

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS DE CONCRETO
MOLDADO NO LOCAL

Antonio Carlos Alvarenga Pinto

Campinas
2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS DE CONCRETO
MOLDADO NO LOCAL

Antonio Carlos Alvarenga Pinto

Orientador: Prof. Dr. Vinicius F. Arcaro

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Estruturas.

Campinas, SP
2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

P658c Pinto, Antonio Carlos Alvarenga
 Construções habitacionais de concreto moldado no
 local / Antonio Carlos Alvarenga Pinto.--Campinas, SP:
 [s.n.], 2006.

 Orientador: Vinicius Fernando Arcaro
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
 Urbanismo.

 1. Construção de concreto. 2. Construção de concreto
 armado. I. Arcaro, Vinicius Fernando. II. Universidade
 Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil,
 Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Titulo em Inglês: Cast in place concrete residential construction

Palavras-chave em Inglês: Concrete building, Cast in place, Concrete
construction formwork

Área de concentração: Estruturas.

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: André Munhoz de Argollo Ferrão, Athail Rangel Pulino
Filho

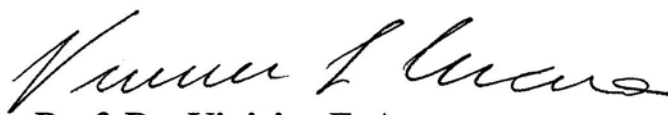
Data da defesa: 04/05/2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

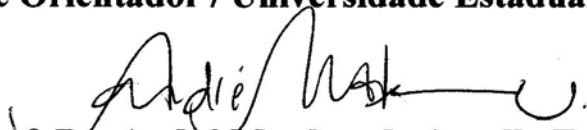
CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS DE CONCRETO
MOLDADO NO LOCAL

Antonio Carlos Alvarenga Pinto

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Vinicius F. Arcaro
Presidente e Orientador / Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. André Munhoz de Argollo Ferrao
Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Athail Rangel Pulino Filho
Universidade de Brasília

Campinas, 04 de maio de 2006.

Dedicatória

Para meu pai e minha mãe, amor, perseverança e vida.

Maga, que pelo amor, nos trouxe vida.

Para os meus filhos Cao e Dudu, brotados de nós, bênçãos que são, têm nos falado da vida.

A Deus, pela possibilidade desses amores e dessas vidas.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof Dr. Vinicius F. Arcaro, pela interação que possibilitou o questionamento, a dúvida, a vontade de prosseguir. Ao amigo Vinicius pelas conversas infundáveis sobre tudo e que desde já deixam saudades.

Aos professores doutores Athail Rangel Pulino Filho e André Munhoz de Argollo Ferrão pelas valiosas contribuições na qualificação.

Ao amigo engenheiro Pietro Ferrazzo Casaut, pela ajuda na elaboração dos diagramas e pelo incentivo espiritual.

À minha querida esposa Magali Barçante Alvarenga pelo incentivo, presença e questionamento valiosos e por acreditar no meu objetivo.

Aos meus filhos Antonio Carlos e Eduardo por participarem da minha vida acadêmica.

Aos meus pais João e Nadége, amor e vida.

Sumário

Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Abreviaturas e Símbolos.....	xii
Resumo.....	xiii
Abstract.....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1. Motivação.....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia.....	2
2. O empreendimento.....	3
2.1. Histórico.....	3
2.2. Localização.....	3
2.3. Dimensões e descrição das unidades habitacionais.....	4
2.4. Idealização.....	6
3. A construção.....	8
3.1. Tecnologia de construção.....	8

3.2. Preparação do terreno.....	9
3.3. Fundações.....	10
3.3.1. Fundação dos edifícios.....	10
3.3.2. Fundação dos sobrados.....	10
3.3.3. Processo construtivo das fundações dos edifícios.....	11
3.3.4. Processo construtivo das fundações dos sobrados.....	13
3.4. Estrutura.....	14
3.4.1. Montagem das formas.....	14
3.4.2. Lançamento do concreto.....	20
3.5. Instalações elétricas, hidráulicas e de telefonia.....	22
3.5.1. Instalações elétricas e de telefonia.....	22
3.5.2. Instalações hidráulicas.....	23
3.6. Acabamento, portas e esquadrias.....	25
3.7. Urbanização e infra-estrutura.....	26
3.8. Entrega das unidades habitacionais.....	27
4. Canteiro de obras.....	29
5. Memorial de cálculo – sobrado.....	32
5.1. Especificações para lajes e paredes.....	32
5.2. Ações.....	33
5.3. Esquema estrutural simplificado.....	38
5.4. Resultados da análise e do dimensionamento.....	45
6. Conclusões, sugestões e comentários.....	47
6.1. Sobre a utilização de fundação em lajes flexíveis.....	47
6.2. Sobre a utilização de formas túnel e concretagem no local.....	48
6.3. Sobre a organização do canteiro de obras.....	49
6.4. Sobre o estado atual das habitações.....	49
6.5. Aspectos comerciais, contratuais e culturais.....	51
7. Anexos.....	52

Anexo A – Armadura mínima NBR-6118.....	53
Anexo B – Resultados do programa STAAD - deslocamentos.....	57
Anexo C – Resultados do programa STAAD - lajes.....	59
Anexo D – Resultados do programa STAAD - momentos máximos.....	69
Anexo E – Resultados do programa STAAD - reações.....	72
Anexo F – Resultados do programa STAAD - armadura.....	76
Anexo G – Resultados do programa STAAD - renderização.....	86
Anexo H – Renderização.....	88
Referências Bibliográficas.....	89

Lista de Figuras

2.1	Implantação do empreendimento.	4
2.2	Planta do andar tipo.	5
2.3	Planta sobrado térreo / primeiro pavimento.	5
3.1	Planta da laje flexível – edifícios.	9
3.2	Platôs.	10
3.3	Camada de brita.	11
3.4	Laje flexível - camada de lona plástica.	12
3.5	Laje flexível - camada de areia.	12
3.6	Manta de algodão usada durante a cura.	13
3.7	Cura do concreto da laje flexível.	14
3.8	Forma túnel - concretagem do primeiro pavimento.	15
3.9	Guia para apoio da forma túnel (parede central).	15
3.10	Armadura das paredes e espaçadores.	16
3.11	Guias para montagem das formas.	17
3.12	Parede central e montagem das formas.	17
3.13	<i>Inserts</i> para fixação das escadas.	18
3.14	Negativo para uma abertura de passagem.	18
3.15	Negativo para abertura de passagem.	19
3.16	Forma e armadura da escada.	19

3.17	Fixação das escadas.	20
3.18	Dispositivos para desarmar as formas.	21
3.19	Instalações hidráulicas e elétricas sob a laje de fundação.	22
3.20	Montagem dos chicotes elétricos.	23
3.21	Posicionamento da instalação hidráulica sob a laje de fundação.	24
3.22	<i>Shaft</i> para instalações hidráulicas.	24
3.23	Aspecto da superfície do concreto após a retirada das formas.	25
3.24	Superfície das lajes após a retirada das formas.	26
3.25	Reservatório central de água.	27
4.1	Grua sendo usada para a construção simultânea de dois edifícios.	30
4.2	Auto-propelido para movimentação das formas.	30
4.3	Montagem da forma túnel.	31
6.1	Vista dos sobrados.	50

Lista de Tabelas

5.1	Limites de deslocamento.	44
-----	--------------------------	----

Lista de Abreviaturas e Símbolos

Ltda	Limitada
SP	São Paulo
SPT	Standard Penetration Test
CA	Concreto armado
f'_c	Resistência do concreto
f_y	Resistência do aço
e	Espessura
E_c	Módulo de elasticidade
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
γ	Densidade
q	Carga
A_t	Tributary area
ASCE	American Society of Civil Engineers

Resumo

Alvarenga Pinto, Antonio Carlos. **Construções Habitacionais de Concreto Moldado no Local**. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2006, 91 p. Dissertação.

Descreve-se, em forma cronológica, as etapas de planejamento, projeto e construção de um empreendimento habitacional com 351 unidades, localizado na cidade de Campinas, SP. São apresentados, também, comentários, críticas e sugestões para aperfeiçoamento dos processos construtivos adotados. Apresenta-se, ainda, a análise estrutural e dimensionamento (verificação) dos elementos estruturais de concreto armado de uma residência em dois pavimentos construída com a tecnologia objeto de estudo desse trabalho.

Palavras Chave: concreto armado, formas metálicas, moldado no local, tecnologia de construção.

Abstract

Alvarenga Pinto, Antonio Carlos. **Cast in place concrete residential construction.** Campinas, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Urban Design, State University of Campinas, 2006. 91 p. Master in Science Dissertation.

In a chronological order, the planning, the project and the construction steps of a residential enterprise, containing 351 units, in the city of Campinas, São Paulo, Brazil, are described. Comments, critical analyzes and suggestions are presented for the improvement of the construction process as well. Also, the paper details the structural analysis and dimensions of the structural elements of a two floor reinforced concrete residential building built under the technology proposed here.

Key words: reinforced concrete, construction concrete formwork, cast in place, construction technology.

1. Introdução

Este trabalho descreve a construção e comercialização de um empreendimento habitacional, sob responsabilidade técnica do autor.

Duas alternativas de tecnologia de construção foram usadas e se colocam como linhas mestras e motivadoras da elaboração desta monografia. A saber: a substituição de estruturas de fundação por lajes flexíveis sobre base elástica e a utilização de formas metálicas no processo túnel em substituição às estruturas e painéis de vedação convencionais.

A motivação, objetivos e metodologia são apresentados neste capítulo. A descrição do empreendimento (histórico, localização e outras informações) é objeto do Capítulo 2. O Capítulo 3 trata, em detalhes, do processo construtivo, das dificuldades técnicas e operacionais e, especialmente, das vantagens das alternativas tecnológicas de construção utilizadas. No Capítulo 4 trata-se da organização do canteiro de obras e sua adequação às tecnologias de construção escolhidas. Finalmente, no Capítulo 5 são apresentadas algumas conclusões, comentários e sugestões para aperfeiçoamento do processo construtivo escolhido.

1.1. Motivação

A motivação principal para elaboração deste trabalho é a de reunir em um único documento informações de caráter técnico, operacional e comercial sobre a construção de um empreendimento habitacional realizado na cidade de Campinas (distrito de Barão Geraldo), com a utilização de um processo construtivo e sistema estrutural ainda pouco comuns no mercado brasileiro.

1.2. Objetivos

Os objetivos principais são:

- Reunir, em um único documento, informações de caráter técnico, operacional e econômico sobre o empreendimento em estudo, considerando serem poucas as informações disponíveis (e acessíveis) sobre a tecnologia de construção aqui descrita e analisada;
- Apresentar as observações, conclusões e experiência acumuladas pelo autor quando da definição e implementação do empreendimento objeto de estudo; e,
- Divulgar as tecnologias empregadas.

1.3. Metodologia

A metodologia adotada é a do acompanhamento cronológico dos eventos que conduziram à conclusão do empreendimento.

Adotou-se, como estratégia para a elaboração do texto, a descrição (acompanhada de análise e comentários) das etapas de concepção, aspectos comerciais, projeto de implantação, cronograma de execução, preparo do terreno, instalação do canteiro de obras e execução das edificações e das obras de urbanização e infra-estrutura.

2. O empreendimento

2.1. Histórico

Em 1996 firmou-se um contrato entre a Geobase Engenharia Ltda (com sede em Indaiatuba, SP) e uma Cooperativa Habitacional para a construção de 351 unidades habitacionais, sendo 96 unidades em 12 edifícios de 4 pavimentos e 255 unidades na forma de sobrados geminados dois a dois.

O contrato previa, essencialmente, as seguintes cláusulas técnicas e comerciais:

- Construção das 351 unidades com entrega gradual das unidades prontas;
- Construção auto-financiada, pelo sistema cooperativo; e,
- Cronograma físico-financeiro elaborado anualmente em comum acordo entre a construtora e a Assembléia dos Cooperados.

2.2. Localização

O empreendimento está localizado na Estrada da Rhodia, km 14,5, em Barão Geraldo, Campinas.

A área total do terreno é de 117.000 m², sendo a área construída de 32.000 m².

O desenho de implantação é mostrado na Figura 2.1.



Figura 2.1 – Implantação do empreendimento.

2.3. Dimensões e descrição das unidades habitacionais

Os apartamentos têm 96 m² de área útil e os sobrados, 103,50 m².

A planta do andar tipo dos apartamentos é mostrada na Figura 2.2 e, dos sobrados, na Figura 2.3.



Figura 2.2 – Planta do andar tipo.



Figura 2.3 – Planta sobrado térreo / primeiro pavimento.

2.4. Idealização

Na falta de opções para financiamentos habitacionais no Brasil e em virtude do déficit crônico de moradias, o consumidor brasileiro acaba por aceitar os financiamentos oferecidos no mercado pagando altas taxas de juros, mesmo através dos bancos estatais. Com o decorrer do tempo, com as altas taxas de juros e a renda das famílias não acompanhando essas taxas, acaba ocorrendo a inadimplência e a inviabilização de empreendimentos imobiliários.

Uma alternativa para evitar a captação de recursos na forma acima descrita é a constituição de cooperativas habitacionais, com frequência agrupando pessoas de uma mesma categoria funcional, de uma mesma empresa ou órgão governamental ou mesmo, de mesma faixa de renda.

A constituição de uma cooperativa, com o objetivo citado, tem as seguintes vantagens: incentivos fiscais, maior controle sobre o cronograma físico-financeiro do empreendimento, o que reduz a possibilidade de inadimplência de um grupo significativo de cooperados, menor custo do capital a ser empregado uma vez que a captação de recursos não se dá no mercado.

No caso em estudo, formou-se uma cooperativa de servidores públicos de faixa de renda compatível, com 351 cooperados.

Constituída a cooperativa, a próxima etapa foi a aquisição do terreno onde o empreendimento seria implantado.

Após a aquisição do terreno contratou-se a elaboração dos projetos de implantação, de arquitetura das unidades habitacionais, de estruturas, instalações, urbanização da área e outros.

A etapa seguinte foi a contratação no mercado, mediante tomada de preços ou não, por decisão soberana da assembléia geral dos cooperados, de uma empresa que se responsabilizaria pela construção.

Em 1996, a Geobase Engenharia Ltda. foi contratada pela cooperativa supra citada para construir o conjunto habitacional, mediante tomada informal de preços, concorrendo com cinco outras empresas.

Uma das vantagens do sistema cooperativo aparece neste momento. É possível estabelecer, no contrato a ser firmado entre a cooperativa e a construtora, cláusula em que fica determinado que a cooperativa se responsabiliza pela aquisição de todos os insumos materiais para a construção, sendo responsabilidade da construtora apenas a realização dos serviços. Isto pode implicar em uma redução nos custos da ordem de até 20 % (maio de 2005) uma vez que, sendo os insumos adquiridos pela cooperativa, a isenção de impostos é total.

Apesar do cuidado de reunir pessoas com a mesma capacidade financeira, houve um certo número de cooperados que, nos termos do estatuto de constituição da cooperativa, teve que abrir mão de sua quota (cerca de 8 % dos participantes). Em situações desse tipo há pelo menos duas alternativas: a substituição dos inadimplentes por membros do mesmo grupo social ou a busca no mercado de novos cooperados com a contratação, por exemplo, de uma empresa imobiliária. Optou-se por esta segunda alternativa. Uma imobiliária foi contratada para oferecer no mercado quotas da cooperativa.

Iniciadas as obras, o pagamento dos serviços é feito mediante medição mensal e segundo um cronograma físico-financeiro construído anualmente, de comum acordo entre a construtora e a cooperativa, para adequação à capacidade de pagamento dos cooperados. Os prazos inicialmente previstos para a conclusão do empreendimento podem e são frequentemente alterados.

Um inconveniente grave do sistema cooperativo é o da elaboração anual do cronograma físico-financeiro pela Assembléia dos Cooperados. Mesmo com informações técnicas prestadas pela construtora é possível (e acontece com frequência) que a assembléia, constituída por leigos, tome decisões que sob o ponto de vista técnico-financeiro sejam prejudiciais tanto para os cooperados quanto para a construtora.

3. A construção

Neste capítulo descreve-se a construção do conjunto habitacional. Da preparação do terreno à entrega final das unidades habitacionais.

