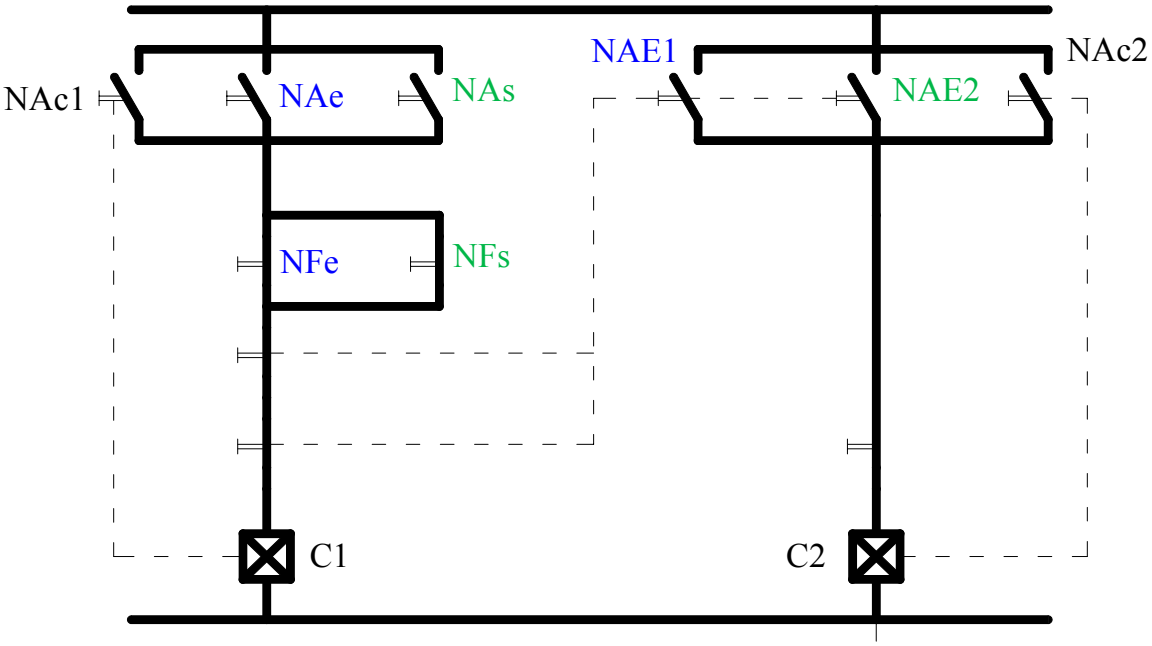


Figura 37 – Diagrama de comando das bombas de recalque.

No diagrama da Figura 37 deve-se observar que, atingindo-se o nível mínimo em qualquer um dos reservatórios, a bomba de recalque é acionada pelas chaves-bóias, ao fechar a botoeira NAe (localizada no reservatório elevado) ou a NAs (localizada no reservatório superior). Com isso, a bobina de comando do relé de acionamento (C1) é energizada, fechando o selo de comando NAc1, o que mantém o funcionamento do recalque, até que se atinja o nível máximo da água em ambos os reservatórios, independentemente de qual deles tenha dado início ao recalque. Isso porque toda a água que vai para o reservatório superior deve passar pelo elevado, onde se localiza a chegada do recalque. A água escoa de um reservatório ao outro por gravidade, através de um extravasor especial, capaz de garantir o escoamento por gravidade de uma vazão maior que a vazão de recalque, trabalhando com apenas meia lâmina. Assim, o desligamento das bombas só se dá com ambos os reservatórios cheios, pela abertura simultânea dos contatos NFe (reservatório elevado) e NFs (reservatório superior).

Caso venha a ocorrer uma falha no circuito principal, que impeça o desligamento das bombas, o circuito de emergência interrompe a circulação de corrente pelo relé, impedindo o transbordamento da água. Para isso, em cada um dos reservatórios superiores (que são interligados) está colocada uma chave-bóia com a função exclusiva de atuar nestes casos, abrindo os contatos NFE1 ou NFE2. O nível de regulagem dessas chaves deve estar, evidentemente, um pouco acima do nível máximo para o funcionamento normal. Também pode ser conectado a esse sistema um alarme sonoro e/ou visual, para alertar o zelador sobre a ocorrência do problema, por meio do fechamento dos contatos NAE1 ou NAE2. A interrupção do alarme se dá manualmente, pela abertura do contato NFA.

5 O Subsistema de Esgotamento

5.1 Dimensionamento

Como acontece no subsistema de distribuição de água fria, são definidos ramais de esgotamento conforme localização mostrada na Figura 38 (Fonte: plantas Hid-06 a Hid-09, cujos desenhos foram baseados em Belinazo, 1986).

