

CASAS POPULARES PRÉ-MOLDADAS EM ARGAMASSA
ARMADA. PROCURA DE UMA SOLUÇÃO ECONÔMICA
E CONFORTÁVEL

AUTOR: ELOY FERRAZ MACHADO JUNIOR
ORIENTADOR: PROF.DR.WALTER ABRAHÃO NIMIR

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

CASAS POPULARES PRÉ-MOLDADAS EM ARGAMASSA ARMADA
PROCURA DE UMA SOLUÇÃO ECONÔMICA E CONFORTÁVEL

Eng.º ELOY FERRAZ MACHADO JUNIOR

Tese apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São
Paulo como parte dos requisitos para
obtenção do título "Doutor em Engenharia
Civil".

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Doutor WALTER ABRAHÃO NIMIR (Orientador)

Prof. Titular ILIO MONTANARI

Prof. Doutor MARCOS VINICIO COSTA AGNESINI

Prof. Doutor VAHAN AGOPYAN

Prof. Doutor ALUIZIO FONTANA MARGARIDO

SUPLENTES

Prof. Doutor MOUNIR KHALIL EL DEBS

Prof. Doutor REGIS LATORRACA RIBEIRO LIMA

Prof. Doutor JASSON RODRIGUES DE FIGUEIREDO FILHO

Prof. Associado JOÃO BENTO DE HANAI

São Carlos, setembro de 1991

Para minha mãe, Nella. . .
e também para Lilia Maria,
Deda, Eloy Neto, Carlos
Gustavo, João Guilherme e
Maria Augusta.

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Lino de Carvalho Seixas, um grande apreciador e incentivador de novas técnicas, pela confiança, conselhos técnicos, apoio material e sobretudo amizade.

Ao engo. Bruno Tessarolo, com quem os primeiros caminhos foram trilhados, pela experiência, habilidade e amizade demonstradas.

Ao prof. Walter Abrahão Nimir, amigo, orientador, condutor seguro no transcorrer da pesquisa, pelo incentivo e confiança.

Aos companheiros de trabalho, José Jairo de Salles, pela atenção e ajuda com a estrutura metálica e Toshiaki Takeya pelo apoio e auxílio com os ensaios e interpretação dos resultados.

Aos demais colegas professores do SET, SAP e UFSCAR, pela contribuição e incentivo durante esta empreitada.

Aos pessoal técnico do Laboratório de Estruturas, cujas mãos materializaram as idealizações, pelo empenho demonstrado, em especial à Jorge Rodrigues Brabo e Mario Botelho.

Aos funcionários da Secretaria do SET, pela paciência, zelo e eficiência com a digitação e montagem do texto, particularmente à Wilma Provinciali Vall, Rosi A.J. Rodrigues e Antonio Valdair Carneiro.

Ao Francisco Carlos Guete de Brito, pela cuidadosa elaboração dos desenhos que ilustram este trabalho.

À Oswaldo José Montanari, Arquiteto do Departamento de Assistência Técnica da ABCP e ao Engo. Antonio Carlos Boin, Coordenador Técnico da GETHAL-STEIDLE, pela prestimosa colaboração.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio financeiro concedido.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	01
1. INTRODUÇÃO	01
 CAPÍTULO II	 16
2. GENERALIDADES.....	16
2.1- Os painéis sanduíche experimentais.....	16
 CAPÍTULO III.....	 28
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DA MORADIA (EMBRIÃO).....	28
3.1- Componentes construtivos básicos.....	30
3.2- Execução dos componentes das paredes.....	37
3.2.1- Painéis tipo sanduíche.....	37
3.2.2- Elementos de ligação.....	47
 CAPÍTULO IV.....	 53
4. AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DAS PAREDES.....	53
4.1- Resistência dos painéis à ação do vento.....	53
4.2- Resistência da parede a carregamentos verticais excêntricos.....	 61
 CAPÍTULO V.....	 72
5. O SISTEMA CONSTRUTIVO.....	72
5.1- Generalidades.....	72
5.2- Elementos do sistema construtivo.....	74
5.2.1- Fundações e cinta de amarração superior.....	74
5.2.2- Estrutura auxiliar para montagem das paredes....	76
5.2.3- Estrutura do telhado e cobertura.....	78

CAPÍTULO VI	80
6. MONTAGEM DO PROTÓTIPO.....	80
6.1- Generalidades.....	80
6.2- Locação da obra e fundações.....	82
6.3- Montagem das paredes.....	85
6.4- Instalações sanitárias, cinta de amarração e fixação das paredes no contrapiso.....	98
6.5- Cobertura e fechamento dos oitões.....	107
6.6- Pisos, vidros, instalações hidráulicas e elétricas, e aparelhos sanitários.....	118
 CAPÍTULO VII	 127
7. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO.....	127
7.1- Caracterização do protótipo.....	127
7.2- Condições das medições.....	130
7.3- Objetivo da avaliação.....	132
7.4- Resultados obtidos.....	133
7.5- Avaliação dos resultados.....	147
7.6- Conclusões.....	151
 CAPÍTULO VIII	 153
8. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ECONÔMICO DA HABITAÇÃO.....	153
8.1- Determinação do custo direto da edificação.....	154
8.1.1- Insumos e coeficientes pertinentes ao sistema construtivo.....	154
8.1.2- Composição de custos unitários.....	161
8.2- Análise do custo do embrião.....	165
 CAPÍTULO IX	 167
9. AVALIAÇÃO FRENTE A OUTROS SISTEMAS DE CONSTRUÇÃO....	167
9.1- Introdução.....	167
9.2- Descrição das tecnologias dos sistemas constru- tivos.....	168
9.3- Comparação com os sistemas apresentados.....	178

CAPÍTULO X.....	182
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	182
10.1- Perspectivas de continuidade das pesquisas.....	184
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	186
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....	189
ANEXO A.....	A-1
ANEXO B.....	B-1
ANEXO C.....	C-1

RESUMO

O déficit habitacional, entre a população de baixa renda, nos países do terceiro mundo, aumenta continuamente. No Brasil chega próximo à estarrecedora cifra de 15 milhões de moradias, com o agravante de que o acesso à casa própria, na atual conjuntura econômica, torna-se, cada vez, mais difícil.

Apresenta-se neste trabalho um sistema construtivo dedicado às edificações populares, baseado em painéis do tipo sanduíche, com placas de face pré-moldadas em argamassa armada e núcleo de espuma rígida de poliuretano, como componentes portantes de vedação. A união entre os painéis é feita através de elementos de ligação, também pré-moldados de argamassa armada.

O sistema construtivo permite a ampliação da moradia por evolução horizontal, sem grandes intervenções no embrião inicialmente construído. O telhado é de estrutura metálica, leve, coberto com telhas de fibrocimento e prevê a possibilidade da colocação posterior de um forro.

São apresentados os estudos iniciais e os resultados das avaliações quanto à segurança estrutural dos componentes pré-moldados. As avaliações realizadas, depois da construção do protótipo, tendo em vista o conforto do usuário, o custo da habitação e o confronto com outros sistemas construtivos, também integram o trabalho.

O resultado é um sistema de construção simples e objetivo, que utiliza pouca mão-de-obra e quase nenhum equipamento, no canteiro de serviços.

ABSTRACT

The habitational deficit of the low income population, in the third world countries, has grown up continuously. In Brazil it reaches the frightening amount of 15 million of tenements, aggravated by the fact that the access to the own living place has become more and more difficult due to the present economical scenery.

This work presents a building system dedicated to the low-cost housing, based on sandwich-type panels with ferrocement precasted faces and polyurethane rigid foam core as the sealing-bearing components. The panel to panel union is made through the linking elements, which are also ferrocement precasted.

The constructive system makes possible the enlargement of the living place by horizontal evolution, without intervening too much in the initially built embryo. The roof is metal framed, light, covered by fibrocement tiles, and with the possibility to install a ceiling.

The initial studies are here presented and also the results of the evaluations as to the structural security of the precasted components. The evaluations made, after the building up of the prototype, having in mind the user's comfort, the cost of the tenement and the comparison with the other constructive systems, are also part of the work.

The result is a simple and objective construction system which uses little manual work and almost no equipment at the construction site.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

O déficit habitacional entre a população de baixa renda preocupa a maioria dos países, tornando-se crítico nos do terceiro mundo e em desenvolvimento. Entre nós, tomando como exemplo apenas a cidade de São Paulo, o problema começou a se agravar a partir da metade do século XIX, conforme relata Marília Stamato SAMPAIO⁽¹⁾, tratando do histórico do desenvolvimento da casa paulista. "Os ricos moravam com todo conforto, alguns em chácaras na periferia da cidade. Os remediados, normalmente artesãos ou pequenos comerciantes, continuavam vivendo modestamente. E os pobres, antigos escravos ou imigrantes recém chegados, tinham que se contentar com um abrigo qualquer".

Desde então as dificuldades, com relação à moradia popular, vêm se avolumando, passando pela descoberta do aluguel de cômodos; surgindo os cortiços; pela especulação imobiliária, com a construção de casas de aluguel nos bairros operários que se implantavam; até ganhar a atenção dos políticos à partir de 1940. Nesse ano, segundo o

trabalho citado, entre 40% a 60% dos habitantes da cidade de São Paulo, já tinham condições anormais de moradia.

Com a bandeira da moradia popular sendo desfraldada nos palanques a nível municipal, estadual e federal, as promessas, que já elegeram muitos mandatários, nunca foram cumpridas integralmente, o que até, pode-se pensar, para não extinguir filão tão promissor.

Neste espaço de tempo, até a primeira intervenção organizada do Estado para resolver o problema habitacional, a partir da criação do Banco Nacional da Habitação - B.N.H. em 1964, as moradias populares foram construídas com finalidades especulativas ou através da auto-construção, sempre no sentido da periferia das médias e grandes cidades, sem acompanhar o desenvolvimento tecnológico e econômico do país. De acordo com o Relatório Anual do BNH, de 1984, em SILVA, R.S.N.^[2], a participação do Poder Público, naquela fase, foi a construção de pequeno número de habitações, vendidas através dos Institutos de Aposentadorias e Pensões, da Fundação da Casa Popular e das Caixas Econômicas.

Na esteira dos fatos foram instituídos, nas últimas décadas, organismos com o objetivo de planejar, construir e financiar habitações destinadas às faixas mais carentes da população, bem como criar e incentivar o desenvolvimento de programas e novas tecnologias da construção em massa, para que, no mais curto prazo, o brasileiro de baixa renda pudesse atingir o sonho de morar com dignidade.

Alguns programas mais recentes de incentivo ao desenvolvimento de tecnologias alternativas, para a construção popular, merecem ser citados:

Projeto BRA 85/005^[3] - Reconstrução e Reabilitação das Áreas Inundadas do Nordeste.

Este projeto, nascido em decorrência de inundações que em 1985 deixaram um milhão de nordestinos desabrigados, foi patrocinado pelo PNUD - Programa das Nações Unidas para o

Desenvolvimento no Brasil e implementado pelo Ministério do Interior. Sete organismos foram envolvidos, reunindo e repassando dez alternativas tecnológicas que premiam, principalmente, a auto construção, mantendo as características peculiares regionais.

Projeto Modelar^[2] - Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo - COHAB - SP

Em 1985, sob a coordenação da COHAB-SP, foram convidadas várias empreiteiras, para construir duas moradias cada uma, desenvolvendo tecnologias alternativas baseadas principalmente na premissa estabelecida pela coordenadora do projeto: "O sistema construtivo que define o produto final - a casa - resulta do acoplamento de sub-sistemas, organizados e ordenados entre si na linha de montagem normalizado no canteiro e os quais resultam, por sua vez, do acoplamento de componentes e elementos pré-fabricados produzidos pela indústria da construção existente a nível regional e a nível nacional no país".

Dois canteiros experimentais foram estabelecidos, resultando em 71 unidades habitacionais que reuniram as mais diversas soluções; em alvenaria auto-portante, alvenaria estrutural, paredes moldadas no local com auxílio de fôrmas metálicas e emprego de pré-moldados.

Projeto ABCP^[4] - Associação Brasileira de Cimento Portland - SP

A ABCP, em meados de 1990, desenvolveu um projeto de moradia evolutiva ou embrião, de forma a proporcionar o acesso da população de baixa renda aos programas governamentais de financiamento da casa própria — o morador financia o embrião e posteriormente vai ampliando aos poucos a moradia. A proposta, concretizada através da construção de protótipos, previa quatro alternativas de acordo com o material utilizado na execução das paredes: tijolos de solo cimento, painéis monolíticos de solo-cimento, blocos de

concreto e concreto celular. As três últimas destas alternativas são comentadas detalhadamente em capítulos mais adiante.

A partir da experiência da COHAB-SP com o Projeto Modelar, em 1985, têm surgido propostas, a maioria delas comerciais, para sistemas alternativos com ênfase na construção industrializada. Como exemplos, podemos citar a Eurocasa^[5], criada pela Eurobrás Construções Metálicas Moduladas, em 1989, utilizando perfis metálicos galvanizados com painéis de concreto celular e o Sistema E.A. de Edificações Pré-Fabricadas^[6], desenvolvido pela E.A.Construções e Comércio Ltda em 1990, que utilizava perfis metálicos, zincados, para fixação das paredes no contrapiso e montantes metálicos para a ligação entre os painéis, que eram de concreto celular autoclavado.

SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS, EM ARGAMASSA ARMADA, PARA MORADIAS DE BAIXO CUSTO

A Experiência Brasileira

Por volta de 1978, a Método Engenharia desenvolveu um sistema construtivo^[7], utilizando painéis pré-moldados de espessura 50mm. Os painéis eram armados com uma tela eletrosoldada, associada com duas camadas de tela de malhas hexagonais. Através da armadura eram lançados 3cm de concreto e sobre ele, como camada isolante, 2cm de vermiculita esfoliada. Os painéis eram ligados entre si por juntas de chapa metálica. A estrutura do telhado era de madeira, coberta com telhas de fibrocimento. O forro utilizado era do tipo leve, com painéis isolantes térmicos de fibra de madeira. As instalações elétricas e hidráulicas eram embutidas nos painéis. Uma equipe de trabalho, utilizando um guindaste móvel de pequeno porte, construía

uma moradia de 37m² em 4 horas.

No final do ano de 1986, com recursos fornecidos pela Secretaria Executiva da Habitação, foi firmado um convênio entre esta, o Município de São Carlos, a Escola de Engenharia de São Carlos - USP e a Companhia de Desenvolvimento Habitacional, todos do Estado de São Paulo. O objetivo era o desenvolvimento de um sistema construtivo, utilizando componentes pré-moldados de argamassa armada, para edificação de moradias destinadas às faixas de baixa renda. O convênio concretizava-se com a construção de dois protótipos: uma unidade térrea e outra de dois pavimentos.

PETRONI e FERREIRA⁽⁸⁾ desenvolveram para as paredes e para a cobertura, bem como para a fixação sobre as fundações e travamento superior dos painéis, componentes cujas formas geométricas se assemelhavam a canaletas.



FIG. 1. CANALETE DE VEDAÇÃO

Os painéis de vedação eram dotados de nervuras em três dos seus lados (fig. 1) e os elementos da cobertura possuíam duas nervuras laterais, sendo que uma delas era dotada de

pequena aba para sobreposição das calhas. A armadura era constituída de telas fabricadas com fios de diâmetro 2mm, eletrosoldados e espaçados de 2,5cm por 5,0cm.

A moldagem foi executada em fôrmas de madeira sobre um estrado plano, sendo retirados após 24 horas. As dimensões dos componentes eram de 42cm na largura, com espessura de 16mm. O comprimento, no caso dos painéis das paredes, era variável. Os canaletes de posicionamento nas fundações e os de travamento, foram moldados por dobradura, sendo armados com tela galvanizada de fios entrelaçados n°. 18.



FIG. 2. MONTAGEM DOS PAINÉIS DE VEDAÇÃO

A montagem das paredes era iniciada com a colocação, sobre um pequeno baldrame, dos canaletes de fixação, apenas

com as abas já moldadas. Estas eram mantidas na posição por um cordão de concreto externamente às laterais. Os painéis eram então, posicionados e os vazios das calhas preenchidos com concreto. A ligação entre eles era feita por porcas e parafusos passados através de furos existentes nas nervuras laterais (fig. 2). Para a vedação das juntas verticais era providenciado, antes do levantamento, um cordão de argamassa fresca ao longo das abas laterais que iam se justapor.

Em seguida, sobre o topo das paredes e para travamento de todo o conjunto, eram colocados os canaletes com as abas dobradas para baixo, sendo então argamassadas as juntas. A colocação e fixação dos elementos da cobertura encerrava a construção (fig. 3). As instalações elétricas e hidráulicas eram todas aparentes, sendo que os equipamentos, com exceção das louças sanitárias, também eram de argamassa armada.



FIG. 3. PROTÓTIPO DA UNIDADE TERREA.

A Experiência Estrangeira

O Sistema Construtivo Stucanet^[7] foi desenvolvido na Bélgica por BeKaert, N.V., para construção de moradias de um pavimento. A base deste sistema de construção era o painel Stucanet, constituído de uma tela com malhas retangulares de arame galvanizado soldado, entremeada com papelão duro provido de furos, na interseção dos fios, através dos quais era feita a solda. Os vazios no papelão permitiam que a argamassa aplicada de um lado extravasasse, envolvendo completamente os arames, produzindo assim uma parede armada. A estrutura de apoio dos painéis Stucanet e que definia a espessura das paredes, era uma pequena treliça metálica de banzos paralelos, em perfil U de chapa dobrada, e diagonais de barra de aço galvanizado, dobrado em ziguezague (fig.4).

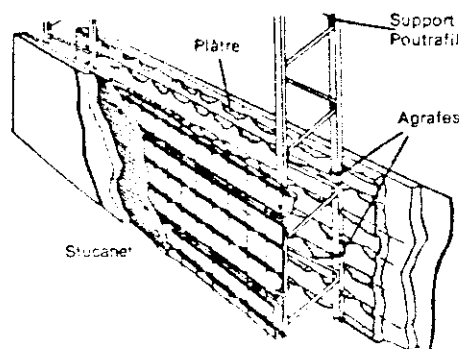


FIG. 4. BASE DO SISTEMA CONSTRUTIVO STUCANET.

Após a fixação no piso, de todos os montantes, estes eram cobertos pelos painéis de telas, presos por grampos, primeiro externamente, quando então a argamassa de cimento, era projetada de ambos os lados em camadas de 30mm. Antes do fechamento, pelo lado interno, as instalações elétricas e hidráulicas eram colocadas, podia-se também acrescentar material isolante no vazio entre os painéis. A superfície interna da parede, recebia argamassa somente deste lado,

completando o serviço.

O sistema CASTONE, desenvolvido na Índia por GOKHALE, V.G.^[9], aceitando o desafio de produzir moradias rapidamente e a baixo custo, para combater o profundo déficit habitacional de Bombaim. O sistema baseava-se em painéis-parede de ferrocimento com taxa de armadura mais baixa que a comumente utilizada neste material, ligados entre si por parafusos e porcas. Estes eram passados através de furos, formados durante a fabricação, existentes nas nervuras ao longo do perímetro do painel (fig.5).

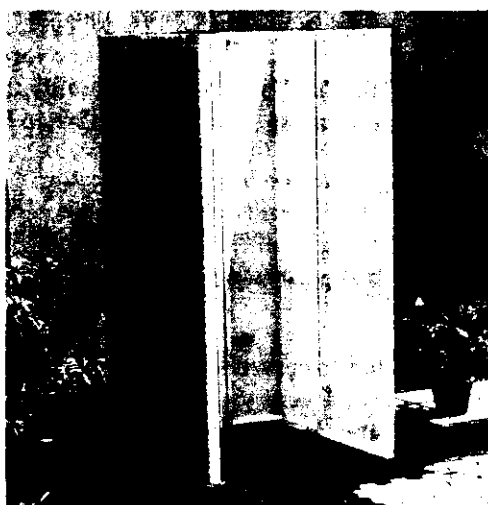


FIG. 5. UNIÃO DOS PAINÉIS CASTONE.

A armadura dos painéis era constituída de duas telas hexagonais, tipo galinheiro e as nervuras eram reforçadas com uma barra de 6mm de diâmetro, soldadas nas extremidades.

As dimensões de cada unidade eram de 91,4cmx274cm, com 31,75mm de espessura e pesavam, segundo o autor, 150kg, podendo ser transportada manualmente ou por um pequeno guindaste. A laje de cobertura ou de piso, no caso de dois pavimentos, não era de ferrocimento. Mas do tipo mista, com longarinas treliçadas e blocos vazados, concretada no local.

Ela era fixada no topo das paredes, formando todo o conjunto uma estrutura do tipo caixa emborcada. Segundo o autor, a ligação através de porcas e parafusos era muito eficaz, dando ao conjunto bastante estabilidade, não necessitando, por isso, de fundações especiais para suportar forças horizontais, incluindo abalos sísmicos.

Após a montagem do protótipo, que completou o desenvolvimento do sistema, a produção em massa foi iniciada numa linha de montagem de dois estágios, ligados por trilhos. A produtividade na fabricação dos painéis, apesar da mão-de-obra não qualificada, era equivalente a um comodo de $18,58m^2$ a cada 8 horas, utilizando 25 homens. Através do sistema construtivo CASTONE, foram edificadas 6.000 moradias na periferia de Bombaim (fig.6).

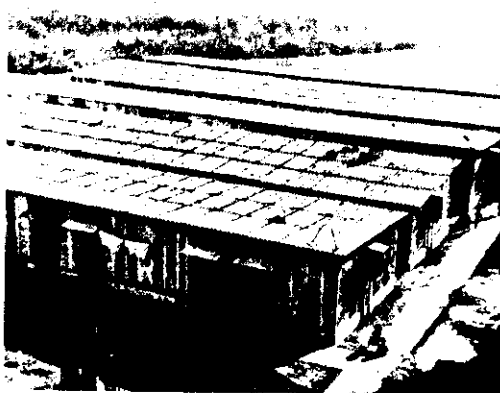
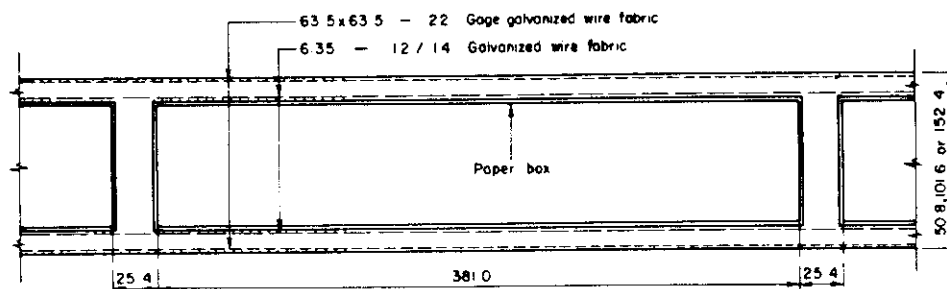


FIG. 6. CONJUNTO POPULAR NA PERIFERIA DE BOMBAIM.

CHANG, W.F., entre 1968 e 1970, desenvolveu nos Estados Unidos um sistema construtivo de moradias pré-fabricadas em usina^{(7), (10)}, utilizando painéis sanduíche de ferrocimento como componentes das paredes, piso e cobertura.

Os painéis tinham faces com 12,7mm de espessura, armadas com duas camadas de tela de arame galvanizado. Para garantir o efeito sanduíche, estas eram unidas por nervuras, espaçadas a cada 40,64cm, com 25,4mm de espessura (fig. 7).



All dimensions in mm

FIG. 7. PAINEL SANDUÍCHE DE FERROCIMENTO.

A moldagem era executada horizontalmente sobre mesa metálica, sendo que para a confecção das nervuras, utilizou-se fôrma de papelão tipo caixão perdido.

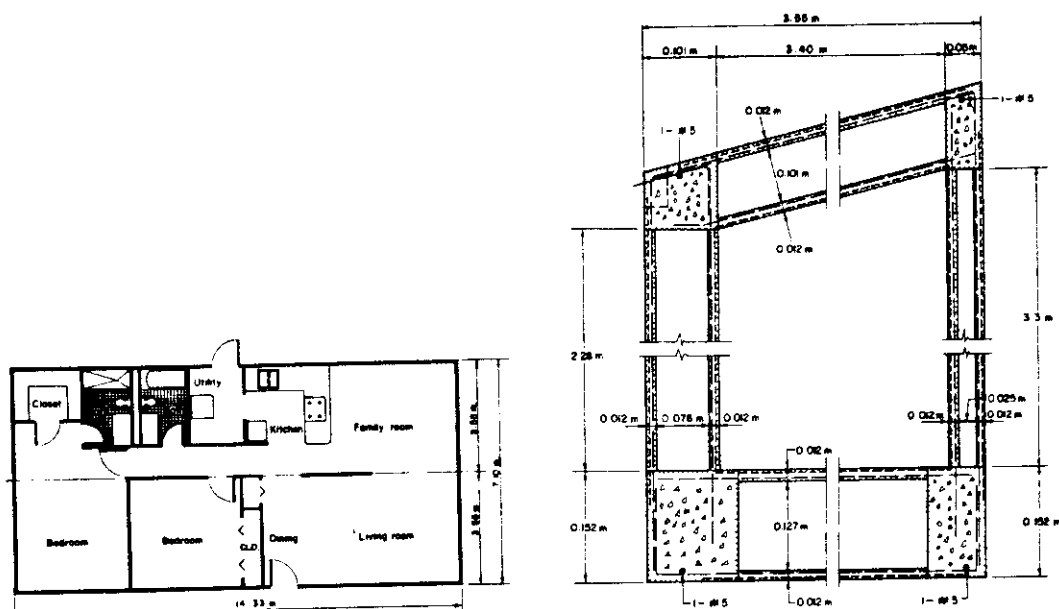


FIG. 8. PLANTA BAIXA DO PROTÓTIPO E JUNTAS CONSTRUTIVAS.

Cuidados especiais, com o lançamento, controle da espessura e trabalhabilidade da argamassa, eram tomados através da utilização de equipamentos de vibração e aditivos. As instalações elétricas e hidráulicas eram embutidas antes da peça ser fundida. As juntas parede-piso e parede-cobertura, eram executadas em concreto armado, no local (fig. 8).

Um protótipo com 7,10m de largura e 14,33m de comprimento, foi construído em duas partes, cada qual correspondendo à parte úmida e seca da casa. As unidades foram retiradas da usina, transportadas em carretas e testadas em rodovias, intensivamente, à uma velocidade aproximada de 80km/h sem que tivessem sido observados danos na estrutura (fig 9-10).



FIG. 9. UNIDADES TESTADAS EM RODOVIAS.

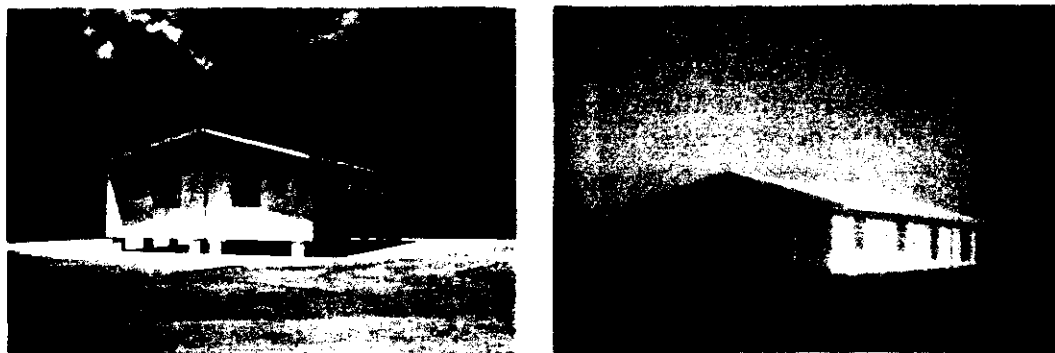


FIG. 10. PROTÓTIPO MONTADO PROVISORIAMENTE.

O sistema foi modificado posteriormente, em 1974 pelo autor, tendo sido adaptado para construção pré-moldada in loco, surgindo assim o Sistema Construtivo W-Panel.

Este, era baseado na capacidade estrutural dos W-Panel, que consistia numa estrutura espacial treliçada, fabricada com duas telas de malhas quadradas de fios n°. 14, soldados e espaçados de 50,8mm. Para manter o espaçamento, também de 50,8mm, entre as telas e produzir o efeito treliça, eram soldados fios individuais de mesmo diâmetro em diagonal, unindo as superfícies de cada tela (fig. 11).

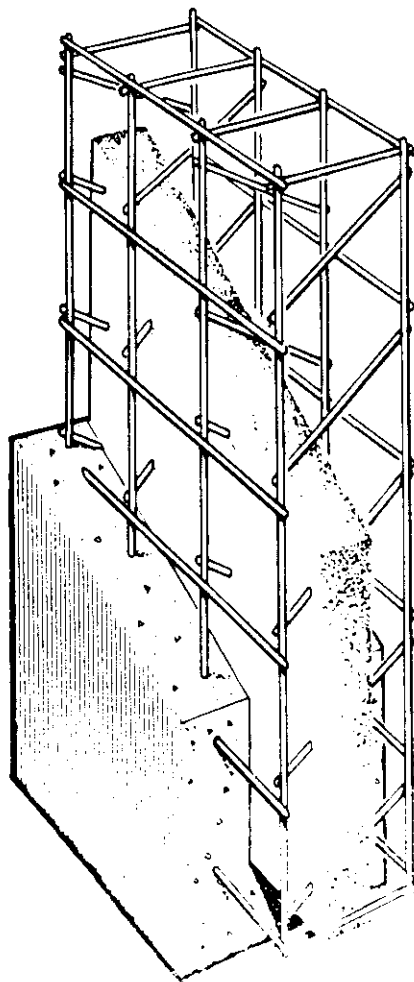


FIG. 11. W-PANEL.

Após a fabricação da armadura, esta recebia uma aplicação de poliuretano em forma de espuma rígida, no interior das telas e afastada, do plano de cada face da armação, de 12,7mm. Esta providência permitia que os fios da armadura fossem totalmente recobertos pela argamassa, durante a sua aplicação na obra, manualmente ou por projeção. A espessura das camadas que recobriam os fios, de cada lado do painel, era de 22mm.

A medida padrão dos W-Panel era de 1,20m por 2,5m, pesando aproximadamente 12kg. Depois da conexão dos painéis e antes da argamassagem eram embutidas as instalações elétricas e hidráulicas. As juntas entre os painéis e os detalhes construtivos, para portas e janelas, são mostrados na fig. 12.



FIG. 12. DETALHES CONSTRUTIVOS.

Os painéis podiam ser cortados para aplicação em diferentes projetos, sem que isto prejudicasse a sua capacidade estrutural. Segundo o fabricante o custo da

moradia, executada através do sistema era 20% menor que os métodos convencionais, que utilizavam madeira, blocos de concreto ou tijolos. A fig. 13 mostra uma aplicação em edifícios de vários pavimentos, construídos na Venezuela e um conjunto habitacional, em fase de construção, antes do lançamento da argamassa.

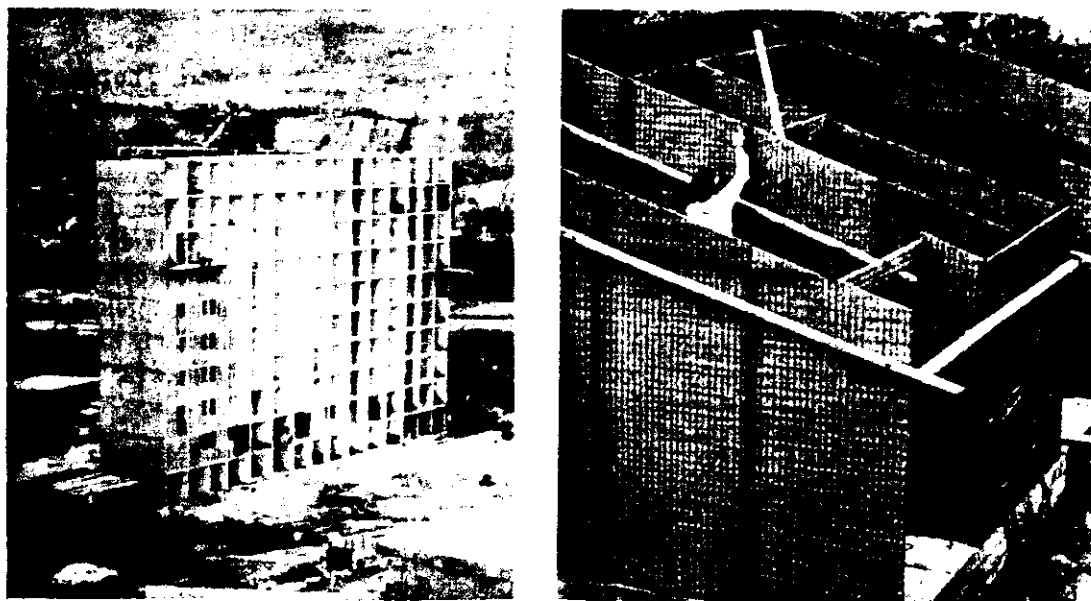


FIG. 13. APLICAÇÕES DO SISTEMA W-PANEL

CAPÍTULO II

2. GENERALIDADES

2.1- OS PAINÉIS SANDUÍCHE EXPERIMENTAIS

Os estudos iniciados em 1987 foram direcionados para a obtenção de painéis pré-moldados em argamassa armada, que pudessem ser utilizados na construção de moradias e fossem ao mesmo tempo econômicos e relativamente leves. Também deveriam oferecer conforto térmico e acústico, bem como estabelecer, após sua aplicação na montagem da moradia, aparência final o mais próximo da convencional.

Os painéis teriam as duas faces em argamassa armada e afastamento entre elas que permitisse a passagem das instalações elétricas e hidráulicas. O material para o preenchimento do vazio entre as placas deveria ter como principais propriedades, aderência às placas para caracterizar o efeito sanduíche e isolamento térmica e acústica. Para que este objetivo fosse alcançado utilizou-se espuma rígida de poliuretano, injetado, como núcleo dos painéis.

Dois painéis foram fabricados para verificação do comportamento quanto à flexão e avaliação dos deslocamentos.

As dimensões das placas que formavam as faces dos painéis eram de 50 cm de largura por 270cm de comprimento, com espessura de 1,27cm. A armadura era constituída de uma tela soldada de malha quadrada, com espaçamento entre fios de 50mm e diâmetro 2,76mm.

Os protótipos, que apresentaram defeitos na execução, tinham espessura média de 7cm e foram ensaiados aplicando-se o carregamento através de sacos com areia, pesando cada um 0,2kN, distribuídos ao longo dos painéis.

A carga total aplicada foi de 1,6kN, atuando ainda o peso próprio do painel que era aproximadamente de 0,77kN. Considerando-se esta carga como distribuída uniformemente tinha-se $1,7\text{kN/m}^2$.

Os resultados podem ser considerados excelentes se considerarmos as deficiências de fabricação e imprecisões nos testes de avaliação que foram realizados precariamente.

O esquema do ensaio pode ser visto na Fig. 14

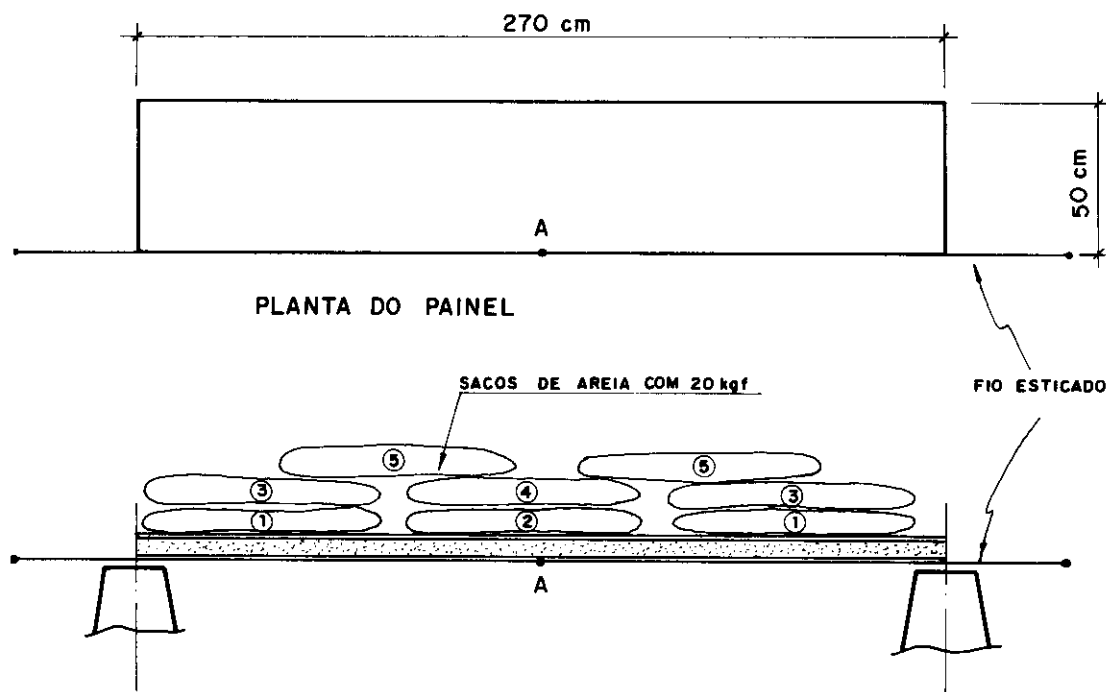


FIG. 14 - ESQUEMA DO ENSAIO

Como pode-se observar, os testes iniciais não foram realizados em laboratório. Tratava-se de uma primeira avaliação de desempenho do painel idealizado, portanto, foram omitidos vários critérios técnicos durante a realização dos mesmos. Os deslocamentos, apresentados na fig.15, foram medidos a partir da comparação da flecha, observada na face inferior do protótipo, com um fio esticado faceando a mesma. Os valores registrados durante o ensaio do painel 1 foram obtidos descontando-se uma flecha inicial, introduzida durante a fabricação, de 8,5mm.

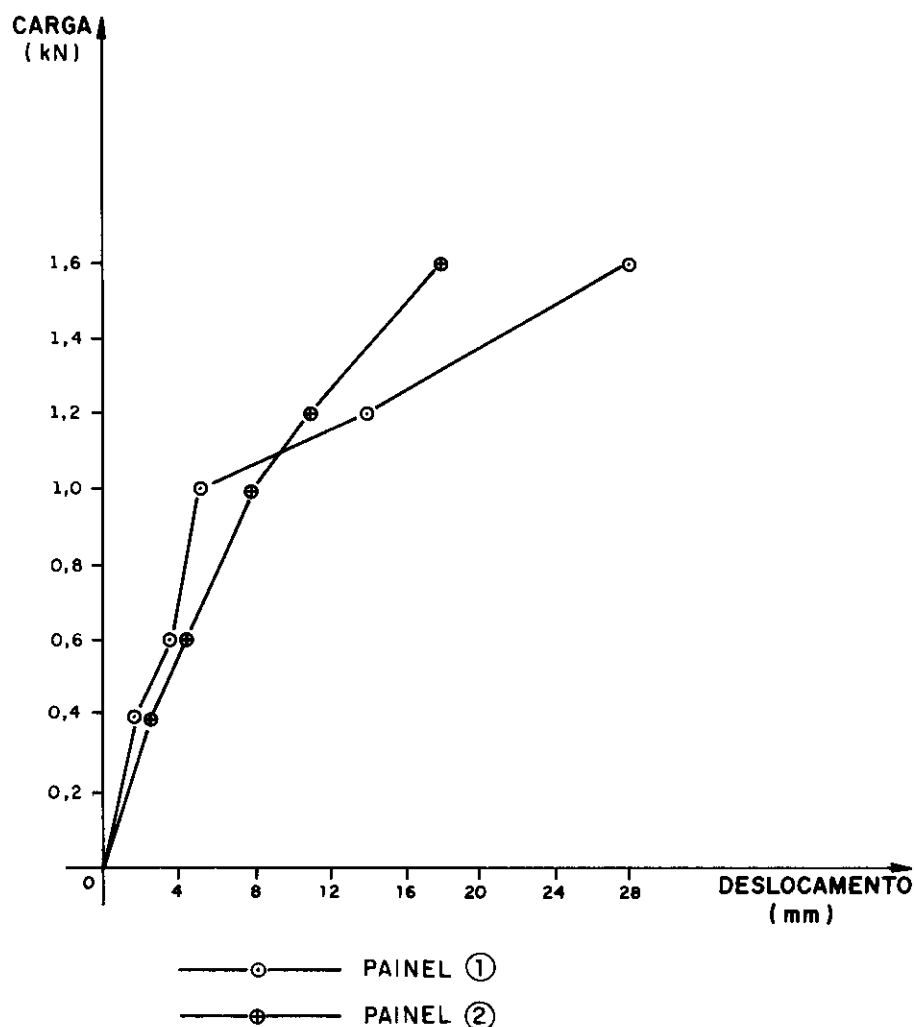


FIG. 15 — REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS DESLOCAMENTOS

À partir dessa avaliação e com as dimensões dos painéis mais definidas, em função do projeto da moradia, foram fabricados dois painéis com 50cm de lado, 247cm de altura e espessura total de 5 e 6cm. Foram utilizadas nas armaduras, respectivamente, telas de malhas quadradas com espaçamento de 50mm e de malhas retangulares com 50mm no sentido longitudinal e 100mm no transversal, todas com fios eletrosoldados de 2,76mm de diâmetro.

O núcleo dos painéis, de espuma rígida de poliuretano, foi moldado entre as placas de face no interior de uma forma rígida, metálica, confeccionada para esta finalidade. Os componentes foram misturados mecanicamente e a mistura foi aplicada manualmente. As figuras 16 a 18 mostram os primeiros painéis fabricados.



FIG. 16. A PLACA DE FACE, PRÉ-MOLDADA COM 12,7MM. DE ESPESSURA, ERA POUCO RÍGIDA, NECESSITANDO SER TRANSPORTADA EM "ESPELHO".

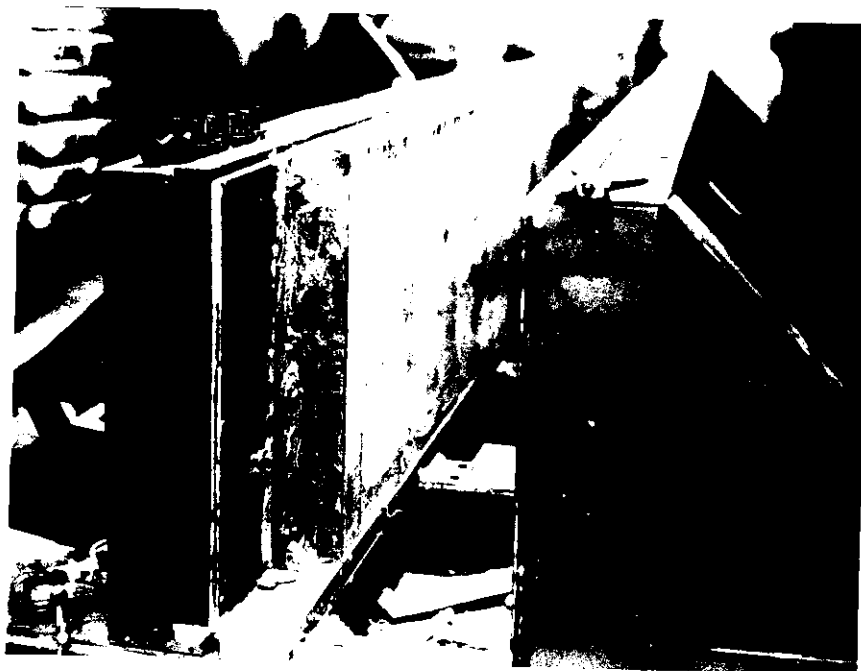


FIG. 17. MOMENTO DA RETIRADA DO PAINEL



FIG. 18. CONSTATAÇÃO DO EFEITO SANDUÍCHE

Os painéis foram submetidos a ensaios de flexão simples, para verificação do comportamento quanto a atuação do vento. Foi adotada como pressão dinâmica do vento, o valor de $1,0\text{kN/m}^2$, de acordo com as prescrições do I.P.T.^[11]. O carregamento foi aplicado através de uma armação de madeira, disposta sobre o protótipo e recoberta com lona plástica, preenchendo-se com água em etapas de $0,2\text{kN/m}^2$. Estas, que eram controladas pela subida do nível dentro do tanque, atingiram nesses ensaios $1,6\text{kN/m}^2$. Os deslocamentos foram registrados com dois relógios comparadores, instalados nas extremidades da seção transversal média. Apesar da precariedade do local do ensaio e do fato de ter sido realizado à noite, pôde-se registrar a carga quando do aparecimento da primeira fissura. A carga total aplicada, equivalente a capacidade do tanque, não provocou a ruína, fissuração excessiva nem estilhaçamentos nos painéis ensaiados. Os procedimentos dos ensaios e a representação gráfica dos deslocamentos são mostrados a seguir.



FIG. 19. PREPARATIVOS PARA OS ENSAIOS. AO FUNDO VÊ-SE O TANQUE PARA O CARREGAMENTO.



FIG. 20. APLICAÇÃO E CONTROLE DA SOLICITAÇÃO.



FIG. 21. ATINGIDA A CAPACIDADE DO TANQUE.

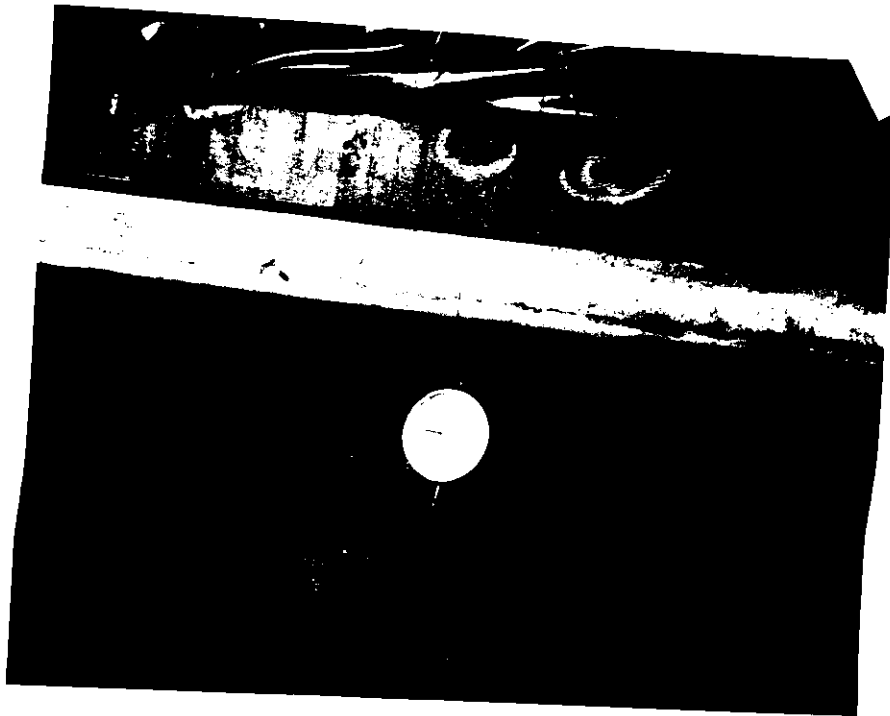


FIG. 22. DESLOCAMENTO MÁXIMO ANOTADO.

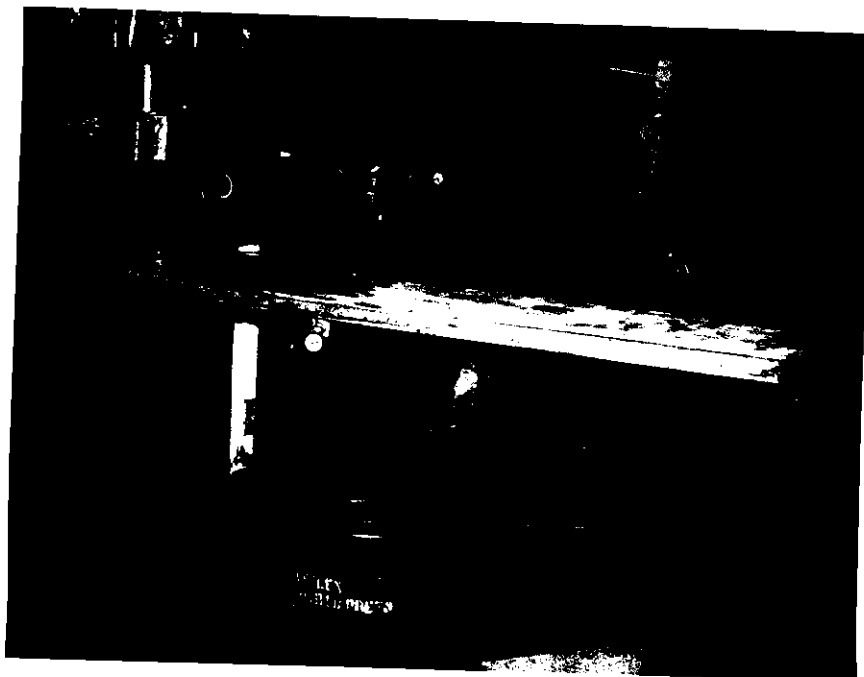


FIG. 23. ASPECTO APÓS O ENSAIO.

Pode-se salientar, à vista dos resultados, o bom desempenho dos protótipos quanto às solicitações devidas à pressão do vento. Os deslocamentos registrados para a solicitação $0,8S_{vk}$ não ultrapassaram $\frac{h}{500}$, como também, a solicitação $1,2S_{vk}$ não provocou o colapso dos componentes ensaiados. S_{vk} é a solicitação característica da ação do vento e h a altura da parede. Nesses ensaios não foram considerados a solicitação das cargas verticais permanentes ($0,9S_{gk}$) sobre o painel. Depois dessa avaliação, definiu-se o painel como sendo aquele de espessura 5cm, com as dimensões e armaduras correspondentes, descritas anteriormente.

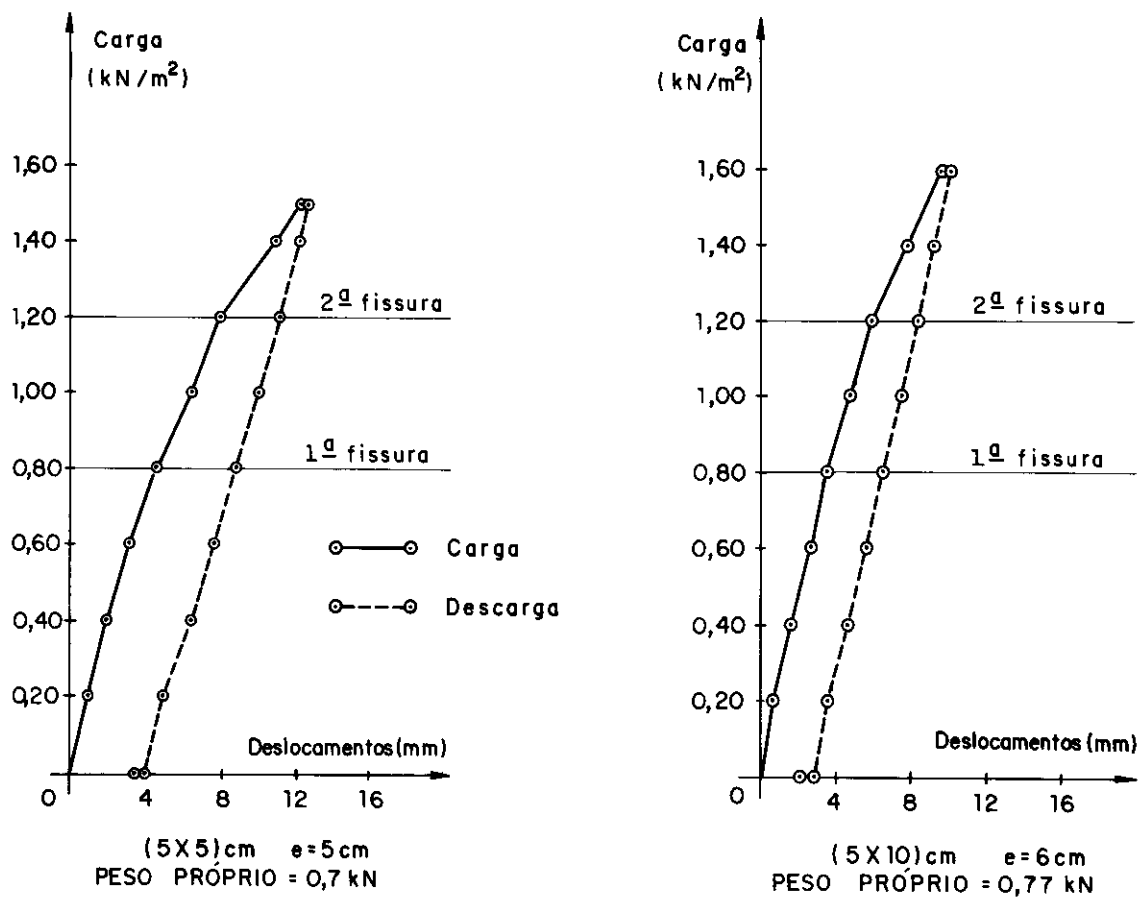


FIG. 24 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS DESLOCAMENTOS

Com o comportamento dos painéis, frente aos ensaios realizados, tendo correspondido à expectativa e com o processo construtivo já começando a se delinear, criou-se canaletes nas laterais com a finalidade de servir para a união entre eles (Fig. 25).



FIG. 25. PAINEL COM CANALETES LATERAIS.

Dois painéis foram executados desta forma e submetidos aos ensaios anteriores. A capacidade do tanque utilizado para o carregamento foi ampliada, pois desejava-se levar um deles até a ruptura. O colapso não foi atingido apesar do carregamento ter alcançado $2,4\text{kN/m}^2$, valor que corresponde ao tanque totalmente cheio.

O desempenho verificado e os diagramas, correspondentes aos resultados obtidos, são mostrados nas figuras 26 a 28 e na fig. 29, onde pode-se observar a linearidade do conjunto argamassa armada - poliuretano e a mudança típica da inclinação da curva, após o aparecimento da primeira fissura, no ensaio onde procurou-se atingir a ruína do modelo.



FIG. 26. ETAPA FINAL DO ENSAIO.

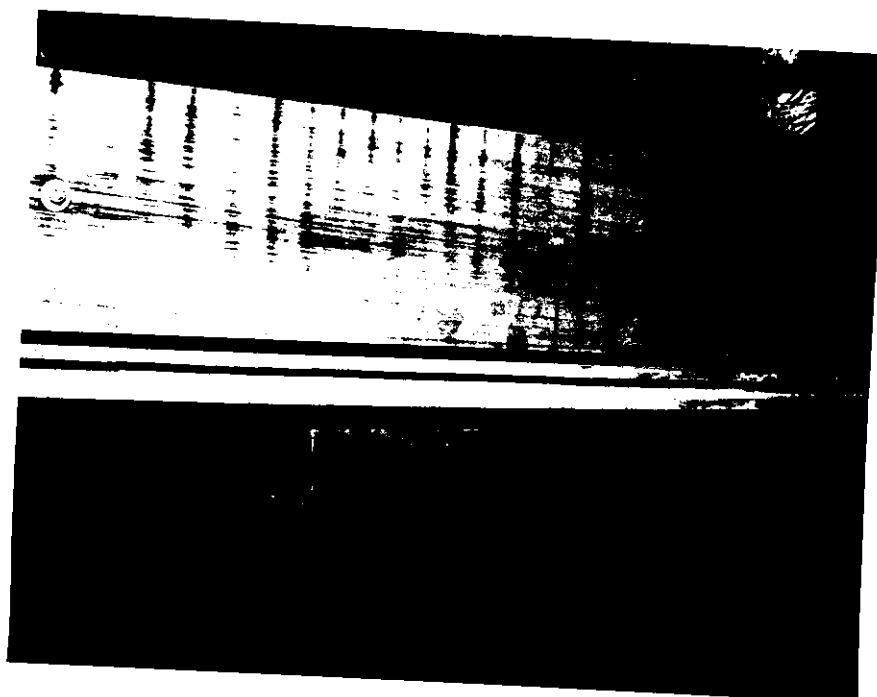


FIG. 27. DETALHE DA FLECHA MÁXIMA OBSERVADA,

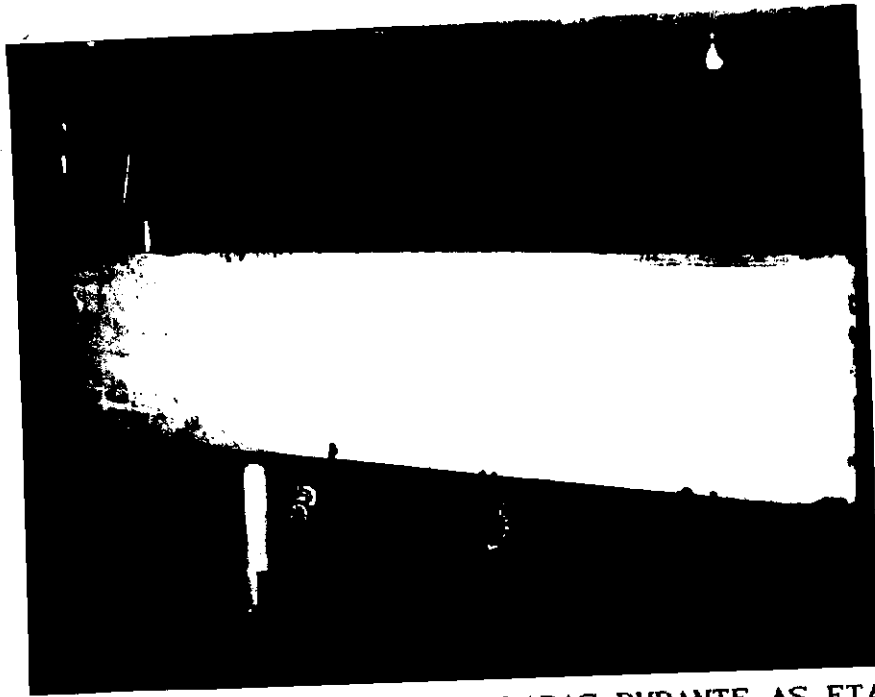
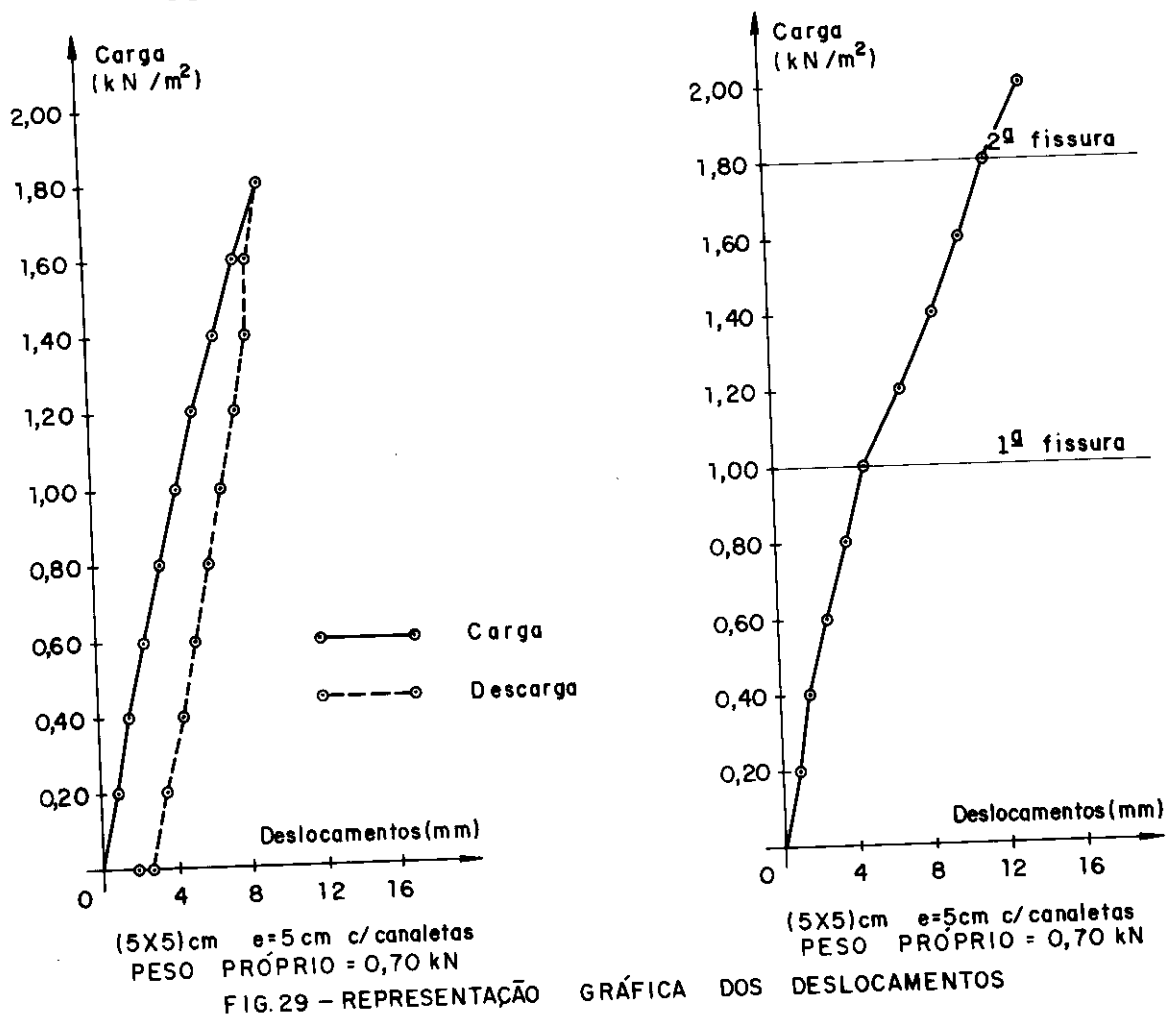


FIG. 28. FISSURAS ASSINALADAS DURANTE AS ETAPAS.



