ANÁLISE NÃO-LINEAR DE SISTEMAS MISTOS PARA A OBTENÇÃO DE LARGURAS EFETIVAS E CARREGAMENTOS DE VIGAS NO ESTADO LIMITE ÚLTIMO

SIDNEA ELIANE CAMPOS RIBEIRO

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais, sobrinhos, Eugênio e Bruna .

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de ter vivido cada momento que me trouxe até aqui.

Ao professor e orientador Gílson Queiroz, pelo apoio, dedicação e incentivo.

Aos meus pais, pelo dom da vida.

Ao Eugênio e aos meus irmãos, pelo apoio e incentivo durante todo o curso.

Ao colega Paulo Emílio pela valiosa contribuição para realização deste trabalho.

À amiga Marylane pelo grande apoio e carinho, sem os quais dificilmente conseguiria concluir este estudo.

Aos professores, colegas e funcionários do Departamento de Engenharia de Estruturas, pela força vinda de cada gesto, cada palavra, cada olhar.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

ABSTRACT

The effective slab width incorporated to composite floor beams is usually based on simplified rules taken from the relevant codes. The tributary areas for the beams are often based on some plastic hinge mechanism of the slab, neglecting the vertical deflections of the beams. These procedures are used for both ultimate and serviceability limit states. In order to assess the reliability of the usual methods in predicting ultimate limit states, a series of non-linear FEM analysis are carried out. The selected ranges of the main parameters are based on practical situations. Some design recommendations are presented together with the final conclusions.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

SIMBOLOGIA

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO ---------- 1

1.1 - GENERALIDADES ---------- 1

1.2 - VIGAS MISTAS ---------- 1

1.2.1 - LARGURA EFETIVA DA LAJE DE CONCRETO ---------- 2

1.2.2. - INTERAÇÃO COMPLETA E INTERAÇÃO PARCIAL ---------- 4

1.2.3 - TIPOS DE CONECTORES DE CISALHAMENTO ---------- 5

1.2.4 - RESISTÊNCIA ÚLTIMA DE VIGAS MISTAS ---------- 7

1.2.5 - INFLUÊNCIA DA CAPACIDADE DOS CONECTORES NA RESISTÊNCIA ÚLTIMA DE VIGAS MISTAS ---------- 7

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ---------- 9

2.1 - GENERALIDADES ---------- 9

2.2. - ANÁLISE ELÁSTICA ---------- 9

2.3 - ANÁLISE NÃO LINEAR ---------- 15

2.4 - RELAÇÃO MOMENTO CURVATURA ---------- 19

2.5- CONECTORES DE CISALHAMENTO ---------- 21

2.6 - LARGURA EFETIVA ---------- 27

2.7 - DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS PELAS VIGAS - COMPORTAMENTO DE SISTEMAS COMPLETOS DE PISOS ---------- 33

CAPÍTULO 3 - OBJETIVO E METODOLOGIA---------- 36

3.1 - OBJETIVO---------- 36
3.2 - METODOLOGIA ---------- 36

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DIMENSIONAL ---------- 39

4.1 - PARÂMETROS ADIMENSIONAIS---------- 39
4.2 - CAMPOS DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS ---------- 45

CAPÍTULO 5 - ANÁLISE PARAMETRIZADA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS (MEF)---------- 50

5.1 - INTRODUÇÃO---------- 50
5.2 - MODELAGEM DO CONCRETO DA LAJE---------- 51
5.3 - MODELAGEM DA VIGA METÁLICA ---------- 55
5.4 - MODELAGEM DOS CONECTORES DE CISALHAMENTO---------- 58
5.5 - CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO DO CONCRETO---------- 58
5.6 - CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO DO AÇO ---------- 59
5.7 - CRITÉRIO DE ESCOAMENTO - REGRAS DE ENCRUAMENTO ------ 60
5.8 - ANÁLISE PARAMETRIZADA ---------- 60
5.8.1 - GENERALIDADES---------- 60
5.8.1.1 - DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE OS ESFORÇOS SOLICITANTES DE PLASTIFICAÇÃO TOTAL E OS OBTIDOS NO ANSYS, PARA O PERFIL DE AÇO DA VIGA MISTA ---------- 60
5.8.1.2 - LARGURA EFETIVA OBTIDA A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS ---------- 63

5.8.1.3 - CARGA DISTRIBUÍDA SOBRE A VIGA OBTIDA A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS ---------- 64
5.8.1.4 - GRÁFICOS COMPARATIVOS DAS RESISTÊNCIAS ÚLTIMAS 65
5.8.1.5 - GRÁFICOS COMPARATIVOS DAS REAÇÕES DE APOIO ----- 66
5.8.2 - ANÁLISE DO SISTEMA 1 - BORDAS TRANSVERSAIS LIVRES -- 67
5.8.2.1 - RESULTADOS OBTIDOS PARA O SISTEMA 1 ---------- 74
5.8.3 - ANÁLISE DO SISTEMA 2 - BORDAS TRANSVERSAIS APOIADAS EM VIGAS ---------- 89
5.8.3.1 - RESULTADOS OBTIDOS PARA O SISTEMA 2 ---------- 92
5.8.4 - ANÁLISE DO SISTEMA 3 - BORDAS TRANSVERSAIS APOIADAS EM VIGAS E IMPEDIDAS DE GIRAR ---------- 112
5.8.4.1 - RESULTADOS OBTIDOS PARA O SISTEMA 3 ---------- 115

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES
SUGESTÕES PARA ESTUDOS POSTERIORES ---------- 134

6.1 - GENERALIDADES ---------- 134
6.2 - CONCLUSÕES SOBRE O SISTEMA 1 ---------- 134
6.3 - CONCLUSÕES SOBRE O SISTEMA 2 ---------- 140
6.4 - CONCLUSÕES SOBRE O SISTEMA 3 ---------- 144
6.5 - CONCLUSÕES GERAIS ---------- 148
6.6 - RECOMENDAÇÕES PARA O PROJETO ---------- 149
6.7 - SUGESTÕES PARA ESTUDOS POSTERIORES ---------- 150

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ---------- 151

BIBLIOGRAFIA ---------- 155

APÊNDICE 1 - PLANILHAS DE DADOS DOS MODELOS ANALISADOS
APÊNDICE 2 - ARQUIVOS DE ENTRADA DO ANSYS
APÊNDICE 3 - PLANILHAS DE RESULTADOS DO ANSYS
APÊNDICE 4 - PLANILHAS DE CONCLUSÕES

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1 - Tipos de seções mistas. 2

Fig. 1.2 - Tensões longitudinais na laje considerando "shear lag" 3

Fig. 1.3 - Diagrama força-escorregamento relativo 5

Fig. 1.4 - Tipos usuais de conectores 6

Fig. 2.1 - Sistema de piso misto típico e idealização por elementos finitos 10

Fig. 2.2- Idealização do piso misto com elementos tridimensionais simulando a laje - Primeira idealização 11

Fig. 2.3- Idealização do piso misto com elementos de placa fina simulando a laje - Segunda Idealização 11

Fig. 2.4- Deslocamentos nodais da viga e da laje 12

Fig. 2.5 - Tipos de pisos analisados por Coradi 13

Fig. 2.6 - (a) Idealização por elementos finitos; ..... (b) Diagrama dos elementos de ligação na seção transversal; 16

Fig. 2.7 - Diagramas tensão - deformação assumidos para o aço e o concreto, e diagrama carga-escorregamento para o conector de cisalhamento 17

Fig. 2.8 - Deslocamentos nodais para um elemento de viga 17

Fig. 2.9 - Curva característica momento - curvatura 21

Fig. 2.10 - Distribuição de tensões em vigas mistas com interação completa . 23

Fig. 2.11 - Distribuição de tensões em vigas mistas com interação parcial 24

Fig. 2.12 - Curva típica força-escorregamento para conector Stud 26

Fig. 2.13 - Valores de L_o, para determinação da largura efetiva de mesas de concreto em vigas contínuas 28

Fig. 2.14 - Vigas típicas 32

Fig. 2.15 - Sistemas de coordenadas locais e globais 32

Fig. 3.1 - Sistemas de pisos mistos analisados 37

Fig. 4.1 - Piso misto 40

Fig. 5.1 - Elemento sólido de concreto armado 3-D - SOLID65 51

Fig. 5.2 - Diagrama tensão x deformação do elemento SOLID65 52

Fig. 5.3 - Gráfico carga x flecha obtido pelo MEF 53
Fig. 5.4 - Elemento SHELL43 54
Fig. 5.5 - Elemento BEAM23 e seus graus de liberdade 55
Fig. 5.6 - Elemento BEAM23 - definição da seção transversal 56
Fig. 5.7 - Elemento BEAM24 57
Fig. 5.8 - Pontos e segmentos para perfil I duplamente simétricos 57
Fig. 5.9 - Curva tensão x deformação do concreto 59
Fig. 5.10 - Curva tensão x deformação do aço 59
Fig. 5.11 - Linha neutra plástica cortando a alma do perfil metálico 61
Fig. 5.12 - Linha neutra plástica cortando a mesa do perfil metálico 62
Fig. 5.13 - Tipo de carregamento proposto para as vigas 64
Fig. 5.14 - Malha gerada pela discretização do sistema 1 67
Fig. 5.15 - Estrutura deformada - Sistema 1 68
Fig. 5.16 - Distribuição de tensões assumida para a laje 69
Fig. 5.17 - Mecanismo de colapso da laje no sistema 1 69
Fig. 5.18 - Momentos e reações da laje em regime elástico 71
Fig. 5.19 - Momentos e reações da laje em regime plástico 73
Fig. 5.20 - Gráficos carga x flecha - Sistema 1 - Modelos: 1 a 18 76
Fig. 5.21 - Gráficos carga x flecha - Sistema 1 - Modelos: 19 a 36 77
Fig. 5.22 - Gráficos carga x flecha - Sistema 1 - Modelos: 37 a 54 78
Fig. 5.23 - Gráficos carga x flecha - Sistema 1 - Modelos: 55 a 72 79
Fig. 5.24 - Gráficos carga x flecha - Sistema 1 - Modelos: 73 a 80 80
Fig. 5.25 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 1 - Viga V1 - k1 = 7,0 81
Fig. 5.26 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 1 - Viga V1 - k1 = 10,0 82
Fig. 5.27 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 1 - Viga V1 - k1 = 16,0 83
Fig. 5.28 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 1 - Viga V1 - k1 = 24,0 84

Fig. 5.29 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 1 - Viga V2 - k1 = 7,0 85
Fig. 5.30 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 1 - Viga V2 - k1 = 10,0 86
Fig. 5.31 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 1 - Viga V2 - k1 = 16,0 87
Fig. 5.32 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 1 - Viga V2 - k1 = 24,0 88
Fig. 5.33 - Malha gerada pela discretização do sistema 2 89
Fig. 5.34 - Estrutura deformada - Sistema 2 90
Fig. 5.35 - Charneiras plásticas do sistema de piso misto 2 91
Fig. 5.36 - Gráficos carga x flecha - Sistema 2 - Modelos: 1 a 18 93
Fig. 5.37 - Gráficos carga x flecha - Sistema 2 - Modelos: 19 a 36 94
Fig. 5.38 - Gráficos carga x flecha - Sistema 2 - Modelos: 37 a 54 95
Fig. 5.39 - Gráficos carga x flecha - Sistema 2 com variação do parâmetro k5 96
Fig. 5.40 - Gráficos carga x flecha - Sistema 2 com variação do parâmetro k6 97
Fig. 5.41 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 - Viga V1 - k1 = 7,0 98
Fig. 5.42 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 - Viga V1 - k1 = 13,0 99
Fig. 5.43 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 - Viga V1 - k1 = 24,0 100
Fig. 5.44 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 - Viga V2 - k1 = 7,0 101
Fig. 5.45 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 - Viga V2 - k1 = 13,0 102
Fig. 5.46 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 - Viga V2 - k1 = 24,0 103

Fig. 5.47 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 com variação do parâmetro k5 - Viga V1 - k1 = 7,0 104
Fig. 5.48 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 com variação do parâmetro k5 - Viga V1 - k1 = 24,0 105
Fig. 5.49 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 com variação do parâmetro k5 - Viga V2 - k1 = 7,0 106
Fig. 5.50 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 com variação do parâmetro k5 - Viga V2 - k1 = 24,0 107
Fig. 5.51 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 com variação do parâmetro k6 - Viga V1 - k1 = 7,0 108
Fig. 5.52 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 com variação do parâmetro k6 - Viga V1 - k1 = 24,0 109
Fig. 5.53 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 com variação do parâmetro k6 - Viga V2 - k1 = 7,0 110
Fig. 5.54 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 2 com variação do parâmetro k6 - Viga V2 - k1 = 24,0 111
Fig. 5.55 - Malha gerada pela discretização do sistema 3 112
Fig. 5.56 - Estrutura deformada - Sistema 3 113
Fig. 5.57 - Charneiras plásticas do sistema de piso misto 3 114
Fig. 5.58 - Gráficos carga x flecha - Sistema 3 - Modelos: 1 a 15 116
Fig. 5.59 - Gráficos carga x flecha - Sistema 3 - Modelos: 16 a 27 117
Fig. 5.60 - Gráficos carga x flecha - Sistema 3 com variação do parâmetro k5 118

Fig. 5.61 - Gráficos carga x flecha - Sistema 3 com variação do parâmetro k6 119
Fig. 5.62 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3- Viga V1 - k1 = 7,0 120
Fig. 5.63 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3- Viga V1 - k1 = 13,0 121
Fig. 5.64 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3- Viga V1 - k1 = 24,0 122
Fig. 5.65 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3- Viga V2 - k1 = 7,0 123
Fig. 5.66 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3- Viga V2 - k1 = 13,0 124
Fig. 5.67 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3- Viga V2 - k1 = 24,0 125
Fig. 5.68 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3 com variação do parâmetro k5 - Viga V1 - k1 = 7,0 126
Fig. 5.69 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3 com variação do parâmetro k5 - Viga V1 - k1 = 24,0 127
Fig. 5.70 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3 com variação do parâmetro k5 - Viga V2 - k1 = 7,0 128
Fig. 5.71 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3 com variação do parâmetro k5 - Viga V2 - k1 = 24,0 129
Fig. 5.72 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3 com variação do parâmetro k6 - Viga V1 - k1 = 7,0 130

Fig. 5.73 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3 com variação do parâmetro k6 - Viga V1 - k1 = 24,0 131
Fig. 5.74 Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema 3 com variação do parâmetro k6 - Viga V2 - k1 = 7,0 132
Fig. 5.75 Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje - Sistema com variação do parâmetro k6 - Viga V2 - k1 = 24,0 133
Fig. 6.1 - Tendências de deformações da laje e da viga V1 ou V2 145

LISTA DE TABELAS

Tabela 4. 1 - Combinações de parâmetros para laje com bordas transversais livres 46

Tabela 4. 2 - Combinações de parâmetros para laje com bordas transversais simplesmente apoiadas 47

Tabela 4. 3 - Combinações de parâmetros para laje com bordas transversais apoiadas e impedidas de girar 49

Tabela 5.1 - Propriedades dos materiais dos pisos mistos 50

Tabela 5.2 - Comparação das flechas obtidas pela teoria e pelo MEF 52

Tabela 5. 3 - Cargas previstas na laje para plastificação da mesma 90

Tabela 5. 4 - Cargas previstas na laje para plastificação das vigas 91

Tabela 5. 5 - Cargas previstas na laje para plastificação da mesma 113

Tabela 5. 6- Cargas previstas na laje para plastificação das vigas 114

Tabela 6.1 - Resumo das conclusões - Sistema 1 - Modelos: 1 a 40 - 1ª hipótese: Regime elástico na laje e plástico nas vigas 136

Tabela 6.2 - Resumo das conclusões - Sistema 1 - Modelos: 41 a 80 - 1ª hipótese: Regime elástico na laje e plástico nas vigas 137

Tabela 6.3 - Resumo das conclusões - Sistema 1 - Modelos: 1 a 40 - 2ª hipótese: Regime plástico na laje e nas vigas 138

Tabela 6.4 - Resumo das conclusões - Sistema 1 - Modelos: 41 a 80 - 2ª hipótese: Regime plástico na laje e nas vigas 139

Tabela 6.5 - Resumo das conclusões - Sistema 2 142

Tabela 6.6 - Resumo das conclusões - Sistema 2 com variação do parâmetro k5 143

Tabela 6.7 - Resumo das conclusões - Sistema 2 com variação do parâmetro k6 143

Tabela 6.8 - Resumo das conclusões - Sistema 3 146

Tabela 6.9 - Resumo das conclusões - Sistema 3 com variação do parâmetro k5 147

Tabela 6.10 - Resumo das conclusões - Sistema 3 com variação do parâmetro k6 147

SIMBOLOGIA

- an $\Rightarrow$ ANSYS;
- pr $\Rightarrow$ previsto;
- V1 $\Rightarrow$ viga V1;
- V2 $\Rightarrow$ viga V2;
- V3 $\Rightarrow$ viga V3;
- $l_j \Rightarrow$ laje;
- L $\Rightarrow$ vão longitudinal da laje de concreto;
- L' $\Rightarrow$ vão transversal da laje de concreto;
- $b_f \Rightarrow$ largura das mesas das vigas metálicas;
- $t_f \Rightarrow$ espessura das mesas das vigas metálicas;
- $t_w \Rightarrow$ espessura da alma das vigas metálicas;
- d $\Rightarrow$ altura das vigas metálicas;
- $h_w \Rightarrow$ altura da alma das vigas metálicas;
- $b_E \Rightarrow$ largura efetiva;]
- b' $\Rightarrow$ largura efetiva de cada lado da mesa da viga, para tensão uniforme igual à máxima e força de compressão resultante igual à obtida com distribuição real de tensões;
- $t_c \Rightarrow$ espessura da laje;
- $f_{ck} \Rightarrow$ resistência característica do concreto;
- $f_y \Rightarrow$ tensão de escoamento do aço;
- $E_c \Rightarrow$ módulo de elasticidade do concreto;
- $E_a \Rightarrow$ módulo de elasticidade do aço;
- $E_t \Rightarrow$ módulo tangente do aço;
- $\nu_c \Rightarrow$ coeficiente de Poisson do concreto;

- $\nu_a \Rightarrow$ coeficiente de Poisson do aço;
- ru $\Rightarrow$ resistência última;
- R $\Rightarrow$ reação de apoio;
- Q $\Rightarrow$ carga prevista na laje para colapso do elemento em questão (viga), prevendo regime elástico na laje;
- Q* $\Rightarrow$ carga prevista na laje para colapso do elemento em questão (laje ou viga), prevendo regime plástico na laje;
- $Q_u \Rightarrow$ carga última na laje para colapso do elemento mais fraco (laje ou uma das vigas), prevendo regime elástico na laje;
- $Q_u^* \Rightarrow$ carga última na laje para colapso do elemento mais fraco (laje ou uma das vigas), prevendo regime plástico na laje;
- M $\Rightarrow$ momento fletor atuante na viga de aço;
- N $\Rightarrow$ força normal atuante na viga de aço;
- $\varepsilon \Rightarrow$ deformação;
- $\sigma \Rightarrow$ tensão;
- $\sigma_t \Rightarrow$ tensão de tração;
- $\sigma_c \Rightarrow$ tensão de compressão;
- $f_c \Rightarrow$ Tensão real de compressão;
- UX $\Rightarrow$ translação na direção de x;
- UY $\Rightarrow$ translação na direção de y;
- UZ $\Rightarrow$ translação na direção de z;
- Rot X $\Rightarrow$ Rotação na direção de x;
- Rot Y $\Rightarrow$ Rotação na direção de y;
- Rot Z $\Rightarrow$ Rotação na direção de z;
- $q_a \Rightarrow$ carga distribuída na viga próximo a região do apoio;
- $q_b \Rightarrow$ carga distribuída na viga próximo a região central da viga;
- $q_v \Rightarrow$ carga distribuída na viga, considerando carregamento uniforme;
- A $\Rightarrow$ Área da seção da viga de aço;
- $A_w \Rightarrow$ Área da seção da alma da viga de aço;

- $(Af_y)_a \Rightarrow$ produto da área seção da viga de aço pela tensão de escoamento desta viga;
- $(Af_y)_{tf} \Rightarrow$ produto da área da mesa superior da viga de aço pela tensão de escoamento desta viga;
- $(Af_y)_w \Rightarrow$ produto da área da alma da viga de aço pela tensão de escoamento desta viga;
- $Zf_y \Rightarrow$ momento plastificação;
- $I_{m1} \Rightarrow$ momento de inércia da viga V1;
- $I_{m2} \Rightarrow$ momento de inércia da viga V2;
- $I_{m3} \Rightarrow$ momento de inércia da viga V3;
- $M_m \Rightarrow$ momento fletor previsto na viga mista para $Q_{u,pr}$;
- $M_p \Rightarrow$ momento de plastificação da viga;
- $M_{p1} \Rightarrow$ momento plástico da viga V1;
- $M_{p2} \Rightarrow$ momento plástico da viga V2;
- $M_{p3} \Rightarrow$ momento plástico da viga V3;
- LNP $\Rightarrow$ Linha neutra plástica;
- x $\Rightarrow$ distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, se a LNP estiver na laje x será a espessura comprimida da laje;
- $\alpha \Rightarrow$ parâmetro indicativo da relação entre o par (M, N) que plastifica a viga de aço e o par (M,N) extraído do ANSYS para a viga em questão;
- $\alpha_0 = M_{p,pr} / M \Rightarrow$ relação do momento de plasticação previsto da viga mista em questão, e o momento previsto na mesma viga mista, para a carga $Q_{u,pr}$;
- $k1 = \frac{E_a}{E_c} \frac{12(1-\upsilon^2)}{2L' t_c^3} (2I_{m1} + I_{m2})$;
- $k2 = I_{m2} / I_{m1}$;
- $k3 = L / L'$;
- $k4 = I_{m2} / I_{m3}$;
- $k5 = t_c / L$;
- $k6 = M_{p,pr} / fy.L^3$.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 - GENERALIDADES

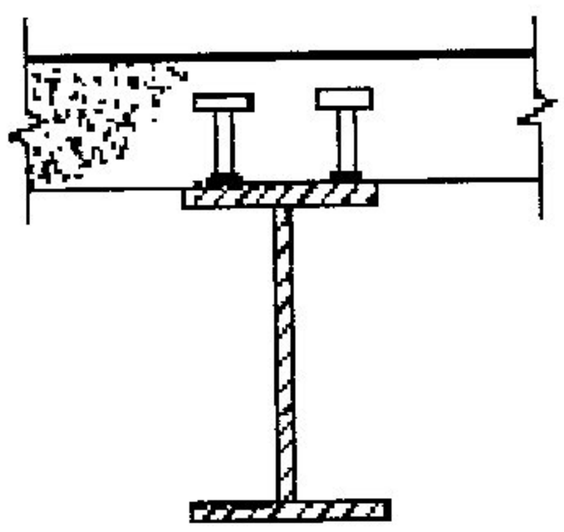
Estruturas mistas aço-concreto são aquelas em que a resistência de um elemento de concreto (geralmente armado) é incorporada à resistência de um perfil de aço, através do uso de conectores ou através da aderência natural e repartição de carga (caso dos pilares mistos puramente comprimidos).