3.1. Tecnologia de construção

Este projeto caracteriza-se pelas seguintes alternativas não convencionais:

- Fundação dos edifícios e dos sobrados em laje flexível sobre base elástica. No caso dos edifícios, a laje está apoiada em estacas, como mostrado na Figura 3.1. No caso dos sobrados, apenas a laje flexível é o elemento de fundação.
- A estrutura e elementos de vedação são substituídos por elementos estruturais em concreto armado moldado no local, como descrito na Seção 3.4 deste capítulo, com o uso de formas túnel.
- As instalações elétricas e hidráulicas são montadas dentro das formas metálicas túnel (descritas em seção posterior deste trabalho), antes da concretagem. Isto, como se verá mais adiante, resulta em grande economia, racionalização no emprego de mão-de-obra e materiais e maior qualidade final.

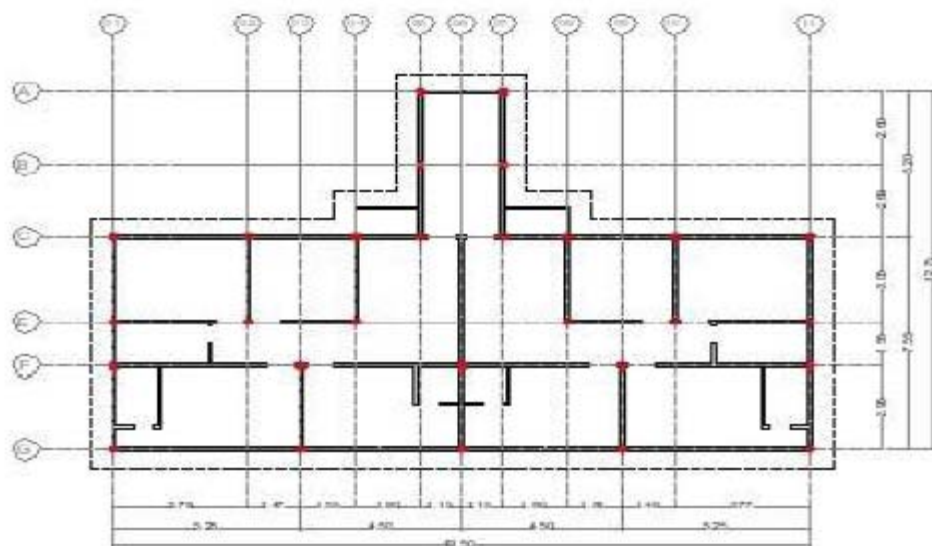


Figura 3.1 – Planta da laje flexível – edifícios.

3.2. Preparação do terreno

As sondagens preliminares, feitas no local onde foi implantado o empreendimento, indicaram:

- Nível do lençol freático muito próximo da superfície; e,
- Baixo valor do SPT (Standard Penetration Test).

Com essas informações e havendo necessidade de movimento de terra para definição dos platôs (ver Figura 3.2), adotou-se a estratégia de fazer este movimento já com procedimentos de compactação por camadas, o que viabilizou o uso de fundação em lajes flexíveis. Esse procedimento de compactação seria também necessário para fundação convencional, tendo em vista a necessidade de execução de contrapisos que se tornam desnecessários quando se adota a alternativa de lajes sobre base elástica.

Definidos os platôs, após o movimento de terra, realizou-se um ensaio de compactação cujos resultados foram utilizados (veja-se Seção 3.3) para o dimensionamento da fundação em lajes flexíveis.



Figura 3.2 – Platôs.

3.3. Fundações

3.3.1. Fundação dos edifícios

Os 12 edifícios de quatro pavimentos foram apoiados sobre lajes flexíveis, com espessura de 0,10 m, com área de 204,9 m² (ver Figura 3.1) apoiadas em 28 estacas *Strauss*, pré-moldadas, com diâmetro de 0,25 m e comprimento de 10 metros.

3.3.2. Fundação dos sobrados

Os sobrados geminados foram apoiados sobre lajes flexíveis com espessura de 0,10 m e área em planta de 120,52 m².

3.3.3. Processo construtivo das fundações dos edifícios

As estacas *strauss* para apoio das lajes de fundação dos edifícios têm diâmetro de 0,25 m até um metro da face inferior das lajes. Deste ponto até a superfície este diâmetro é aumentado para 0,35 m uma vez que não foram usados blocos.

Descreve-se, a seguir, a construção das lajes flexíveis.

Após a compactação feita no movimento de terra, a construção da laje flexível inicia-se com a colocação de uma camada de 0,04 m de brita 1 (Figura 3.3). A função desta camada de brita é impedir a absorção de água pelo concreto, quando de seu lançamento.

Sobre esta camada de brita, e com o mesmo objetivo, coloca-se uma lona plástica preta de espessura mínima de 0,25 mm. Esta lona tem também a função de impedir a perda de água do concreto durante o processo de cura, após o lançamento. Ver Figura 3.4.

Sobre a lona preta é lançada uma camada de 0,04 m de areia grossa, como mostrado na Figura 3.5. A areia serve para proteger a lona plástica da movimentação dos operários, permitir a drenagem do excesso de água do concreto fresco e ajudar no processo de cura fornecendo umidade para o concreto.



Figura 3.3 – Camada de brita.



Figura 3.4 – Laje flexível - camada de lona plástica.



Figura 3.5 – Laje flexível - camada de areia.

Essas três camadas (brita, lona plástica e areia), além das funções já descritas, constituem-se também no que se chama barreira de vapor, cuja função é deter a ascensão da umidade do solo através da laje (ALMEIDA, 2002).

Colocam-se, então, as guias que delimitam o perímetro da laje (com 0,10 m de largura) e é feita a concretagem.

Para evitar que o lançamento do concreto afaste a areia, esta deve estar represada. De preferência, o concreto deve ser lançado em cima de concreto previamente lançado.

O concreto utilizado tem resistência de 25 MPa e 20 kg/m³ de fibras metálicas. Observe-se a inexistência de armadura. As fibras têm a finalidade de combater fissuras por retração. A especificação das fibras foi feita seguindo as indicações para dimensionamento encontradas em Almeida (2002). Em virtude das dimensões da laje, não foram necessárias juntas de dilatação.

3.3.4. Processo construtivo das fundações dos sobrados

O processo construtivo das lajes flexíveis para os sobrados é idêntico ao acima descrito para edifícios, a menos do fato de que não foram necessárias estacas.

Durante a cura, após a concretagem da laje flexível, deve-se manter a superfície isolada do ambiente com o uso de uma manta de algodão com o objetivo de manter a umidade em níveis adequados. Ver Figura 3.6.



Figura 3.6 – Manta de algodão usada durante a cura.

A manutenção da umidade pode ser também feita com o uso de aspersores, como mostrado na Figura 3.7.



Figura 3.7 – Cura do concreto da laje flexível.

3.4. Estrutura

3.4.1. Montagem das formas

A estrutura e os elementos de vedação foram, como já dito, substituídos por paredes e lajes de concreto armado, moldadas monoliticamente, com espessura constante igual a 0,10 m.

A concretagem de metade de um andar tipo (no caso dos edifícios) ou de metade de um pavimento (no caso dos sobrados) é feita de uma só vez com o uso das formas metálicas do tipo túnel.

Na Figura 3.8, mostra-se a forma pronta para concretagem de metade do primeiro pavimento de um sobrado. Para montagem das formas são confeccionadas guias de concreto (como a mostrada na Figura 3.11), que têm a função de gabarito para garantia da espessura de 0,10 cm das paredes.



Figura 3.8 – Forma túnel - concretagem do primeiro pavimento.

Na Figura 3.9, mostra-se a guia da parede central que é concretada antes das demais, também com o uso da forma metálica, e com armadura mínima para garantir o engastamento desta parede na laje. Esta parede pode também ser vista na Figura 3.9.



Figura 3.9 – Guia para apoio da forma túnel (parede central).

O concreto utilizado tem resistência de 25 MPa e alta resistência inicial. A taxa de armadura (tela soldada) é de 35 kg/m^3 tanto para as paredes quanto para as lajes (ver figura 3.10). Observe-se, na mesma figura, os espaçadores plásticos que têm a função de garantir recobrimento adequado para a armadura.



Figura 3.10 – Armadura das paredes e espaçadores.

Além da guia central mostrada na Figura 3.9 são também feitas guias para montagem de toda a forma, como mostrado na Figura 3.11.

Mostra-se, na Figura 3.12, uma etapa intermediária da montagem das formas.

Para fixação das escadas são colocados os chamados *inserts* mostrados na Figura 3.13.

Antes da concretagem são colocadas, ainda, as instalações elétricas e hidráulicas que existirem nas paredes e lajes. A montagem dessas instalações é descrita na Seção 3.5.

Quando se empregam formas metálicas, as aberturas para colocação de portas e janelas são conseguidas através do uso dos chamados negativos, mostrados nas Figuras 3.14 e 3.15.



Figura 3.11 - Guias para montagem das formas.



Figura 3.12 – Parede central e montagem das formas.

As escadas, tanto no caso dos edifícios quanto no caso dos sobrados, são feitas de concreto armado, com formas metálicas (Figura 3.16).



Figura 3.13 – *Inserts* para fixação das escadas.



Figura 3.14 – Negativo para uma abertura de passagem.

Inserts (como aqueles existentes nas paredes) são também colocados nas extremidades das escadas. A concretagem das escadas é feita em separado e, após a cura, as mesmas são fixadas no local definitivo soldando-se os *inserts*. Ver Figura 3.17.



Figura 3.15 – Negativo para abertura de passagem.



Figura 3.16 – Forma e armadura da escada.



Figura 3.17 – Fixação das escadas.

3.4.2. Lançamento do concreto

Montadas as formas, fixados os *inserts*, colocados os chicotes elétricos, colocados os negativos de portas, janelas e aberturas e montados os reforços nas bordas dos *shafts* de passagem da tubulação principal de água e esgoto (veja-se Seção 3.5) pode ser iniciada a concretagem.

A concretagem das paredes e lajes é feita em um só lançamento. Essa concretagem leva um tempo total de três horas (25 - 30 m³).

O concreto usado no processo de formas túnel deve ter plasticidade igual a 18 cm (com variação para mais ou para menos de 2 cm). O usual seria plasticidade 12 cm. A adoção deste valor para a plasticidade se deve ao fato de a concretagem ser feita em formas com afastamento entre faces de 0,10 m.

O lançamento é feito em camadas de 1 metro e emprega-se um vibrador de imersão.

A retirada das formas se dá 10 horas após a concretagem. Este tempo relativamente curto de retirada das formas é possível porque, simultaneamente, são colocadas escoras metálicas nas lajes, que permanecem pelo período de uma semana.

Para a desforma são acionadas travas nas mãos francesas que ligam as faces laterais das formas ao teto e nas hastes horizontais que ligam as formas a dispositivos que permitem o rolamento na horizontal (ver Figura 3.18). Isto permite que as formas laterais se movam para dentro da edificação e, ao mesmo tempo, que a forma da laje experimente deslocamento para baixo.



Figura 3.18 – Dispositivos para desarmar as formas.

Após o término da concretagem é necessário executar uma limpeza das formas com um jateamento adequado de água, através de máquinas apropriadas para isso, para a retirada de restos de concreto proporcionando, assim, uma maior vida útil dos equipamentos.

3.5. Instalações elétricas, hidráulicas e de telefonia

3.5.1. Instalações elétricas e de telefonia

As caixas de tomadas elétricas e de telefonia, bem como as caixas de pontos de iluminação, são fixadas nas formas metálicas antes da concretagem. Os chicotes de fiação são previamente montados no canteiro e também fixados na ferragem das paredes e lajes.

As prumadas principais de energia elétrica e telefonia são embutidas em *shafts* localizados nas paredes das salas dos apartamentos e na parede da caixa de escadas.

A conexão entre os *shafts* e o quadro de medidores é feita através de tubulação que passa na parte inferior da laje de fundação (Figura 3.19).



Figura 3.19 – Instalações hidráulicas e elétricas sob a laje de fundação.

Mostra-se, na Figura 3.20, a montagem dos chicotes elétricos que são fixados à armadura. A pré-montagem é feita no canteiro de obras.



Figura 3.20 – Montagem dos chicotes elétricos.

3.5.2. Instalações hidráulicas

Com base em experiência de projetos anteriores, decidiu-se não embutir as instalações hidráulicas e sanitárias no concreto. Isto em virtude do fato de que se observou que, no processo de cura e mesmo durante a fase de serviço, a estrutura de concreto experimenta deformações que podem danificar as tubulações de PVC.

Apenas sob a laje de fundação passam as tubulações principais de entrada de água e esgotamento de águas servidas (Figura 3.21).

Shafts verticais, embutidos nas paredes de concreto são usados para a colocação das instalações hidráulicas no edifício e nos sobrados geminados (ver Figura 3.22).



Figura 3.21 – Posicionamento da instalação hidráulica sob a laje de fundação.



Figura 3.22 – *Shaft* para instalações hidráulicas.

3.6. Acabamento, portas e esquadrias

A execução do acabamento da obra neste sistema construtivo fica muito simplificada e econômica. Após a retirada das formas, que leva em média um tempo de duas horas, dá-se início à fase de acabamento final aplicando-se, à face interna das paredes e lajes, uma nata de cimento misturada a um polímero, com a finalidade de recobrir pequenas bolhas oriundas do adensamento do concreto. Sobre essa camada de nata aplica-se massa corrida à base de PVA e a pintura final.

Com a retirada das formas, todas as paredes já se encontram alinhadas e em prumo, evitando, assim, o trabalho de realinhamento e prumo, necessário quando se utilizam materiais convencionais para a construção das paredes. Desta forma, as superfícies poderão receber o acabamento final de revestimento em massa corrida ou a pintura definitiva, dispensando a fase de chapisco, emboço e reboco. Com isso, tem-se uma economia significativa de insumos e mão-de-obra (ver Figuras 3.23 e 3.24).

O assentamento de azulejos nas áreas molhadas é feito com cola cimento, diretamente sobre a superfície de concreto. Neste caso, não é aplicada a nata de cimento e polímero.



Figura 3.23 – Aspecto da superfície do concreto após a retirada das formas.



Figura 3.24 - Superfície das lajes após a retirada das formas.

As portas e esquadrias são fixadas nas aberturas criadas pelos negativos colocados dentro das formas metálicas. Essa fixação é feita com espuma de poliuretano.

Na Figura 3.24, observa-se que alguns azulejos estão marcados. Essa marcação foi feita pelo controle de qualidade indicando as peças que devem ser substituídas. Com o processo de assentamento usado, esta substituição é bastante rápida e eficaz.

3.7. Urbanização e infra-estrutura

Quando da definição e construção dos platôs, em virtude da necessidade de compactação do solo (veja-se Seção 3.2), foi possível tratar toda a área destinada ao empreendimento (inclusive vias de acesso) de uma só vez. Este procedimento resultou em grande economia e melhoria da qualidade final da urbanização e da infra-estrutura.

É usual realizar as obras finais de urbanização e construção das vias de acesso após a conclusão das edificações, o que dificulta bastante o trabalho pela presença de obstáculos (as edificações) podendo, também, resultar em patologias nas obras já concluídas.

Adotou-se, no abastecimento de água das unidades, a solução de reservatório central coletivo, racionalizando a manutenção e garantindo melhor funcionamento das instalações hidráulicas de todo o empreendimento. Por razões culturais (veja-se Capítulo 6) essa alternativa foi rejeitada pelos moradores dos sobrados, que exigiram a existência de reservação individual.



Figura 3.25 – Reservatório central de água.

A gleba destinada à implantação do empreendimento não era servida por rede pública de esgoto. O processo de negociação com os órgãos públicos para a ampliação da rede mostrou-se lento em virtude da falta de planejamento. As unidades habitacionais ficaram prontas para uso antes que a rede pública atendesse a gleba. Por este motivo decidiu-se pela construção de uma estação própria de tratamento de esgoto. Esta estação funcionou de maneira autônoma pelo período de três anos até que pudesse ser interligada com a rede pública.

3.8. Entrega das unidades habitacionais

A entrega das unidades residenciais (apartamentos e sobrados) foi feita com o fornecimento de um Manual do Proprietário com as seguintes informações, em linguagem bastante acessível:

- Instalações elétricas: capacidade de um disjuntor e seu funcionamento. Quais equipamentos podem ser ligados em tomadas elétricas e o número máximo de equipamentos por tomada. Como ligar chuveiros, ferros de passar e outros eletrodomésticos.
- Instalações hidráulicas: como cuidar de detritos a serem lançados em vasos sanitários, pias, etc. Como usar a pia da cozinha e vasos sanitários, que são os principais pontos de entupimento.
- Desenhos das instalações elétricas e hidráulicas.
- Estrutura: quais paredes podem se removidas e de que forma e onde é permitido fazer aberturas para portas janelas ou passagens internas.
- Fundação: como foi executada em laje flexível é permitida a construção de novas paredes divisórias em qualquer posição desejada.