CAPÍTULO III

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DA MORADIA (EMBRIÃO)

Para a definição do projeto básico foram levados em consideração alguns pontos fundamentais que seguem:

1. O custo da moradia é o custo de seus componentes construtivos mais a mão de obra empregada na construção;
2. Um projeto econômico é aquele que obtém maior área útil em relação à área dos elementos construtivos;
3. O conforto térmico e a boa orientação são fundamentais para moradias destinadas às camadas de baixa renda;
4. A forma quadrada tem a relação perímetro/área mais favorável e com maior facilidade de associação;
5. Para evitar cortes e desperdícios, no canteiro de obras, os componentes construtivos principais devem ser modulados;
6. A possibilidade de evolução por ampliação horizontal deve ser uma das características do projeto.

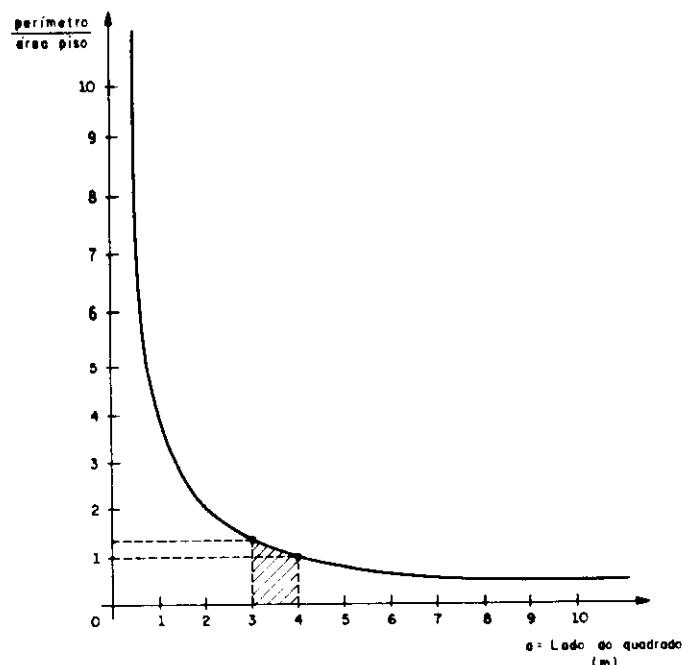


FIG. 30 - DETERMINAÇÃO DA DIMENSÃO DO LADO DO QUADRADO

Com a forma geométrica básica estabelecida, definiu-se o lado do quadrado de tal modo que não fossem exigidos elementos portantes com grandes sobrecargas, conservando a relação perímetro/área do piso ainda pequena.

Pode-se perceber pela fig. 30 que a faixa entre 3,0 e 4,0 metros é a mais adequada.

A dimensão escolhida foi 3,5m. Em função dessa medida, o painel e o elemento de ligação, juntos, foram moduladas em 50cm formando um reticulado quadrado, onde os eixos das paredes coincidiam com as linhas da retícula.

O projeto do embrião constava de sala-quarto, banheiro, cozinha e área coberta para o tanque. Pela área de acesso ao banheiro, seria feita a futura ampliação. A área construída era de $24,5m^2$, entre os eixos das paredes externas.

O projeto permitia além da ampliação horizontal, com a adição de dois quartos, a construção de moradias geminadas para programas de assentamentos de emergência.

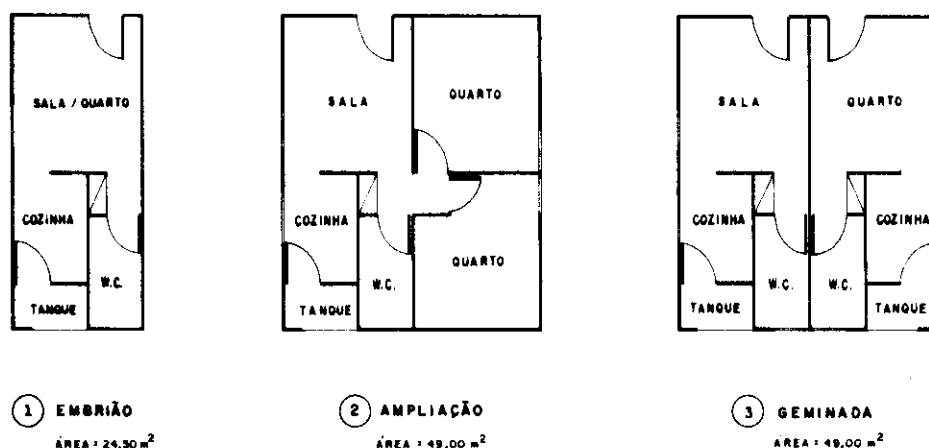


FIG. 31 - POSSIBILIDADES DE IMPLANTAÇÃO E EVOLUÇÃO DA MORADIA
POR AMPLIAÇÃO HORIZONTAL

3.1- COMPONENTES CONSTRUTIVOS BÁSICOS

O sistema construtivo idealizado foi fundamentalmente baseado em dois elementos estruturais: painéis tipo sanduíche, com núcleo de poliuretano unindo placas de argamassa armada, providos de canaletes nas laterais e no topo superior, cujas finalidades eram respectivamente a união e o cintamento superior desses componentes. O segundo componente construtivo básico era constituído dos elementos de união entre os painéis, ou sejam, os nós de ligação tipo I, T e L, para as diversas situações das paredes. Além destes, foram também idealizados outros componentes, derivados dos anteriores, com a finalidade de promover a ampliação da moradia e a interligação das paredes com a caixilharia, prevista no projeto, como também o fechamento de vãos para o contraventamento do conjunto. O sistema de união, entre esses elementos especiais eram ligações como as dos demais, isto é, encaixes ou simplesmente juntas secas.

A caixilharia de ferro foi projetada de forma a integrar-se no conjunto das paredes ocupando dois módulos, juntamente com os elementos de interligação e os painéis especiais complementares. As janelas, do tipo basculante, tinham encaixes para sua adaptação aos componentes e seriam colocadas ao mesmo tempo que se montavam as paredes. As portas de ferro e os batentes para as portas de madeira, tinham detalhes e medidas semelhantes, sendo fixados posteriormente com buchas plásticas e parafusos, numa operação bastante simples.

O histórico, os materiais empregados, os detalhes construtivos e os ensaios a que foram submetidos, serão tratados mais à frente e em capítulos próprios.

Todos os elementos descritos são apresentados nas figuras 32 a 35.

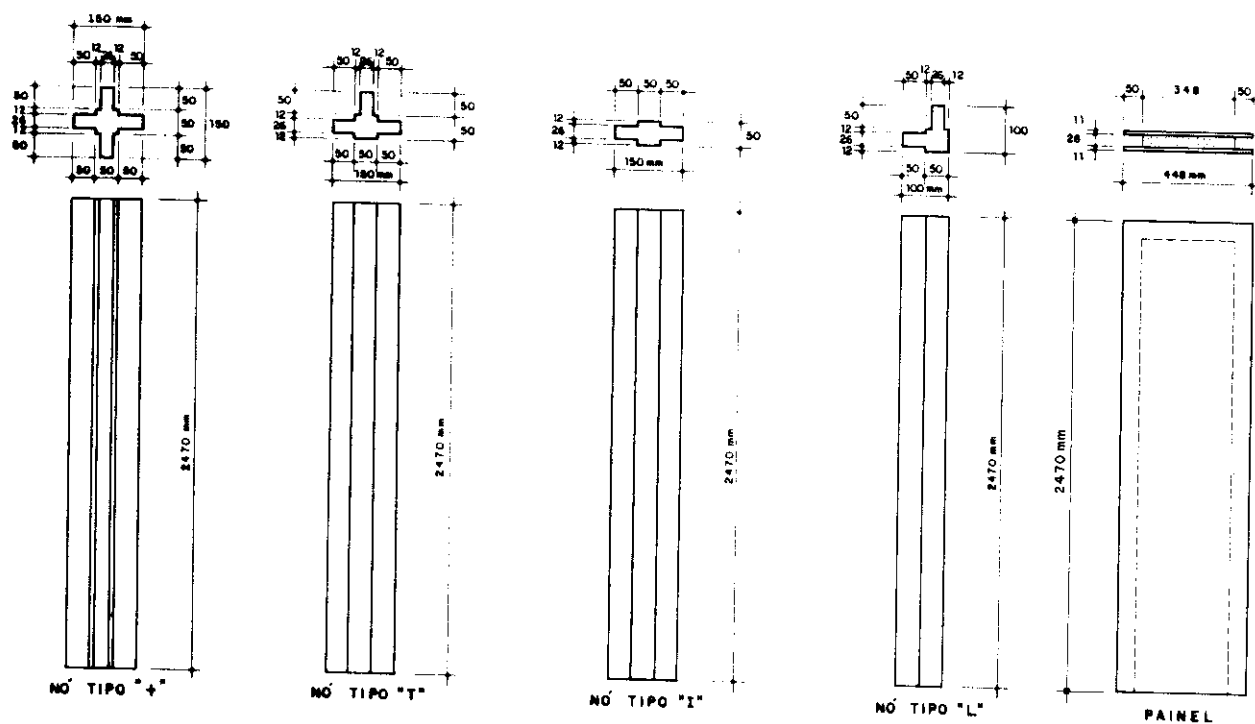


FIG 32- ELEMENTOS DE LIGAÇÃO E PAINEL TÍPICO

FIG. 32. COMPONENTES CONSTRUTIVOS BÁSICOS.

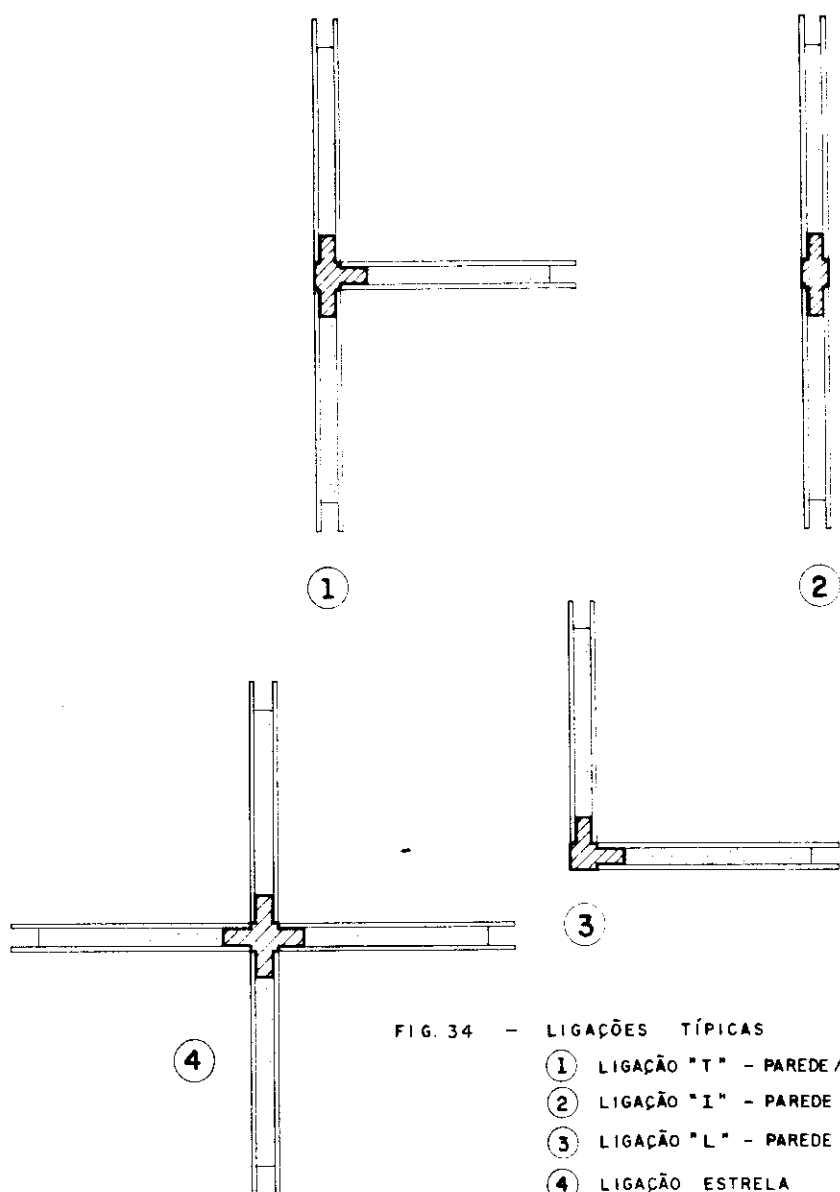


FIG. 34 - LIGAÇÕES TÍPICAS

- ① LIGAÇÃO "T" - PAREDE / PAREDE
- ② LIGAÇÃO "I" - PAREDE CONTÍNUA
- ③ LIGAÇÃO "L" - PAREDE DE CANTO
- ④ LIGAÇÃO ESTRELA

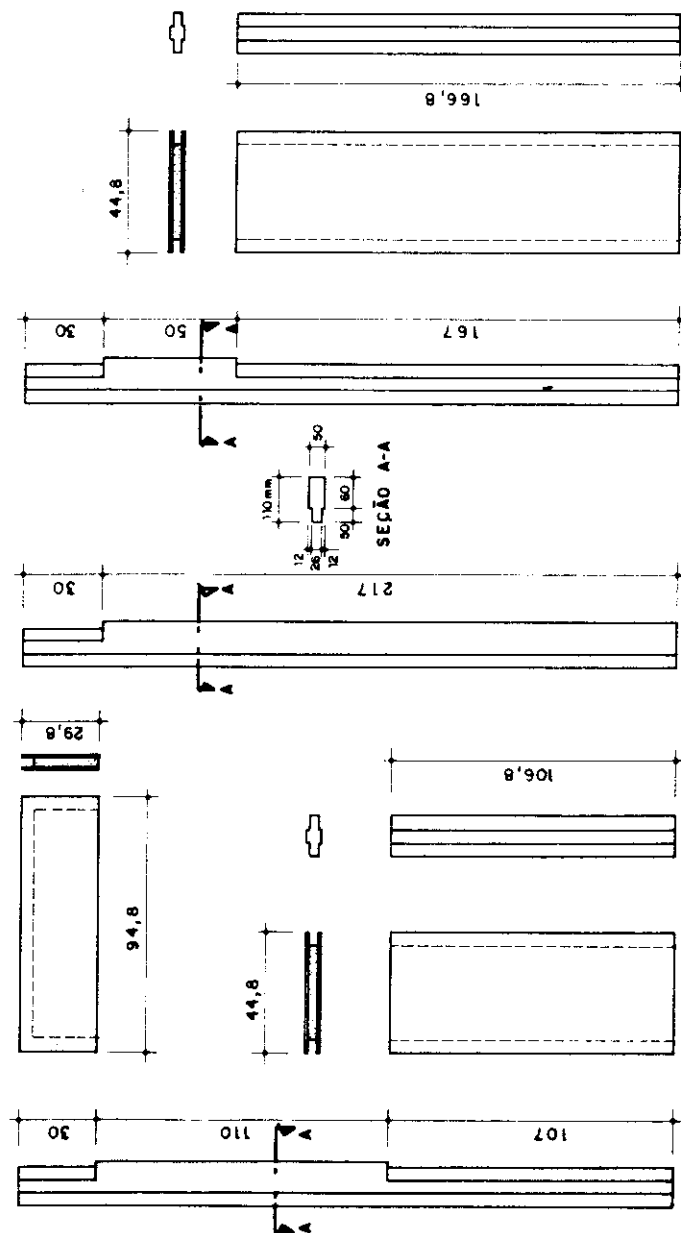


FIG. 35 - ELEMENTOS DE LIGAÇÃO E PAINÉIS ESPECIAIS PARA PORTAS E JANELAS

Antes de se iniciar a execução definitiva dos componentes, na quantidade e dimensões definidas para a construção do protótipo da moradia, decidiu-se realizar um teste de simulação da montagem das paredes.

Foram confeccionados dois painéis experimentais substituindo-se o núcleo de poliuretano por chapas de isopor (espuma de poliestireno) coladas às placas de argamassa armada através de uma mistura de BIANCO e pasta de Cimento Portland na proporção de 1:1,5. Desta forma foi possível simular-se o painel nas suas dimensões e formato definitivo, isto é, 247cm x 44,8cm x 5cm. O peso do painel foi determinado e acusou 0,56kN. Mais tarde, quando da fabricação dos painéis definitivos, verificou-se que o peso médio dos mesmos era de 0,55kN, o que atesta a semelhança na simulação.

Durante o teste de montagem das paredes puderam ser avaliadas as ligações com os nós e a viabilidade da operação sem a necessidade de equipamentos.



FIG. 36. COLAGEM DO NÚCLEO DE ISOPOR.



FIG. 37. AVALIAÇÃO DAS
LIGAÇÕES E DO
MANUSEIO.



FIG. 38. ENCAIXE PER-
FEITO DOS
COMPONENTES.

Além das qualidades observadas no teste realizado, a montagem contribuiu especialmente para a idealização do sistema de fixação dos componentes nas fundações. Após as observações, os painéis foram montados na parte externa do prédio, exatamente onde foi construído o protótipo, apenas encaixados e apoiados sobre o piso, então existente. Uma ventania bastante forte, certa noite, derrubou todo o conjunto desmanchando os painéis e fissurando as placas de face. No dia seguinte, frente ao estrago, veio a solução. As placas fissuradas, ainda assim, foram aproveitadas na fabricação dos painéis, como poderá ser visto adiante.

3.2- EXECUÇÃO DOS COMPONENTES DAS PAREDES

3.2.1- Painéis tipo sanduíche

As dimensões dos painéis foram definidas pela modulação estabelecida para o projeto, pelo sistema construtivo idealizado e pelas folgas necessárias para o ajuste entre os componentes das paredes. Para conferir maior liberdade de manuseio, pela redução do peso, a espessura das placas de face foram fixadas em 11mm. As telas utilizadas, como armadura, tinham fios de diâmetro 2mm e espaçamento no sentido longitudinal de 2,5cm e de 5,0cm no transversal. Em função do menor diâmetro dos fios, foi possível garantir o recobrimento mínimo de 6mm^[12] na face externa das capas do painel. Outra alteração estabelecida em função do sistema construtivo, foi a introdução de uma pequena calha na parte superior do painel, com as mesmas dimensões dos canaletes laterais. Estas intervenções nos painéis originais, reduziram o peso em aproximadamente 20% ; de 0,70kN para 0,55kN.



FIG. 39. FÔRMA E ARMADURA DAS FACES.

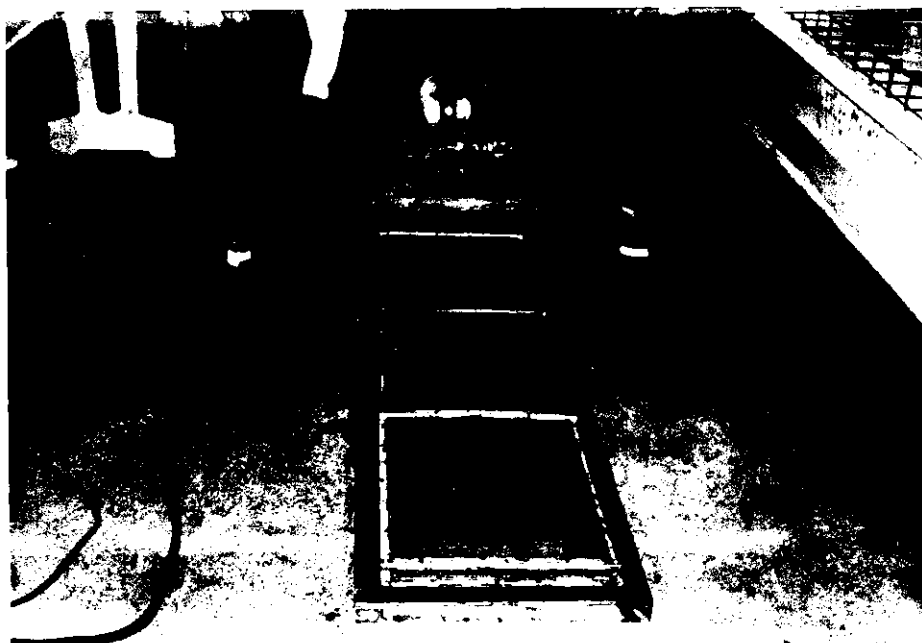


FIG. 40. MOLDAGEM DAS PLACAS.

A argamassa empregada foi a de traço 1:2,5 em massa, com fator água/cimento 0,45, sendo que os materiais utilizados no seu preparo foram cimento CP-32, de várias procedências, e areia natural quartzosa do Rio Mogi-Guaçu, classificada de acordo com a NBR 7211 como areia média (zona 3)⁽²⁶⁾. Apesar de econômico — o consumo de cimento é de aproximadamente 580Kg/m³ — confere boas qualidades à argamassa quanto a trabalhabilidade, impermeabilidade e resistência mecânica à compressão. Durante o transcorrer dos serviços várias séries, de corpos de prova, foram moldadas para acompanhamento das qualidades mecânicas da argamassa, tendo sido registrada resistência média à compressão de 8MPa, com um dia e de 34,5MPa com 28 dias. A resistência média à tração, determinada através do ensaio de compressão diametral, com 28 dias foi de 3,1MPa.

No total foram argamassadas 88 placas de face, para a fabricação dos painéis principais e 30 para os especiais de interligação com a caixilharia e contraventamento. A quantidade de cimento utilizada foi de 18 sacos.

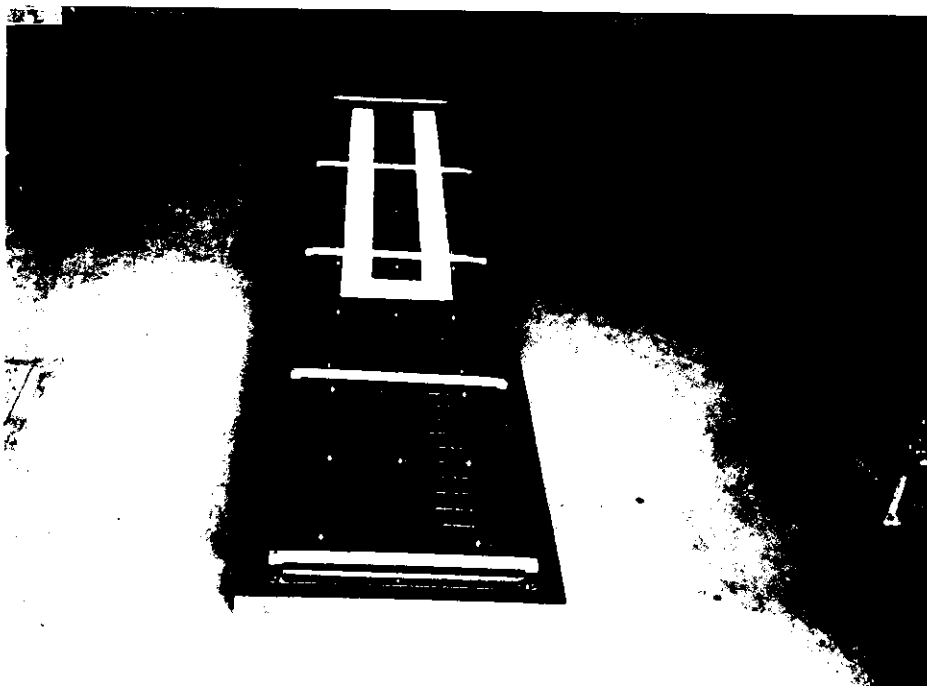


FIG. 41. PLACA DE FACE PARA
PAINEL HIDRÁULICO.

O sistema construtivo permitia instalações hidráulicas e elétricas embutidas nos painéis. Este serviço era executada após a injeção do poliuretano entre as faces de argamassa armada. Para tornar exequível esta operação, foram idealizadas placas de face que eram argamassadas com chapa de espuma de poliestireno (isopor), com 5cm de largura e 10mm de espessura, incorporada na armadura recortada, nas posições e comprimentos adequados.

Foram empregadas, também, telas de chapa de aço expandida, com o fim específico de avaliar este material como alternativa da armadura.



FIG. 42. ARMADURA COM TELA DE
CHAPA DE AÇO EXPANDIDA.

O equipamento utilizado para injeção do núcleo, foi o mesmo dos painéis originais, apenas com algumas adaptações em função das novas dimensões e das alterações introduzidas. Os dispositivos que foram executados com peroba rosa, e a alteração na contra-fôrma da tampa do equipamento, podem ser vistos na figura 43.

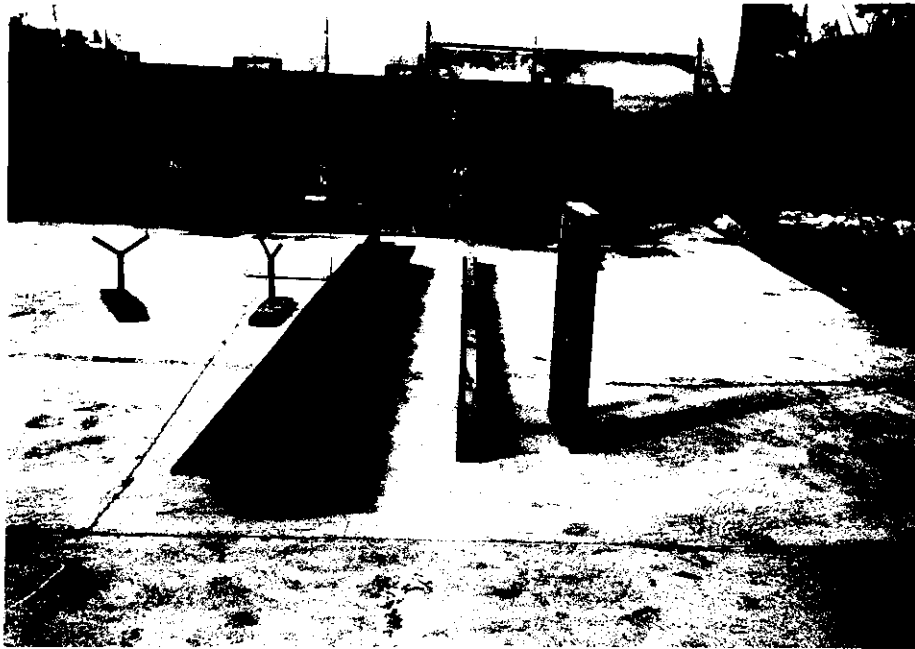


FIG. 43. PEÇAS DE ADAPTAÇÃO DA FÔRMA.

As operações que compreendem a execução de um painel, podem ser ordenadas como segue:

1. Limpeza e enceramento das partes do equipamento em contato direto com as placas.
2. Colocação das placas e ajuste do equipamento.
3. Pesagem dos componentes para a produção do núcleo de poliuretano, mistura e lançamento.
4. Fechamento da fôrma e cura de aproximadamente 15 minutos.
5. Retirada do painel pronto.

O material utilizado para execução do núcleo do sanduíche foi misturado na proporção 1:1, dosagem que se chegou durante a fabricação dos primeiros painéis.



FIG. 44. COLOCAÇÃO DA PLACA DE FACE.



FIG. 45. MISTURA DOS COMPONENTES.



FIG. 46. ENCHIMENTO
MANUAL DA
MISTURA



FIG. 47. FECHAMENTO
DA FÔRMA.



FIG. 48. ABERTURA DA
FÔRMA.

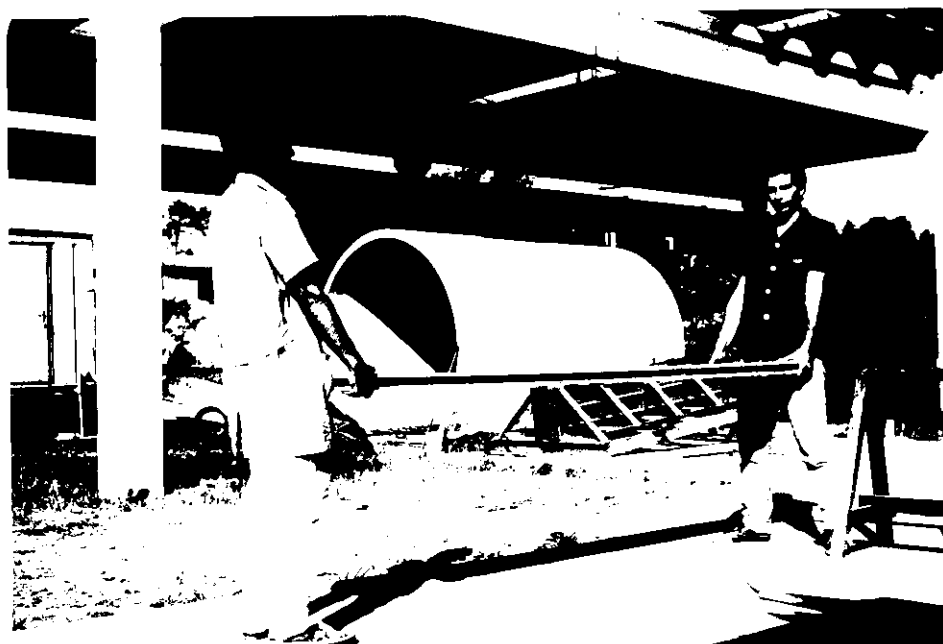


FIG. 49. RETIRADA DO PAINEL.

Os componentes, conforme designação do fabricante, eram o ISO 112 e POL 1500F. Segundo certificado do fornecedor, esta dosagem conferia à espuma rígida de poliuretano, em expansão livre, uma densidade de $26,7\text{Kg/m}^3$ à temperatura ambiente de 19°C . A velocidade da reação da mistura e a altura da expansão da espuma é bastante influenciada pela temperatura dos componentes e do molde⁽¹³⁾. Os trabalhos de injeção do núcleo, foram realizados na parte externa do prédio, durante aproximadamente um ano. Percebeu-se, durante o inverno, que pela manhã, as mesmas quantidades dos componentes utilizadas na parte da tarde, com o sol incidindo nas fôrmas, eram insuficientes para preencher o vazio entre as placas. Para se conseguir os mesmos resultados, do período da tarde, necessitava-se também um período maior de cura. Pelo contrário, no verão, com a fôrma aquecida pelo sol, a espuma se expandia tão rapidamente que, às vezes, não se conseguia fechar o molde a tempo.



FIG. 50. ENCHIMENTO INCOMPLETO
DO NÚCLEO.

Foram executados na totalidade 59 painéis, entre os típicos e especiais, durante 10 meses, intermitentemente, dependendo da disponibilidade de pessoal e a medida que as placas, iam sendo argamassadas. Dentre eles, três foram fabricados utilizando-se as placas de face avariadas, quando da simulação do núcleo com espuma de poliestireno.

Os primeiros painéis que foram executados pela equipe, demoravam em média 90 minutos, isto com certeza e como ficou demonstrado mais tarde, pela inexperiência e falta de adequação das quantidades necessárias para que, independentemente da temperatura ambiente, o miolo do sanduíche ficasse totalmente preenchido. A partir do momento que o processo de fabricação foi dominado, o tempo médio para executar um painel caiu para 40 minutos. Nessa fase a equipe estava composta de três elementos.



FIG. 51. PARA EXECUÇÃO DOS PAINÉIS ESPECIAIS FORAM NECESSÁRIAS ADAPTAÇÕES SIMPLES.

Apesar de todos os contratempos, que sempre resultaram em desperdícios de material e mão-de-obra, o consumo médio de cada componente, por painel, foi de 0,85kg e a quantidade total utilizada foi da ordem de 50kg, considerando-se cada um deles. Em um sistema de fabricação racionalizado, utilizando-se local e equipamentos adequados ao processamento, os tempos da mão-de-obra e o consumo do material, com certeza, seriam drasticamente reduzidos.



FIG. 52. PAINÉIS ESTOCADOS.

3.2.2- Elementos de ligação

Os estudos foram dirigidos no sentido de se obter uniões entre os painéis, formando paredes contínuas, de canto e intermediárias. A solução idealizada, através de elementos pré-moldados de argamassa armada, necessitava um estudo prévio das armaduras, dada a geometria proposta para os mesmos. Estes, denominados nós de ligação tipo I para as paredes contínuas, tipo L para as paredes de canto e tipo T

para as paredes intermediárias, uniam os painéis através de juntas secas, podendo ser manipulados por apenas um homem devido ao peso relativamente pequeno. O nó tipo I e L pesavam aproximadamente 0,27kN e o tipo T 0,34kN. O nó tipo estrela, desenvolvido para a ampliação do embrião, não foi fabricado. Sua armadura, no entanto, como pode-se ver pela fig. 53 pode ser montada com 4 telas tipo N2.

O estudo de viabilização das armaduras mostrou que apenas três tipos de telas dobradas, seriam necessárias para compor as ferragens, simplificando o corte, o dobramento e o preparo. As telas utilizadas tinham as mesmas características que as dos painéis e neste trabalho foram dobradas mecânicamente, sendo que o tempo de máquina, médio, gasto por quilo de armadura foi de 02 minutos. A montagem das armaduras foi feita no Laboratório de Estruturas utilizando dois técnicos (oficial e ajudante) e os tempos apurados no final dos trabalhos, foram 1,22 horas/quilo para o oficial e 0,61 horas/quilo para o ajudante. A geometria das fôrmas e as características das armaduras são apresentadas na fig. 53.

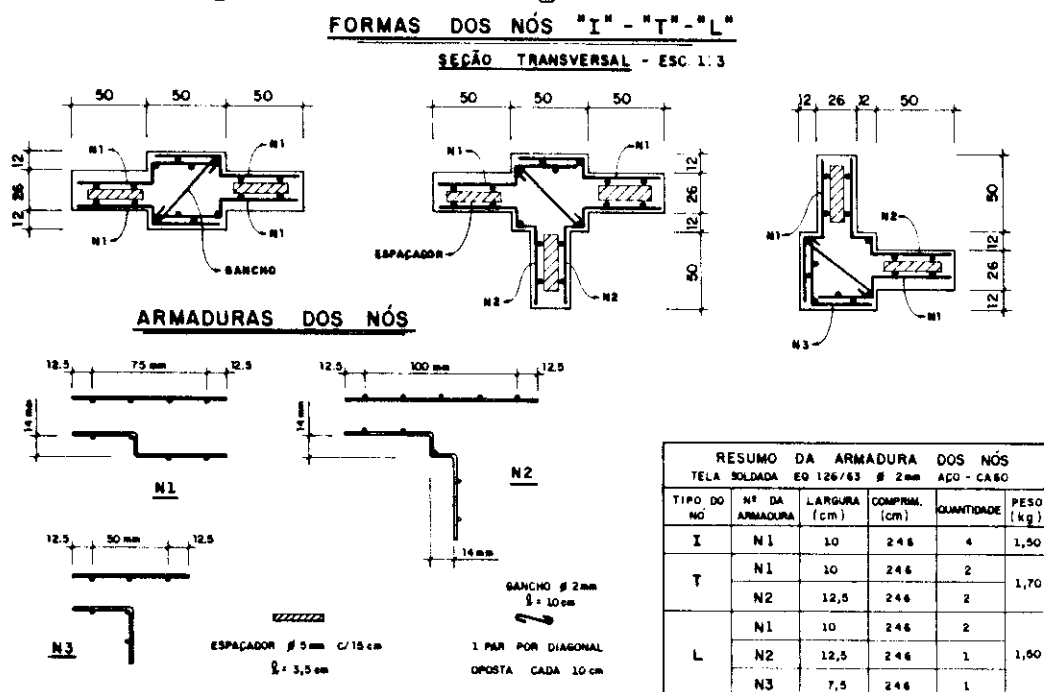


FIG. 53. FÔRMAS E ARMADURAS DOS NÓS.

As fôrmas de moldagem, dos elementos de ligação, foram executadas em chapa metálica para garantia do acabamento e precisão das medidas. Seu projeto visava simplicidade na montagem e rapidez na desforma, sem avariar as peças que eram retiradas 24 horas após a argamassagem. O traço usado foi o mesmo da argamassa utilizada na execução das placas dos painéis, isto é, 1:2,5 em massa com fator água/cimento igual a 0,45. A quantidade produzida por jornada de trabalho, dependia essencialmente do número de fôrmas, já que as operações de colocação das armaduras e lançamento da argamassa absorviam relativamente pouco tempo.



FIG. 54. PREPARO DAS ARMADURAS.

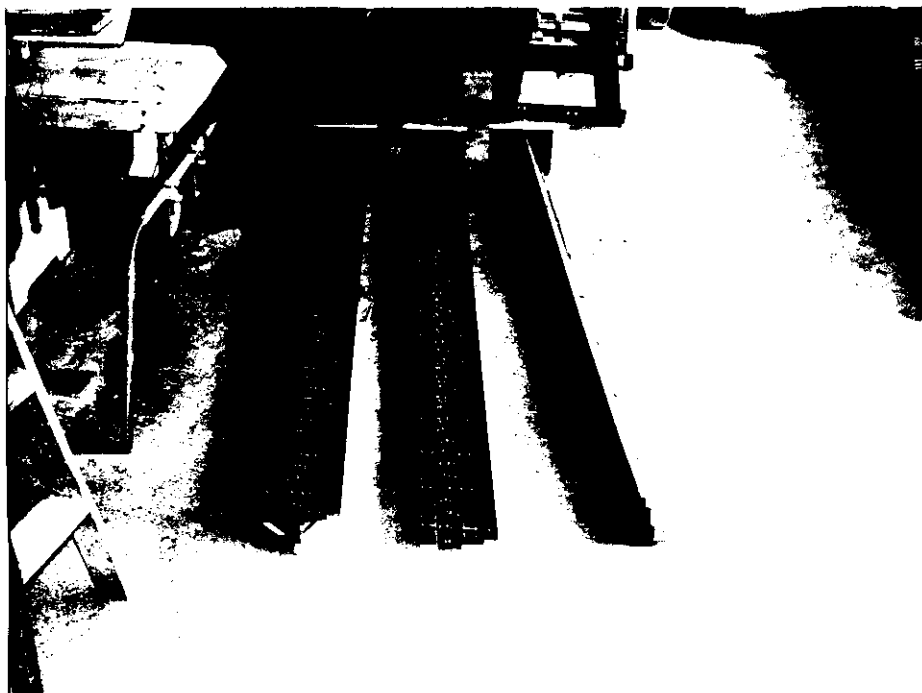


FIG. 55. POSICIONAMENTO DAS ARMADURAS.



FIG. 56. MOLDAGEM DO
NÓ TIPO I.

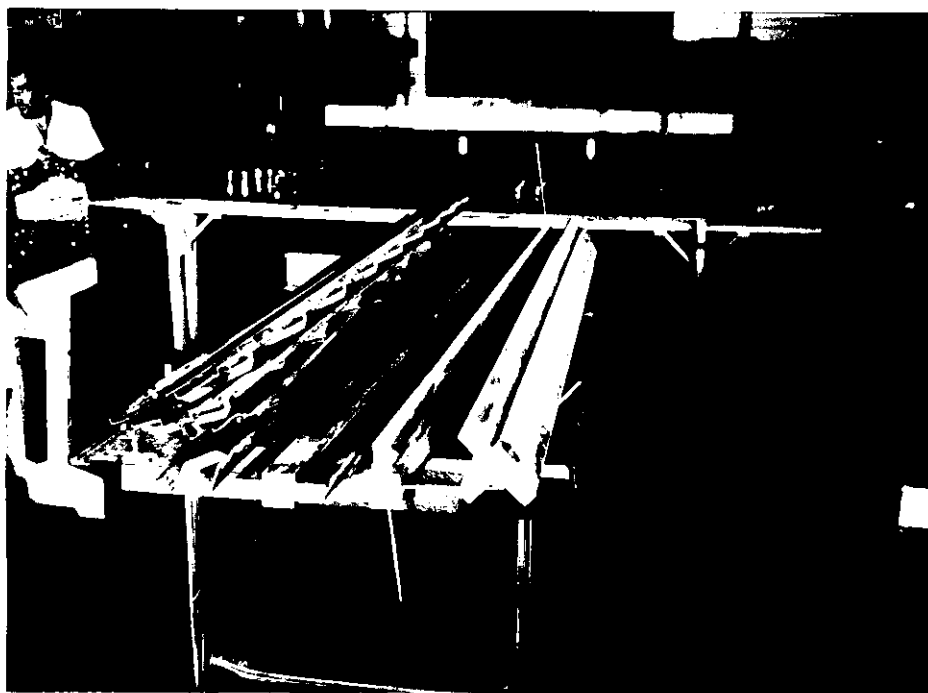


FIG. 57. DESFORMA DOS NÓS I, T, L.



FIG. 58. EXECUÇÃO DA
JAQUETA POR
COLAGEM.



FIG. 59. ELEMENTOS ESPECIAIS DE
LIGAÇÃO ESTOCADOS.

Com apenas uma fôrma para cada um, eram executados por semana, três do tipo I, este o de maior quantidade requerida pelo projeto da moradia. Os elementos do tipo T e L eram argamassados simultâneamente com os outros. Foram fabricados no total, cinquenta componentes de ligação, sendo que dezoito foram adaptados como elementos especiais para portas e janelas, através da confecção de uma jaqueta de argamassa armada, executada por colagem na própria peça. Os nós de ligação não foram submetidos à ensaios individuais, pois não tinham função estrutural independente. A verificação da resistência, destes componentes, foi observada através de ensaio específico a que foram submetidas as paredes portantes, constituídas por trechos de painéis unidos pelos nós.

CAPÍTULO IV

4. AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DAS PAREDES

4.1- RESISTÊNCIA DOS PAINÉIS À AÇÃO DO VENTO

O documento preliminar Avaliação de Desempenho de Habitações Térreas Unifamiliares^[11], determina, quando trata da resistência das paredes aos esforços devido ao vento, que sob a ação das cargas permanentes e de cargas devido ao vento as paredes não devem apresentar deformações excessivas nem outras avarias. (Critério 4.2.1.3.a).

Seguindo esta linha de ação e com a finalidade de avaliar o desempenho dos painéis definitivos, isoladamente, para possibilitar a comparação dos resultados com aqueles já obtidos, foram realizados três ensaios de flexão. Os painéis, submetidos aos ensaios, apresentavam espessura média de 52mm e peso próprio em torno de 0,55kN. Propositadamente um deles tinha uma das placas de face totalmente avariada devido a uma queda accidental, já relatada. Os outros dois foram escolhidos ao acaso.

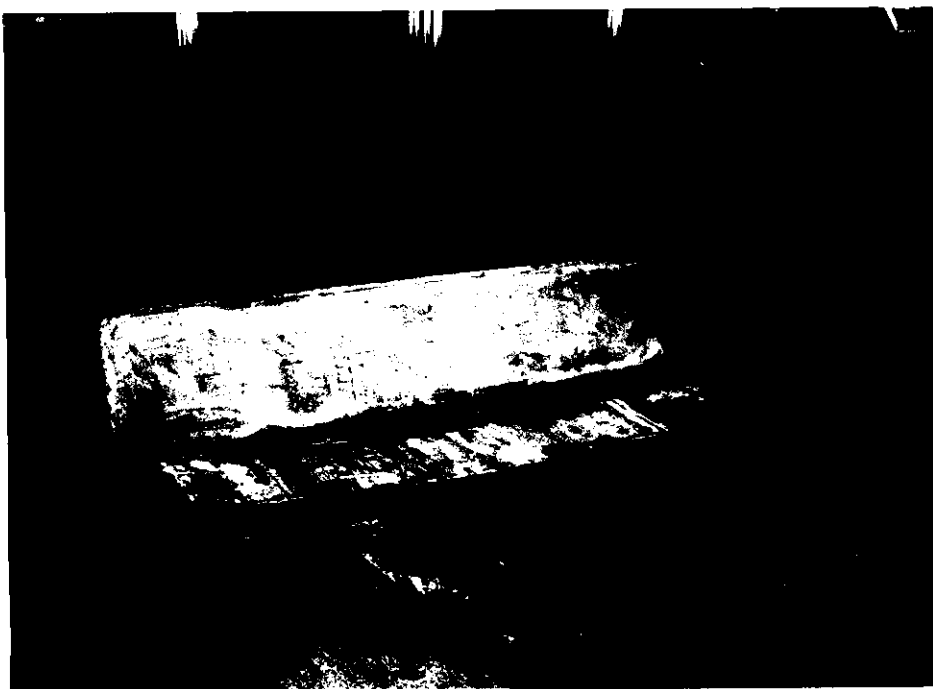


FIG. 60. PLACA DE FACE, BASTANTE
AVARIADA, UTILIZADA NO
PAINEL ENSAIADO.



FIG. 61. PAINEL CORRESPONDENTE À PLACA AVARIADA

Nos ensaios procurou-se simular o carregamento uniformemente distribuído, através de oito pontos de transmissão das forças, dispostos sobre a superfície. Foram instalados quatro relógios comparadores, com curso de 50mm e sensibilidade 0,01mm, sendo dois na seção transversal média e dois nas proximidades dos apoios. A solicitação foi aplicada utilizando-se macaco hidráulico de 200kN e medida com anel de carga para 5kN.

O carregamento foi aplicado em incrementos de 0,24kN, o que correspondeu a $0,2\text{kN/m}^2$ nos ensaios anteriores, até atingir o maior valor equivalente a que fora submetido um dos painéis, na primeira fase das pesquisas. Durante as provas, em vista do comportamento frente aos esforços aplicados, prolongou-se o ensaio por mais quatro etapas até atingir 3,36kN, o que correspondeu à aproximadamente $3,10\text{kN/m}^2$, sem que tivesse sido atingida a ruína dos elementos. O esquema do ensaio é mostrado na figura 62.

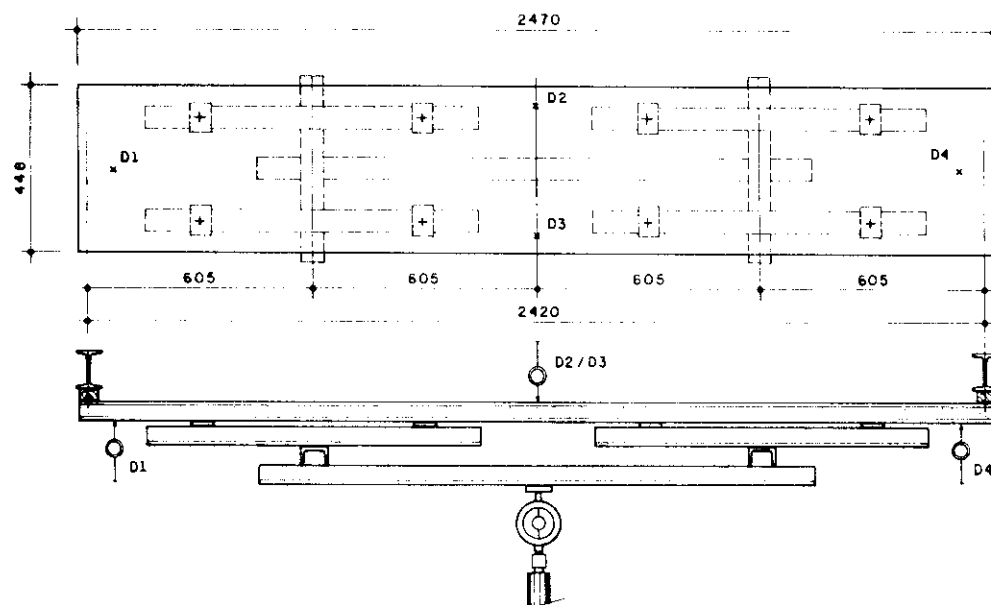


FIG. 62 - ESQUEMA DE ENSAIO E POSIÇÃO DOS DEFLETÔMETROS

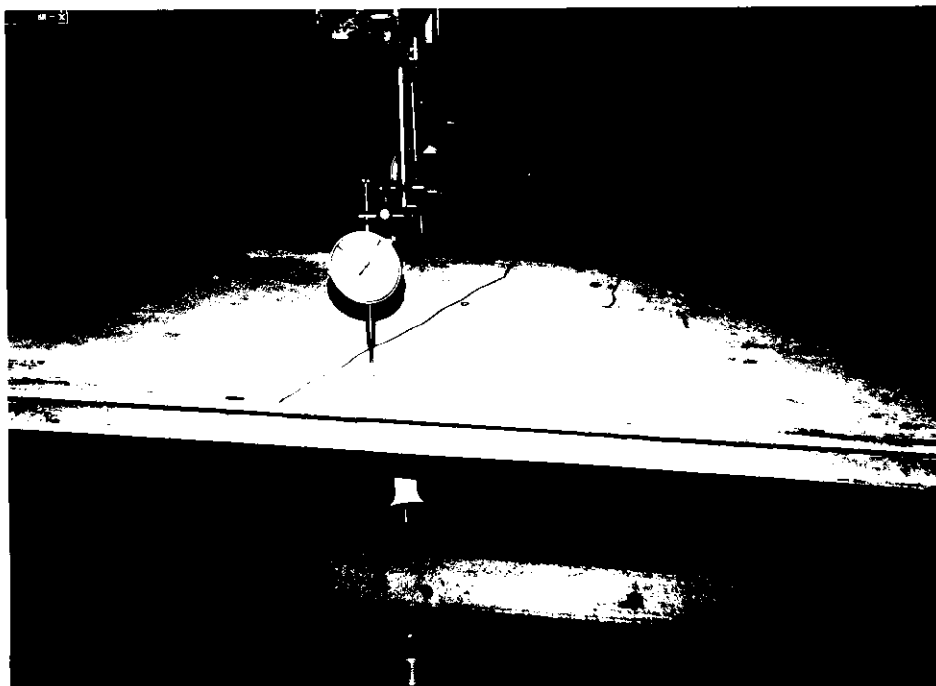


FIG. 63. ANTES DO ENSAIO ERAM MAPEADAS
AS FISSURAS - PAINEL SEM AVARIA.

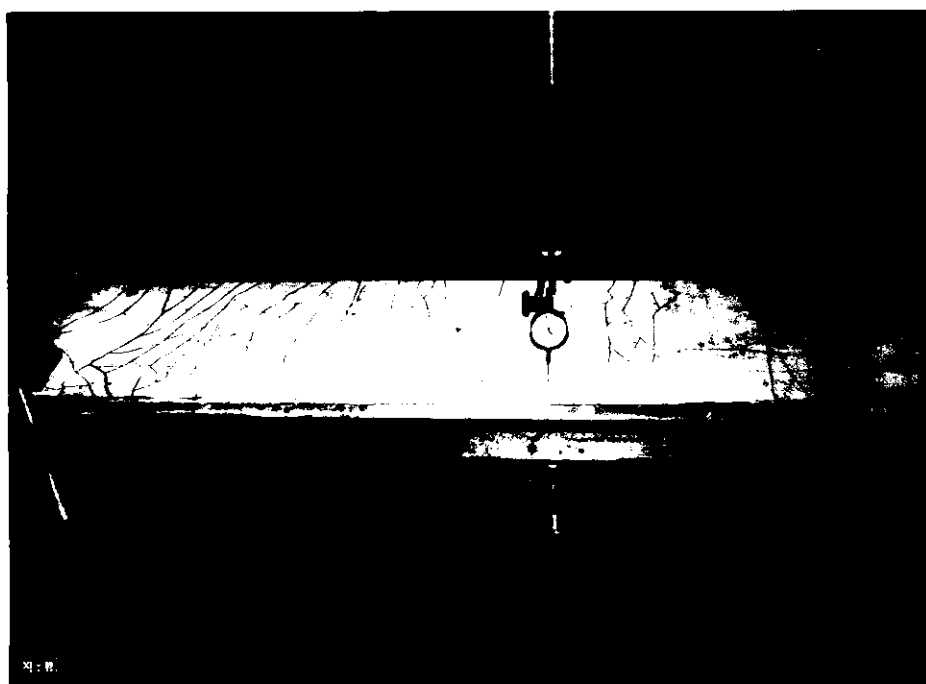


FIG. 64. PAINEL COM FACE AVARIADA.
NOTE-SE A DIFERENÇA ENTRE AS
FISSURAS NA ETAPA ZERO.

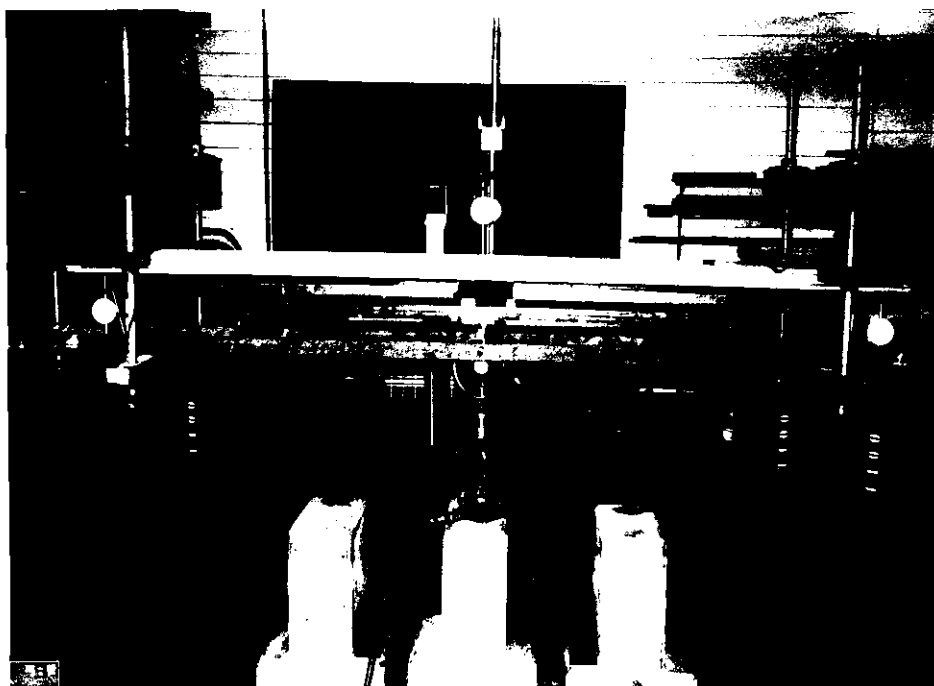


FIG. 65. INSTALAÇÕES UTILIZADAS NOS ENSAIOS



FIG. 66. ACOMPANHAMENTO DA EVOLUÇÃO
DAS FISSURAS.



FIG. 67. COMPORTAMENTO DE VIGA SANDUÍCHE
COM FACES DELGADAS.