A utilização de sistemas mistos aço-concreto no Brasil tem aumentado consideravelmente. A NBR 8800 / 86 [1] foi a 1ª norma brasileira a tratar de sistemas mistos, abordando vigas mistas com lajes maciças ou laje sobre fôrma metálica, sem fazer referência a pilares mistos e ligações mistas viga / pilar.

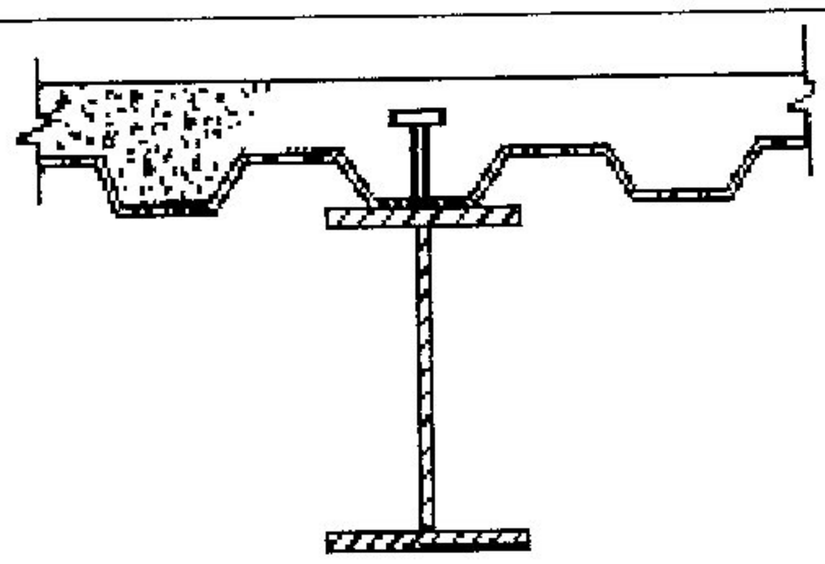
1.2 - VIGAS MISTAS

Conforme Malite [2], a maioria das vigas mistas consiste de perfis "I" de aço, suportando laje de concreto em sua mesa superior, fundida "in loco" no seu todo ou em parte, havendo ligação entre a viga de aço e a laje de concreto, de tal forma que elas funcionem como um conjunto para resistir à flexão em torno de um eixo perpendicular ao plano médio da alma (figuras 1.1a e 1.1b).

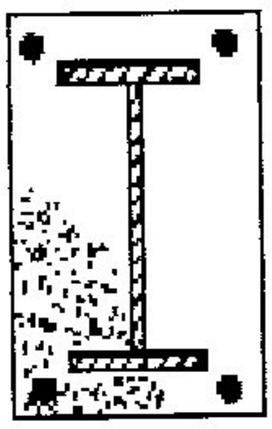
Há outras possibilidades de se obterem vigas mistas (figuras 1.1c e 1.1d), porém as mais usadas são aquelas em que um perfil de aço, laminado ou soldado, é associado, através da sua mesa superior, a uma laje de concreto.



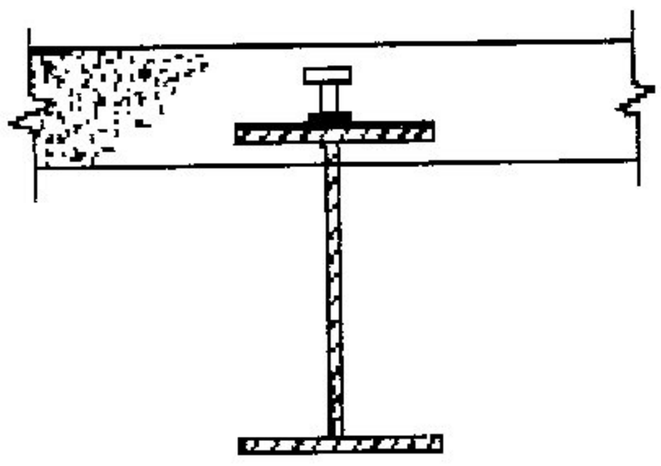
a) Laje com face inferior plana



b) Laje com fôrma de aço incorporada



c) Viga de aço totalmente embutida no concreto



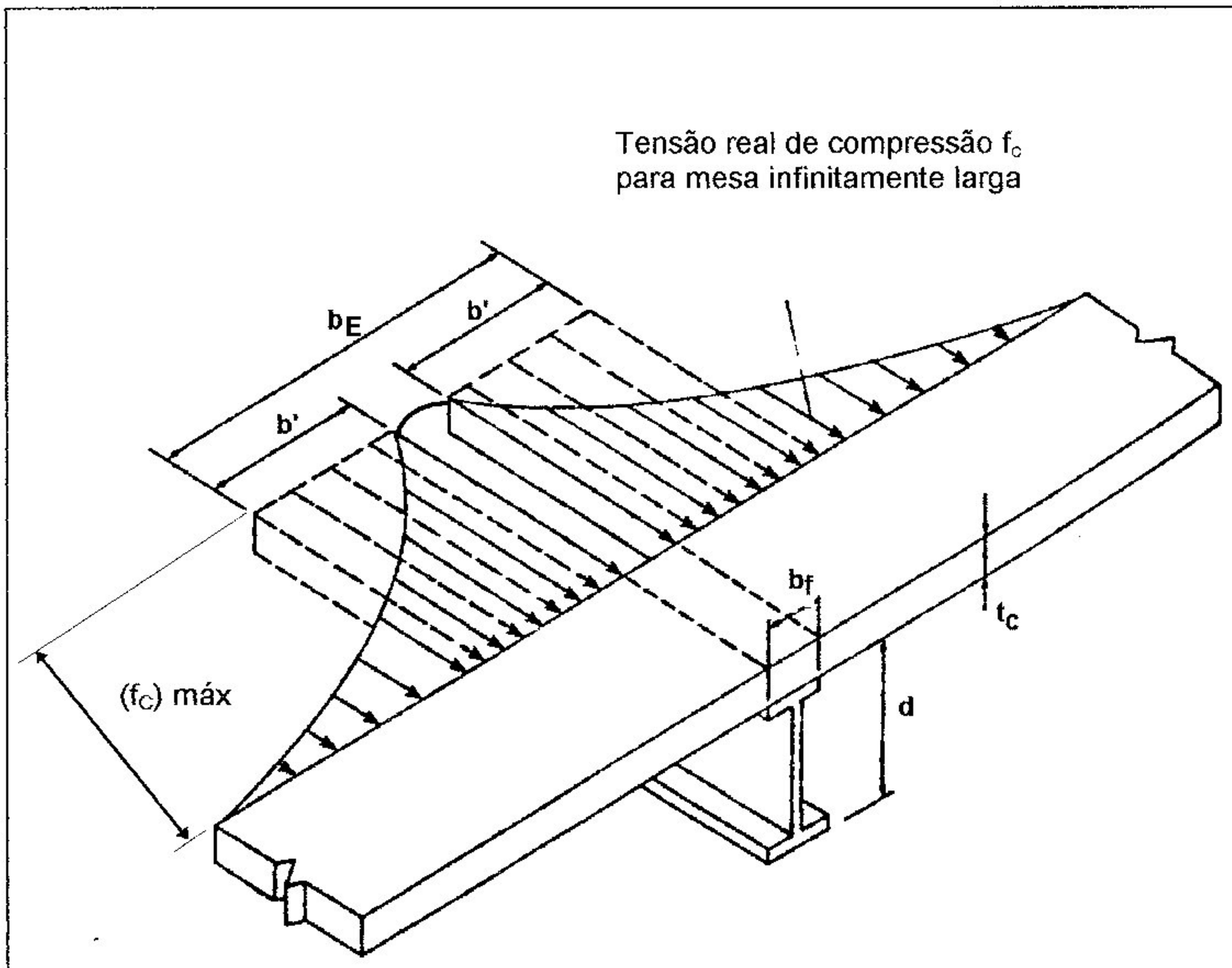
d) Viga de aço semi-embutida no concreto

Fig. 1.1 - Tipos de seções mistas.

1.2.1 - LARGURA EFETIVA DA LAJE DE CONCRETO

A hipótese da conservação das seções planas utilizada no desenvolvimento da teoria geral da flexão de vigas pressupõe que as mesas possuem rigidez a cisalhamento infinita no seu plano. Desta forma, não se considera o efeito de "shear lag".

Devido ao efeito de "shear lag", as tensões de compressão na laje de concreto alcançam o seu máximo na linha de centro da viga de aço e diminuem à medida que se afasta dela, gerando distribuição transversal não uniforme de tensões normais (Fig. 1.2).



b'= largura efetiva de cada lado da mesa da viga, para tensão uniforme igual à máxima e força de compressão resultante igual à obtida com distribuição real de tensões.

Fig. 1.2 - Tensões longitudinais na laje considerando "shear lag"

As vigas de mesas largas têm, assim, uma rigidez à flexão inferior à determinada através da teoria clássica da flexão. Para avaliação da rigidez efetiva e para determinação dos valores das tensões máximas, através da teoria clássica da flexão, é comum recorrer-se ao artifício de considerar vigas equivalentes, com mesas de largura reduzida (ou efetiva).

Assim, largura efetiva b_E é a largura da faixa da laje que trabalha em conjunto com a viga de aço, admitindo-se distribuição uniforme da tensão máxima em tal faixa, de forma que a resultante desta distribuição uniforme seja igual à obtida utilizando-se a distribuição real de tensões. (Fig. 1.2)

No regime elástico é possível recorrer a tabelas e fórmulas para determinação da largura efetiva, levando-se em conta o efeito de "shear lag"; já para o cálculo da resistência última de vigas mistas, existe menos informação sobre a largura efetiva da laje. Usualmente empregam-se, nos cálculos, valores recomendados por normas.

1.2.2. - INTERAÇÃO COMPLETA E INTERAÇÃO PARCIAL

A ligação entre o perfil da viga de aço e a laje de concreto é, geralmente, estabelecida mediante conectores soldados à mesa superior do perfil.

Os conectores asseguram o funcionamento da viga mista, ou seja, o funcionamento conjunto do perfil metálico e da laje de concreto. Quando a laje é carregada, a tendência de deslizamento relativo entre os dois materiais, na superfície de contato, é restringida pelos conectores, o que garante a ação mista. Portanto, a função principal dos conectores de cisalhamento é absorver o fluxo de cisalhamento e, adicionalmente, evitar a separação entre a viga de aço e a laje de concreto.

No caso de uso de conectores de cisalhamento para ligar a viga e a laje, a interação aço/concreto será completa se os conectores forem suficientes para que se atinja a resistência nominal da viga de aço ao escoamento por tração pura ou da laje de concreto ao esmagamento por compressão pura. A interação será parcial caso a resistência nominal dos conectores seja inferior às resistências mencionadas da viga de aço e da laje de concreto.

1.2.3 - TIPOS DE CONECTORES DE CISALHAMENTO

Os conectores de cisalhamento são classificados em função de sua flexibilidade, obtida através de ensaios que relacionam a força nos conectores com o escorregamento relativo entre o concreto e o aço. Desta forma os conectores podem ser flexíveis ou rígidos (Fig. 1.3). Dentre os conectores flexíveis estão os conectores tipo pino com cabeça (STUD) e o Perfil "U" laminado, e dentre os rígidos está o conector tipo barra chata (Fig. 1.4).

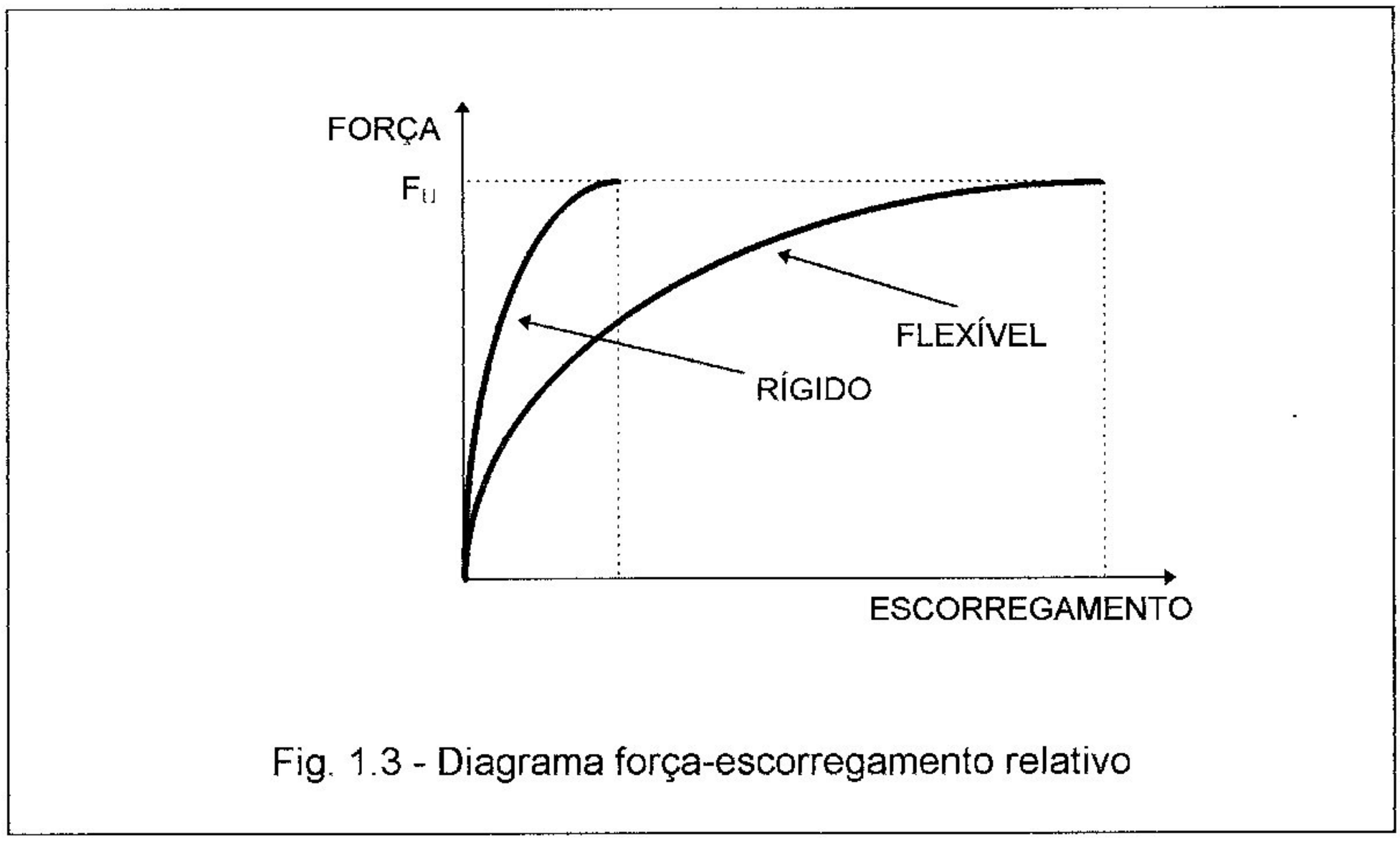
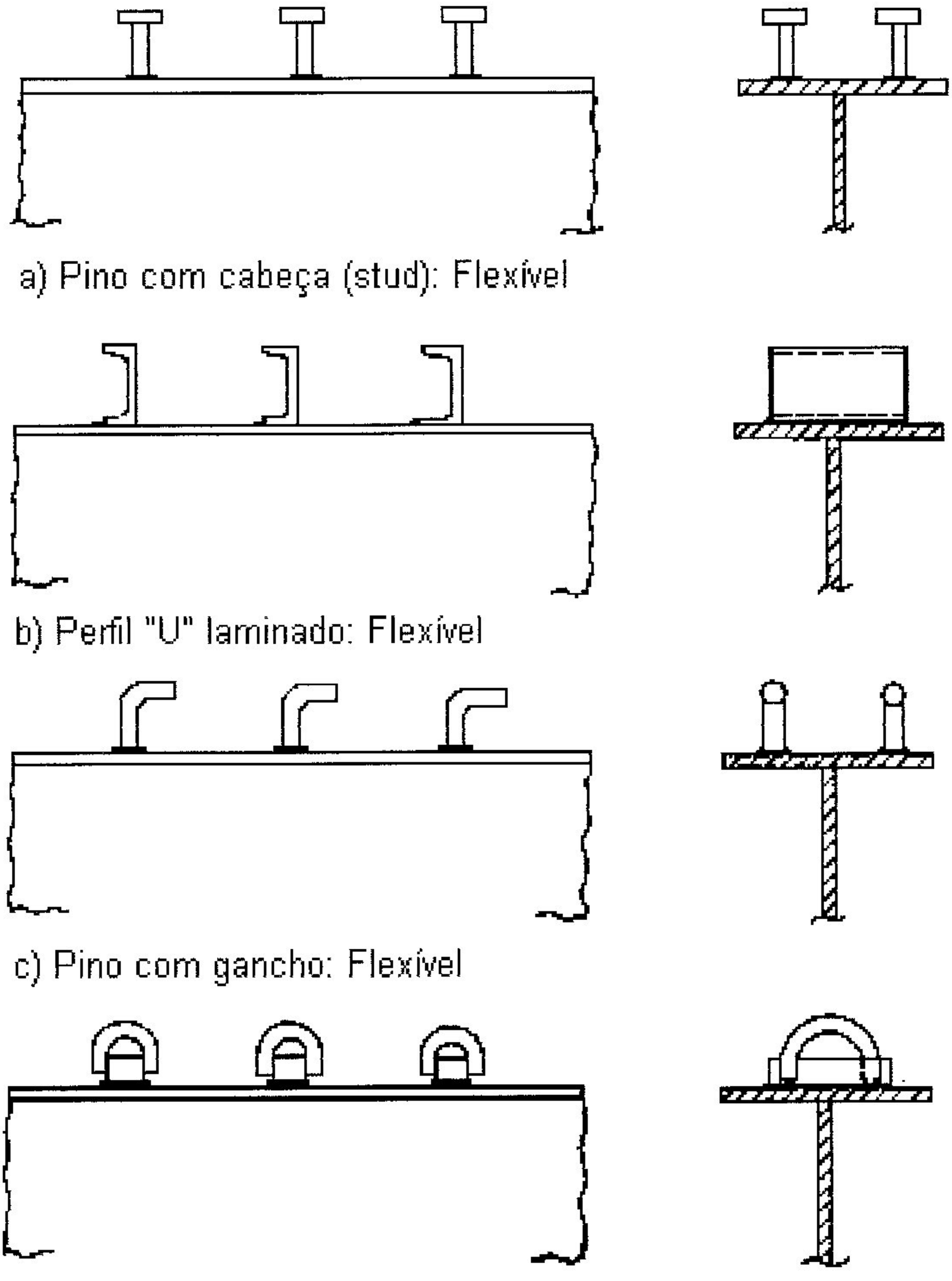


Fig. 1.3 - Diagrama força-escorregamento relativo



a) Pino com cabeça (stud): Flexível

b) Perfil "U" laminado: Flexível

c) Pino com gancho: Flexível

d) Barra chata: Rígido

Fig. 1.4 - Tipos usuais de conectores

1.2.4 - RESISTÊNCIA ÚLTIMA DE VIGAS MISTAS

O colapso de vigas mistas pode ocorrer por falha da seção mista (devido ao momento fletor e/ou à força cortante) ou por falha da conexão aço / concreto.