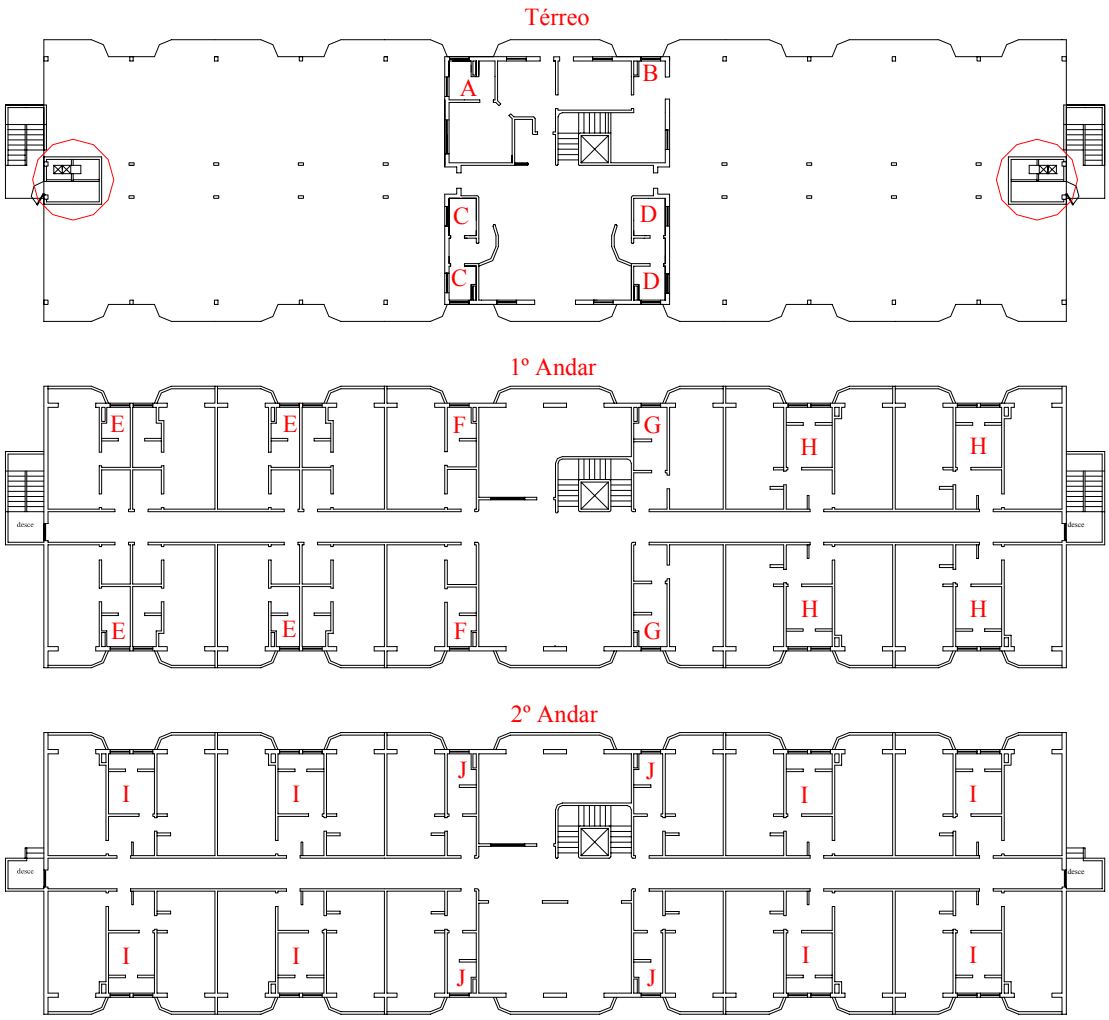


Figura 38 – Localização dos ramais de esgoto.

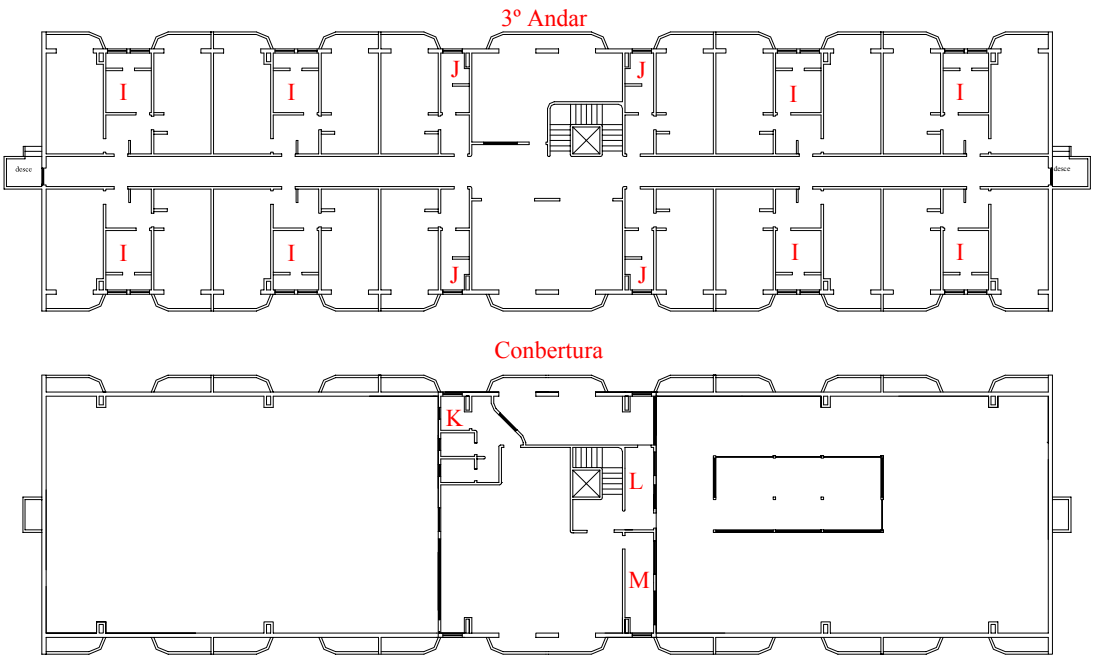


Figura 38 – Localização dos ramais de esgoto (continuação).

Conforme Creder (1991), o dimensionamento dos ramais de esgoto é feito pelo número de Unidades Hunter de Contribuição (UHC), conforme valores apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 – Unidades Hunter de Contribuição dos aparelhos sanitários (adaptada de Creder, 1991)

aparelho	UHC	diâmetro nominal do ramal de descarga (mm)
banheira de residência	3	
bebedouro	0,5	30
	2	30
chuveiro de residência	2	40
lavatório de residência	1	
pia de residência	3	
tanque de lavar roupa	3	40
	6	100

* adotados os mesmos parâmetros definidos para bidê.