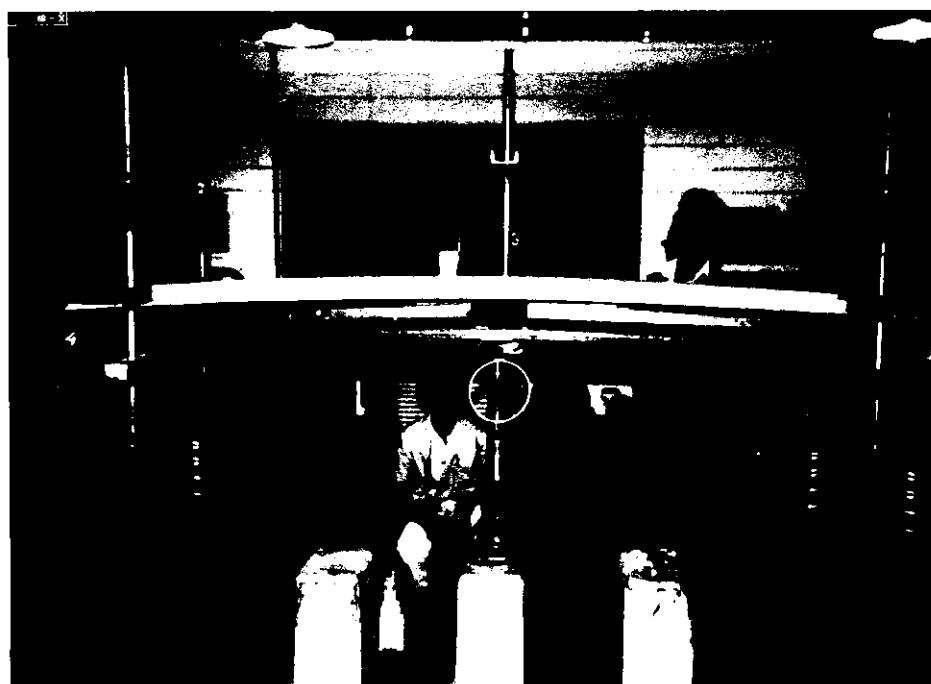


FIG. 68. APÓS A ÚLTIMA ETAPA, RETIRADOS OS
COMPARADORES, O PAINEL SUSTENTAVA

NOVOS INCREMENTOS DE CARGA

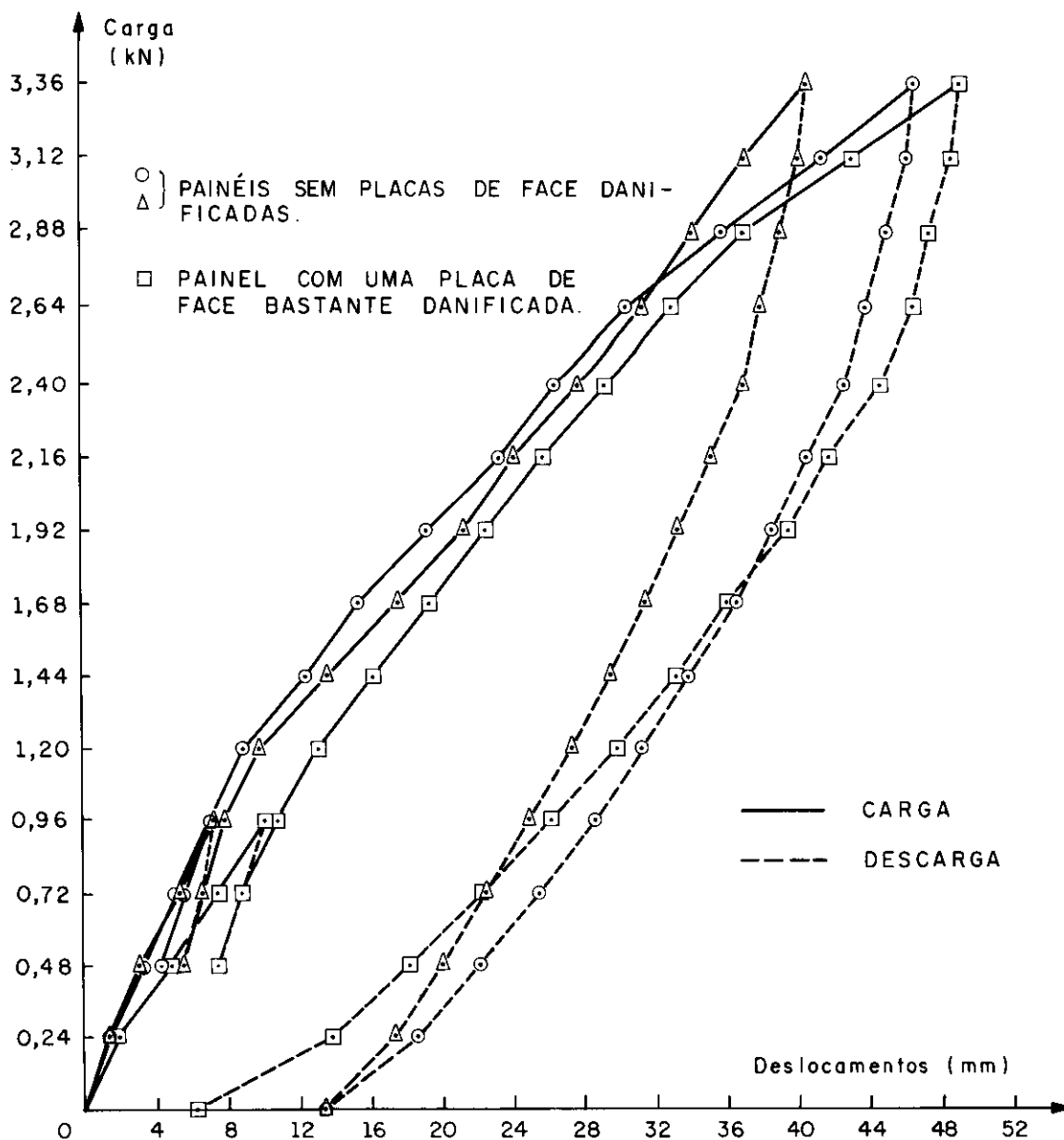


FIG. 69 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS DESLOCAMENTOS

Analizando-se os resultados através dos gráficos, observou-se que o comportamento das peças ensaiadas foi semelhante, durante as etapas de aplicação e retirada das solicitações. Os deslocamentos no ensaio com o painel de face avariada foram maiores, mas em compensação a flecha residual foi bem menor, o que era de se esperar, pois quase não houve o aparecimento de novas fissuras, mas sim o acréscimo da abertura das iniciais acompanhando a deformação da armadura.

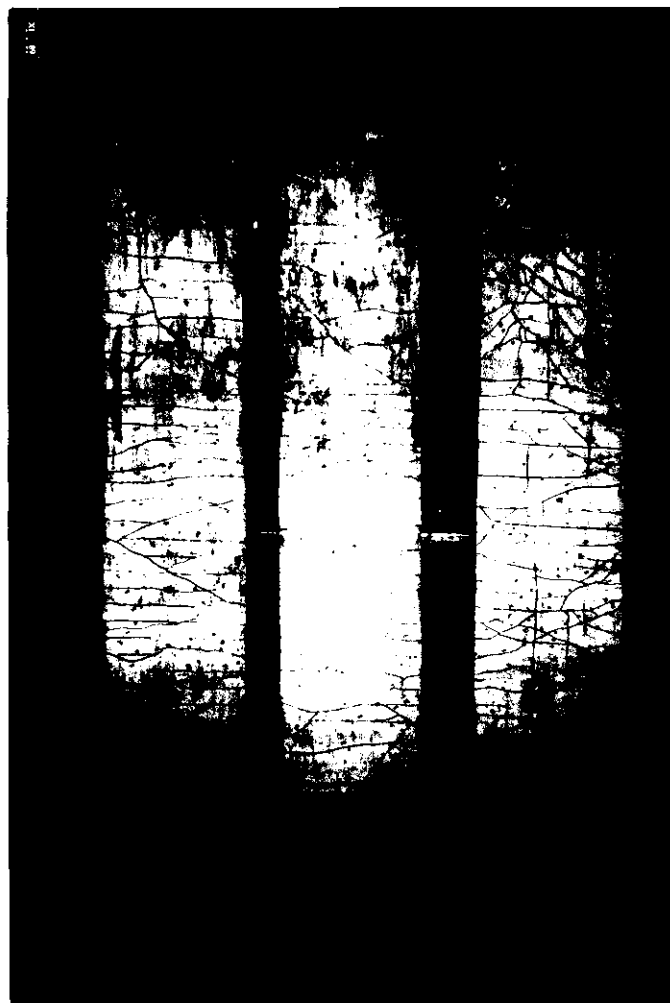


FIG. 70. O PAINEL COM A FACE AVARIADA É O PRIMEIRO À DIREITA. É MUITO ILUSTRATIVA A COMPARAÇÃO COM AS FIGURAS 63 E 64.

Os deslocamentos transversais anotados para a solicitação $0,8S_{vk}$ ($0,8\text{kN/m}^2$), foram $6,49\text{mm}$ e $7,30\text{mm}$ para os painéis sem avarias e $9,84\text{mm}$ para o painel com placa de face avariada. Estes deslocamentos se apresentaram maiores que $\frac{h}{500}$ ($4,84\text{mm}$). Mas em compensação as primeiras fissuras assinaladas foram com a força que equivalia a $1,1\text{kN/m}^2$, praticamente a solicitação de ruína $1,2S_{vk}$.

O aparecimento e a evolução de fissuras, durante o carregamento, foi acompanhado, podendo-se afirmar que nos

painéis sem placa danificada, a abertura foi menor que 0,10mm até a carga de 2,4kN, sendo que somente na última etapa, ou seja 3,36kN, observou-se fissuras com 0,15mm.

No confronto entre o desempenho dos painéis iniciais e os definitivos, pôde-se concluir que embora tendo diminuído o peso próprio em aproximadamente 22%, às custas da redução da largura e espessura das placas de face, a capacidade da peça não ficou comprometida em relação à fissuração e deslocamentos excessivos. Comparando-se com os resultados obtidos nos ensaios dos primeiros painéis dotados de canaletes laterais, observou-se que os deslocamentos foram maiores para a solicitação de $0,8S_{vk}$; contudo o aparecimento das primeiras fissuras visíveis, naqueles ensaios, foi registrado com a mesma ordem de grandeza dos esforços.

4.2- RESISTÊNCIA DA PAREDE A CARREGAMENTOS VERTICAIS EXCÊNTRICOS

De acordo com as prescrições contidas no documento elaborado pelo IPT,¹¹ foram executados ensaios para avaliar o comportamento de paredes submetidas a solicitações verticais linearmente distribuídas, agindo excêntricamente. Os corpos de prova ensaiados, eram trechos de parede com altura e espessura idênticas às que seriam montadas no protótipo da moradia. As paredes submetidas aos ensaios eram constituídas de dois painéis típicos, unidos por um elemento de ligação do tipo I, perfazendo no total 95cm. Satisfazendo, portanto, a prescrição para a largura do trecho, $(1,10 \pm 0,20)m$. Para completar a simulação da parede, foi passado no canaleta superior dos painéis um fio de aço de diâmetro 3,2mm, unindo-os com o nó de ligação. Em seguida o canaleta foi preenchido com argamassa de cimento, areia e pedrisco completando a cinta de amarração.

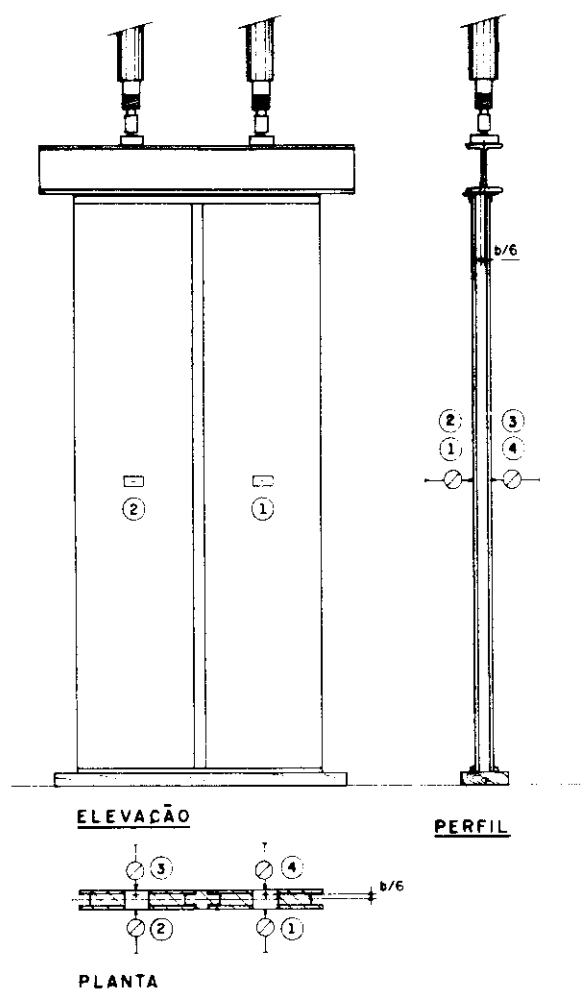


FIG. 71 - ESQUEMA DO ENSAIO DE PAINEL PORTANTE SUBMETIDO A CARREGAMENTO VERTICAL EXCÊNTRICO.

O sistema construtivo proposto permite a aplicação de um forro leve; o que acarretaria, sob condições normais de utilização, uma solicitação nas paredes portantes de 4,9kN/m, considerando-se as cargas permanentes e acidentais. No entanto, se fossem utilizados forros convencionais com nervura pré-moldada, as solicitações poderiam atingir 7,0kN/m. Foi portanto, adotado este valor para o ensaio de forças verticais atuando excêntricamente. O equipamento utilizado, constou de quatro relógios comparadores, com sensibilidade de 0,01mm e curso de 10mm; instalados em ambas as faces, no centro de cada painel. Em um dos ensaios foi instalado um quinto relógio comparador, no topo do corpo de prova, para acompanhar os deslocamentos nas regiões de

transmissão das forças. A aplicação do carregamento foi realizada com dois macacos hidráulicos para 200kN cada um e medido através de célula de carga, com capacidade para 25kN, acoplada à um indicador digital.

As solicitações foram aplicadas com excentricidade de 8,4mm, em incrementos de 0,7kN/m, de acordo com o método de ensaio, até atingir a força preestabelecida de 7,0kN/m. Não tendo ocorrido danos no corpo de prova nem deslocamentos excessivos, prolongou-se os ensaios até 10,0kN/m. Em um deles o carregamento foi levado a 14,0kN/m sem que ocorresse o colapso da parede. O desenvolvimento dos ensaios e a representação gráfica dos deslocamentos horizontais, de três corpos de prova, são apresentados nas figuras 72 a 79.



FIG. 72. DISPOSITIVOS DOS ENSAIOS



FIG. 73. DISPOSITIVOS PARA
APLICAÇÃO DAS SO-
LICITAÇÕES, COM
EXCÊNTRICIDADE.



FIG. 74. ETAPA INTER-
MEDIARIA DO
ENSAIO.

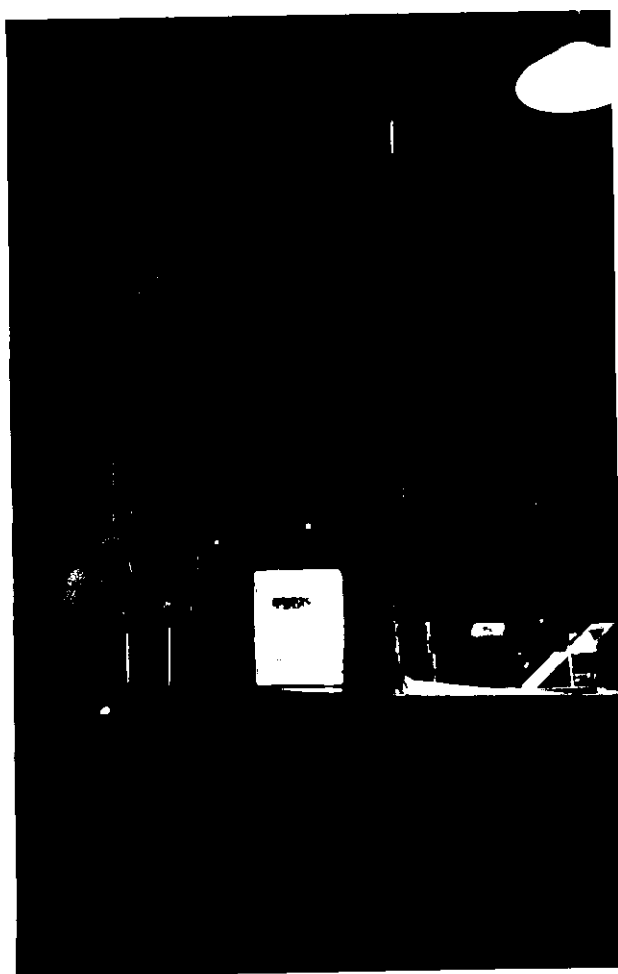


FIG. 75. SOB A SOLICITAÇÃO DE 10kN/m O COMPORTAMENTO FOI EXCELENTE.

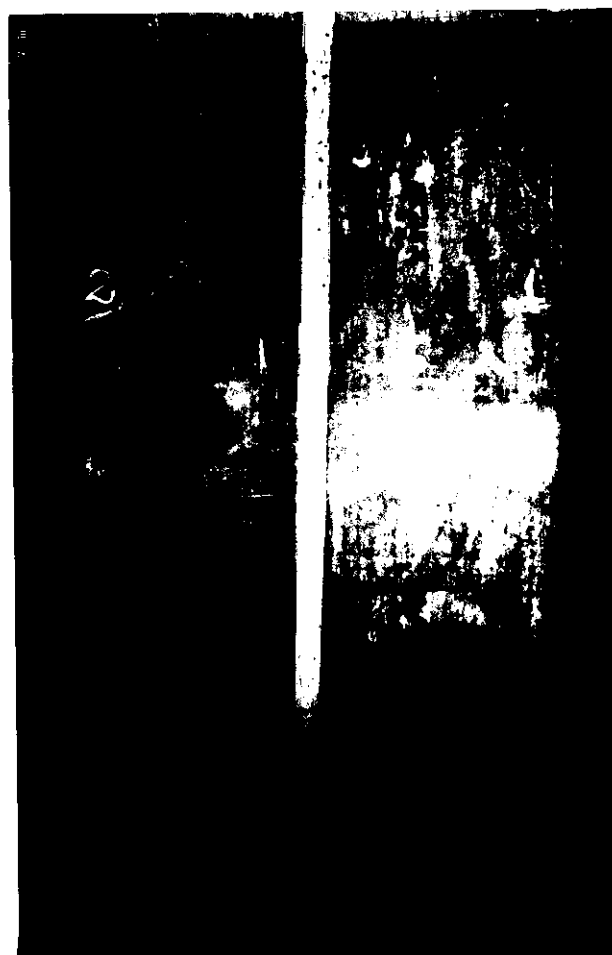


FIG. 76. FISSURAS ASSINALADAS NO TRANSCORRER DA PROVA.

PAINEL 1

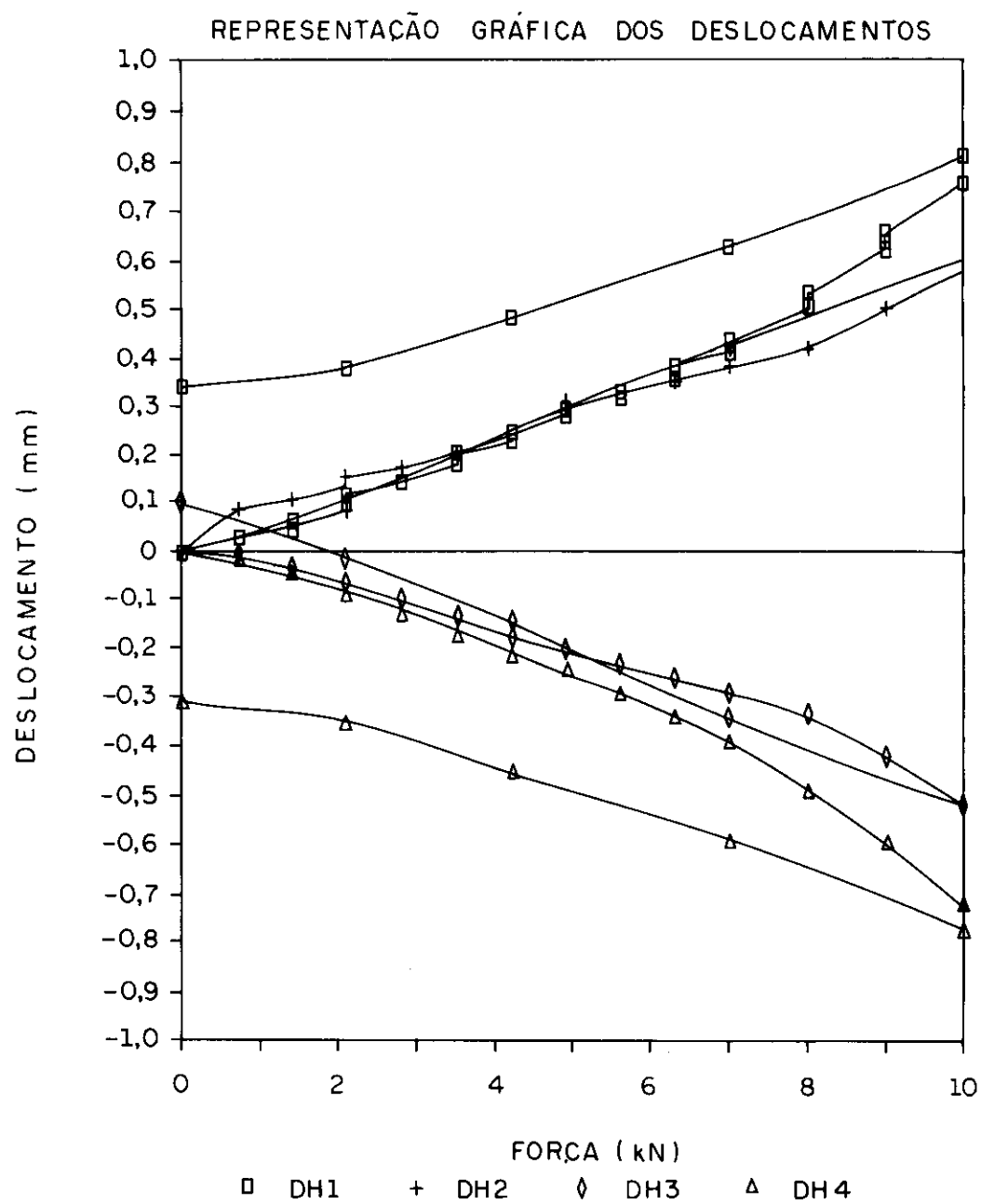


FIG. 77

PAINEL 3

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS DESLOCAMENTOS

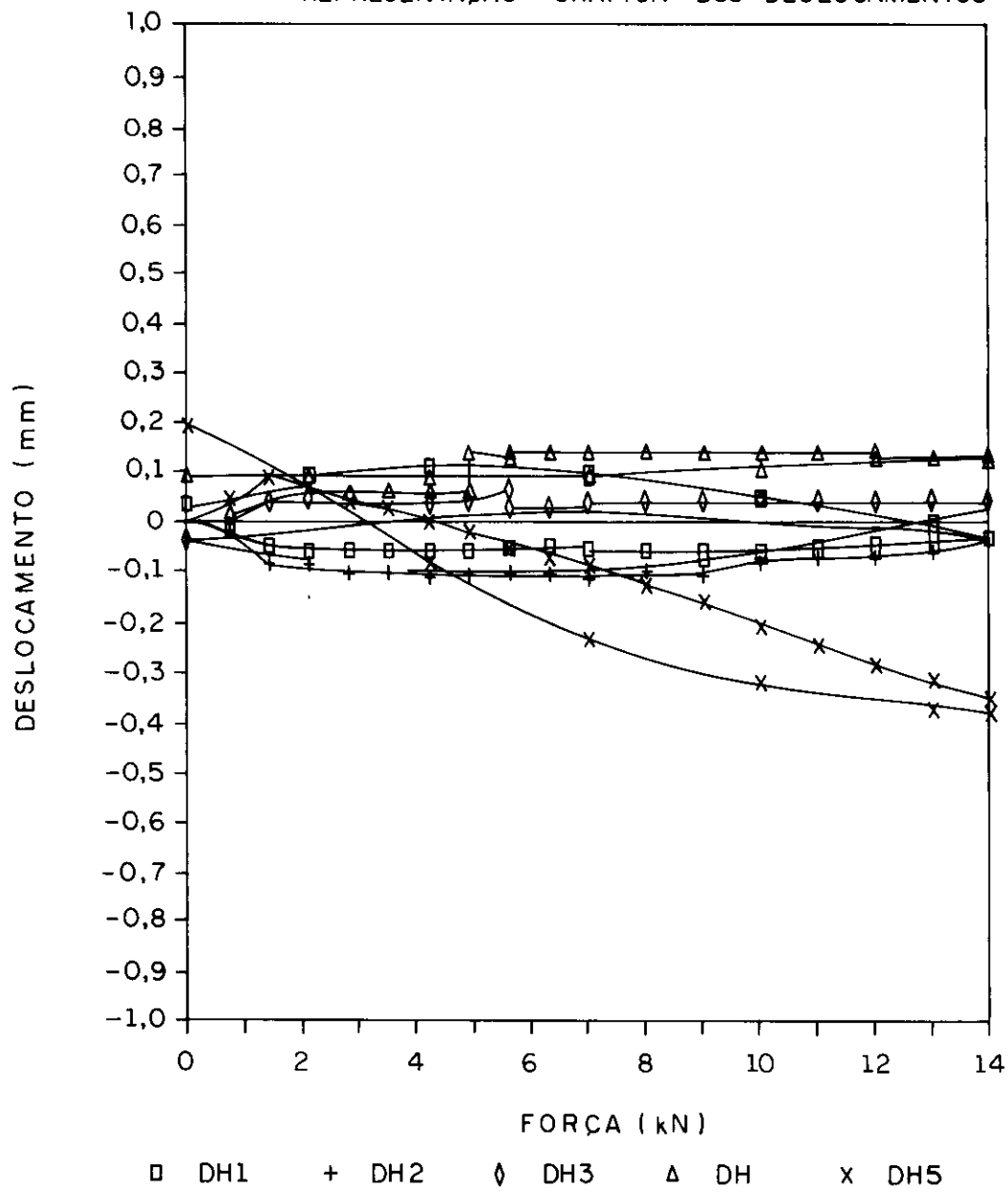


FIG. 79

Os resultados foram excelentes, além mesmo das expectativas, já que os deslocamentos horizontais máximos anotados não ultrapassaram 1mm. A primeira fissura visível apresentou abertura de 0,05mm e foi assinalada com a carga de 4,9kN/m no primeiro ensaio, com 7,0kN/m no segundo ensaio, sendo que no terceiro ensaio válido, não foram observadas fissuras. Apesar dos carregamentos terem ultrapassado a solicitação de ruína, não ocorreu a ruptura dos corpos de prova. Comprovou-se portanto, o bom comportamento das paredes frente às cargas verticais excêntricas.

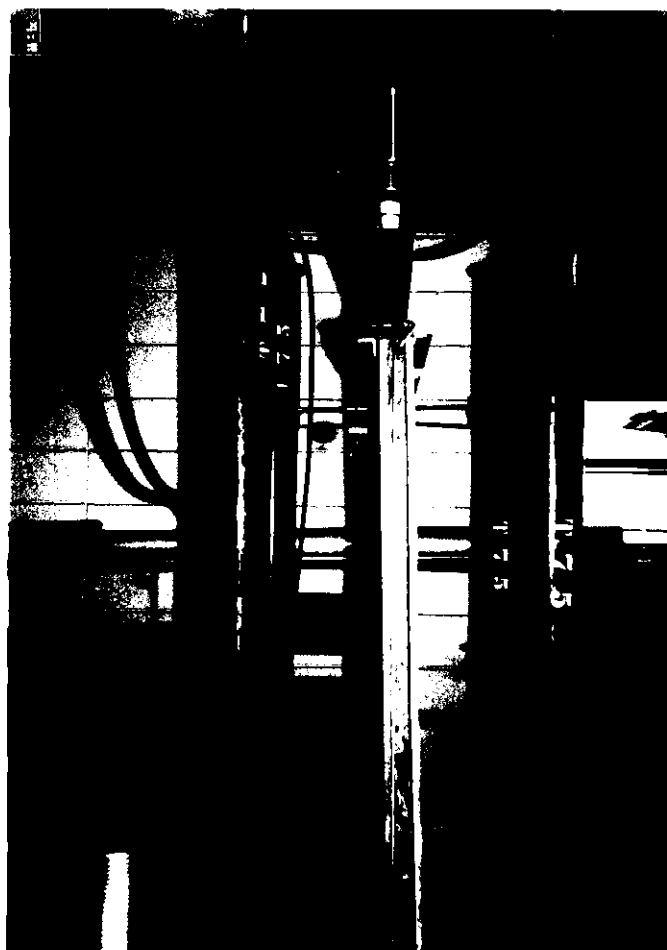


FIG. 80. EXCÊNTRICIDADE DAS FORÇAS
EXAGERADAMENTE APLICADAS.

Vale a pena registrar que um dos ensaios realizados foi interrompido devido aos deslocamentos excessivos ocorridos e pelo temor de acidente com o equipamento. Estes deslocamentos foram causados pela excentricidade das forças, muito além da prescrita no Critério de Avaliação. Apesar da falha cometida e somente detectada no transcorrer da prova, os deslocamentos foram anotados até os esforços atingirem 7,0kN/m, estando neste instante próximo de 9mm. Em seguida os aparelhos foram retirados e prosseguiu-se a aplicação do carregamento até 8,0kN/m, quando então o ensaio foi suspenso.



FIG. 81. DESLOCAMENTOS QUE PROVOCARAM A SUSPENSÃO DOS ENSAIOS.



FIG. 82. COM A SOLICITAÇÃO DE 8,0kN/M A FISSURA ATINGIU O ELEMENTO DE LIGAÇÃO.

Nesse ensaio foram assinaladas quatro fissuras visíveis, pela ordem, com as solicitações de: 3,5kN/m; 4,2kN/m; 5,60kN/m e 8,0kN/m. Para o valor da solicitação equivalente à ação das cargas permanentes, mais as cargas verticais acidentais, o deslocamento horizontal admitido ($\delta H < h/500$), que no caso é de 4,8mm, só foi ultrapassado nessa ocasião.

CAPÍTULO V

5. O SISTEMA CONSTRUTIVO

5.1- GENERALIDADES

O fundamento do sistema construtivo apresentado neste trabalho, como já se disse, foi a interligação dos painéis tipo sanduíche através de elementos pré-moldados de argamassa armada, denominados nós de ligação, formando encaixes ou juntas secas. A união do conjunto foi obtida com um cintamento superior abrangendo todas as paredes. Como complemento das fundações e também servindo para fixação dos componentes, foram utilizadas barras de aço passadas através dos painéis e dos nós, na parte inferior dos mesmos. O objetivo do sistema proposto foi a construção da unidade habitacional rapidamente, com baixo custo, utilizando o mínimo de mão-de-obra e de equipamentos sofisticados.

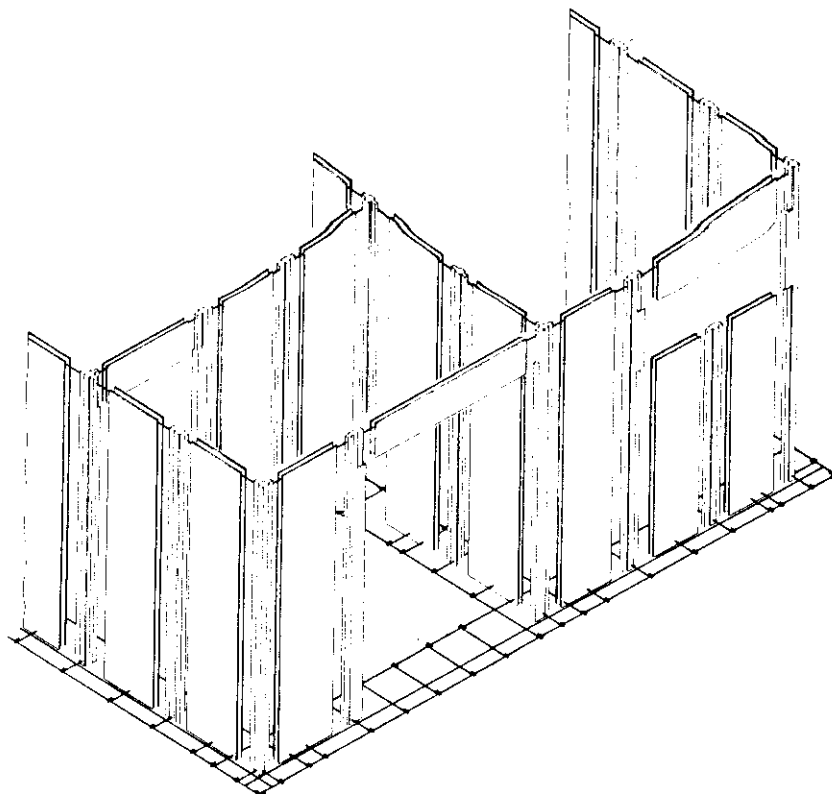


FIG. 83 - SISTEMA DE MONTAGEM DA ARMADURA DE FIXAÇÃO DOS COMPONENTES NO CONTRAPISO E CINTA DE AMARRAÇÃO

As etapas de construção, admitindo o terreno limpo e nivelado, compreenderam treze atividades cuja ordem cronológica eram:

1. Locação da obra;
2. Abertura de valas para sapatas rasas e apiloamento;
3. Concretagem das sapatas;
4. Instalação da estrutura auxiliar para montagem das paredes;
5. Montagem das paredes e caixilharias das janelas;
6. Colocação da armadura de cintamento superior, chumbadores da estrutura de cobertura e concretagem da cinta;
7. Execução das instalações sanitárias;

8. Colocação da armadura inferior de fixação das paredes;
9. Concretagem do contrapiso interno, retirada da estrutura auxiliar e concretagem do piso externo;
10. Montagem da estrutura do telhado e cobertura;
11. Fechamento dos oitões;
12. Colocação da caixilharia das portas;
13. Acabamento (piso, vidros, instalações elétricas e hidráulicas, aparelhos sanitários e pintura).

5.2. - ELEMENTOS DO SISTEMA CONSTRUTIVO

5.2.1- Fundações e Cinta de Amarração Superior

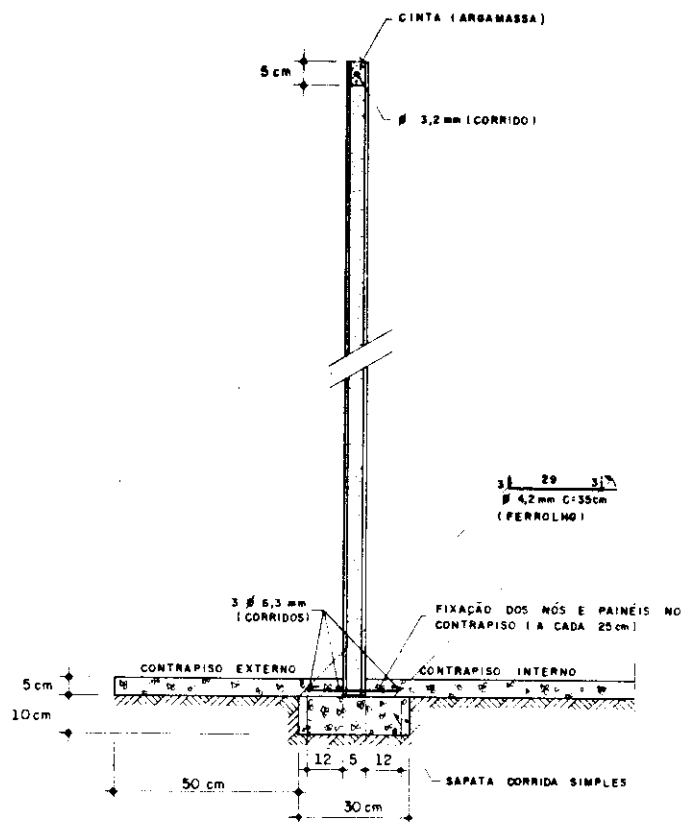


FIG. 84 - DETALHE DA FIXAÇÃO DOS PAINÉIS E ELEMENTOS DE LIGAÇÃO NO CONTRAPISO E CINTA DE AMARRAÇÃO SUPERIOR.

O peso das paredes e da cobertura idealizada, era tal, que não requeria fundações sofisticadas. Uma das soluções mais comuns e adotada aqui, foi a sapata corrida rasa, executada em concreto simples, sobre vala apiloada. Diretamente sobre ela eram montadas as paredes, cuja fixação nas fundações era feita por intermédio de ferrolhos, de diâmetro 4,2mm, passados transversalmente através de furos existentes na parte inferior dos componentes. Posteriormente a ponta reta do ferrolho seria dobrada, formando a armadura transversal de fixação. Os elementos de ligação tipo T e L já tinham esses ferros incorporados durante a moldagem.

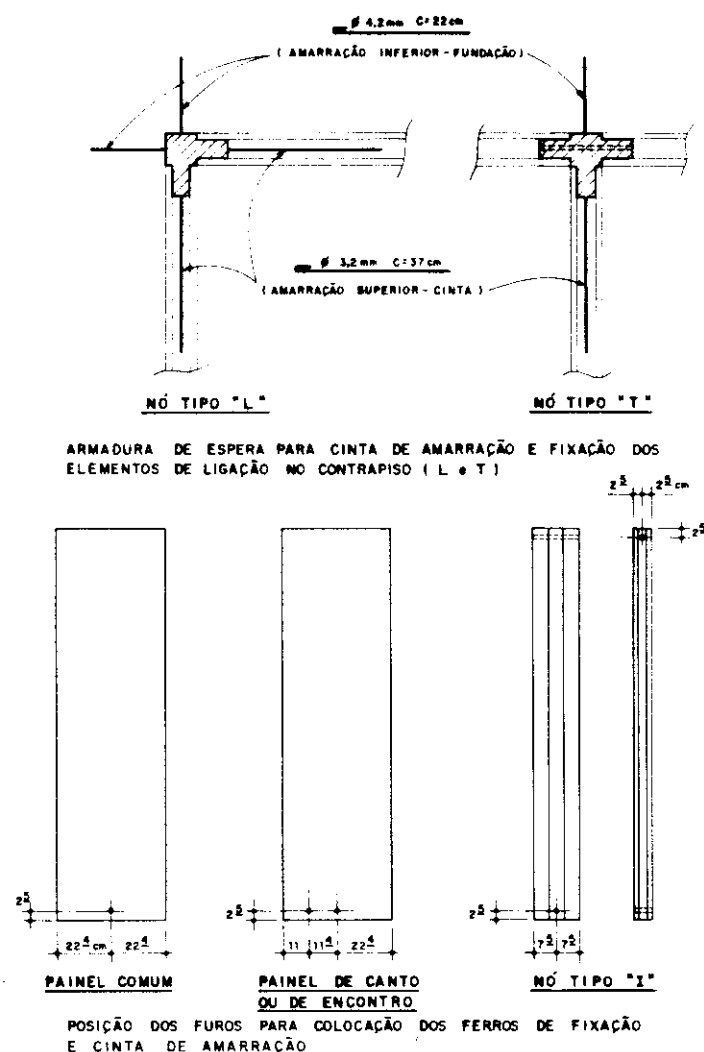


FIG 85

Em seguida eram colocadas as barras da armadura longitudinal externa e internamente às paredes. Nos cantos e nos encontros das paredes, os painéis eram dotados de mais um furo para permitir a passagem do ferro corrido interno. A concretagem do contrapiso interno e externo completava a operação. A união de todo o conjunto das paredes, era conseguida pela colocação nos canaletes superiores dos painéis e através de furos existentes nos elementos de ligação, de um fio de aço de diâmetro 3,2mm, com posterior enchimento de argamassa de cimento, areia e pedrisco. Esta medida estabelecia o cintamento do topo das paredes.

5.2.2- Estrutura Auxiliar para Montagem das Paredes

Nas varias montagens efetuadas com os painéis, observou-se que grande parte do tempo era perdido com o prumo e alinhamento dos elementos. Para eliminar o desperdício, idealizou-se uma estrutura metálica de escoramento, facilmente montável, de baixo custo e fixa sobre a sapata corrida.

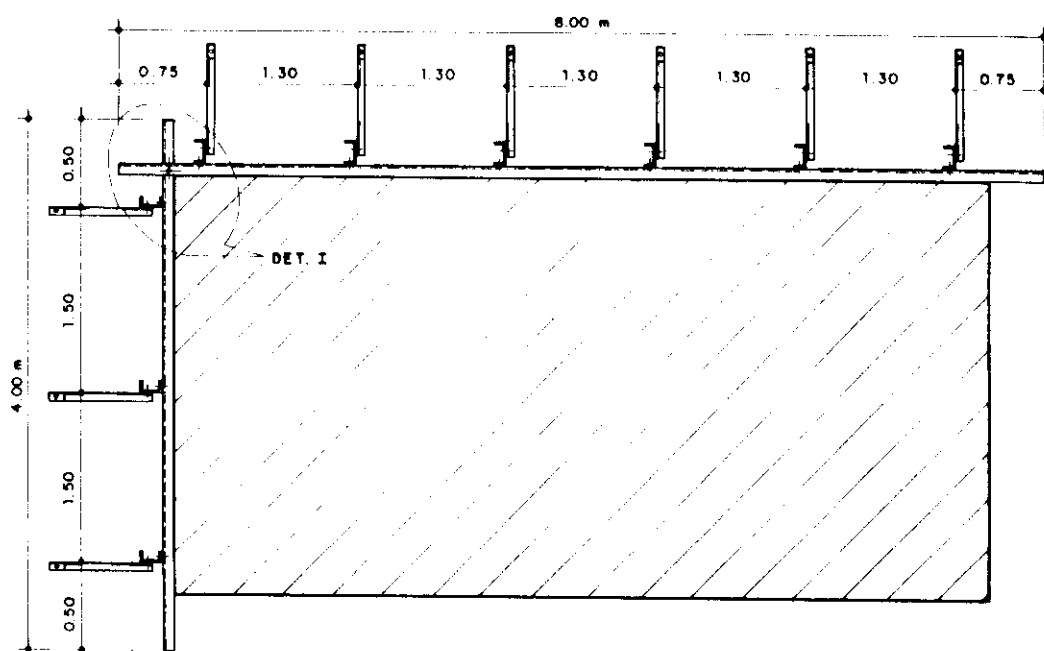


FIG. 86 - PLANTA DO ESCORAMENTO METÁLICO PARA MONTAGEM DOS PAINÉIS

O conjunto era instalado no alinhamento externo das paredes e após o nivelamento e estabelecimento do prumo era fixado, no solo, através de mãos francesas. A montagem dos componentes das paredes ficava então facilitada, pois bastava encostá-los para estabelecer o prumo. A operação de nivelamento era simples, dado o acabamento superior das sapatas. As barras horizontais superiores, do escoramento, além de funcionar como guias, serviam também para fixar provisoriamente os painéis, através de grampos feitos com ferros de construção. As figuras apresentam a estrutura auxiliar de montagem das paredes. Os detalhes construtivos podem ser vistos no anexo A.

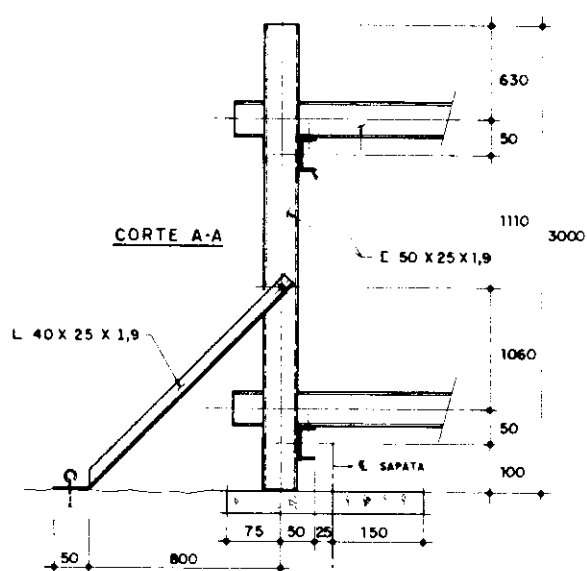
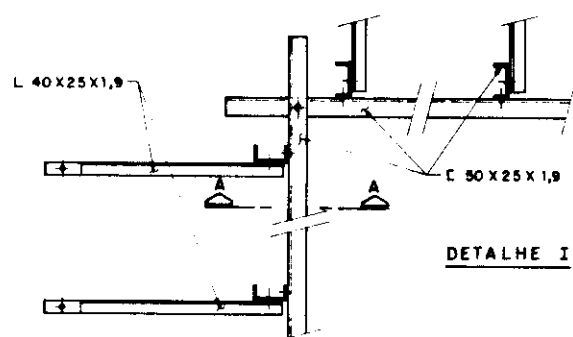


FIG. 87 - DETALHE I E CORTE TRANSVERSAL DO ESCORAMENTO

Como o contrapiso era a atividade que completava esta etapa construtiva e só poderia ser efetuado após a execução das instalações sanitárias e da armadura de fixação, as paredes ficavam temporariamente sem proteção contra a ação do vento. Tinha-se, por conseguinte, a segunda função da estrutura auxiliar: mantê-las escoradas até o término das operações intermediárias. Após a concretagem do contrapiso interno ela seria retirada, executando-se a seguir o lado externo.

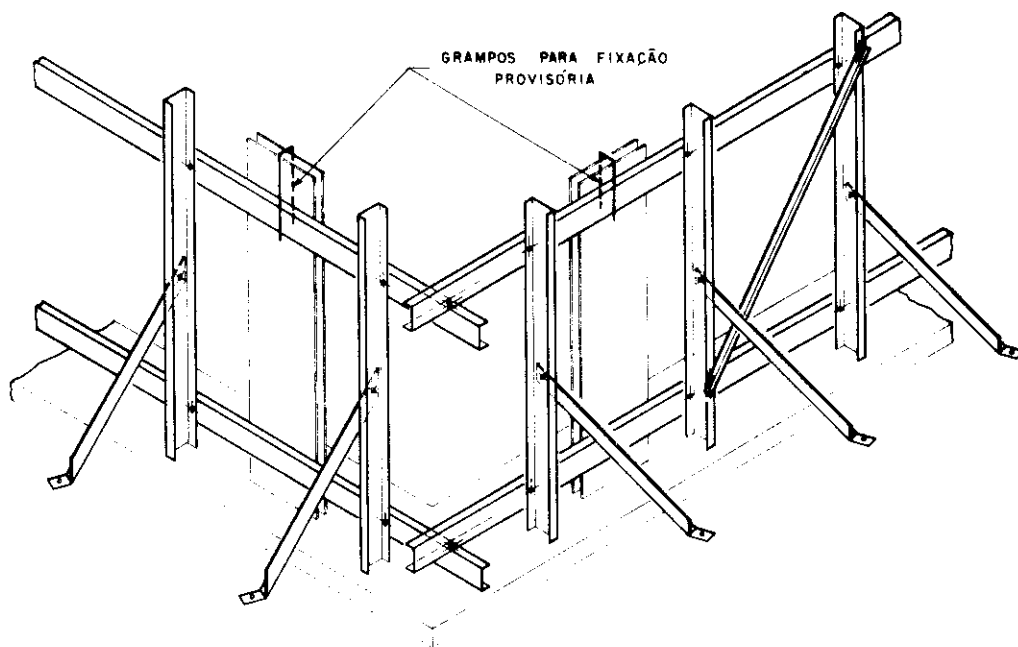


FIG. 88 - SISTEMA DE MONTAGEM DO ESCORAMENTO METÁLICO E POSICIONAMENTO DOS PAINÉIS

5.2.3- Estrutura do Telhado e Cobertura

Para complementar o sistema construtivo, optou-se por uma cobertura leve, de fácil manuseio e que permitisse a ampliação da moradia. A solução encontrada foi baseada no alto custo da madeira utilizada nas estruturas de telhado e na comprovação de que nas construções por mutirão ou ajuda mútua, a obra quase sempre fica parada na laje de forro ou no respaldo das paredes; à espera do carpinteiro ou do elemento mais habilidoso; no trato com a madeira, nem sempre participantes do processo. A idéia básica foi fornecida

pelas estruturas pontaleadas — terças apoiadas sobre pontaletes — descarregando nas paredes portantes. Partindo desse princípio, chegou-se facilmente à terça treliçada. Foram utilizados perfis de chapa dobrada com 2mm de espessura, que resultaram em uma estrutura de poucos elementos, todos eles bastante leves.

As terças intermediárias pesaram cada uma 0,18kN e a da cumeeira 0,34kN. As das extremidades e os elementos de travamento pesaram 0,40kN, perfazendo no total 1,10kN. A fixação das terças era feita através de chumbadores, com 8mm de diâmetro, providos de ganchos que seriam presos na armadura da cinta de amarração. O telhado, em duas águas, foi projetado para cobertura com telhas onduladas de fibrocimento de 6mm e comprimento 2130mm.

O fechamento dos oitões era executado utilizando-se os elementos metálicos de travamento, para a fixação das placas de vedação. Estas podiam ser executadas em argamassa armada pré-moldada, chapa lisa de fibrocimento ou ainda, de tábuas de madeira, do tipo lambril. O sistema previa aberturas verticais entre as placas adjacentes, para ventilação do ático, providência que produziria um efeito estético bastante agradável. Os detalhes construtivos podem ser vistos na fig. 89 e no anexo A.

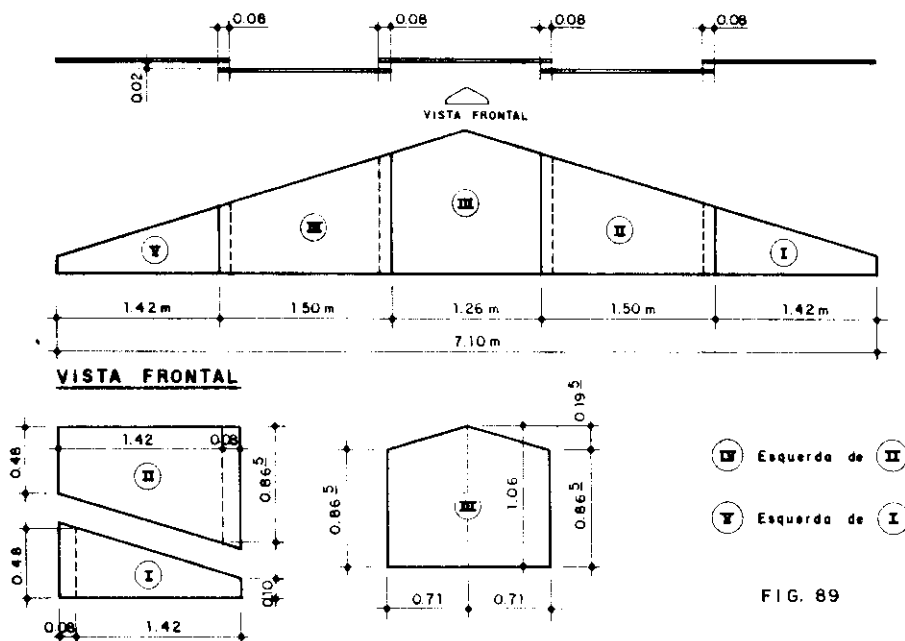


FIG. 89

CAPÍTULO VI

6. MONTAGEM DO PROTÓTIPO

6.1 - GENERALIDADES

O modelo construído, foi o de um embrião de 24,50m² de área edificada, com possibilidades de ampliação horizontal. Constava de sala-quarto, banheiro, cozinha e área coberta para o tanque. Durante a construção, foram apropriados os tempos gastos com a mão de obra, toda ela composta de funcionários do Laboratório de Estruturas do SET, da Escola de Engenharia de São Carlos. A finalidade era a determinação de índices para a composição do custo da moradia e para o confronto da produtividade do sistema com outras alternativas existentes. A construção também permitiu a avaliação das qualidades do protótipo, frente a ação do clima e quanto ao conforto do usuário.

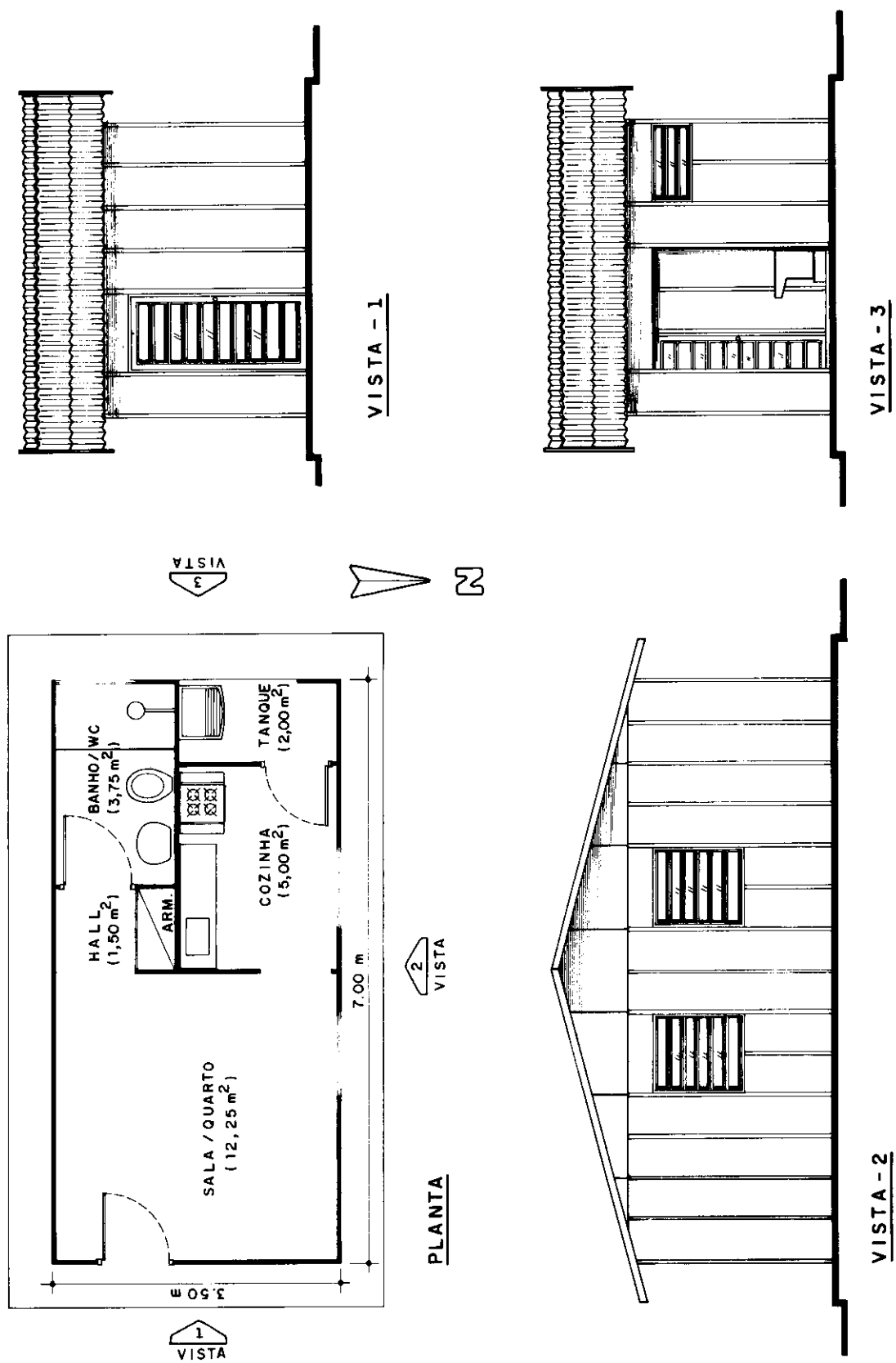


FIG. 90 – MODELO DO EMBRIÃO CONSTRUÍDO

6.2. - LOCAÇÃO DA OBRA E FUNDAÇÕES

A locação da obra foi executada de forma tradicional, isto é, gabarito de tábua corrida, esquadrejado e nivelado, envolvendo a área da construção. As sapatas e as linhas das paredes foram demarcadas através de pregos, fio de náilon e prumo.

A execução das sapatas rasas em concreto simples era uma operação rápida pois não requeria grandes escavações. Por esta razão facilitou-se muito o apiloamento do fundo das cavas e simplificou-se a montagem das fôrmas. Após a regularização do terreno e colocação de brita no fundo das valas, procedeu-se a concretagem da sapata corrida, tendo-se o cuidado de reforçar com pequena armadura, os trechos da fundação abaixo da qual, passariam as instalações sanitárias. O concreto utilizado foi o de consumo 300kg/m^3 , com brita no.1, para permitir um bom acabamento da superfície, essencial para a montagem das paredes. A sequência das operações pode ser vista nas figuras 91 a 96.



FIG. 91. LOCAÇÃO DA OBRA.

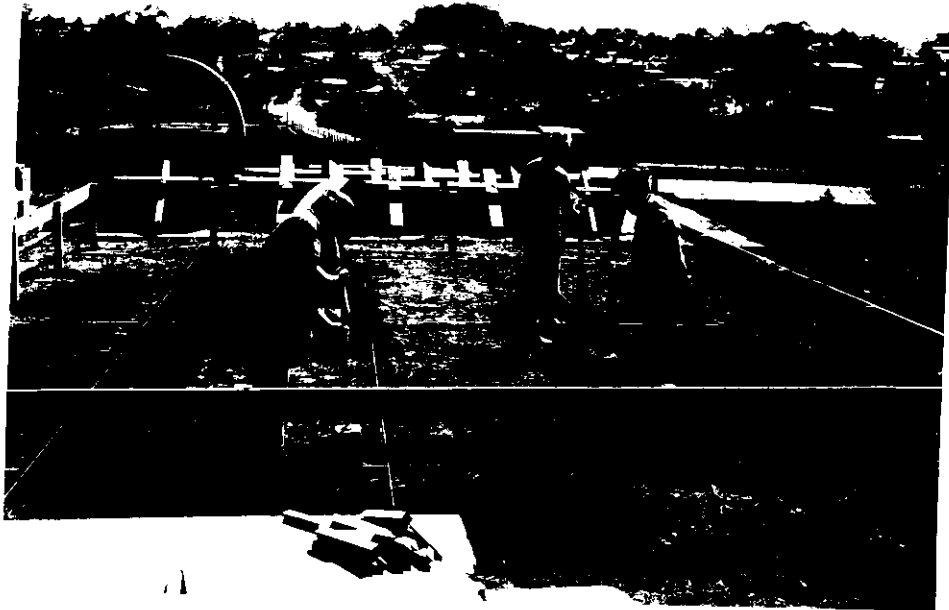


FIG. 92. ESCAVAÇÃO E APILOAMENTO
DAS CAVAS.

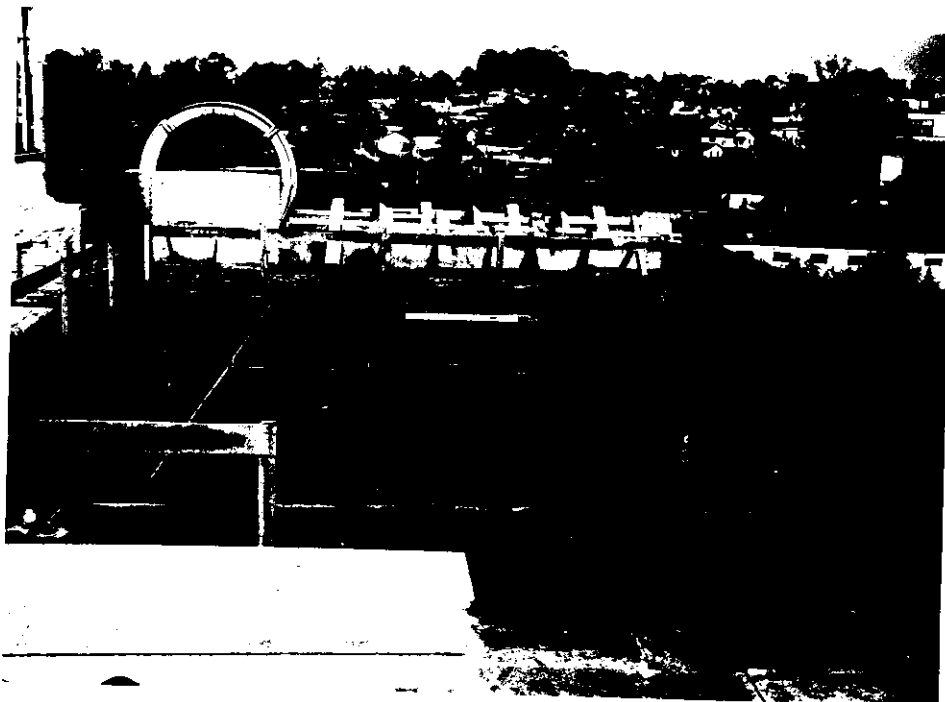


FIG. 93. FÔRMAS PARA SAPATAS RASAS.