A resistência última de seções de vigas mistas ao momento fletor pode ser calculada seguindo-se os mesmos critérios usados em vigas de concreto armado, desde que se admita uma aderência perfeita entre os dois materiais, e se admita que seja possível a ocorrência de deformações plásticas elevadas nas chapas do perfil metálico. Com perfis "compactos" esta última hipótese é aceitável, mas, quando as chapas são esbeltas, a mobilização da resistência plástica total das seções metálicas não pode ser garantida. Portanto, nos casos de seções não compactas, a resistência última da seção é limitada pela possibilidade de flambagem local dos elementos metálicos comprimidos.

É comum considerar-se que a força cortante é resistida unicamente pelo perfil metálico, e sua interação com o momento fletor, em regime elasto-plástico, deve ser levada em conta através de critérios idênticos aos utilizados em estruturas puramente metálicas [2].

1.2.5 - INFLUÊNCIA DA CAPACIDADE DOS CONECTORES NA RESISTÊNCIA ÚLTIMA DE VIGAS MISTAS

No caso de interação completa, o escorregamento relativo entre aço e concreto existe, porém, é desprezível.

No regime elástico, quando os conectores são espaçados uniformemente, há uma variação da solicitação dos conectores devida à variação da força cortante.

Numa viga com conectores flexíveis, submetida a um carregamento estático crescente, os conectores mais solicitados, ao atingirem sua capacidade máxima, podem continuar a deformar-se plasticamente sem ruptura, de modo que os adjacentes passam a suportar os acréscimos do fluxo de cisalhamento (Fig. 1.3). Este processo corresponde a uma redistribuição do fluxo de cisalhamento entre seções de momento nulo e de momento máximo. Nestas condições, o processo de redistribuição pode continuar teoricamente até o colapso dos conectores inicialmente mais carregados, e junto aos quais o escorregamento é maior, ou até que se atinja o momento último na seção mais solicitada. Caso ocorra a 1ª hipótese, isto é, falha dos conectores, haverá redução da resistência última da seção mista ao momento fletor.

Os conectores do tipo rígido, ao contrário dos conectores do tipo flexível, não se deformam consideravelmente quando solicitados pelo fluxo de cisalhamento (Fig. 1.3) e, desta maneira, não é aconselhável espaçá-los uniformemente. Uma distribuição ideal, neste caso, seria dispô-los com menor espaçamento nas regiões de fluxo de cisalhamento mais elevado e com maior espaçamento à medida que o fluxo de cisalhamento diminua.

O comportamento dos conectores é complexo, visto que depende não só das próprias características do conector, mas também de outros parâmetros, dentre os quais figura a resistência do concreto envolvente e a geometria da região de ligação, sendo diferente, por exemplo, para lajes com fôrma de aço incorporada e lajes maciças com face inferior plana.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - GENERALIDADES

Nos últimos anos, muitas pesquisas experimentais e numéricas têm sido feitas para compreender o comportamento de sistemas mistos. A maioria das pesquisas é realizada em vigas isoladas, simplesmente apoiadas ou contínuas, sujeitas a carregamento estático ou dinâmico.

A laje de concreto, em um sistema misto de piso, fica sujeita a uma combinação tensões de membrana e tensões de flexão. A distribuição de tensões de membrana através da laje é em geral diferente da existente em vigas isoladas e as tensões causadas pela flexão da laje adicionam complicação ao problema.

Para uma compreensão melhor destes sistemas, é importante formular análises que levem em conta os principais parâmetros envolvidos no problema. Uma análise rigorosa do problema requer resoluções das equações para tensões de membrana e flexão na laje, juntamente com as equações de flexão simples e carga axial para a viga, levando-se em conta a excentricidade do eixo da viga em relação à superfície média da laje.

2.2. - ANÁLISE ELÁSTICA

Ansourian [3] realizou análise elástica em um sistema de piso misto constituído por uma laje de concreto armado simplesmente apoiada, rigidamente ligada à

mesa superior de uma viga de aço de seção transversal I (Fig. 2.1). Na sua primeira idealização, a laje foi representada por elementos prismáticos tridimensionais e a viga por elementos de estado plano de tensões. A largura das mesas e a espessura da alma das vigas correspondiam às espessuras dos respectivos elementos (Fig. 2.2). Embora tenha sido obtida convergência satisfatória com esta idealização, a preparação de dados foi bastante complexa, e a saída em forma de tensor de tensões em cada face do elemento requereu considerável manipulação para sua compreensão. Esta idealização, portanto, foi descartada e uma segunda simulação foi feita, onde Ansourian [3] utilizou elementos de placas finas obtidos pela superposição de elementos só para tensões de flexão e elementos só para tensões de membrana. Elementos de barra foram usados para simular as vigas, incluindo deformações de flexão, de cisalhamento e de torção (Fig. 2.3). Desta forma, ele utilizou menos da metade da entrada de dados requerida na primeira simulação e, mesmo assim, obteve bons resultados, quando comparados com a primeira simulação e com resultados experimentais.

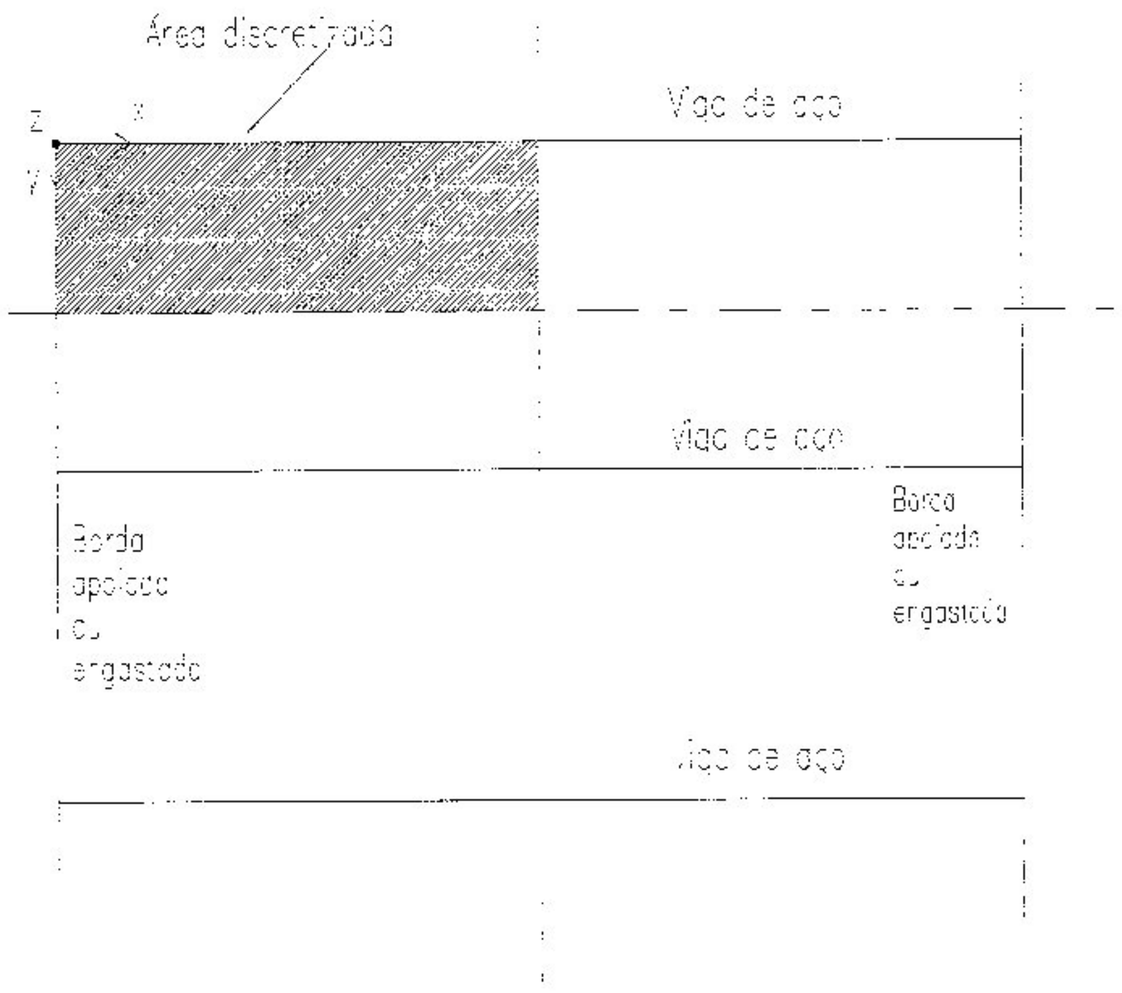


Fig. 2.1 - Sistema de piso misto típico e idealização por elementos finitos

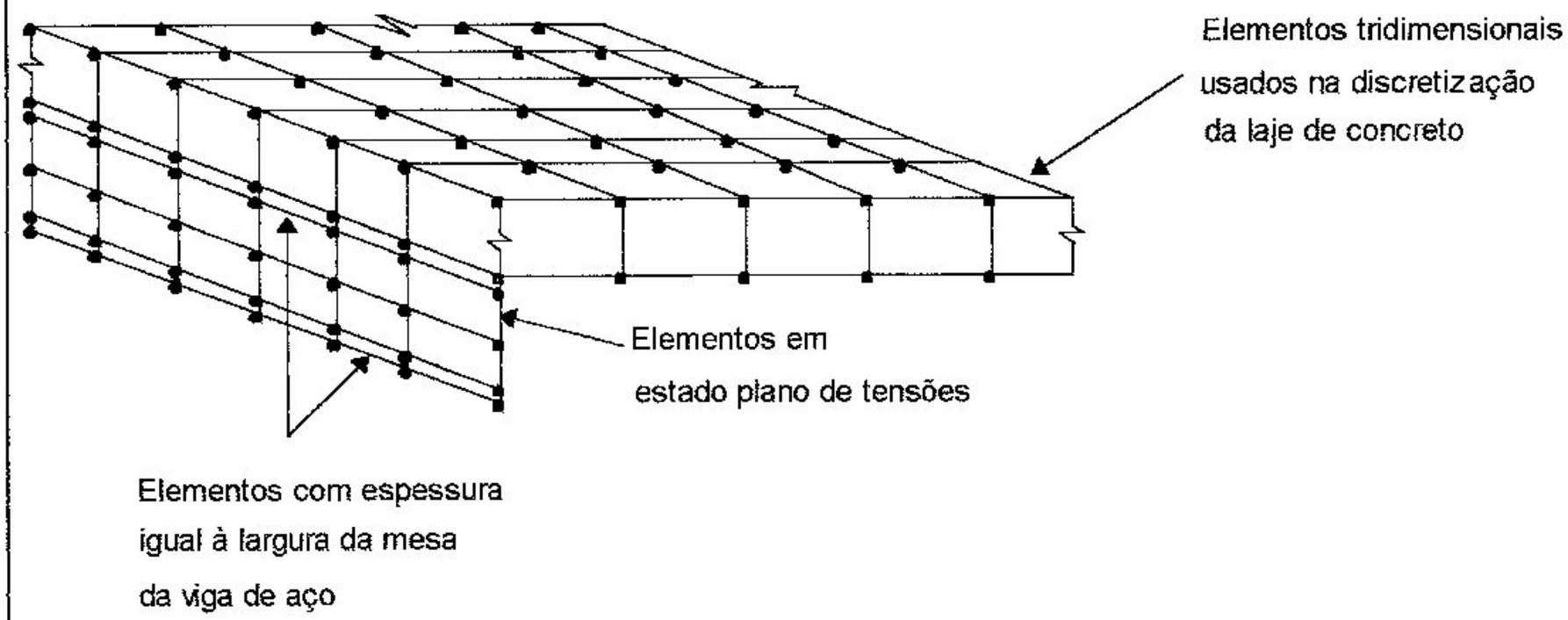


Fig. 2.2- Idealização do piso misto com elementos tridimensionais simulando a laje - Primeira idealização

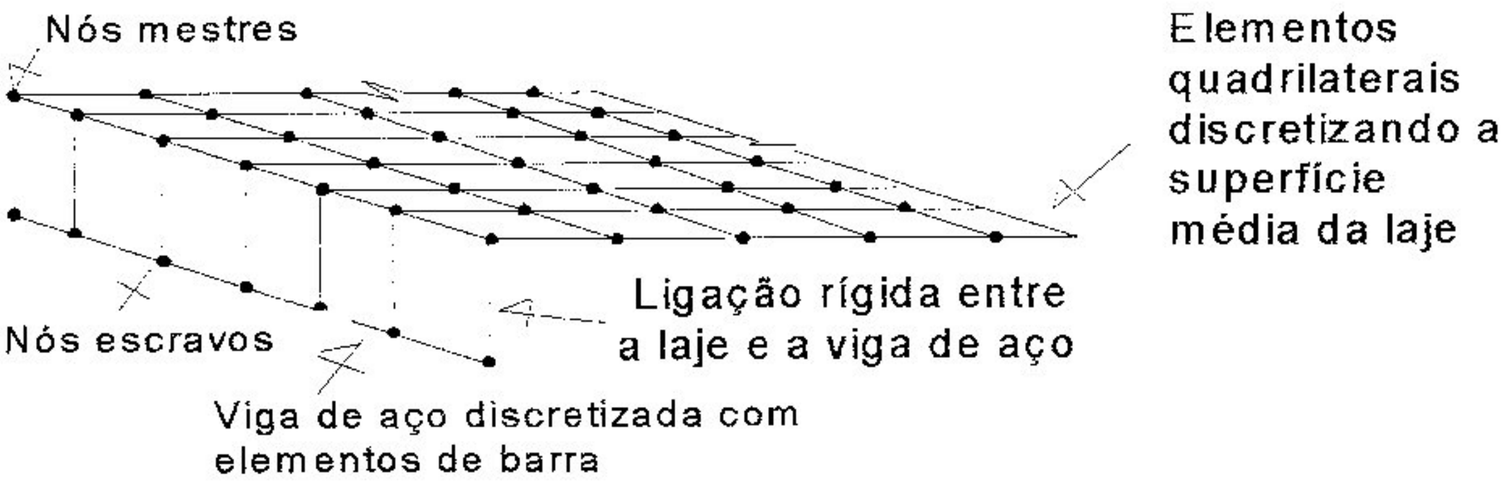


Fig. 2.3- Idealização do piso misto com elementos de placa fina simulando a laje - Segunda Idealização

Na segunda simulação, a ligação entre a laje e a viga foi simulada numericamente fazendo-se os deslocamentos ao longo do eixo da viga dependentes dos deslocamentos dos nós da laje. Na figura. 2.4 os deslocamentos do nó D da viga são obtidos em função dos deslocamentos do nó A da laje por:

$$u_D = u_A - e\theta_A \qquad (2.1)$$

$$w_D = w_A \qquad (2.2)$$

$$\theta_D = \theta_A \qquad (2.3)$$

onde u e w são os deslocamentos e θ é a rotação dos nós; "e" é a excentricidade entre os eixos da viga e da laje.

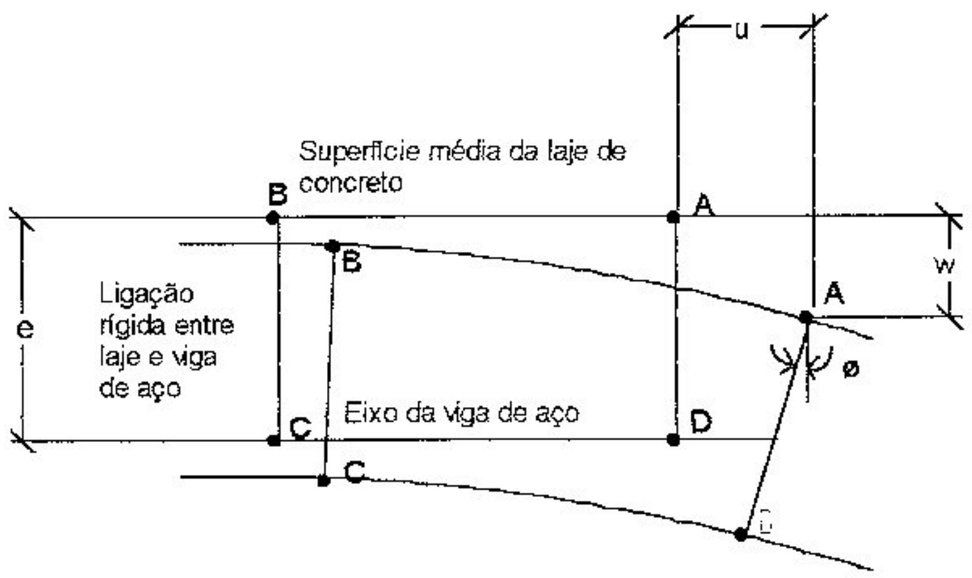


Fig. 2.4- Deslocamentos nodais da viga e da laje

Coradi [4] estudou três tipos de pisos mistos sujeitos a cargas uniformemente distribuídas (Fig. 2.5). O primeiro tipo de piso é composto por 3 vigas mistas com as bordas transversais da laje livres. O segundo tipo de piso é composto por 7 vigas mistas com todas as bordas da laje simplesmente apoiadas sobre as vigas. O terceiro tipo de piso é semelhante ao segundo, porém, com as bordas transversais da laje impedidas de girar.

Foi utilizado o programa ANSYS, versão 5.0, para o desenvolvimento do modelo de elementos finitos e para realizar a análise elástica parametrizada.

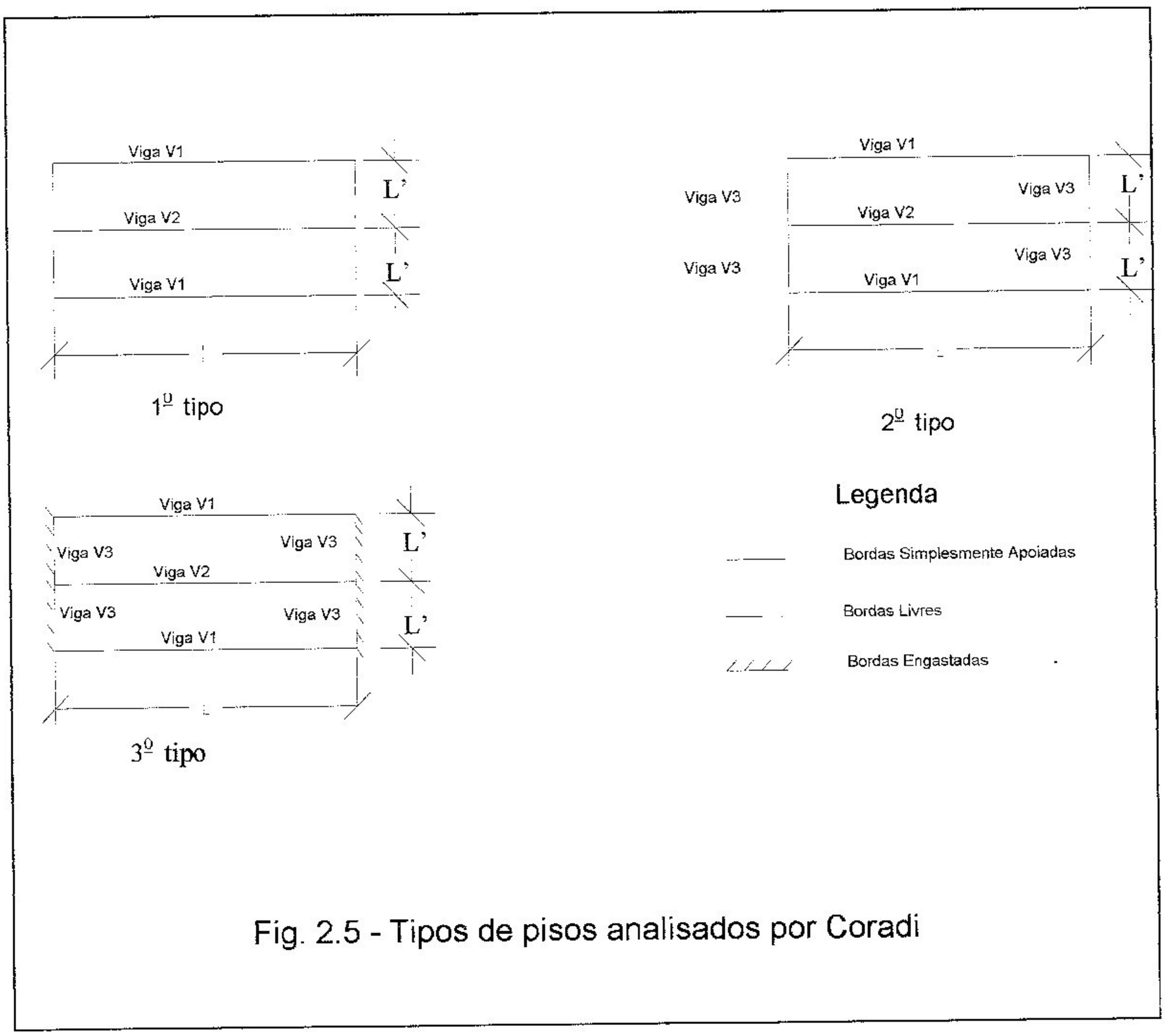


Fig. 2.5 - Tipos de pisos analisados por Coradi

As reações de apoio, a flecha no meio do vão e a tensão normal no centro da mesa inferior (também no meio do vão), para as vigas V1 (extremas) e V2 (intermediária) foram analisadas e comparadas com as que seriam obtidas através das recomendações das normas brasileiras NBR 8800 / 86 [1] e NBR 6118 [5]. Em função desta comparação, avaliou-se a validade das larguras efetivas e das cargas nas vigas prescritas pelas normas citadas.