4. Canteiro de obras

A organização do canteiro de obras foi condicionada e adequada à tecnologia de construção escolhida. Descrevem-se, a seguir, alguns aspectos interessantes relacionados à construção das fundações, da superestrutura, das instalações e do acabamento.

A bancada de montagem de armaduras e chicotes e o depósito de materiais de acabamento foram posicionados num raio de 50 metros em torno da grua. Desta forma todo o transporte de material era feito somente com a grua, agilizando de maneira significativa a evolução dos trabalhos.

O posicionamento da grua permitia a construção simultânea de dois edifícios de quatro pavimentos ou de quatro sobrados.

A movimentação da grua para início da construção de novas unidades era feita com o auxílio de trilhos.

Mostra-se, na Figura 4.1, a grua posicionada para a construção de dois edifícios.

Durante a construção, ventos de grande intensidade assolaram a região provocando o tombamento da grua (que tinha 80 toneladas de lastro). Para evitar a interrupção dos trabalhos, foi alugado um guindaste auto-propelido para movimentação de formas e outros materiais. Ver Figura 4.2.



Figura 4.1 – Grua sendo usada para a construção simultânea de dois edifícios.



Figura 4.2 – Auto-propelido para movimentação das formas.

Mostra-se, na Figura 4.3, um componente da forma sendo transportado para montagem.

A necessidade de utilização temporária do auto-propelido mostrou a grande diferença de rendimento entre ele e a grua.



Figura 4.3 – Montagem da forma túnel.

O uso das fundações em laje flexível e das formas túnel para a execução da estrutura permite uma grande simplificação na montagem do canteiro de obras tendo em vista a baixa quantidade de insumos a serem utilizados, diferentemente do que ocorre nos processos convencionais.

Os materiais utilizados são, basicamente: concreto usinado, armadura em tela, materiais para rede hidráulica e sanitária.

Também é significativamente menor, o número de operários e a necessidade de operários com qualificação superior, como pedreiros, oficiais, etc.

Para uma grua e um sistema de formas são necessários sete serventes, um encarregado, um mestre de forma e um operador de grua.

A mesma equipe é utilizada para o posicionamento de armaduras, lançamento do concreto e posicionamento das instalações elétricas e hidráulicas.

5. Memorial de Cálculo – Sobrado

Apresenta-se, neste capítulo, a memória de cálculo (esforços e verificação) da estrutura de um sobrado como o usado para ilustração em capítulos anteriores deste trabalho.

Foi usado o pacote STAAD (<http://www.reiworld.com/>) para determinação dos esforços e dimensionamento das armaduras.

5.1. Especificações para lajes e paredes

Parâmetros para o dimensionamento:

- Desenhos das instalações elétricas e hidráulicas.
- Espessura: 10cm
- Resistência do concreto (f'_c): 25 MPa = 2.500.000 kgf/m²
- Cobrimento do concreto: 2 cm
- Aço de telas soldadas: CA-60 $\rightarrow f_y = 6.000 \text{ kgf/cm}^2 = 60.000.000 \text{ kgf/m}^2$

Outros parâmetros para o dimensionamento:

- Diâmetros de barras disponíveis no software: 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32 e 40mm
- Análise a ser realizada: P- Δ com 3 iterações

Altura usada como pé-direito:

$$2,75 + 2 \times \left(\frac{1}{2} \times e \right) = 2,85\text{m} \quad (5.1)$$

Sendo:

e: espessura da laje.

Módulos de elasticidade:

- E_s : módulo de elasticidade do aço da tela soldada = 205.000 MPa
- E_c : módulo de elasticidade do concreto = $4.700 \times \sqrt{f_c}$ (em MPa)

Assim:

$$E_c = 4.700 \times \sqrt{25} = 23.500\text{MPa} = 2,35 \times 10^9 \text{kgf/m}^2 \quad (5.2)$$

5.2. Ações

Telhado:

- Peso: 75 kgf/m²
- Telhas: de barro
- Inclinação: 30 %
- Estrutura: pontaletada
- Sobrecarga (pela ABNT): 25 kgf/m²

Piso:

- Sobrecarga de piso (residencial – pela ABNT): 150 kgf/m²

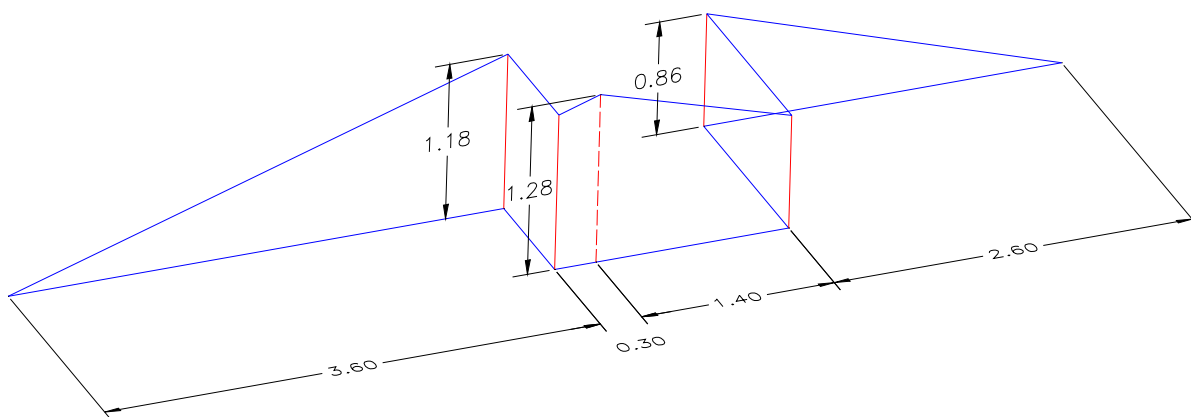
Forro:

- Sobrecarga de forro (sem acesso a pessoas – pela ABNT): 50 kgf/m²

Oitão:

- Bloco: de concreto
- $\gamma_{\text{parede de bloco}} = 1800 \text{ kgf/m}^3$
- Espessura da parede: 14 cm
- Peso por área: 252 kgf/m^2

Alturas estimadas (baseadas na inclinação de 30 %):

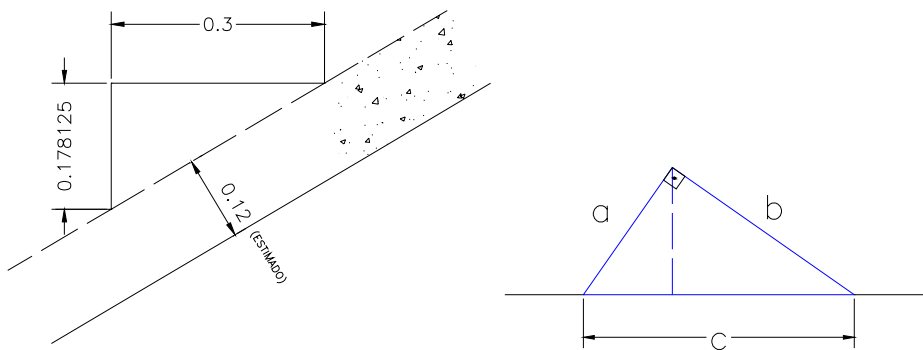


Cargas baseadas nas alturas:

- $q(1.28\text{m}) = 322.56 \text{ kgf/m}$
- $q(1.18\text{m}) = 297.36 \text{ kgf/m}$
- $q(1.28\text{m}) = 216.72 \text{ kgf/m}$

Peso da escada:

- Pé-direito a ser vencido: 2.85 m
- Número de espelhos: 16
- Altura dos degraus: $2.85 / 16 = 0.178125 \text{ m}$



Altura do retângulo equivalente ao triângulo do degrau:

$$\frac{a \times b}{2} = c \times x \rightarrow x = \frac{a \times b}{2 \times \sqrt{a^2 + b^2}} \rightarrow x = 0.077\text{m} \quad (5.3)$$

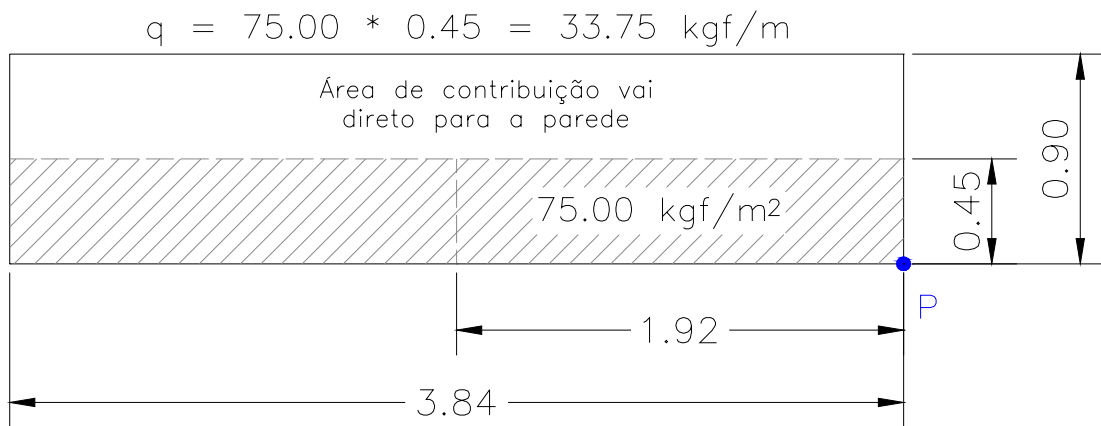
Espessura equivalente para a escada: $0.12 + 0.077 = 0.20\text{m}$

Sobrecarga da escada: 250 kgf/m^2 (NBR-6120)

Peso e sobrecarga do telhado da sacada:

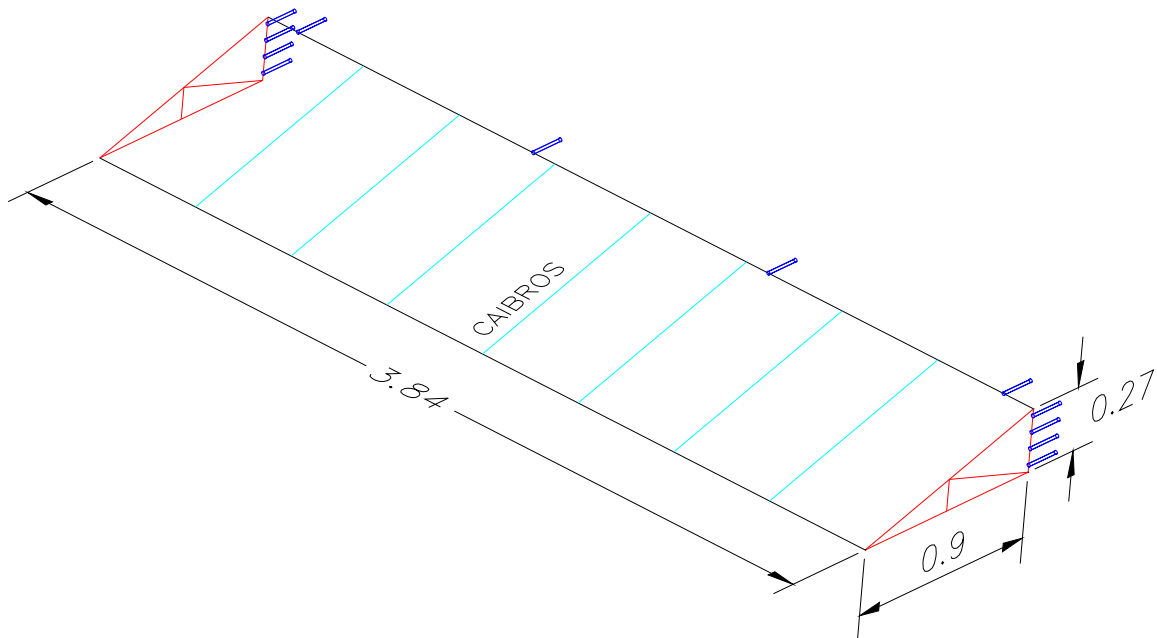
- Projeção coincide com a laje de concreto
- Inclinação: 30 % (mesma do telhado)
- Peso e sobrecarga são os mesmos do telhado: 75 kgf/m^2 e 25 kgf/m^2 respectivamente
- Esquema de fixação:
 - Terça horizontal (4 parafusos passantes na parede de concreto) para apoio dos caibros
 - Traves verticais (4 parafusos passantes na parede de concreto) para prender a mão-francesa
 - Mão francesa
 - Terça na ponta da mão francesa

Áreas de influência:

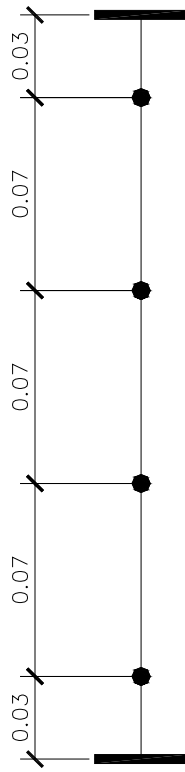


Com:

- $P = 75 \times 1.92 \times 0.45 \approx 65.00 \text{ kgf}$
- $M = 65.00 \times 0.90 = 58.50 \text{ kgf.m}$



Para transformar M num binário de cargas suportadas pelos chumbadores, tem-se a possível distribuição:

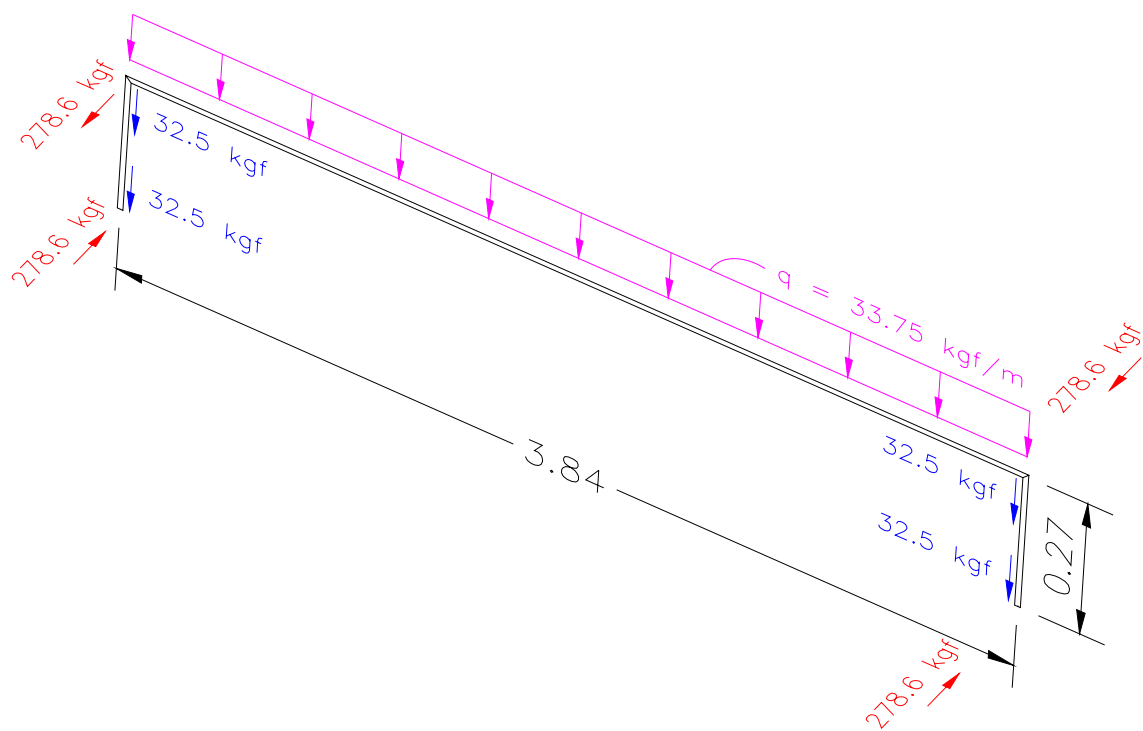


Supondo desconsiderados os 2 chumbadores centrais (a favor da segurança) tem-se:

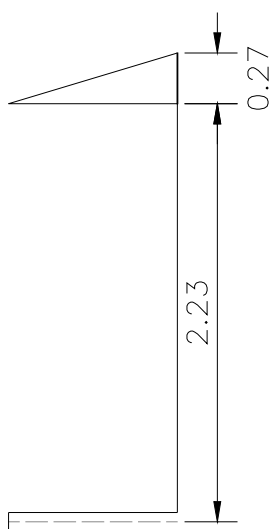
$$M = P \times l \rightarrow P_H = \frac{M}{l} = \frac{58.50}{0.21} = 278.60 \text{ kgf (horizontal)} \quad (5.4)$$

$$P_V = \frac{P}{2} = \frac{65.00}{2} = 32.50 \text{ kgf (vertical)} \quad (5.5)$$

5.3. Esquema estrutural simplificado



Distâncias para inclusão no arquivo do STAAD:



Desejando-se substituir o carregamento linear (apresentado anteriormente), pode-se fazê-lo por uma carga distribuída sobre a área a ser aplicada no plano do eixo da placa onde serão fixados os chumbadores da terça superior. Sendo a altura do elemento de 0.67 m. Tem-se:

$$q = 33.75 \text{ kgf/m} \rightarrow \frac{33.75 \text{ kgf/m}}{0.67 \text{ m}} = 50.40 \text{ kgf/m}^2 \quad (5.6)$$

Carregamentos pela ASCE-98

Sobrecarga de telhado:

- A_t : tributary area in m^2 supported by any structural member
- Visto que o telhado é pontaletado, usa-se a área total e não a de um membro específico
 - $A_t = 102.64 \text{ m}^2$

Sendo o *slope* de 30 %, tem-se:

$$F = 0.12 \times \text{slope}(\%) = 0.12 \times 30 = 3.6 \quad (5.7)$$

- $R_1 = 0.6$ (for $A_t \geq 55.74 \text{ m}^2$)
- $R_2 = 1.0$ (for $F \leq 4$)

$$L_r = 97.89 \times R_1 \times R_2 \rightarrow L_r = 97.89 \times 0.6 \times 1.0 = 58.73 \quad (5.8)$$

$$\text{With } 59.14 \leq L_r \leq 97.89 \rightarrow L_r = 59.14 \text{ kgf/m}^2$$

Sobrecarga da sacada:

- Balcony area: 3.00 m^2
- For one-family residence and not exceeding 9.3 m^2 :
 - $L_{\text{balc}} = 2.87 \text{ kN/m}^2 = 292.64 \text{ kgf/m}^2$

Sobrecarga do piso de forro:

- *For dwellings (one-family) uninhabitable attics without storage:*
 - $L_{att} = 0.48 \text{ kN/m}^2 = 48.94 \text{ kgf/m}^2$ (NBR-6120 exige 50.00 kgf/m^2)

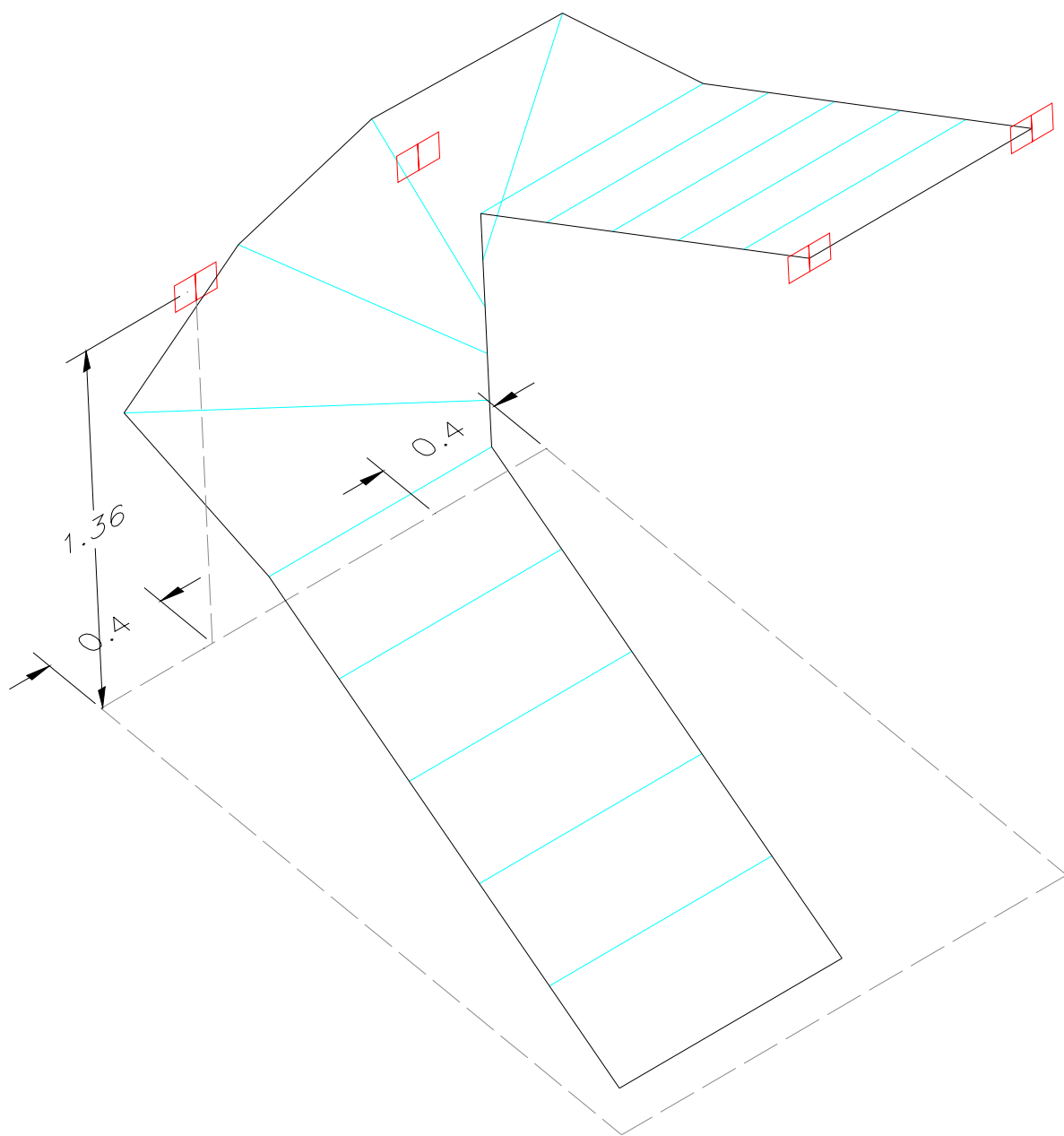
Sobrecarga da escada:

- *Stairs one-family residence:*
 - $L_{stair} = 1.92 \text{ kN/m}^2 = 195.77 \text{ kgf/m}^2$ (NBR-6120 exige 250.00 kgf/m^2)

Sobrecarga do piso:

- *All other areas except stairs and balconies:*
 - $L = 1.92 \text{ kN/m}^2 = 195.77 \text{ kgf/m}^2$

Detalhes dos *inserts* da escada:

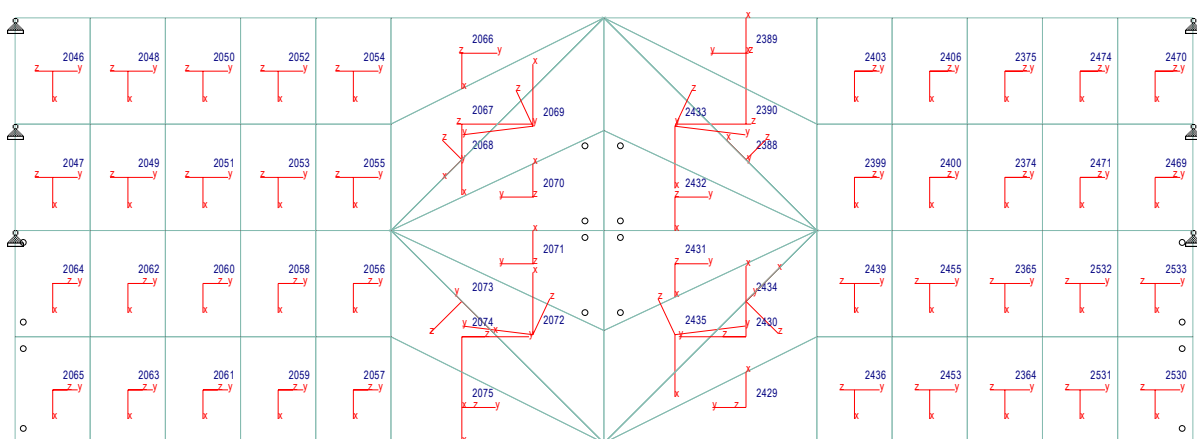


Observação: à altura de 1.36 m, somar metade da espessura do piso (modelo), sendo de 0.05 m. Assim:

$$h = 1.36 + 0.05 \approx 1.40 \text{ m} \quad (5.9)$$

Releases (rótulas) das escadas:

- Para os insertos localizados na parede central:
 - Liberar M_x (nós dos cantos)
 - Liberar M_x e F_z (nó central) (criado pelo modelo em Elementos Finitos)
- Para os insertos localizados na junção entre a escada e a laje de piso:
 - Liberar M_x (nós em contato com laje)



Combinações da ACI 318-02

Carregamentos:

- D = dead load
- L = live load
- L_r = roof live load

Combinações:

$$1) U = 1.4 \times D \quad (5.10)$$

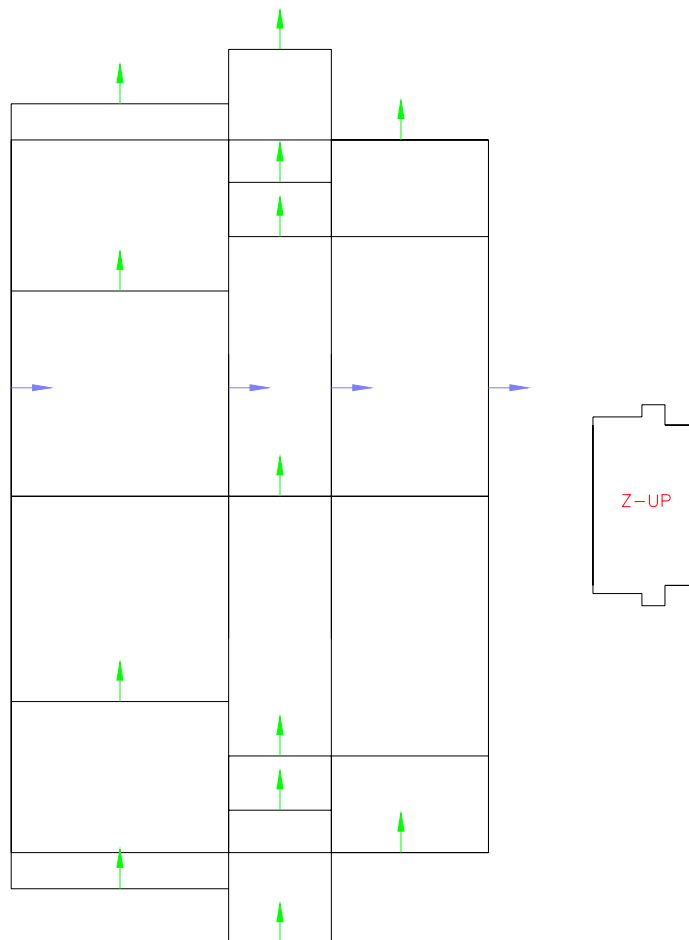
$$2) U = (1.2 \times D) + (1.0 \times L) \quad (5.11)$$

$$3) U = (1.2 \times D) + (1.6 \times L) + (0.5 \times L_r) \quad (5.12)$$

$$4) U = (1.2 \times D) + (1.0 \times L) + (1.6 \times L_r) \quad (5.13)$$

$$5) U = (1.2 \times D) + (1.0 \times L) + (0.5 \times L_r) \quad (5.14)$$

Direção da normal (eixo z local) nos elementos:



Limites de deslocamento, de acordo com a Tabela 13.2 da NBR-6118/2003:

Tabela 5.1 – Limites de deslocamento.

Deslocamentos a considerar	Limite
Total	$l / 250$
Devido a cargas acidentais	$l / 350$

Fonte: NBR-6118/2003.

Resultados

Deslocamentos:

- Todos os deslocamentos calculados para o modelo ficaram abaixo de 1.0 mm.

Armaduras (*reinforcement*):

- Todas as lajes e paredes apresentaram necessidade apenas da armadura mínima em ambas as faces das paredes e lajes.

Lembrando que se deve garantir o engastamento entre as interfaces de ligações paredes/lajes. Para isto, deve-se providenciar uma emenda que seja maior ou igual a duas malhas da tela escolhida.

O programa apresentou uma área de $0.14 \text{ mm}^2/\text{mm} = 1.4 \text{ cm}^2/\text{m}$. Sugestão de tela soldada: Q138 (# quadrada Ø 4.2 @ 100 mm).

O resultado é apresentado, também, como de desenho com unidades no sistema americano (veja sobrado-reinforcement.pdf).

Lembrando-se que $1.0 \text{ in}^2/\text{ft} = 21.17 \text{ cm}^2/\text{m}$, tem-se:

- $0.043 \text{ in}^2/\text{ft} = 0.91 \text{ cm}^2/\text{m}$; e,
- $0.050 \text{ in}^2/\text{ft} = 1.06 \text{ cm}^2/\text{m}$

5.4. Resultados da análise e do dimensionamento

Nos Anexos B a H são apresentados os resultados obtidos com a utilização do programa STAAD, listados a seguir:

- Armadura Mínima – “NBR6118.doc”:
 - Estudo sobre as armaduras mínimas em paredes de concreto segundo os recursos da NBR-6118; e,
 - As paredes de concreto consideradas têm as características das usados no projeto.
- “sobrado-ABNT.std”:
 - Arquivo do STAAD com todos os carregamentos segundo a ABNT.
- “sobrado-ASCE.std”:
 - Arquivo do STAAD com os máximos carregamentos entre ABNT e ASCE.
- “sobrado-ASCE.anl”:
 - Arquivo de análise do STAAD do “sobrado-ASCE.std” com os resultados.
- “sobrado-displacements.pdf”:
 - Resumo dos deslocamentos máximos na estrutura.
- “sobrado-plate_stresses.pdf”:
 - Desenhos das tensões máximas nos elementos.
- “sobrado-plates.pdf”:
 - Resumo das tensões máximas nos elementos (momentos máximos).
- “sobrado-reactions.pdf”:
 - Resumo das reações.

- “sobrado-reinforcement.pdf”:
 - Resumo das armaduras exigidas pelo software (no sistema americano).
- “sobrado-rendered.pdf”:
 - Desenho esquemático em perspectiva dos elementos finitos utilizados no modelo.

6. Conclusões, sugestões e comentários

6.1. Sobre a utilização de fundação em lajes flexíveis

Em obras posteriores à que é objeto deste trabalho, foram introduzidas algumas modificações descritas a seguir.

A tubulação de esgoto, que no presente caso, foi posicionada sob a laje flexível de concreto, envelopada em concreto, passou a ser envelopada por uma camada de areia. Esta modificação deveu-se ao fato de no caso de envelopamento em concreto, a tubulação ficar muito mais rígida, não permitindo movimentações de acomodação consideradas necessárias. Quando envelopadas em concreto pode ocorrer ruptura, observada na obra em estudo.

Outra alteração, considerada necessária, foi aplicação de concreto com *slump* maior o que facilita o nivelamento da superfície superior da laje, com o uso de guias metálicas no contorno.

6.2. Sobre a utilização de formas túnel e concretagem no local

Uma modificação introduzida em obras posteriores foi a não utilização de tubulação elétrica embutida nas lajes. Esta alteração se deveu ao fato de que, durante o lançamento do concreto, a tubulação embutida tendia, em alguns pontos, a se aproximar demais da superfície inferior da laje, ficando sem recobrimento de concreto. Embora este fato não implique em problemas de ordem estrutural, aparecem fissuras na laje que dão ao usuário um desconforto visual.

A modificação introduzida foi localizar a tubulação sob a laje e colocação de painéis de gesso. Essa alteração permite, também, alterações nos pontos de luz com maior facilidade.

Para evitar o aparecimento de falhas (bicheiras), especialmente sob os negativos de janelas, local de difícil acesso para o vibrador e para a entrada de concreto durante o lançamento, devem ser tomados cuidados especiais, tais como: aumento da plasticidade do concreto e, lançamento do concreto nas duas faces verticais dos negativos de janelas com o posicionamento nesta região da agulha do vibrador, permitindo melhor penetração do material nessa região.

É importante garantir que o *slump* do concreto nunca seja inferior a 18 cm.