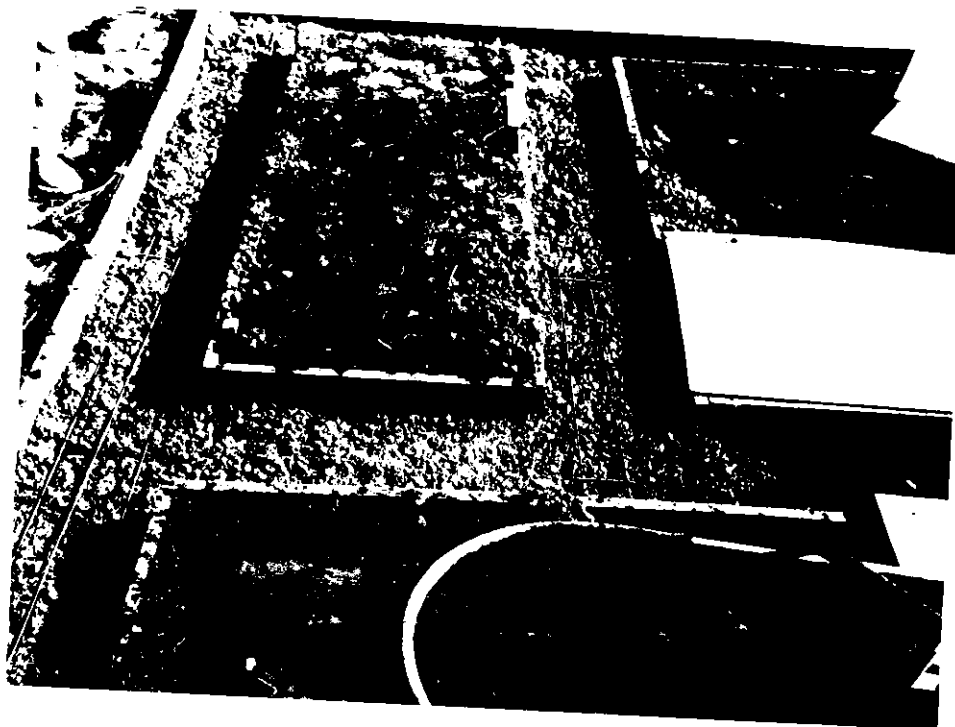


FIG. 94. REFORÇO DA SAPATA.



FIG. 95. ACABAMENTO DA SUPERFÍCIE.



FIG. 96. VISTA DAS SAPATAS DESFORMADAS.

6.3. MONTAGEM DAS PAREDES

A estrutura auxiliar, referida no capítulo anterior, foi confeccionada em perfis de chapa dobrada de espessura 2mm. As ligações entre os elementos era feita através de parafusos, de tal sorte que podia ser totalmente desmontável. Inicialmente foi efetuada a pré-montagem dos quadros, no chão, sendo em seguida erguidos e instalados sobre as sapatas no alinhamento externo das paredes. Após o estabelecimento do esquadro e do prumo, foram fixados no solo através de mãos francesas. A primeira etapa da instalação seguiu o esquema da fig. 86. Nas extremidades das travessas, destinadas à posterior ligação com o restante da estrutura, os furos para fixação eram em forma de rasgos para absorver os acréscimos, devidos à eventuais desajustes, no comprimento das paredes. Nesta fase foram utilizados seis homens durante uma hora e trinta minutos.



FIG. 97. LEVANTAMENTO DOS QUADROS.



FIG. 98. ESQUADREJAMENTO E PRUMADA.



FIG. 99. FIXAÇÃO DAS MÃOS FRANCESAS.

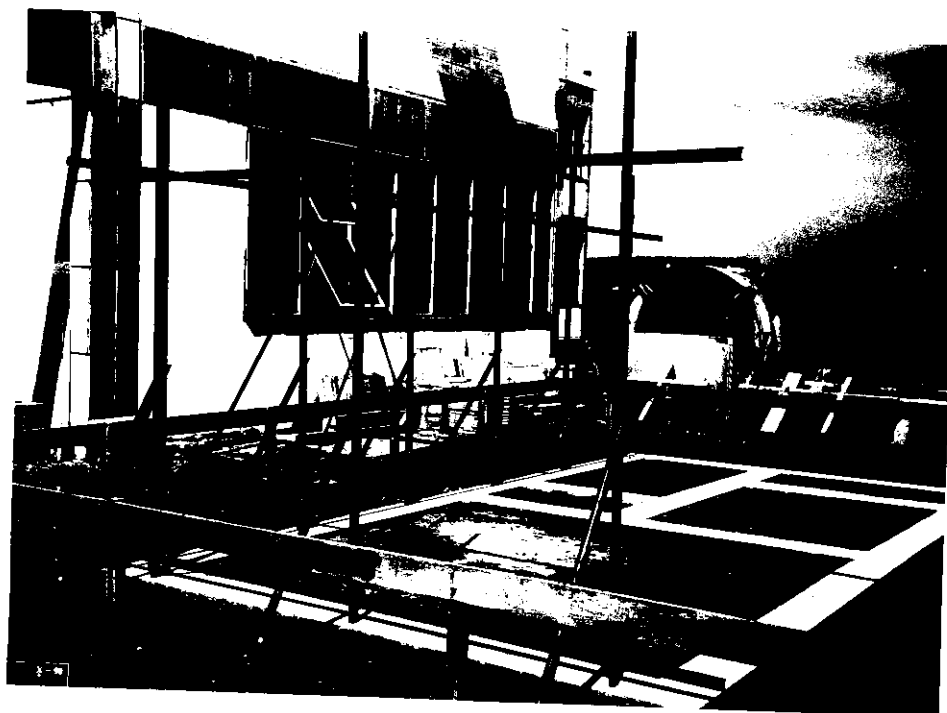


FIG. 100. FINAL DA PRIMEIRA ETAPA.

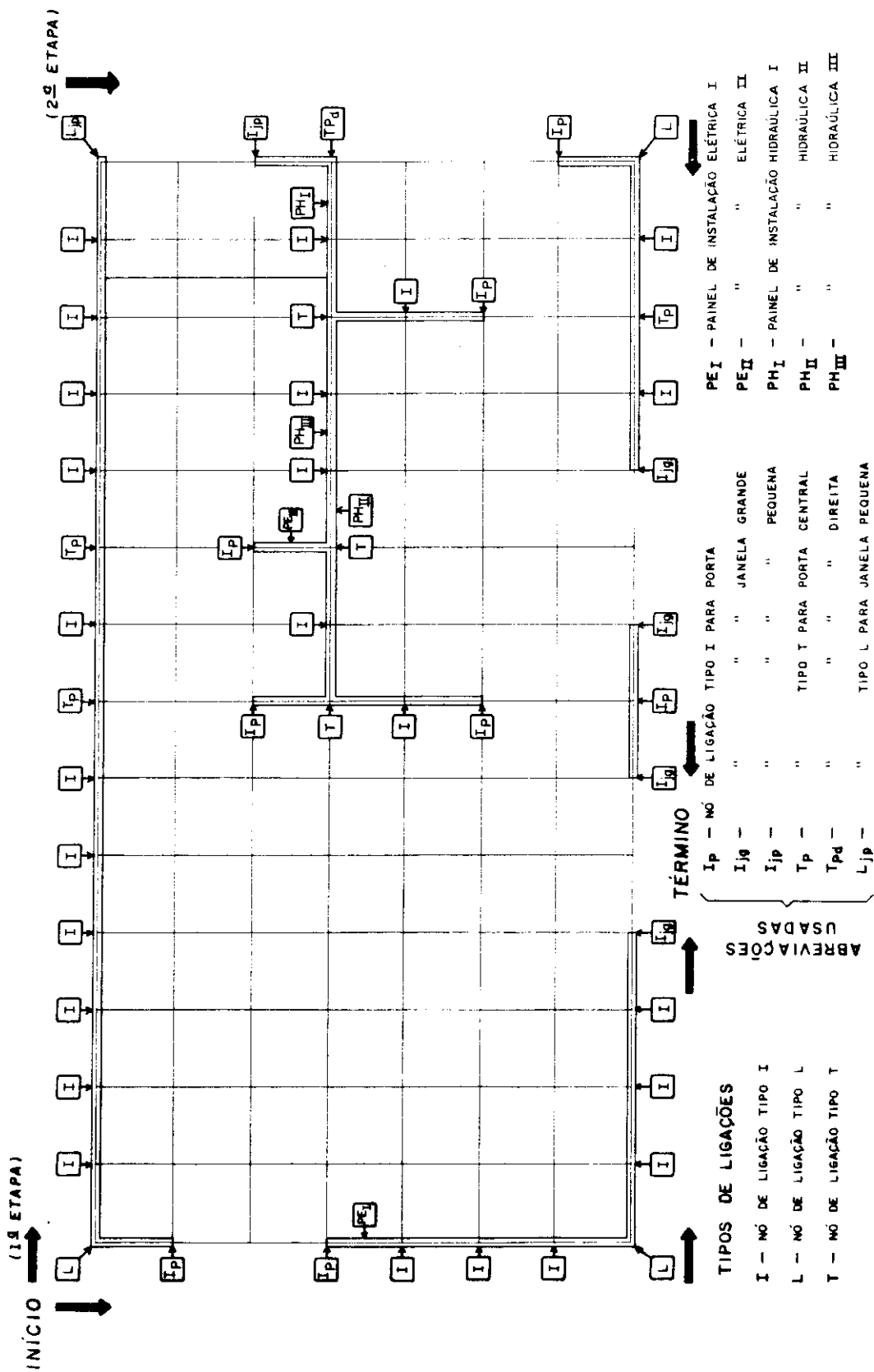


FIG. 101 - LEIAUTE PARA MONTAGEM DAS PAREDES

A montagem dos painéis, foi iniciada pelo canto esquerdo da habitação no sentido da fachada leste, completando-se em seguida a parede restante. Durante os trabalhos a estrutura auxiliar revelou-se bastante eficiente, pois para o ajuste e encaixe dos painéis foi necessário apenas a utilização de um martelo de borracha. Eventualmente, foi necessário o nivelamento do painel, executado com pequenas cunhas, improvisadas, de madeira. O tempo gasto foi de cinquenta e cinco minutos, com sete homens. A sequência do trabalho pode ser vista nas figuras 102 a 107.

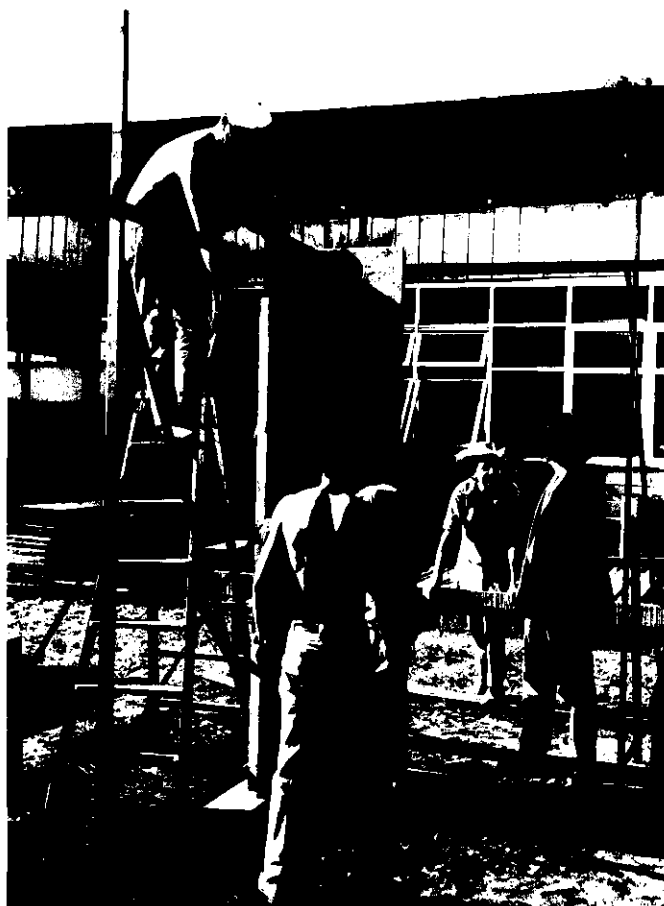


FIG. 102. INÍCIO DA MONTAGEM DAS
PAREDES.



FIG. 103. BASTAVA APENAS UM MARTELO DE BORRACHA PARA AJUSTAR OS PAINÉIS.

Os acréscimos observados nas medidas, em relação ao projeto, foram de 4cm na parede cega e de 1cm na outra direção. A sapata corrida e a estrutura de escoramento dos painéis absorviam essas diferenças, sem a necessidade de cortes ou outros ajustes nos componentes.

Em seguida foram colocados os quadros metálicos restantes, da mesma forma que os anteriores, em uma hora e quinze minutos.



FIG. 104. MONTAGEM DA PAREDE SUL.



FIG. 105. OBSERVE-SE OS GRAMPOS DE FIXAÇÃO.

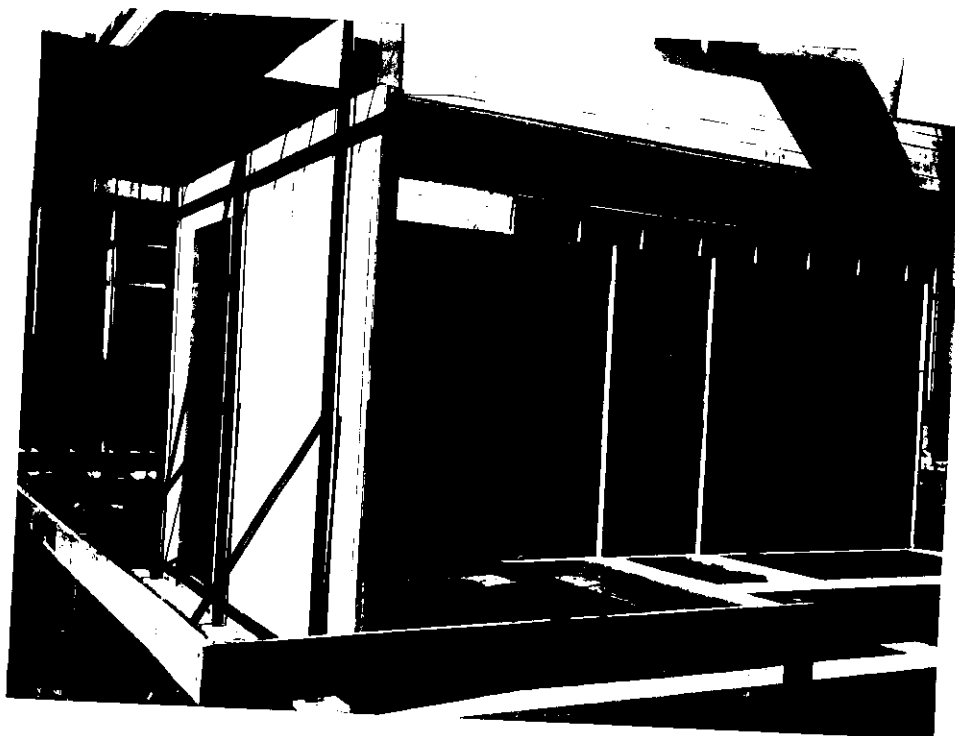


FIG. 106. VISTA DA PRIMEIRA ETAPA
COMPLETADA.

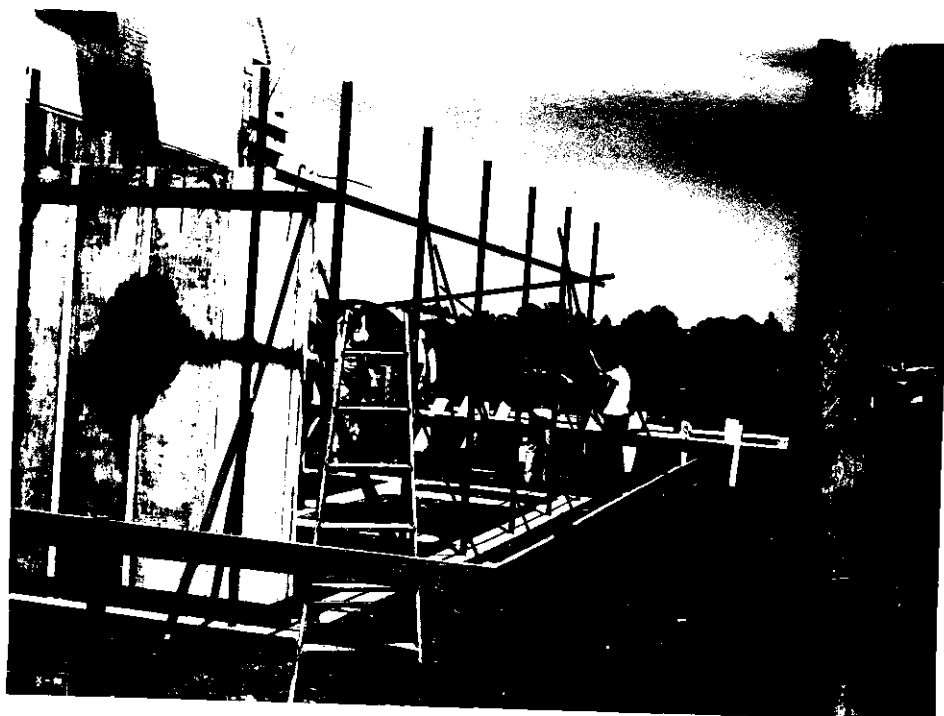


FIG. 107. EM SEGUIDA FORAM MONTADOS OS
QUADROS RESTANTES.

A sequência do trabalho seguiu o contorno externo, no sentido horário, montando-se ao mesmo tempo as paredes internas, até o início dos painéis inferiores da janela da sala. Neste ponto os componentes foram colocados a partir do canto oposto, até atingir o mesmo local. O fechamento das paredes, deu-se, através da ligação dos painéis do parapeito, encerrando-se os trabalhos. O tempo gasto para concluir esta etapa foi de duas horas e trinta e cinco minutos. Em resumo, o tempo total necessário foi de seis horas e quinze minutos, sendo duas horas e quarenta e cinco minutos para a instalação da estrutura auxiliar e três horas e trinta minutos para a montagem das paredes, incluindo a caixilharia das janelas. Os homens participantes do serviço foram em número de sete. As figuras 108 a 116 ilustram esta etapa.



FIG. 108. AS JANELAS FORAM COLOCADAS

AO MESMO TEMPO,



FIG. 109. O SERVIÇO SEGUIU O CONTORNO EXTERNO.

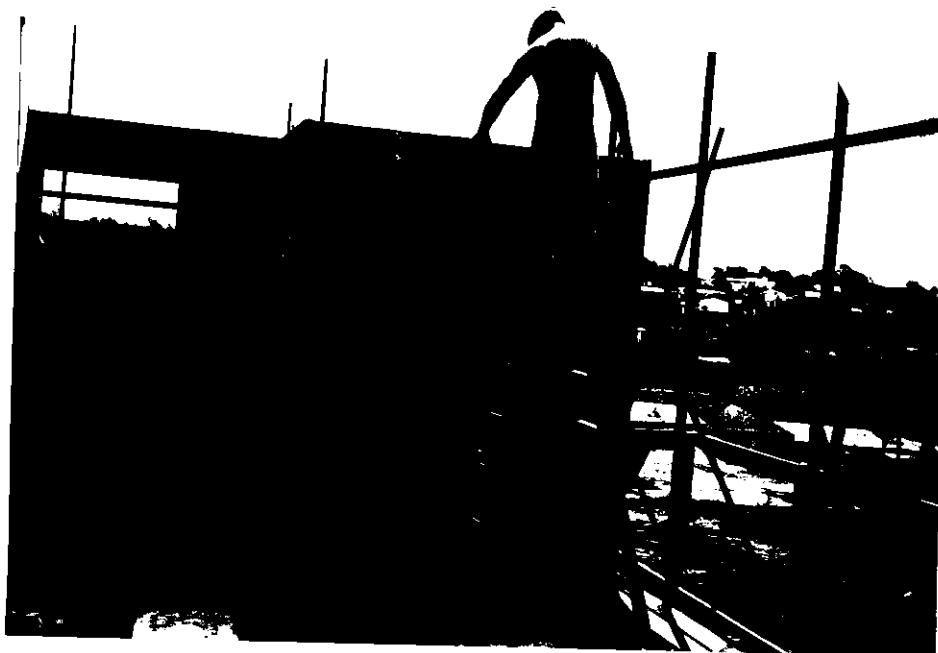


FIG. 110. NA SEQUÊNCIA MONTOU-SE AS PAREDES INTERNAS.



FIG. 111. O SERVIÇO PROSSEGUIU ATÉ A
JANELA DA SALA.



FIG. 112. A MONTAGEM, A PARTIR DAÍ,
VEIO NO SENTIDO INVERSO.



FIG. 113. FECHAMENTO DO
CONTORNO EX-
TERNO.



FIG. 114. ENCAIXE DA
JANELA.



FIG. 115. ENCERRAMENTO DA MONTAGEM.



FIG. 116. VISTA GERAL DAS PAREDES.

6.4. INSTALAÇÕES SANITÁRIAS, CINTA DE AMARRAÇÃO E FIXAÇÃO DAS PAREDES NO CONTRAPISO

As instalações sanitárias e a colocação das armaduras de fixação das paredes, eram atividades que antecediam a concretagem do contrapiso. Já a execução da cinta de amarração era independente.

As instalações foram executadas no local, de acordo com o esquema da figuras 117. Pode-se observar, pelo projeto, que a disposição dos aparelhos permitiria pré-montagens parciais das tubulações, concorrendo para a redução dos desperdícios e consequentemente dos custos.

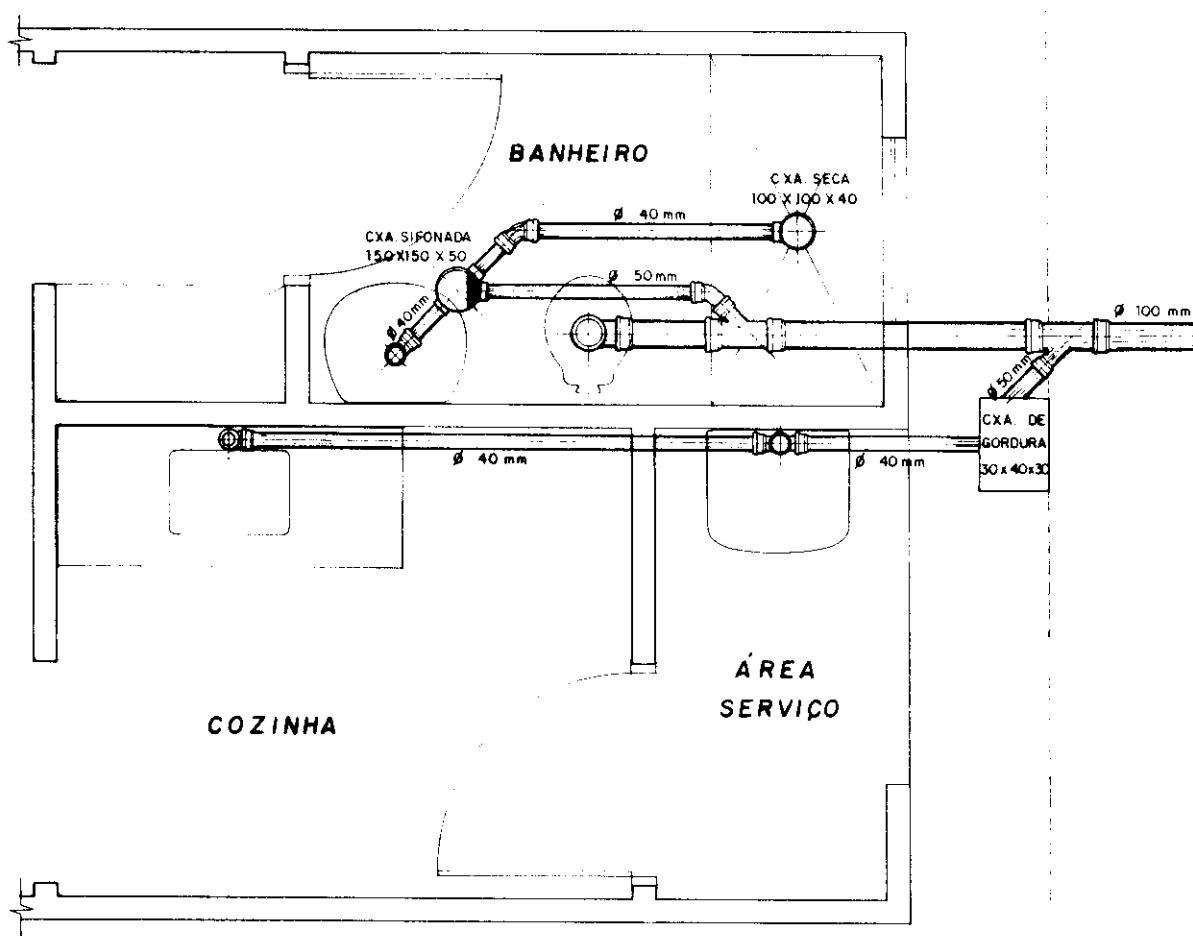


FIG. 117. INSTALAÇÕES SANITÁRIAS.

Ao mesmo tempo que se executava a rede de esgotos, eram colocadas as armaduras de fixação e a barra da cinta superior de amarração.

Durante essa fase dos serviços, as paredes estavam envolvidas pela estrutura auxiliar, com alguns painéis presos a ela pelos grampos de montagem. A eficiência do conjunto foi testada quando uma tempestade atingiu a cidade, dois dias após o levantamento das paredes, sem que tivessem sido concluídos os serviços de fixação e cintamento. A nota publicada no O DIÁRIO de 14 de outubro de 1990, confirmou o incidente.

São Carlos, domingo, 14 de Outubro de 1990

Tempestade caiu sobre São Carlos

Cerca de 18 horas de sexta-feira, a cidade de São Carlos foi surpreendida por forte tempestade, acompanhada de violentos ventos.

O forte calor reinante há vários dias acabou por ocasionar a grande chuva, que causou estragos em nossa cidade, não tendo se registrado, por sorte, nenhuma vítima fatal.

Também em Ribeirão Preto e em Araraquara ocorreu uma chuva intensa que causou muitos danos nas duas cidades.

Os chumbadores, para a ancoragem da estrutura metálica da cobertura, foram posicionados durante a colocação da barra da cinta de amarração, sendo em seguida preenchidos os canaletes com concreto preparado com cimento, areia e pedrisco na proporção em massa 1:1,7:0,8. Encerrando esta fase dos trabalhos, foram fixadas as portas e batente de ferro, concretando-se o contrapiso interno. Pôde-se, em seguida, retirar a estrutura auxiliar e completar a parte externa do passeio. Estes serviços podem ser acompanhados através das figuras 118 a 131.



FIG. 118. INSTALAÇÕES SANITÁRIAS.

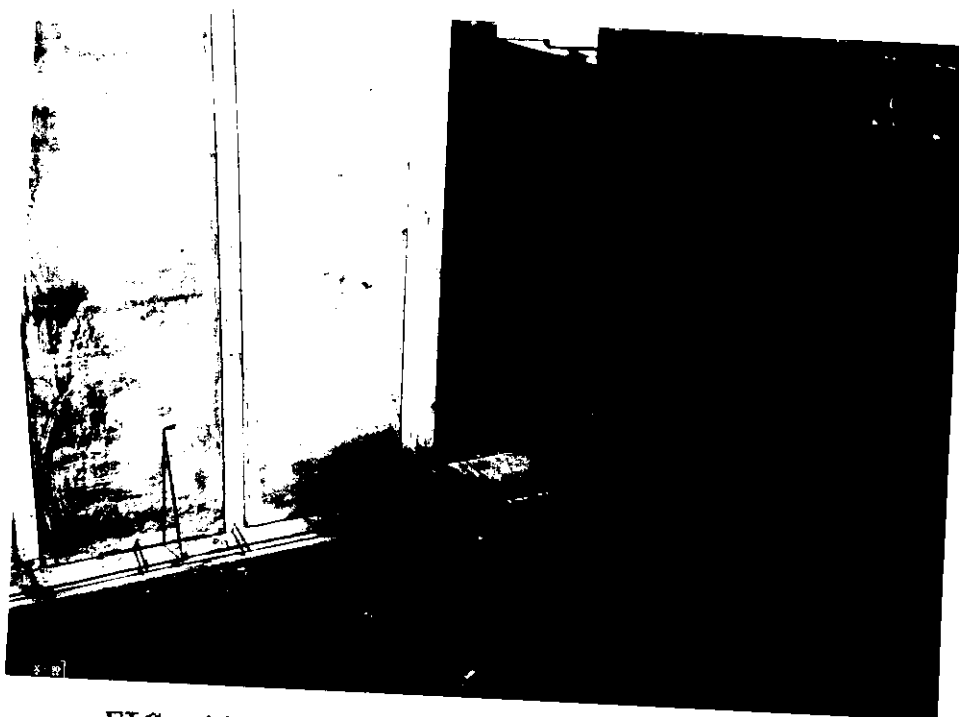


FIG. 119. ARMADURA DE FIXAÇÃO. NOTE-SE
O FERROLHO JUNTO À PAREDE.



FIG. 120. ARMADURA LONGITUDINAL EXTERNA.



FIG. 121. BARRA DA CINTA DE AMARRAÇÃO.



FIG. 122. COLOCAÇÃO DO CHUMBADOR
DA ESTRUTURA METÁLICA.

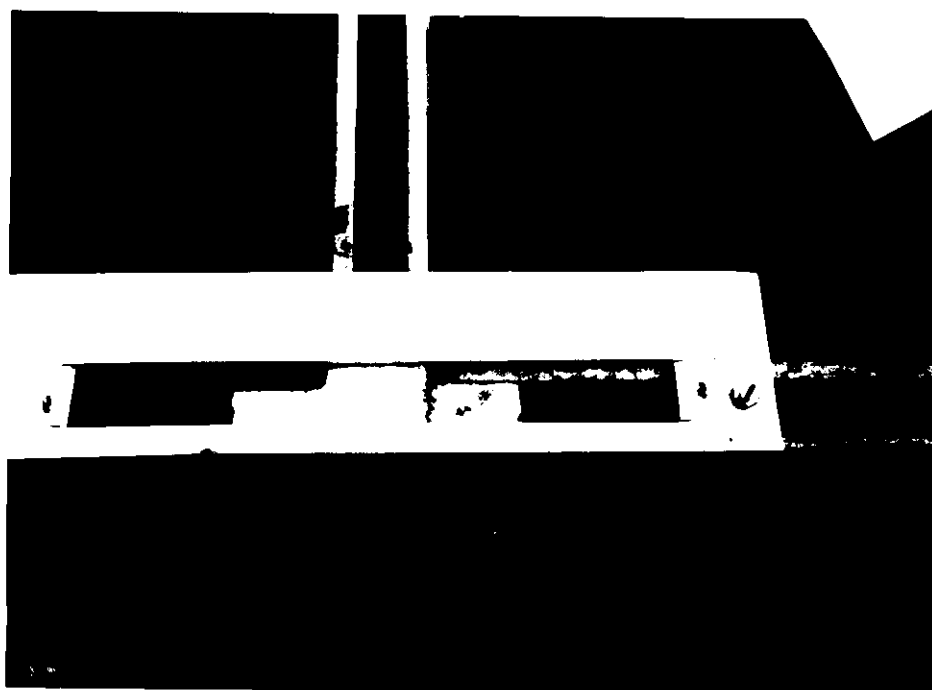


FIG. 123. GABARITO PARA FIXAÇÃO
DOS CHUMBADORES.



FIG. 124. ARMADURA DA CINTA DE AMARRAÇÃO E
CHUMBADORES POSICIONADOS.



FIG. 125. CONCRETAGEM DA CINTA.



FIG. 126. POSICIONAMENTO
DAS PORTAS.



FIG. 127. FIXAÇÃO COM
BUCHAS E PA-
FUSOS.



FIG. 128. CONCRETAGEM DO CONTRAPISO.

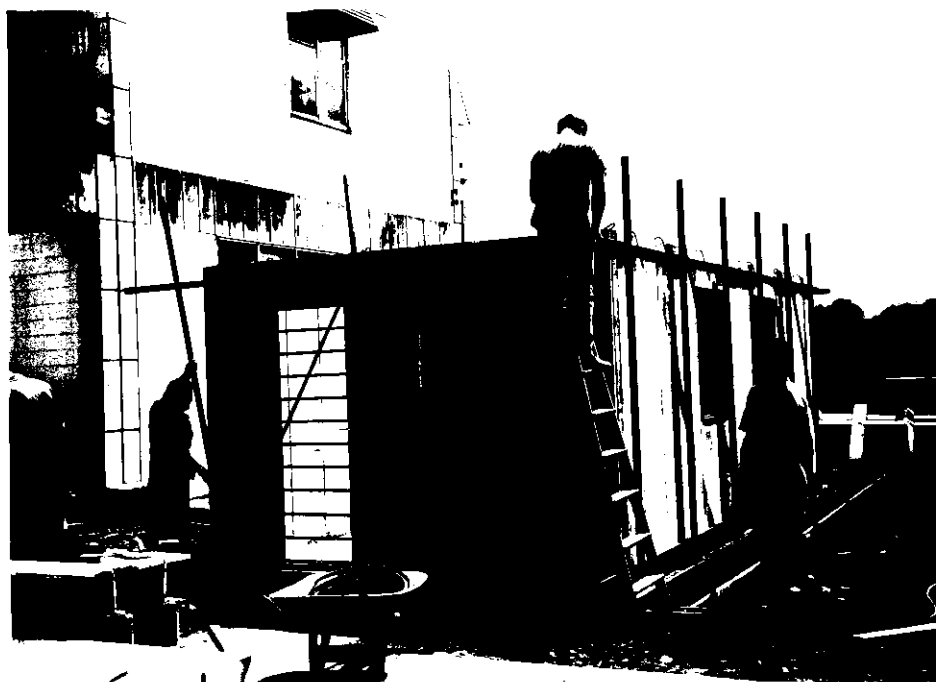


FIG. 129. RETIRADA DO ESCORAMENTO.



FIG. 130. VISTA SEM O ESCORAMENTO.

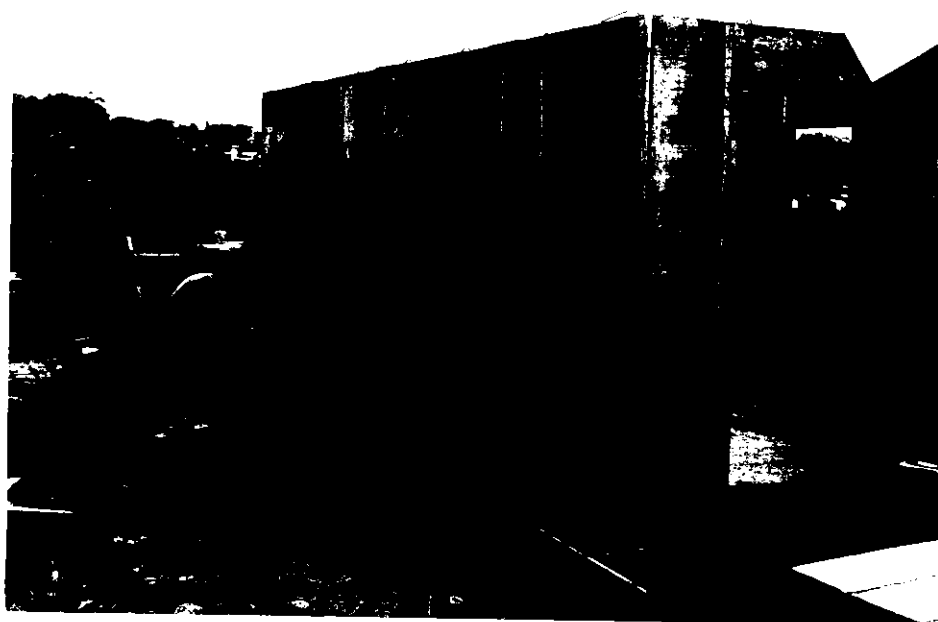


FIG. 131. EXECUÇÃO DO PISO EXTERNO.

6.5. COBERTURA E FECHAMENTO DOS OITÕES

A estrutura do telhado, como já foi reportado anteriormente, partiu do princípio, bastante comum nas construções de baixa renda, das terças pontaletadas. O resultado foi uma estrutura leve, facilmente manipulada por dois homens, de fabricação simples e com possibilidades de acompanhar a ampliação da moradia. A fabricação foi inteiramente realizada na oficina do Laboratório de Estruturas, não tendo sido apropriado, durante os trabalhos, os tempos gastos na execução por se tratar de um componente necessariamente industrializado, com coeficientes bem definidos. Os serviços de montagem do telhado foram executados por quatro homens e consumiram quatro horas e vinte minutos, tempo este, determinado por um erro na furação das diagonais de contraventamento. A ligação dos diversos elementos metálicos foi processada através de parafusos, simplificando sobremaneira o serviço.



FIG. 132. FABRICAÇÃO DAS TERÇAS INTERMEDIÁRIAS.



FIG. 133. TERÇA DA CUMEEIRA.



FIG. 134. INÍCIO DA MONTAGEM.

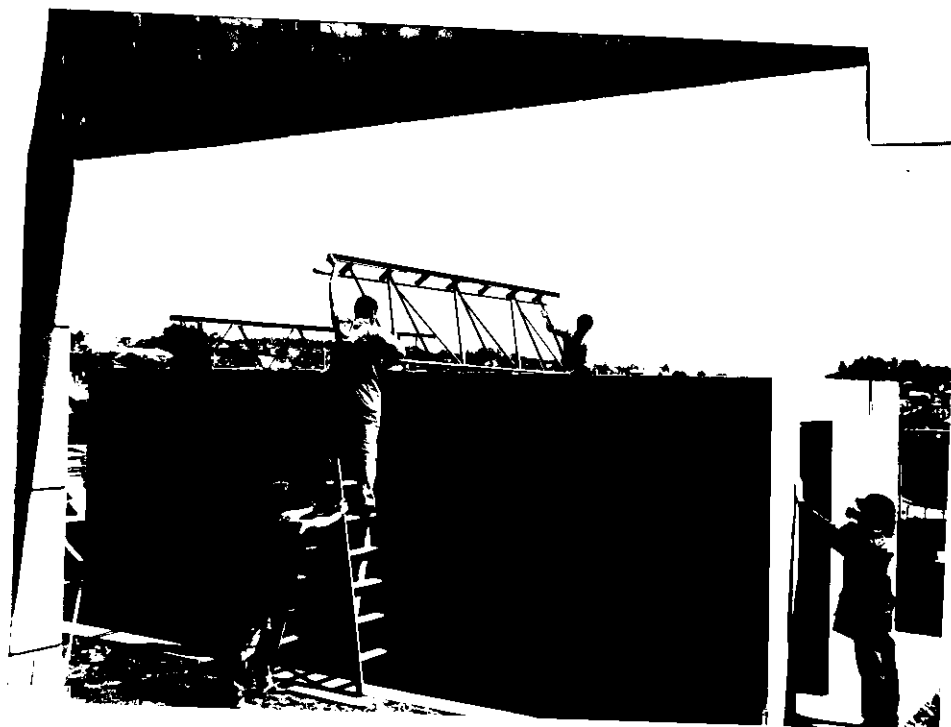


FIG. 135. COLOCAÇÃO DA TERÇA PRINCIPAL.

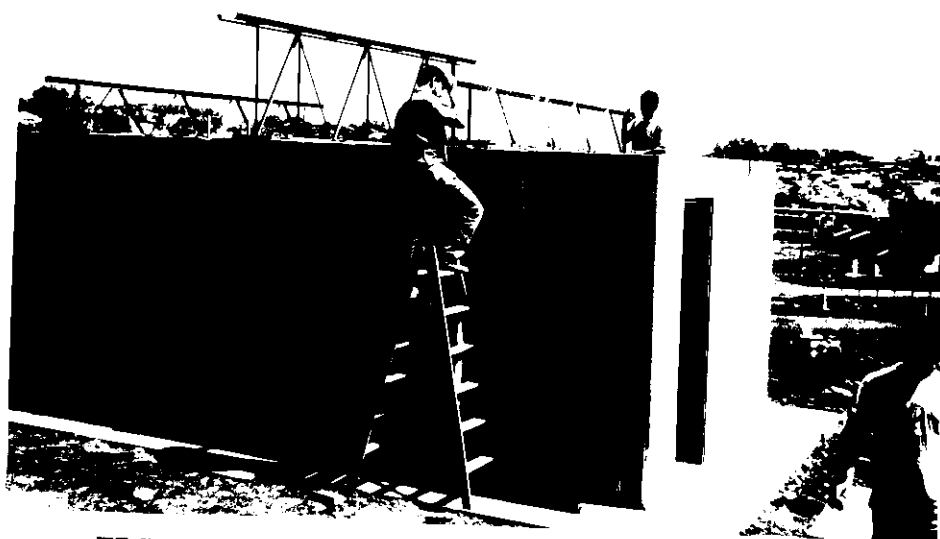


FIG. 136. OBSERVE-SE A SIMPLICIDADE
DE MONTAGEM.



FIG. 137. ELEMENTO DE TRAVAMENTO E APOIO
DA TERÇA DA EXTREMIDADE.

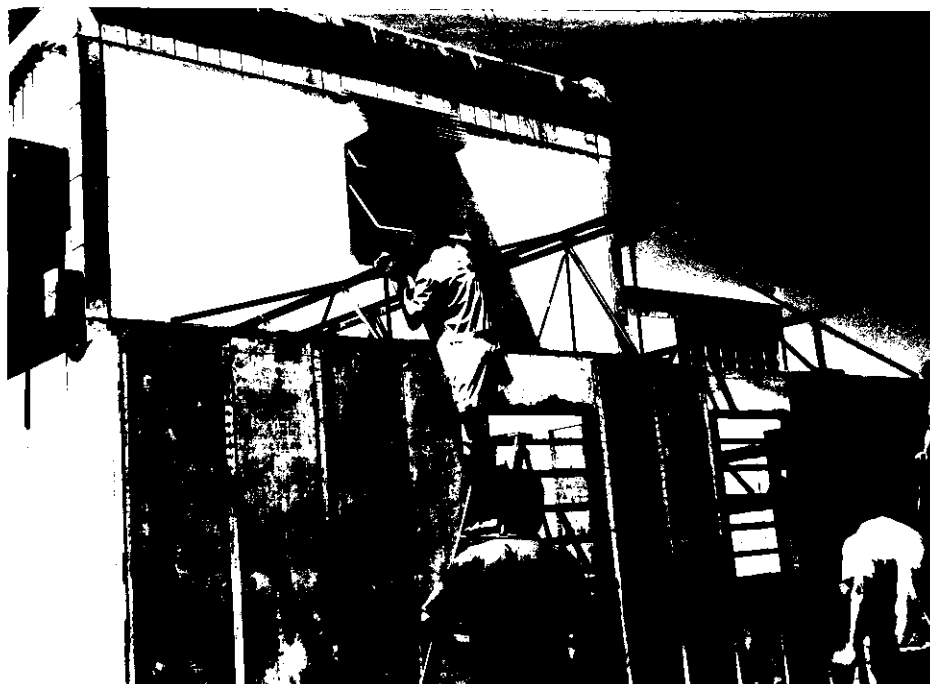


FIG. 138. DIAGONAL DE CONTRAVENTAMENTO.

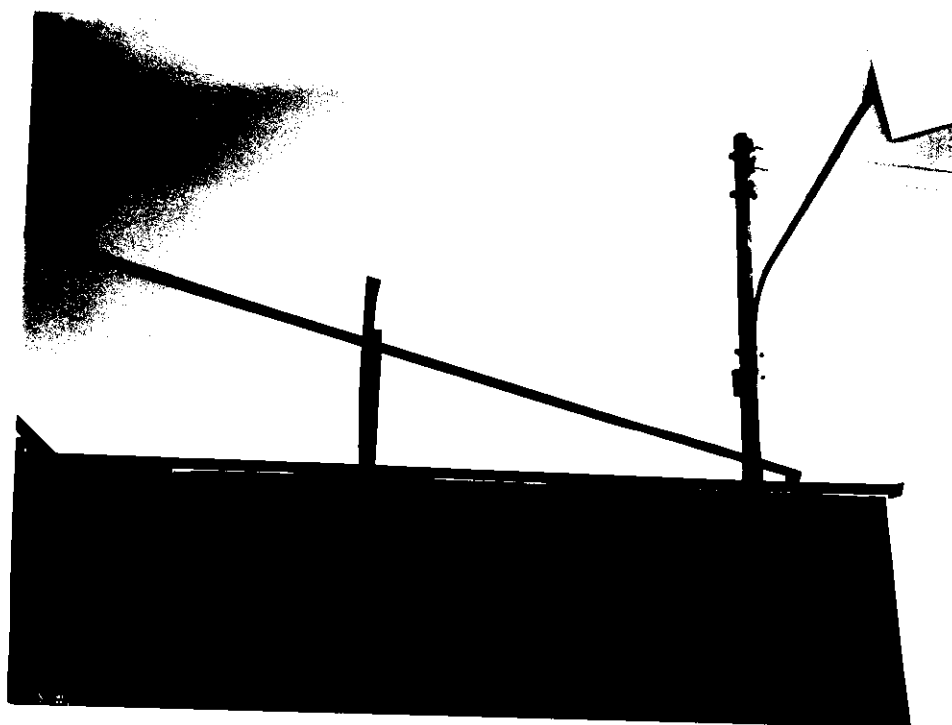


FIG. 139. TERÇA PONTALETADA — PRINCÍ-
PIO DO PROJETO.



FIG. 140. TERÇA DA CUMEEIRA.

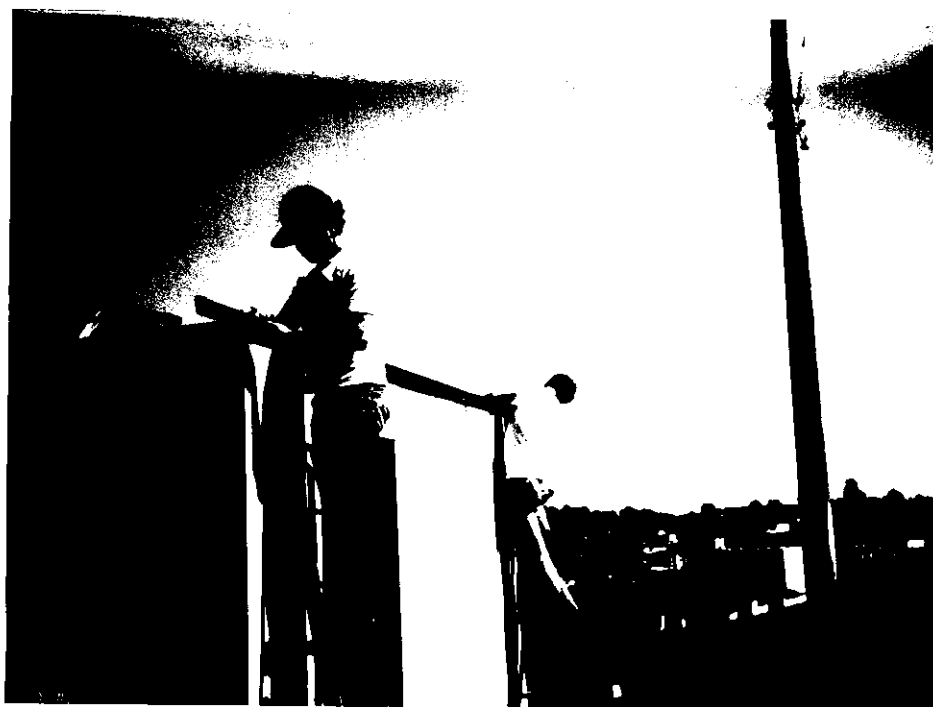


FIG. 141. COLOCAÇÃO DA TERÇA EXTREMA.



FIG. 142. A ESTRUTURA DA COBERTURA.

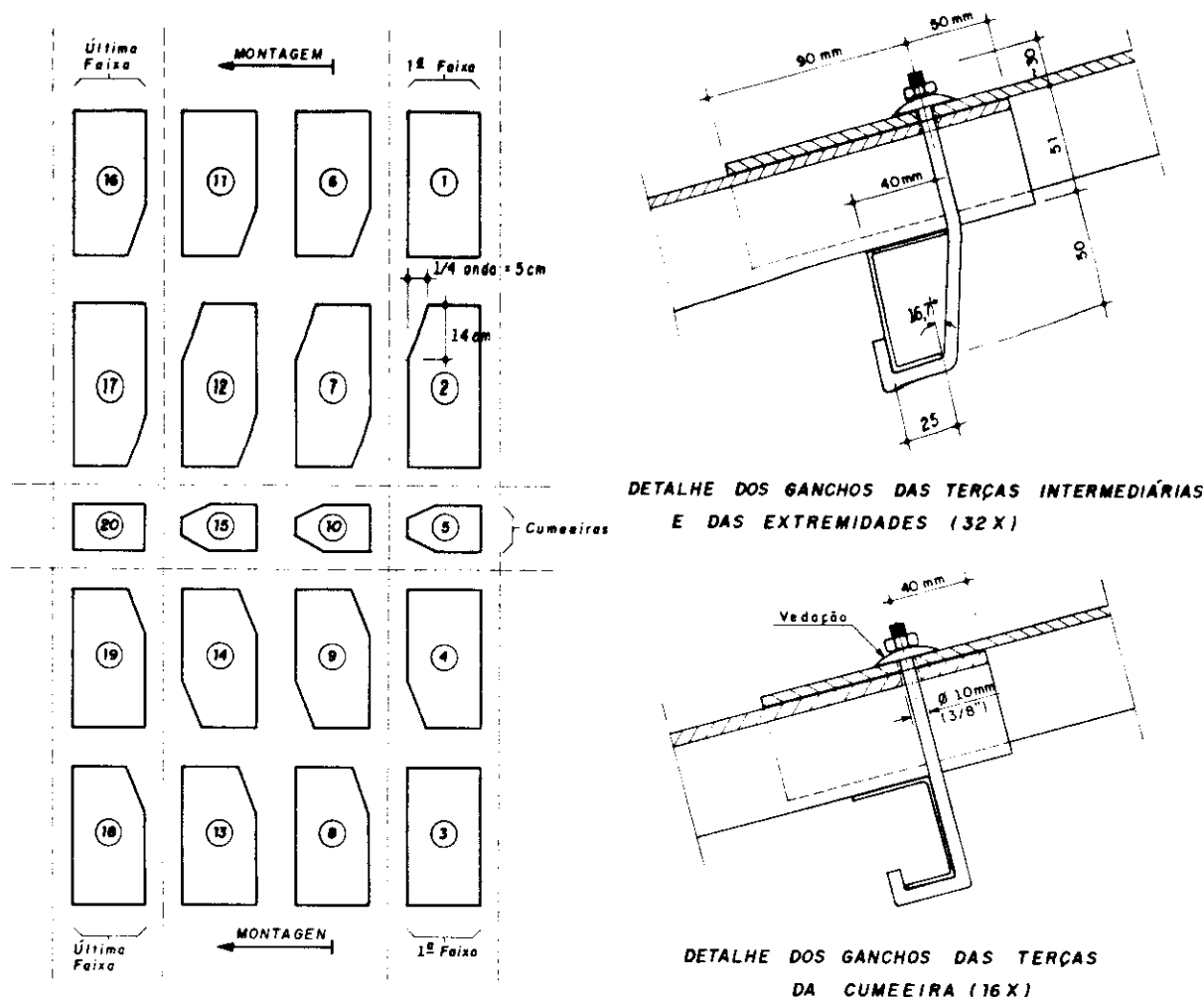


FIG. 143. LEIAUTE DE MONTAGEM DA COBERTURA E DETALHE DOS GANCHOS DE FIXAÇÃO DAS TERÇAS.

Seguiu-se a colocação das telhas onduladas de fibrocimento, tendo sido utilizadas 16 telhas e 4 cumeeiras na cobertura do protótipo. Devido à inexperiência da equipe, a rapidez do sistema construtivo esbarrou nesse serviço convencional, o que vem mais uma vez comprovar que nas construções, por mutirão ou ajuda mútua, a cobertura emperra o programa. Para a construção da unidade isoladamente, esta etapa construtiva exige a presença de elemento com alguma experiência. Já nas edificações simultâneas, tendo em vista o maior vulto das operações, é comum a execução da cobertura pelo próprio montador da estrutura do telhado.

A fixação das placas de fechamento foi efetuada nos elementos de contraventamento da estrutura metálica, no plano dos oitões. Para se obter as aberturas verticais de ventilação do ático, foram utilizados espaçadores plásticos colocados entre as chapas de vedação adjacentes. Estas podem ser, pré-moldadas em argamassa armada ou de chapas lisas de fibro-cimento, preparadas na obra segundo um gabarito. Podem, ainda, ser soluções para vedação, telhas onduladas de fibrocimento ou até, abusando de alguma sofisticação, lambril de tábuas de pinus.

No protótipo construído foram utilizadas chapas lisas de fibrocimento de 6mm de espessura, como elemento de vedação. Os serviços descritos podem ser vistos nas figuras 144 a 150.



FIG. 144. INÍCIO DA COBERTURA.



FIG. 145. METADE DA COBERTURA EXECUTADA.



FIG. 146. COLOCAÇÃO DA ÚLTIMA TELHA.



FIG. 147. ENCERRAMENTO DOS TRABALHOS.



FIG. 148. A PLACA DE VEDAÇÃO É FIXADA
NOS ELEMENTOS DA ESTRUTURA
METÁLICA.

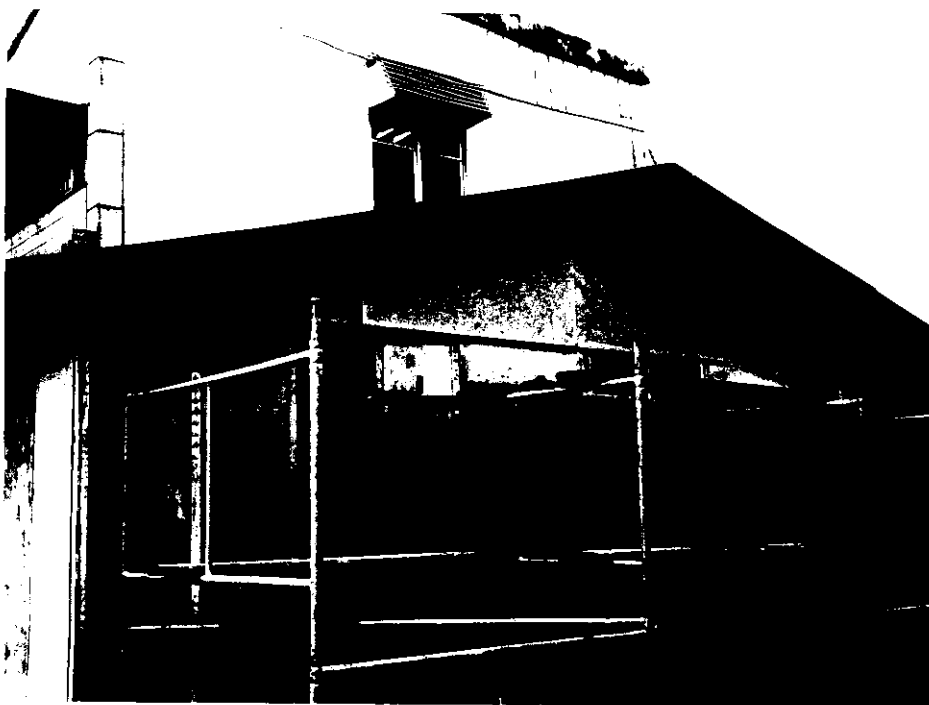


FIG. 149. NOTE-SE A ABERTURA VERTICAL
PARA VENTILAÇÃO DO ÁTICO.



FIG. 150. ASPECTO FINAL DO OITÃO.

6.6. PISOS, VIDROS, INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS, E APARELHOS SANITÁRIOS

O piso interno da habitação, era um cimentado alisado à colher, na espessura de 2cm, executado da forma tradicional. Para evitar retração excessiva e consequente aparecimento de fissuras na superfície, o serviço foi realizado após a cobertura e vedação dos oitões. O passeio externo, ao redor do protótipo, era o próprio contrapiso, desempenado após a concretagem. Com esta providência o piso interno ficou em nível superior ao externo.



FIG. 151. EXECUÇÃO DO PISO CIMENTADO.

Após a aplicação dos vidros, do tipo canelado comum, a construção foi encerrada com as instalações elétricas e hidráulicas e a colocação dos aparelhos sanitários. Pode-se observar pela perspectiva isométrica da figura 152, que as instalações de água fria poderiam ser totalmente embutidas nos painéis, como também poderiam ser aparentes, de custo, até certo ponto, mais reduzido.

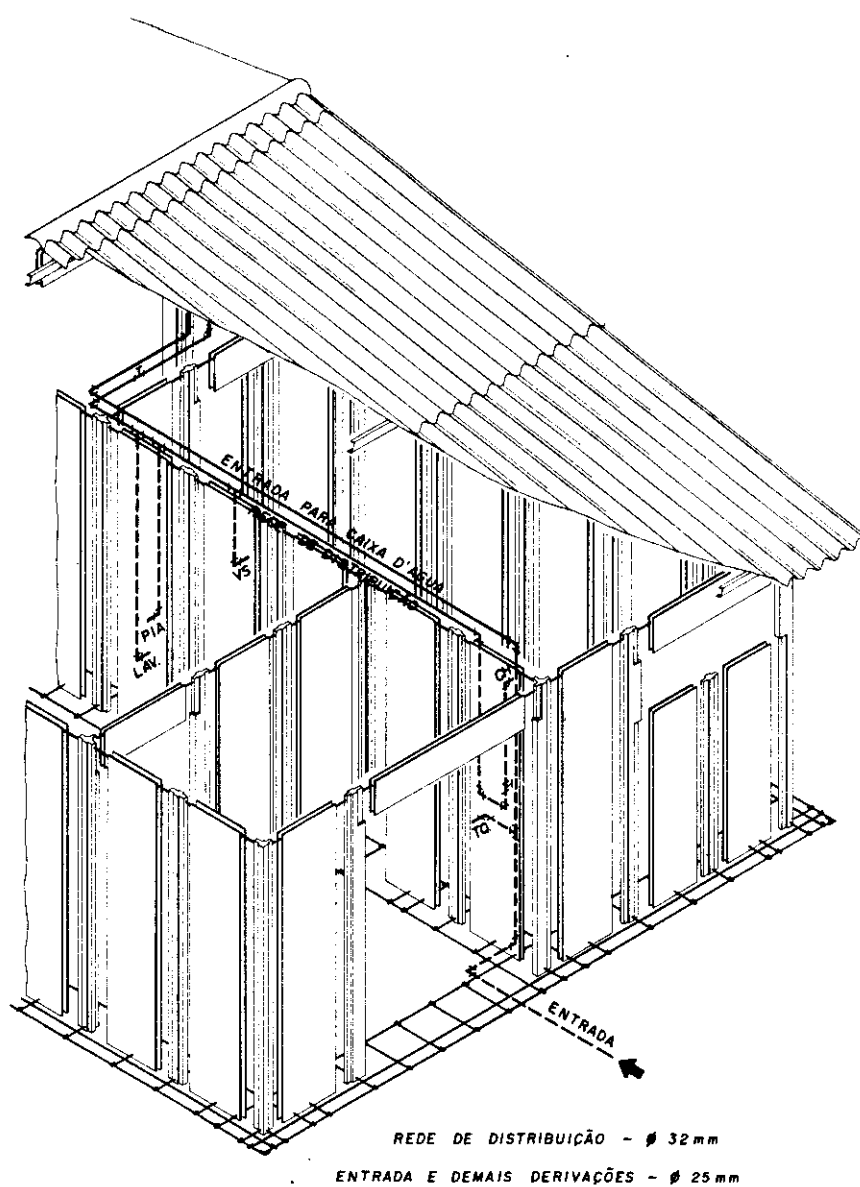


FIG. 152. PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS.