Concluiu-se que a espessura da laje de concreto e a rigidez da viga V3 pouco influenciam na relação entre a flecha obtida pelo MEF e a flecha determinada pelo processo usual. Já as rigidezes das vigas V1 e V2 influenciam bastante: sempre que a relação I_{m2} / I_{m1} aumenta, o valor da relação entre a flecha obtida pelo MEF e pelo processo usual diminui para V1 e aumenta para V2 e a carga recebida por V2 é maior do que a prevista pelo processo usual. As flechas de vigas mistas bi-apoiadas, determinadas pelo processo usual, variam entre 0,7 e 1,2 vezes o valor calculado pelo MEF, devido ao efeito das flexibilidades das vigas e da relação entre as dimensões do painel. Em muitos casos o procedimento usual fica do lado da segurança, mas, quando a relação L / L' (Fig. 2.5) for superior a aproximadamente 2 e a relação I_{m2} / I_{m1} for inferior a 3, o coeficiente de majoração deve passar para 1,40 no caso de vigas situadas nas bordas dos painéis.

Coradi recomenda também que, para se levar em conta o efeito do escorregamento entre laje e viga de aço, no caso de interação completa, a flecha deve ser multiplicada adicionalmente por 1,10 (para interação parcial pode ser seguido, por exemplo, o EUROCODE 4 [6]).

2.3 - ANÁLISE NÃO LINEAR

O estudo do comportamento não linear de vigas mistas é muito complexo. As dificuldades podem ser atribuídas ao uso de vários materiais e componentes estruturais que se comportam diferentemente quando carregados. Os principais fatores que afetam o comportamento são o escoamento do aço e a resposta não linear do concreto.

Análises não lineares de vigas mistas têm sido feitas por vários pesquisadores. Os pioneiros no uso do MEF foram: Okumura et al [7], que utilizaram elementos triangulares para estado plano de tensões e Wegmuller [8,9], que utilizou elementos de casca com camadas. Contudo, estes elementos, aplicados a vigas mistas, requerem resolução de um grande número de equações.

Hirst e Yeo [10] analisaram vigas mistas já ensaiadas por outros pesquisadores, usando o método dos elementos finitos nos regimes elástico e plástico, até prever a carga última. O programa utilizado por eles usava o Método da Rigidez Tangente e incrementos de carga sucessivos. O efeito da interação parcial foi investigado, a viga de aço e a laje de concreto foram simuladas por elementos isoparamétricos parabólicos de 8 nós, para estado plano de tensão (Fig. 2.6a). Diferentemente da ligação realizada por Ansourian [3], a ligação entre a viga de aço e a laje foi feita ligando-se uma linha de nós da laje (C) a uma linha de nós independentes (F), como mostrado na figura 2.6b, usando-se elementos quadrilaterais, e ligando-se estes nós independentes aos nós da viga de aço (A). A aplicação do método nos dois regimes propiciou resultados bem próximos dos obtidos experimentalmente.

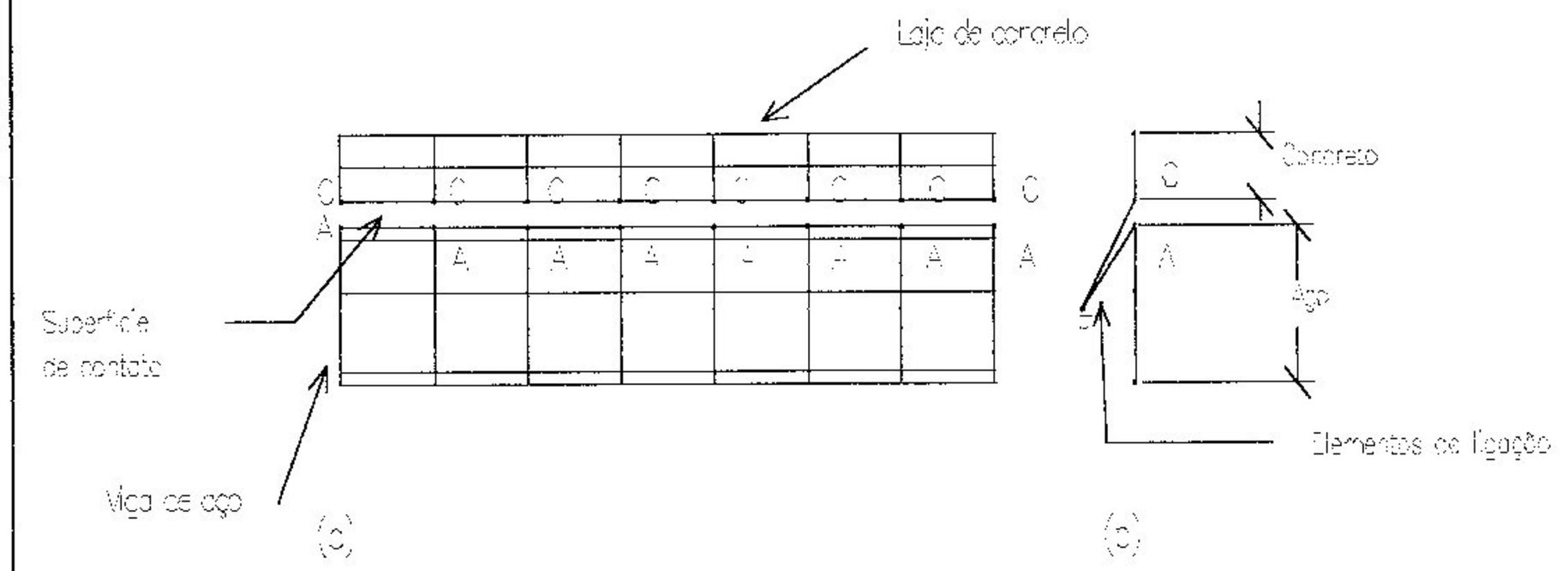
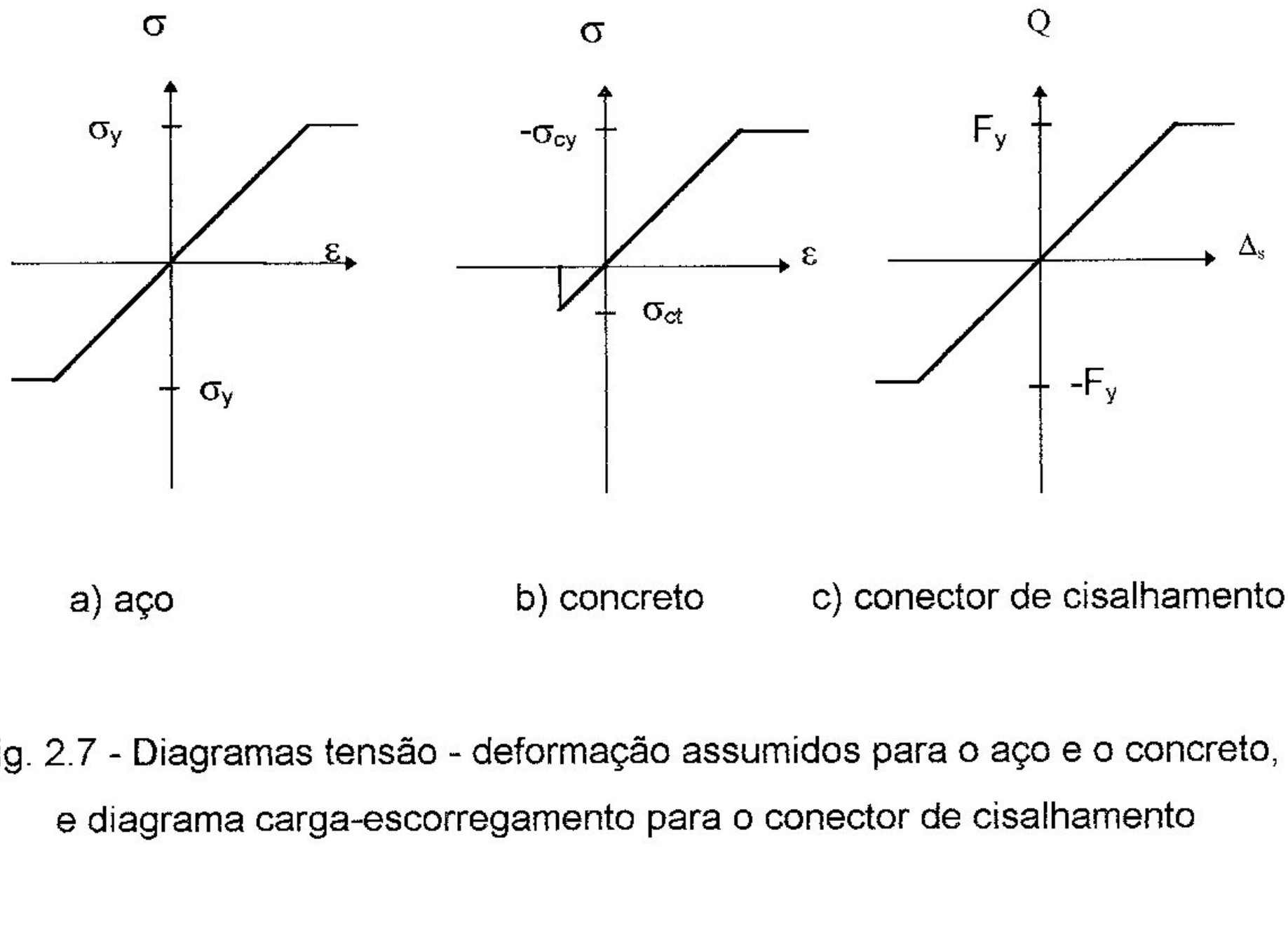


Fig. 2.6 - (a) Idealização por elementos finitos;
(b) Diagrama dos elementos de ligação na seção transversal;

Arizumi e Hamada [11] utilizaram o método dos elementos finitos, com a aplicação de elementos de vigas para a laje de concreto e para a viga de aço, e de um elemento de mola para os conectores de cisalhamento, o que reduziu consideravelmente o número de equações. A curva tensão - deformação do concreto e do aço e a curva carga-escorregamento dos conectores de cisalhamento foram representadas por funções bilineares (Fig. 2.7).

A figura 2.8 mostra os graus de liberdade dos elementos de vigas mistas utilizados por Arizumi e Hamada [11]. Eles consideraram que a laje e a viga fletiam igualmente em todos os pontos dos elementos, isto é, os conectores de cisalhamento impediam a separação da laje e da viga, portanto os deslocamentos $v_2 = v_1$, $v'_2 = v'_1$, $v_4 = v_3$ e $v'_4 = v'_3$,. resultando em 12 graus de liberdade, e seu vetor de deslocamento pode ser expresso por:

$$\{u\} = [w_1, w'_1, v_1, v'_1, w_2, w'_2, w_3, w'_3, v_3, v'_3 w_4, w'_4]^T \qquad (2.4)$$



a) aço b) concreto c) conector de cisalhamento

Fig. 2.7 - Diagramas tensão - deformação assumidos para o aço e o concreto, e diagrama carga-escorregamento para o conector de cisalhamento

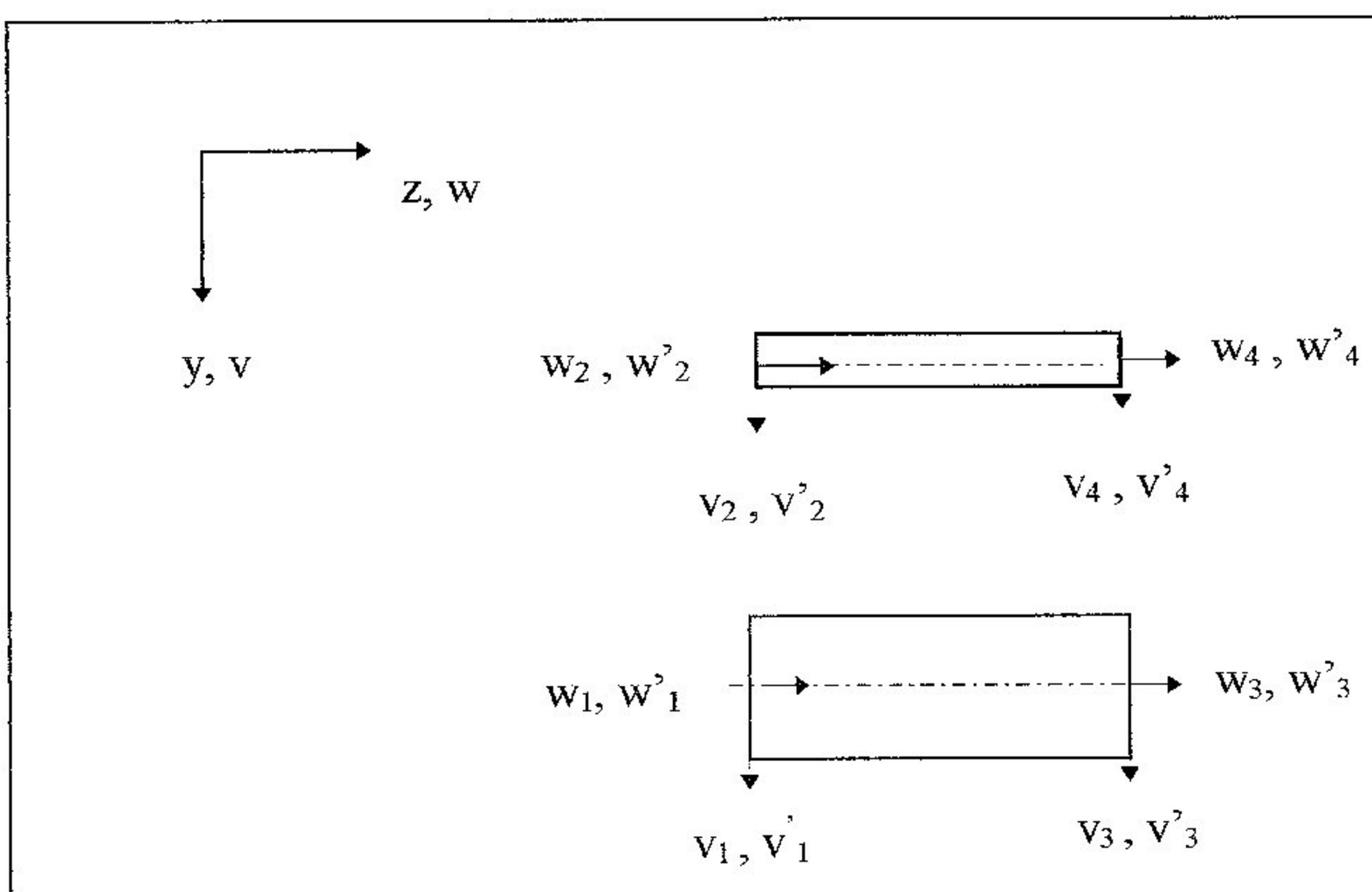


Fig. 2.8 - Deslocamentos nodais para um elemento de viga

Com base no princípio dos trabalhos virtuais, a equação que rege o problema é dada por:

$$\int_v \sigma_{ij}\delta\varepsilon_{ij}dV + \int F_s\delta\Delta_s dz = \int x_i\delta u_i ds\,, \qquad (2.5)$$

na qual σ_{ij} e ε_{ij} são os tensores de tensão e deformação, respectivamente. F_s e Δ_s são a força de cisalhamento a que estão sujeitos os conectores de cisalhamento e o escorregamento produzido por F_s, respectivamente, u_i é a deformação devida à carga externa x_i no ponto i.

As vantagens do método utilizado por Arizumi e Hamada [10] são as reduções dos graus de liberdade e a manipulação simples. Os resultados obtidos por eles tiveram boa conformidade com resultados de ensaios.

Ansourian e Roderick [12] analisaram o comportamento de vigas mistas com interação parcial no regime elástico e no regime não linear até o colapso, incluindo o efeito de escorregamento na interface, o escoamento do aço, as tensões residuais e a não linearidade do concreto. Eles idealizaram a laje como uma placa fina sujeita a deslocamentos u e v no plano (efeito de membrana) e deslocamentos transversais w (efeito de flexão).

Eles concluíram que, no regime elástico, ocorrem erros pequenos no cálculo das tensões em uma viga mista isolada, quando a teoria de viga T é usada, mesmo para lajes relativamente largas. No regime não linear, a distribuição de tensões na laje tende a ser mais uniforme, justificando-se, assim, o uso da teoria de viga T.

Razaqpur e Nofal [13] analisaram três vigas diferentes, utilizando o programa NONLACS (NONLinear Analysis of Concrete and Steel). As duas primeiras vigas analisadas foram uma simplesmente apoiada e outra contínua de 2 vãos, com carregamento concentrado no meio de cada vão. Uma das vigas já havia

sido ensaiada pela equipe do Imperial College, e a outra pela equipe da Universidade de Alberta. Estas vigas eram ligadas à laje por duas linhas de conectores de cisalhamento tipo stud. A idealização por elementos finitos constou de um total de 10 elementos para modelar a mesa e 20 elementos para modelar a alma, em ambas as vigas. Devido à simetria, apenas 1/4 das vigas foram modeladas.

A última viga analisada foi uma viga de 4 vãos, simétrica, ensaiada pela Universidade do Tennessee. A discretização por elementos finitos constou de 126 elementos de casca e 30 elementos de conectores de cisalhamento. A laje foi dividida em 5 camadas de concreto e 5 camadas de aço.

Os resultados obtidos por eles e os resultados experimentais mostraram-se bastante coincidentes.

2.4 - RELAÇÃO MOMENTO CURVATURA

Vigas mistas aço-concreto têm diferentes relações momento - curvatura, dependendo do momento ser positivo ou negativo. Usualmente supõe-se que o concreto não resiste a tensões de tração, mas, armaduras são consideradas atuando juntamente com o perfil da viga de aço.

Em 1986, a AASHTO [14] publicou um procedimento para projeto de vigas de aço de seção compacta. Este procedimento foi adotado como uma extensão do método, então existente, LFD ("Load Factor Design"). A resistência de vigas contínuas é determinada pelo método do mecanismo plástico. Neste método, uma considerável quantidade de rotação plástica é requerida na seção de momento negativo em apoios intermediários. Considera-se que a carga última é atingida quando uma seção mista sujeita a momento positivo plastifica-se totalmente.

Muitas investigações visando estender o método da AASHTO [14] para vigas não compactas já foram realizadas. Vasseghi e Frank [15] conduziram 17 diferentes ensaios de carregamento, tendo os resultados indicado que vigas mistas podem sustentar momento positivo maior que os permitidos pela AASHTO [14]. Schilling [16] testou 3 vigas, para estudar as relações momento-curvatura na zona de momento negativo, e propôs uma curva para a rotação plástica correspondente. Ele também realizou estudos parametrizados de vigas mistas [17], e estes últimos estudos demonstraram que o método da AASHTO [14] é econômico quando comparado com o método LFD, tanto para vigas não compactas quanto para vigas compactas.

Kubo e Galambos [18] estudaram a aplicabilidade do método das tensões admissíveis para o projeto de vigas mistas contínuas. A resistência última à flexão e a relação momento-curvatura foram inicialmente investigadas, usando-se dados experimentais de vigas não compactas e, então, uma curva idealizada momento-curvatura para seção de momento negativo foi proposta (Fig. 2.9). A capacidade de rotação $R = \theta_h / \theta_p$, mostrada na figura 2.9, é usada para medir a ductilidade. θ_h e θ_p são, respectivamente, as componentes elástica e plástica da rotação anterior ao momento de falha. Seções adequadas para projeto plástico devem alcançar seu momento plástico (M_P) e também considerável rotação inelástica antes do início da flambagem local. Seções compactas são capazes de alcançar o momento plástico (M_P); já as seções não compactas têm razões largura - espessura de mesa e alma relativamente grandes, o que permite falha prematura devida à flambagem local e, portanto, a resistência não alcança o momento plástico (M_p).