A planilha de cálculo apresentada na Tabela 24 resume todo o dimensionamento dos ramais de esgotamento, tubos de queda, colunas de ventilação e subcoletores. Estes últimos são baseados exclusivamente nos aparelhos de maior descarga de cada banheiro do prédio residencial, para o cômputo das UHC.

Tabela 24 – Quadro-resumo do dimensionamento dos ramais de esgoto. *

ramal	UHC	∅ (mm)	ramal	UHC	
A	1 + 6 + 2 = 9	100		12 + 4 + 2 + 3 = 21	100
B		100	I		100
	1 + 6 + 1 + 6 = 14	100	J		100
D	1 + 6 + 1 + 6 = 14		K	7 + 7 + 7 + 1 = 22	100
E	2 X (6 + 2 + 1 + 3) = 24		L	3 + 3 = 6	100
F	6 + 2 + 1 + 3 = 12		M	3	100
G	6 + 2 + 3 + 1 + 3 = 15	100			
tubulação	**contribuições que recebe**			**UHC**	
TQ 1 e TQ 7	I + I + E			66	100
CV 1 e CV 7	I + I + E			66	75
TQ 2 e TQ 8	I + I + E			66	100
CV 2 e CV 8	I + I + E			66	75
TQ 3	L + J + J + F			42	100
CV 3	L + J + J + F			42	75
	L + J + J + G				100
CV 4	L + J + J + G			45	75
	I + I + H			63	100
	I + I + H			63	75
	I + I + H			63	100
	I + I + H			63	75
	J + J + F			36	100
CV 9				36	75
TQ 10	M + J + J + G			42	

* ver abreviaturas ao final da tabela

Tabela 24 – Quadro-resumo do dimensionamento dos ramais de esgoto (continuação).

tubulação	contribuições que recebe	UHC	∅ (mm)
CV 10	M + J + J + G	42	75
BV 1	CV 1 + CV 2	132	100
BV 3	CV 5 + CV 6	126	100
BV 4	CV 7 + CV 8 + CV 9	168	100
BV 5	CV 10 + CV 11 + CV 12	168	100
BV 2	CV 3 + CV 4 + BV 3 + BV 5	381	100
TVP	BV 1 + BV 2 + BV 4	681	100
subcoletor	**contribuições que recebe**	**UHC (vasos)**	**∅ (mm)**
SC 1	TQ 6	24	100
SC 2	SC 1 + TQ H + TQ 5	60	100
SC 3	SC 2 + TQ B + TQ 4	96	100
SC 4	SC 3 + TQ 3 + TQ A	138	100
	SC 4 + TQ 2	174	150
SC 6	SC 5 + TQ 1	210	150
SC 7	TQ 12	24	100
SC 8	SC 7 + TQ H + TQ 11 + TQ H	72	100
SC 9	SC 8 + TQ D + TQ 10	102	100
SC 10	SC 9 + TQ C + TQ 9	132	100
SC 11	SC 10 + TQ 8	168	150
SC 12	SC 11 + TQ 7	204	150
CP	SC 6 + SC 12	414	150

- **TQ:** tubo de queda;
- **CV:** coluna de ventilação;
- **BV:** barrilete de ventilação;
- **TVP:** tubo ventilador primário;
- **SC:** subcoletor predial;
- **CP:** coletor predial.

6 Comentários e Conclusões

Este trabalho apresentou detalhes arquitetônicos, estruturais e hidráulicos da proposta elaborada para o Próprio Nacional Residencial para Alunos de Pós-Graduação do ITA. Não se trata de um projeto completo, que envolveria uma abordagem maior, mas a oportunidade de unir os conhecimentos adquiridos durante o curso, a fim de apresentar uma solução de engenharia para um problema prático.

Assim, tenho por oportuno que atingiu os principais objetivos do Trabalho de Graduação:

a) desenvolver o espírito de iniciativa;
b) desenvolver a capacidade de equacionar e resolver problemas; e
c) criar a oportunidade para síntese, aplicação e integração dos conhecimentos adquiridos durante o curso.

A proposta elaborada está de acordo com as linhas construtivas do Campo Montenegro, às quais se enquadra em termos de concepção, disposição no terreno e número de pavimentos. Para completá-la, outros estudos devem ser realizados, inclusive envolvendo os subsistemas ainda não detalhados, e para os quais são feitas algumas sugestões, explicitadas a seguir.

A especificação de concreto C40 (f_{ck} = 40 MPa) foi decorrente de informações tomadas junto a uma concreteira de São José dos Campos, durante visita técnica à linha de produção. Na oportunidade, foi verificado que atualmente não mais se justifica a adoção de concretos com resistências menores, já que se pode obter um C40 apenas com o controle do diâmetro médio dos agregados na mistura, sem qualquer aditivo. O custo, portanto, é o mesmo de um concreto de resistência menor. O resultado foi peças de menores dimensões que as usuais, bem como sensível redução na taxa de armadura por m^2 de área construída, refletindo economia direta na aquisição de materiais. Esta opção pôde ser considerada, porque o concreto a ser fornecido para uma obra deste tipo deverá realmente ser produzido em usina, não só pela garantia de qualidade decorrente do controle tecnológico da empresa, mas também porque os volumes de concretagem em cada fase impediriam ou inviabilizariam a produção no canteiro.