Embora o sistema de concretagem das lajes e paredes seja bastante simples, alguns cuidados devem ser tomados com relação à montagem das formas.

A laje flexível de fundação deve ter sua superfície superior perfeitamente nivelada na horizontal, permitindo, assim, o melhor posicionamento das formas.

As formas têm um dispositivo para garantia do nível horizontal. Esse nível deve ser cuidadosamente conferido no momento da montagem. Garantindo-se esse nivelamento há também simultânea garantia de prumo. Com esta providência, os demais elementos estruturais (acima do nível inicial de concretagem) ficam automaticamente nivelados e em prumo.

A ligação dos painéis de forma, garantido o nivelamento acima descrito, fica bastante facilitada e é bastante simples, com o emprego de dispositivos de conexão entre painéis.

A velocidade do processo construtivo é bastante dependente de alguns fatores, comentados a seguir.

A desmontagem das formas deve ser feita com cuidado para evitar o travamento de um painel em outro. Os dispositivos de liberação devem ser adequadamente acionados. Os dispositivos de rolamento das partes de formas devem estar sempre em boas condições de uso.

A desmontagem e movimentação horizontal e vertical das partes de formas, com o uso da grua, devem ser feitos de maneira racional de modo a permitir um processo contínuo e sem etapas repetitivas. O ideal é que a forma seja movida de uma posição em que já foi usada para a nova posição de utilização diretamente, sem armazenamento intermediário em local provisório.

6.3. Sobre a organização do canteiro de obras

Como mencionado anteriormente, a produção de armadura deve se dar em local próximo (um raio de 50 m) da grua.

É importante que a produção de armadura seja feita de forma a permitir que sempre haja material disponível para novas montagens e concretagem. Ou seja, é necessário garantir que haja sempre um conjunto de armaduras pronto para ser utilizado. A mesma afirmativa é válida para instalações elétricas e hidráulicas.

6.4. Sobre o estado atual das habitações

As primeiras unidades foram entregues em setembro de 1997, portanto há 8 anos. A seguir são apresentados alguns comentários e observações sobre os problemas e patologias observados após a entrega e início de utilização dos imóveis.

As lajes dos sobrados e dos apartamentos apresentaram, em algumas unidades, fissuras na face inferior. Para melhor identificar o tipo de patologia presente foi feita uma análise no local e constatou-se que o problema estava ligado ao movimento, durante a concretagem, dos

eletrodutos. Parecer de um especialista não indicou necessidade de qualquer providência no sentido de necessidade de reforço estrutural. Estas fissuras foram observadas cerca de seis meses após a entrega da obra.

Foram observadas também fissuras nos cantos (bordas) de janelas e portas. Embora tenham sido previstos reforços nessas regiões passou-se a acompanhar o comportamento dessas fissuras que ocorrem em cerca de 3 % das unidades habitacionais. Constatou-se que não houve evolução das fissuras e a única providência tomada foi aplicar um elastômero e refazer a pintura. Uma provável explicação para este fato é um procedimento errado durante a retirada das formas ocasião em que podem ter ocorrido pancadas para liberar as partes de formas, fato este que não poderia ou deveria ter ocorrido. As formas possuem dispositivos adequados para evitar esse tipo de problema.

Nos primeiros edifícios executados foram colocadas esquadrias metálicas que, após um ano de uso, apresentaram vários pontos de oxidação, embora a procedência dessas esquadrias fosse de qualidade reconhecida no mercado. Houve necessidade de substituição de algumas esquadrias e em alguns casos, foi reforçada a impermeabilização. A providência tomada foi, nas edificações restantes (73 %), adotar esquadrias de alumínio.

Mostra-se, na Figura 6.1, uma vista do empreendimento.



Figura 6.1 – Vista dos sobrados.

6.5. Aspectos comerciais, contratuais e culturais

Embora a constituição de uma cooperativa seja, em princípio, uma idéia cercada de aspectos bastante interessantes (isenção de impostos, não captação de recursos no mercado, etc.) a relação entre a assembléia de cooperados e prestadores de serviços pode experimentar problemas e diversidades.

É fundamental, embora não seja solução definitiva, a celebração de um contrato bem redigido e aprovado pela assembléia de cooperados. A possibilidade de se valer das renúncias fiscais concedidas a cooperativas deve estar claramente estabelecida.

Ainda assim, como a cooperativa tem uma diretoria que pode ser substituída, não há garantia de uma permanente boa relação entre os envolvidos em um contrato de construção (empreiteira e cooperados).

Um fato de natureza cultural ocorreu no empreendimento objeto desse estudo. Com a construção de um reservatório central (com capacidade de 60.000 litros) estavam, naturalmente, dispensadas as caixas individuais de reservação de água. Os proprietários dos sobrados, no entanto, exigiram que fossem instaladas essas caixas e deram como motivo o fato de que é usual tal procedimento. Sabe-se, tecnicamente, que esse procedimento (reservação individual) é, em princípio, contra indicado.

Anexos

Anexo A – Armadura mínima NBR-6118

Diretrizes para Cálculo de Armadura Mínima (de acordo com a NBR-6118/2003).

Item 17.3.5.2.1 – Armadura de Vigas

$$\rho_{\min} = \frac{A_{s,\min}}{A_c} = 0.15 \% \text{ (Tabela 17.3)}$$

$$M_{d,\min} = 0.8 \times W_0 \times f_{\text{ctk},\text{sup}}$$

$$f_{\text{ctk},\text{sup}} = 1.3 \times (0.3 \times f_{\text{ck}}^{2/3}) \text{ (Item 8.2.5)}$$

Item 14.3.5.3.1 – Armadura de Pilares

$$A_{s,\min} = \left(0.15 \times \frac{N_d}{f_{yd}} \right) \geq 0.004 \times A_c$$

Item 19.3.3.2 – Armadura de Lajes

$$\rho_s = \frac{A_s}{(b_w \times h)}$$

Laje armada em 1 direção – armadura principal:

- $\rho_s \geq \rho_{\min}$

Laje armada em 1 direção – armadura secundária:

- $A_{s,\text{sec}} / s \geq 0.2 \times A_{s,\text{princ}}$
- $A_{s,\text{sec}} / s \geq 0.9 \text{ cm}^2/\text{m}$
- $\rho_s \geq 0.5 \times \rho_{\min}$

Laje armada em 2 direções:

- $\rho_s \geq 0.67 \times \rho_{\min}$

Dados da obra Antonio Carlos / Geobase

- $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- $f_{yk} = \text{CA-50} = 500 \text{ MPa}$
- Espessura da laje (h): 10 cm
- Espessura da parede (h): 10 cm
- Cobrimento do concreto: 2 cm
- Telhado
 - Telha de barro
 - Inclinação: 30 %
 - Madeiramento: estrutura pontaletada
 - Peso estimado: 75 kgf/m^2
 - Sobrecarga de telhado: 25 kgf/m^2
 - Sobrecarga de piso: 150 kgf/m^2 (NBR-6120/1980)
 - Sobrecarga de laje forro: 50 kgf/m^2 (NBR-6120/1980)

- Estimativa de carga sobre as paredes inferiores:
 - Comprimento projetado das paredes do andar inferior: 66.5 m
 - Comprimento projetado das paredes do andar superior: 93.9 m
 - Área da laje de piso do andar superior: $110.90 \text{ m}^2 - 7.52 \text{ m}^2 = 103.38 \text{ m}^2$
 - Área da laje de cobertura: 110.90 m^2
 - Altura das paredes: 2.80 m

Peso total estimado ($\gamma_{\text{conc}} = 2.5 \text{ tf/m}^3$):

$$[(66.5 + 93.9) \times 0.1 \times 2.8 + (103.38 + 110.90) \times 0.1] \times 2.5 = 66.34 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ tf/m}^3 = 165.85 \text{ tf}$$

Peso de telhado e sobrecargas:

$$(0.075 + 0.050 + 0.025) \times 110.90 + 0.15 \times 103.38 = 32.14 \text{ tf}$$

Peso estimado na parede do andar inferior:

$$\frac{(165.85 + 32.14)}{66.5} = 2.98 \text{ tf/m}$$

Aplicação

- Como viga:

$$1^\circ) A_{s,\text{mín}} = 0.15 \% \times 10 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} = 1.50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$2^\circ) f_{\text{ctk,sup}} = 1.3 \times (0.3 \times 25^{2/3}) = 3.33 \text{ MPa} = 34.0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$W_0 = b_w \times \frac{h^2}{6} = 100 \times \frac{10^2}{6} = 1666.67 \text{ cm}^3$$

$$M_{d,\text{mín}} = 0.8 \times 1666.67 \times 34.0 = 0.45 \text{ tf.m}$$

$$A_s = \frac{0.782}{1.4} \times \left(b_w \times \frac{f_{\text{ck}}}{f_{\text{yk}}} \times d \right) \times \left(1.25 - \sqrt{1.5625 - \frac{125}{34} \times \left(\frac{M_d}{b_w \times d^2 \times f_{\text{cd}}} \right)} \right)$$

$$A_s = \frac{0.782}{1.4} \times \left(100 \times \frac{25}{500} \times 8 \right) \times \left(1.25 - \sqrt{1.5625 - \frac{125}{34} \times \left(\frac{(0.45 \times 100000)}{100 \times 8^2 \times (250/1.4)} \right)} \right)$$

$$A_s = 1.33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,\text{mín}} = 1.50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Como pilar:

$$1^{\circ}) A_{s,\min} = \frac{0.15 \times (1.4 \times 2.98)}{(5000 / 1.15)} = 0.14 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$2^{\circ}) A_{s,\min} = 0.004 \times (100 \times 10) = 4.00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,\min} = 4.00 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ (nas 2 faces) ou } 2.00 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ (em cada face)}$$

- Como laje armada em 1 direção (direção principal):

$$A_{s,\min} = 1.50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Como laje armada em 1 direção (direção secundária):

$$1^{\circ}) A_{s,\min} = 0.2 \times 1.50 = 0.30 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$2^{\circ}) A_{s,\min} = 0.90 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$3^{\circ}) A_{s,\min} = 0.5 \times 0.15 \% \times 10 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} = 0.75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,\min} = 0.90 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Como laje armada em 2 direções:

$$A_{s,\min} = 0.67 \times 0.15 \% \times 10 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} = 1.01 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Malha (em cada face: interna e externa)

Viga: $1.50 \text{ cm}^2/\text{m} = \emptyset 6.3 @ 200$.

Pilar: $2.00 \text{ cm}^2/\text{m} = \emptyset 6.3 @ 155$.

- Laje armada em 1 direção:
 - $1.50 \text{ cm}^2/\text{m} = \emptyset 6.3 @ 200$ (direção principal)
 - $0.90 \text{ cm}^2/\text{m} = \emptyset 4.2 @ 150$ (direção secundária)
- Laje armada em 2 direções:
 - $1.01 \text{ cm}^2/\text{m} = \emptyset 4.2 @ 150$

Anexo B – Resultados do programa STAAD - deslocamentos



STAAD.Pro Report

To:

From:

Copy to:

Date: 20/04/2006 21:47:00

Ref: ca/ Document1

Job Information

	Engineer	Checked	Approved
Name:	Pietro		
Date:	20-Mar-06		

All

Included in this printout are data for:
The Whole Structure

Included in this printout are results for load cases:

Type	L/C	Name
Primary	1	PESO PRÓPRIO
Primary	2	PESO TELHADO
Primary	3	SOBRECARGA PISO - APART 1
Primary	4	SOBRECARGA PISO - APART 2
Primary	5	SOBRECARGA TELHADO - APART 1
Primary	6	SOBRECARGA TELHADO - APART 2
Primary	7	SOBRECARGA ESCADA
Primary	8	D
Primary	9	D+L1
Primary	10	D+L2
Primary	11	D+L1+L2
Primary	12	D+L1+LR1 (1)
Primary	13	D+L2+LR2 (1)
Primary	14	D+L1+L1+LR1+LR2 (1)
Primary	15	D+L1+LR1 (2)
Primary	16	D+L2+LR2 (2)
Primary	17	D+L1+L2+LR1+LR2 (2)
Primary	18	D+L1+LR1 (3)
Primary	19	D+L2+LR2 (3)
Primary	20	D+L1+L2+LR1+LR2 (3)
Primary	21	SACADA
Primary	22	D+BALCONY
Combination	23	FOUNDATION

Node Displacement Summary

	Node	L/C	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Resultant (mm)	rX (rad)	rY (rad)	rZ (rad)
Max X	2018	15:D+L1+LR1 (2)	0.194	-0.067	-0.011	0.206	-0.000	-0.000	0.000
Min X	3333	17:D+L1+L2+LR1+LR2	-0.144	-0.090	0.022	0.171	-0.000	0.000	0.000
Max Y	292	21:SACADA	-0.000	0.025	0.000	0.025	0.000	0.000	-0.000
Min Y	294	12:D+L1+LR1 (1)	-0.005	-0.769	-0.001	0.769	0.000	-0.000	-0.000
Max Z	3320	16:D+L2+LR2 (2)	-0.007	-0.150	0.180	0.234	0.000	-0.000	-0.000
Min Z	1466	15:D+L1+LR1 (2)	-0.007	-0.150	-0.180	0.234	-0.000	0.000	-0.000
Max rX	2417	13:D+L2+LR2 (1)	-0.005	-0.270	0.002	0.270	0.001	0.000	-0.000
Min rX	342	12:D+L1+LR1 (1)	-0.005	-0.270	-0.002	0.270	-0.001	-0.000	-0.000
Max rY	1796	15:D+L1+LR1 (2)	-0.069	-0.155	-0.034	0.173	0.000	0.000	-0.000
Min rY	2831	16:D+L2+LR2 (2)	-0.069	-0.155	0.034	0.174	-0.000	-0.000	-0.000
Max rZ	170	22:D+BALCONY	-0.009	-0.591	0.007	0.591	0.000	0.000	0.001
Min rZ	291	12:D+L1+LR1 (1)	-0.006	-0.242	-0.002	0.242	-0.000	-0.000	-0.001
Max Rst	294	12:D+L1+LR1 (1)	-0.005	-0.769	-0.001	0.769	0.000	-0.000	-0.000

Anexo C – Resultados do programa STAAD - lajes



STAAD.Pro Report

To:

From:

Copy to:

Date: 20/04/2006
6 23:00:00

Ref: ca/ Document1

Job Information

	Engineer	Checked	Approved
Name:	Pietro		
Date:	20-Mar-06		

Structure Type	SPACE FRAME
----------------	-------------

Number of Nodes	3878	Highest Node	3938
Number of Plates	3898	Highest Plate	3905

Number of Basic Load Cases	22
Number of Combination Load Cases	1

Included in this printout are data for:

All The Whole Structure

Included in this printout are results for load cases:

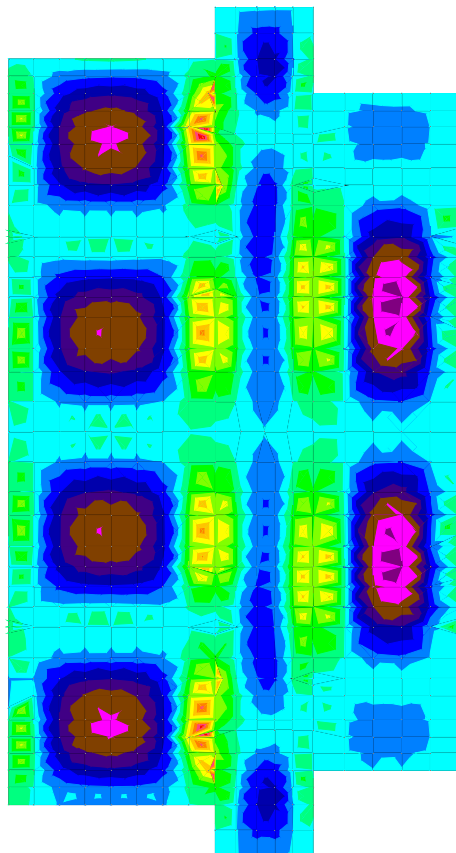
Type	L/C	Name
Primary	11	D+L1+L2
Primary	14	D+L1+L1+LR1+LR2 (1)
Primary	17	D+L1+L2+LR1+LR2 (2)
Primary	20	D+L1+L2+LR1+LR2 (3)
Primary	22	D+BALCONY

M X
k g - m / m

-1 3 6
-1 1 8
-9 9 .1
-8 0 .6
-6 2 .1
-4 3 .6
-2 5 .1
-6 .5 7
1 1 .9
3 0 .5
4 9
6 7 .5
8 6
1 0 4
1 2 3
1 4 2
1 6 0