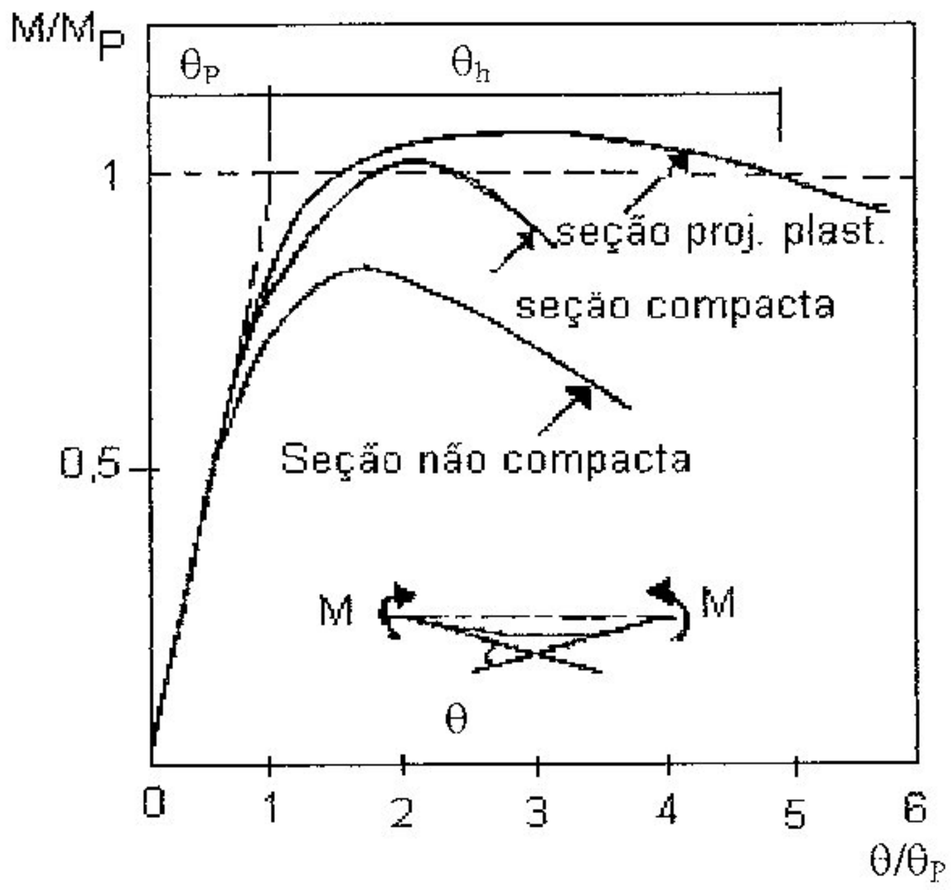


Fig. 2.9 - Curva característica momento - curvatura

2.5- CONECTORES DE CISALHAMENTO

O comportamento e a resistência de uma viga mista dependem das propriedades mecânicas de suas partes constitutivas e do grau de interação entre elas. A interação entre a laje e a viga ocorre via conectores de cisalhamento. Portanto, para se obter uma boa resposta quando se realiza uma análise destas estruturas nos regimes elástico e plástico, e para determinação da resistência última, é essencial que cada parte constitutiva, bem como a interação entre elas, sejam devidamente modeladas. Muitos estudos já foram realizados sobre a análise de estruturas mistas e, na maioria deles tem-se assumido interação completa ou então os conectores têm sido tratados como rígidos. Em outros casos, os conectores têm sido distribuídos sobre toda a interface e têm sido modelados por elementos finitos especiais.

A deformabilidade dos conectores está associada à ocorrência de escorregamento relativo entre o aço e o concreto e, portanto, à violação da hipótese de conservação das seções planas. Na análise da estrutura deve ser considerada a correspondente descontinuidade no diagrama de deformações no nível da ligação entre os dois materiais. Este fenômeno afeta a distribuição de tensões na seção, a distribuição longitudinal do fluxo de cisalhamento na ligação e, portanto, a deformabilidade das vigas. Entretanto, tais efeitos geralmente não são considerados quando a interação é completa, embora deva ser reforçada a ligação nas extremidades de cada vão, mantendo-se, nestes trechos, a dimensão dos conectores e o espaçamento necessários para absorver o fluxo de cisalhamento correspondente à solicitação mais desfavorável. Esta disposição visa garantir uma ligação mais rígida nos trechos onde se prevê maior escorregamento relativo entre o aço e o concreto.

As figuras 2.10 e 2.11 mostram a distribuição de tensões na seção transversal da viga com interação completa e parcial, respectivamente. Considera-se que o concreto não resiste à tração e a resistência à compressão é equivalente à 85% da resistência f_{ck} do cilindro; o aço é considerado como totalmente escoado quando atinge a tensão f_y [1].

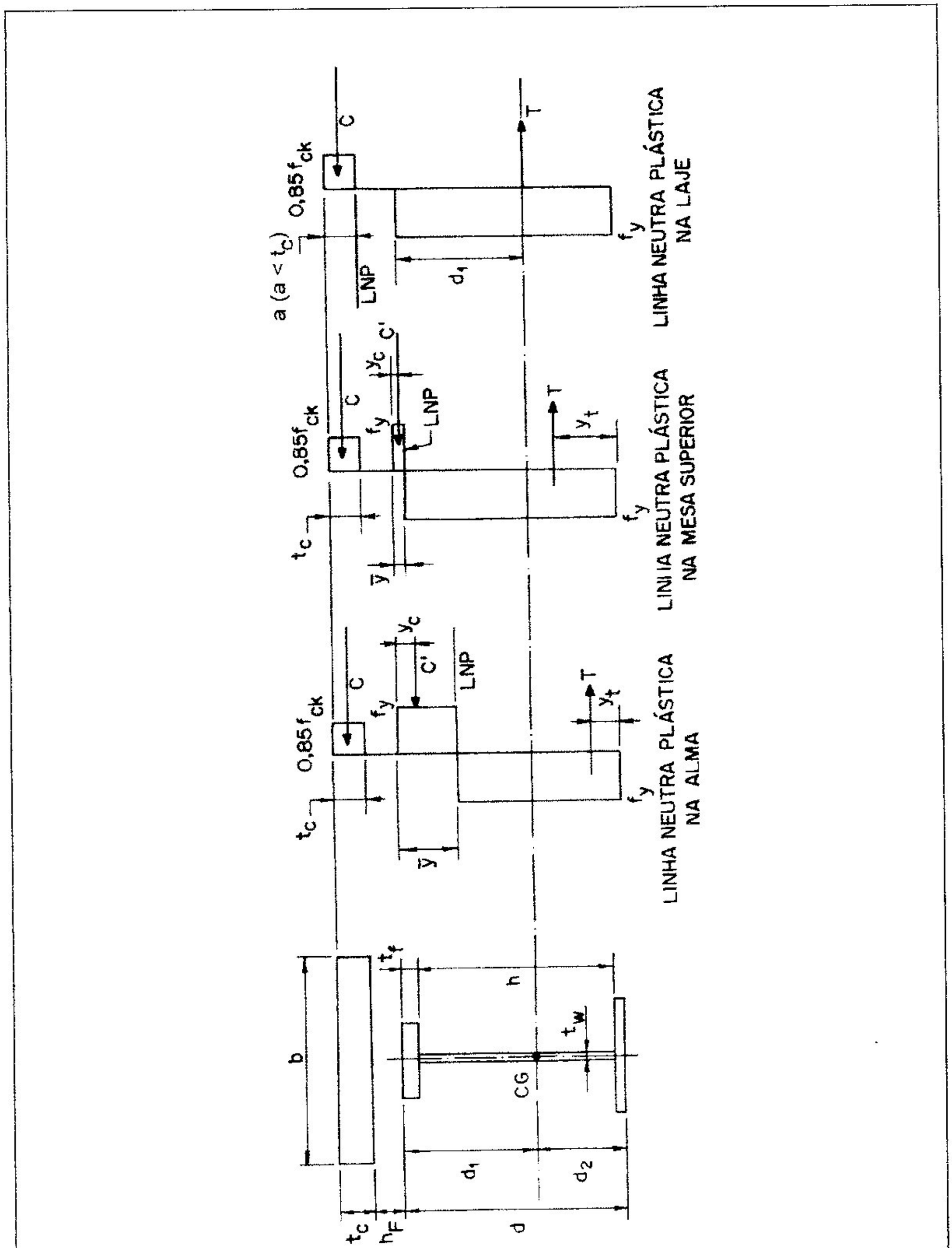


Fig. 2.10 - Distribuição de tensões em vigas mistas com interação completa

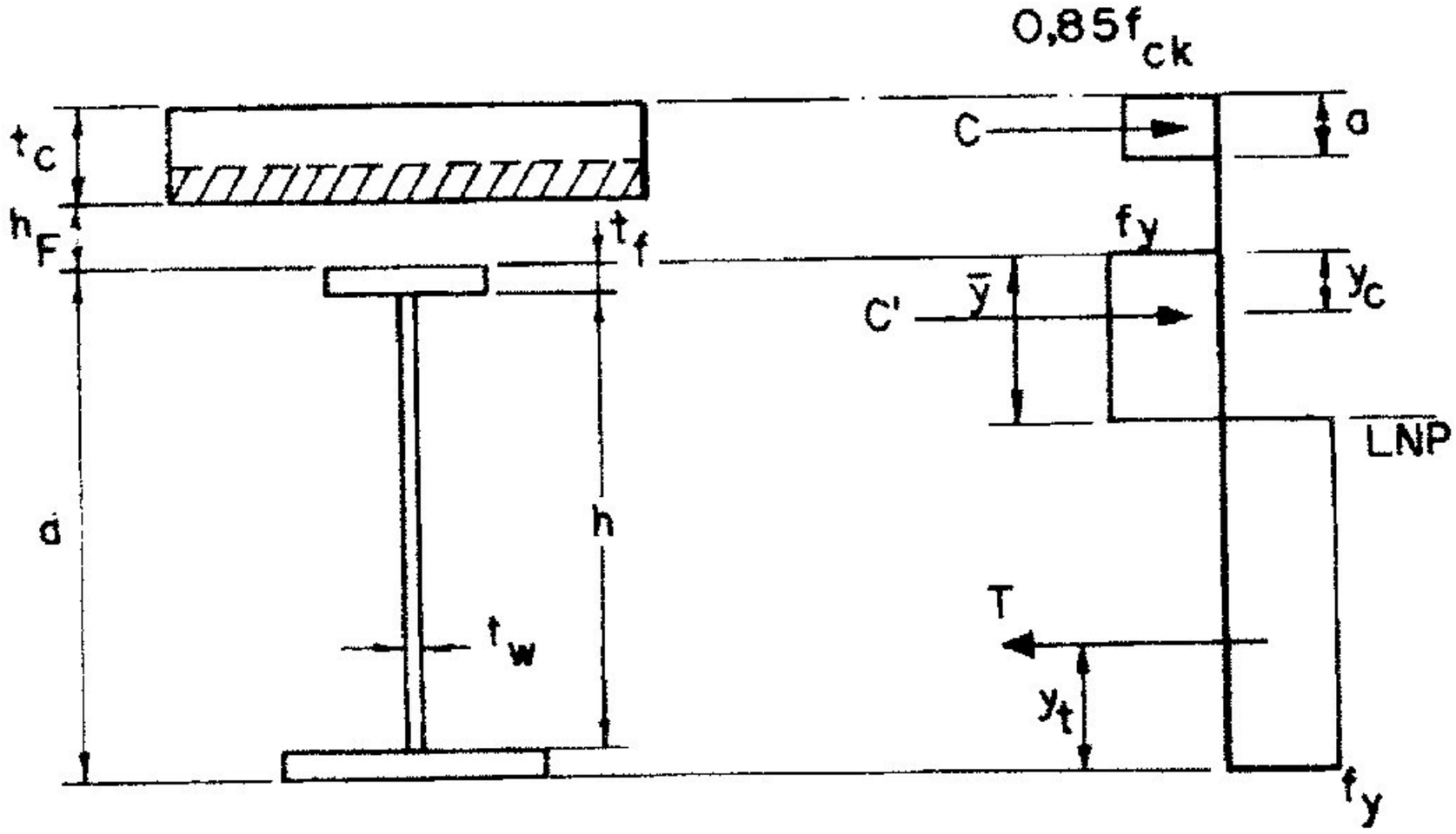


Fig. 2.11 - Distribuição de tensões em vigas mistas com interação parcial

Newmark et al [19] realizaram uma análise de interação parcial elástica. Oehlers e Sved [20] estenderam o trabalho deles para prever o colapso, admitido-se conectores de cisalhamento com ductilidade infinita.

Oehlers e Sved [20] utilizaram uma viga simplesmente apoiada com distribuição uniforme de conectores de cisalhamento ao longo da viga e carregada no meio do vão. Eles observaram que, após o carregamento, os elementos de concreto e aço escoam totalmente no meio do vão mas ainda ficam em regime elástico próximo aos apoios e, ao contrário, o escorregamento é máximo nos apoios. Os conectores são uniformemente carregados nos apoios, devido à sua plastificação.

O escorregamento máximo, que ocorre nas extremidades da viga, pode ser obtido por integração da deformação por escorregamento sobre todo o comprimento da viga. Pode-se mostrar que o escoamento do elemento de aço estende-se sobre aproximadamente 30% do comprimento do vão e, deste modo, o volume do aço que escoa é aproximadamente igual a 15% do volume total de aço. Portanto, como a plasticidade nos elementos de aço e de concreto ocorre somente em um pequeno volume, como primeira aproximação, tal plasticidade pode ser ignorada nos cálculos de escorregamento. Em contrapartida, os conectores são considerados totalmente plastificados, ignorando-se a região elástica no meio do vão.

Razaqpur e Nofal [21] utilizaram um elemento de barra tridimensional para analisar o comportamento não linear de conectores de cisalhamento em estruturas mistas aço-concreto. Este elemento tem 2 nós, com 3 graus de liberdade de translação em cada nó. A força nodal {F} e os deslocamentos nodais {u} da barra são relacionados por:

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \\ F_5 \\ F_6 \end{bmatrix} = \begin{Bmatrix} K_1 & 0 & 0 & -K_1 & 0 & 0 \\ 0 & K_2 & 0 & 0 & -K_2 & 0 \\ 0 & 0 & K_3 & 0 & 0 & -K_3 \\ -K_1 & 0 & 0 & K_1 & 0 & 0 \\ 0 & -K_2 & 0 & 0 & K_2 & 0 \\ 0 & 0 & -K_3 & 0 & 0 & K_3 \end{Bmatrix} * \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \end{bmatrix} \qquad (2.6)$$

onde K_1 = rigidez axial = EA/L, E é o módulo de Young, A é a área da seção transversal e L é o comprimento do fuste do stud. Os coeficientes K_2 e K_3, que relacionam deformações de cisalhamento e forças de cisalhamento, são calculados pelas equação empírica de Yam e Chapman [22]:

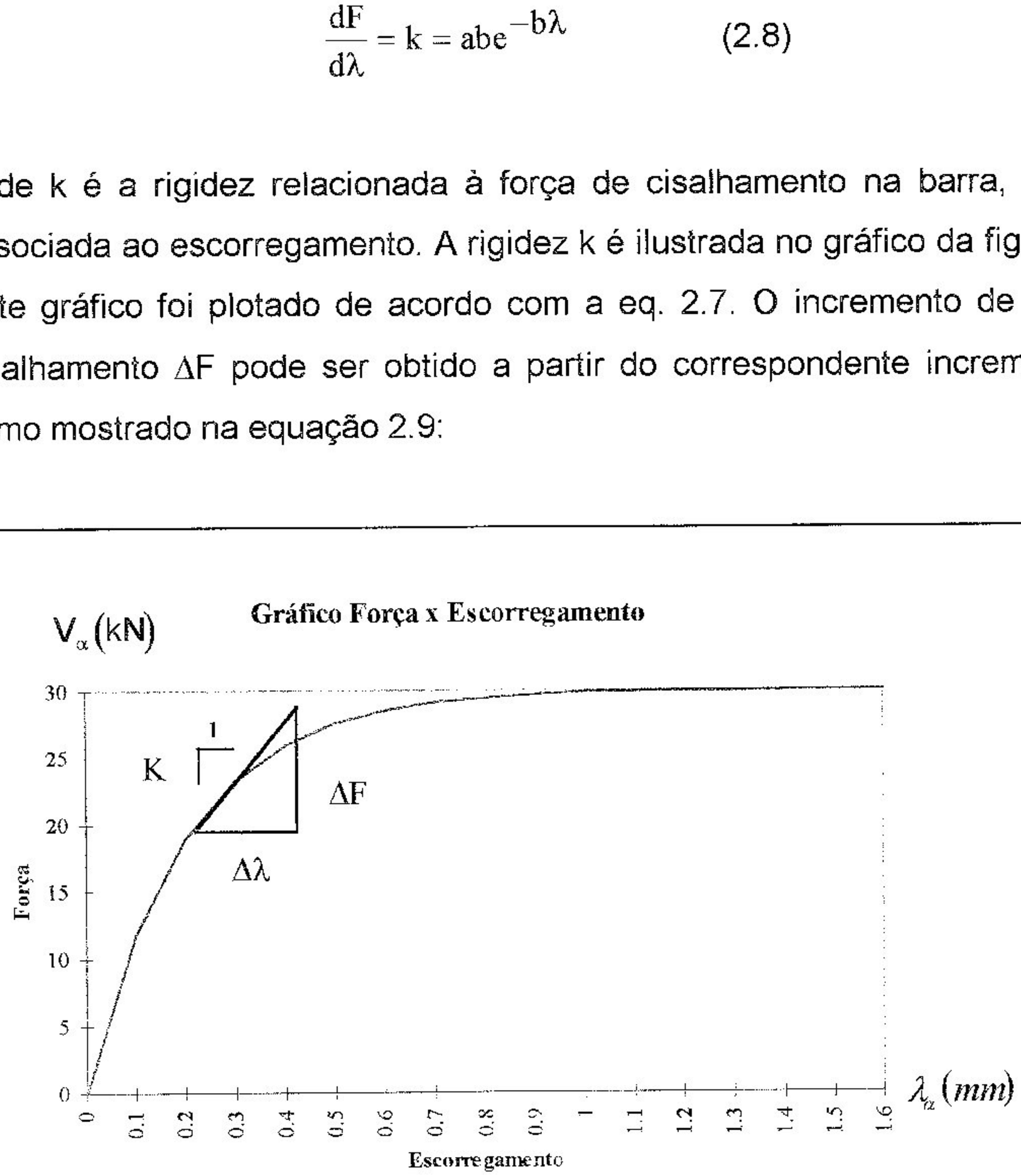
$$F_\alpha = a(1-e^{-b\lambda_\alpha}) \qquad (2.7)$$

onde F_α é a força de cisalhamento atuando no stud na direção α e λ_α é o escorregamento ou deformação relativa entre o topo do stud e sua parte inferior na mesma direção; a e b são constantes obtidas dos dados experimentais, e e é a base dos logaritmos neperianos.

Usando a eq. 2.7 obtém-se:

$$\frac{dF}{d\lambda} = k = abe^{-b\lambda} \qquad (2.8)$$

onde k é a rigidez relacionada à força de cisalhamento na barra, para ser associada ao escorregamento. A rigidez k é ilustrada no gráfico da figura 2.12. Este gráfico foi plotado de acordo com a eq. 2.7. O incremento de força de cisalhamento ΔF pode ser obtido a partir do correspondente incremento $\Delta\lambda$, como mostrado na equação 2.9:



$$V_\alpha = a\left(1 - e^{-b\cdot\lambda_\alpha}\right)$$

Fig. 2.12 - Curva típica força-escorregamento para conector Stud

$$\Delta F = k\Delta\lambda \qquad (2.9)$$

onde:

$$\Delta\lambda = \Delta u_i - \Delta u_j \qquad (2.10)$$

Δu_i e Δu_j são incrementos de deslocamentos na direção de F nas extremidades i e j da barra.

2.6 - LARGURA EFETIVA

O cálculo exato da largura efetiva é bastante complexo e as normas apresentam recomendações práticas para o cálculo desta.

A NBR 8800 / 86 [1] apresenta os seguintes valores para a largura efetiva:

a) Quando a laje se estende para ambos os lados da viga, deve ser igual à menor das larguras :

1) 1/4 do vão da viga mista, considerado entre linhas de centro dos apoios;
2) 16 vezes a espessura da laje, mais a largura da mesa superior da viga de aço;
3) Largura da mesa superior da viga de aço mais a média das distâncias livres entre esta mesa e as mesas superiores das vigas adjacentes.

b) Quando a laje se estende para apenas um lado da viga de aço, porém, cobre totalmente sua mesa superior, não pode ser maior que a largura desta mesa mais a menor das seguintes larguras:

1) 1/12 do vão da viga mista, considerado entre linhas de centro dos apoios;

2) 6 vezes a espessura da laje;

3) metade da distância livre entre as mesas superiores da viga considerada e da viga adjacente.

Pelo LRFD [23] a largura efetiva da laje de concreto de cada lado do eixo da viga de aço não pode exceder:

- 1/8 do vão da viga, de centro a centro dos apoios;
- metade da distância até o eixo da viga adjacente;
- a distância do centro da viga até a borda da laje.

Pelo EUROCODE 4 [6] a largura efetiva é determinada de forma semelhante à utilizada pelo LRFD [23], prevendo-se, porém, o caso de vigas contínuas, onde o vão da viga bi-apoiada é substituído por L_o (Fig 2.13).