O dimensionamento dos circuitos de distribuição de água fria foi feito a partir do uso máximo possível e se justifica pelas peculiaridades de utilização do prédio, cujos moradores estarão sujeitos a atividades correlatas. Assim, a fim de manter a continuidade do abastecimento, as colunas de distribuição não poderiam resultar em diâmetros menores que dos ramais por elas abastecidos, ainda que se considerasse, para as colunas, consumo provável.

Não foram feitos os detalhamentos dos reservatórios superiores e elevado, pois as capacidades nominais apontam para a adoção de peças comerciais fabricadas em fibra. Também o reservatório inferior não foi especificado, pois a previsão pelo Plano Diretor de um centro comercial no local exige estudos mais detalhados, envolvendo outras áreas do CTA, a fim de definir o melhor local para sua instalação.

O arruamento de acesso, pelo mesmo motivo anterior, não foi proposto. Entretanto, tão logo um levantamento venha a ser realizado, incluindo demarcações topográficas, toda a edificação estará locada, já que a adoção de um sistema local de coordenadas para a execução do projeto estrutural permite segura e imediata definição dos eixos da construção, bastando apenas localizar a origem do sistema: o centro da caixa do elevador.

De todas as etapas cumpridas, a maior deficiência encontrada foi justamente a falta de prática com programas computacionais de ambiente gráfico, tipo AutoCAD®, largamente utilizado em construção civil. Atualmente, o domínio desta ferramenta já é considerado básico para o profissional da área, mas os alunos do curso de Infra-Estrutura têm pouco ou nenhum incentivo ao seu aprendizado durante o curso. Seria oportuno oferecer cursos extra-curriculares, sob coordenação da Divisão, orientados aos alunos que desejassem se aprofundar na utilização de tais ferramentas.

A existência de uma sala de microcomputadores destinados aos alunos da pós-graduação foi fator decisivo para a conclusão do trabalho, já que, de outra forma, não teria sido possível empregar os programas computacionais citados no texto. A reserva de horário para confecção do TG na programação semanal de aulas foi adequada, tanto em extensão quanto em oportunidade, sendo absolutamente necessário manter esta prática.

Por fim, este trabalho sintetiza as principais conclusões e resultados obtidos durante o período de estudo. Outros trabalhos podem ser propostos a partir deste, conforme apontado a seguir, permitindo ao aluno desenvolver as habilidades necessárias ao desempenho das atividades de engenharia civil, qualquer que seja a área escolhida, complementando sua base teórica.

7 Sugestões

7.1 Validação

A utilização de um programa de cálculo e dimensionamento estrutural em um projeto está sempre vinculada à idéia de assumir responsabilidades de engenharia pelos resultados gerados. Somente a experiência nesse ramo de atuação pode dar ao projetista a necessária segurança sobre os resultados que consegue.

É indiscutível a ajuda que os programas de computador dão ao trabalho, tanto em termos de rapidez, como em qualidade do produto final, livrando o homem das tarefas repetitivas e das pequenas distrações, constituindo-se em uma poderosa ferramenta de trabalho. Atualmente, estão disponíveis diversos programas para aplicação direcionada aos projetos hidráulicos, de esgotamento, elétrico, telefonia, etc., de forma que uma adaptação ao emprego dos mesmos se faz mister para quem deseja seguir este caminho. Entretanto, a confiança no emprego destas ferramentas só surge com a devida comprovação de sua eficácia e de seus resultados.

Portanto, um trabalho de validação dos resultados obtidos pelo *CYPECAD*® pode mostrar se o programa atinge todos os objetivos a que se propõe e deveria ser feito sob a orientação de profissionais ligados à área de projeto de estruturas, bem como ao ensino da matéria aos alunos.

Igualmente, numa extrapolação da proposta, qualquer programa destinado ao dimensionamento de outros subsistemas em construção civil poderia ser alvo de validação orientada dos resultados.

7.2 Projeto

Para completar este trabalho, outros alunos podem ser motivados a realizar seus exercícios acadêmicos focalizando os seguintes subsistemas:

a) recalque de água fria para consumo;
b) detalhamento de reservatórios;
c) sistema elétrico, incluindo rede de dados, telefonia e antena;
d) combate a incêndio;
e) escadas de acesso e saídas de emergência;
f) telhado;
g) fechamento vertical, vedações e revestimentos;
h) esquadrias e portas;
i) arruamento e acesso;
j) canteiro de obras;
k) orçamento, gerenciamento e controle de obras;
l) cronograma de construção; e
m) memoriais descritivos e orçamentos.

7.3 Alternativas

As diversas alternativas de construção, envolvendo expansões horizontais e verticais, exigem estudo de realocação e possível redimensionamento de espaços, já que ampliam a quantidade de pessoas atendidas. As áreas de lazer e circulação são as mais afetadas, pois pressupõem reunião de pessoas.

Assim, os detalhamentos e conclusões decorrentes de outras configurações da edificação ficam propostos como trabalhos futuros.

Por outro lado, técnicas alternativas de construção podem ser pensadas para estruturar esse edifício, como alvenaria estrutural em blocos de cimento, por exemplo. Também a utilização de painéis pré-fabricados para o fechamento vertical ou peças pré-fabricadas para o arranjo interno, como banheiros, pode ser objeto de estudos futuros.

Da mesma forma, um trabalho de comparação bastante interessante, é realizar este mesmo projeto com a especificação de outros tipos de cimento (como C20, por exemplo), para confrontar as dimensões das peças de concreto armado, os volumes de material e as taxas finais por área construída, compondo-se tabelas com as diversas situações.

Referências Bibliográficas

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991. 465p.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas:** prediais e industriais. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1990. 324p.