A montagem das instalações nos painéis hidráulicos foi bastante simples, bastando retirar o isopor e raspar o miolo de poliuretano. Em seguida colocaram-se as tubulações, já pré-montadas e preencheu-se com argamassa, efetuando-se o acabamento final. Estas operações podem ser vistas nas figuras 153 a 157. A tubulação aparente, embora evitando a fabricação de painéis específicos, não reduziria consideravelmente a mão de obra e ainda contaria com a prevenção da população a que se destina este tipo de moradia.

Para avaliar as duas alternativas, as instalações do banheiro foram embutidas e as restantes deixadas aparentes.

Quanto às instalações elétricas, as considerações poderiam ser consideradas as mesmas feitas anteriormente. Independentemente de qualquer das situações que pudessem ser adotadas, a entrada de força foi realizada através de uma cantoneira, fixada no topo das terças da cumeeira.



FIG. 153. RETIRADA DO ISOPOR E
RASPAGEM DO NÚCLEO.

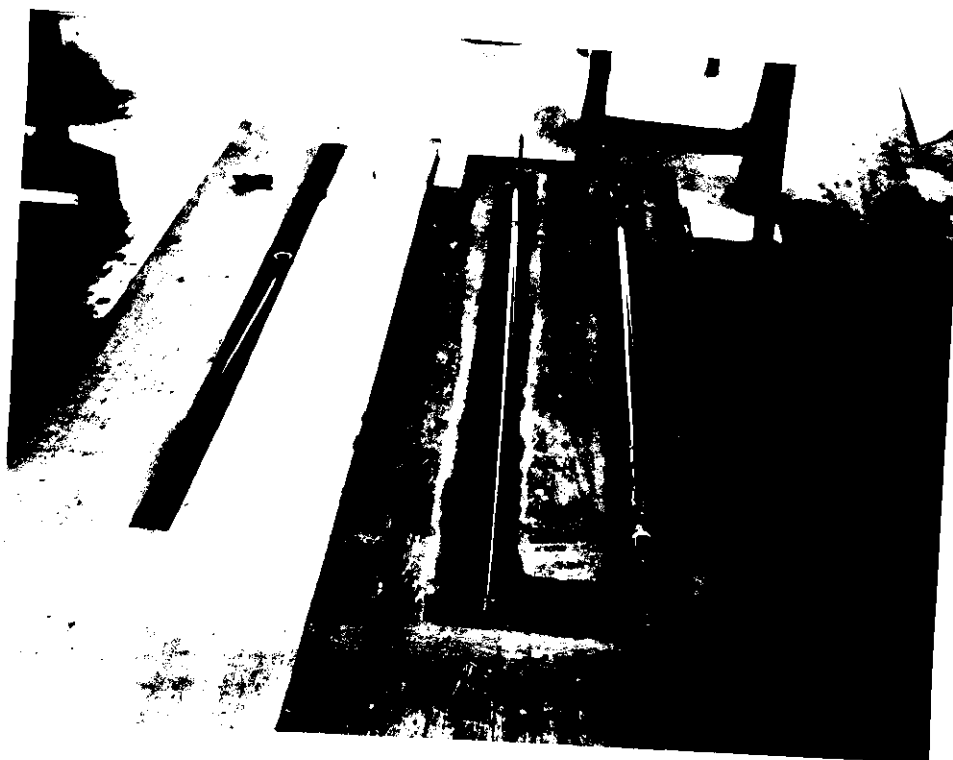


FIG. 154. POSICIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES
PRÉ-MONTADAS.

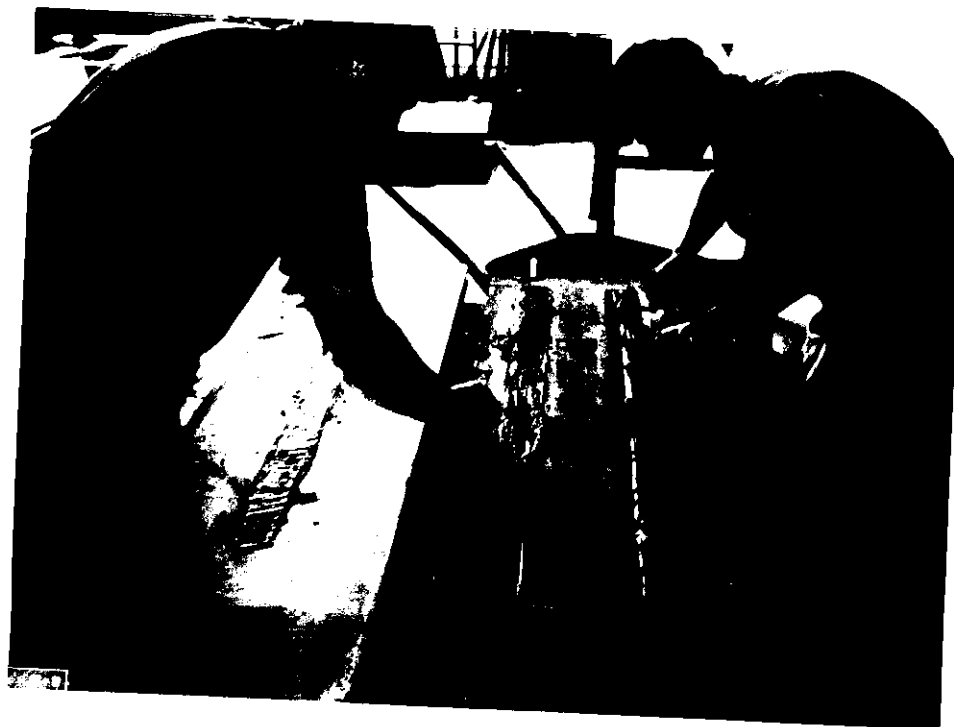


FIG. 155. PREENCHIMENTO DAS CALHAS.



FIG. 156. PAINEL DE INSTALAÇÃO
ELÉTRICA.



FIG. 157. ACABAMENTO DA FACE DO
PAINEL.

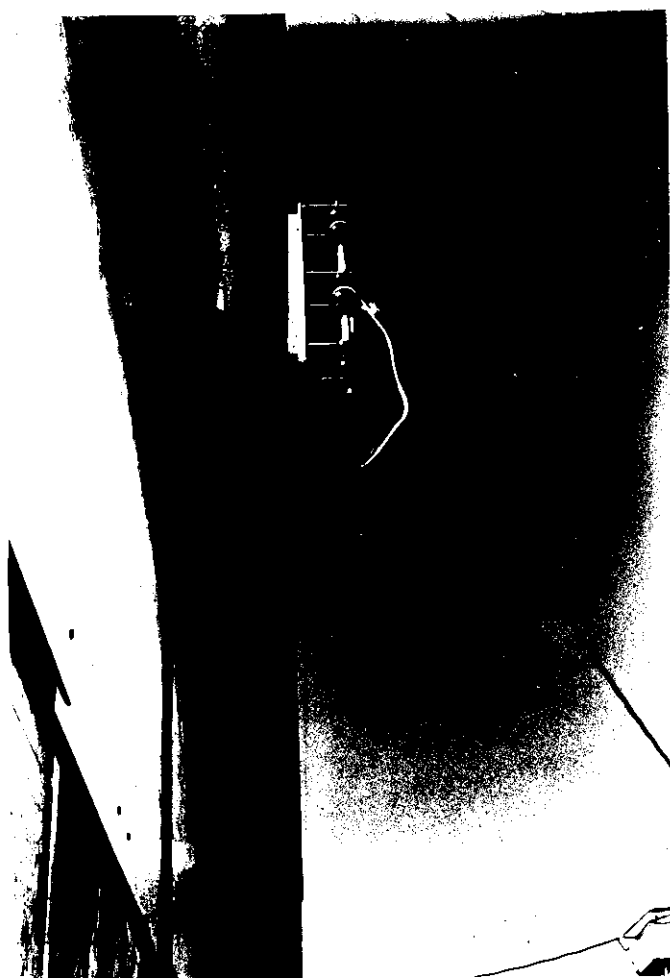


FIG. 158. ENTRADA DE FORÇA NO
TOPO DAS TERÇAS DA
CUMEEIRA.

A fiação aérea no interior da habitação foi distribuída por intermédio de canaletes leves de chapa dobrada, apoiados na estrutura da cobertura e nas paredes, o que evitou fios elétricos expostos. No protótipo foram montados dois painéis com instalações elétricas embutidas, um na sala e outro no banheiro.

Os aparelhos sanitários foram colocados da forma tradicional, sem qualquer providência especial relativa ao sistema construtivo. As instalações hidráulicas e elétricas, bem como os aparelhos sanitários são mostrados nas figuras 159 a 164.



FIG. 159. ENTRADA E DISTRIBUIÇÃO
DE ÁGUA.

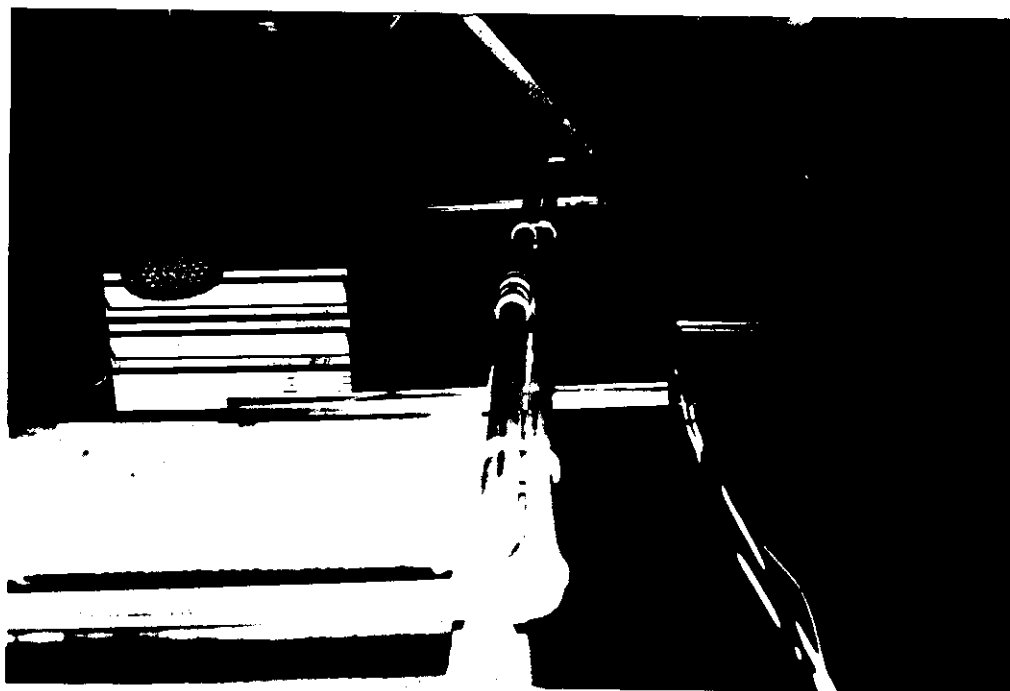


FIG. 160. DISTRIBUIÇÃO DA REDE
ELÉTRICA E HIDRÁULICA



FIG. 161. DETALHE DAS INSTALAÇÕES DOS APARELHOS SANITÁRIOS.



FIG. 162. NOTE-SE A INSTALAÇÃO ELÉTRICA .



FIG. 163. BANCADA DA PIA DA COZINHA.



FIG. 164. AS INSTALAÇÕES DA PIA E
TANQUE ERAM APARENTES.

CAPÍTULO VII

7. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO

7.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROTÓTIPO

O sistema construtivo proposto permite a execução de forro convencional ou industrializado. Este pode ser executado durante a montagem ou após a ocupação, dependendo da vontade ou condições financeiras do usuário. No presente trabalho a moradia encontrava-se na segunda condição, isto é, sem forro.

O protótipo foi orientado sobre o eixo leste-oeste, recebendo nas três fachadas principais radiação solar durante o dia. A cobertura, de duas águas, tinha a cumeeira na direção norte-sul e recebia, portanto, radiação solar durante a maior parte da manhã e da tarde. As aberturas estavam localizadas nas fachadas que recebiam sol e eram constituídas de portas de ferro e janelas basculantes, envidraçadas. (fig. 165)



FIG. 165. CONDIÇÕES DO PROTÓTIPO
DURANTE AS AVALIAÇÕES.

O sistema construtivo previa cobertura, do tipo leve com telhas onduladas de fibro cimento com 6mm de espessura e oitões fechados com chapas planas do mesmo material ou placas pré-moldadas de argamassa armada, permitindo ainda a utilização de tábuas de madeira tipo macho e fêmea. Entre os elementos do oitão, que eram superpostos nas extremidades adjacentes, existiam pequenas aberturas verticais para ventilação. As paredes externas e internas eram constituídas de painéis do tipo sanduíche com placas de face pré-moldadas de argamassa armada e núcleo de espuma de poliuretano, sendo a espessura total das paredes de 50mm. O piso era um cimentado de 2cm sobre o contrapiso de concreto com 5cm.

Durante a avaliação a pintura não havia sido efetuada, exceto a da caixilharia de ferro, encontrando-se os elementos restantes na sua cor natural.

A fig. 166 mostra a orientação da construção e suas características principais.

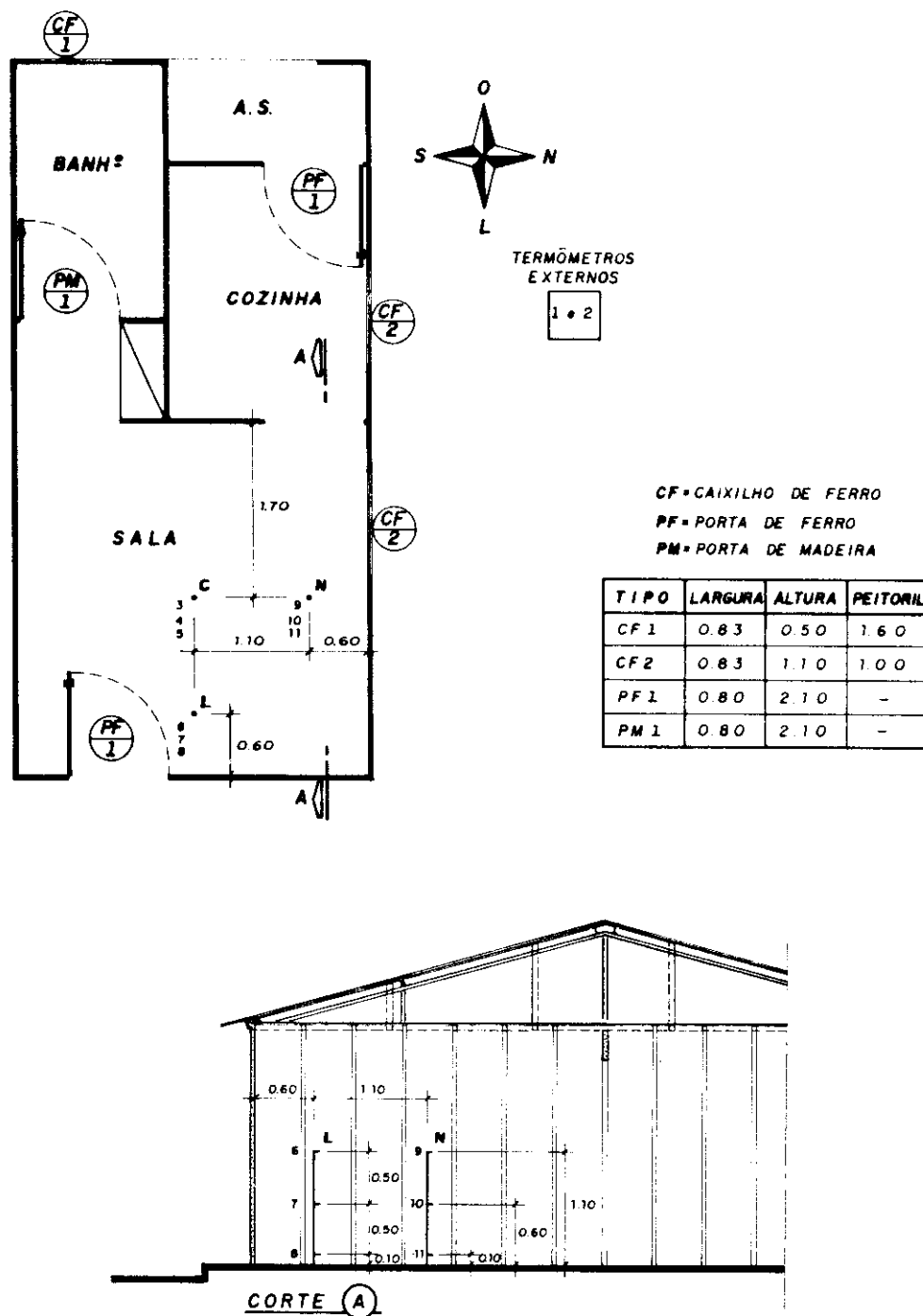


FIG. 166. ORIENTAÇÃO, CARACTERÍSTICAS DO PROTÓTIPO E POSICIONAMENTO DOS TERMÔMETROS.

7.2. CONDIÇÕES DAS MEDIÇÕES

A orientação seguida, para as medições da temperatura interna da habitação, foi a do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo através da Publicação IPT 1732,^[14] sem contudo obedecer totalmente a metodologia de avaliação ali recomendada. De acordo com o manual, as medições devem ser efetuadas, no caso de habitação unifamiliar, nos recintos com área de piso maior que 5m², onde se enquadrava a sala quarto do protótipo. Neste tipo de ambiente, ainda conforme o manual, a temperatura do ar deve ser medida a 0,1m, 0,6m e 1,1m de altura em relação ao piso, no centro do recinto e a 60cm do centro de cada parede exposta. A umidade relativa do ar pode ser medida somente no centro do recinto.

Para as medições foram utilizados nove termômetros de bulbo seco, um dos quais registrava as máximas e mínimas, e um de bulbo úmido.



FIG. 167. ABRIGO DOS TERMÔMETROS EXTERNOS.

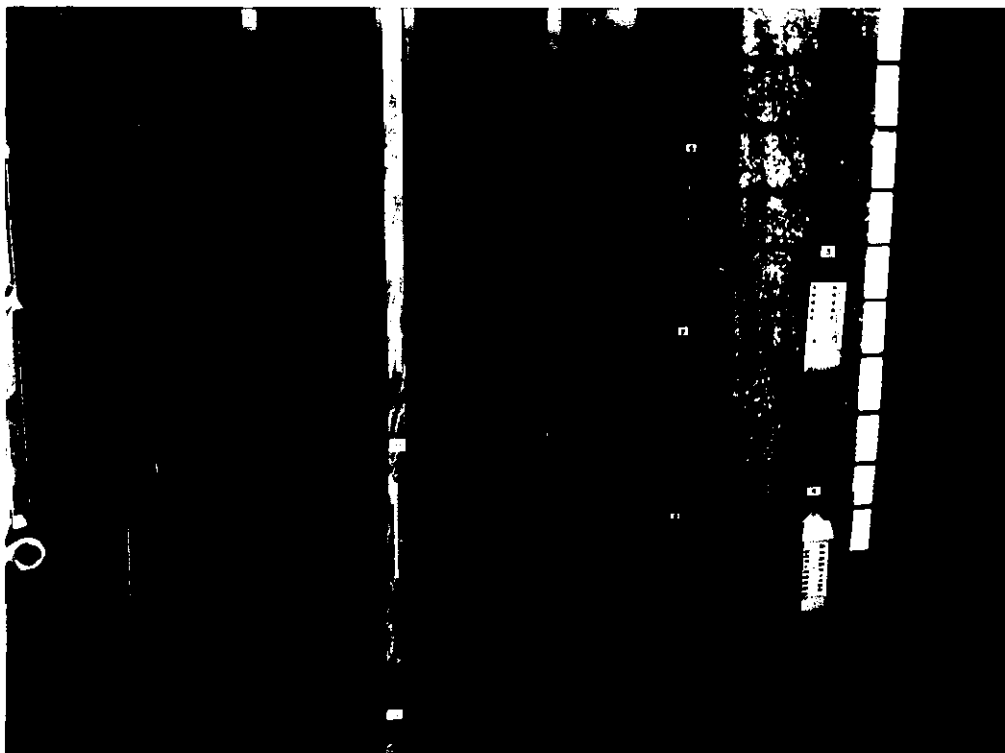


FIG. 168. TERMÔMETROS INTERNOS.

Externamente, num abrigo coberto e fechado, mas ventilado através de venezianas nos quatro lados, foram instalados termômetros de bulbo seco e úmido. Também externamente, utilizou-se um termômetro que registrava a temperatura máxima e mínima. As instalações podem ser vistas nas figuras 167 e 168.

As medidas das temperaturas foram realizadas no mês de abril de 1991 em três séries de sete dias, das 7 horas da manhã às 20 horas da noite. O critério seguido, para o condicionamento do protótipo, em cada série, foi determinado pelas condições normais de uso da habitação:

- série 1: portas e janelas fechadas;
- série 2: porta da cozinha e janelas abertas;
- série 3: porta da cozinha e janelas abertas, e porta da sala entreaberta.

Por razões de segurança, quanto aos equipamentos, as portas eram fechadas às 18 horas.

7.3. OBJETIVO DA AVALIAÇÃO

São muito comuns, nas construções unifamiliares destinadas às faixas de baixa renda, os telhados sem forro. Por outro lado pode-se afirmar que a cobertura, nas habitações térreas, é a maior responsável pelas trocas térmicas no interior da edificação. Segundo SILVA, R.S.N.^[2] a quantidade de calor que passa para o interior da habitação, através da cobertura com telhas de fibro cimento sem forro, é de $107,34 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ o que justifica a afirmação inicial.

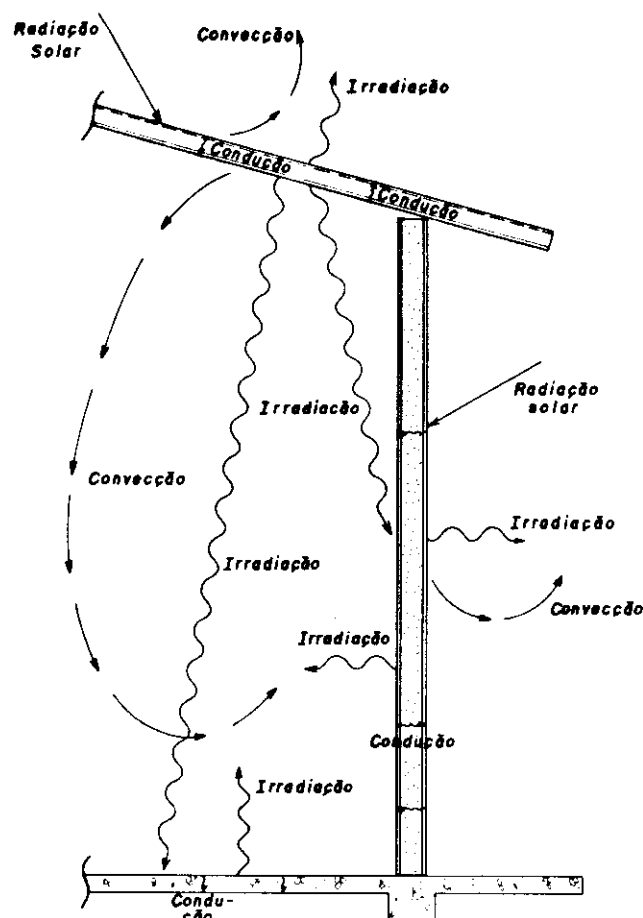


FIG 169 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS PRINCIPAIS MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR NO INTERIOR DO PROTÓTIPO SEM FORRO

Entretanto o sistema construtivo proposto pressupõe a edificação inicial sem forro, deixando ao ocupante a possibilidade de utilizá-lo posteriormente. O objetivo da avaliação — apesar da pequena quantidade de medições e da restrição de ter sido efetuada em um único mês — foi conhecer o comportamento térmico interno da habitação, verificando o nível de conforto oferecido ou as medidas que seriam necessárias tomar para atingí-lo. Os principais mecanismos de troca de calor entre o telhado e o interior da edificação são mostrados na figura 169.

7.4. RESULTADOS OBTIDOS

Como já se disse, as medições transcorreram durante o mês de abril onde, apesar do outono, ocorreram dias com altas temperaturas e algumas noites e madrugadas frias. As tabelas completas com os resultados registrados encontram-se no anexo B.

À vista dos resultados obtidos, pode-se afirmar que tais resultados corresponderam aos mecanismos de troca de calor, entre o telhado e o interior da habitação. Assim, pela manhã, nas três condições do protótipo, previstas para a avaliação, a temperatura de bulbo seco anotada nas proximidades da parede leste, eram superiores às demais. A inversão no centro da sala, à altura de 1,10m, acontecia entre as 10 e 12 horas, na série 1, entre 10 e 11 horas na série 2 e entre 8 e 10 horas na série 3, o que atesta o efeito da ventilação. A partir daí a temperatura, neste nível e no centro, manteve-se mais alta nas três condições.

Quanto à parede norte, a inversão em relação à leste acontecia entre 15 e 17 horas na série 1, entre 13 e 16 horas na série 2 e entre 11 e 13 horas na série 3. Com relação ao nível de 0,60m, a temperatura no centro do recinto era mais baixa que as anotadas junto às paredes

leste e norte, nas séries 1 e 2, mantendo-se mais alta que a da parede leste na série 3. A partir das 17 horas as temperaturas, nas três posições e em todos os níveis começavam a tender para o equilíbrio com diferença de no máximo meio grau. As diferenças entre as temperaturas tomadas ao nível do piso e a 1,10m, nos três locais de medição, diminuíram à medida que se ventilava o recinto. Enquanto a habitação encontrava-se com as portas e janelas fechadas (série 1) a diferença de temperatura, entre aqueles níveis, no centro da sala chegou a atingir $4,5^{\circ}\text{C}$ às 14 horas, $3,0^{\circ}\text{C}$ próximo à parede leste e $2,5^{\circ}\text{C}$ próximo à norte em um dos dias avaliados. Com as janelas e a porta da cozinha aberta (série 2) as diferenças chegaram a cair $1,5^{\circ}\text{C}$, $2,0^{\circ}\text{C}$ e $0,5^{\circ}\text{C}$, respectivamente, em relação à série anterior. Já com as janelas e porta da cozinha abertas e a porta da sala entreaberta, as diferenças entre as temperaturas não ultrapassaram $2,5^{\circ}\text{C}$ no centro, $0,5^{\circ}\text{C}$ junto à parede leste e $1,5^{\circ}\text{C}$ junto à norte, considerando-se os mesmos períodos nas três séries. As temperaturas externas mais baixas foram anotadas na primeira e terceira série, $14,0^{\circ}\text{C}$ e $13,5^{\circ}\text{C}$ respectivamente. No interior do protótipo, nos mesmos dias, a temperatura mínima foi de $17,5^{\circ}\text{C}$ e $16,0^{\circ}\text{C}$, no centro e à altura de 0,60m.

Para ilustrar a variação da temperatura externa com a interna em relação aos locais de medição e às alturas em que foram registradas, são apresentados, a seguir, as tabelas e os gráficos dos dias onde ocorreram as temperaturas externas mais altas em cada série. A comparação entre as temperaturas mínimas, também são apresentadas para cada período da avaliação. Os locais de medição, estão indicados como centro, leste e norte, aos quais correspondem os termômetros 3,4,5,— 6,7,8,— 9,10,11. A cada um dos três instrumentos instalados no mesmo local, correspondem por sua vez, as alturas de 1,10m, 0,60m e 0,10m, respectivamente.

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADOS)

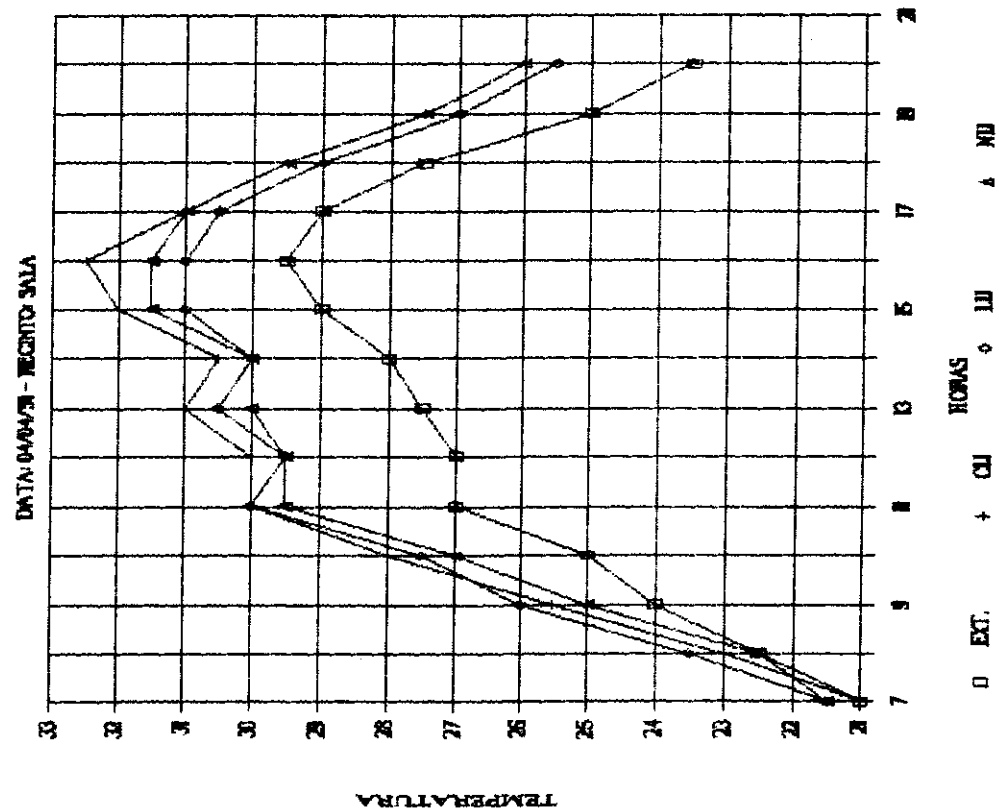
RECINTO: SALA AREA: 12.25 m² SITUACAO: PORTAS E JANELAS FECHADAS

DATA: 04/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE				
	1		3		3	4	5	6	7	8	9	10	11						
TERM.	1		3		3	4	5	6	7	8	9	10	11						
HORA	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)													
7	21.0	19.0	80	21.0	19.0	80	21.0	20.0	22.0	21.5	22.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
8	22.5	19.5	73	23.0	20.0	72	23.0	22.5	23.0	23.5	23.5	23.5	22.5	22.5	23.5	23.5	22.5	22.5	22.5
9	24.0	20.5	69	25.5	21.5	68	25.5	24.5	25.0	26.0	24.5	25.0	25.0	25.0	25.5	24.0	24.0	24.0	24.0
10	25.0	21.0	67	28.0	23.0	65	28.0	26.5	26.0	27.5	27.0	27.0	27.0	27.0	27.5	26.0	26.0	26.0	26.0
11	27.0	22.5	67	30.0	24.5	64	30.0	28.5	28.5	30.0	29.0	28.0	29.5	29.0	29.5	27.5	27.5	27.5	27.5
12	27.0	22.5	67	30.0	24.0	61	30.0	28.5	28.0	29.5	29.5	29.0	29.5	29.5	29.5	28.0	28.0	28.0	28.0
13	27.5	23.0	68	31.0	24.0	56	31.0	28.5	29.0	30.5	29.5	30.0	30.5	30.0	30.0	28.5	28.5	28.5	28.5
14	28.0	23.0	65	30.5	24.5	62	30.5	29.5	29.0	30.0	29.5	29.5	30.0	29.5	29.5	29.0	29.0	29.0	29.0
15	29.0	23.0	59	32.0	25.0	57	32.0	30.5	30.0	31.0	30.5	30.5	31.5	30.5	30.5	29.5	29.5	29.5	29.5
16	29.5	23.5	60	32.5	25.0	55	32.5	30.5	30.0	31.0	31.0	30.5	31.5	31.5	31.5	30.0	30.0	30.0	30.0
17	29.0	22.0	53	31.0	23.5	53	31.0	30.5	29.5	30.5	30.5	30.0	31.0	30.5	30.5	29.5	29.5	29.5	29.5
18	27.5	23.0	68	29.5	23.0	57	29.5	28.5	28.5	29.0	29.0	28.5	29.5	29.5	29.5	28.5	28.5	28.5	28.5
19	25.0	22.0	74	27.5	22.0	60	27.5	27.5	27.0	27.0	27.0	27.0	27.5	27.0	27.5	26.5	26.5	26.5	26.5
20	23.5	21.0	77	26.0	21.5	65	26.0	25.5	26.0	25.5	25.5	25.5	26.0	26.5	26.5	25.5	25.5	25.5	25.5

TABELA 7.1. TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA
DIA MAIS QUENTE — SÉRIE 1.

T. EXT. E T. INT. C-L-N h=1,10m



TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA NO CENTRO

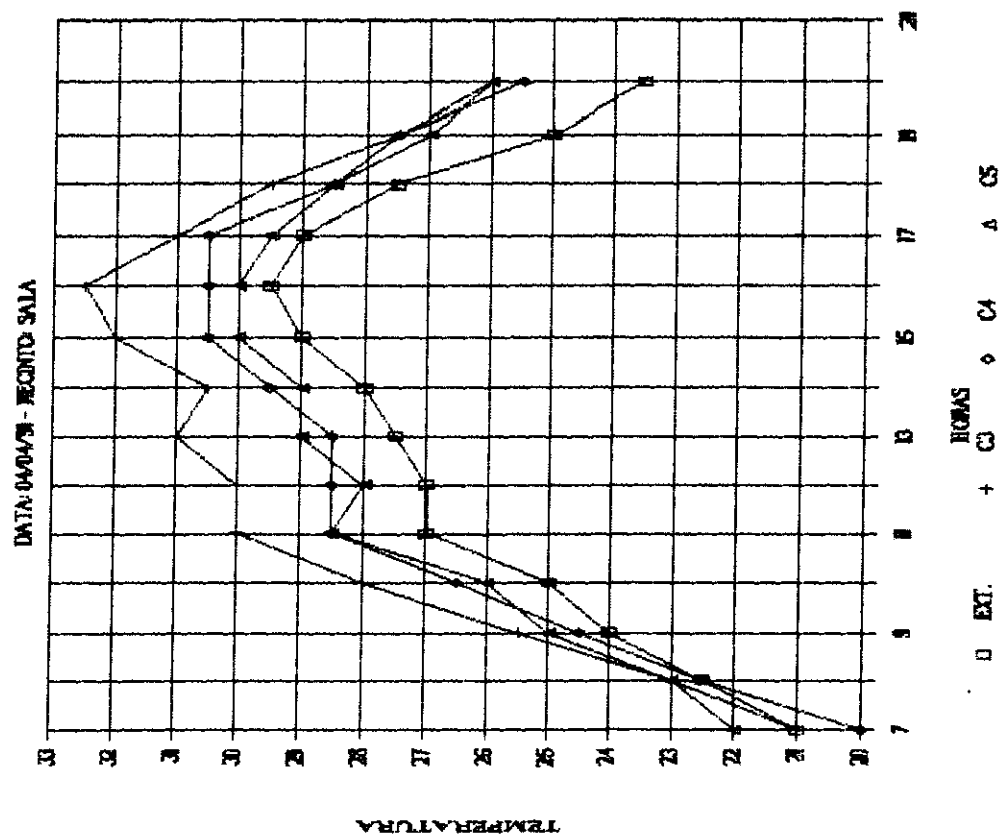
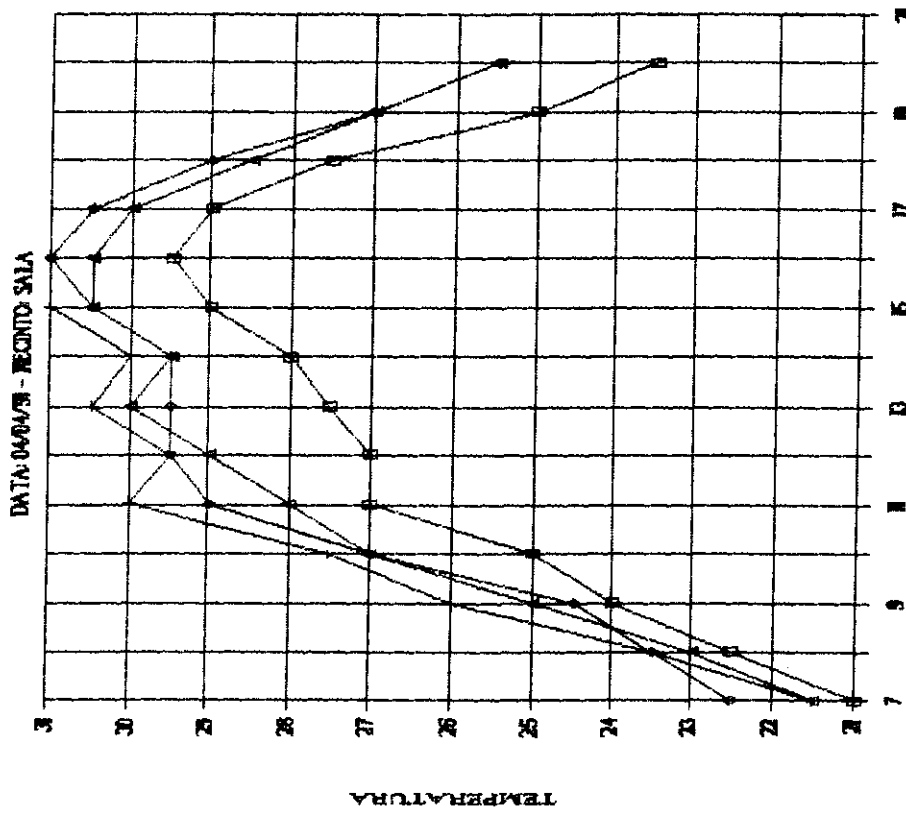


FIG. 170. COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA EXTERNA COM A INTERNA NOS TRÊS LOCAIS DE MEDIÇÃO, NO NÍVEL 1,10M E NO CENTRO DO RECINTO.

TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA LESTE



TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA NORTE

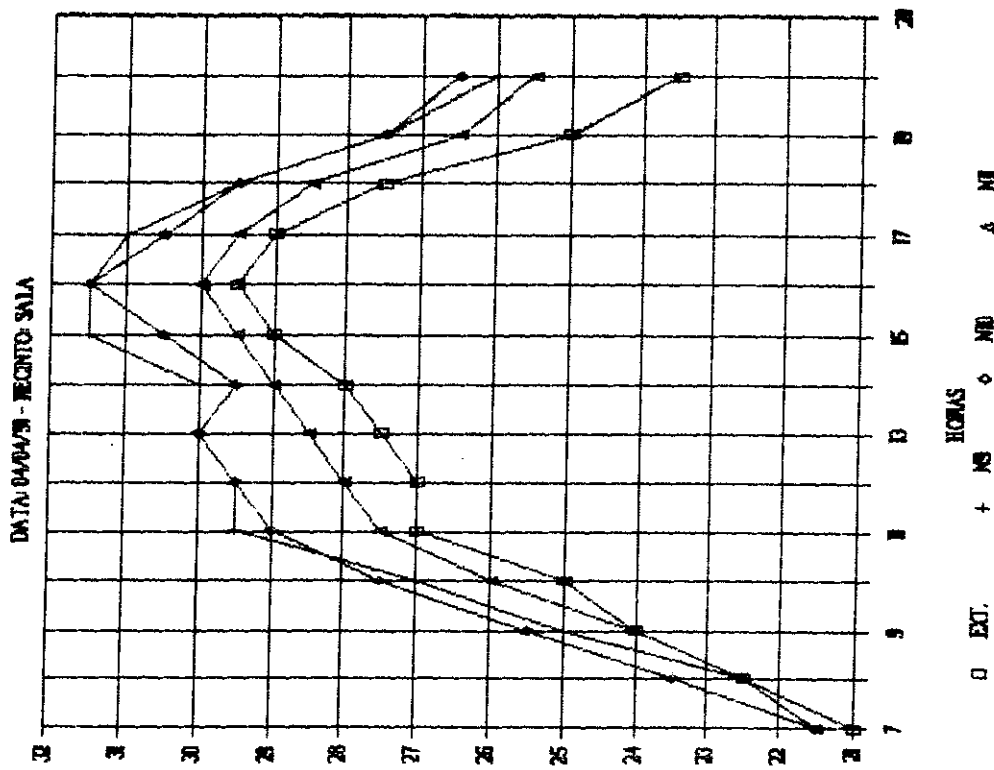
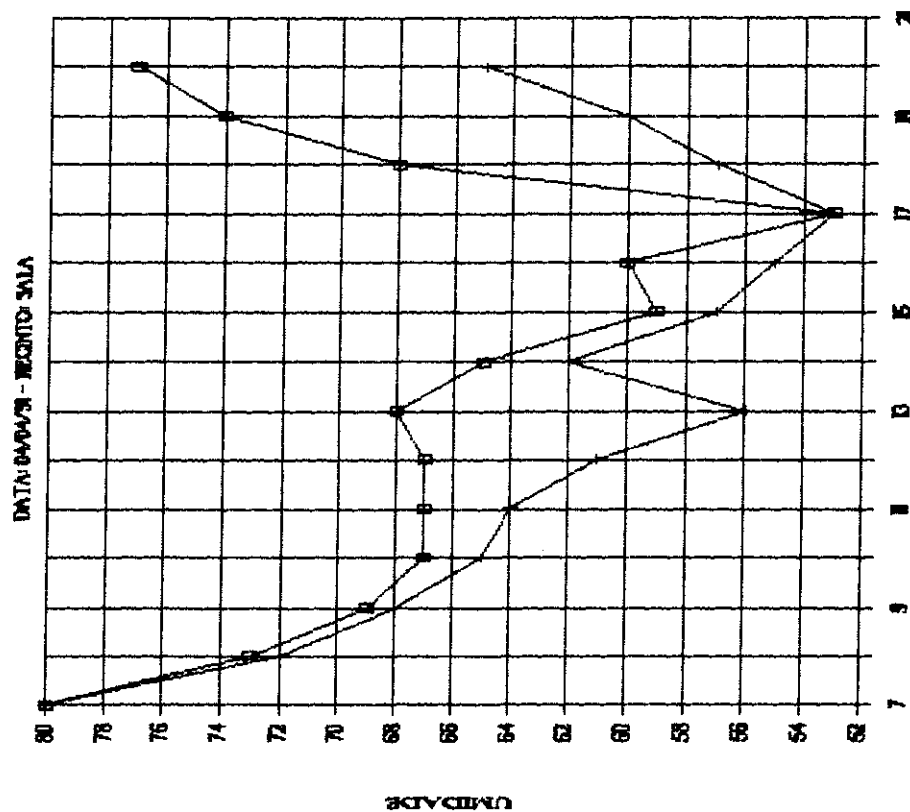


FIG. 171. COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA EXTERNA COM A INTERNA NAS PAREDES LESTE E NORTE.

UNIDADE EXTERNA E INTERNA NO CENTRO



TEMP. MIN. EXTERNA E INTERNA NO CENTRO

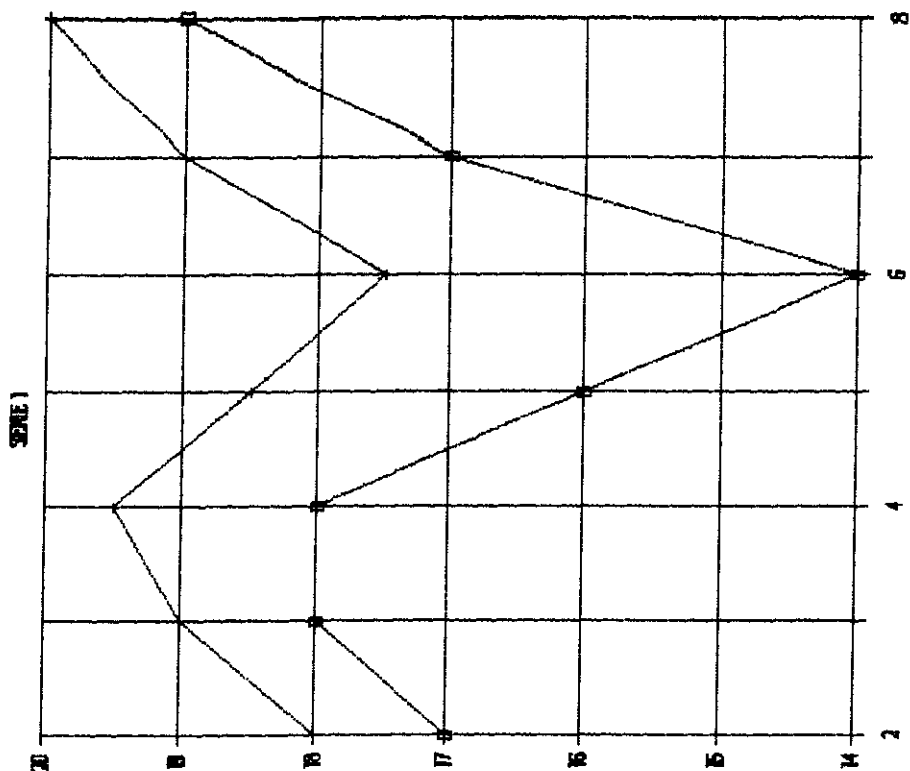


FIG. 172. COMPARAÇÃO DA UNIDADE EXTERNA COM A INTERNA E DA TEMPERATURA MÍNIMA DURANTE A SÉRIE 1.

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADOS)

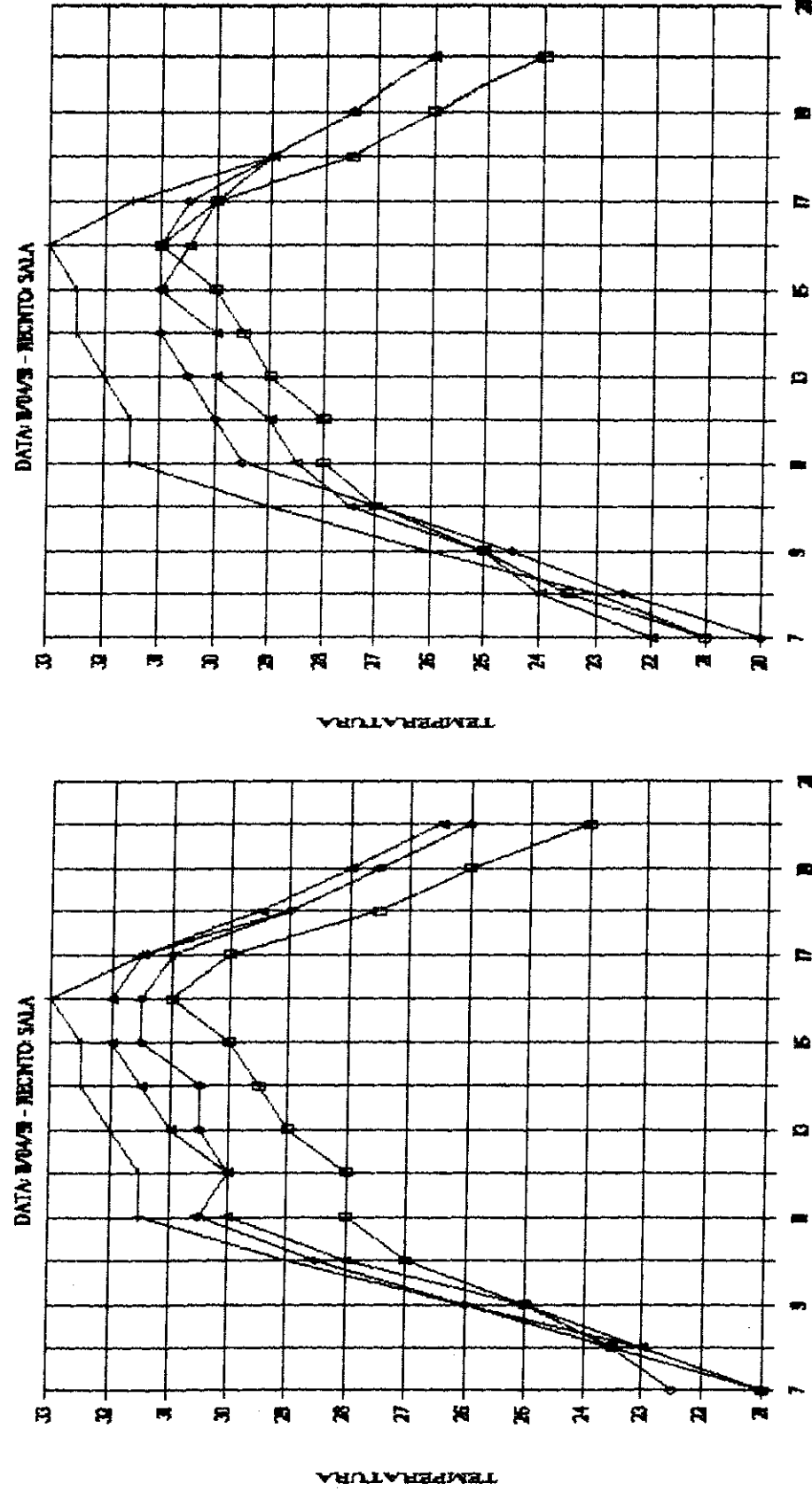
RECINTO: SALA AREA: 12.25 m² SITUACAO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS

DATA: 11/04/91

LOCAL	EXTERNA			INTERNA			CENTRO			LESTE			NORTE		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TERM.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	21.0	19.0	80	21.0	19.0	80	21.0	20.0	22.0	22.5	21.5	21.5	21.0	21.5	20.0
8	23.5	21.0	77	23.0	21.0	81	23.0	22.5	24.0	23.5	23.5	23.0	23.0	23.5	22.5
9	25.0	21.0	67	26.0	22.5	72	26.0	24.5	25.0	26.0	26.0	25.0	25.0	25.5	24.5
10	27.0	22.0	63	29.0	23.0	59	29.0	27.0	27.5	28.5	28.5	27.5	28.0	27.5	26.5
11	26.0	22.0	57	31.5	24.0	54	31.5	29.5	28.5	30.5	30.5	29.5	30.0	30.0	28.5
12	28.0	21.5	54	31.5	24.0	54	31.5	30.0	29.0	30.0	29.5	29.0	30.0	29.5	28.5
13	29.0	23.5	63	32.0	24.0	51	32.0	30.5	30.0	30.5	30.5	30.0	31.0	30.5	29.5
14	29.5	24.5	67	32.5	24.0	49	32.5	31.0	30.0	30.5	30.5	30.5	31.5	30.5	29.5
15	30.0	23.0	54	32.5	24.0	49	32.5	31.0	31.0	31.5	31.5	31.0	32.0	31.5	30.5
16	31.0	23.5	53	33.0	24.5	50	33.0	31.0	30.5	31.5	31.0	31.0	32.0	31.0	30.0
17	30.0	24.0	61	31.5	24.5	57	31.5	30.5	30.0	31.0	31.0	30.5	31.5	31.0	29.5
18	27.5	23.0	78	29.0	23.0	59	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.5	29.5	28.5
19	26.0	22.5	72	27.5	23.0	78	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	28.0	28.0	27.0
20	24.0	21.5	77	26.0	23.0	68	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.5	26.5	25.5

TABELA 7.2. TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA
DIA MAIS QUENTE — SÉRIE 2.

T. EXT. E T. INT. C-L-N h=1,10m



T. EXT. E T. INT. C-L-N h=1,10m

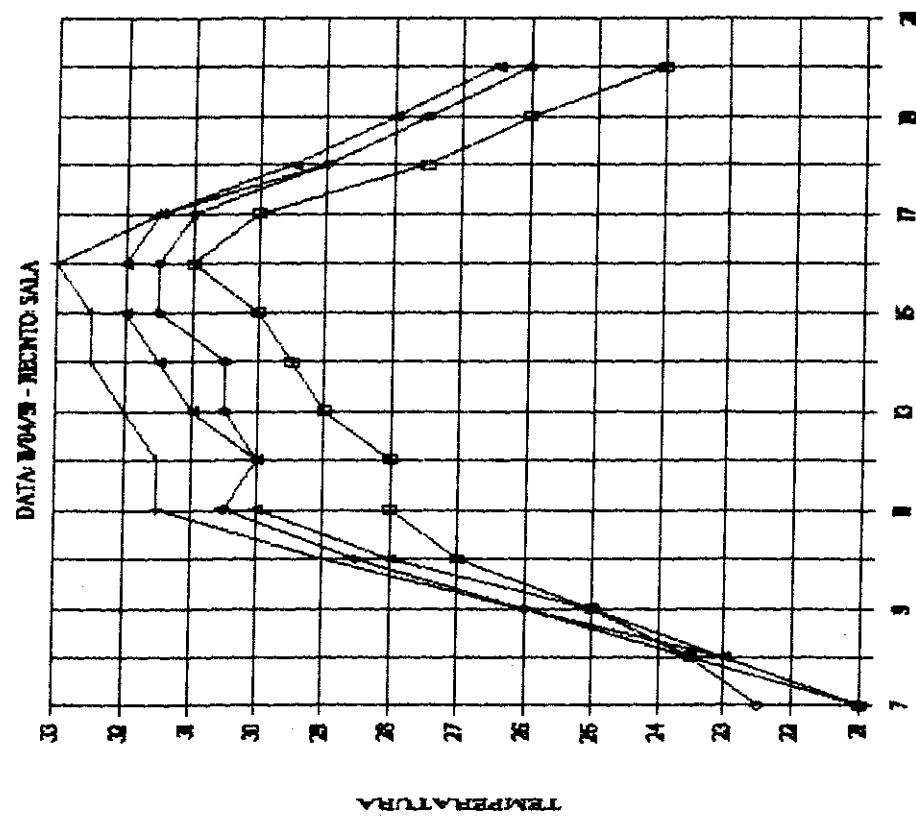
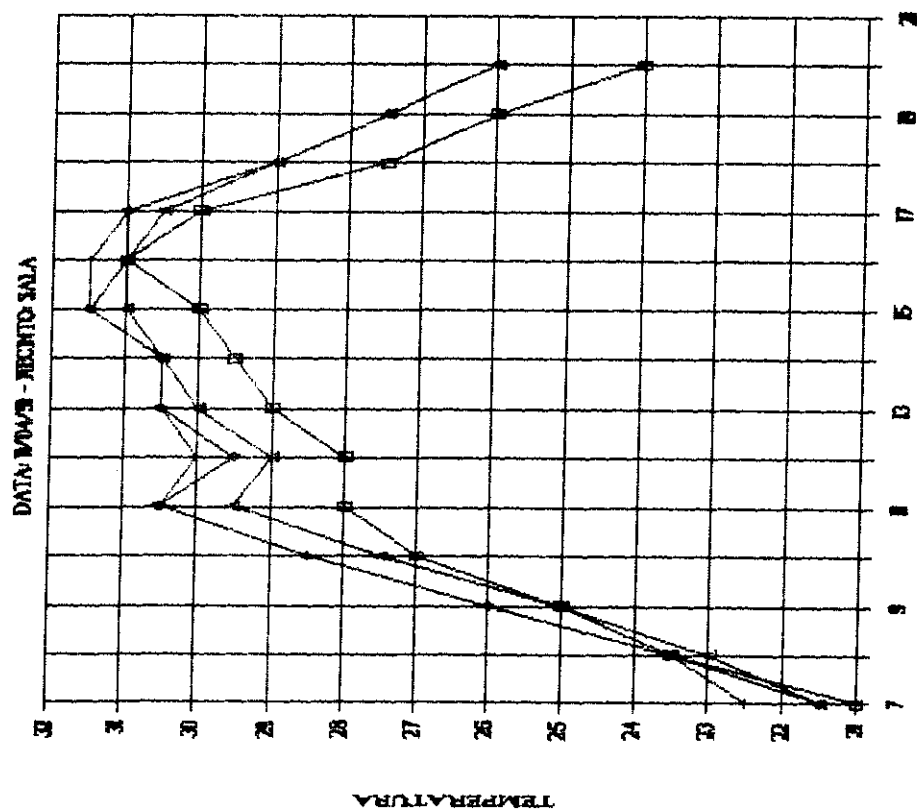


FIG. 173. COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA EXTERNA COM A INTERNA NOS TRÊS LOCAIS DE MEDIÇÃO, NO NÍVEL 1,10M E NO CENTRO DO RECINTO.

TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA LESTE



TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA NORTE

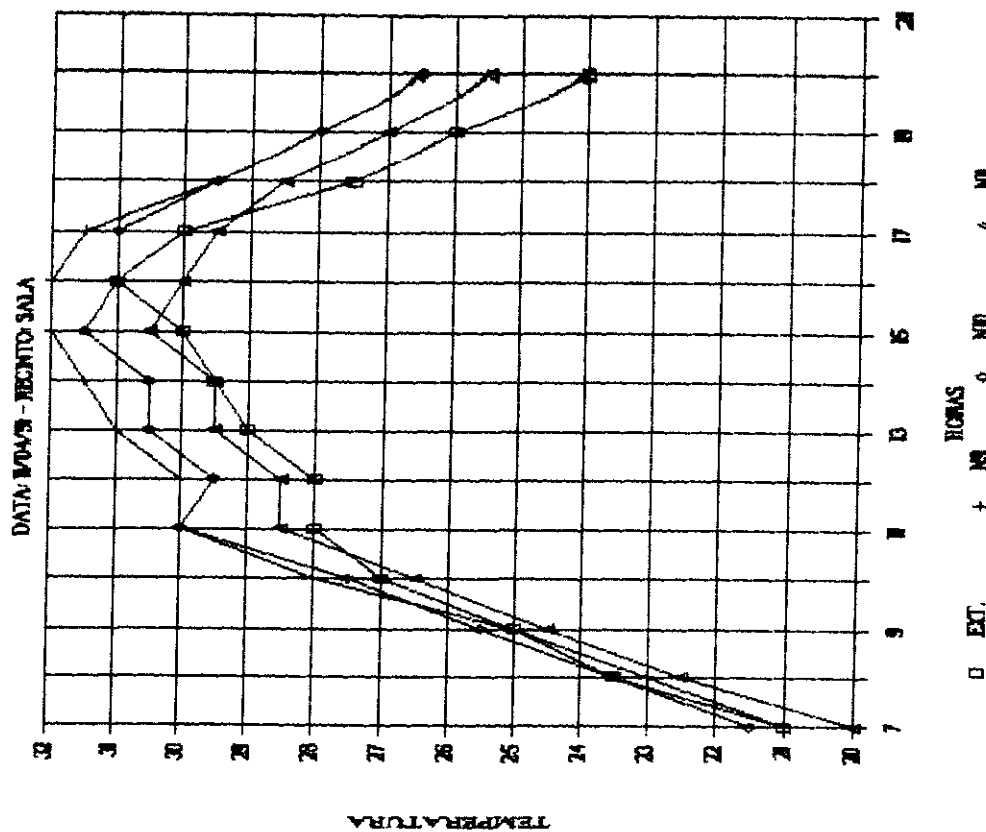


FIG. 174. COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA EXTERNA COM A INTERNA NAS PAREDES LESTE E NORTE.