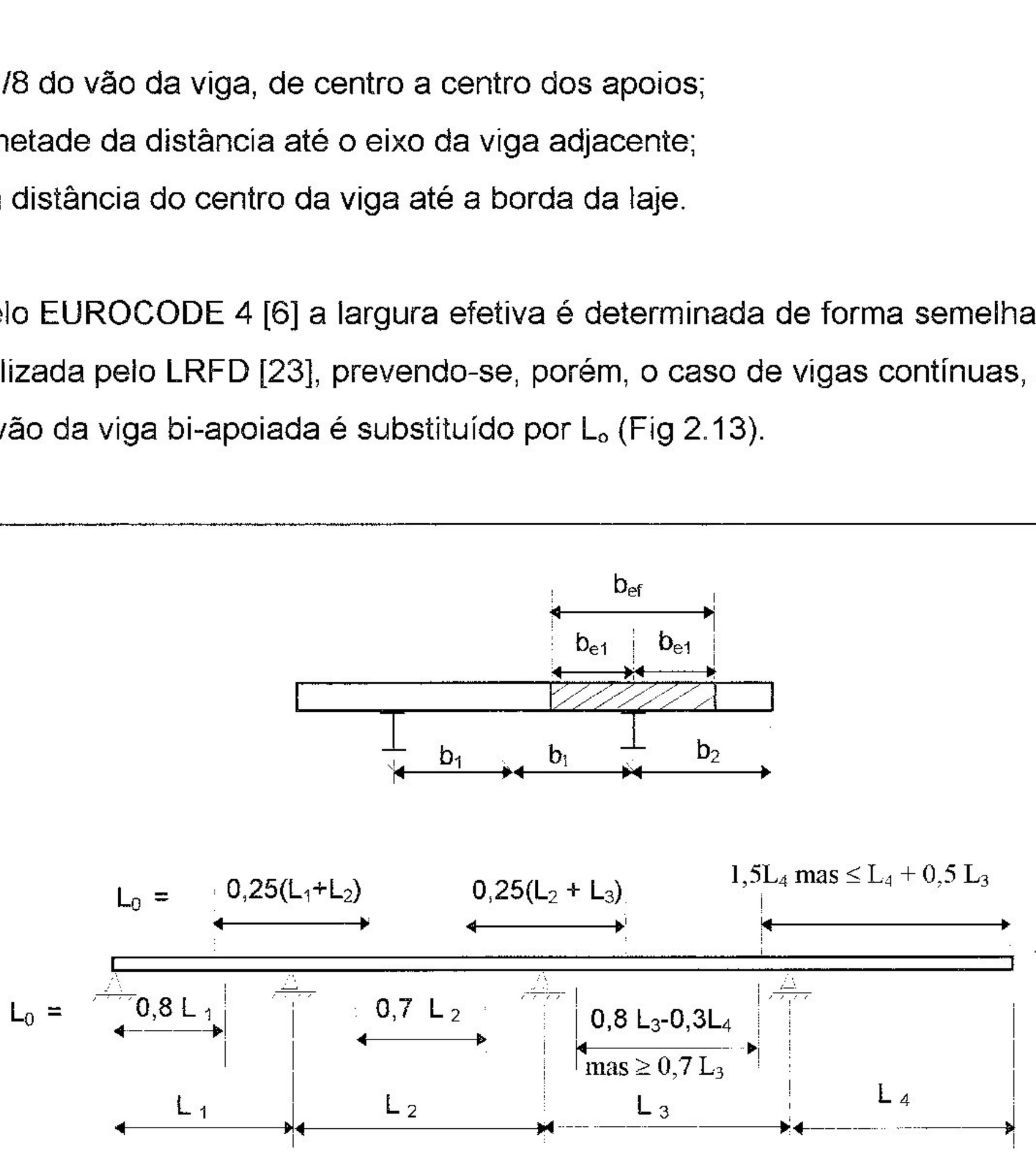


Fig. 2.13 - Valores de L_o, para determinação da largura efetiva de mesas de concreto em vigas contínuas

Observação: como se vê acima, a exigência relativa à espessura da laje, constante na NBR 8800 [1], já foi eliminada nas normas mais recentes.

Vários pesquisadores apresentaram soluções de largura efetiva para seções de vigas T homogêneas assumindo rigidez nula da laje à flexão.

O LRFD [23], comentado anteriormente, utiliza as mesmas fórmulas para o cálculo da largura efetiva de vigas mistas internas e externas e, consequentemente, permite o uso de largura efetiva maior do que a da NBR 8800 para vigas mistas externas. Isto, às vezes, torna a viga externa muito flexível. Brosnan e Uang [24] realizaram um estudo, para verificação deste caso. Eles analisaram seis vigas mistas externas utilizando-se modelos tridimensionais, de elementos finitos do programa ANSYS. Elementos sólidos isoparamétricos, elásticos, de 8 nós, simularam o concreto e o aço, permitindo deslocamentos nas 3 direções. Para analisar o escorregamento entre a laje e a viga, elementos inelásticos de 2 nós simularam os conectores de cisalhamento. As condições de contorno foram similares para todos os modelos. Eles concluíram que quando a largura efetiva é calculada utilizando-se as especificações do LRFD [23], ela tende a ser contra a segurança.

Marguerre [25] apresentou uma solução particular para uma placa retangular com vigas rígidas, na qual os efeitos de tensões de membrana e de tensões de flexão foram considerados separadamente. Dois resultados de larguras efetivas foram obtidos com este trabalho, um sendo a largura efetiva devida ao efeito de tensões de membrana, e o outro a largura efetiva devida à ação de flexão na placa. Ele demonstrou que a largura efetiva devida ao efeito de tensões de membrana é dependente da razão b / l, onde b é a distância entre 2 vigas paralelas e l é o vão da viga.

Marguerre [25] derivou uma expressão para vigas mistas de aço e concreto, levando em conta a rigidez à flexão efetiva de vigas mistas:

$$(EI)_{misto} = E_s I_s + E_c I_{laje} + \frac{E_s A_s E_c (2tb_{cs})}{E_s A_s + E_c (2tb_{es})} h^2 \quad (2.11)$$

onde:

E_s = módulo de elasticidade do aço;

E_c = módulo de elasticidade do concreto;

$E_s I_s$ = rigidez à flexão da seção de aço;

I_{laje} = momento de inércia da laje

A_s = área de aço;

b_{es} = largura efetiva para tensões de membrana;

t = metade da espessura da laje;

h = distância entre o eixo neutro da viga de aço e o eixo neutro da laje de concreto.

O segundo termo do lado direito da expressão é a contribuição devida à flexão da placa e o terceiro termo representa a contribuição da largura efetiva para tensões de membrana. Os resultados apresentados por Marguerre [25] dependiam da consideração dos dois tipos de largura efetiva.

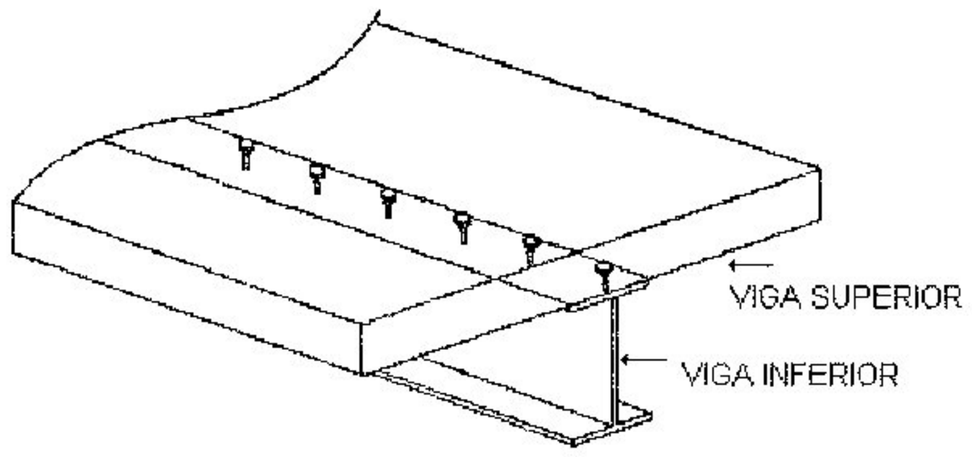
Brendel [26] do comitê Europeu de Concreto, estendeu o trabalho de Marguerre e determinou uma única expressão para a largura efetiva, que pudesse levar em conta o efeito da flexão e o efeito de membrana, considerando uma viga T isolada e também considerando-se uma laje sobre várias vigas paralelas. Assim, a expressão de Marguerre para a rigidez à flexão da seção mista tornou-se:

$$(EI)_{comp} = E_s I_s + \frac{2}{3} E_c \bar{b} t^3 + \frac{E_s A_s E_c (2t\bar{b})}{E_s A_s + E_c (2t\bar{b})} h^2 \qquad (2.12)$$

onde $\bar{b}$ foi definido como $\bar{b} = c_e b_{es}$, sendo c_e um coeficiente determinado por aproximações sucessivas.

Adekola [27] descreveu uma base racional para a determinação de larguras efetivas, levando em conta os parâmetros relevantes associados às propriedades físicas e geométricas, assumindo ausência de escorregamento entre a viga de aço e a laje de concreto. Soluções de séries harmônicas foram empregadas na determinação de larguras efetivas para várias dimensões e espessuras da laje. Estas soluções incorporaram a variação da altura do eixo neutro através da largura da mesa de concreto devida ao efeito "shear lag". Considerou-se uma viga simplesmente apoiada e uma laje também simplesmente apoiada nas bordas, com sistema simétrico de carregamento da laje e com várias vigas de aço igualmente espaçadas. O carregamento consistiu do peso próprio mais uma carga concentrada em cada viga. Adekola [27] concluiu que a largura efetiva varia apreciavelmente ao longo do vão e é mínima no ponto de momento máximo.

Gjelsvilk [28] desenvolveu um método que leva em conta o efeito "shear lag" e o deslizamento relativo entre a laje de concreto e a viga de aço para substituir o método da largura efetiva. Porém, este método é limitado a vigas simétricas em relação ao plano médio da alma e com mesa larga. A idéia básica deste método é substituir a viga real por uma viga análoga onde todas as deformações devidas ao cisalhamento são concentradas em uma fina camada horizontal, chamada camada de cisalhamento. A viga análoga é composta por 2 subvigas, ligadas por uma fina camada de cisalhamento (figuras 2.14 e 2.15). Cada subviga comporta-se como uma viga simples, isto é, as deformações devidas ao cisalhamento das subvigas são desprezadas; todas as deformações devidas ao cisalhamento concentram-se na camada de cisalhamento. As flechas das subvigas são idênticas, o que implica em uma camada de cisalhamento transversalmente rígida.



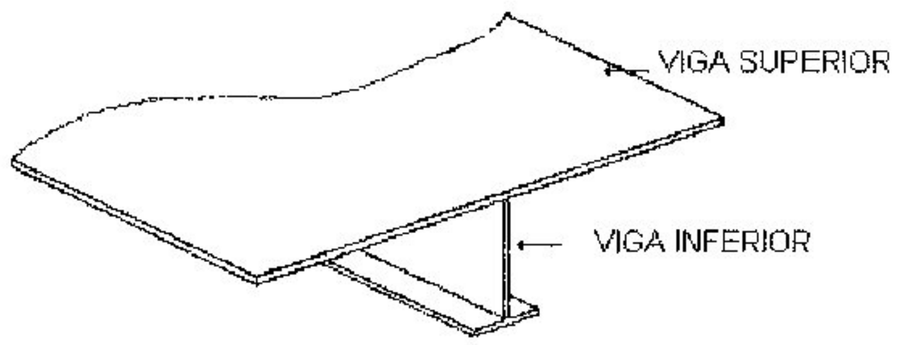


Fig. 2.14 - VIGAS TíPICAS

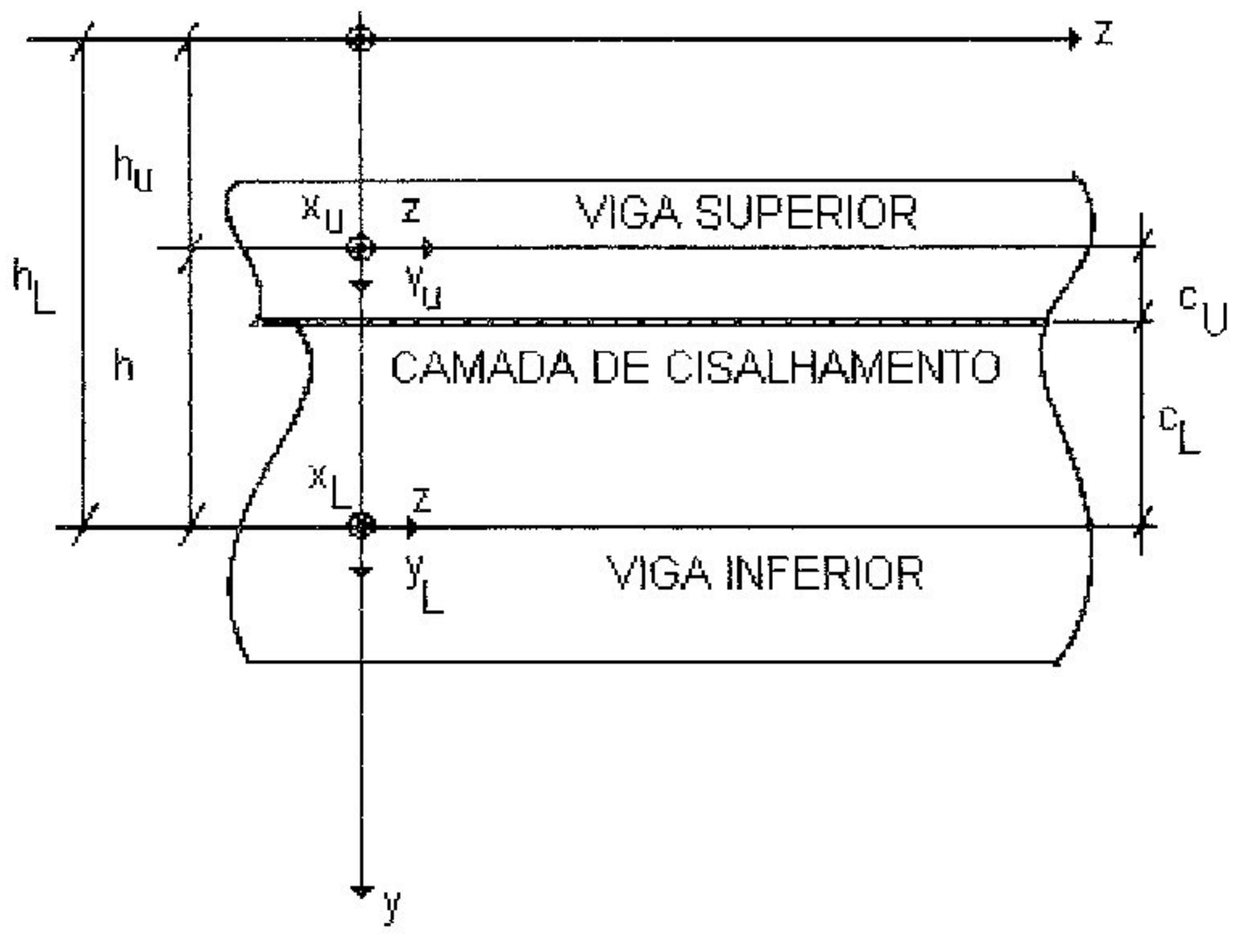


Fig. 2.15 - SISTEMAS DE COORDENADAS LOCAIS E GLOBAIS

Gjelsvik [28] concluiu que o Método dos Elementos Finitos, devido ao seu alto grau de precisão, é a melhor ferramenta para resolver os problemas de vigas envolvendo deformações de cisalhamento. Porém, na prática, por dificuldade de utilização do método dos elementos finitos, o cálculo da largura efetiva é realizado por meio de fórmulas aproximadas, conforme indicação das normas (NBR 8800/86 [1], LRFD [23], EUROCODE [6] e outras). O cálculo desenvolvido por ele é mais preciso do que o cálculo baseado em fórmulas aproximadas de normas.

2.7 - DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS PELAS VIGAS - COMPORTAMENTO DE SISTEMAS COMPLETOS DE PISOS

Sistemas de pisos com vigas mistas aço e concreto são similares a sistemas de pisos com vigas de concreto armado, sendo que a diferença principal entre eles reside na flexibilidade, geralmente maior, das vigas mistas em relação às de concreto.

As recomendações das normas para o cálculo das reações de apoio das lajes para projeto de uma estrutura de um edifício não levam em conta a flexibilidade dos apoios. Considera-se que esses apoios não sofrem deslocamentos verticais, mesmo que eles sejam constituídos de vigas com flexibilidade sensivelmente diferente entre si.

Mazzilli [29] estudou a influência da flexibilidade das vigas no comportamento de pisos de edifícios, com o objetivo de analisar os critérios usuais para a determinação dos esforços atuantes e das correspondentes deformações em estruturas de concreto armado. Para isso, foram feitas comparações entre os resultados obtidos pelo procedimento da norma aplicável e os resultados

obtidos por meio de análise estrutural minuciosa, utilizando-se o método dos elementos finitos, em que se levou em conta a flexibilidade das vigas de apoio das lajes. Foram analisadas diversas estruturas, com diferentes arranjos típicos, nos quais variaram a espessura da laje, as seções transversais das vigas e os tipos de carregamento.

O estudo mencionado manteve-se dentro dos limites da linearidade física e geométrica das estruturas, e abordou a distribuição dos quinhões de carga, os momentos fletores por unidade de largura nas lajes, os momentos fletores e forças cortantes nas vigas, as flechas das vigas e das lajes e as cargas nos pilares.

Mazzilli [29] concluiu que a flexibilidade das vigas influi consideravelmente tanto nos esforços como nos deslocamentos das lajes, não sendo válida, portanto, a hipótese de apoios rígidos.

Ele ainda conclui que, quando a laje é excessivamente rígida em relação às vigas de apoio, o comportamento de laje apoiada nas bordas pode ceder lugar ao comportamento de laje-cogumelo. Outras conclusões deste trabalho são listadas a seguir.

As reações de apoio da laje sobre as vigas não são uniformemente distribuídas; a distribuição aproxima-se muito mais da forma trapezoidal. Nas vigas transversais, além da distribuição da reação da laje não ser uniforme, a parcela que vai para estas vigas depende da relação de sua flexibilidade com a do conjunto. Para uma rigidez à flexão infinitamente grande de todas as vigas de apoio, os ângulos propostos pela NBR-6118 para distribuição dos quinhões de carga são bons, porém, quando há variação da relação de rigidez entre as vigas, é necessário modificar os valores desses ângulos.

Mazzilli estendeu o trabalho anterior em um outro trabalho [30], levando em conta a não linearidade física dos materiais, carregando as lajes até a ruptura. Realizou pesquisa numérica e experimental sobre lajes com apoios flexíveis. Variou as condições de contorno, dimensões e tipo de carregamento. Analisou também as condições limites em que as vigas de apoio ou são infinitamente rígidas ou não existem.

Mazzilli [30] concluiu que, quando todas as vigas de apoio apresentam índice $I_{LV} \leq 1,0$, ($I_{LV} = I_L / I_V \Rightarrow$ índice que relaciona a flexibilidade da laje com a flexibilidade da viga), a carga crítica indicada pela teoria de charneiras plásticas coincide com a carga crítica obtida; neste caso, ao ser atingida a carga crítica, as charneiras obtidas apresentam uma conformação igual à preconizada pela teoria. Porém, quando o índice $I_{LV} > 1,0$, a carga crítica obtida não coincide com a prevista e as charneiras obtidas apresentam uma conformação diferente da preconizada pela teoria. A carga crítica cai rapidamente a partir desse ponto. Por isso a teoria deve ser usada com cautela quando I_{LV} for pouco maior que 1, e não deve ser usada para valores altos de I_{LV}.

CAPÍTULO 3 - OBJETIVO E METODOLOGIA

3.1 - OBJETIVO

Coradi [4], em seu trabalho de dissertação, verificou a validade dos métodos usuais de cálculo de sistemas mistos, para a determinação de deslocamentos no regime elástico, e investigou a influência dos parâmetros envolvidos. O objetivo deste trabalho é estender o estudo feito por Coradi [4] e determinar as resistências últimas de sistemas de pisos, envolvendo a laje e as vigas mistas, através de análise não linear pelo MEF. Desta forma avalia-se também a validade dos métodos usuais de cálculo para a determinação de resistência últimas de vigas mistas.

3.2 - METODOLOGIA

Processam-se análises plásticas dos três sistemas de pisos mistos analisados elasticamente por Coradi [4], todos os pisos sendo sujeitos a carga uniformemente distribuída (Fig. 3.1).

O primeiro sistema de piso é composto por 3 vigas mistas com as bordas transversais da laje livres. O segundo é composto por 7 vigas mistas com

todas as bordas da laje simplesmente apoiadas sobre as vigas. O terceiro é semelhante ao segundo, porém, com as bordas transversais da laje impedidas de girar (Fig. 3.1).