LAMBE, T. W.; WHITMAN, R. V. **Soil mechanics**. 2. ed. Massachusetts: John Wiley & Sons, 1969. 553p.

SCHNAID, F. **Ensaios de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 189p.

BOWLES, J. E. **Foundation analysis and design**. 3. ed. Auckland: Mc Graw-Hill, 1982. 327p.

BELINAZO, H. J. **Manual de instalações hidráulicas e sanitárias prediais**. Rio Grande do Sul: UFSM, 1986. 300p. (notas de aula).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 1/2000:** projeto de estruturas de concreto, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:** cargas para o cálculo de estruturas de edificações, Rio de Janeiro, 1980.

APÊNDICE – A ocupação integral do terreno

Como visto na Figura 4, as medidas da faixa de terreno prevista no Plano Diretor para sediar mais um bloco residencial para alunos (H 8D) comporta 3 prédios como o aqui projetado (196 m x 25 m). Desta forma, a ocupação com apenas 1 unidade é apenas parcial e abre a perspectiva para futuras construções, num assentamento horizontal ao longo de todo o comprimento da faixa.

São aventadas a seguir três possibilidades para essa ocupação integral.

A.1 1ª Possibilidade

Uma vez construído o prédio, a faixa horizontal de 196 m viria a ser oportunamente ocupada por mais 2 edifícios similares ao do projeto, comportando 3 ao todo, e cujas extremidades se distanciariam em cerca de 6 m (Figura 39).

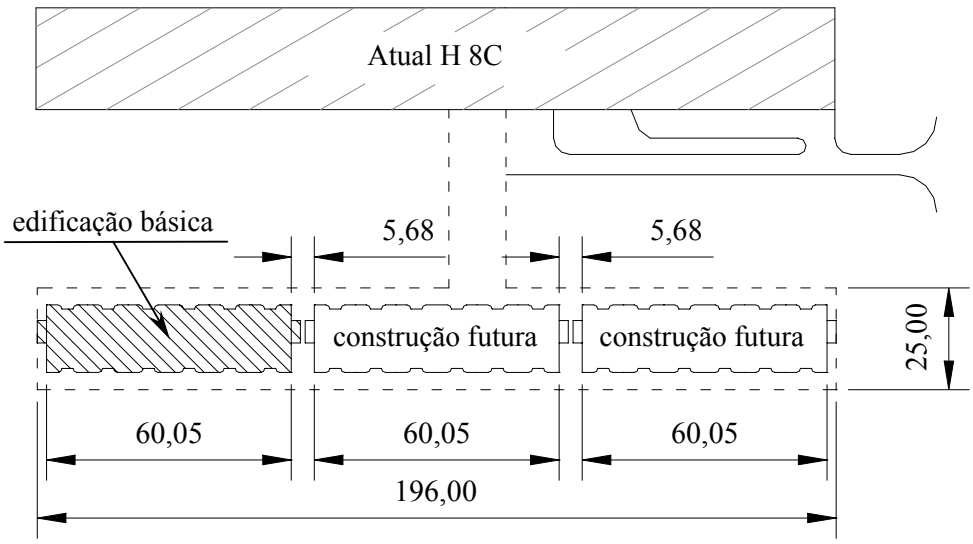


Figura 39 – Ocupação integral do terreno: primeira possibilidade (medidas em metros).

A 2 2ª Possibilidade

Uma vez assentado o edifício ora projetado, o restante da faixa seria reservado para mais outra edificação, de 79,95 m de comprimento, concebido como uma expansão horizontal deste primeiro. Desse modo, disponibilizar-se-iam 380 ou 236 vagas residenciais nos dois edifícios, conforme fossem construídos **com** e **sem** expansão vertical, respectivamente.

A Figura 40 exemplifica esta solução, com as extremidades dos 2 edifícios distanciando-se em 28 m.

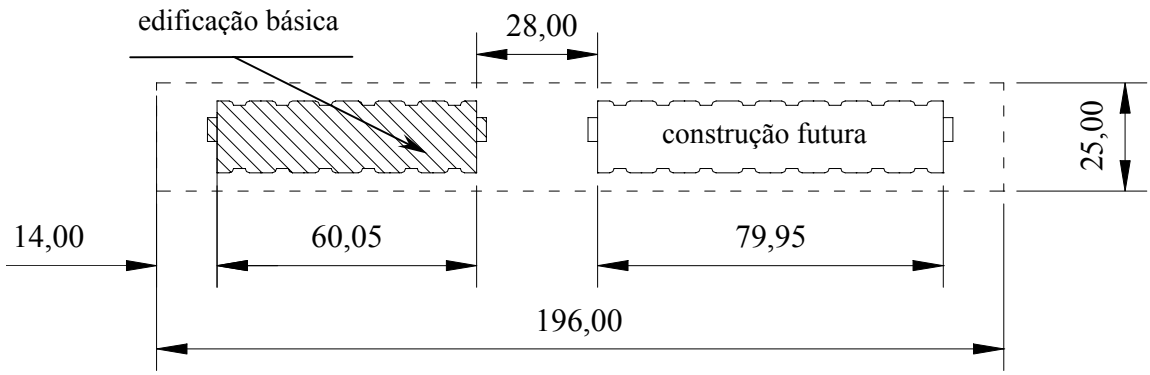


Figura 40 – Ocupação integral do terreno: segunda possibilidade (medidas em metros).