Y-x
z

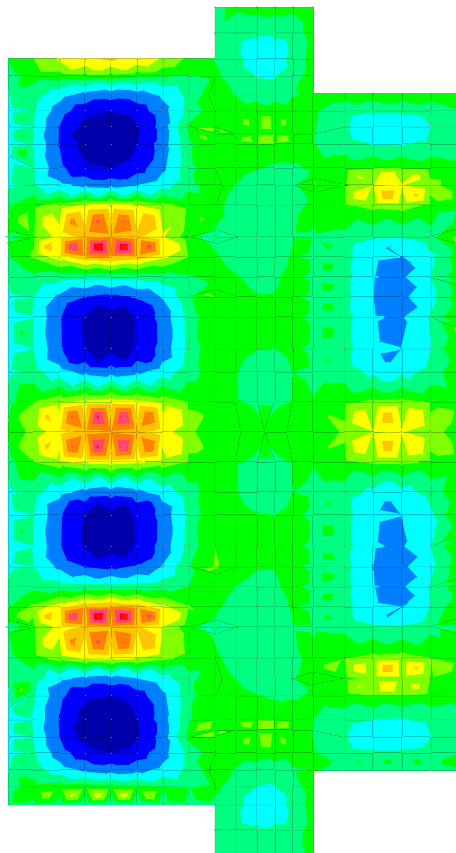
Slab-Upper_Mx



Load 23

M Y
 k g - m / m
 - 2 3 0
 - 2 0 4
 - 1 7 9
 - 1 5 3
 - 1 2 7
 - 1 0 1
 - 7 5 . 7
 - 5 0
 - 2 4 . 3
 1 . 4 3
 2 7 . 2
 5 2 . 9
 7 8 . 6
 1 0 4
 1 3 0
 1 5 6
 1 8 1

Y-x
 z



Load 23

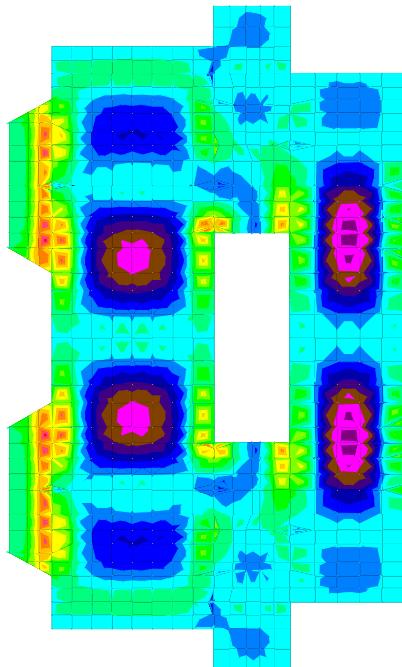
Slab-Upper_My

M X
k g - m / m

-1	3	6
-1	1	8
-9	9	.1
-8	0	.6
-6	2	.1
-4	3	.6
-2	5	.1
-6	5	7
1	1	.9
3	0	.5
4	9	
6	7	.5
8	6	
1	0	4
1	2	3
1	4	2
1	6	0

Y-x
z

Slab-Mid_Mx



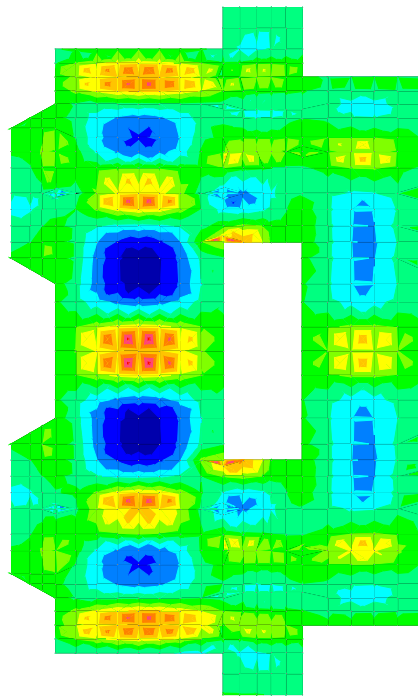
Load 23

M Y
k g - m / m

-2.30
-2.04
-1.79
-1.53
-1.27
-1.01
-7.57
-5.0
-2.43
-1.43
-2.72
-5.29
-7.86
-1.04
-1.30
-1.56
-1.81

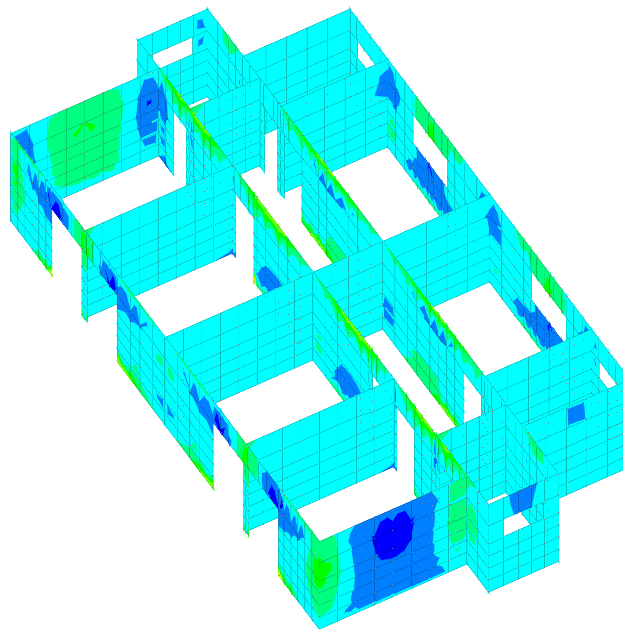
Y-x
z

Slab-Mid_My



Load23

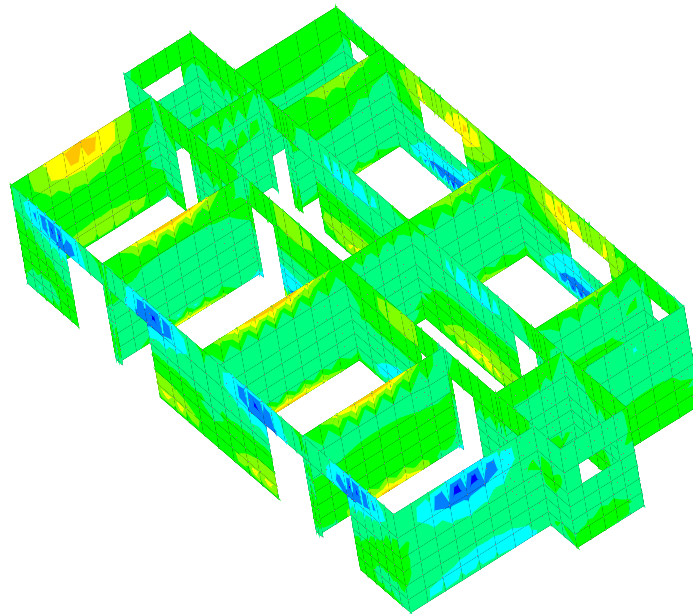
M X
 k g - m / m
 -1 3 6
 -1 1 8
 9 9 .1
 -8 0 .6
 -6 2 .1
 -4 3 .6
 -2 5 .1
 -6 .5 7
 1 1 .9
 3 0 .5
 4 9
 6 7 .5
 8 6
 1 0 4
 1 2 3
 1 4 2
 1 6 0



Load 23

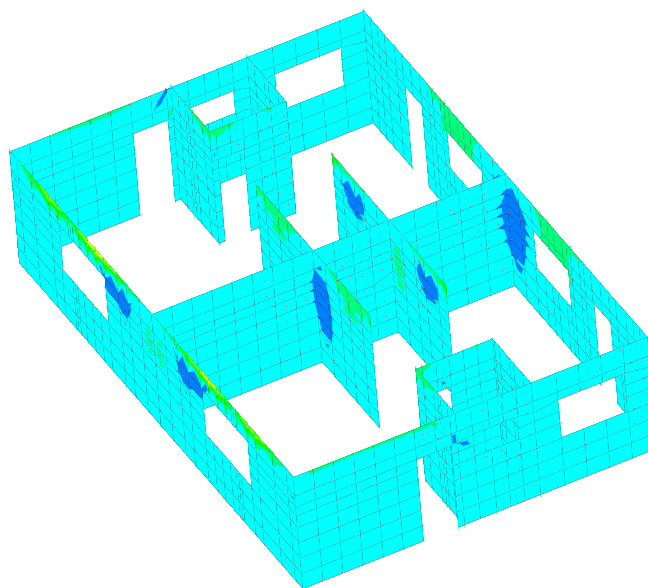
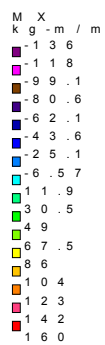
Wall-Upper_Mx

M Y
 k g - m / m
 -2 3 0
 -2 0 4
 1 7 9
 -1 5 3
 -1 2 7
 -1 0 1
 -7 5 .7
 -5 0
 -2 4 .3
 1 .4 3
 2 7 .2
 5 2 .9
 7 8 .6
 1 0 4
 1 3 0
 1 5 6
 1 8 1



Load 23

Wall-Upper_My

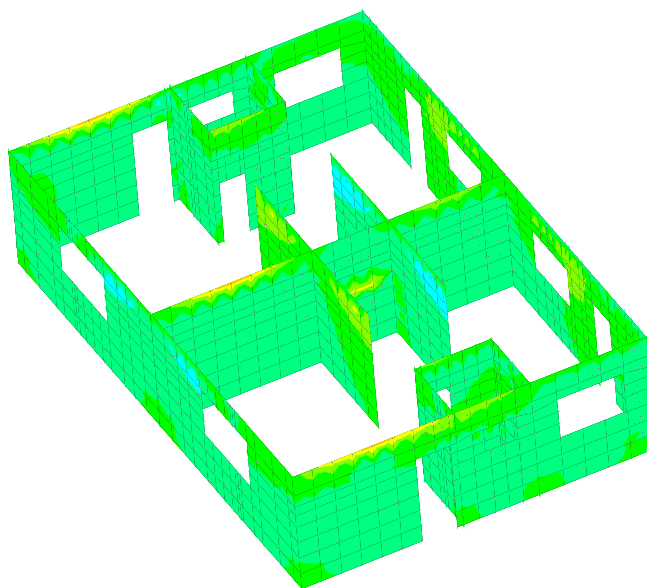


Load23

Wall-Down_Mx

M Y
k g - m / m

-2.30
-2.04
-1.79
-1.53
-1.27
-1.01
-75.7
-5.0
-24.3
1.43
27.2
52.9
78.6
104
130
156
181



Load23

Wall-Down_My

Anexo D – Resultados do programa STAAD - momentos máximos



STAAD.Pro Report

To:

From:

Copy to:

Date: 20/04/2006
6 23:12:00

Ref: ca/ Document1

Job Information

	Engineer	Checked	Approved
Name:	Pietro		
Date:	20-Mar-06		

Structure Type	SPACE FRAME
----------------	-------------

Number of Nodes	3878	Highest Node	3938
Number of Plates	3898	Highest Plate	3905

Number of Basic Load Cases	22
Number of Combination Load Cases	1

Included in this printout are data for:

All The Whole Structure

Included in this printout are results for load cases:

Type	L/C	Name
Primary	11	D+L1+L2
Primary	14	D+L1+L1+LR1+LR2 (1)
Primary	17	D+L1+L2+LR1+LR2 (2)
Primary	20	D+L1+L2+LR1+LR2 (3)
Primary	22	D+BALCONY

Plate Centre Stress Summary

	Plate	L/C	Shear		Membrane		Sxy	Mx	My	Mxy
			Qx (Ton/m ²)	Qy (Ton/m ²)	Sx (Ton/m ²)	Sy (Ton/m ²)				
Max Qx	307	14:D+L1+L1+LR1+LR2 (1)	21.258	-11.536	-9.994	-2.714	7.675	-74.352	-12.506	-12.191
Min Qx	37	14:D+L1+L1+LR1+LR2 (1)	-21.285	-11.544	-10.001	-2.741	-7.693	-74.415	-12.515	12.222
Max Qy	189	22:D+BALCONY	-3.959	16.153	-8.058	-23.025	11.046	24.014	-52.060	-20.926
Min Qy	308	14:D+L1+L1+LR1+LR2 (1)	-3.462	-15.403	12.003	-66.449	11.713	-2.814	42.380	-13.720
Max Sx	234	14:D+L1+L1+LR1+LR2 (1)	-1.549	1.730	38.764	-31.420	-8.532	-5.397	-6.006	-2.531
Min Sx	235	14:D+L1+L1+LR1+LR2 (1)	0.031	-0.159	-52.371	-101.452	-36.741	5.028	6.023	0.988
Max Sy	177	14:D+L1+L1+LR1+LR2 (1)	0.013	1.156	11.261	60.745	14.580	-7.471	4.090	-5.642
Min Sy	184	17:D+L1+L2+LR1+LR2 (2)	-0.377	-1.052	-28.532	-133.467	-50.517	1.854	15.070	-0.596
Max Sxy	933	14:D+L1+L1+LR1+LR2 (1)	0.969	0.368	-10.283	-35.962	64.739	4.991	6.852	8.282
Min Sxy	234	14:D+L1+L1+LR1+LR2 (1)	0.971	-0.371	-10.271	-35.952	-64.779	5.007	6.864	-8.308
Max Mx	234	22:D+BALCONY	-5.111	-1.139	5.340	-27.807	9.082	269.529	-10.819	19.610
Min Mx	276	14:D+L1+L1+LR1+LR2 (1)	-0.145	0.104	1.039	-1.008	1.755	-187.514	-82.192	0.008
Max My	440	17:D+L1+L2+LR1+LR2 (2)	0.385	7.231	-11.770	5.546	1.826	28.423	226.076	-5.713
Min My	205	14:D+L1+L1+LR1+LR2 (1)	-0.013	-0.694	0.262	-20.668	-0.034	6.535	-306.375	45.633
Max Mxy	226	14:D+L1+L1+LR1+LR2 (1)	0.589	2.417	4.467	-2.701	1.239	-22.562	-8.876	93.631
Min Mxy	250	14:D+L1+L1+LR1+LR2 (1)	0.608	-2.429	4.459	-2.692	-1.244	-22.683	-9.399	-93.735

Anexo E – Resultados do programa STAAD - reações



STAAD.Pro Report

To:

From:

Copy to:

Date: 20/04/2006
6 23:16:00

Ref: ca/ Document1

Job Information

	Engineer	Checked	Approved
Name:	Pietro		
Date:	20-Mar-06		

Structure Type	SPACE FRAME
----------------	-------------

Number of Nodes	3878	Highest Node	3938
Number of Plates	3898	Highest Plate	3905

Number of Basic Load Cases	22
Number of Combination Load Cases	1

All *Included in this printout are data for:*
The Whole Structure

Included in this printout are results for load cases:

Type	L/C	Name
Combination	23	FOUNDATION

Reactions

Node	L/C	Horizontal		Vertical		Horizontal		Moment	
		FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kg·m)	MY (kg·m)	MZ (kg·m)		
857	23:FOUNDATION	-138.547	1.67E 3	-8.219	0.000	0.000	0.000		
858	23:FOUNDATION	406.849	1.72E 3	280.419	0.000	0.000	0.000		
859	23:FOUNDATION	-46.578	1.53E 3	-0.473	0.000	0.000	0.000		
860	23:FOUNDATION	-3.848	1.38E 3	1.248	0.000	0.000	0.000		
861	23:FOUNDATION	16.604	1.26E 3	-0.013	0.000	0.000	0.000		
862	23:FOUNDATION	55.679	1.1E 3	-0.260	0.000	0.000	0.000		
863	23:FOUNDATION	-245.280	482.601	-1.021	0.000	0.000	0.000		
864	23:FOUNDATION	240.905	1.7E 3	306.200	0.000	0.000	0.000		
865	23:FOUNDATION	53.231	276.219	9.100	0.000	0.000	0.000		
866	23:FOUNDATION	-24.391	1.33E 3	-5.988	0.000	0.000	0.000		
868	23:FOUNDATION	-38.134	1.17E 3	0.456	0.000	0.000	0.000		
869	23:FOUNDATION	62.218	1.06E 3	-0.010	0.000	0.000	0.000		
870	23:FOUNDATION	87.696	1.17E 3	-1.609	0.000	0.000	0.000		
871	23:FOUNDATION	119.323	1.97E 3	200.252	0.000	0.000	0.000		
872	23:FOUNDATION	-372.318	1.28E 3	-2.876	0.000	0.000	0.000		
873	23:FOUNDATION	-294.064	873.784	0.605	0.000	0.000	0.000		
874	23:FOUNDATION	12.807	821.193	-0.220	0.000	0.000	0.000		
875	23:FOUNDATION	316.751	1.16E 3	-9.073	0.000	0.000	0.000		
876	23:FOUNDATION	-340.398	1.45E 3	305.862	0.000	0.000	0.000		
1006	23:FOUNDATION	130.550	1.52E 3	0.002	0.000	0.000	0.000		
1007	23:FOUNDATION	410.628	2.87E 3	-0.045	0.000	0.000	0.000		
1008	23:FOUNDATION	141.585	1.55E 3	-0.001	0.000	0.000	0.000		
1009	23:FOUNDATION	141.633	1.55E 3	0.000	0.000	0.000	0.000		
1010	23:FOUNDATION	125.185	1.55E 3	0.000	0.000	0.000	0.000		
1011	23:FOUNDATION	109.947	1.57E 3	0.000	0.000	0.000	0.000		
1012	23:FOUNDATION	104.909	1.61E 3	0.002	0.000	0.000	0.000		
1013	23:FOUNDATION	134.522	1.69E 3	0.002	0.000	0.000	0.000		
1014	23:FOUNDATION	77.626	3.77E 3	0.038	0.000	0.000	0.000		
1015	23:FOUNDATION	-43.845	1.7E 3	-0.002	0.000	0.000	0.000		
1016	23:FOUNDATION	-56.960	1.61E 3	-0.001	0.000	0.000	0.000		
1017	23:FOUNDATION	-49.761	1.62E 3	-0.000	0.000	0.000	0.000		
1018	23:FOUNDATION	-50.597	3.57E 3	0.044	0.000	0.000	0.000		
1019	23:FOUNDATION	-201.713	1.69E 3	0.002	0.000	0.000	0.000		
1020	23:FOUNDATION	-136.447	1.59E 3	0.000	0.000	0.000	0.000		
1021	23:FOUNDATION	-110.516	1.55E 3	-0.002	0.000	0.000	0.000		
1022	23:FOUNDATION	-77.099	1.48E 3	-0.003	0.000	0.000	0.000		
1023	23:FOUNDATION	-437.929	2.3E 3	0.000	0.000	0.000	0.000		
1104	23:FOUNDATION	-9.105	1.95E 3	37.615	0.000	0.000	0.000		
1106	23:FOUNDATION	-0.889	1.7E 3	195.279	0.000	0.000	0.000		
1107	23:FOUNDATION	4.094	1.45E 3	13.105	0.000	0.000	0.000		
1108	23:FOUNDATION	3.000	1.03E 3	401.102	0.000	0.000	0.000		
1109	23:FOUNDATION	1.806	600.192	145.939	0.000	0.000	0.000		
1110	23:FOUNDATION	1.075	399.540	78.836	0.000	0.000	0.000		
1111	23:FOUNDATION	0.644	324.420	19.404	0.000	0.000	0.000		
1112	23:FOUNDATION	0.837	221.453	37.645	0.000	0.000	0.000		
1113	23:FOUNDATION	0.685	136.307	70.953	0.000	0.000	0.000		

1114	23:FOUNDATION	-2.379	557.264	-399.900	0.000	0.000	0.000
1115	23:FOUNDATION	-0.071	1.22E 3	-26.284	0.000	0.000	0.000
1116	23:FOUNDATION	0.039	1.93E 3	-551.409	0.000	0.000	0.000
1117	23:FOUNDATION	0.022	2.43E 3	322.511	0.000	0.000	0.000
1118	23:FOUNDATION	-15.506	2.05E 3	572.060	0.000	0.000	0.000
1225	23:FOUNDATION	14.064	1.35E 3	190.003	0.000	0.000	0.000
1226	23:FOUNDATION	2.587	938.163	268.239	0.000	0.000	0.000
1227	23:FOUNDATION	-1.687	558.179	126.709	0.000	0.000	0.000
1228	23:FOUNDATION	-0.993	387.021	22.701	0.000	0.000	0.000
1229	23:FOUNDATION	-4.416	447.123	-139.716	0.000	0.000	0.000
1230	23:FOUNDATION	-2.292	509.104	-7.626	0.000	0.000	0.000
1231	23:FOUNDATION	-2.027	408.476	13.918	0.000	0.000	0.000
1232	23:FOUNDATION	-4.562	663.969	-272.391	0.000	0.000	0.000
1233	23:FOUNDATION	-3.659	838.780	134.875	0.000	0.000	0.000
1234	23:FOUNDATION	-2.916	889.227	-224.300	0.000	0.000	0.000
1235	23:FOUNDATION	-1.191	561.472	284.573	0.000	0.000	0.000
1236	23:FOUNDATION	-0.958	1.3E 3	-83.664	0.000	0.000	0.000
1237	23:FOUNDATION	-4.559	553.896	-232.368	0.000	0.000	0.000
1238	23:FOUNDATION	-1.314	1.33E 3	171.310	0.000	0.000	0.000
1239	23:FOUNDATION	2.190	1.18E 3	33.009	0.000	0.000	0.000
1240	23:FOUNDATION	12.502	1.24E 3	-76.097	0.000	0.000	0.000
1286	23:FOUNDATION	-145.701	367.118	-14.577	0.000	0.000	0.000
1287	23:FOUNDATION	139.987	1.21E 3	-355.297	0.000	0.000	0.000
1288	23:FOUNDATION	-43.109	1.29E 3	-0.392	0.000	0.000	0.000
1289	23:FOUNDATION	292.799	613.340	0.082	0.000	0.000	0.000
1290	23:FOUNDATION	158.086	1.44E 3	4.143	0.000	0.000	0.000
1291	23:FOUNDATION	-363.730	1.18E 3	-97.872	0.000	0.000	0.000
1327	23:FOUNDATION	-1.358	1.3E 3	14.463	0.000	0.000	0.000
1328	23:FOUNDATION	-2.601	934.948	-269.210	0.000	0.000	0.000
1329	23:FOUNDATION	1.571	723.873	63.544	0.000	0.000	0.000
1330	23:FOUNDATION	2.273	1.41E 3	359.381	0.000	0.000	0.000
1331	23:FOUNDATION	-3.876	1.76E 3	-198.870	0.000	0.000	0.000
1368	23:FOUNDATION	10.479	761.644	-86.276	0.000	0.000	0.000
1369	23:FOUNDATION	-0.747	1.28E 3	-468.556	0.000	0.000	0.000
1370	23:FOUNDATION	1.015	1.22E 3	325.940	0.000	0.000	0.000
1371	23:FOUNDATION	-1.276	1.19E 3	-473.391	0.000	0.000	0.000
1372	23:FOUNDATION	-2.292	1.34E 3	91.771	0.000	0.000	0.000
1408	23:FOUNDATION	6.505	1.98E 3	6.225	0.000	0.000	0.000
1409	23:FOUNDATION	2.522	1.84E 3	166.877	0.000	0.000	0.000
1410	23:FOUNDATION	-3.869	1.8E 3	-194.880	0.000	0.000	0.000
1411	23:FOUNDATION	-4.064	1.72E 3	160.979	0.000	0.000	0.000
1412	23:FOUNDATION	-10.177	746.318	325.058	0.000	0.000	0.000
1448	23:FOUNDATION	-7.477	1.84E 3	-18.887	0.000	0.000	0.000
1449	23:FOUNDATION	-1.979	1.74E 3	135.385	0.000	0.000	0.000
1450	23:FOUNDATION	3.951	1.72E 3	-195.680	0.000	0.000	0.000
1451	23:FOUNDATION	10.085	1.64E 3	173.536	0.000	0.000	0.000
1452	23:FOUNDATION	-361.406	1.13E 3	795.928	0.000	0.000	0.000
2090	23:FOUNDATION	-48.529	1.04E 3	1.04E 3	0.000	0.000	0.000
2093	23:FOUNDATION	413.783	592.450	518.747	0.000	0.000	0.000
2222	23:FOUNDATION	-372.069	1.28E 3	2.873	0.000	0.000	0.000
2223	23:FOUNDATION	119.215	1.97E 3	-200.204	0.000	0.000	0.000
2341	23:FOUNDATION	0.016	2.43E 3	-322.465	0.000	0.000	0.000
2342	23:FOUNDATION	0.033	1.93E 3	551.396	0.000	0.000	0.000
2343	23:FOUNDATION	-0.746	1.27E 3	468.121	0.000	0.000	0.000
2344	23:FOUNDATION	10.472	761.232	86.150	0.000	0.000	0.000
2345	23:FOUNDATION	139.929	1.21E 3	355.119	0.000	0.000	0.000
2346	23:FOUNDATION	-3.874	1.76E 3	198.702	0.000	0.000	0.000
2441	23:FOUNDATION	3.001	1.03E 3	-400.938	0.000	0.000	0.000
2442	23:FOUNDATION	4.095	1.45E 3	-13.101	0.000	0.000	0.000
2448	23:FOUNDATION	-9.108	1.95E 3	-37.684	0.000	0.000	0.000
2450	23:FOUNDATION	-0.889	1.7E 3	-195.270	0.000	0.000	0.000
2479	23:FOUNDATION	0.838	221.439	-37.623	0.000	0.000	0.000
2480	23:FOUNDATION	0.644	324.367	-19.338	0.000	0.000	0.000
2482	23:FOUNDATION	1.075	399.417	-78.742	0.000	0.000	0.000
2484	23:FOUNDATION	1.807	599.971	-145.840	0.000	0.000	0.000

2486	23:FOUNDATION	-0.071	1.22E 3	26.321	0.000	0.000	0.000
2488	23:FOUNDATION	-2.382	557.246	399.927	0.000	0.000	0.000
2490	23:FOUNDATION	0.686	136.302	-70.941	0.000	0.000	0.000
2575	23:FOUNDATION	10.090	1.64E 3	-173.449	0.000	0.000	0.000
2576	23:FOUNDATION	3.950	1.72E 3	195.693	0.000	0.000	0.000
2577	23:FOUNDATION	-4.062	1.72E 3	-160.911	0.000	0.000	0.000
2578	23:FOUNDATION	-3.867	1.8E 3	194.875	0.000	0.000	0.000
2593	23:FOUNDATION	-7.479	1.84E 3	18.976	0.000	0.000	0.000
2594	23:FOUNDATION	6.507	1.98E 3	-6.146	0.000	0.000	0.000
2596	23:FOUNDATION	-1.981	1.74E 3	-135.280	0.000	0.000	0.000
2598	23:FOUNDATION	2.523	1.84E 3	-166.780	0.000	0.000	0.000
2645	23:FOUNDATION	-361.396	1.13E 3	-795.776	0.000	0.000	0.000
2647	23:FOUNDATION	-10.172	745.952	-324.879	0.000	0.000	0.000
2650	23:FOUNDATION	413.749	592.396	-518.707	0.000	0.000	0.000
2651	23:FOUNDATION	-48.507	1.04E 3	-1.04E 3	0.000	0.000	0.000
2655	23:FOUNDATION	-363.591	1.18E 3	97.784	0.000	0.000	0.000
2657	23:FOUNDATION	157.907	1.44E 3	-4.142	0.000	0.000	0.000
2659	23:FOUNDATION	-43.152	1.29E 3	0.392	0.000	0.000	0.000
2661	23:FOUNDATION	292.688	613.131	-0.081	0.000	0.000	0.000
2663	23:FOUNDATION	-145.635	366.955	14.569	0.000	0.000	0.000
3094	23:FOUNDATION	16.560	1.26E 3	0.010	0.000	0.000	0.000
3095	23:FOUNDATION	-3.894	1.38E 3	-1.252	0.000	0.000	0.000
3106	23:FOUNDATION	-46.607	1.53E 3	0.469	0.000	0.000	0.000
3107	23:FOUNDATION	-138.549	1.67E 3	8.215	0.000	0.000	0.000
3109	23:FOUNDATION	406.778	1.72E 3	-280.360	0.000	0.000	0.000
3111	23:FOUNDATION	-15.507	2.05E 3	-571.985	0.000	0.000	0.000
3178	23:FOUNDATION	240.763	1.7E 3	-306.133	0.000	0.000	0.000
3179	23:FOUNDATION	53.204	276.092	-9.096	0.000	0.000	0.000
3182	23:FOUNDATION	-245.260	482.549	1.018	0.000	0.000	0.000
3183	23:FOUNDATION	55.647	1.1E 3	0.257	0.000	0.000	0.000
3185	23:FOUNDATION	87.606	1.17E 3	1.608	0.000	0.000	0.000
3187	23:FOUNDATION	62.116	1.06E 3	0.010	0.000	0.000	0.000
3189	23:FOUNDATION	-38.203	1.17E 3	-0.455	0.000	0.000	0.000
3191	23:FOUNDATION	-24.477	1.33E 3	5.986	0.000	0.000	0.000
3194	23:FOUNDATION	-2.291	1.34E 3	-91.899	0.000	0.000	0.000
3196	23:FOUNDATION	-1.275	1.19E 3	472.938	0.000	0.000	0.000
3198	23:FOUNDATION	1.014	1.22E 3	-325.939	0.000	0.000	0.000
3200	23:FOUNDATION	2.272	1.4E 3	-359.347	0.000	0.000	0.000
3202	23:FOUNDATION	1.570	723.605	-63.572	0.000	0.000	0.000
3204	23:FOUNDATION	-2.600	934.595	269.040	0.000	0.000	0.000
3206	23:FOUNDATION	-1.358	1.3E 3	-14.552	0.000	0.000	0.000
3588	23:FOUNDATION	-0.957	1.3E 3	83.592	0.000	0.000	0.000
3589	23:FOUNDATION	-4.554	553.673	232.274	0.000	0.000	0.000
3631	23:FOUNDATION	-0.995	386.999	-22.672	0.000	0.000	0.000
3632	23:FOUNDATION	-1.691	558.132	-126.668	0.000	0.000	0.000
3640	23:FOUNDATION	14.063	1.35E 3	-190.001	0.000	0.000	0.000
3642	23:FOUNDATION	2.583	938.095	-268.208	0.000	0.000	0.000
3673	23:FOUNDATION	-2.910	889.144	224.260	0.000	0.000	0.000
3674	23:FOUNDATION	-3.663	838.702	-134.849	0.000	0.000	0.000
3676	23:FOUNDATION	-4.559	663.915	272.336	0.000	0.000	0.000
3678	23:FOUNDATION	-2.029	408.451	-13.916	0.000	0.000	0.000
3681	23:FOUNDATION	-2.295	509.084	7.665	0.000	0.000	0.000
3682	23:FOUNDATION	-4.417	447.113	139.716	0.000	0.000	0.000
3684	23:FOUNDATION	-1.183	561.427	-284.555	0.000	0.000	0.000
3850	23:FOUNDATION	-340.144	1.44E 3	-305.641	0.000	0.000	0.000
3851	23:FOUNDATION	316.521	1.16E 3	9.070	0.000	0.000	0.000
3853	23:FOUNDATION	12.824	820.711	0.217	0.000	0.000	0.000
3855	23:FOUNDATION	-293.818	873.265	-0.604	0.000	0.000	0.000
3857	23:FOUNDATION	12.488	1.24E 3	76.022	0.000	0.000	0.000
3859	23:FOUNDATION	2.188	1.18E 3	-33.011	0.000	0.000	0.000
3861	23:FOUNDATION	-1.313	1.33E 3	-171.253	0.000	0.000	0.000

Anexo F – Resultados do programa STAAD - armadura



STAAD.Pro Report

To:

From:

Copy to:

Date: 20/04/2006
6 23:51:00

Ref: ca/ Document1

Job Information

	Engineer	Checked	Approved
Name:	Pietro		
Date:	20-Mar-06		

Structure Type	SPACE FRAME
----------------	-------------

Number of Nodes	3878	Highest Node	3938
Number of Plates	3898	Highest Plate	3905

Number of Basic Load Cases	22
Number of Combination Load Cases	1

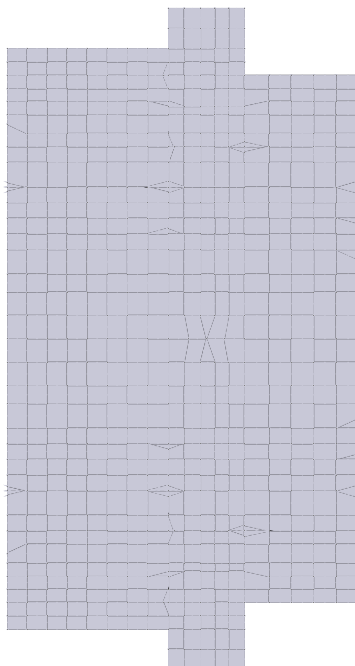
All *Included in this printout are data for:*
The Whole Structure