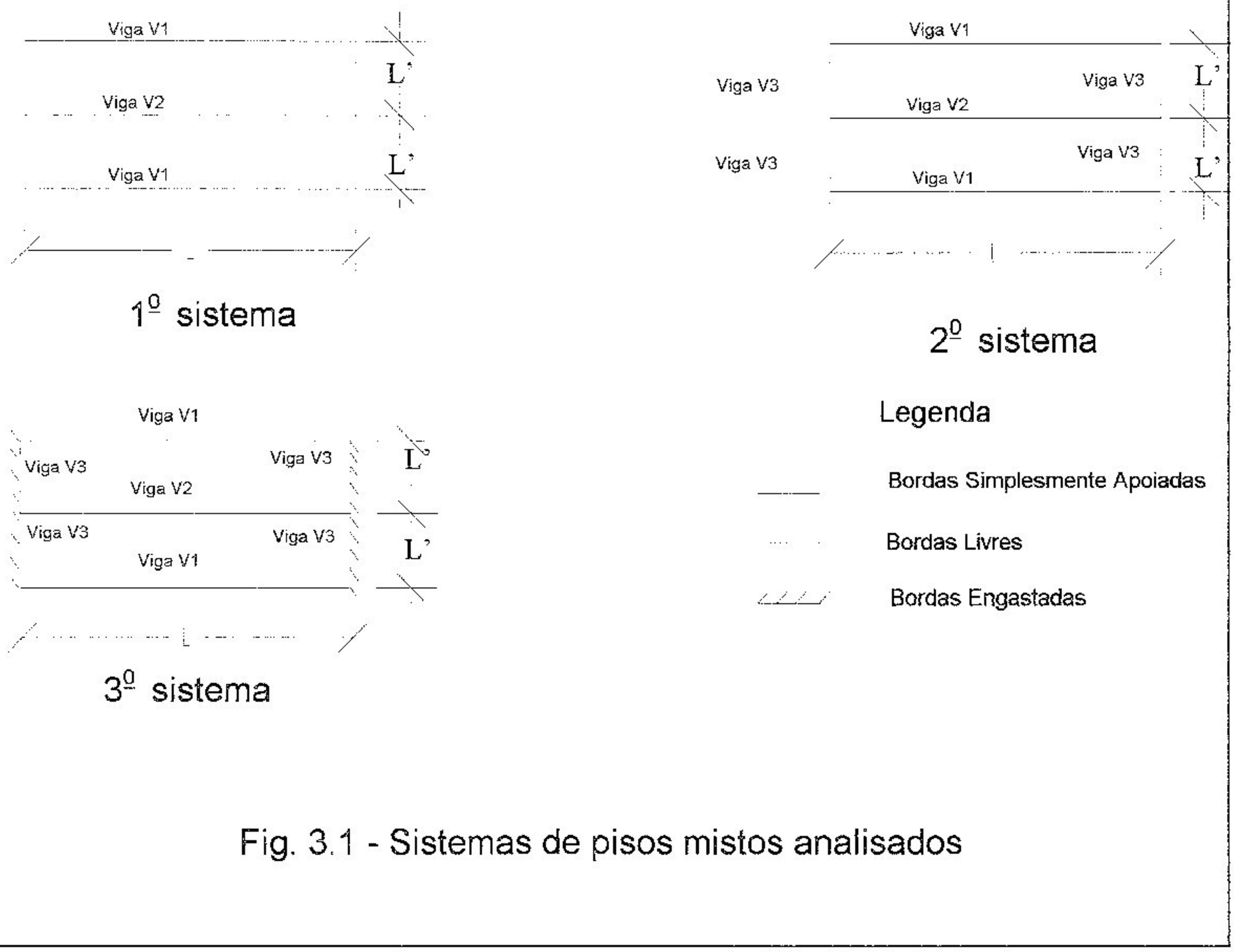


Fig. 3.1 - Sistemas de pisos mistos analisados

Realizam-se vários estudos, com diferentes geometrias e relações de resistência e rigidez, utilizando-se os parâmetros básicos (Fig. 3.1):

Espessura da laje - t_c;

Vão das vigas V1 e V2 - L;

Distância entre as vigas V1 e V2 - L';

Rigidez global da laje;

Rigidez da viga mista V1 - I_{m1};

Rigidez da viga mista V2 - I_{m2};

Rigidez da viga mista V3 - I_{m3};

Momento de plastificação total previsto para a viga mista crítica - $M_{p,pr.}$

No primeiro sistema analisam-se 80 casos, no segundo e no terceiro sistemas analisam-se 74 e 45 casos, respectivamente, obtidos por meio de variação dos parâmetros mencionados.

Para a análise parametrizada de cada sistema pelo Método dos Elementos Finitos, utiliza-se o programa ANSYS, versão 5.0. Simula-se a laje por um elemento de placa no espaço. As vigas do primeiro sistema, por haver vigas apenas em uma direção, são simuladas por um elemento de barra no plano, e as vigas do segundo e do terceiro sistema são simuladas por um elemento de barra no espaço.

Interligam-se a laje e as vigas metálicas entre si, para simular o comportamento misto, fazendo-se os deslocamentos dos nós da viga dependentes dos deslocamentos dos nós da laje. Utiliza-se carregamento incremental até que seja atingida a resistência última em cada caso.

Consideram-se situações comuns nos projetos de edifícios e comparam-se os momentos plásticos, as reações de apoio e as cargas últimas obtidas com os valores respectivos obtidos através da utilização das normas vigentes. Desta forma faz-se uma avaliação crítica das cargas em vigas mistas e das larguras efetivas preconizadas pelas normas.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DIMENSIONAL

4.1 - PARÂMETROS ADIMENSIONAIS

A análise dimensional parte da hipótese de que uma lei física, geralmente válida, deve ser dimensionalmente homogênea, ou seja, as dimensões nas equações matemáticas que descrevem um fenômeno físico têm que ser iguais para todos os termos envolvidos.

Neste trabalho, um dos pisos mistos a serem analisados é o da figura. 4.1 , e os parâmetros físicos que influem nos resultados da análise, para se obter a carga última (Q_u), são:

- espessura da laje - t_c;
- resistência característica do concreto - f_{ck};
- módulo de elasticidade do concreto - E_c;
- coeficiente de Poisson do concreto - ν_c;
- altura das vigas metálicas- d_i;
- largura das mesas das vigas metálicas - b_{fi};
- espessura das mesas das vigas metálicas- t_{fi};
- espessura da alma das vigas metálicas- t_{wi};
- módulo de elasticidade do aço - E_a;
- coeficiente de Poisson do aço - ν_a;
- resistência ao escoamento do aço - f_y;
- módulo tangente do aço - E_t (considerando-se diagrama tensão x deformação bi-linear);
- vãos das vigas- L e L'.

Os parâmetros referentes às vigas (d_i, b_{fi}, t_{fi} e t_{wi}), por simplificação prática, podem ser representados pelos momentos de inércia, I_{mi}, e pelos momentos de plastificação total, M_{pi}, das vigas mistas.

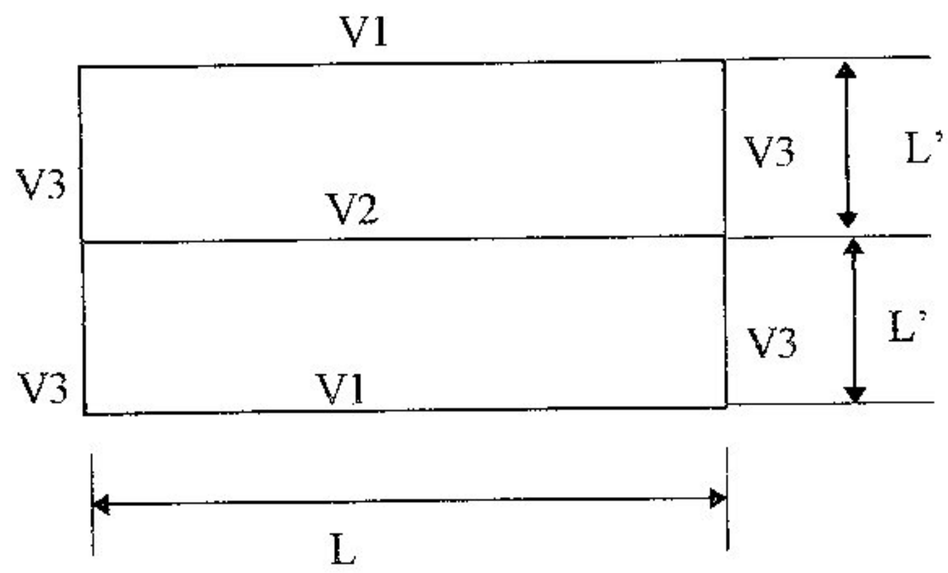


Fig. 4.1 - Piso misto

Estes parâmetros podem ser representados em um sistema de unidades, substituindo-se suas variáveis por sua dimensão e calculando-se os respectivos expoentes resultantes de M (massa), L (comprimento) e T(tempo), estes expoentes podendo ser fracionários, negativos ou nulos. Assim, os parâmetros físicos envolvidos nesta análise ficam:

$Q_u \Rightarrow [F].[L^{-2}] = [MLT^{-2}]*[L^{-2}] = ML^{-1}T^{-2}$;

$t_c \Rightarrow L$;

$L \Rightarrow L$;

$L' \Rightarrow L$;

$f_{ck} \Rightarrow ML^{-1}T^{-2}$;

$E_C \Rightarrow ML^{-1}T^{-2}$;

$\nu_C \Rightarrow$ adimensional;

$\nu_a \Rightarrow$ adimensional;

$I_{m1} \Rightarrow L^4$;

$I_{m2} \Rightarrow L^4$;

$I_{m3} \Rightarrow L^4$;

$M_{p1} \Rightarrow [F][L] = [MLT^{-2}][L] = ML^2T^{-2}$;

$M_{p2} \Rightarrow ML^2T^{-2}$;

$M_{p3} \Rightarrow ML^2T^{-2}$;

$E_a \Rightarrow ML^{-1}T^{-2}$;

$E_t \Rightarrow ML^{-1}T^{-2}$;

$f_y \Rightarrow ML^{-1}T^{-2}$.

Pode-se representar estes parâmetros colocando-se as variáveis ao longo de um eixo horizontal e as dimensões básicas M, L, T ao longo de um eixo vertical; sob cada variável coloca-se uma coluna de números que representam as potências das dimensões básicas na representação da variável particular, como mostrado na equação 4.1.

	Q_U	t_c	f_{ck}	E_c	ν_c	I_{m_1}	I_{m_2}	I_{m_3}	M_{p1}	M_{p2}	M_{p3}	E_a	ν_a	f_y	E_t	L	L'
M	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
L	–1	1	–1	–1	0	4	4	4	2	2	2	–1	0	–1	–1	1	1
T	–2	0	–2	–2	0	0	0	0	–2	–2	–2	–2	0	–2	–2	0	0

(4.1)

O arranjo de números assim formado é chamado de matriz dimensional do problema e é representado como na equação 4.2.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 0 & 4 & 4 & 4 & 2 & 2 & 2 & -1 & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ -2 & 0 & -2 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 & -2 & -2 & -2 & 0 & -2 & -2 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

Um grupo de produtos adimensionais independentes de n variáveis é tal que nenhum deles pode ser expresso como produto de potências de outros produtos adimensionais do grupo. Um grupo de produtos adimensionais de n variáveis é completo se estes produtos forem independentes e qualquer outro produto adimensional das variáveis for um produto de potências dos produtos adimensionais do grupo. Evidentemente, se num grupo de produtos adimensionais só um deles contém certa variável, então este produto é independente. Matematicamente, o número de produtos adimensionais num grupo completo é igual ao número total de variáveis menos o posto ("rank") de sua matriz dimensional . O posto de uma matriz é igual ao número de linhas não nulas da matriz na forma escalonada.

Por exemplo, a matriz dada na equação 4.2 pode ser escalonada mantendo-se a linha 1, somando-se a linha 2 com a linha 1 e substituindo-se na linha 2, multiplicando-se a linha 1 por 2, somando-se com a linha 3 e substituindo-se na linha 3 :

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 4 & 4 & 4 & 3 & 3 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad (4.3)$$

Observando a matriz dada na equação 4.3, percebe-se que não é possível zerar mais nenhuma linha e, portanto, obtemos o posto = 2. Assim, o número de produtos adimensionais deste grupo completo é igual a 17-2 = 15.

O grupo completo de produtos adimensionais deve conter 15 produtos, que podem ser:

$$\frac{Q_U}{f_y};\ \frac{f_{ck}}{f_y};\ \frac{E_c}{f_y};\ \frac{E_a}{f_y};\ \frac{E_t}{f_y};\ \nu_c;\ \nu_a;\ \frac{L'}{L};\ \frac{t_c}{L};\ \frac{I_{m_1}}{L^4};\ \frac{I_{m_2}}{L^4}\ \frac{I_{m_3}}{L^4}\ \frac{M_{p1}}{L^3 f_y};\ \frac{M_{p2}}{L^3 f_y};\ \frac{M_{p3}}{L^3 f_y} \qquad (4.4)$$

Destes produtos adimensionais, não são considerados variáveis, neste estudo, os seguintes produtos: $\frac{f_{ck}}{f_y}; \frac{E_c}{f_y}; \frac{E_a}{f_y}; \frac{E_t}{f_y}$; ν_c; ν_a - materiais aço e concreto invariáveis - e $\frac{M_{p3}}{L^3 f_y}$ - as vigas pesquisadas foram a V1 e a V2.

Restam:

$$\frac{Q_U}{f_y}; \frac{L'}{L}; \frac{t_c}{L}; \frac{I_{m_1}}{L^4}; \frac{I_{m_2}}{L^4}\ \frac{I_{m_3}}{L^4}; \frac{M_{p1}}{L^3 f_y}; \frac{M_{p2}}{L^3 f_y} \qquad (4.5)$$

Os produtos $\frac{M_{p1}}{L^3 f_y}$ e $\frac{M_{p2}}{L^3 f_y}$ não sofrerão variação simultânea, variando-se, em cada caso, só aquele que corresponde à viga crítica prevista (V1 ou V2).

Portanto, a carga última deste sistema de piso pode ser obtida por:

$$\frac{Q_u}{f_y} = f_2\left(\frac{L'}{L}, \frac{t_c}{L}, \frac{I_{m1}}{L^4}, \frac{I_{m2}}{L^4}, \frac{I_{m3}}{L^4}, \frac{M_{pi}}{L^3 f_y}\right) \qquad (4.6)$$

ou

$$\frac{Q_u}{f_y} = f_2(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6) \qquad (4.7)$$

Onde, $\pi_1 = \frac{L'}{L}$; $\pi_2 = \frac{t_c}{L}$; $\pi_3 = \frac{I_{m1}}{L^4}$; $\pi_4 = \frac{I_{m2}}{L^4}$; $\pi_5 = \frac{I_{m3}}{L^4}$; $\pi_6 = \frac{M_{Pi}}{L^3 f_y}$,

(π_6 refere-se à viga crítica prevista: i = 1 ou 2).

Podem-se descrever os produtos adimensionais da equação 4.7 em função de parâmetros adimensionais mais práticos, definidos a seguir:

$$k1 = \frac{E_a}{E_c}\frac{12(1-\upsilon^2)}{2L't_c^3}(2I_{m1} + I_{m2});$$

$$k2 = I_{m2} / I_{m1};$$

$$k3 = L / L'; \qquad (4.8)$$

$$k4 = I_{m2}/I_{m3};$$

$$k5 = t_c / L;$$

$$k6 = \frac{M_p}{L^3 f_y}.$$

Os produtos adimensionais π_j relacionam-se com os parâmetros k_j através de:

$$\pi_1 = \frac{L'}{L} = \frac{1}{k3}$$

$$\pi_2 = \frac{t_c}{L} = k5$$

$$\pi_3 = \frac{I_{m1}}{L^4} = \frac{k1\,k5^3}{C\,k3(2+k2)} \qquad (4.9)$$

$$\pi_4 = \frac{I_{m2}}{L^4} = \frac{k1\,k5^3}{C\,k3(1+2/k2)}$$

$$\pi_5 = \frac{I_{m3}}{L^4} = \frac{k1\,k5^3\;k2}{k3\,C\,(2+k2)\,k4}$$

$$\pi_6 = k6$$

onde $C = (E_a/E_c)\left[12\left(1-\upsilon^2\right)/2\right]$.

Definidos k1 a k6, os adimensionais π_1 a π_6 ficam definidos de forma unívoca, isto é, dois sistemas diferentes com os mesmos valores de k_1 a k_6, possuem os mesmos valores de π_1 a π_6, podendo as relações adimensionais k1 a k6 serem usadas para efeito de estudo parametrizado.

4.2 - CAMPOS DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS

Os campos de variação dos parâmetros adimensionais k1 a k5 foram fixados por Coradi [4]. Para fixar os valores desses parâmetros na análise parametrizada, Coradi [4] manteve o vão longitudinal da laje (L) constante e igual a 7 m.

As faixas de variação dos parâmetros adimensionais definidas por ele, para determinada condição de contorno da laje de concreto, foram estabelecidas de maneira a cobrir a maioria dos casos práticos.

Neste trabalho são usados os mesmos campos de variação de k1 a k5 usados por Coradi [4], reproduzidos nas tabelas 4.1 a 4.3.

Os valores de k6, fixados neste trabalho (tabelas 4.2 e 4.3), variam apenas no $2^{\underline{0}}$ e no $3^{\underline{o}}$ sistemas de piso da figura 3.1 e, como já foi dito, sempre para a viga crítica.

Tabela 4.1 - Combinações de parâmetros para laje com bordas transversais livres

k1	k2	k3	k5
7 - 10 - 16 - 24	1,50	1,00	10 / 700
		1,75	
		2,00	
		3,00	
	2,10	1,00	
		1,75	
		2,00	
		3,00	
	3,00	1,00	
		1,75	
		2,00	
		3,00	
	4,20	1,00	
		1,75	
		2,00	
		3,00	
	6,00	1,00	
		1,75	
		2,00	
		3,00	

Tabela 4.2- Combinações de parâmetros para laje com bordas transversais simplesmente apoiadas

k1	k2	k3	k4	k5	k6
7,0	1,5	1	k4 = k2	10/700	k6(inalt) 2*k6(inalt) 0,5*k6(inalt)
				13/700	k6(inalt)
			k4 =2*k2	10/700	k6(inalt)
		1,75	k4=2,5*k2 k4=5,0*k2	10/700	k6(inalt)
		3	k4=5,0*k2	10/700	k6(inalt) 2*k6(inalt) 0,5*k6(inalt)
				8/700	k6(inalt
			k4=10*k2	10/700	k6(inalt)
	3	1	k4 = k2 k4 =2*k2	10/700	k6(inalt)
		1,75	k4=2,5*k2 k4=5,0*k2		
		3	k4=5,0*k2 k4=10*k2		
	6	1	k4 = k2	10/700	k6(inalt) 2*k6(inalt) 0,5*k6(inalt)
				13/700	k6(inalt)
			k4 =2*k2	10/700	k6(inalt)
		1,75	k4=2,5*k2 k4=5,0*k2	10/700	k6(inalt)
		3	k4=5,0*k2	10/700	k6(inalt) 2*k6(inalt) 0,5*k6(inalt)
				8/700	k6(inalt)
			k4=10*k2	10/700	k6(inalt)

k1	k2	k3	k4	k5	k6
13	1,5	1	k4 = k2 k4 =2*k2	10 / 700	k6(inalt)
		1,75	k4=2,5*k2 k4=5,0*k2		
		3	k4=5,0*k2 k4=10*k2		
	3	1	k4 = k2 k4 =2*k2		
		1,75	k4=2,5*k2 k4=5,0*k2		
		3	k4=5,0*k2 k4=10*k2		
	6	1	k4 = k2 k4 =2*k2		
		1,75	k4=2,5*k2 k4=5,0*k2		
		3	k4=5,0*k2 k4=10*k2		

Tabela 4.2 - Continuação

k1	k2	k3	k4	k5	k6
24,0	1,5	1	k4 = k2	10/700 13/700	k6(inalt)
			k4 =2*k2	10/700	k6(inalt)
		1,75	k4=2,5*k2 k4=5,0*k2	10/700	k6(inalt)
		3	k4=5,0*k2	10/700	k6(inalt) 2*k6(inalt) 0,5*k6(inalt)
				8/700	k6(inalt
			k4=10*k2	10/700	k6(inalt)
	3	1	k4 = k2 k4 =2*k2	10/700	k6(inalt)
		1,75	k4=2,5*k2 k4=5,0*k2		
		3	k4=5,0*k2 k4=10*k2		
	6	1	k4 = k2	10/700 13/700	k6(inalt)
			k4 =2*k2	10/700	k6(inalt)
		1,75	k4=2,5*k2 k4=5,0*k2	10/700	k6(inalt)
		3	k4=5,0*k2	10/700	k6(inalt) 2*k6(inalt) 0,5*k6(inalt)
				8/700	k6(inalt)
			k4=10*k2	10/700	k6(inalt)

Nota: $k_{6(inalt)}$ = valor de k_6 correspondente à solução de Coradi [4].