A.3 3ª Possibilidade

A ocupação integral da faixa de 196 m seria feita por 2 edifícios: um de 79,95 m de comprimento (similar ao descrito no item anterior), para alunos de pós-graduação, e outro de 99,85 m para alunos de graduação. Ambos seriam expansões horizontais deste projeto, embora o segundo não devesse contar com dependências para casais e também para portadores de deficiência física. Assim, se construídos com 2 pavimentos residenciais, os edifícios em conjunto comportariam 354 vagas, sendo 138 para alunos de pós-graduação e 216 para os de graduação. No caso de expansão vertical para 3 pavimentos residenciais, esses

números seriam de 222 para alunos de pós-graduação e 324 para os de graduação, somando 546 vagas. A Figura 41 ilustra o caso.

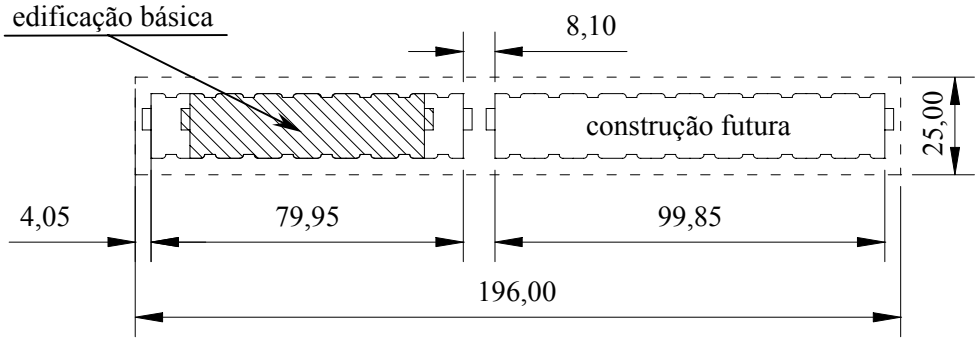
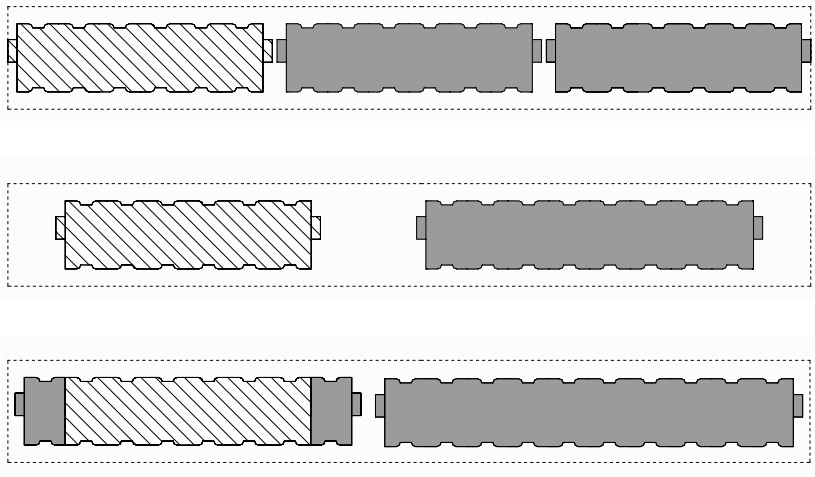


Figura 41 – Ocupação integral do terreno: terceira possibilidade (medidas em metros).

Em resumo, a Figura 42, a seguir, delineia os contornos das edificações nas três possibilidades aqui estudadas. As Tabelas 25, 26 e 27 resumem as capacidades em cada caso.



1ª Possibilidade:
3 edifícios idênticos, de 60,05 m x 16,60 m cada um

2ª Possibilidade:
1 edifício de 60,05 m x 16,60 m e outro de 79,95 m x 16,60 m

3ª Possibilidade:
1 edifício de 79,95 m x 16,60 m e outro de 99,85 m x 16,60 m

Figura 42 – Três possibilidades de ocupação integral do terreno.

Tabela 25 – Resumo das áreas totais construídas nas três configurações apresentadas para a edificação (em m^2).

pavimento	configuração da edificação		
	básica: de 60,05 m	com expansão horizontal	
		para 79,95 m	para 99,85 m
térreo	876,73	1 167,27	1 457,81
1º andar	959,17	1 277,49	1 595,81
2º andar	959,17	1 277,49	1595,81
cobertura	959,17	1 277,49	1595,81
subtotal	**3 754.24**	**4 999.74**	**6 245,24**
3º andar *	959,17	1 277,49	1 595,81
total	**4 713.41**	**6 277.23**	**7 841.05**

* Após expansão vertical.

Tabela 26 – Capacidades de acomodação nas três configurações apresentadas para a edificação (número de leitos).

pavimento	configuração da edificação					
	básica: de 60,05 m		com expansão horizontal			
			para 79,95 m		para 99,85 m	
	ala NW	ala SE	ala NW	ala SE	ala NW	ala SE
1º andar	10	28	14	40	54	54
2º andar	30	30	42	42	54	54
subtotal da ala	40	58	56	82	108	108
total parcial	**98**		**138**		**216**	
3º andar *	30	30	42	42	54	54
subtotal da ala	70	88	98	124	162	162
total	**158**		**222**		**324**	

* Após expansão vertical.

Tabela 27 – Capacidades de acomodação nas três possibilidades de ocupação do terreno (número de leitos).

pavimento	1ª possibilidade	2ª possibilidade	3ª possibilidade
1º andar	114	92	162
2º andar	180	144	192
total parcial	**294**	**236**	**354**
3º andar *	180	144	192
total	**474**	**380**	**546**

* Após expansão vertical.