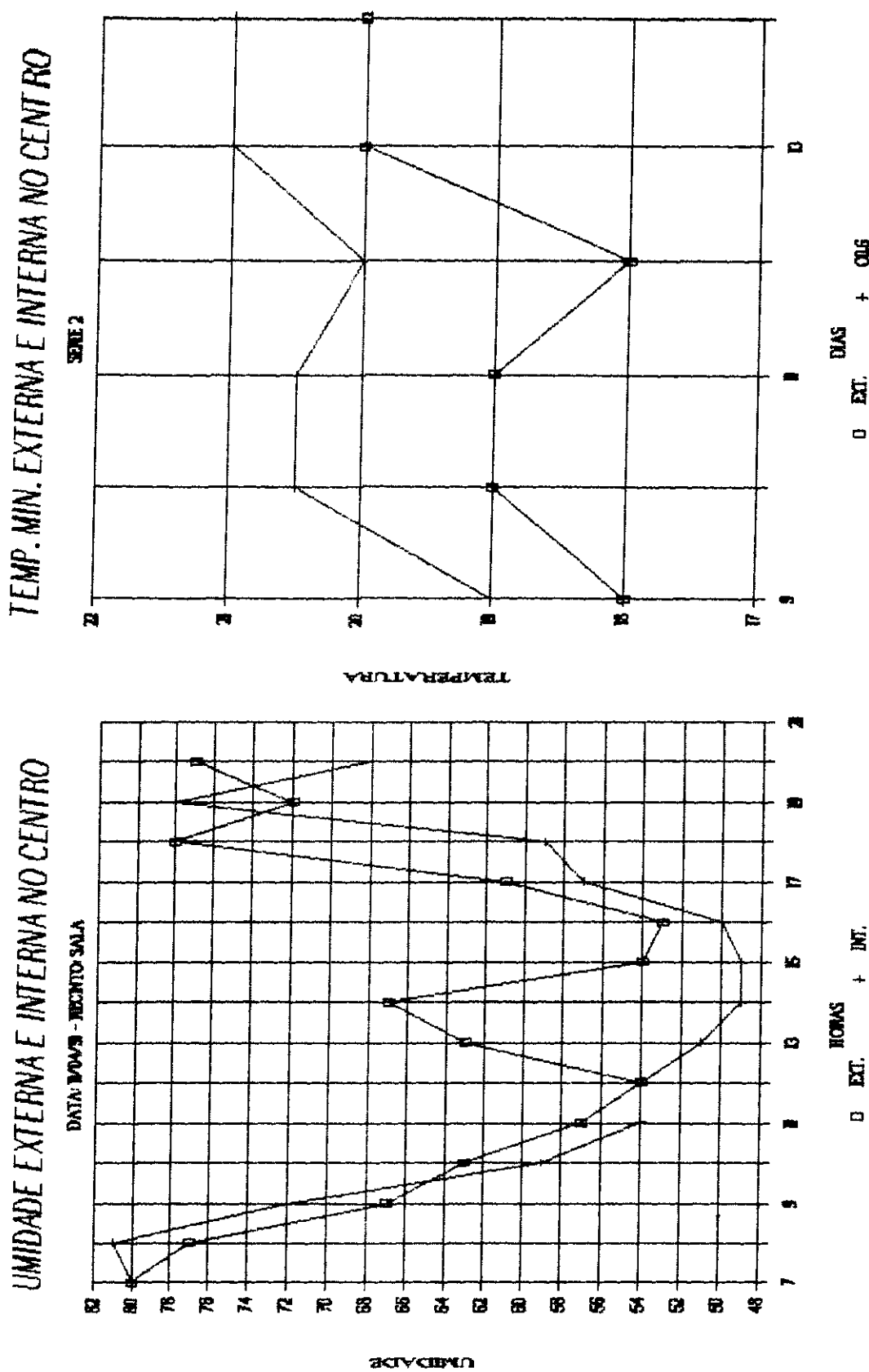


FIG. 175. COMPARAÇÃO DA UMIDADE EXTERNA COM A INTERNA E DA TEMPERATURA MÍNIMA DURANTE A SÉRIE 2.

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAUS CENTIGRADOS)

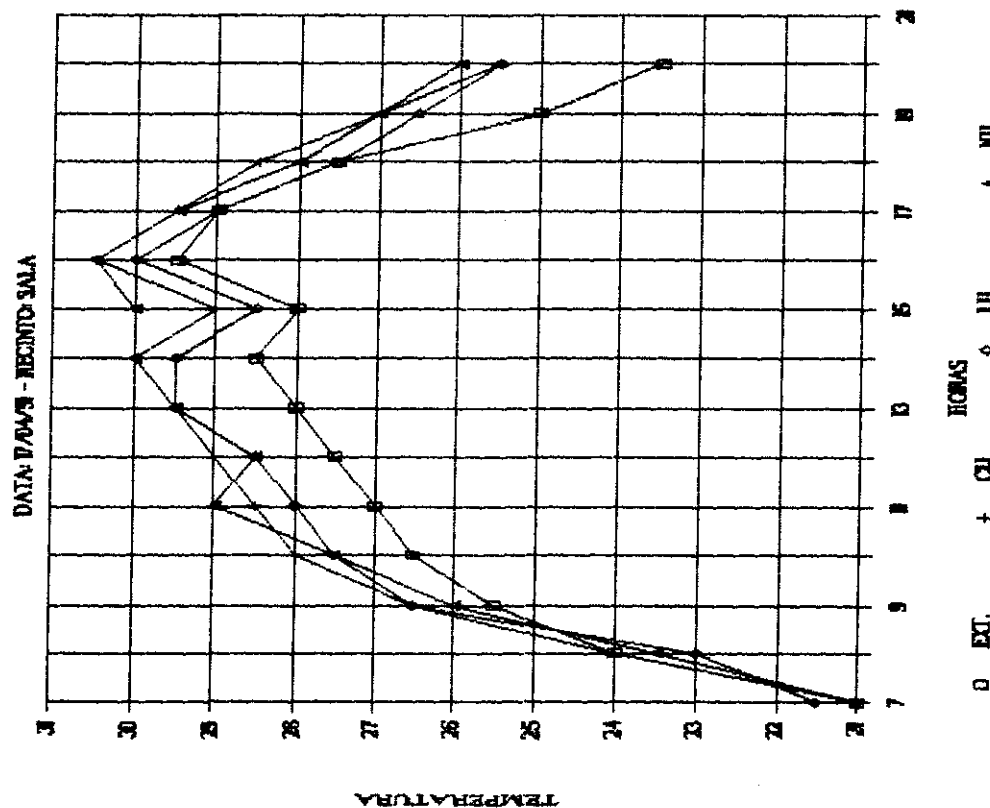
RECINTO: SALA AREA: 12.25 m² SITUACAO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS, PORTA DA SALA ENTREABERTA

DATA: 17/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE				
	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TERM.	1						3												
HORA	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)													
7	21.0	20.0	89	21.0	19.0	80													
8	24.0	21.0	72	24.0	21.0	72													
9	25.5	21.5	68	26.5	21.5	63													
10	26.5	22.0	66	28.0	22.0	57													
11	27.0	22.0	63	28.5	22.0	55													
12	27.5	22.5	64	29.0	22.5	56													
13	28.0	22.5	61	29.5	22.5	54													
14	28.5	22.0	55	30.0	22.5	52													
15	28.0	22.0	57	29.0	23.0	59													
16	29.5	23.0	57	30.5	23.0	52													
17	29.0	23.0	59	29.5	23.0	57													
18	27.5	22.5	64	28.5	22.5	59													
19	25.0	22.0	74	27.0	23.0	70													
20	23.5	22.0	86	25.5	22.0	71													

TABELA 7.3. TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA
DIA MAIS QUENTE — SÉRIE 3.

T. EXT. E T. INT. C-L-N D=1,10m



TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA NO CENTRO

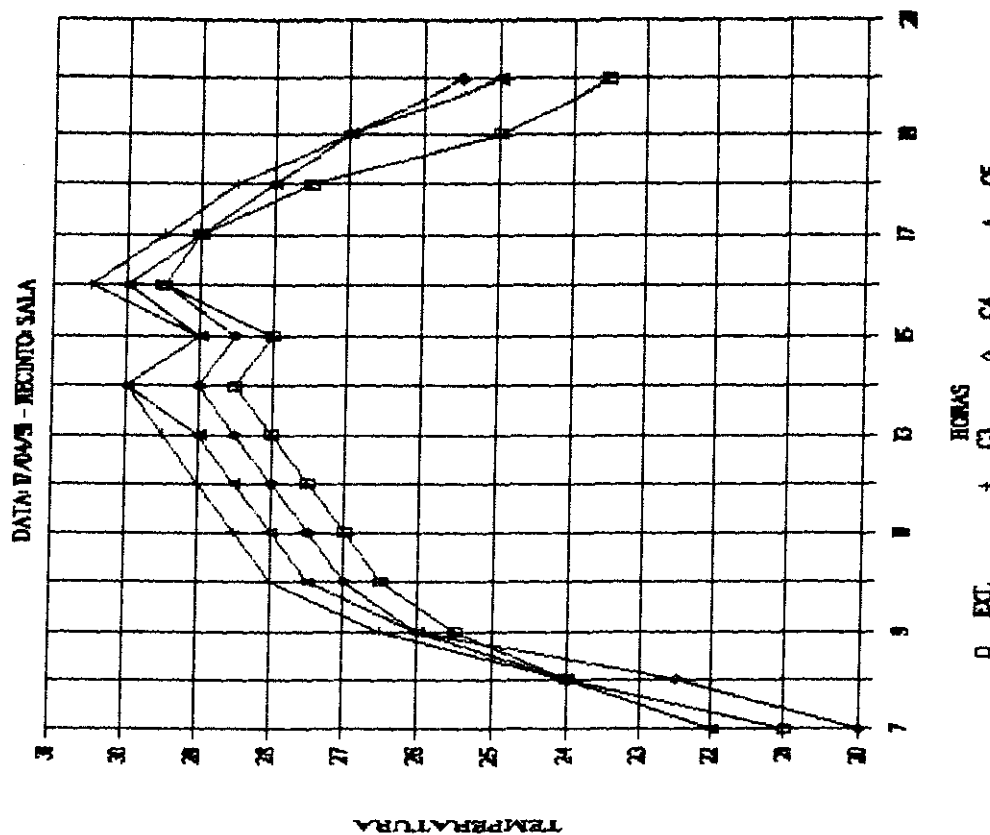
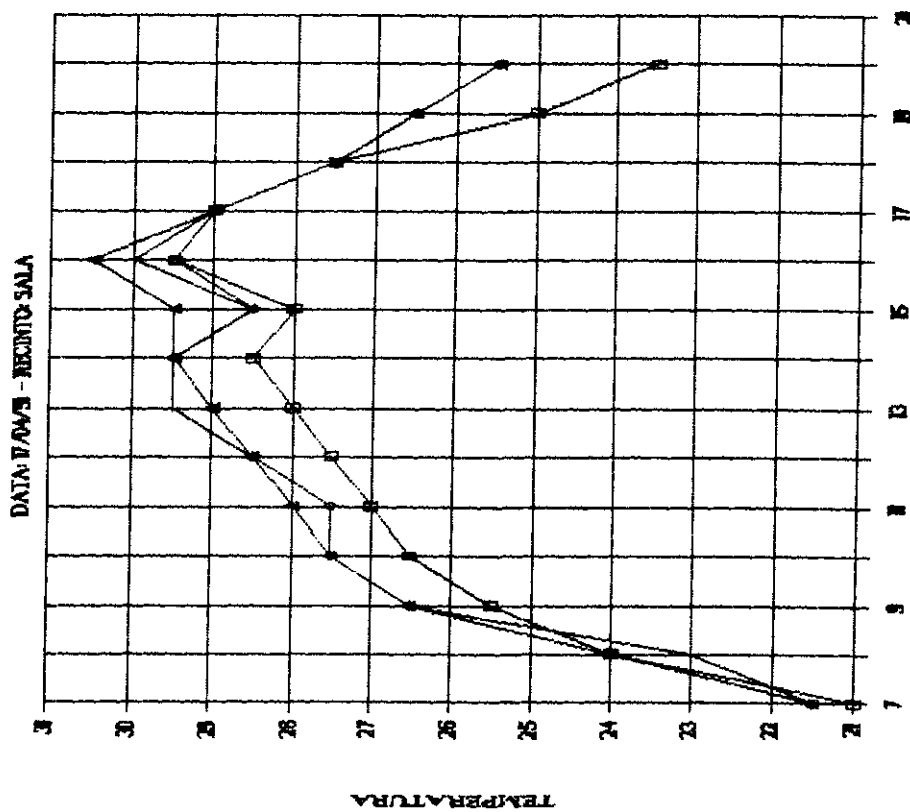
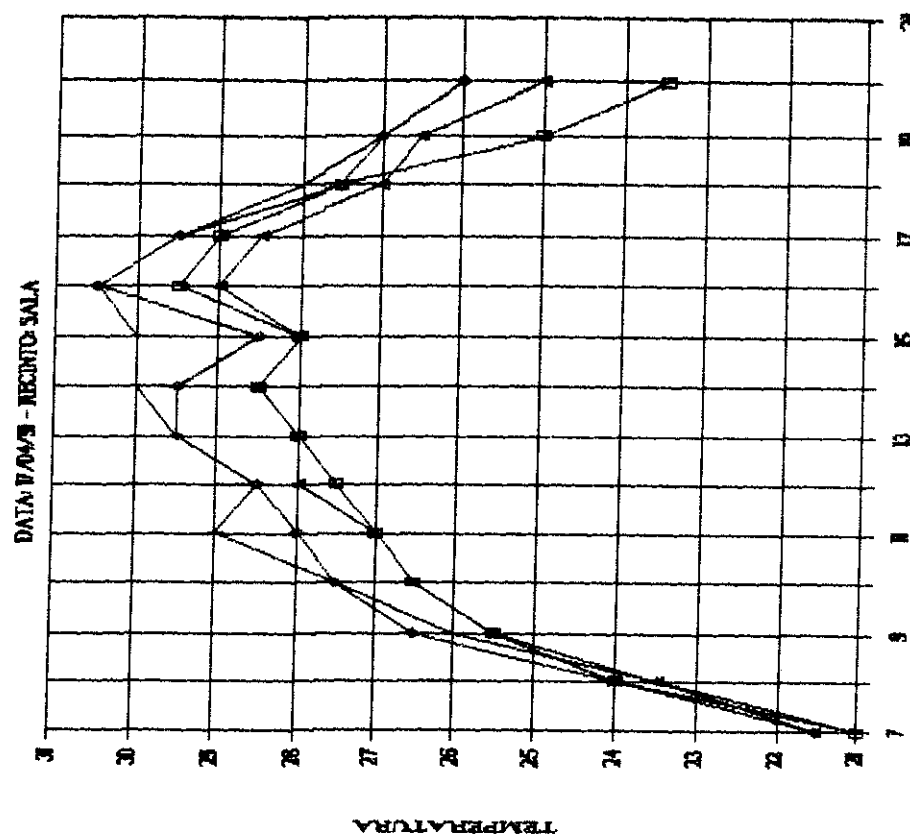


FIG. 176. COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA EXTERNA COM A INTERNA NOS TRÊS LOCAIS DE MEDIÇÃO, NO NÍVEL 1,10M E NO CENTRO DO RECINTO.

TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA LESTE



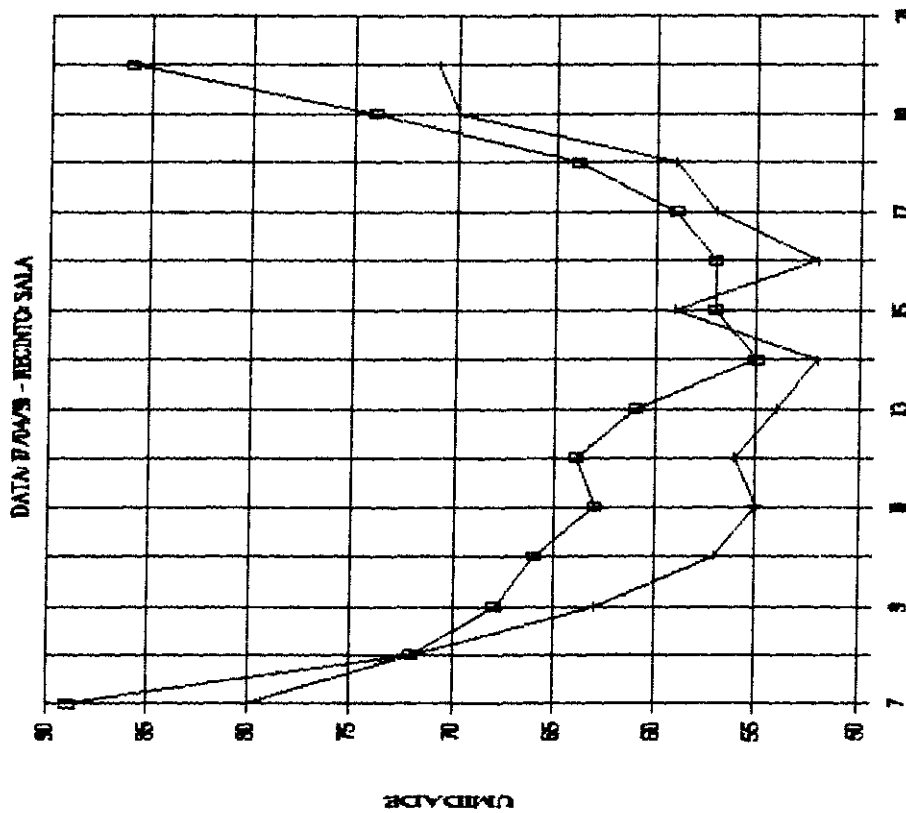
TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA NORTE



O EXT. + INT. HORAS
 Δ INT. Δ INT.

FIG. 177. COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA EXTERNA COM A INTERNA NAS PAREDES LESTE E NORTE.

UMIDADE EXTERNA E INTERNA NO CENTRO



TEMP. MIN. EXTERNA E INTERNA NO CENTRO

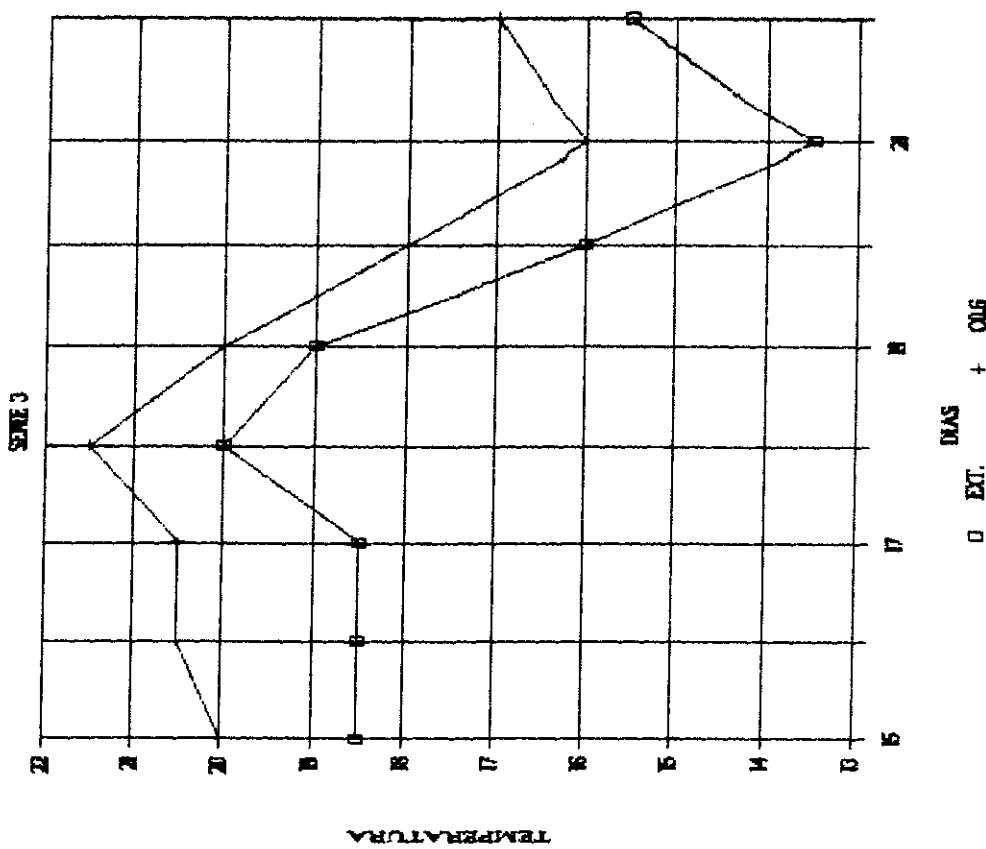


FIG. 178. COMPARAÇÃO DA UMIDADE EXTERNA COM A INTERNA E DA TEMPERATURA MÍNIMA DURANTE A SÉRIE 3.

7.5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Segundo o I.P.T.,^[14] algumas das exigências humanas de conforto térmico são a umidade do ar, que não deve ser inferior a 30%, nem excessiva e as condições de não uniformidade do ambiente. Estas, consideradas como sendo a variação da temperatura do ar na direção vertical, no máximo igual a 3°C entre 0,10m e 1,70m em relação ao piso e a assimetria da temperatura radiante, na direção vertical e horizontal, menor que 5°C e 10°C respectivamente.

Durante o período de avaliação do comportamento da habitação, a temperatura foi medida, tanto externamente quanto internamente, através de termômetros de bulbo seco que registravam também o efeito da temperatura radiante média. Apesar disso, confrontando-se os resultados obtidos com as exigências de conforto térmico, observou-se que em apenas dois dias, com o protótipo totalmente fechado, a diferença de temperatura, na direção vertical e no centro do recinto, ultrapassou 3°C. Quanto à umidade relativa, o menor valor registrado foi 46% e em relação aos valores mais altos pode-se dizer que nunca se observou, internamente, condensação superficial ou formação de fungos nos componentes da habitação.

A verificação do conforto térmico oferecido pela edificação, durante o período analisado, pode ser feito através do nomograma proposto por KOENIGSBERGER,^[15] construído para determinar a temperatura efetiva do ambiente, em zonas tropicais, a partir das temperaturas de bulbo seco (TBS) e de bulbo úmido (TBU). Pode-se também utilizar o diagrama bioclimático desenvolvido por Givoni, que indica, também, as ações que podem ser tomadas para atingir as condições de conforto^[2]. A velocidade do ar no interior do recinto não foi medida, portanto, o uso do nomograma mostrado na fig. 179, serviu para indicar o limite inferior e superior da velocidade do ar, necessária

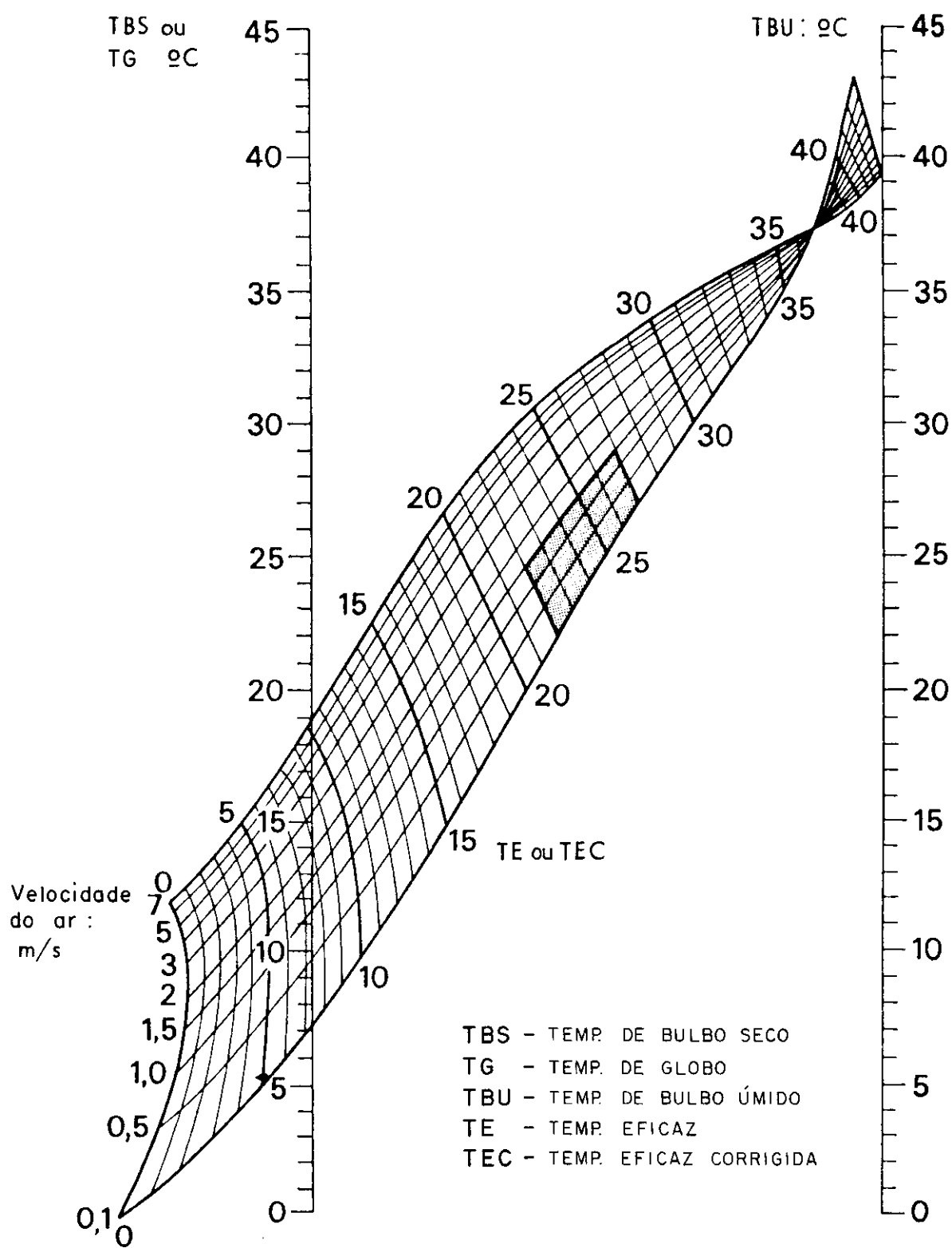


FIG. 179. NOMOGRAMA DA TEMPERATURA EFICAZ
PARA TRAJES LEVES.

para a sensação de conforto com as temperaturas e umidades registradas durante o período de avaliação. O nomograma utilizado é válido para pessoas usando roupas normais, leves, em zonas quentes e tropicais. Entrando-se com o valor da temperatura de bulbo seco na escala à esquerda e a de bulbo úmido na escala à direita, traça-se uma reta que intercepta as linhas das velocidades do ar. Se os pontos de interseção caírem na área sombreada, que indica a zona de conforto, pode-se dizer que para aqueles valores da temperatura registrada, no interior do recinto, tem-se sensação de conforto com a velocidade do ar entre os valores assim determinados.

Durante o período de análise, as manhãs normalmente apresentaram temperaturas amenas com umidade relativa alta, aumentando a partir das 9 horas com o pico entre 14 e 16 horas, quando se registravam os menores valores da umidade. Às 20 horas, quando se encerravam as medições, a temperatura novamente era amena e a umidade alta. Nas três séries realizadas, os valores anotados na primeira medição, levaram a pontos fora da zona de conforto. A partir das 10 horas, na série com o protótipo fechado e a partir das 9 horas nas demais, os valores das temperaturas levados ao nomograma indicaram conforto térmico para a velocidade do ar, no interior do recinto, entre 0,1m/s e 1,5m/s até ao cair da tarde, menos no período entre 12 horas e 16 horas, na primeira e segunda série, quando então o valor do limite inferior da velocidade do ar necessária, era maior. Mesmo no dia que se registrou a temperatura interna mais alta - 33,5°C, a zona de conforto poderia ser atingida com velocidade do ar de 1,5m/s. Em todas as séries constatou-se a necessidade de diminuir a ventilação a partir das 19 horas, chegando até ao limite mínimo de 0,1m/s, indicando a condição de portas fechadas, o que realmente ocorria a partir das 18 horas.

DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO (SEGUNDO B. GIVONI)

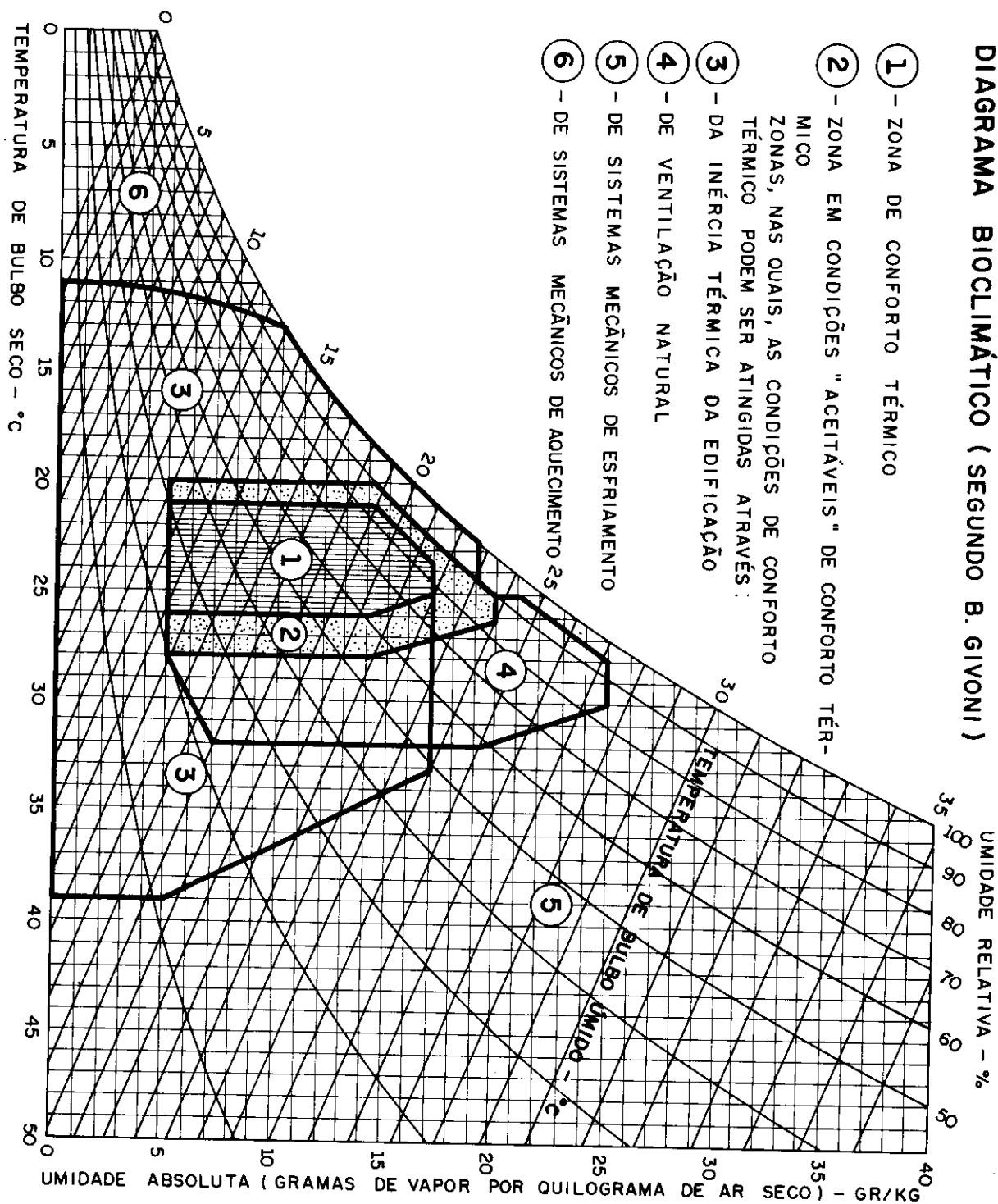


FIG. 180. DIAGRAMA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI.

Em duas ocasiões, quando choveu continuamente, a temperatura manteve-se na faixa entre 20°C e 23°C na maior parte do período de medição. A utilização do nomograma, neste caso, indicou valores fora da zona de conforto.

É interessante confrontar os resultados da avaliação efetuada com o nomograma proposto para climas quentes e tropicais, com o diagrama bioclimático proposto por Givoni, a partir de experiências em Israel (figura 180). Enquanto o nomograma, para as temperaturas mais baixas, indicou pontos fora da zona de conforto ou conforto com necessidade de pouca ventilação, o diagrama bioclimático indicou condições aceitáveis de conforto ou conforto térmico, respectivamente.

Para as temperaturas, entre 28°C e 32°C, o diagrama bioclimático confirmou os resultados obtidos, quando indicou a necessidade de ventilação natural para se atingir a zona de conforto.

7.6. CONCLUSÕES

O sistema construtivo proposto foi idealizado para ser constituído de componentes leves, portanto de baixa inércia térmica. Sem dúvida, as principais trocas de calor, no interior da habitação, se deram através da cobertura como se depreende dos valores medidos durante a avaliação. As mudanças na temperatura externa, provocadas por diminuição da insolação ou por chuva repentina, eram observadas ao mesmo tempo no interior do protótipo, bem como os picos registrados.

Fatos positivos, que devem ser ressaltados, foram o amortecimento causado pela inércia térmica da edificação, observado a partir do anoitecer quando não havia mais a influência direta da radiação solar e a tendência ao equilíbrio da temperatura interna do recinto analisado,

também a partir das primeiras horas da noite.

Através do nomograma utilizado, verificou-se que o conforto térmico podia ser atingido com ventilação natural, o que se consegue com distribuição adequada das aberturas ou artifícios como basculantes nas portas de ferro.

As paredes comportaram-se perfeitamente durante o período das chuvas, principalmente durante março de 1991, quando a maioria das habitações convencionais acusou o desenvolvimento de fungos pela exposição contínua à umidade. Observou-se que bastavam poucas horas de insolação ou interrupção da chuva para que as paredes secassem completamente, não se notando, tanto externamente quanto internamente, escurecimentos característicos de umidade excessiva.

Difícilmente um sistema construtivo seria adequado a todas as regiões do país devido às grandes diferenças geográficas, mas pode-se dizer que o sistema proposto, quanto ao comportamento térmico, poderia perfeitamente ser implantado nas regiões onde as amplitudes das temperaturas não sejam exageradas.

Concluindo, podemos afirmar que a colocação posterior de um forro, mesmo que leve, melhoraria as condições internas de conforto térmico da habitação.

CAPÍTULO VIII

8 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ECONÔMICO DA HABITAÇÃO

Pretendeu-se, neste capítulo, estabelecer o custo da moradia, construída segundo o sistema idealizado. Foram propostos coeficientes para os insumos — materiais e mão-de-obra — apropriados durante a fabricação dos componentes e a montagem do protótipo. Esses coeficientes através de composições de custos adequadas, possibilitaram a elaboração do orçamento da construção, tendo em vista a análise do custo e o posterior confronto com sistemas convencionais e industrializados. Os coeficientes determinados neste trabalho teriam também, a finalidade de possibilitar o pré-dimensionamento de sistemas industrializados para fabricação dos componentes, com esta primeira avaliação de custos, tempos e qualificação da mão-de-obra, bem como, contribuir para o planejamento inicial da construção de unidades habitacionais simultâneas e definição das equipes de trabalho necessárias.

8.1. DETERMINAÇÃO DO CUSTO DIRETO DA EDIFICAÇÃO

8.1.1. Insumos e coeficientes pertinentes ao sistema construtivo

O sistema construtivo proposto, como já se disse, combinou a utilização de componentes pré-moldados, elementos construtivos industrializados e materiais de construção convencionais. O grupo dos componentes pré-moldados tinham insumos e coeficientes para composição de preços, característicos, que necessitavam inicialmente ser determinados. O seu emprego, no processo da construção, originaram serviços cujos insumos e coeficientes também precisavam ser apurados. No grupo dos industrializados, situavam-se a estrutura metálica da cobertura e a caixilharia de ferro das portas e janelas, que por fazerem parte do sistema construtivo, poderiam ser fabricados em série e teriam seus preços determinados pelos fabricantes. Já para os serviços e materiais convencionais podiam ser utilizadas tabelas, para composições de custos, encontradas em manuais técnicos e revistas especializadas.

O consumo dos materiais e o tempo da mão-de-obra empregada, foram apropriados durante a fase de fabricação dos componentes e da construção do protótipo. Apesar dos coeficientes obtidos refletirem apenas a execução de uma habitação, durante a qual o desenvolvimento dos trabalhos foram intermitentes, sua validade para uma primeira estimativa dos custos e do tempo de duração das atividades, não pode ser contestada.

A determinação dos coeficientes orientou-se na proposta de Martucci ⁽¹⁶⁾, que basicamente é a relação entre os insumos, diretamente empregados, e a quantidade do serviço realizado na mesma atividade. A mão-de-obra

utilizada foi a do Laboratório de Estruturas, da Escola de Engenharia de São Carlos e sua qualificação, para efeito da obtenção dos coeficientes, foi feita a partir da ocupação de cada técnico durante o desenvolvimento dos trabalhos. A utilização de fôrmas metálicas especiais, na produção dos componentes pré-moldados, bem como da estrutura auxiliar de montagem dos painéis, foram computadas através do coeficiente 0,05MD. (5% sobre o material direto, empregado na execução do serviço).

A seguir são apresentadas as tabelas contendo os insumos e os coeficientes determinados neste trabalho.

TABELA 8.1- COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS, INSUMOS E COEFICIENTES
DA MÃO-DE-OBRA DIRETA E MATERIAL DIRETO

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UN.	INSUMO	COEF.	UN.
01 Tela EL 126 Dobrada Mecanicamente	kg	Dobradeira Tela EL 126	0,03 1,10	h kg
02 Preparo das Armaduras dos Elementos de Li- gação	kg	Oficial Ajudante Tela Dobrada Arame no. 24 Aço ϕ 5mm	1,22 0,61 1,00 0,05 0,08	h h kg kg kg
03 Execução dos Elementos de Ligação	ud	Oficial Ajudante Areia Fôrmas Metálicas	0,45 0,90 0,0153 0,05MD	h h _a m ³ m ³
04 Preparo das Armaduras das Placas de Face	kg	Oficial Tela EL 126 Espaçador Plást.	0,30 1,05 18,00	h kg ud
05 Preparo das Armaduras das Placas de Face com Inclusão de Chapa de Isopor e = 10mm	kg	Oficial Tela EL 126 Espaçador Plást. Chapa de Isopor	0,60 1,05 18,00 0,17	h kg ud m ²
06 Execução das Placas de Face	m ²	Oficial Ajudante Armadura Cimento Areia Fôrmas	0,23 0,46 1,60 7,89 0,0123 0,05MD	h h kg kg m ³ m ³
07 Execução das Placas de Face com Inclusão de Chapa de Isopor e = 10mm		Oficial Ajudante Armadura com Chapa de Isopor Cimento Areia Fôrmas	0,23 0,46 1,60 7,89 0,0123 0,05MD	h h kg kg m ³ m ³

TABELA 8.1- COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS, INSUMOS E COEFICIENTES
DA MÃO-DE-OBRA DIRETA E MATERIAL DIRETO (CONTINUAÇÃO)

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UN.	INSUMO	COEF.	UN.
08 Execução de Painei Sanduíche	m ²	Oficial Ajudante Placas de Face Poliuretano (A+B) Fôrmas	0,60 1,20 2,00 0,73 0,05MD	h h m ² kg
09 Execução de Painei Sanduíche com Inclusão de Isopor na Placa de Face	m ²	Oficial Ajudante Placa de Face Placa de Face com Chapa de Isopor Poliuretano (A+B) Fôrmas	0,60 1,20 1,00 1,00 0,73 0,05MD	h h m ² m ² kg
10 Painei Hidráulico para Instalação de Chuveiro Elétrico (H-1)	ud	Oficial Ajudante Tubo PVC 25mm Joelho PVC 25mm Joelho LR 25x1/2" Luva LR 25x3/4" Adaptador PVC 3/4" Registro Pressão Amarelo 3/4" Lixa, Cola, Teflon Painei com Isopor na Placa de Face Condulete Tipo E 40x50x100 Conduite Corruga- do 1/2" Cimento Areia	3,00 3,00 3,00 2,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,05MD 1,00 1,00 0,30 2,00 0,0032	h h m ud ud ud ud ud ud ud ud m kg m ³

TABELA 8.1- COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS, INSUMOS E COEFICIENTES
DA MÃO-DE-OBRA DIRETA E MATERIAL DIRETO (CONTINUAÇÃO)

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UN.	INSUMO	COEF.	UN.
11 Painel Hidráulico para Instalação de Caixa de Descarga Externa Alta (H-2)	ud	Oficial	1,50	h
		Ajudante	1,50	h
		Tubo PVC 25mm	0,60	m
		Joelho LR 25x1/2"	1,00	ud
		Lixa, Cola, Teflon	0,05MD	
		Painel com Isopor na Placa de Face	1,00	ud
		Cimento	0,40	kg
		Areia	0,0007	m ³
12 Painel Hidráulico para Instalação de Lavató- rio Suspenso (H-3)	ud	Oficial	1,50	h
		Ajudante	1,50	h
		Tubo PVC 25mm	2,00	m
		Joelho LR 25x1/2"	1,00	ud
		Lixa, Cola, Teflon	0,05MD	
		Painel com Isopor na Placa de Face	1,00	ud
		Cimento	1,50	kg
		Areia	0,0022	m ³
13 Painel de Instalação Elétrica para Inter- ruptor e Tomada Baixa (EL-1)	ud	Oficial	2,00	h
		Ajudante	2,00	h
		Condutele Tipo C	1,00	ud
		Condutele Tipo E	1,00	ud
		Conduite Corrugado 1/2"	2,50	m
		Painel com Isopor na Placa de Face	1,00	ud
		Cimento	2,00	kg
		Areia	0,0032	m ³
14 Painel de Instalação Elétrica para Inter- ruptor e Tomada (EL-2)	ud	Oficial	2,00	h
		Ajudante	2,00	h
		Condutele Tipo E	1,00	ud
		Conduite Corrugado 1/2"	1,50	m
		Painel com Isopor na Placa de Face	1,00	ud
		Cimento	1,00	kg
		Areia	0,0016	m ³

TABELA 8.2- SERVIÇOS NÃO CONVENCIONAIS
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS, INSUMOS E COEFICIENTES
DA MÃO-DE-OBRA DIRETA E MATERIAL DIRETO

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UN.	INSUMO	COEF.	UN.
15 Montagem dos Painéis das Paredes	m ²	Oficial Ajudante Painel Elemento de Ligação Estrutura Metálica Auxiliar de Montagem	0,20 0,50 0,89 0,82 0,05MD	h h m ² ud
16 Colocação de Caixilho Basculante de Ferro 0,83x1,10	ud	Oficial Ajudante Caixilho 0,83x1,10 Estrutura Metálica Auxiliar de montagem	0,20 0,50 1,00 0,05MD	h h ud
17 Colocação de Caixilho Basculante de Ferro 0,83x0,50	ud	Oficial Ajudante Caixilho 0,83x0,50 Estrutura Metálica Auxiliar de Montagem	0,20 0,50 1,00 0,05MD	h h ud
18 Colocação de Porta de Ferro 0,83x2,10	ud	Oficial Ajudante Porta de Ferro Bucha S6 c/Paraf.	0,50 0,50 1,00 6,00	h h ud ud
19 Colocação de Batente de ferro para Porta de Madeira	ud	Oficial Ajudante Batente de Ferro Bucha S6 c/Paraf.	0,50 0,50 1,00 6,00	h h ud ud
20 Execução da Cinta de Amarração Superior Com Argamassa Mista de Cimento, Areia e Pedrisco 1:1,70:0,8	m	Oficial Servente Aço ϕ 3,2mm Arame no.24 Cimento Areia Pedrisco	0,10 0,30 0,07 0,006 0,84 0,0009 0,0005	h h kg kg kg m ³ m ³

TABELA 8.2- SERVIÇOS NÃO CONVENCIONAIS

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS, INSUMOS E COEFICIENTES

DA MÃO-DE-OBRA DIRETA E MATERIAL DIRETO (CONTINUAÇÃO)

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UN.	INSUMO	COEF.	UN.
21 Colocação da Armadura de Fixação dos Paineis e Elementos de Ligação	kg	Oficial Ajudante Aço ϕ 4,2mm Aço ϕ 6,3mm Arame no.24	0,25 0,25 0,22 1,10 0,02	h h kg kg kg
22 Vedação dos Oitões da Habitação com Chapas Lisas de Fibrocimento e = 6mm	m ²	Oficial Ajudante Chapa Lisa de Fibrocimento Parafuso Sextavado 8mm com Porca e Arruela Afastador Plástico	0,70 2,10 1,23 6,00 9,00	h h m ² ud ud

8.1.2. Composição de custos unitários

Definidos os insumos e determinados os coeficientes referentes à mão-de-obra e aos materiais diretamente empregados na fabricação dos componentes pré-moldados e nos serviços inerentes ao sistema construtivo, pôde-se fazer a composição dos respectivos custos unitários.

Para se chegar ao custo total da habitação, foram utilizados, além dos preços obtidos através das composições propostas, preços reais, dos fabricantes, para fornecimento em quantidade, como no caso da estrutura metálica da cobertura e dos caixilhos de ferro. Os serviços convencionais, que também fizeram parte do processo, tiveram seus custos calculados através de tabelas e manuais técnicos^{[17],[18]}.

Os preços empregados, tanto do material quanto da mão-de-obra, foram os de fevereiro de 1991, tendo sido levantados junto às diversas lojas de materiais de construção de São Carlos, no caso dos materiais convencionais, e junto aos fabricantes, no caso do poliuretano e da tela soldada. A hipótese do fornecimento desses materiais, em grandes quantidades não foi levada em consideração durante o levantamento de preços. O salário hora da mão-de-obra foi obtido através da publicação especializada Construção^[19].

A seguir é apresentada a tabela orçamento e um resumo do custo da habitação evolutiva proposta. As composições de custos unitários diretos, que resultaram no custo total do protótipo, são apresentadas no anexo C. Alií, podem ser observados a incidência, de cada insumo e da mão-de-obra, na composição dos custos unitários dos componentes pré-moldados e dos serviços pertinentes ao sistema construtivo.

TABELA 8.3- ORÇAMENTO DA MORADIA EVOLUTIVA
(CUSTOS DIRETOS - CR\$) - (FEV/91)

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	QUANT.	UN.	PREÇO UNITÁRIO	T O T A L
01	Locação da Obra	34,00	m ²	272,54	<u>9.266,36</u>
	F U N D A Ç Ã O				
02	Escavação p/Fundações	1,40	m ³	427,08	597,91
03	Apiloamento do Fundo de Valas	14,00	m ²	106,77	1.494,78
04	Fôrmas para Sapatas	7,00	m ²	1.165,01	8.155,07
05	Armadura de Reforço Sapatas	1,25	kg	310,98	388,73
06	Concreto Sapatas Rasa	1,05	m ³	13.978,00	14.676,90
07	Armadura Fixação dos Painéis	25,00	kg	384,70	9.617,50
08	Concreto Contra-Piso Interno	1,22	m ³	13.978,00	17.053,16
09	Concreto Contra-Piso Externo	0,78	m ³	13.978,00	<u>10.902,84</u>
	A L V E N A R I A				62.886,89
10	Montagem Painéis Tipo	56,00	m ²	7.687,40	430.494,40
11	Montagem Painei H-1	1,00	ud	13.712,80	13.712,80
12	Montagem Painei H-2	1,00	ud	11.027,24	11.027,24
13	Montagem Painei H-3	1,00	ud	11.199,20	11.199,20
14	Montagem Painei EL-1	1,00	ud	12.028,04	12.028,04
15	Montagem Painei EL-2	1,00	ud	11.577,93	11.577,93
16	Execução Cinta de Amarração	32,00	m	137,63	4.404,16
17	Vedação dos Oitões	8,80	m ²	2.760,88	<u>24.295,74</u>
	C O B E R T U R A				518.739,51
18	Estrutura e Cobertura do Telhado	34,00	m ²	2.080,00	<u>70.720,00</u>
	P I N T U R A				
19	Pintura	verba		36.117,00	<u>36.117,00</u>

TABELA 8.3- ORÇAMENTO DA MORADIA EVOLUTIVA
 (CUSTOS DIRETOS - CR\$) - (CONTINUAÇÃO)

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	QUANT.	UN.	PREÇO UNITÁRIO	T O T A L
	P I S O S				
20	Piso Cimentado Ali- sado	24,40	m ²	551,21	<u>13.449,52</u>
	E S Q U A D R I A S D E M A D E I R A				
21	Porta Madeira 80x2,10	1,00	ud	5.755,40	<u>5.755,40</u>
	E S Q U A D R I A S M E T Á L I C A S				
22	Porta Ferro 0,80x2,10	2,00	ud	8.306,39	16.612,78
23	Caixilho Basculante 0,83x1,10	2,00	ud	2.427,31	4.854,62
24	Caixilho Basculante 0,83x0,50	1,00	ud	1.587,31	1.587,31
25	Batente de Ferro para Porta de Madeira	1,00	ud	1.106,39	<u>1.106,39</u>
					<u>24.161,11</u>
	V I D R O S				
26	Vidros Canelados	5,50	m ²	2.200,00	<u>12.100,00</u>
	L O U Ç A S				
27	Instalação Lavatório Suspendido	1,00	ud	5.830,00	5.830,00
28	Instalação Bacia Sifonada	1,00	ud	10.180,00	10.180,00
29	Instalação Pia de Cozinha	1,00	ud	13.650,22	13.650,22
30	Instalação Tanque de Concreto	1,00	ud	9.950,22	<u>9.950,22</u>
					<u>39.610,44</u>
31	Instalação Sanitária	verba			<u>17.000,00</u>
32	Instalação Hidráulica	verba			<u>17.618,00</u>
33	Instalação Elétrica	verba			<u>36.610,00</u>
TOTAL					863.584,22
CUSTO/m ² : CR\$ 34.543,37					

TABELA 8.4- RESUMO DO CUSTO DA HABITAÇÃO PROPOSTA

ETAPA CONSTRUTIVA	CUSTO (CR\$)	INCIDÊNCIA %
Locação da Obra	9.266,36	1,07
Fundação	62.886,89	7,27
Alvenaria	518.739,51	60,10
Estrutura	-----	--
Cobertura	70.720,00	8,18
Revestimento	-----	--
Pintura	36.117,00	4,18
Piso	13.449,52	1,56
Esquadria Metálica	24.161,11	2,80
Esquadria Madeira	5.755,19	0,67
Vidros	12.100,00	1,40
Louças	39.610,44	4,58
Instalação Elétrica	36.610,00	4,18
Instalações Hidráulicas e Sanitárias	34.618,00	4,01
TOTAL	863.584,22	100,00
CUSTO DO m ² DE CONSTRUÇÃO: CR\$ 34.543,37		

8.2. ANÁLISE DO CUSTO DO EMBRIÃO

O quadro resumo mostrou que a participação da alvenaria no custo final da habitação foi de 60% . Faziam parte desta etapa construtiva a montagem dos painéis tipo e das instalações, com 56,7%, a cinta de amarração superior com 0,5% e a vedação dos oitões com 2,8% de participação na totalidade dos custos.

Verificando-se, agora, a composição de custos da montagem dos painéis (Anexo C), observou-se que os componentes pré-moldados contribuíram com 93% do custo do serviço, sendo portanto, a priori, os insumos que devem ser analisados.

Quanto aos materiais e à mão-de-obra, utilizados na sua fabricação, destacaram-se a tela soldada, o poliuretano e a mão-de-obra empregada no preparo da armadura. Já foi salientado neste capítulo, o fato de não ter sido levado em consideração, nos levantamentos de preços efetuados, a compra de materiais em grande escala. Quanto aos serviços, foram intermitentes, dependendo sempre das disponibilidades do pessoal alocado. A fabricação industrializada dos painéis, implicaria em compras planejadas e em quantidade, bem como, em treinamento das equipes e racionalização do trabalho, influenciando diretamente na produtividade. Esta ação, certamente, já faria cair os preços em relação aos utilizados neste trabalho, como reduziria, também, os coeficientes aplicados à mão-de-obra.

Outras intervenções poderiam ser feitas, no sentido da redução de custos, como no caso das armaduras. As telas eletrosoldadas tiveram seu custo determinado, mais pela operação de soldagem que pelo seu peso. Tome-se como exemplo a tela EQ 98 — $5 \times 5 \text{ cm}^2$; ϕ 2,5mm — 20% mais barata que a utilizada neste trabalho, apesar de ser 4% mais pesada.

As armaduras dos componentes pré-moldados, poderiam ser

confeccionadas com telas soldadas de maior espaçamento entre os fios, associadas com telas de metal expandido ou de malha hexagonal, obtendo-se resultados semelhantes aos das telas usuais para argamassa armada, conforme atestaram ensaios realizados no Laboratório de Estruturas da EESC, em 1985, utilizando-se telas com espaçamento $10 \times 10 \text{ cm}^2$ e $15 \times 15 \text{ cm}^2$ com fios de 3mm de diâmetro. Outra solução para a armadura das placas de face dos painéis, de acordo com estudos desenvolvidos por SILVA, L.F. ^[20], ensaiando placas de argamassa armada com fibras onduladas de aço carbono, seria a utilização das telas de maior espaçamento e fibras adicionadas na argamassa como complemento da armadura.

Telas de metal expandido, cujo preço é 30% inferior ao da tela empregada no protótipo, também é uma alternativa. Dois painéis foram fabricados com este tipo de armadura, utilizando-se as mesmas telas que foram analisadas por LIMA^[21]. Os painéis não foram submetidos à ensaios. Mas foram empregados na montagem das paredes mostrando, até agora, desempenho semelhante aos demais.

Outro insumo de grande incidência no preço do painel, foi a espuma rígida de poliuretano. Esta, responsável pelo efeito sanduíche, é o resultado da reação entre dois componentes, isocianato e poliol^[13], devendo-se ao segundo as excelentes propriedades do poliuretano. A perspectiva de se obter "poliois" independentemente de produtos petroquímicos, já é uma realidade, o que concorrerá, com certeza, para a redução do custo do produto final.

À vista dos argumentos aqui apresentados, pode-se concluir que a redução dos custos dos componentes pré-moldados é perfeitamente viável e que uma queda de 30% nos seus preços reduziria em 17% o custo final do m^2 de construção. Outros ajustes, tratados mais adiante, poderiam ainda ser introduzidos, no sentido de se reduzir prazos e minorar custos.

CAPÍTULO IX

9. AVALIAÇÃO FRENTE À OUTROS SISTEMAS DE CONSTRUÇÃO

9.1. INTRODUÇÃO

Em maio de 1990 a ABCP^[4] propôs quatro alternativas, para a construção de embriões ou moradias populares evolutivas, destinadas às populações de baixa renda. O projeto sugeria a utilização de tijolos ou painéis monolíticos de solo-cimento, blocos de concreto e concreto celular moldado no local.

Apesar da mesma destinação, a proposta da ABCP tinha um espectro amplo, pois ia desde a autoconstrução — solo-cimento — passando pela técnica tradicional, bastante difundida e utilizada no país — blocos de concreto — até metodologias, que combinavam a tecnologia de materiais com a

velocidade de construção, próprias das construções industrializadas, como é o caso da alternativa em concreto celular.

Para que se pudesse fazer o confronto do custo e da técnica de construção do protótipo com tais sistemas construtivos, foi solicitado à Associação Brasileira de Cimento Portland, através de seu Departamento de Assistência Técnica, as planilhas de composição de custos das alternativas sugeridas, no que fomos prontamente atendidos. As informações técnicas complementares, relativas ao sistema em concreto celular, foram fornecidas pela Gethal-Steidle, participante do projeto com a ABCP. Os custos diretos das três alternativas escolhidas para a comparação — painéis monolíticos de solo-cimento, blocos de concreto e concreto celular — foram determinados tendo como base os preços de fevereiro de 1991, nas mesmas condições usadas para a avaliação do custo do protótipo.

Os orçamentos obedeceram às especificações propostas para cada alternativa e às planilhas de composição de custos fornecidas pela ABCP e Gethal.

9.2. DESCRIÇÃO DAS TECNOLOGIAS DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Construção de habitações com paredes em painéis monolíticos de solo-cimento - Fontes: Projeto BRA 85/005 - PNUD/MINTER^[3] e CEPED^[22].

A fundação é constituída de um baldrame de solo-cimento compactado diretamente nas cavas. A impermeabilização é executada com uma camada de argamassa, de cimento e areia, com 1,5cm de espessura. As paredes são construídas fixando-se duas guias — geralmente de madeira e recuperáveis — aprumadas e a uma distância, entre elas, de

no máximo 3m. As laterais das fôrmas são encostadas de ambos os lados das guias e presas entre si por parafusos. As camadas de solo-cimento compactadas no interior das fôrmas não devem ultrapassar 20cm. Entre uma camada e outra, a superfície da junta deve ser riscada em xadrez, para melhor aderência. Após o completo preenchimento da fôrma é feita a desmoldagem, sendo a mesma em seguida fixada novamente, em geral, apoiada sobre a camada inferior. O procedimento é repetido até a conclusão do painel.

O painel concluído serve como guia para o próximo, sendo necessário abrir um rasgo no topo vertical para o encaixe do painel adjacente. No caso de encontro de paredes, faz-se três rasgos no painel pronto. Os rasgos externos servem como guias para as fôrmas e o do centro para encaixe da parede.

Os cuidados com a cura das paredes devem ser tomados durante sete dias, através de três molhagens diárias. As paredes não necessitam receber revestimento, dado o bom acabamento das superfícies, mas logo após terminado o painel, deve-se tirar os excessos que ficam nas juntas entre as camadas e tapar os furos deixados pelos parafusos que prendem as laterais da fôrma.

O contrapiso é executado com solo-cimento compactado na espessura de 5cm, após o que recebe um piso cimentado de 2cm de espessura. A pintura das paredes deve ser feita a base de tinta mineral, para fins de impermeabilização.

Construção de habitações com paredes de blocos de concreto não estrutural. Fontes: ABCP^[4] e ABCI^[29].

A construção com blocos de concreto vazado, entre a população de baixa renda, já vem sendo utilizada há várias décadas, principalmente no sistema de autoconstrução ou

mutirão.

A proposta da ABCP fundamenta-se no princípio da ampla difusão, no país, da técnica e do material. A fundação é um radier de concreto armado com 10cm de espessura. A impermeabilização é feita somente sob as paredes e a partir daí, a técnica de elevação das paredes é a tradicional. São recomendados enrijecimentos com concreto graute, armados, nas janelas, portas e respaldo das paredes.

Construção de habitações com paredes em painéis de concreto celular moldado no local. Fontes: ABCP^[24] e GETHAL^[25].

A Associação Brasileira de Cimento Portland, coordenou em conjunto com empresas fornecedoras de produtos para segmentos tecnológicos específicos, o desenvolvimento deste sistema alternativo para construção de casas populares.

A fundação é um radier de concreto armado, impermeabilizado. As fôrmas, são montadas sobre uma junta que garante o isolamento e a vedação, entre elas e a fundação. A montagem é iniciada pelas paredes internas das fôrmas, quando então posicionam-se os caixilhos das portas e janelas e as instalações elétricas e hidráulicas.

A seguir procede-se ao fechamento e travamento do conjunto de fôrmas e à concretagem, através de bombeamento do concreto celular. Este concreto leve é composto de areia, fibras de polipropileno, cimento portland, água e espuma pré-formada.

Depois de 12 horas pode-se proceder a desforma, quando então são tampados os furos de ancoragem das fôrmas e feito o acabamento das paredes, com argamassa de cimento e areia, utilizando desempenadeira de borracha. É necessário a

aplicação, nos painéis, de película de cura para evitar a perda de umidade.