Included in this printout are results for load cases:

Type	L/C	Name
Primary	1	PESO PRÓPRIO
Primary	2	PESO TELHADO
Primary	3	SOBRECARGA PISO - APART 1
Primary	4	SOBRECARGA PISO - APART 2
Primary	5	SOBRECARGA TELHADO - APART 1
Primary	6	SOBRECARGA TELHADO - APART 2
Primary	7	SOBRECARGA ESCADA
Primary	8	D
Primary	9	D+L1
Primary	10	D+L2
Primary	11	D+L1+L2
Primary	12	D+L1+LR1 (1)
Primary	13	D+L2+LR2 (1)
Primary	14	D+L1+L1+LR1+LR2 (1)
Primary	15	D+L1+LR1 (2)
Primary	16	D+L2+LR2 (2)
Primary	17	D+L1+L2+LR1+LR2 (2)
Primary	18	D+L1+LR1 (3)
Primary	19	D+L2+LR2 (3)
Primary	20	D+L1+L2+LR1+LR2 (3)
Primary	21	SACADA
Primary	22	D+BALCONY
Combination	23	FOUNDATION

R e i n f o r c e m e n t
B o t t o m X
S q . I n / F t
0 . 0 5 0
0 . 0 5 0

z
x

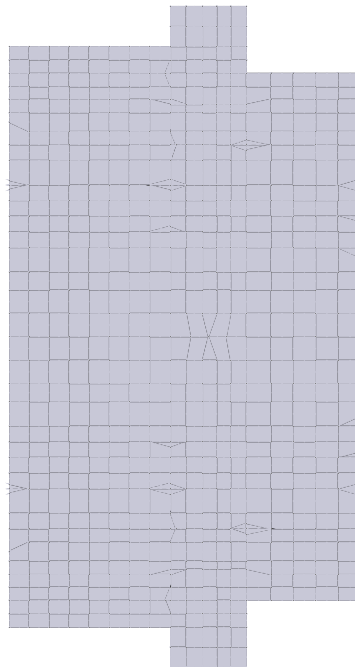


Load 23

Slab-Upper_Reinf-Bottom-Longitudinal

R e i n f o r c e m e n t
T o p X
S q . I n / F t
0 . 0 5 0
0 . 0 5 0

z
x

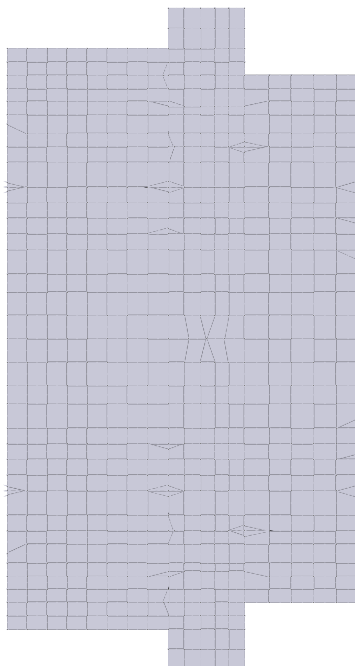


Load 23

Slab-Upper_Reinf-Top-Longitudinal

R e i n f o r c e m e n t
B o t t o m Z
S q . I n / F t
0 . 0 4 3
0 . 0 4 3

z
x

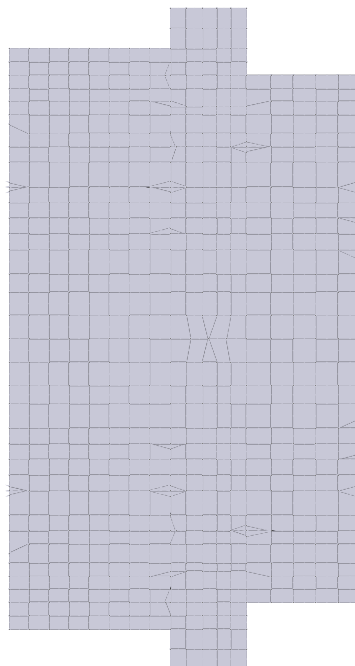


Load 23

Slab-Upper_Reinf-Bottom-Transversal

R e i n f o r c e m e n t
T o p Z
S q . I n / F t
0 . 0 4 3
0 . 0 4 3

z
x

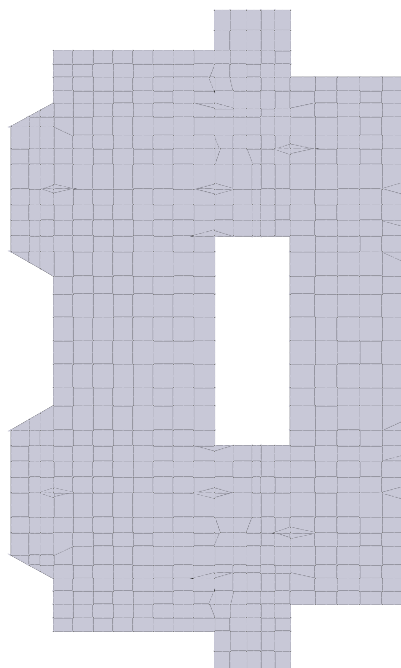


Load 23

Slab-Upper_Reinf-Top-Transversal

R e i n f o r c e m e n t
B o t t o m X
S q . I n / F t
0 . 0 5 0
0 . 0 5 0

z
x

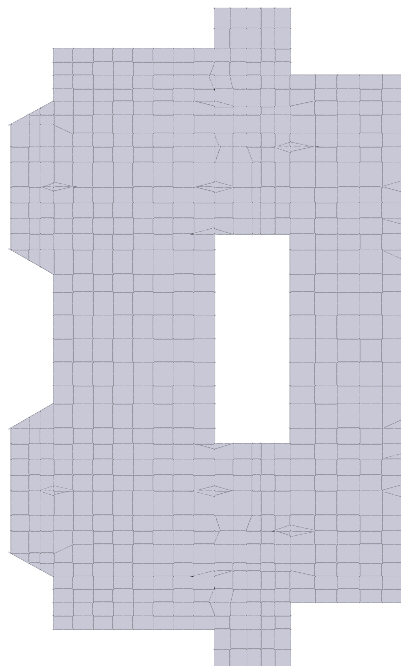


Load 23

Slab-Mid_Reinf-Bottom-Longitudinal

R e i n f o r c e m e n t
T o p X
S q . I n / F t
0 . 0 5 0
0 . 0 5 0

z
x

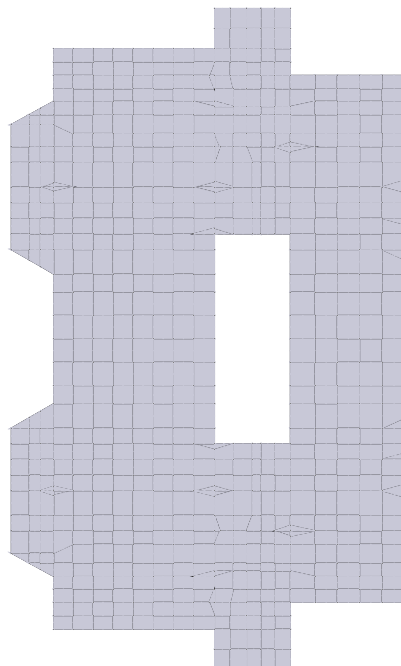


Load 23

Slab-Mid_Reinf-Top-Longitudinal

R e i n f o r c e m e n t
B o t t o m Z
S q . I n / F t
0 . 0 4 3
0 . 0 4 3

z
x

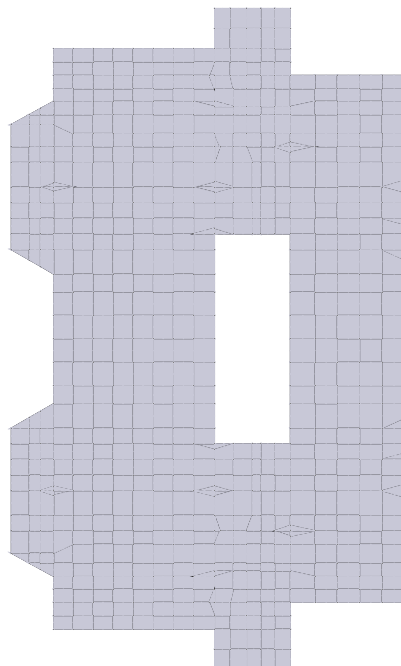


Load 23

Slab-Mid_Reinf-Bottom-Transversal

R e i n f o r c e m e n t
T o p Z
S q . I n / F t
0 . 0 4 3
0 . 0 4 3

z
x



Load 23

Slab-Mid_Reinf-Top-Transversal

Anexo G – Resultados do programa STAAD - renderização



STAAD.Pro Report

To:

From:

Copy to:

Date:

21/04/200
6 00:04:00

Ref:

ca/ Document1

Job Information

	Engineer	Checked	Approved
Name:	Pietro		
Date:	20-Mar-06		

Structure Type	SPACE FRAME
----------------	-------------

Number of Nodes	3878	Highest Node	3938
Number of Plates	3898	Highest Plate	3905

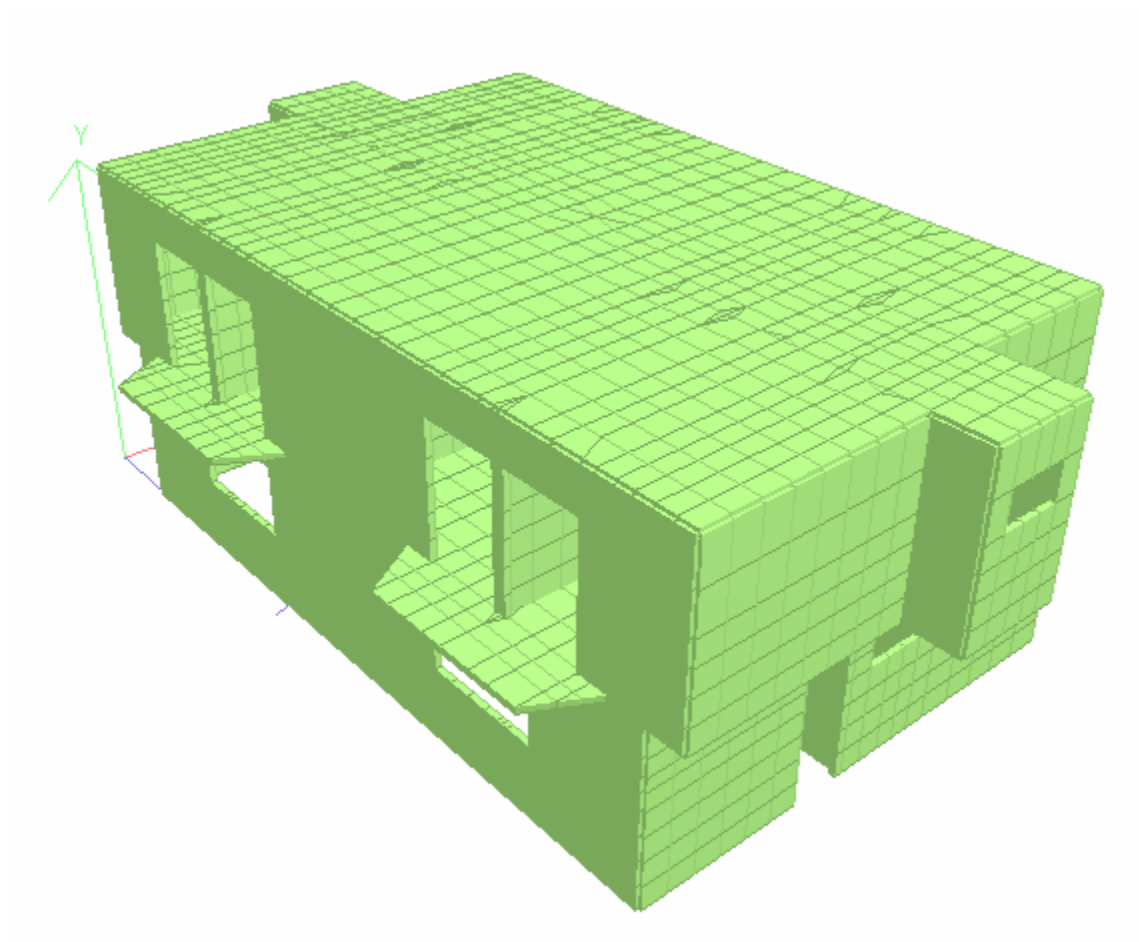
Number of Basic Load Cases	22
Number of Combination Load Cases	1

All *Included in this printout are data for:*
The Whole Structure

Included in this printout are results for load cases:

Type	L/C	Name
Primary	1	PESO PRÓPRIO
Primary	2	PESO TELHADO
Primary	3	SOBRECARGA PISO - APART 1
Primary	4	SOBRECARGA PISO - APART 2
Primary	5	SOBRECARGA TELHADO - APART 1
Primary	6	SOBRECARGA TELHADO - APART 2
Primary	7	SOBRECARGA ESCADA
Primary	8	D
Primary	9	D+L1
Primary	10	D+L2
Primary	11	D+L1+L2
Primary	12	D+L1+LR1 (1)
Primary	13	D+L2+LR2 (1)
Primary	14	D+L1+L1+LR1+LR2 (1)
Primary	15	D+L1+LR1 (2)
Primary	16	D+L2+LR2 (2)
Primary	17	D+L1+L2+LR1+LR2 (2)
Primary	18	D+L1+LR1 (3)
Primary	19	D+L2+LR2 (3)
Primary	20	D+L1+L2+LR1+LR2 (3)
Primary	21	SACADA
Primary	22	D+BALCONY
Combination	23	FOUNDATION

Anexo H – Renderização



Referências Bibliográficas

ALMEIDA, L. C.; ARCARO, V. F. Laje sobre solo para fundação de residências. 2002. Notas de Aula.

ANSYS Inc. 275 Technology Drive, Canonsburg, PA.

American Concrete Institute. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-99), 1999.

American Concrete Institute. Design of slabs on grade (ACI 360R-92), 1997.

American Concrete Institute. Guide for concrete floor and slab construction (ACI 302.1R-96), 1996.

American Society for Testing and Materials, Standard practice for classifications of soils for engineering purposes (ASTM D2487-00), 2000.

American Society for Testing and Materials, Standard test method for flexural strength of concrete (ASTM C78-94), 1994.

BORESI, A. P.; SCHMIDT, R. J.; SIDEBOTTOM, O. M. Advanced mechanics of materials, John Wiley & Sons, 1993.

BOWLES, J. E. Foundation analysis and design, McGraw-Hill, 5th edition, 1995.

HANNA, A. N. Steel fiber reinforced concrete properties and resurfacing applications, Portland Cement Association, 1977.

HAYNES, H. Avoid cracks in concrete slabs on grade (videotapes and summary notes), Moyer Publishing, 1998.

N. V. Bekaert, Steel wire fibre reinforced concrete structures with or without ordinary reinforcement (Dramix guideline), 1995.

RINGO, B. C.; ANDERSON, R. B. Designing floor slabs on grade, The Aberdeen Group, second edition, 1996.

SPEARS, R. E. Concrete floors on ground, Portland Cement Association, second edition, 1983.

US Army Corps of Engineers, Guidelines on ground improvement for structures and facilities (ETL 1110-1-185), 1999.

US Army Corps of Engineers, Soil stabilization for pavements (TM 5-822-14), 1994.

WESTERGAARD, H. M. New formulas for stresses in concrete pavements of airfields, Transactions ASCE, Volume 113, 1948.

WESTERGAARD, H. M. Stress concentrations in plates loaded over small areas, Transactions ASCE, Volume 108, 1943.

Wire Reinforcement Institute, Innovative ways to reinforce slabs on ground (TF 705-R-01), 2001.

BRETERNITZ, G. L. P. Controle da produção e do fornecimento no âmbito dos canteiros de obras em empreendimentos compostos por edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

BRAZ, J. C. R. Análise comparativa de custos entre edifícios residenciais de quatro pavimentos utilizando alvenaria estrutural e estrutura mista de concreto e aço. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

TOMY, C. A. V. Processos construtivos empregados na habitação popular no âmbito do SFH: os conjuntos da Cohab-DB (1967-2000). Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.