ANEXO

Relatório com os resultados das sondagens executadas em terreno (sondagem à percussão) por *GEOCAMPOS – Sondagem e Estaqueamento*, com a definição do perfil do solo e a resistência à penetração (ensaio SPT)

GEOCAMPOS
SONDAGEM E ESTAQUEAMENTO

RS 140/98 São José dos Campos-SP, 04 de Janeiro 1999

À
CENTRO TECNICO AEROESPACIAL

Prezados Senhores,

Pela presente, estamos encaminhando a V. Sa. nosso relatório com os resultados das sondagens executadas em terreno sito à CAIXA D'AGUA ANEXA A E - 0082 - S.J. DOS CAMPOS - SP.

Foram executadas 01 sondagens com tubos de revestimento de 21/2" de diâmetro, nos pontos assinalados na planta anexa, atingindo o total perfurado de 16,45 metros.

Durante a execução das sondagens foram observadas as resistências oferecidas pelo terreno à cravação de amostrador tipo Terzaghi & Peck 13/8" e 2" de diâmetro interno e externo respectivamente. Os resultados dessas medidas (Standard Penetration Test) expressos em números de golpes de um peso de 65 Kg, com altura de queda de 0,75m necessários à penetração de 0,30m finais do amostrador. Após uma penetração inicial de 0,15m acham-se indicados no perfil do subsolo nas respectivas cotas de medição.

Convém notar que as secções do subsolo indicadas nos desenhos nº SP 01 representam apenas a sequência provável das camadas entre os pontos sondados.

A correta verificação do nível d'água, deverá ser feita através de um furo de maior diâmetro.

Atenciosamente,

GEOCAMPOS - SONDAGEM E ESTAQUEAMENTO LTDA.

AV. DR. ADHEMAR DE BARROS, 283 - 14º ANDAR - SALA 1403 -V. ADY-ANNA - CEP 12245-010 - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP TELEFAX: (012) 322-5433