Os orçamentos completos, para cada alternativa, com base no levantamento de preços de fevereiro de 1991 são apresentados a seguir. A precisão do critério adotado e o cuidado na elaboração dos orçamentos, podem ser comprovados comparando-se os valores de maio de 1990, obtidos pela ABCP^[4], sem o forro, com aqueles apresentados neste trabalho.

As relações obtidas entre custos de fevereiro de 1991 e custos de maio de 1990, para painéis de solo-cimento, blocos de concreto e painéis de concreto celular foram 3; 3,1 e 3,1 respectivamente.

TABELA 9.1 EMBRIÃO COM PAINÉIS MONOLÍTICOS DE SOLO-CIMENTO

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	QUANT.	UN	PREÇO UNITÁRIO	T O T A L
01	Locação da Obra	32,00	m ²	198,34	6.346,88
	F U N D A Ç Ã O				
02	Escavação Manual	2,00	m ³	694,02	1.388,04
03	Apiloamento de Fundo de Valas	7,00	m ²	320,32	2.242,24
04	Baldrame de Solo-Cimento	23,00	m	502,50	11.546,00
05	Camada Impermeável e= 1,5m	5,00	m ²	1.175,92	5.879,60
					21.055,88
	A L V E N A R I A				
06	Painéis Monolíticos de Solo-Cimento e=12cm	70,00	m ²	1.067,30	74.711,00
07	Forma para Painéis	70,00	m ²	143,77	10.063,90
					84.774,90
	C O B E R T U R A				
08	Madeiramento	32,00	m ²	1.412,48	45.199,36
09	Telha Ondulada 6mm Fibrocimento	32,00	m ²	2.366,06	75.713,92
					120.913,28
	P I N T U R A				
10	Pintura Ext. e Int. Tinta Mineral	121,00	m ²	212,96	25.768,16
11	Óleo (Barra Lisa)	19,00	m ²	544,81	10.351,39
12	Óleo ou Esmalte Sobre Esquadria de Madeira	6,00	m ²	563,14	3.378,84
13	Óleo ou Esmalte Sobre Esquadria Metálica	8,00	m ²	754,62	6.036,96
	P I S O S				
14	Apiloamento de Pisos	32,00	m ²	320,32	10.250,24
15	Contrapiso de Regularização em Solo-Cimento e=5cm	32,00	m ²	435,82	13.946,24
16	Piso Cimentado e=1,5cm	32,00	m ²	692,23	22.151,36
					36.097,60

TABELA 9.1- EMBRIÃO COM PAINÉIS MONOLÍTICOS DE SOLO-CIMENTO
(CONTINUAÇÃO)

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	QUANT.	UN	PREÇO UNITÁRIO	T O T A L
	E S Q U A D R I A S D E M A D E I R A				
17	Porta 0,60X2,10 Completa	1,00	ud	14.023,43	14.023,43
18	Porta 0,80X2,10 Completa	1,00	ud	15.797,03	<u>15.797,03</u>
					29.820,46
	E S Q U A D R I A S M E T Á L I C A S				
19	Caixilho de Correr	1,60	m ²	10.780,69	17.249,10
20	Caixilho Basculante	0,50	m ²	9.162,12	4.581,06
21	Porta de Ferro	1,60	m ²	12.536,30	<u>20.058,08</u>
					41.888,24
	V I D R O S				
22	Vidro Comum 3mm	3,60	m ²	2.200,00	<u>7.920,00</u>
	L O U Ç A S				
23	Inst. Pia de Cozinha	1,00	ud	11.924,90	11.924,90
24	Inst.Lavat.s/Coluna	1,00	ud	7.416,28	7.416,28
25	Inst.Bacia Sifonada	1,00	ud	9.896,83	9.896,83
26	Inst.Tanque Concreto	1,00	ud	6.671,28	<u>6.671,28</u>
					35.909,29
	Instal.Elétricas		vb	Estimativa	<u>46.685,10</u>
	Instal.Hidráulicas		vb	Estimativa	<u>52.641,89</u>
T O T A L					529.588,87
CUSTO/m ² : 22.177,09					

TABELA 9.2- EMBRIÃO DE BLOCOS DE CONCRETO

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	QUANT.	UN	PREÇO UNITÁRIO	T O T A L
01	Locação da Obra	32,00	m ²	198,34	6.346,88
	F U N D A Ç Ã O				
02	Apiloamento de Pisos	32,00	m ²	320,32	10.250,24
03	Forma para Fundação (Radier)	2,20	m ²	1.207,38	2.656,24
04	Armação ca-50	29,00	kg	297,75	8.634,75
05	Concreto FCK 150 MPa	2,60	m ³	11.100,45	28.861,17
06	Lançamento Concreto para Fundação	2,60	m ³	1.911,70	4.970,42
07	Impermealização de Alicerces	23,50	m	84,25	1.979,88
	A L V E N A R I A				57.352,70
08	Alvenaria de Blocos de Concreto e=9cm	70,00	m ²	1.303,87	91.270,90
09	Preparo e Lançamento de Graute	0,43	m ³	12.892,46	5.543,76
	C O B E R T U R A				96.814,66
10	Madeiramento	32,00	m ²	1.412,48	45.199,36
11	Telha Ondulada 6mm de Fibrocimento	32,00	m ²	2.366,06	75.713,92
	REVESTIMENTO				120.913,28
12	Chapisco (Parede)	140,00	m ²	117,86	16.500,40
13	Emboco (Parede)	140,00	m ²	532,15	74.501,00
	P I N T U R A				91.001,40
14	Caiação (Parede)	121,00	m ²	159,63	19.315,23
15	Óleo (Barra Lisa)	19,00	m ²	544,81	10.351,39
16	Óleo/Esmalte Sobre Esquadria Madeira	6,00	m ²	563,14	3.378,84
17	Óleo/Esmalte Sobre Esquadria Metálica	8,00	m ²	754,62	6.036,96
					39.082,42

TABELA 9.2- EMBRIÃO DE BLOCOS DE CONCRETO
(CONTINUAÇÃO)

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	QUANT.	UN	PREÇO UNITÁRIO	T O T A L
	P I S O S				
18	Piso Ciment. e=1,5cm	32,00	m ²	692,23	22.151,36
	E S Q U A D R I A S D E M A D E I R A				
19	Porta 0,60X2,10 Completa	1,00	cm	14.023,43	14.023,43
20	Porta 0,80X2,10 Completa	1,00	cm	15.797,03	15.797,03
					<u>29.820,46</u>
	E S Q U A D R I A S M E T Á L I C A S				
21	Caixilho de Correr	1,60	m ²	10.780,69	17.249,10
22	Caixilho Basculante	0,50	m ²	9.162,12	4.581,06
23	Porta de Ferro	1,60	m	12.536,30	20.058,08
					<u>41.888,24</u>
	V I D R O S				
24	Vidro Comum 3mm	3,60	m ²	2.200,00	7.920,00
	L O U Ç A S				
25	Inst.Bacia Sifonada	1,0	un	11.924,90	11.924,90
26	Inst.Lavat.s/Coluna	1,0	un	7.416,28	7.416,28
27	Inst.Pia de Cozinha	1,0	un	9.896,83	9.896,83
28	Inst.Tanque Concreto	1,0	un	6.671,28	6.671,28
					<u>35.909,29</u>
	Instal.Elétricas		vb	Estimativa	46.685,10
	Instal.Hidráulicas		vb	Estimativa	52.641,89
T O T A L					648.527,68
CUSTO/m² : 28.147,90					

TABELA 9.3- EMBRIÃO DE CONCRETO CELULAR

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	QUANT.	UN	PREÇO UNITÁRIO	T O T A L
01	Locação da Obra F U N D A Ç Ã O	32,00	m ²	198,34	6.346,88
02	Apiloamento de Pisos	32,00	m ²	320,32	10.250,24
03	Fôrma para Fundação (Radier)	2,20	m ²	1.207,38	2.656,24
04	Armação ca-50	29,00	kg	297,75	8.634,75
05	Concreto FCK 150MPa	2,60	m ³	11.100,45	28.861,17
06	Lançamento Concreto Para Fundação	2,60	m ³	1.911,70	4.970,42
07	Imperm.(Lona Plást.)	23,00	m ²	60,00	1.380,00
	A L V E N A R I A				56.752,82
08	Montagem e Desmontagem da Fôrma Tipo GETHAL (120 Usos).	Por unidade, inclusive amortização			45.503,22
09	Concreto Celular, Armaduras para Reforço de Vãos, Inclusive Mão-de-Obra	6,43	m ³	13.295,28	85.488,65
10	Torre Auxiliar (120 Usos)	Por unidade, inclusive amortização			622,85
11	Acabamento	140,00	m ²	62,16	8.702,40
	C O B E R T U R A				140.316,90
12	Madeiramento	32,00	m ²	1.412,48	45.199,36
13	Telha Ondulada 6mm Fibrocimento	32,00	m ²	2.366,06	75.713,92
	P I N T U R A				120.913,28
14	Caiçação (parede)	121,00	m ²	159,63	19.315,23
15	Óleo (Barra Lisa)	19,00	m ²	544,81	10.351,39
16	Óleo/Esmalte Sobre Esquadria Madeira	6,00	m ²	563,14	3.378,84
17	Óleo/Esmalte Sobre Esquadria Metálica	5,00	m ²	754,62	3.773,10
					36.818,56

TABELA 9.3- EMBRIÃO DE CONCRETO CELULAR
(CONTINUAÇÃO)

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	QUANT.	UN	PREÇO UNITÁRIO	T O T A L
	P I S O S				
18	Piso Ciment. e=1,5cm	32,00	m ²	692,23	22.151,36
	E S Q U A D R I A S D E M A D E I R A				
19	Porta 0,60X2,10 Completa	1,0	un	8.436,98	8.436,98
20	Porta 0,80X2,10 Completa	1,0	un	10.779,31	10.779,31
					19.216,29
	E S Q U A D R I A S M E T Á L I C A S				
21	Caixilho (1,20X1,00)	1,0	un	8.787,98	8.787,98
22	Caixilho 0,70X0,70)	1,0	un	2.539,48	2.539,48
23	Caixilho (0,60X0,60)	1,0	un	2.078,60	2.078,60
					13.406,06
	V I D R O S				
24	Vidro Comum 3mm	2,50	m ²	2.200,00	5.500,00
	L O U Ç A S				
25	Inst.Bacia Sifonada	1,0	un	11.924,90	11.924,90
26	Inst.Lavat.s/Coluna	1,0	un	7.416,28	7.416,28
27	Inst.Pia de Cozinha	1,0	un	9.896,83	9.896,83
28	Inst.Tanque Concreto	1,0	un	6.671,28	6.671,28
					35.909,29
29	Instalações Elétricas e Hidráulicas		vb		62.808,93
T O T A L					520.140,37
CUSTO/m ² : 21.109,59					

Para facilitar a comparação dos custos diretos, entre o sistema proposto e as três alternativas, montou-se o quadro resumo apresentado a seguir.

TABELA 9.4

QUADRO RESUMO DOS CUSTOS DIRETOS DOS EMBRIÕES (CR\$)				
ETAPA CONSTRUTIVA	SISTEMA PROPOSTO	BLOCOS CONCRETO	SOLO CIMENTO	CONCRETO CELULAR
Locação	9.266,36	6.346,88	6.346,88	6.346,88
Fundação	62.886,89	57.352,70	21.055,88	56.752,82
Alvenaria	518.739,51	96.814,66	84.774,90	140.316,90
Cobertura	70.720,00	120.913,28	120.913,28	120.913,28
Revestimentos	-----	91.001,40	-----	-----
Pintura	36.117,00	39.082,42	45.535,35	36.818,56
Pisos	13.449,52	22.151,36	36.097,60	22.151,36
Esq.Metálicas	24.161,11	41.888,24	41.888,24	13.406,06
Esq.Madeira	5.755,19	29.820,46	29.820,46	19.216,29
Vidros	12.100,00	7.920,00	7.920,00	5.500,00
Louças	39.610,44	35.909,29	35.909,29	35.909,29
Inst.Elétrica	36.160,00	46.685,10	46.685,10	
Inst.Hidrául.	34.618,00	52.641,89	52.641,89	62.808,93
CUSTO DO m² CONSTRUÍDO	34.543,37	28.147,90	22.177,09	21.109,59

9.3 COMPARAÇÃO COM OS SISTEMAS APRESENTADOS

O custo do m² construído pelo sistema proposto, foi analisado no capítulo anterior, onde destacou-se a possibilidade de intervenção em apenas uma etapa construtiva, resultando, de imediato, na redução do custo final.

A locação da obra foi executada da forma tradicional, isto é, gabarito de madeira, pregos e linha. Pelo mesmo sistema convencional também o foram, as fôrmas para concretagem das sapatas de fundação. A utilização de

gabaritos e fôrmas metálicas, pré-montados, eliminaria o esquadrejamento e simplificaria o nivelamento, contribuindo para a redução dos prazos e conseqüentemente dos custos da mão-de-obra, como também dos materiais através da possibilidade de várias reutilizações.

As instalações elétricas e hidráulico-sanitárias, pela própria concepção do sistema construtivo, permitiriam pré-montagens que diminuiriam as perdas no canteiro de obras. A resultante de todas estas providências seria o nivelamento do custo direto final, com o das alternativas comparadas.

Observando-se no quadro resumo o item referente à cobertura, percebe-se a grande vantagem da estrutura metálica proposta, sobre a cobertura convencional em madeira. Outro fato interessante foi a semelhança da soma dos preços das esquadrias, entre o sistema idealizado e a alternativa em concreto celular. Os dois sistemas prevêem a execução das paredes com a caixilharia colocada, eliminando trabalho dispendido na construção convencional.

Quanto aos materiais empregados nas paredes, pode-se ressaltar, no caso dos painéis sanduíche, que o controle da qualidade é feito durante a fabricação, dispensando maiores cuidados no canteiro. O sistema não prevê cortes nem ajustes nos painéis que são ligados através de juntas secas. Devido a estes fatores, o serviço é limpo e evita desperdícios.

Quanto aos painéis monolíticos de solo-cimento, o controle da compactação e os cuidados com a cura são indispensáveis para a resistência e aspecto das paredes. A existência ou não, de solos adequados nas proximidades da obra, influencia nos custos e na qualidade do produto final. Segundo o CEPED^{(9),(22)}, nas juntas dos encontros das paredes aparecem aberturas devido a retração do material, admissíveis até 5mm. Já no caso de aparecerem nas superfícies, frestas acima de 3mm, necessitam de amarração.

No caso dos blocos de concreto, sabe-se que fora dos grandes centros urbanos, dificilmente existem fábricas que garantam a qualidade do material, com preços acessíveis e à população de baixa renda, resta mesmo, a opção das "fábricas de fundo de quintal".

O sistema alternativo com painéis de concreto celular moldados no local, como já foi descrito, alia alta tecnologia de materiais — fôrmas; fibras sintéticas; produtos químicos — além de equipamentos e tecnologia do concreto. A tecnologia na produção das fôrmas das paredes é bastante apurada, necessitando um grande número de reutilizações para que o seu uso não onere os custos. O uso de produtos químicos no canteiro — extrato espumígeno e outros materiais não convencionais como fibras de polipropileno em forma de rafia fibrilada implicam em controle tecnológico e manuseio de equipamentos específicos. Os cuidados com a perda de umidade, nas paredes recém desformadas, obrigam a utilização de película seladora.

Encerrando este capítulo, pode-se comparar as produtividades na execução das alvenarias. Segundo o CEPED^[3], a equipe necessária para erguer as paredes, em painéis monolíticos de solo-cimento, é de 1 oficial e 6 ajudantes, sendo que para executar $1,0m^2$ de painel gasta-se 5,33 homens-hora. Ainda segundo o CEPED, isto resulta em uma produtividade de $1,5m^2$ /homens-dia. Para construir somente as paredes do embrião, proposto pela ABCP, seriam necessários aproximadamente 7 dias.

Tratando-se da alternativa em blocos de concreto e com base nas planilhas fornecidas, $1,0m^2$ de parede chapiscada e rebocada, considerando-se uma equipe de 2 oficiais e 3 ajudantes, necessita 5,10 homens-hora. A produtividade neste caso é de $1,56m^2$ /homens-dia e o tempo necessário para concluir o serviço é de 9 dias.

No sistema em concreto celular as paredes são executadas em 1 dia, utilizando para as fôrmas 1 oficial e 5 ajudantes. O "Kit" das instalações elétricas e hidráulicas necessita 1 encanador e 1 eletricista. Trabalham ainda, 1 armador e 1 auxiliar, para os negativos das portas e janelas e esquadrilheiro na montagem dos caixilhos de ferro e batentes. A montagem das fôrmas para concretagem consome, desta forma, aproximadamente 5 horas. O lançamento do concreto com bombeamento e ajudantes alocados para esta operação, completa a jornada de trabalho. Para a construção de $1m^2$ de parede, com este sistema, gasta-se 1,65 homens-hora, determinando uma produtividade de $4,85m^2$ /homens-dia.

A montagem dos painéis, pelo sistema construtivo proposto, incluindo a colocação da estrutura auxiliar, utilizou uma equipe de 2 oficiais e 5 ajudantes durante 6 horas e 15 minutos, em tempo corrido. Uma jornada de trabalho, portanto. Considerando-se 8 horas para o dia de trabalho, o total gasto foi de 56 homens-hora. Para a montagem de $1,0m^2$ de parede foi necessário 0,90 homens-hora, com uma produtividade de $8,86m^2$ /homens-dia.

Considerando-se então as paredes, pode-se concluir que a produtividade do sistema é muito superior às das alternativas comparadas.

CAPÍTULO X

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho, ora apresentado, foi desenvolvido tendo como objetivos a obtenção de uma solução prática, viável economicamente e que apresente condições de habitabilidade que satisfaçam os usuários de baixa renda, quanto ao conforto térmico e acústico. Outras condições impostas foram a possibilidade de evolução por ampliação horizontal, a segurança estrutural e a facilidade de manuseio dos componentes, baseada na leveza dos mesmos, reduzindo ao mínimo o uso de equipamentos sofisticados de elevação e transporte.

Uma das grandes dificuldades que o iniciante em argamassa armada tem, é com a avaliação dos custos e quantificação dos materiais nessa modalidade de construção, dado a falta de coeficientes para composições de preços, tanto para os materiais como para a mão-de-obra. A esperança, é que com este trabalho, uma pequena pedra fundamental tenha sido lançada nesse sentido.

Os ensaios realizados com os painéis, demonstraram o bom desempenho das paredes no que se refere à estrutura da moradia, sendo que a construção do protótipo confirmou a simplicidade e por consequência a rapidez, tão necessárias nos tempos atuais. A possibilidade de auto-construção a partir do fornecimento dos componentes é uma realidade, bem como a edificação simultânea em curto prazo. No confronto com outros sistemas alternativos de construção, mostrou-se competitivo quanto aos custos, desde que em um processo industrializado de fabricação e prescrição adequada dos materiais. Superior quanto à produtividade, na elevação das paredes e sem nenhuma sofisticação, quanto aos equipamentos, no canteiro de obras.

Com relação à habitabilidade, os ensaios e as inspeções locais conferiram à habitação os créditos necessários à satisfação dos moradores, quanto ao conforto higrotérmico e à salubridade. Podendo ainda ser melhorados com a adoção de um forro, ainda que leve. Quanto à acústica, apesar de não se ter estabelecido valores numéricos, através de ensaios, o trato diário com o protótipo mostrou não ser diferente da habitação convencional sem forro.

A destinação inicial para as moradias construídas através do sistema idealizado, premiava a auto-construção. Partindo da premissa que o futuro morador, possuindo o lote, adquirisse o conjunto de componentes construtivos para posterior ampliação ou mesmo o modelo completo e através de ajuda mútua erguesse a habitação. Após a construção do protótipo, confirmada a velocidade que o sistema imprimia à elevação das paredes e à montagem do telhado, ampliou-se o horizonte dos prováveis receptores da tecnologia proposta: os diversos órgãos públicos envolvidos em atendimentos sociais e emergenciais, tais como, desfavelamentos, remoção de população de áreas de risco ou de grupos de "sem teto" das, geralmente com trágicas consequências, invasões.

Apenas para citar um exemplo: se as prefeituras mantivessem, de acordo com sua capacidade, usinas de fabricação dos pré-moldados e da estrutura metálica da cobertura, quando dos eventos que necessitassem tratamento de emergência ou mesmo assentamentos planejados, com pequena locação de recursos da mão-de-obra, várias unidades habitacionais poderiam ser construídas em prazo reduzido.

Embasado nestas considerações finais e nos resultados obtidos, que acreditamos promissores, espera-se conscienciosamente que este trabalho tenha dado sua modesta contribuição para que se restabeleça, no nosso país, mais um dos direitos humanos: o direito à moradia.

10.1 PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE DAS PESQUISAS

Durante o desenvolvimento dos trabalhos, alguns canais foram abertos podendo se constituir em linhas de pesquisa que têm possibilidade de ser exploradas.

O estudo de armaduras alternativas para substituição das telas usuais, que foram empregadas nas placas de face e nos elementos de ligação, para reduzir os custos diretos, é um dos caminhos que devem ser trilhados.

Pode-se utilizar telas eletrosoldadas com fios mais espaçados, associadas a outras do tipo hexagonal ou de metal expandido para controle da fissuração ou mesmo somente tela de metal expandido^[21] como armadura principal. Telas com malhas mais abertas e argamassa com fibras de aço ondulado^[20], pode ser uma alternativa muito eficaz.

Painéis podem ser fabricados com as varias combinações e os estudos comparativos podem levar à otimização da armadura, quanto à segurança estrutural e aos custos.

Outro caminho a ser investigado é o do núcleo de espuma de poliuretano expandido, usado para união das placas de

face. Derivado do petróleo, o polimetano está atrelado aos preços internacionais do mesmo e vaga ao sabor das crises nas regiões produtoras. O Grupo de Química Analítica do Instituto de Física e Química de São Carlos-USP tem desenvolvido diversas pesquisas sobre a produção de espuma de poliuretano derivado de óleos vegetais, com excelentes resultados. Abre-se, portanto, um profícuo canal para pesquisas conjuntas, neste campo, não só para a fabricação de painéis tipo sanduíche utilizando esta tecnologia, como também de outros componentes do sistema construtivo.

O sistema construtivo das paredes, permite o intercâmbio com forros leves industrializados e convencionais, como também com as coberturas usuais. Pesquisas podem ser desenvolvidas com coberturas auto portantes de argamassa armada, pré-moldadas, que poderão eliminar a estrutura do telhado e até mesmo o forro, sem contudo eliminar a possibilidade de evolução horizontal que o embrião apresenta. Essa solução poderá balancear a inércia térmica da construção, abrindo-se aí novos campos de trabalho no que se refere ao conforto térmico. Os estudos poderão ser iniciados com a determinação dos dias típicos de inverno e verão para a região de São Carlos, com o que poderiam ser feitas as avaliações para os diversos tipos de forro e cobertura.

Os painéis foram desenvolvidos tendo em vista a habitação popular de um pavimento. Porém os resultados obtidos nas avaliações a que foram submetidos, fornecem as credenciais para propor a ampliação das pesquisas rumo às edificações de dois pavimentos e quiçá, até mais pretenciosas.

Finalmente, encerrando estas considerações, espera-se que a continuidade da pesquisa, aqui sugerida, possa aprimorar o sistema construtivo proposto, reduzindo os custos e aumentando as condições de bem estar dos usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SAMPAIO, M.C.S. "Dimensionamento e organização do espaço interno da moradia popular na periferia de São Paulo". São Carlos, 1988. 166p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Planejamento) - Escola de Engenharia de São Carlos - USP.
2. SILVA, R.S.N. Estudos de habitações destinadas à pessoas de baixa renda: visando as condições mínimas de habitabilidade sob o aspecto de conforto térmico. São Carlos: SAP-EESC, 1986. 648p. (Relatório de pesquisa).
3. DEZ alternativas tecnológicas para habitação. Brasília: MINTER/PNUD, 1989. 376p. (Projeto BRA 85/005)
4. CIMENTO & CONCRETO, ABCP, v.20, nº.113, março/abril, 1990.
5. INDÚSTRIA reúne aço e concreto poroso para criar casa popular. Construção Hoje, 31 agosto, 1989, p.10.
6. SARAMAGO, G.S. Sistema construtivo E.A. Construção, São Paulo, p.27-28, 1990. (Encarte técnico ABCI/PINI, Construção Industrializada, 14).
7. ROBLES-AUSTRIACO, L. et al. Prefabricated ferrocement housing worldwide. Journal of Ferrocement, v.13, nº.1, p.43-60, Jan. 1983.

8. PETRONI, L., FERREIRA, O.P. Relatório da primeira fase do Convênio SEH/014/86 de 24/11/86. São Carlos: EESC, 1986.
9. GOKHALE, V.G. System built ferrocement housing. Journal of Ferrocement, v.13, n.1, p.37-42, Jan. 1983.
10. CHANG, W.F. The prototype factory-built ferrocement home. Journal of Ferrocement, v.13, n.1, 73-76, Jan. 1983.
11. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Avaliação de desempenho de habitações térreas unifamiliares. São Paulo: IPT/DEd, 1981. 107p. (Documento preliminar).
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e execução de argamassa armada: NBR-11173. Rio de Janeiro, 1990, 19p.
13. OERTEL, G., ed. Polyurethane handbook: chemistry, raw materials, processing, application, properties. Munich: Hanser, 1985. 626p.
14. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares: manual de procedimentos para avaliação: São Paulo, IPT/DEd, 1987. (IPT-1732).
15. KOENIGSBERGER, O.H. et alii. Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Madrid: Paraninfo, 1977.

16. MARTUCCI, R. Planejamento de obras: estudo de uma metodologia de intervenção do homem no meio ambiente. São Carlos, 1975. 107p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos-USP.
17. SÃO PAULO. SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS. Manual técnico do Departamento de Edifícios e Obras Públicas. São Paulo, 1972. 506p.
18. TABELA de composições de preços para orçamentos. 7.ed. São Paulo: PINI, 1980. (TCP07).
19. CONSTRUÇÃO, São Paulo, v.44, nº.2247-2248, março, 1991.
20. SILVA, L.F. Comportamento à flexão de placas de argamassa armada com fibras de aço onduladas. São Paulo, 1990, 145p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da USP.
21. LIMA, F.B. Estudo experimental de elementos de argamassa armada com tela de chapa de aço expandida. São Carlos, 1990. 136p. + ap. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos - USP.
22. CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO (CEPED). Programa Tecnologias da Habitação (THABA). Manual de construção com solo-cimento. 3.ed. atual. São Paulo: ABCP, 1984. 147p.
23. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. manual técnico de alvenaria. São Paulo: ABCI/PROJETO, 1990. 280p.

24. Casas de concreto celular: Cimento & concreto. ABCP, v.20, no. 115, p.4-5, jul/ago. 1990.
25. GETHAL-STEIDLE S.A. Informações técnicas relativas ao processo de execução de casas populares com concreto celular.
26. AGNESINI, M.V.C. Sistema construtivo com elementos pré-fabricados de argamassa armada: uma alternativa para a execução de pontilhões rodoviários em zonas urbanas e estradas vicinais. São Carlos, 1989. Tese (Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- ALLEN, H.G. Analysis and design of structural sandwich panels. London: Pergamon Press, 1969. 283p.
- AMBACHER, P. Framed ferrocement Journal of Ferrocement 13(1), v.13, no.1, p.83-85, Jan. 1983.
- ANDRADE, J.Q. Instalações de hidráulica e de gás. Rio de Janeiro/São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1980. 101p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado; NBR 9062/85. Rio de Janeiro: ABNT, 1985. 66p.
- AZEREDO, H.A. O edifício até sua cobertura. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. 182p. (Prática da Construção Civil).
- BACELLAR, R.H. Instalações hidráulicas e sanitárias: domiciliares e industriais. 2.ed. São Paulo: MacGraw-Hill do Brasil, 1983. 282p.

- BARBOSA, J.J. Experimentação em argamassa leve de argila expandida. São Carlos, 1984. 168p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos - USP.
- BASSO, A. et alii Ambiente sanitário. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTALAÇÕES PREDIAIS (INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS II), São Paulo, 17-18 set. 1987.
- BATISTA, A.P.C, CUNHA, R.D.A. Estudo de misturas de cimento, areia e pedrisco: microconcretos resistentes à tração. São Carlos, EESC, 1988, 34p. (Trabalho apr. à disciplina "Seminários sobre Tecnologia da Argamassa Armada").
- BUSH, A. Construction modules for roofs and walls. Journal of Ferrocement, v.13, nº.1, p.69-72, Jan. 1983.
- CAMARGO, A.R. Industrialização das construções no Brasil: um estudo de viabilidade econômica, social e tecnológica. São Carlos: EESC-USP, 1971. (Relatório FAPESP).
- CONTADOR, J.C. Técnicas de caminho crítico: PERT, CPM, outras. São Carlos, EESC-USP, 1976. 64p.
- CREDER, H. Instalações hidráulicas e sanitárias. 2.ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1977. 439p.
- DESAYI, P. et alii Ferrocement precast elements for roofing of low-cost housing. Journal of Ferrocement. v. 13, nº.1, p.19-30. Jan.1983.

FUNDAÇÃO PREFEITO FARIA LIMA, São Paulo, Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal. Estudo de normas legais de edificação e urbanismo adequadas às áreas de assentamento subnormais ou de baixa renda. Rio de Janeiro: BNH/DEPEA, 1982. 303p.

GIONGO, J.S. Exemplo prático de dimensionamento. São Paulo: ABCP, 1988. 28p. (Curso básico intensivo de argamassa armada).

HANAI, J.B. Construções de argamassa armada: situação perspectivas e pesquisas. São Carlos, EESC, 1981. 300p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

HIRSCHFELD, H. Edificações e seus custos em conjuntura inflacionária. São Paulo, 1977. 105p.

INDUSTRIALIZACION de la vivienda. CINVA Boletín Informativo. Bogotá, abril, 1970.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de tipologias de projeto e de racionalização das intervenções por ajuda mútua. São Paulo: IPT/DEd, 1987. 121p.

KONCZ, T. Manual de la construccion prefabricada: con elementos de hormigón armado y pretensado construccion, calculo y ejecución. 2ed. Madrid: Hermann Blume, 1975. 3v.

LAMBERTS, R. Desempenho térmico de coberturas leves com ático: bancada de testes e modelo matemático. Porto Alegre, 1983. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MARQUES FERREIRA, E.A. Caracterização climática da cidade de São Paulo: determinação dos dias típicos de projeto. São Carlos: EESC-USP, 1990. 70p. (Trabalho apresentado para a disciplina "Conforto Térmico").

NEUFERT, E. Arte de projetar em arquitetura. São Paulo: Gustavo Gili do Brasil, 1965. 432p.

OLGYAY, V Design with climate. 4ed. Princeton: Princeton University Press, 1973. 190p.

SATO, N.M.N. Modelo para cálculo de temperaturas e fluxos de calor em coberturas. Tecnologia de Edificações, n.2, p.65-68, 1985. (Encarte técnico IPT/DEd 38).

SOARES, A.S. Técnica PERT. Micro Sistemas, p.20-29, abril, 1985.

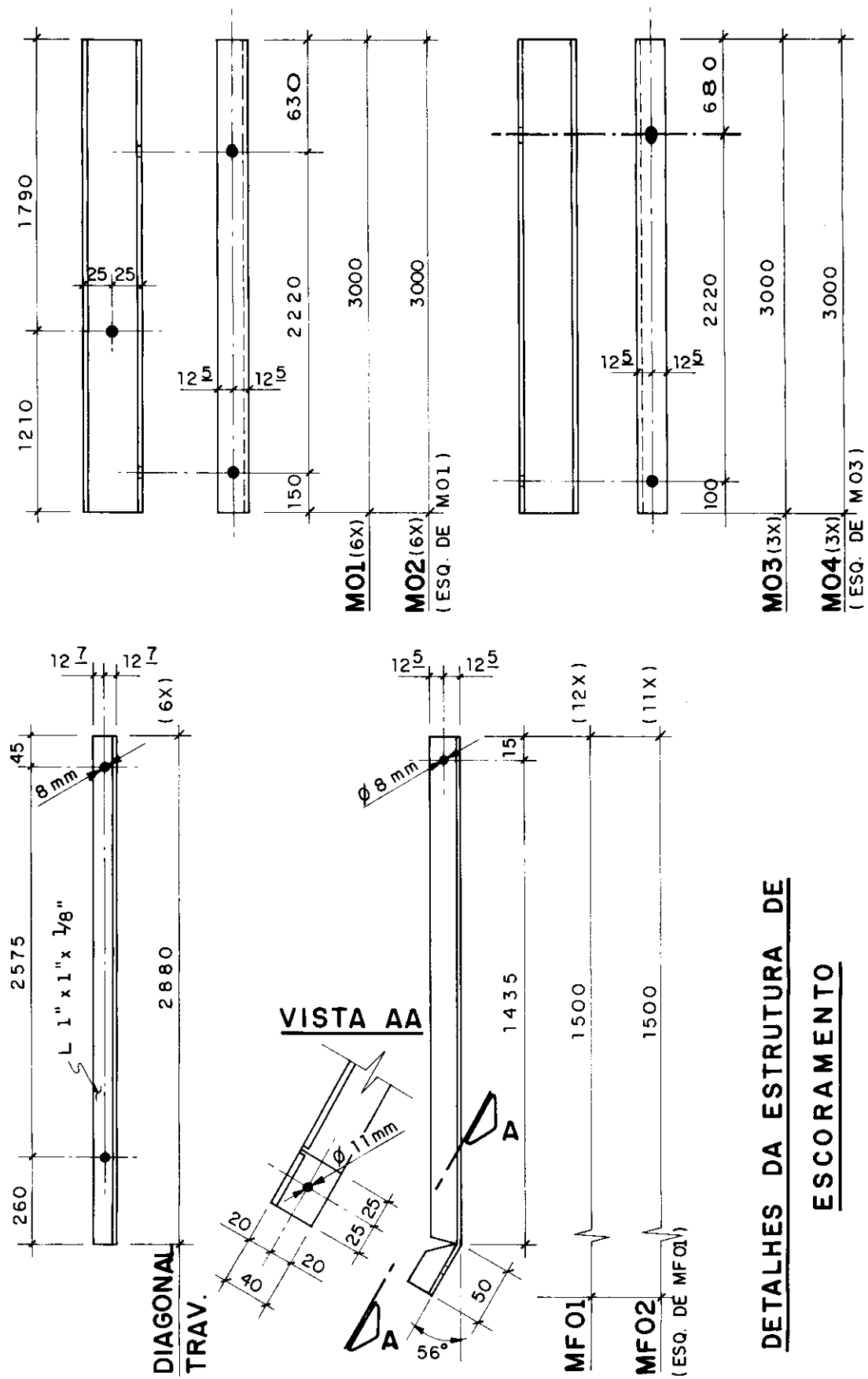
TAUIL, C.A., RACCA, C.L. Alvenaria armada. São Paulo: Projeto, 1981. 119p. (Racionalização da construção, nº.1).

TUBOS BRASILIT. Manual de instalações hidráulicas e sanitárias. 2.ed. São Paulo, s.d.

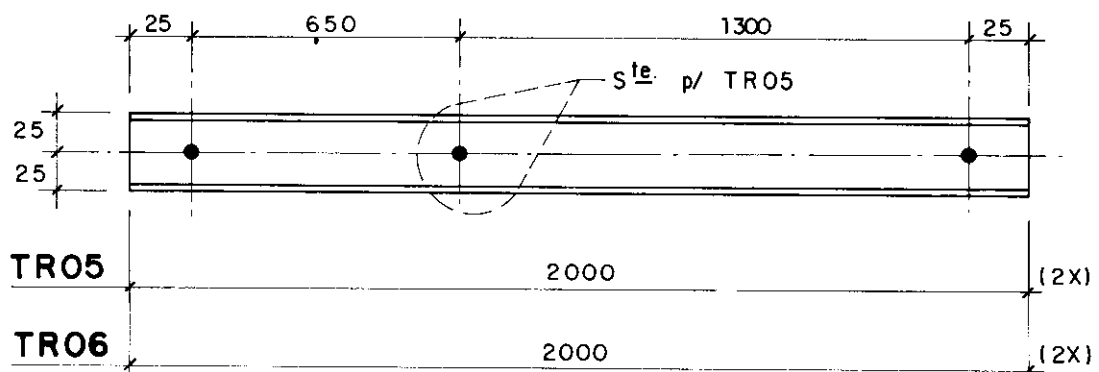
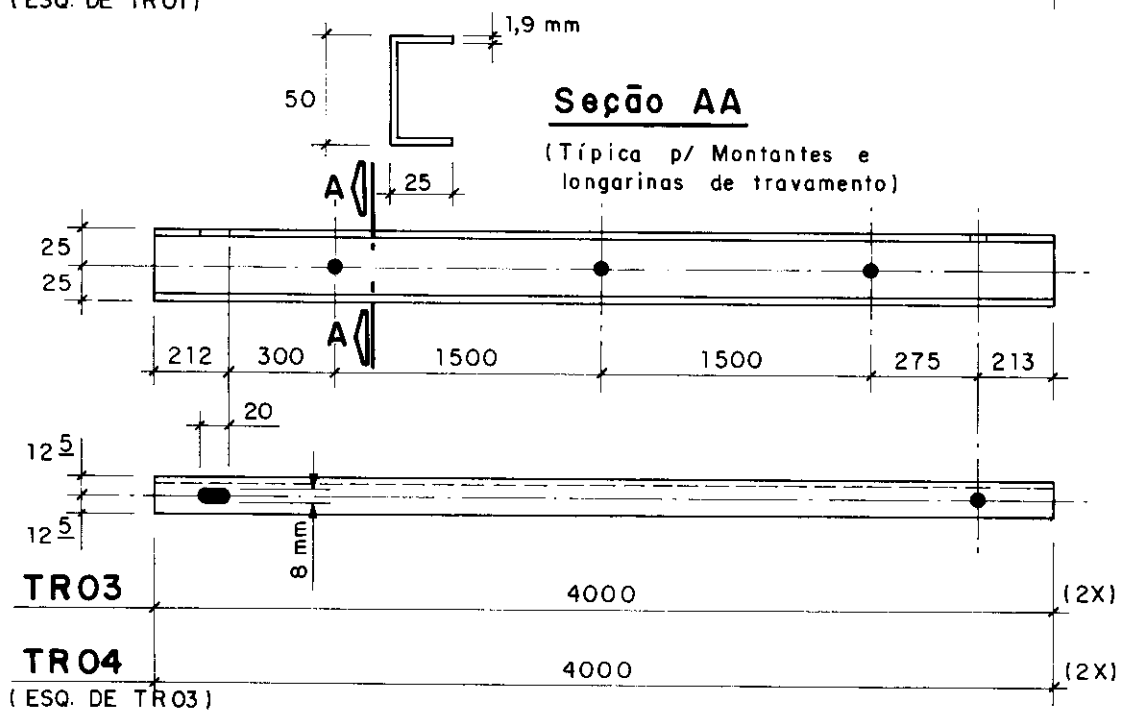
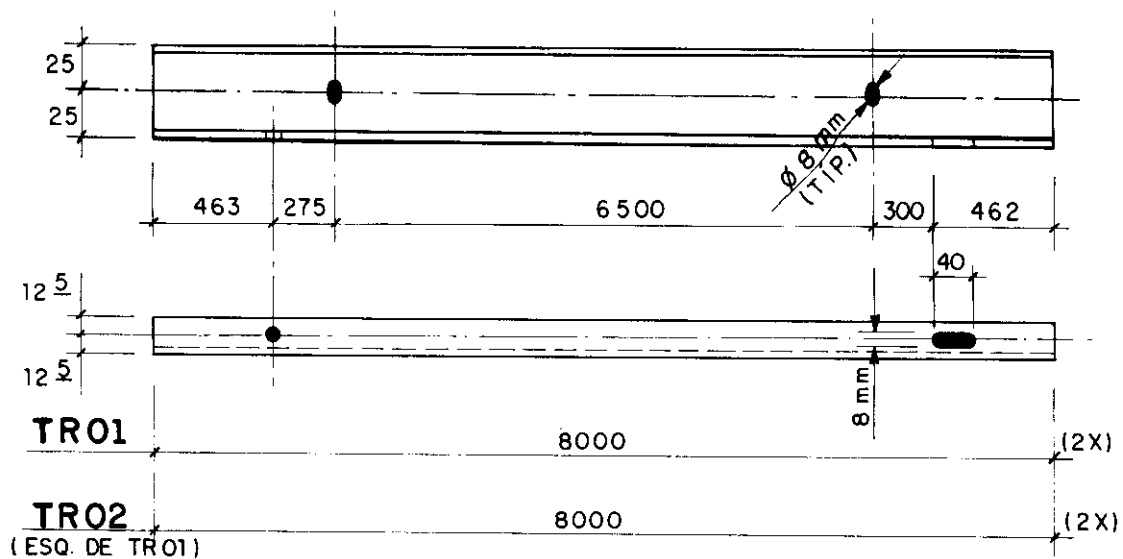
TUBOS E CONEXÕES TIGRE. Manual técnico de instalações hidráulicas e sanitárias Tigre. 2.ed. São Paulo: Pini, 1987.

ANEXO A
ELEMENTOS METÁLICOS

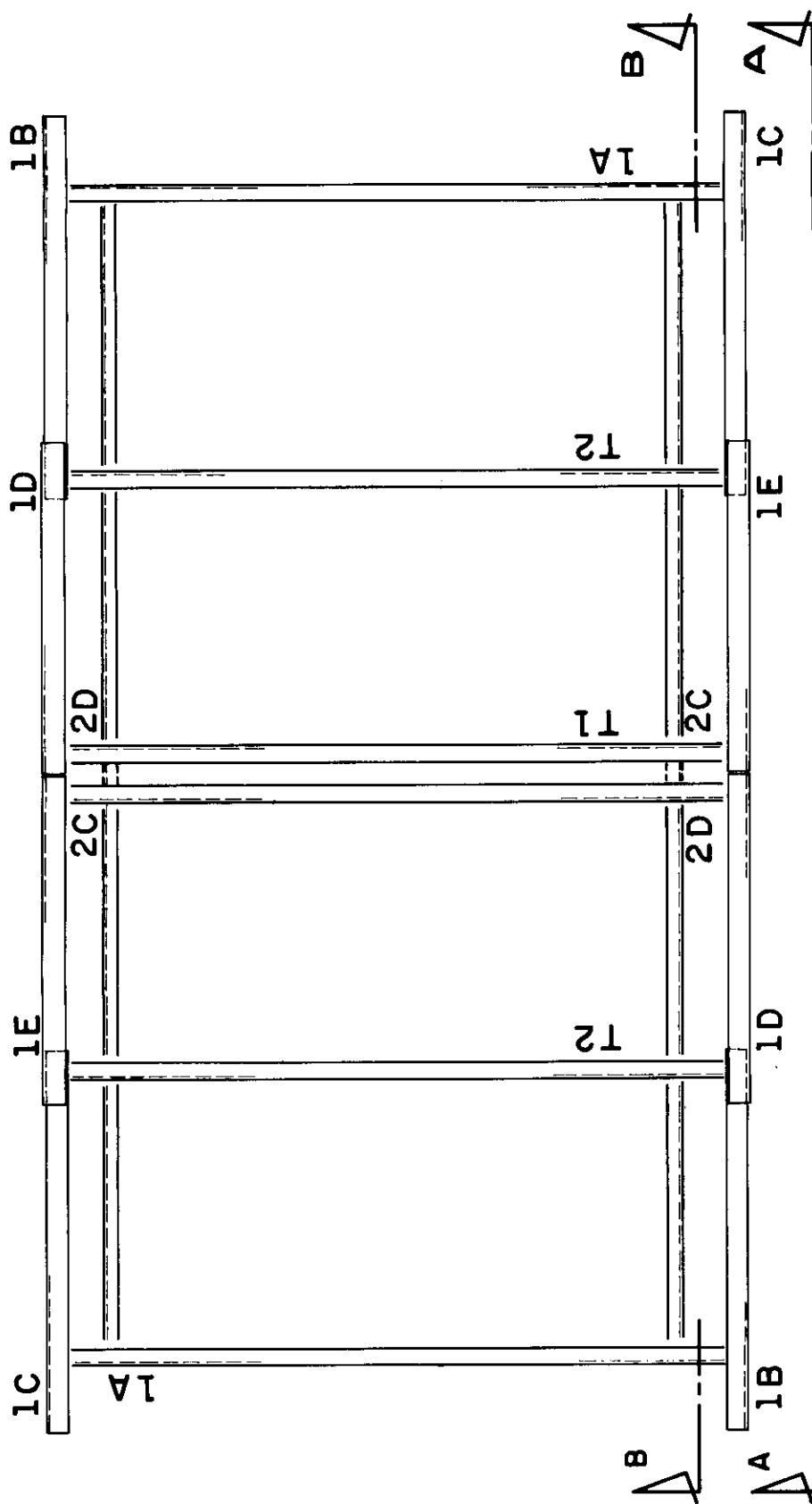
ESTRUTURA AUXILIAR DE MONTAGEM
ESTRUTURA DA COBERTURA



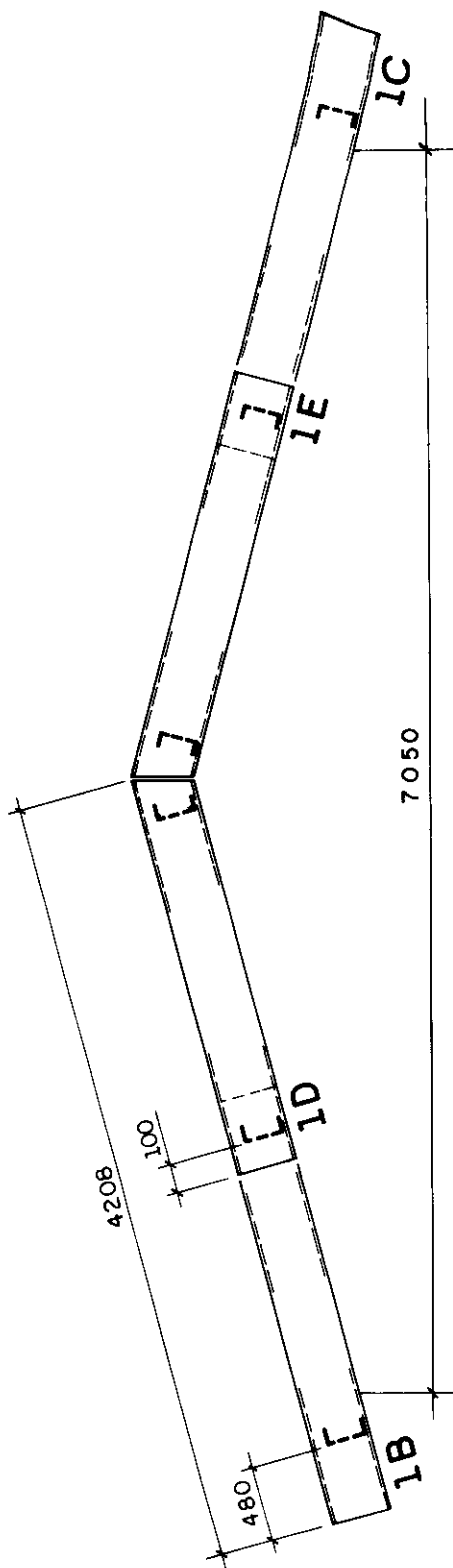
DETALHES DA ESTRUTURA DE
ESCORAMENTO



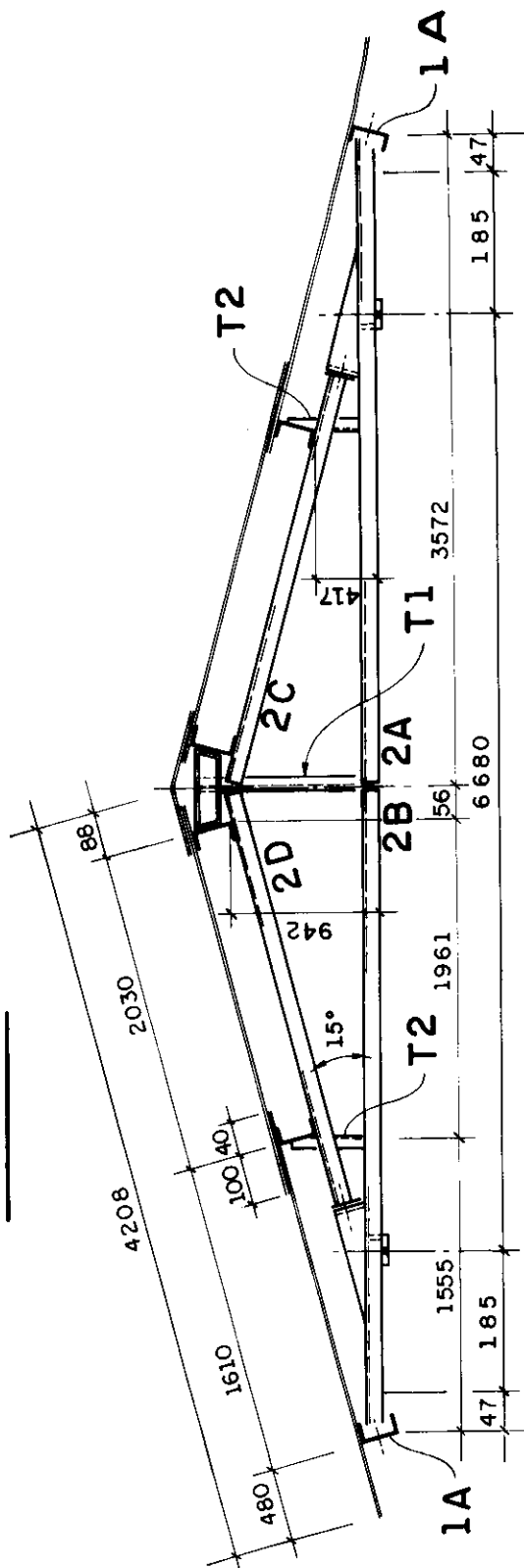
DETALHES DA ESTRUTURA DE ESCORAMENTO



PLANO DAS TERÇAS

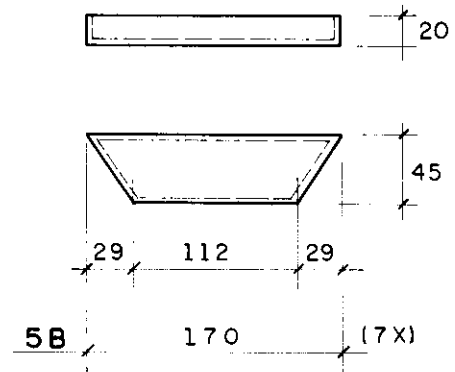
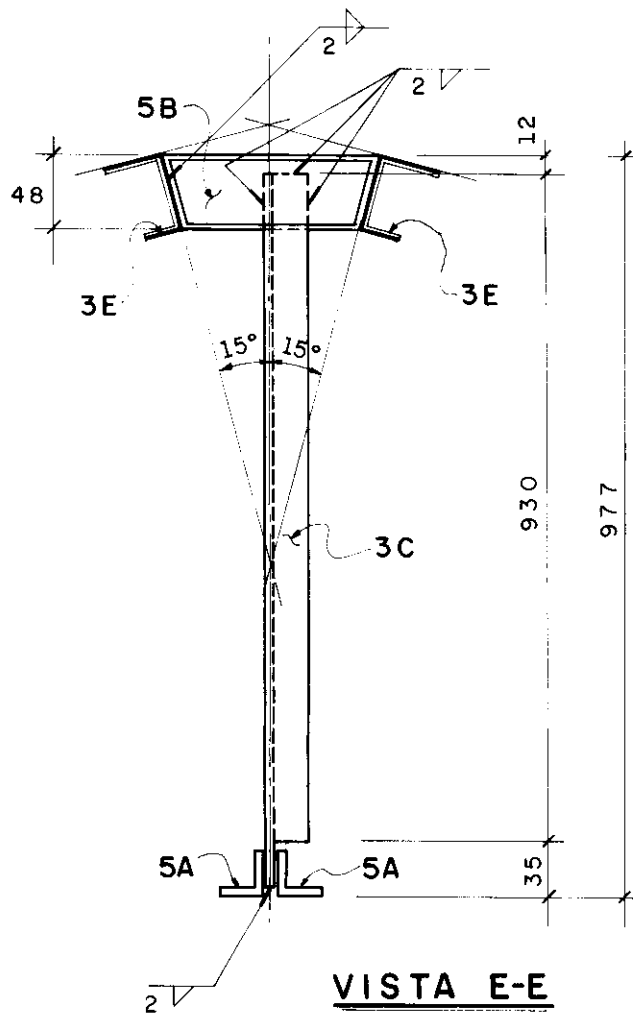
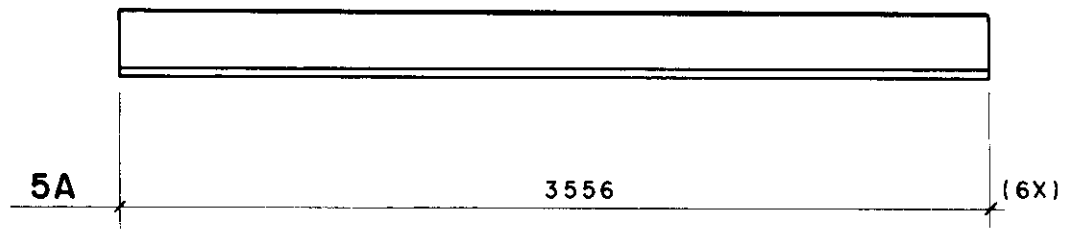


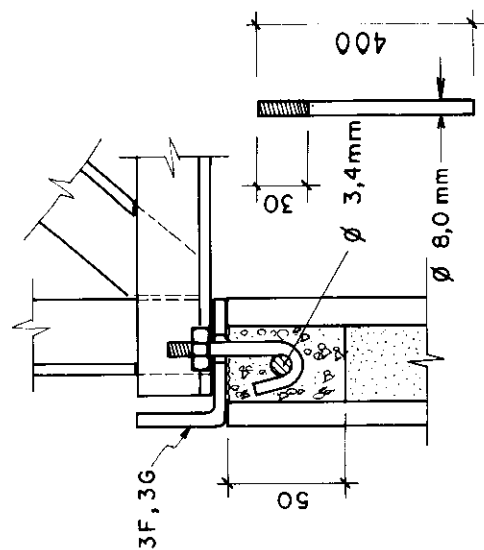
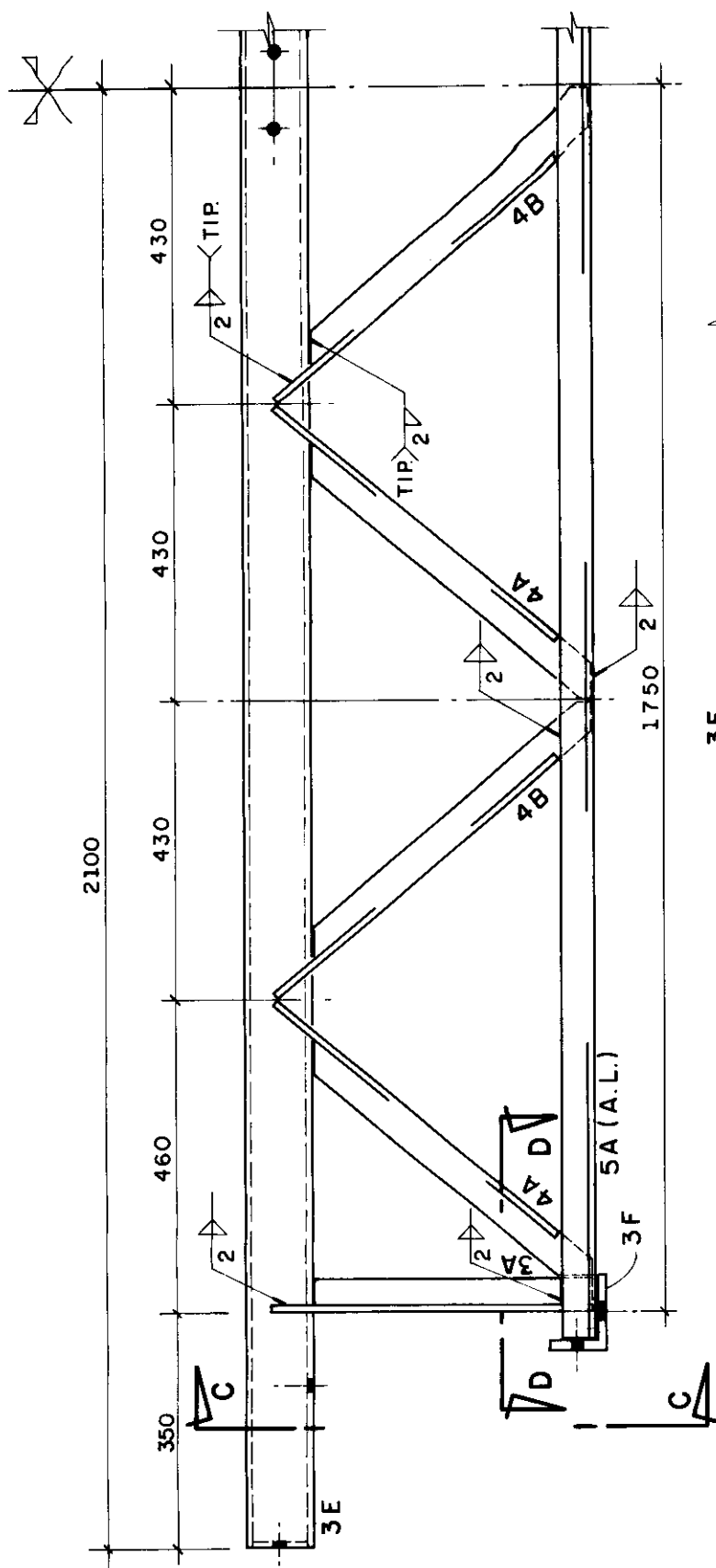
VISTA AA



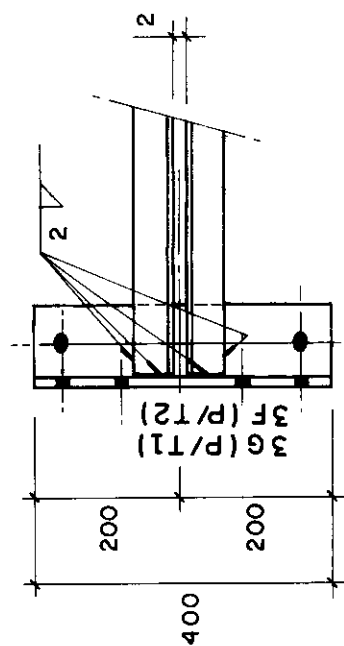
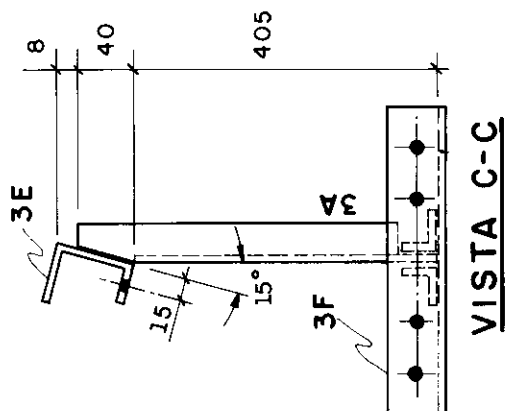
CORTE BB



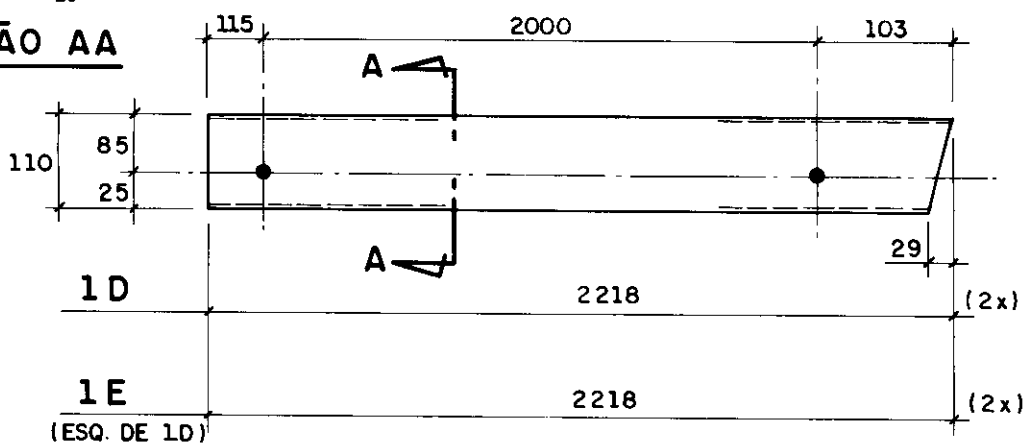
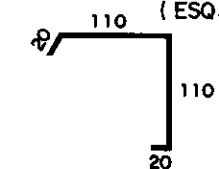
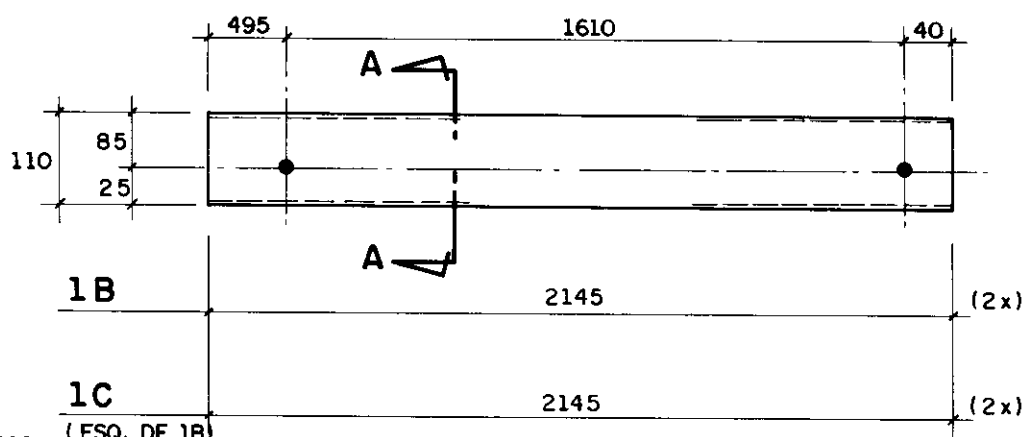
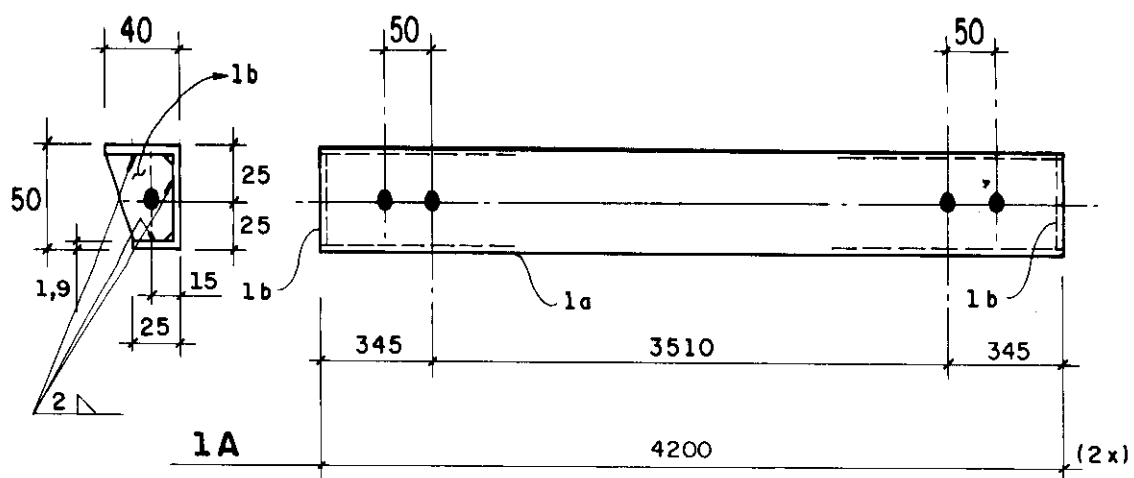




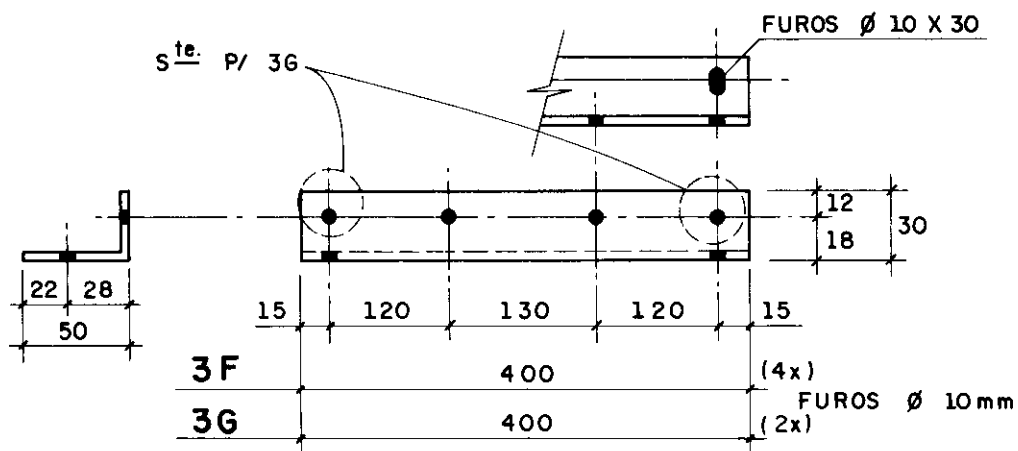
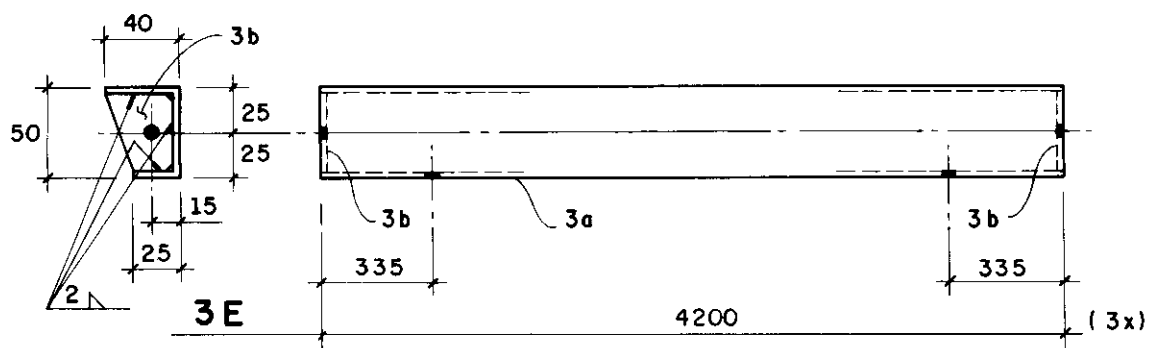
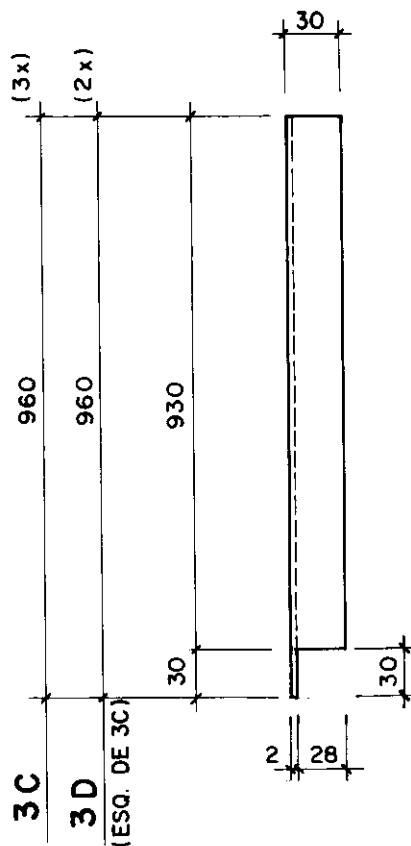
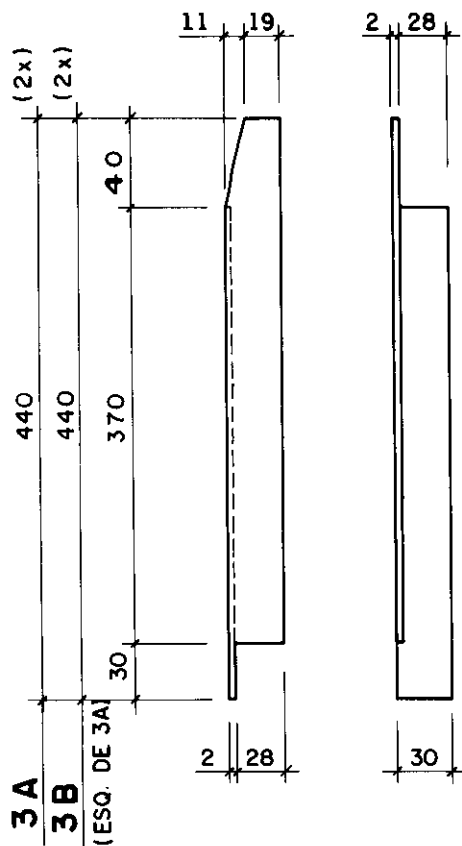
DET. DOS GANCHOS
DE FIXAÇÃO (16x)

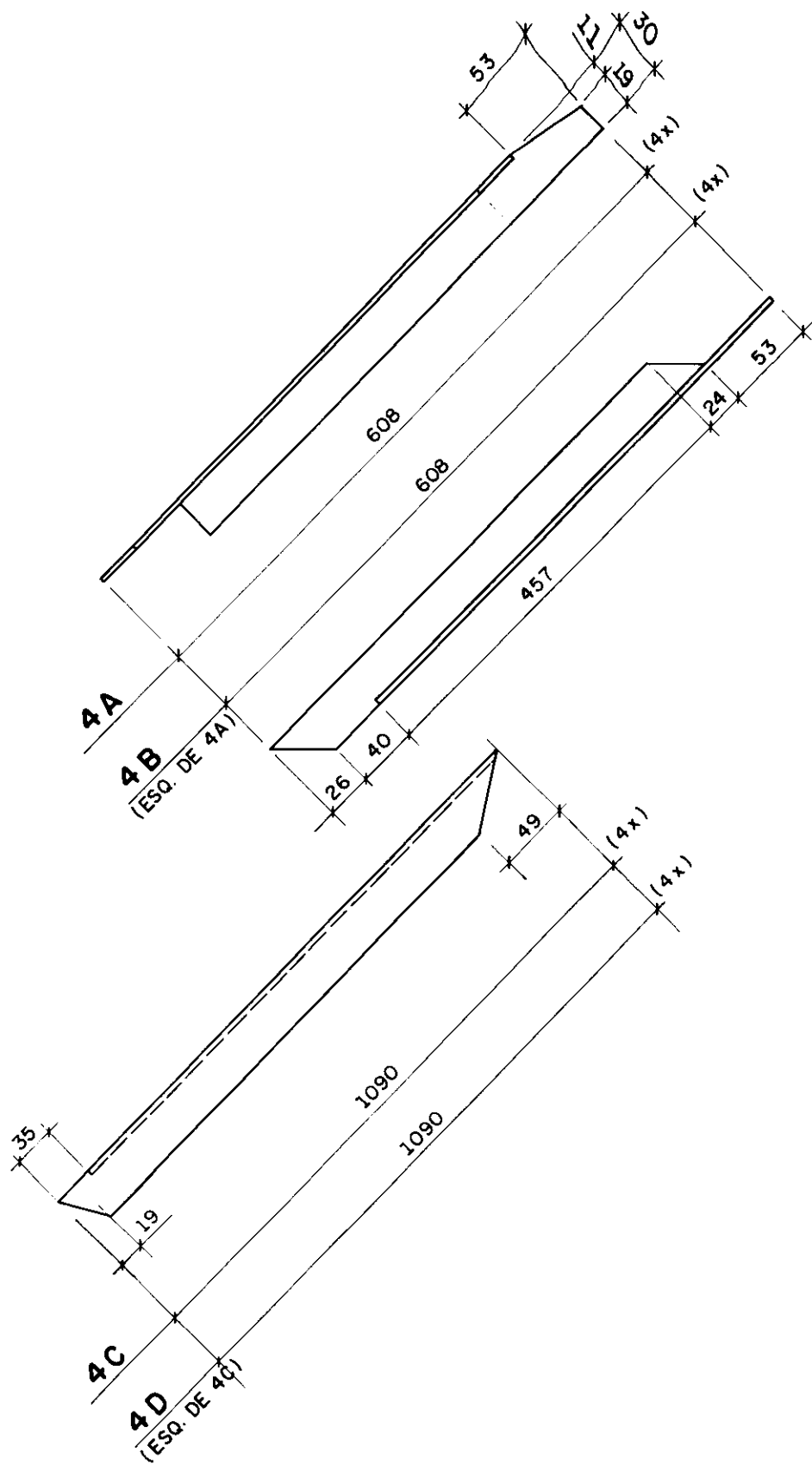


TRELIÇA T2 (2x)



FUROS $\varnothing$ 10 mm





ANEXO B
LEITURA DAS TEMPERATURAS

- SÉRIE 1 — PORTAS E JANELAS FECHADAS.
SÉRIE 2 — PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS.
SÉRIE 3 — PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS,
PORTA DA SALA ENTREABERTA.

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUAÇÃO: PORTAS E JANELAS FECHADAS

DATA: 02/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE				
	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
TERM.																			
HORA	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1				
7	19.5	18.0	85	19.5	18.0	85	19.5	19.5	20.5	20.5	20.5	20.0	19.5	20.5	20.0				
8	20.5	19.0	85	21.5	19.5	81	21.5	21.0	21.5	22.5	22.5	22.0	21.5	22.5	21.5				
9	23.5	20.5	73	25.0	21.0	67	25.0	23.5	24.5	25.5	25.0	24.5	24.5	25.5	24.0				
10	25.0	20.0	60	27.0	21.0	56	27.0	25.5	26.0	27.5	27.0	26.5	26.5	27.0	25.5				
11	26.0	21.0	61	28.0	22.0	57	28.0	26.5	27.0	28.5	28.0	27.5	27.5	28.5	26.5				
12	26.5	21.0	59	29.0	22.5	56	29.0	29.0	28.5	29.5	29.0	28.5	29.0	29.5	28.0				
13	27.5	22.0	66	31.5	24.0	54	31.5	29.0	28.5	31.0	30.5	29.5	30.5	30.5	29.5				
14	28.0	22.0	57	32.0	24.0	51	32.0	29.5	29.0	31.0	30.5	29.5	31.0	31.0	29.0				
15	28.5	22.0	55	32.0	24.0	51	32.0	29.5	30.0	32.0	30.5	29.5	31.5	30.5	29.0				
16	28.0	22.0	57	30.0	24.0	61	30.0	28.5	28.5	30.0	29.5	28.5	30.0	30.0	28.5				
17	27.5	22.0	60	29.0	23.0	59	29.0	28.0	28.0	29.0	28.5	28.0	29.0	29.0	28.0				
18	26.5	22.0	66	28.0	23.0	65	28.0	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	28.0	28.5	27.0				
19	24.5	21.0	70	26.0	22.0	68	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.5	26.5	26.0				
20	23.0	20.5	77	25.0	21.0	67	25.0	24.5	25.0	24.5	25.0	24.5	25.5	25.5	24.5				

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUAÇÃO: PORTAS E JANELAS FECHADAS

DATA: 03/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE				
	TBS	TBU	U(°C)	TBS	TBU	U(°C)	1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1
TERM.	1		3	3		3	4	5	6	7	8	9	10	11					
HORA	TBS	TBU	U(°C)	TBS	TBU	U(°C)	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1
7	18.5	18.0	95	19.0	18.0	89	19.0	19.0	20.0	19.5	20.5	20.0	19.5	20.0	19.5	19.5	20.0	19.5	19.5
8	19.0	18.5	95	19.5	18.5	90	19.5	19.5	20.0	20.5	20.5	20.0	20.0	20.5	20.0	20.0	20.5	20.0	20.0
9	22.5	21.0	86	22.0	21.0	90	22.0	21.5	22.0	22.5	22.5	22.0	22.0	22.5	21.5	22.0	22.5	21.5	21.5
10	25.0	22.0	74	26.0	22.5	72	26.0	24.0	24.0	26.0	25.0	24.0	24.5	24.5	23.5	24.5	24.5	23.5	23.5
11	25.0	21.5	71	27.0	23.0	70	27.0	25.5	25.0	26.5	26.0	25.0	26.0	26.0	25.0	26.0	26.0	25.0	25.0
12	27.0	21.5	60	29.0	24.5	70	29.0	26.5	26.0	28.5	27.5	26.0	28.0	27.5	26.0	28.0	27.5	26.0	26.0
13	27.0	21.0	56	30.0	25.5	71	30.0	27.5	27.0	29.5	28.0	27.0	28.5	28.5	26.5	28.5	28.5	26.5	26.5
14	27.5	22.0	60	30.0	24.0	61	30.0	28.0	27.0	29.5	28.5	27.5	29.0	29.0	27.0	29.0	29.0	27.0	27.0
15	27.5	21.5	59	30.0	23.5	58	30.0	28.0	27.0	29.5	29.0	28.0	29.0	29.5	27.5	29.0	29.5	27.5	27.5
16	28.0	22.5	61	30.5	24.0	59	30.5	28.0	27.5	30.0	29.0	28.0	29.5	29.5	27.5	29.5	29.5	27.5	27.5
17	27.5	22.0	60	29.5	23.5	60	29.5	28.0	27.5	29.0	28.5	28.0	29.5	29.0	27.5	29.5	29.0	27.5	27.5
18	25.5	22.0	71	27.5	22.5	64	27.5	27.0	26.5	27.0	27.0	26.5	27.5	27.5	26.5	27.5	27.5	26.5	26.5
19	23.5	21.0	77	25.5	22.0	71	26.0	25.5	25.0	25.5	25.5	25.0	26.0	25.5	25.0	26.0	25.5	25.0	25.0
20	22.5	20.5	81	24.5	21.0	70	24.5	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.5	24.5	24.0	24.5	24.5	24.0	24.0

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRAOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUAÇÃO: PORTAS E JANELAS FECHADAS

DATA: 07/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE				
	TBS	TBU	U(°C)	TBS	TBU	U(°C)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
TERM.	1				3														
11	26.0	21.0	61	29.0	22.5	56			29.0	27.5	27.5	29.0	28.5	28.0	28.5	28.5	27.0		
12	27.0	22.0	63	31.0	23.5	53			31.0	28.5	28.5	30.5	29.5	29.0	30.0	30.0	28.5		
13	28.0	22.0	57	31.0	23.5	53			31.0	29.5	29.5	30.5	30.0	30.0	30.5	30.5	29.0		
14	28.5	22.5	59	31.0	24.0	56			31.0	29.5	29.5	30.5	30.5	30.0	30.5	30.5	29.5		
16	27.5	22.0	60	30.0	23.5	58			30.0	29.0	29.0	29.0	29.5	29.0	30.0	30.0	28.5		
17	26.5	22.5	69	29.0	23.5	63			29.0	28.0	28.0	28.5	28.5	28.0	29.0	28.5	27.5		
18	26.0	23.0	76	28.0	23.5	68			28.0	27.0	27.0	27.5	27.5	27.0	27.5	27.5	27.0		
19	24.0	22.0	81	26.0	22.5	72			26.0	25.5	25.5	25.5	26.0	25.5	26.5	26.5	25.5		
20	23.0	22.0	90	25.0	22.5	78			25.0	25.0	25.0	25.0	25.5	25.0	25.5	25.5	25.0		

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRAOS)

RECINTO: SALA AREA: 12,25 m2 SITUACAO: PORTAS E JANELAS FECHADAS

DATA: 08/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TERM.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11									
HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11									
7	20.0	19.0	89	21.0	19.0	80	21.0	20.0	22.0	21.0	21.0	22.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
8	20.5	19.5	90	21.5	19.5	81	21.5	19.5	22.0	22.0	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
9	23.0	21.0	81	23.0	21.5	86	23.0	22.0	23.0	23.5	22.5	23.0	23.0	23.5	23.0	23.0	23.5	23.0	23.5	23.0
10	23.5	21.5	81	25.0	21.5	71	25.0	24.0	24.5	25.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.0	24.5	24.5	24.0	24.5	24.0
11	25.5	22.5	75	28.0	24.0	71	28.0	26.0	26.0	27.5	26.5	26.5	26.5	27.0	27.5	26.0	27.5	26.0	27.5	26.0
12	26.5	23.0	73	30.0	25.5	71	30.0	28.5	27.0	29.5	28.0	27.5	28.0	28.5	27.5	29.0	28.5	27.5	28.5	27.5
13	26.5	22.5	69	29.5	24.0	64	29.5	28.5	28.0	29.0	28.5	28.5	28.0	28.5	28.0	29.0	28.5	28.0	28.5	28.0
14	22.0	21.0	90	26.5	22.5	69	26.5	26.5	25.5	25.5	26.0	25.5	25.5	26.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5
15	22.5	20.5	81	26.0	22.0	68	26.0	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	26.0	26.5	25.5	26.0	26.5	25.5	25.5
16	24.0	21.5	77	26.5	22.5	69	26.5	25.5	26.0	26.5	26.5	25.5	25.5	26.0	26.5	25.5	26.0	26.5	25.5	25.5
17	26.0	22.0	68	26.5	22.5	69	26.5	25.5	26.0	26.5	26.5	26.0	26.0	26.5	26.5	26.0	26.5	26.5	26.0	26.0
18	25.5	22.5	75	26.5	23.0	73	26.5	25.5	26.0	26.5	26.5	26.0	26.0	26.5	26.5	26.0	26.5	26.5	26.0	26.0
19	23.5	22.0	86	25.0	22.0	74	25.0	25.0	25.0	25.0	25.5	25.0	25.0	25.5	25.5	25.0	25.5	25.5	24.5	24.5
20	22.0	21.0	90	24.0	21.5	77	24.0	24.0	24.0	23.5	23.5	23.5	23.5	24.5	24.5	23.5	24.5	24.5	23.5	23.5

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRAOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUAÇÃO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS

DATA: 09/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE				
	TES	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TERM.	1				3														
HORA	TES	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1
7	20.0	19.5	95	21.0	19.0	80	21.0	20.5	21.5	22.5	21.5	21.0	21.0	21.5	21.0	21.0	21.5	21.0	21.0
8	23.0	21.0	81	23.0	21.0	81	23.0	22.0	23.0	23.5	23.5	23.0	23.5	23.5	23.0	22.0	23.0	22.0	22.0
9	25.5	21.5	68	26.0	22.5	72	26.0	25.0	25.0	26.5	26.0	25.5	26.5	26.0	25.5	25.0	25.5	24.5	24.5
10	26.5	22.5	69	28.5	24.0	69	28.5	26.5	26.5	27.5	27.0	26.5	27.5	27.0	26.5	27.0	27.0	25.5	25.5
11	26.5	22.0	66	29.0	24.0	66	29.0	27.5	27.0	28.0	28.0	27.5	28.0	28.0	27.5	28.0	28.0	26.5	26.5
12	28.0	22.5	61	31.5	24.0	54	31.5	29.5	28.5	30.0	29.5	29.0	30.0	29.5	28.5	30.0	29.5	28.5	28.5
13	28.0	22.0	57	32.5	23.5	47	32.5	30.5	30.5	32.5	31.0	30.5	32.5	31.0	30.5	31.5	31.0	29.5	29.5
14	28.0	21.0	51	31.5	23.0	48	31.5	30.5	30.0	30.5	30.5	30.0	30.5	30.5	30.0	31.5	30.5	29.5	29.5
15	29.0	22.0	53	32.5	24.0	49	32.5	30.5	30.0	31.5	31.0	31.5	31.5	31.0	31.5	32.0	31.5	30.0	30.0
16	30.5	23.5	55	32.5	24.5	52	32.5	31.0	30.0	30.5	31.0	30.5	30.5	31.0	30.5	32.0	31.5	30.0	30.0
17	28.0	23.0	65	30.0	24.0	61	30.0	29.5	29.0	29.5	29.5	29.0	29.5	29.5	29.0	30.5	30.0	28.5	28.5
18	26.0	22.0	68	28.0	22.5	61	28.0	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	28.5	28.5	27.0	27.0
19	25.0	21.5	71	26.5	22.0	71	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	27.0	27.0	26.0	26.0
20	24.0	21.0	72	25.5	22.0	71	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	26.0	26.0	25.0	25.0

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUACAO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS

DATA: 10/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE				
	1		3		3	4	5	6	7	8	9	10	11		1.1	0.6	0.1		
TERM.																			
HORA	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1				
7	21.0	19.0	80	21.0	19.0	80	21.0	20.0	22.0	21.5	21.5	21.5	21.0	21.5	22.0				
8	23.0	20.5	77	23.0	20.0	72	23.0	22.5	23.5	23.5	23.5	23.5	22.5	23.5	22.5				
9	24.0	20.5	69	25.5	21.0	64	25.5	24.5	25.0	25.5	25.5	25.5	24.5	25.5	24.5				
10	26.0	21.5	65	28.0	22.5	61	28.0	26.5	27.0	28.5	28.5	27.0	27.0	27.5	26.5				
11	27.0	22.0	63	30.0	23.0	54	30.0	28.0	28.5	29.5	29.0	28.5	28.5	29.0	27.5				
12	27.5	22.5	64	30.5	23.5	55	30.5	28.5	28.5	30.0	30.0	29.0	30.0	30.0	28.5				
13	28.0	22.0	57	31.0	23.0	50	31.0	29.5	29.0	29.5	28.5	29.0	30.0	28.5	28.0				
14	28.5	22.0	55	31.5	23.5	51	31.5	30.0	30.0	30.5	30.0	31.5	31.0	30.5	29.5				
15	30.0	22.5	52	32.5	23.5	47	32.5	30.5	31.0	31.5	30.5	30.5	31.5	30.5	30.0				
16	30.5	23.5	55	32.0	24.0	51	32.0	30.5	30.0	31.5	30.5	30.5	32.0	31.5	30.0				
17	29.0	22.0	53	31.0	23.0	50	31.0	30.5	30.0	30.5	30.0	30.5	31.0	30.5	29.5				
18	28.0	23.0	65	29.5	23.5	60	29.5	28.5	28.0	28.5	28.0	28.0	29.0	28.5	27.5				
19	25.0	22.5	78	27.0	23.0	70	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.5	27.5	26.5				
20	25.0	22.0	74	26.0	22.5	72	26.0	26.0	26.5	26.0	26.5	26.0	26.5	26.5	26.0				

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRAOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUAÇÃO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS

DATA: 12/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE				
	1		3		3	4	5	6	7	8	9	10	11						
TERM.	TBS	TRU	U(%)	TBS	TRU	U(%)	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1
HORA	TBS	TRU	U(%)	TBS	TRU	U(%)	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1
7	21.0	19.0	80	21.0	19.0	80	21.0	21.0	22.0	21.5	20.5	21.5	21.5	22.0	21.5	21.5	22.0	21.5	21.5
8	23.5	20.5	73	23.5	20.0	69	23.5	22.5	24.0	23.0	23.5	23.5	23.0	23.5	22.5	23.0	23.5	22.5	22.5
9	25.0	21.0	67	26.0	21.5	65	26.0	25.5	26.0	26.5	26.0	26.0	25.5	26.5	25.0	25.5	26.5	25.0	25.0
10	27.0	22.0	63	27.5	22.5	64	27.5	27.5	28.0	28.5	29.0	28.0	27.5	28.5	27.0	27.5	28.5	27.0	27.0
11	28.0	22.0	57	30.5	22.5	50	30.5	29.0	29.0	30.0	29.5	29.5	29.5	30.0	28.5	29.5	30.0	28.5	28.5
12	29.0	22.0	53	32.0	23.0	46	32.0	30.5	30.0	31.0	30.5	30.5	31.0	30.5	29.5	31.0	30.5	29.5	29.5
13	30.0	23.0	54	32.5	24.0	49	32.5	30.5	30.5	31.5	31.0	31.0	31.5	31.0	30.0	31.5	31.0	30.0	30.0
14	30.5	23.5	55	33.0	24.0	47	33.0	31.0	31.0	32.0	31.5	31.5	32.0	31.5	30.5	32.0	31.5	30.5	30.5
15	31.0	23.0	50	33.5	24.5	48	33.5	31.5	31.5	32.5	32.0	32.0	32.5	32.0	30.5	32.5	32.0	30.5	30.5
16	29.5	23.0	57	32.0	23.0	46	32.0	30.5	30.5	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	29.5	31.5	30.5	29.5	29.5
17	22.5	21.0	86	26.0	21.0	61	26.0	26.5	23.0	24.5	26.5	25.0	24.5	26.0	25.5	26.5	26.0	25.5	25.5
18	22.0	21.0	90	25.0	22.0	74	25.0	25.0	25.0	24.5	25.5	25.0	24.5	25.5	24.5	25.5	25.5	24.5	24.5
19	21.5	21.0	95	23.5	21.0	77	23.5	24.0	24.0	23.5	24.0	23.5	23.5	24.0	23.5	24.5	24.5	23.5	23.5
20	21.0	20.0	89	23.0	21.0	81	23.0	23.5	23.5	23.0	23.5	23.0	23.5	23.5	23.0	23.5	23.5	23.0	23.0

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUAÇÃO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS

DATA: 13/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO			LESTE			NORTE						
	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TERM.	1				3												
HORA	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1		
11	22.5	20.0	77	25.0	21.5	71	25.0	25.0	24.5	25.0	25.0	24.5	25.0	24.5	24.0		
12	22.0	20.0	81	24.5	21.0	70	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.0	24.5	24.5	23.5		
13	21.5	19.5	81	24.0	20.5	69	24.0	24.0	23.5	23.5	23.5	23.0	23.5	23.5	22.5		
14	23.0	20.0	72	25.0	21.5	71	25.0	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	25.0	24.0		
16	23.5	21.5	81	25.5	22.0	71	25.5	25.0	25.0	25.0	25.0	24.5	25.0	25.0	24.5		
17	23.0	21.0	81	25.0	21.5	71	25.0	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	25.0	24.5		
18	23.0	21.0	81	24.0	21.0	72	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.5	24.0	24.5	23.5		
19	22.0	20.5	86	23.5	21.0	77	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5		
20	22.0	20.0	81	23.0	20.5	77	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.5	23.0		

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUACAO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS

DATA: 14/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE				
TERM.	1		3		3	4	5	6	7	8	9	10	11						
HORA	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)													
11	27.5	21.5	57	29.5	23.0	57	29.5	27.5	27.5	29.0	28.0	28.0	28.5	28.5	28.5	27.5			
12	26.5	21.0	59	28.5	22.0	55	28.5	27.5	27.0	28.0	28.0	27.5	28.0	27.5	27.0	27.0			
13	27.0	21.0	56	29.0	22.0	53	29.0	27.5	27.5	28.5	28.0	28.0	28.0	28.5	27.5				
14	28.0	22.5	61	30.5	23.0	52	30.5	28.5	28.0	29.5	29.0	28.5	29.5	29.0	28.0				
16	30.0	23.0	54	31.0	24.0	56	31.0	29.5	29.0	30.5	30.0	29.5	30.5	30.5	29.5				
17	29.0	22.5	56	30.0	23.0	54	30.0	29.0	29.0	29.5	29.5	29.5	30.0	29.5	29.0				
18	26.5	22.5	69	28.0	23.0	65	28.0	27.5	27.5	28.0	28.0	28.0	28.5	28.5	27.5				
19	24.5	22.0	78	26.5	22.5	69	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	27.0	26.0				
20	23.0	21.0	81	25.0	21.5	71	25.0	25.0	24.5	24.5	24.5	24.5	25.5	25.5	24.5				

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADES)

RECINTO: SALA AREA: 12,25 m2 SITUAÇÃO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS, PORTA DA SALA ENTREABERTA

DATA: 15/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE				
	TBS	TBU	TBS	TBU	U(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TERM.	1				3														
HORA	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	19.0	18.0	89	20.0	18.5	85	20.0	20.5	21.0			20.5	20.5	20.5	20.0	20.5	20.0		
8	24.5	21.0	70	24.0	21.0	72	24.0	23.0	23.5			24.5	24.5	24.0	23.0	23.5	23.5		
9	24.5	21.5	74	25.5	21.5	68	25.5	25.0	26.0			26.0	25.5	25.5	25.5	25.5	25.0		
10	26.5	22.0	66	28.0	22.0	57	28.0	27.0	27.5			28.0	27.5	27.5	27.5	27.5	26.5		
11	27.5	22.0	60	30.0	23.0	54	30.0	28.5	29.0			29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	27.5		
12	28.5	22.0	55	31.5	23.0	48	31.5	30.0	30.0			30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	29.0		
13	28.0	23.0	62	31.0	24.0	56	31.0	30.0	29.5			30.0	29.5	29.5	30.5	30.0	29.0		
14	29.5	22.5	54	32.0	23.0	46	32.0	30.5	31.0			30.5	31.0	31.0	31.5	31.5	30.0		
15	29.0	22.0	53	31.0	23.0	50	31.0	30.0	30.0			30.0	29.5	30.0	30.5	30.0	29.0		
16	28.0	23.0	62	30.0	23.5	58	30.0	29.0	29.0			29.0	29.0	28.5	29.5	29.0	28.5		
17	27.0	22.5	67	28.5	22.5	59	28.5	28.0	28.0			28.0	28.0	28.0	28.5	28.5	27.5		
18	23.5	21.0	77	26.0	22.0	68	26.0	26.0	24.5			25.0	25.0	24.5	26.0	25.5	24.0		
19	23.0	21.0	81	25.0	22.0	74	25.0	25.0	25.0			24.5	25.0	24.5	25.0	25.5	24.5		
20	22.5	21.0	86	24.0	21.0	72	24.0	24.0	24.0			24.0	24.0	24.0	24.0	24.5	23.5		

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERMAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUACAO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS, PORTA DA SALA ENTREABERTA

DATA: 16/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO			LESTE			NORTE		
	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	
TERM.	1			3									
HORA	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	
7	19.0	18.0	89	20.0	18.0	80	20.0	20.0	21.0	20.0	20.0	20.5	
8	21.0	20.0	89	21.5	20.0	85	21.5	21.5	22.0	22.5	22.5	22.0	
9	25.5	21.5	68	26.5	22.0	66	26.5	25.0	26.0	26.5	26.5	25.5	
10	25.5	21.5	68	28.0	22.5	61	28.0	26.5	27.0	27.5	27.5	26.5	
11	27.0	22.5	67	30.0	23.5	58	30.0	28.0	28.5	29.5	29.0	27.5	
12	28.0	22.5	60	31.5	23.5	51	31.5	29.0	28.5	30.0	29.5	28.5	
13	28.0	22.5	60	31.0	23.5	53	31.0	29.5	30.0	30.0	29.5	29.0	
14	28.0	22.5	60	30.0	23.5	58	30.0	30.0	29.5	29.5	29.0	28.5	
15	27.5	22.0	60	29.0	22.5	56	29.0	28.5	28.5	28.5	28.5	28.0	
16	28.5	22.5	59	30.0	22.5	52	30.0	29.0	29.5	29.5	29.0	28.5	
18	27.0	22.0	63	28.0	22.0	57	28.0	28.0	28.0	27.5	27.5	27.5	
19	26.0	22.0	68	27.0	22.5	67	27.0	27.0	27.0	26.5	27.0	26.5	
20	24.5	22.5	82	26.0	22.5	72	26.0	26.0	26.0	25.5	25.5	25.5	

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUAÇÃO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS, PORTA DA SALA ENTREABERTA

DATA: 18/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE				
	1		3		3					4					5				
TERM.	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
HORA	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1				
7	22.0	20.0	81	22.0	19.5	77	22.0	21.5	21.0	21.5	22.5	22.5	22.0	22.5	22.0				
8	23.0	20.5	77	23.5	20.5	73	23.5	23.0	24.0	23.0	23.5	23.5	23.5	23.5	23.0				
9	24.5	21.0	70	25.5	21.0	64	25.5	25.0	25.5	25.5	25.5	25.5	25.0	25.5	24.5				
10	25.0	22.0	74	26.5	22.0	67	26.5	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	25.5				
11	23.5	21.5	81	25.0	22.0	74	25.0	24.5	24.5	24.5	24.0	24.0	25.0	25.0	24.0				
12	24.0	22.0	81	25.5	22.0	71	25.5	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	24.5				
13	22.0	21.0	90	23.5	21.5	82	23.5	23.5	23.0	23.5	23.0	23.0	23.5	23.5	22.5				
14	20.0	19.0	89	22.0	20.0	81	22.0	22.5	22.0	21.5	21.5	21.5	22.5	22.5	22.0				
15	19.5	19.0	95	21.5	19.5	81	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5				
16	19.5	19.0	95	21.0	19.5	85	21.0	21.5	21.5	20.5	21.0	21.0	21.5	20.5	20.0				
17	20.5	19.5	90	21.5	20.0	85	21.5	21.5	22.0	22.0	22.0	21.5	21.5	22.5	21.5				
18	20.5	20.0	95	21.5	20.0	85	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.0	21.5	21.5	21.0				
19	20.0	19.0	89	21.5	19.5	81	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.0	21.5	21.5	21.0				
20	20.0	20.0	100	21.5	19.5	81	21.5	21.0	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5				

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUAÇÃO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS, PORTA DA SALA ENTREABERTA

DATA: 19/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO					LESTE					NORTE				
	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
TERM.	1			3															
HORA	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)		1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1			
7	20.0	19.0	89	20.0	19.0	89		20.0	20.5	21.0	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5			
8	19.0	19.0	100	19.5	18.5	90		19.5	20.5	20.0	20.0	20.0	19.5	19.5	19.5	19.5			
9	19.0	18.5	95	19.5	18.5	90		19.5	20.5	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.5	20.0			
10	19.5	19.0	95	21.0	19.5	85		21.0	20.5	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	20.5	20.5			
11	21.0	20.0	89	22.0	20.0	81		22.0	21.5	22.0	22.0	22.0	22.0	21.5	22.0	21.5			
12	21.0	19.5	85	22.0	20.0	81		22.0	21.5	22.5	22.5	22.5	22.0	22.0	22.0	22.0			
13	23.0	20.5	77	23.5	21.5	82		23.5	23.0	23.5	22.5	23.0	23.0	23.5	23.5	23.0			
14	23.5	21.5	82	24.5	22.0	76		24.5	24.0	24.0	23.5	24.5	24.0	24.5	24.0	24.0			
15	24.5	21.5	74	26.0	22.5	72		26.0	24.5	25.0	25.5	25.0	24.5	25.5	25.0	24.5			
16	24.5	21.5	74	26.0	22.0	68		26.0	25.5	25.0	25.5	25.0	24.5	25.5	25.5	24.5			
17	23.0	21.0	81	24.5	20.0	63		24.5	24.0	24.0	24.5	24.0	24.0	24.5	24.5	24.0			
18	22.0	20.0	81	23.0	20.0	72		23.0	23.0	23.0	22.5	22.5	22.5	23.0	23.5	22.5			
19	20.5	19.0	85	22.0	19.5	77		22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.5	22.0			
20	20.0	18.5	85	21.0	19.0	80		21.0	21.5	21.5	21.0	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5			

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUAÇÃO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS, PORTA DA SALA ENTREABERTA

DATA: 20/04/91

LOCAL	EXTERNA			INTERNA			CENTRO					LESTE					NORTE				
	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
TERM.	1			3																	
HORA	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1.1 0.6 0.1					1.1 0.6 0.1					1.1 0.6 0.1				
11	21.0	17.5	68	25.0	19.5	57	25.0	23.0	24.0	24.5	24.5	24.0	24.5	24.0	24.0	24.5	24.0				
13	24.0	19.5	62	28.0	21.0	51	28.0	26.5	25.5	26.5	26.0	25.5	26.5	26.0	25.5	26.5	25.5				
14	23.5	19.0	62	27.0	20.0	50	27.0	26.0	25.5	26.0	25.5	25.0	26.5	26.0	25.5	26.5	25.5				
15	24.0	19.5	62	27.5	21.0	54	27.5	26.0	26.0	26.5	26.0	25.5	27.0	26.5	25.5	27.0	25.5				
16	23.5	19.0	62	26.0	20.0	55	26.0	26.0	25.5	25.5	25.5	25.0	26.0	25.5	25.5	26.0	25.5				
17	22.0	18.0	64	24.0	18.5	53	24.0	24.0	24.0	23.5	23.5	23.5	24.5	24.5	23.5	24.5	23.5				
18	19.0	16.5	75	22.0	17.5	61	22.0	22.0	21.5	21.5	21.0	21.0	22.0	22.0	21.5	22.0	21.5				
19	18.0	16.0	79	20.0	16.5	67	20.0	21.0	21.0	20.0	20.5	20.5	21.0	21.0	20.5	21.0	20.5				
20	17.0	15.5	84	19.0	16.0	71	19.0	20.0	20.0	19.0	19.5	19.5	19.5	19.5	20.0	19.5	19.5				

LEITURAS DA TEMPERATURA EXTERNA E DAS TEMPERATURAS INTERNAS DO PROTOTIPO (TEMPERATURAS EM GRAU CENTIGRADOS)

RECINTO: SALA AREA: 12.25 m2 SITUACAO: PORTA DA COZINHA E JANELAS ABERTAS, PORTA DA SALA ENTREABERTA

DATA: 21/04/91

LOCAL	EXTERNA		INTERNA		CENTRO			LESTE			NORTE		
	1		3		3	4	5	6	7	8	9	10	11
TERM.	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)							
HORA	TBS	TBU	U(%)	TBS	TBU	U(%)	1.1	0.6	0.1	1.1	0.6	0.1	
11	23.5	19.0	62	27.0	21.0	56	27.0	25.0	24.5	25.0	24.5	24.5	
12	25.0	20.0	60	29.0	22.0	53	29.0	27.0	26.0	27.5	27.0	26.5	
13	26.0	21.0	61	29.0	22.5	56	29.0	27.0	26.5	28.0	27.0	26.5	
14	25.5	21.0	64	28.0	22.0	57	28.0	27.0	26.5	27.5	27.0	26.5	
16	24.0	20.0	65	26.0	21.0	61	26.0	25.5	25.5	25.5	25.5	25.0	
17	24.0	20.0	65	25.5	20.5	61	25.5	25.0	25.0	25.5	25.0	25.0	
18	22.5	19.0	69	24.0	19.5	62	24.0	24.0	24.0	23.5	23.5	23.5	
19	21.5	19.0	76	23.0	19.0	65	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	
20	20.0	18.0	80	22.0	18.5	68	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	

ANEXO C
COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS

COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS
SERVIÇOS INERENTES AO SISTEMA CONSTRUTIVO
SERVIÇOS CONVENCIONAIS

ANEXO C. COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS
COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS

C01. Tela Dobrada Mecanicamente - (kg)

INSUMO	UNID.	COEF.	PREÇO	SUB-TOTAL	%
Dobradeira Mec.	h	0,03	6.000,00	180,00	24,66
Tela EL 126	kg	1,10	500,00	550,00	75,34
TOTAL CR\$				730,00	100,00

C02. Preparo das Armaduras dos Elementos de Ligação - (kg)

INSUMO	UNID.	COEF.	PREÇO	SUB-TOTAL	%
Oficial	h	1,22	140,91	171,91	
Ajudante	h	0,61	95,46	58,23	
LSF	%	123,70		284,68	39,60
Tela Dobrada	kg	1,00	730,00	730,00	56,16
Arame no.24	kg	0,05	750,00	37,50	2,88
Aço ϕ 5mm	kg	0,08	220,00	17,60	1,36
TOTAL CR\$				1.299,92	100,00

C03. Execução dos Elementos de Ligação - (ud)

INSUMO	UNID.	COEF.	PREÇO	SUB-TOTAL	%
Oficial	h	0,45	140,91	63,41	
Ajudante	h	0,90	95,46	85,91	
LSF	%	123,70		184,71	11,58
Armadura	kg	1,70	1.299,92	2.209,86	76,58
Cimento	kg	9,86	19,00	187,34	6,50
Areia	m ³	0,0153	2.150,00	32,90	1,14
Formas	%	5,00		121,51	4,20
TOTAL CR\$				2.885,64	100,00

C04. Preparo das Armaduras das Placas de Face - (kg)

INSUMO	UNID.	COEF.	PREÇO	SUB-TOTAL	%
Oficial	h	0,30	140,91	42,27	
LSF	%	123,70		52,29	14,84
Tela EL 126	kg	1,05	500,00	525,00	82,37
Espaçador Plastico	ud	18,00	0,99	17,82	2,79
TOTAL CR\$				637,38	100,00

C05. C04. com Chapa de Isopor 10mm - (kg)

INSUMO	UNID.	COEF.	PREÇO	SUB-TOTAL	%
Oficial	h	0,60	140,91	84,55	
LSF	%	123,70		104,58	23,89
Tela EL 126	kg	1,05	500,00	525,00	66,31
Espaçador Plastico	ud	18,00	0,99	17,82	2,25
Chapa de Isopor	m ²	0,17	352,00	59,84	7,55
TOTAL CR\$				791,79	100,00

C06. Execução das Placas de Face - (m²)

INSUMO	UNID.	COEF.	PREÇO	SUB-TOTAL	%
Oficial	h	0,23	140,91	32,41	
Ajudante	h	0,46	95,46	43,91	
LSF	%	123,70		94,41	11,97
Armadura	kg	1,60	637,38	1.019,81	71,48
Cimento	kg	7,89	19,00	149,91	10,51
Areia	m ³	0,0123	2.150,00	26,45	1,85
Fôrmas	%	5,00		59,81	4,19
TOTAL CR\$				1.426,71	100,00

C07. C06. com Chapa de Isopor 10mm - (m²)

INSUMO	UNID.	COEF.	PREÇO	SUB-TOTAL	%
Oficial	h	0,23	140,91	32,41	
Ajudante	h	0,46	95,46	43,91	
LSF	%	123,70		94,41	10,13
Armadura c/is .	kg	1,60	791,79	1.266,86	75,14
Cimento	kg	7,89	19,00	149,91	8,89
Areia	m ³	0,0123	2.150,00	26,45	1,57
Formas	%	5,00		72,16	4,27
TOTAL CR\$				1.686,11	100,00

C08. Execução de Painei Sanduiche - (m²)

INSUMO	UNID.	COEF.	PREÇO	SUB-TOTAL	%
Oficial	h	0,60	162,88	97,73	
Ajudante	h	1,20	113,04	135,65	
LSF	%	123,70		288,69	9,69
Placa de Face	m ²	2,00	1.426,71	2.853,42	52,98
Poliuretano(A+B)	kg	0,73	2.436,62	1.778,73	33,03
Formas	%	5,00		231,61	4,30
TOTAL CR\$				5.385,83	100,00

C09. C08. com Chapa de Isopor 10mm - (m²)

INSUMO	UNID.	COEF.	PREÇO	SUB-TOTAL	%
Oficial	h	0,60	162,88	97,73	
Ajudante	h	1,20	113,04	135,65	
LSF	%	123,70		288,69	9,23
Placa c/isopor	m ²	1,00	1.686,11	1.686,11	29,80
Placa Simples	m ²	1,00	1.426,71	1.426,71	25,21
Poliuretano(A+B)	kg	0,73	2.436,62	1.778,73	31,44
Formas	%	5,00		244,58	4,32
TOTAL CR\$				5.658,20	100,00

C10. Painei Hidráulico Tipo H1 Para Chuveiro - (ud)

INSUMO	UNID.	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	3,00	162,88	488,64
Ajudante	h	3,00	113,04	339,12
LSF	%	123,70		1.023,94
Tubo-PVC-25mm	m	3,00	95,00	285,00
Joelho PVC 25mm	ud	2,00	30,00	60,00
Joelho LR 25x1/2"	ud	1,00	140,00	140,00
Luva LR 25x1/2"	ud	1,00	155,00	155,00
Adaptador 3/4"	ud	1,00	30,00	30,00
Registro Pressão 3/4"	ud	1,00	665,00	665,00
Lixa, Cola, Teflon	%	5,00		66,75
Painei c/isopor	ud	1,00	6.280,60	6.280,60
Condute - E	ud	1,00	400,00	400,00
Condute Corrug.	m	0,30	6,24	1,87
Cimento	kg	2,00	19,00	38,00
Areia	m ³	0,0032	2.150,00	6,88
TOTAL CR\$				9.980,08

C11. Painei Hidráulico Tipo H2 Para Caixa Descarga - (ud)

INSUMO	UNID.	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	1,50	162,88	244,32
Ajudante	h	1,50	113,04	169,56
LSF	%	123,70		511,97
Tubo PVC-25mm	m	0,60	95,00	57,00
Joelho LR 25x1/2"	ud	1,00	140,00	140,00
Lixa, Cola, Teflon	%	5,00		9,85
Painei c/isopor	ud	1,00	6.280,60	6.280,60
Cimento	kg	0,40	19,00	7,60
Areia	m ³	0,0007	2.150,00	1,51
TOTAL CR\$				7.422,41

C12. Painei Hidráulico Tipo H3 Para Lavatório Suspensor- (ud)

INSUMO	UNID.	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	1,50	162,88	244,32
Ajudante	h	1,50	113,04	169,56
LSF	%	123,70		511,97
Tubo PVC-25mm	m	2,00	95,00	190,00
Joelho LR 25x1/2"	ud	1,00	140,00	140,00
Lixa, Cola, Teflon	%	5,00		16,50
Painel c/isopor	ud	1,00	6.280,60	6.280,60
Areia	m ³	0,0022	2.150,00	4,73
TOTAL CR\$				7.586,18

C13. Painei Instalação Elétrica Tipo EL1 - (ud)

INSUMO	UNID.	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	2,00	162,88	325,76
Ajudante	h	2,50	113,04	226,08
LSF	%	123,70		682,63
Condutele Tipo C	ud	1,00	400,00	400,00
Condutele Tipo E	ud	1,00	400,00	400,00
Condute Corrug.	m	2,50	6,24	15,60
Painel c/isopor	ud	1,00	6.280,60	6.280,60
Cimento	kg	2,00	19,00	38,00
Areia	m ³	0,0032	2.150,00	6,88
TOTAL CR\$				8.375,55

C14. Painei Instalação Elétrica Tipo EL2 - (ud)

INSUMO	UNID.	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	2,00	162,88	325,76
Ajudante	h	2,00	113,04	226,08
LSF	%	123,70		682,63
Condutele Tipo E	ud	1,00	400,00	400,00
Condute Corrugado	m	1,50	6,24	9,36
Painel c/isopor	ud	1,00	6.280,60	6.280,60
Cimento	kg	1,00	19,00	19,00
Areia	m ³	0,0016	2.150,00	3,44
TOTAL CR\$				7.946,87

SERVIÇOS INERENTES AO SISTEMA CONSTRUTIVO

C15. Montagem dos Painéis das Paredes - (m²)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL	%
Oficial	h	0,20	140,91	28,18	
Ajudante	h	0,50	95,46	47,73	
LSF	%	123,70		93,90	2,31
Painel Sanduíche	m ²	0,89	5.385,93	4.793,39	62,29
Elemento Ligação	ud	0,82	2.885,64	2.366,22	30,75
Estrutura Auxil.	%	5,00		357,98	4,65
TOTAL CR\$				7.687,40	100,00

C16. Montagem do Painel Tipo H1 - (ud)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,24	140,91	33,82
Ajudante	h	0,60	95,46	57,28
LSF	%	123,70		112,69
Painel Tipo H1	ud	1,00	9.980,08	9.980,08
Elemento Ligação	ud	1,00	2.885,64	2.885,64
Estrutura Auxil.	%	5,00		643,29
TOTAL CR\$				13.712,80

C17. Montagem do Painel Tipo H2 - (ud)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,24	140,91	33,82
Ajudante	h	0,60	95,46	57,28
LSF	%	123,70		112,69
Painel Tipo H2	ud	1,00	7.422,41	7.422,41
Elemento Ligação	ud	1,00	2.885,64	2.885,64
Estrutura Auxil.	%	5,00		515,40
TOTAL CR\$				11.027,24

C18. Montagem do Painei Tipo H3 - (ud)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,24	140,91	33,82
Ajudante	h	0,60	95,46	57,28
LSF	%	123,70		112,69
Painei Tipo H3	ud	1,00	7.586,18	7.586,18
Elemento Ligação	ud	1,00	2.885,64	2.885,64
Estrutura Auxil.	%	5,00		523,59
TOTAL CR\$				11.199,20

C19. Montagem do Painei Tipo EL1 - (ud)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,24	140,91	33,82
Ajudante	h	0,60	95,46	57,28
LSF	%	123,70		112,69
Painei Tipo EL1	ud	1,00	8.375,55	8.375,55
Elemento Ligação	ud	1,00	2.885,64	2.885,64
Estrutura Auxil.	%	5,00		563,06
TOTAL CR\$				12.028,04

C20. Montagem do Painei Tipo EL2 - (ud)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,24	140,91	33,82
Ajudante	h	0,60	95,46	57,28
LSF	%	123,70		112,69
Painei Tipo EL2	ud	1,00	7.946,87	7.946,87
Elemento Ligação	ud	1,00	2.885,64	2.885,64
Estrutura Auxil.	%	5,00		541,63
TOTAL CR\$				11.577,93

C21. Colocação de Caixilho de Ferro- 0,83x1,10 - (ud)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,20	140,91	28,18
Ajudante	h	0,50	95,46	47,73
LSF	%	123,70		93,90
Caixilho 083x1,10	ud	1,00	2.150,00	2.150,00
Estrutura Auxil.	%	5,00		107,50
TOTAL CR\$				2.427,31

C22. Colocação de Caixilho de Ferro-0,83x0,50 - (ud)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,20	140,91	28,18
Ajudante	h	0,50	95,46	47,73
LSF	%	123,70		93,90
Caixilho 083x0,50	ud	1,00	1.350,00	1.350,00
Estrutura Auxil.	%	5,00		67,50
TOTAL CR\$				1.587,31

C23. Colocação de Porta de Ferro- 0,83x2,10 - (ud)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,50	140,91	70,46
Ajudante	h	0,50	95,46	47,73
LSF	%	123,70		146,20
Porta de Ferro	ud	1,00	8.000,00	8.000,00
Bucha S-6 c/par.	ud	6,00	7,00	42,00
TOTAL CR\$				8.306,39

C24. Colocação de Batente de Ferro - (ud)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,50	140,91	70,46
Ajudante	h	0,50	95,46	47,73
LSF	%	123,70		146,20
Batente de Ferro	ud	1,00	800,00	800,00
Bucha S-6 c/Par.	ud	6,00	7,00	42,00
TOTAL CR\$				1.106,39

C25. Execução de Cinta de Amarração - (m)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,10	140,91	14,09
Ajudante	h	0,30	95,46	28,64
LSF	%	123,70		52,85
Aço ϕ 3,2mm	kg	0,07	265,00	18,55
Arame no.24	kg	0,006	750,00	4,50
Cimento	kg	0,84	19,00	15,96
Areia	m ³	0,0009	2.150,00	1,94
Pedrisco	m ³	0,0005	2.200,00	1,10
TOTAL CR\$				137,63

C26. Colocação de Armadura de Fixação das Paredes - (Kg)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,25	140,91	35,23
Ajudante	h	0,25	95,46	23,87
LSF	%	123,70		73,11
Aço ϕ 4,2mm	kg	0,22	221,00	48,62
Aço ϕ 6,3mm	kg	1,10	171,70	188,87
Arame no. 24	kg	0,02	750,00	15,00
TOTAL CR\$				384,70

C27. Vedação dos Oitões com Chapa Lisa de Fibrocimento- (m²)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,70	140,91	98,64
Ajudante	h	2,10	95,46	200,47
LSF	%	123,70		369,99
Chapa Lisa Fibro.	m ²	1,23	1.486,00	1.827,78
Paraf.Porca/Arr.	ud	6,00	20,00	120,00
Afastador Plast.	ud	9,00	16,00	144,00
TOTAL CR\$				2.760,88

SERVIÇOS CONVENCIONAIS

C28. Locação da Obra - (m²)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,13	140,91	18,32
Ajudante	h	0,13	95,46	12,41
LSF	%	123,70		38,01
Pontaletes 3"x3"	m	0,40	207,00	82,80
Taboas 1"x6"	m	0,40	140,00	56,00
Pregos	kg	0,20	250,00	50,00
Arame Galvaniz.	kg	0,02	750,00	15,00
TOTAL CR\$				272,54

C29. Escavação de Valas para Sapata Corrida Rasa - (m³)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Ajudante	h	2,00	95,46	190,92
LSF	%	123,70		236,16
TOTAL CR\$				427,08

C30. Apiloamento do Fundo de Valas com Maço de 20kg - (m²)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Ajudante	h	0,50	95,46	47,73
LSF	%	123,70		59,04
TOTAL CR\$				106,77

C31. Preparo e Montagem de Formas Para Sapata Corrida - (m²)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	1,00	140,91	140,91
Ajudante	h	1,00	95,46	95,46
LSF	%	123,70		292,39
Taboa 1"x12"	m ²	0,50	932,50	466,25
Sarrafo 1"x2"	m	2,00	60,00	120,00
Prego	kg	0,20	250,00	50,00
TOTAL CR\$				1.165,01

C32. Concreto Consumo 300kg/m³ - (m³)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	6,00	140,91	845,46
Ajudante	h	16,00	95,46	1.527,36
LSF	%	123,70		2.935,18
Cimento	kg	300,00	19,00	5.700,00
Areia Fina	m ³	0,60	2.150,00	1.290,00
Brita no.1	m ³	0,80	2.100,00	1.680,00
TOTAL CR\$				13.978,00

C33. Armadura de Reforço da Sapata - (kg)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,10h/kg	140,91	14,09
Ajudante	h	0,10h/kg	95,46	9,55
LSF	%	123,70		29,24
Aço ϕ 4,3mm	kg	1,10	221,00	243,10
Arame	kg	0,02	750,00	15,00
TOTAL CR\$				310,98

C34. Piso Cimentado - (m²)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	0,60	140,91	84,55
Ajudante	h	0,70	95,46	66,82
LSF	%	123,70		187,24
Cimento	kg	8,70	19,00	165,30
Areia Fina	m ³	0,022	2.150,00	47,30
TOTAL CR\$				551,21

C35. Colocação Porta de Madeira - (ud)

INSUMO	UNID	COEF .	PREÇO	SUB-TOTAL
Oficial	h	2,10	140,91	295,91
Ajudante	h	2,10	95,46	200,47
LSF	%	123,70		614,02
Folha Lisa	ud	1,00	3.245,00	3.245,00
Fechadura Compl .	ud	1,00	1.400,00	1.400,00
TOTAL CR\$				5.755,40