LOCAÇÃO DE SONDAGEM

CLIENTE: CENTRO TECNICO AEROESPACIAL

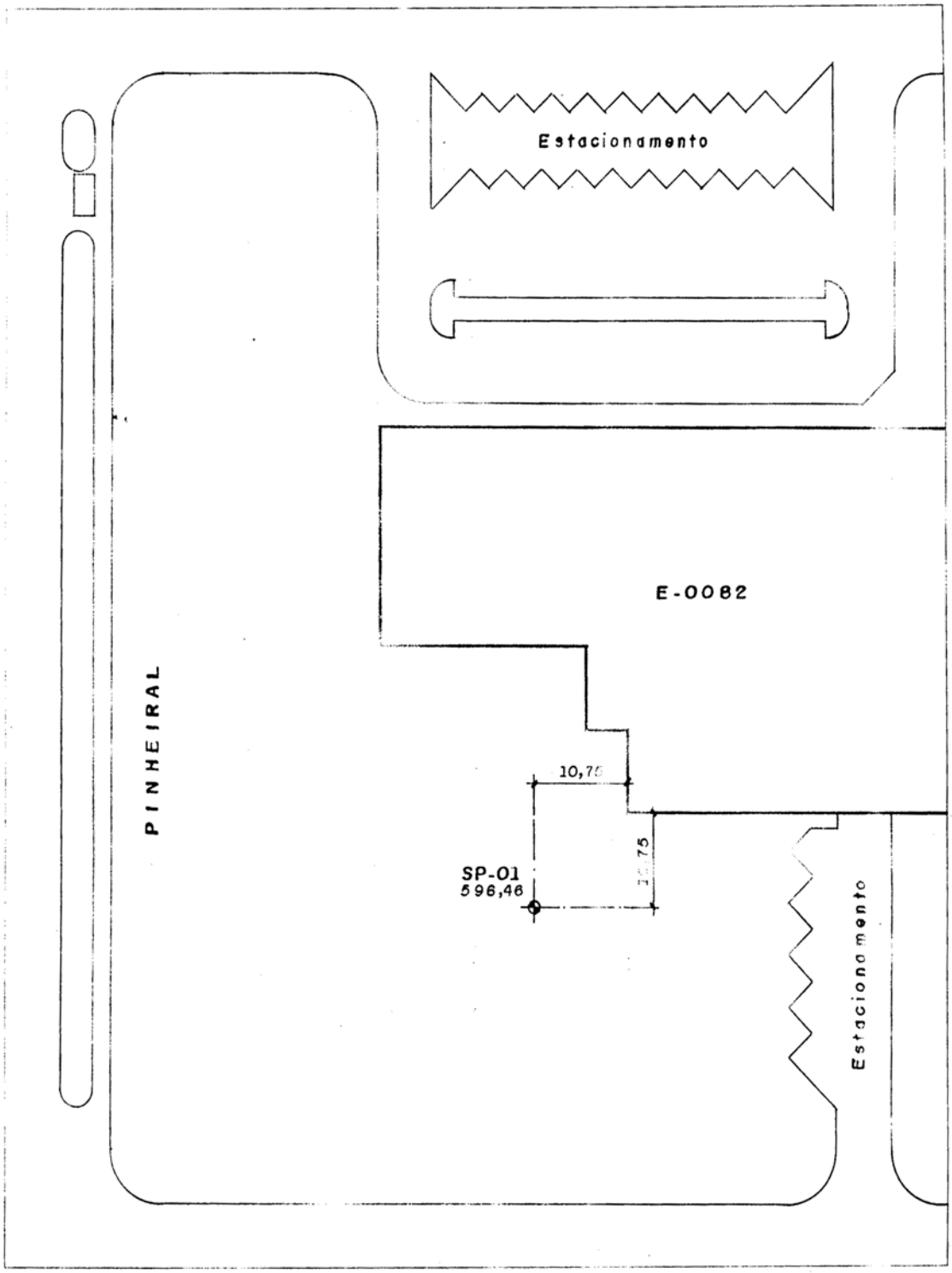
LOCAL: CAIXA D'AGUA ANEXA A E - 0082

S. J. DOS CAMPOS - SP.

GEOCAMPOS

SONDAGEM E ESTAQUEAMENTO

DESENHO NP.	FOLHA:	DATA:	DESENHISTA:	ESCALA:
140/98	01/02	12/98		S/ESCALA



SONDAGEM À PERCUSSÃO

CLIENTE: CENTRO TECNICO AEROESPACIAL

LOCAL: CAIXA D'AGUA ANEXA A E - 0082

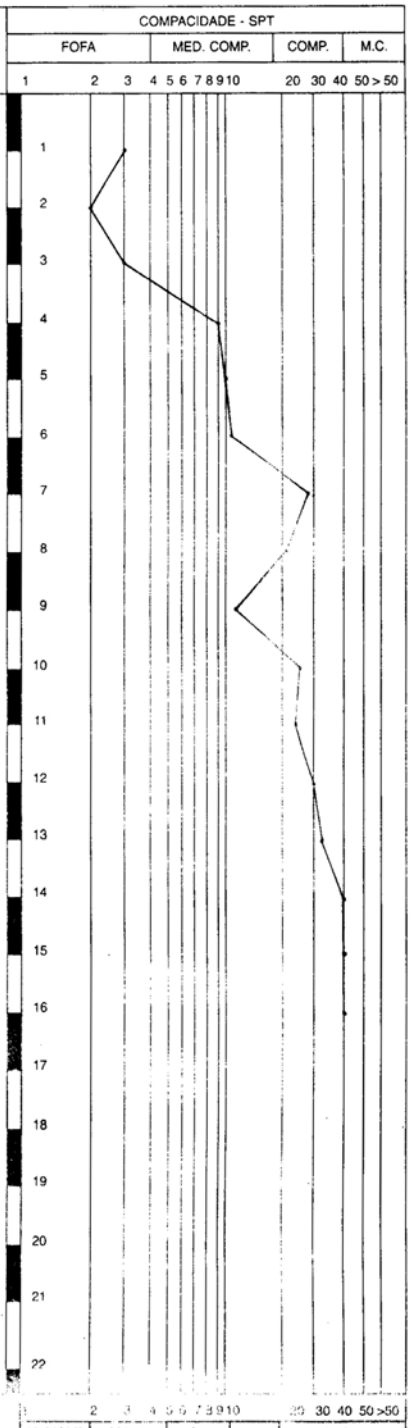
S. J. DOS CAMPOS - SP.

GEOCAMPOS

SONDAGEM E ESTAQUEAMENTO

R.S. Nº:	FOLHA:	INÍCIO:	TÉRMINO:	SP Nº:	ESCALA:
140/98	02/02	05/12/98	08/12/98	01	

COTA E NA m	PROF. m	PERFIL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	RESISTÊNCIA PENETRAÇÃO SOLO
NA: NÃO ENCONTRADO			argila porosa pouco arenosa, mole à rija, marrom	3
				2
				3
	4,00		vermelha	9
				10
	6,00			11
	6,80		areia fina argilosa, medianamente compacta, vermelha	
			argila plástica, dura, variegada	28
				21
	9,00			12
	9,90		areia fina siltosa, medianamente compacta, cinza	
			argila plástica, dura, cinza	25
				24
	12,00			30
			areia fina e média siltosa, compacta, ocre	32
	14,00		muito siltosa	40
				40
				40
			Término 16,45 m	



REVEST.:			RESPONSÁVEL TÉCNICO
6,00 m	0,00 à 6,00 m	6,45 à 16,45 m	

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO	2. DATA	3. DOCUMENTO N°	4. N° DE PÁGINAS
TC	24 de novembro de 2003	CTA/ITA-IEI/TC-008/2003	142

5. TÍTULO E SUBTÍTULO:

Projeto de Próprio Nacional Residencial para Alunos de Pós-Graduação do ITA

6. AUTOR(ES):

Roberto Carlos Fernandes

7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES):

Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica – ITA/IEI

8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR:

pós-graduação, próprio nacional residencial, PNR, projeto, edifício, alojamento

9.PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO:

Edificações; Projeto estrutural; Construção civil; Especificações; Engenharia civil

10. APRESENTAÇÃO: **X Nacional** **Internacional**

Trabalho de Graduação, ITA, São José dos Campos, 2003. 142 páginas.

11. RESUMO:

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto de engenharia para a construção, no Campo Montenegro, de um Próprio Nacional Residencial destinado a alojar alunos dos cursos de pós-graduação do ITA. São mostradas as considerações sobre a filosofia do projeto e a concepção arquitetônica, bem como o dimensionamento e o detalhamento dos sistemas estrutural (incluindo as fundações), de distribuição de água fria, instalações hidrossanitárias e coleta de águas pluviais.

O edifício foi concebido para ser assentado em pilotis, comportando dois ou três pavimentos residenciais e uma cobertura para finalidades utilitárias, sendo previstos apartamentos para alunos casados, solteiros e portadores de necessidades especiais, num total de até 158 vagas.

A solução estrutural adotada foi a convencional em concreto armado, com pórtico espacial formado por pilares e vigas, suportando lajes maciças. O dimensionamento foi feito com o auxílio de programa computacional específico (*CYPECAD*®).

Em complemento, são feitas considerações sobre as possibilidades de expansão horizontal e vertical da construção, bem como sobre a otimização do uso do solo, em concordância com o Plano Diretor do CTA.

12. GRAU DE SIGILO:

(X) OSTENSIVO **( ) RESERVADO** **( ) CONFIDENCIAL** **( ) SECRETO**