Tabela 4.3- Combinações de parâmetros para laje com bordas transversais apoiadas e impedidas de girar

k1	k2	k3	k4	k5	k6
7,0	1,5	1	k4 =0,5* k2	10 / 700	k6(inalt) 2*k6(inalt) 0,5*k6(inalt)
				12 / 700	k6(inalt)
		1,75	k4=1,25*k2	10 / 700	k6(inalt)
		3	k4=2,5*k2	10 / 700	k6(inalt) 2*k6(inalt) 0,5*k6(inalt)
				7 / 700	k6(inalt)
	3	1	k4 =0,5* k2	10 / 700	k6(inalt)
		1,75	k4=17,25*k2		
		3	k4=2,5*k2		
	6	1	k4 =0,5* k2	10 / 700 12 / 700	k6(inalt)
		1,75	k4=1,25*k2	10 / 700	k6(inalt)
		3	k4=2,5*k2	10 / 700	k6(inalt) 2*k6(inalt) 0,5*k6(inalt)
				7 / 700	k6(inalt)

k1	k2	k3	k4	k5	k6
13	1,5	1	k4 =0,5* k2	10 / 700	k6(inalt)
		1,75	k4=1,25*k2		
		3	k4=2,5*k2		
	3	1	k4 =0,5* k2		
		1,75	k4=1,25*k2		
		3	k4=2,5*k2		
	6	1	k4 =0,5* k2		
		1,75	k4=1,25*k2		
		3	k4=2,5*k2		

k1	k2	k3	k4	k5	k6
24	1,5	1	k4 =0,5* k2	10 / 700 12 / 700	k6(inalt)
		1,75	k4=1,25*k2	10 / 700	k6(inalt)
		3	k4=2,5*k2	10 / 700	k6(inalt) 2*k6(inalt) 0,5*k6(inalt)
				7 / 700	k6(inalt)
	3	1	k4 =0,5* k2	10 / 700	k6(inalt)
		1,75	k4=1,25*k2		
		3	k4=2,5*k2		
	6	1	k4 =0,5* k2	10 / 700 12 / 700	k6(inalt)
		1,75	k4=1,25*k2	10 / 700	k6(inalt)
		3	k4=2,5*k2	10 / 700	k6(inalt) 2*k6(inalt) 0,5*k6(inalt)
				7 / 700	k6(inalt)

Nota: $k_{6(inalt)}$ = valor de k_6 correspondente à solução de Coradi [4].

CAPÍTULO 5 - ANÁLISE PARAMETRIZADA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS (MEF)

5.1 - INTRODUÇÃO

Os três sistemas de pisos mistos que são analisados neste trabalho pelo MEF, via programa ANSYS, têm dupla simetria e, portanto, discretiza-se apenas um quarto de cada sistema. A carga é aplicada incrementalmente até que a resistência última de cada piso misto seja alcançada. As dimensões dos elementos usados na discretização para análise pelo MEF de todos os pisos mistos são de aproximadamente 20 cm x 20 cm, tendo, portanto, fator de forma igual a 1.

As propriedades dos materiais envolvidos nestas análises parametrizadas são dadas na tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Propriedades dos materiais dos pisos mistos

PROPRIEDADES	CONCRETO	AÇO
Módulo de elasticidade (MPa)	23479	205000
Coeficiente de Poisson	0,2	0,3
Peso específico (kN/m^3)	25	78,5
f_{ck} - concreto; f_y - aço; (MPa)	20	250

5.2 - MODELAGEM DO CONCRETO DA LAJE

A princípio, a tentativa foi simular o concreto da laje por um elemento sólido tridimensional, SOLID65, disponível no ANSYS (Fig. 5.1). Este elemento é utilizado para modelar concreto com ou sem armadura. Ele consiste de um material básico e pode incluir armaduras em até 3 direções distintas. É possível incluir fissurações por tração do concreto, esmagamento por compressão, análise plástica e deformações lentas. Este elemento possui 8 pontos nodais com 3 graus de liberdade por nó (3 translações nodais - UX, UY e UZ). A curva tensão x deformação deste elemento é indicada na Fig. 5.2.

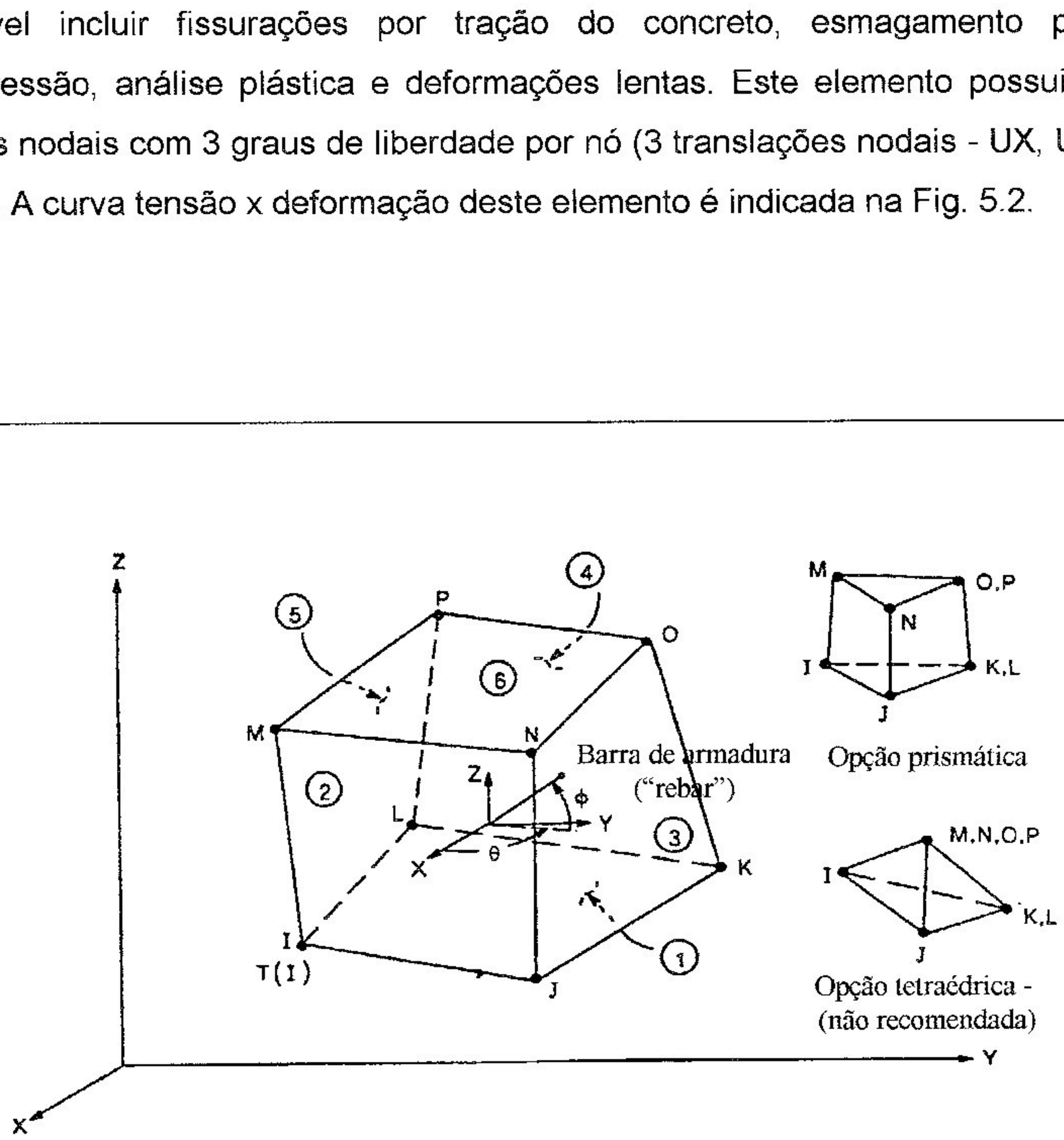
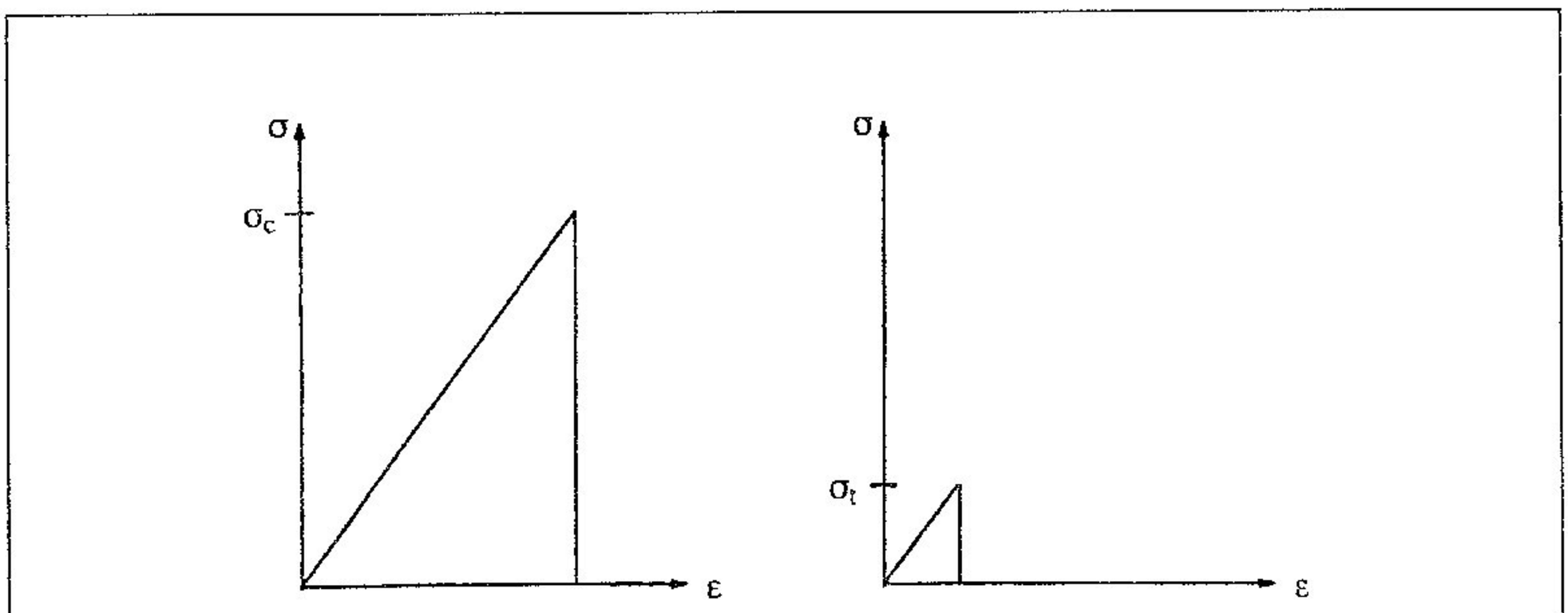


Fig. 5.1 - Elemento Sólido de concreto armado 3-D - SOLID65



a) Compressão b) Tração

Fig. 5.2 - Diagrama tensão x deformação do elemento SOLID65

Com o intuito de verificar o desempenho deste elemento foram analisadas elastica e plasticamente uma viga de concreto isolada e uma laje de concreto isolada.

A tabela 5.2 apresenta resultados obtidos pela teoria e os resultados obtidos pelo MEF na análise elástica da viga isolada.

Tabela 5.2 - Comparação das flechas obtidas pela teoria e pelo MEF

Carga total	Flecha teórica	Flecha MEF	Dif %
6000 N	0,1108 cm	0,1116 cm	0,72
12000 N	0,2220 cm	0,2230 cm	0,45

Verificou-se que os resultados da análise elástica pelo MEF de uma viga isolada apresentam boa conformidade com os resultados teóricos.

O gráfico da Fig. 5.3 mostra flechas obtidas na análise plástica da mesma viga pelo MEF. Também aqui observou-se boa conformidade entre resultados obtidos pelo MEF e resultados teóricos.

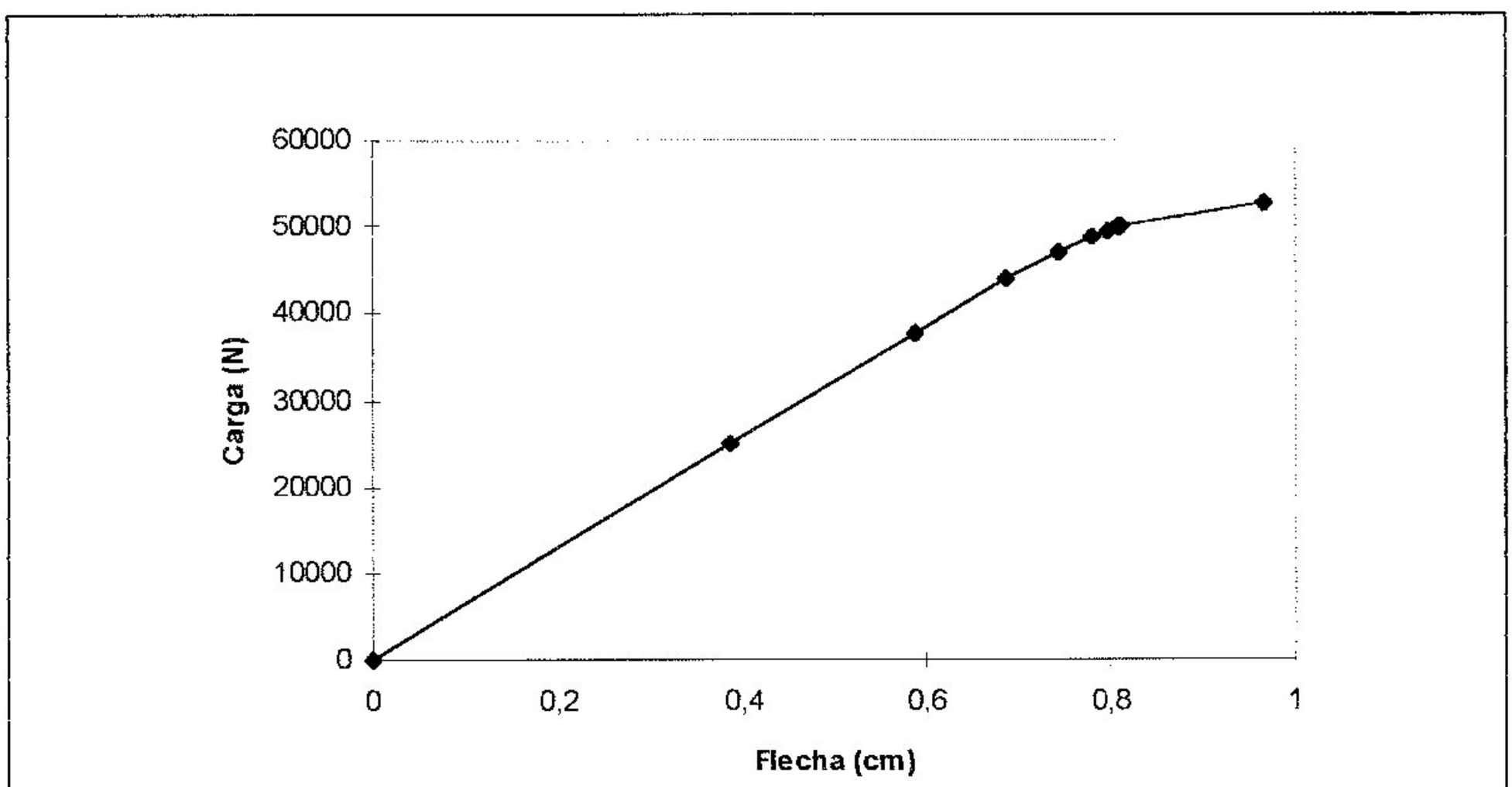


Fig. 5.3 - Gráfico carga x flecha obtido pelo MEF

Na análise elástica da laje isolada também foram obtidos resultados razoáveis, quando comparados com a teoria, tendo sido a diferença entre as flechas de aproximadamente 9%. Já na análise plástica, com a versão do ANSYS disponível no LAMEC, não se conseguiu convergência numérica para uma laje de tamanho usual na prática. Houve convergência apenas quando a laje era muito pequena. Portanto, apesar deste elemento, pelas suas características, ser o mais adequado do ANSYS para modelar concreto, não foi possível utilizá-lo neste estudo, devido à necessidade de se analisarem pisos mistos de dimensões usuais.

Decidiu-se, então, modelar a laje como material isótropo, elasto-plástico, igualmente resistente à tração e à compressão. Neste estudo isto é aceitável porque a peça de interesse é a viga mista.

Utiliza-se o elemento SHELL43, disponível no ANSYS (Fig. 5.4), já testado e utilizado por Coradi [4] em suas análises, com bons resultados. Este elemento considera as deformações por cisalhamento, podendo ser usado na modelagem de cascas finas ou moderadamente espessas. É aplicável em análises elásticas e plásticas, com grandes ou pequenos deslocamentos. Possui 4 pontos nodais com 6 graus de liberdade por nó (3 translações - UX, UY e UZ e 3 rotações - Rot X, Rot Y e Rot Z).

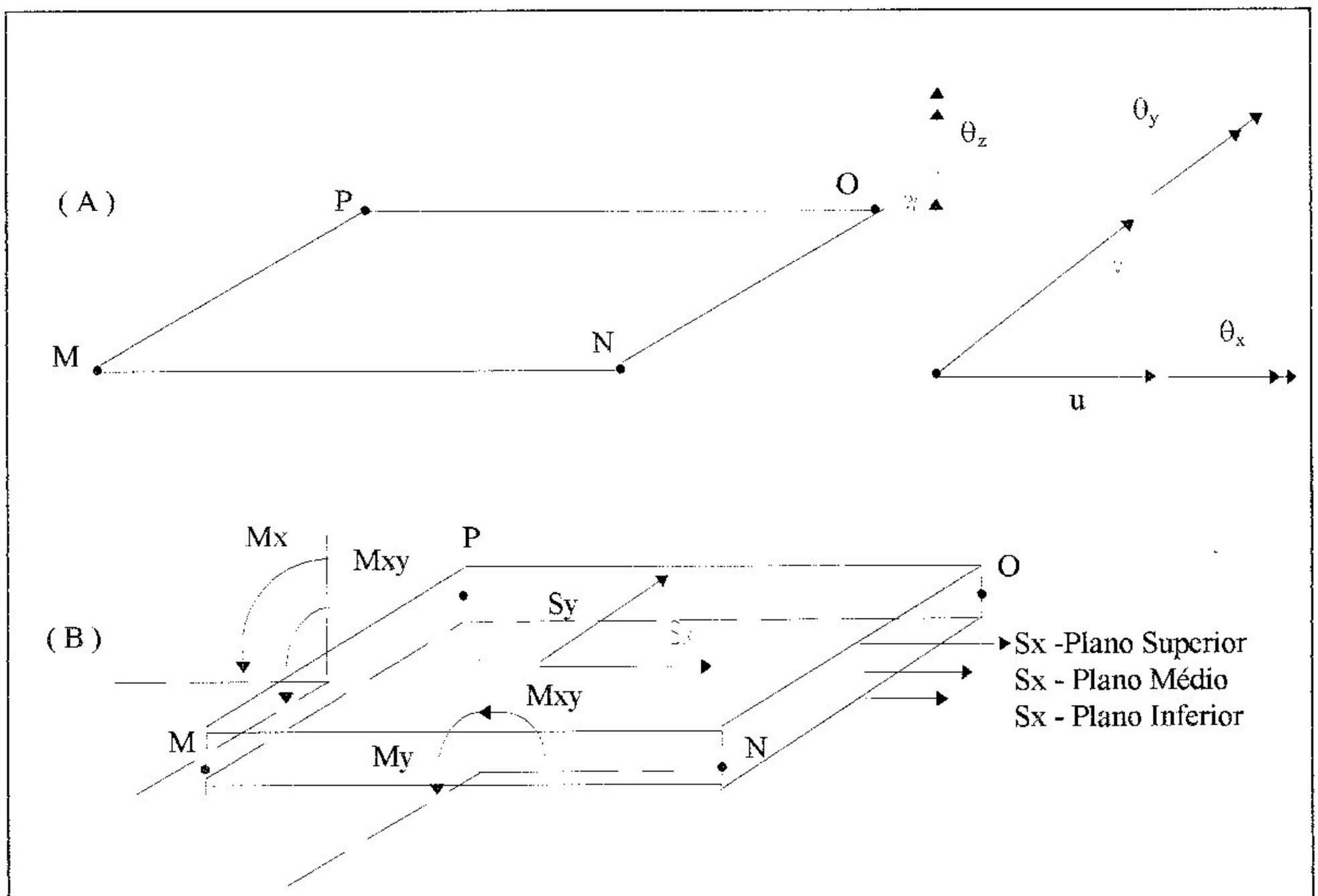


Fig. 5.4 - Elemento SHELL43

5.3 - MODELAGEM DA VIGA METÁLICA

No primeiro sistema analisado (Fig. 3.1), por haver vigas somente em uma direção, as vigas metálicas são modeladas por um elemento de barra no plano, BEAM23, disponível no ANSYS, também já testado e utilizado por Coradi [4] em suas análises. Este elemento possui 2 pontos nodais, com 3 graus de liberdade por nó (2 translações - UX, UY e 1 rotação - Rot Z) (Fig. 5.5).

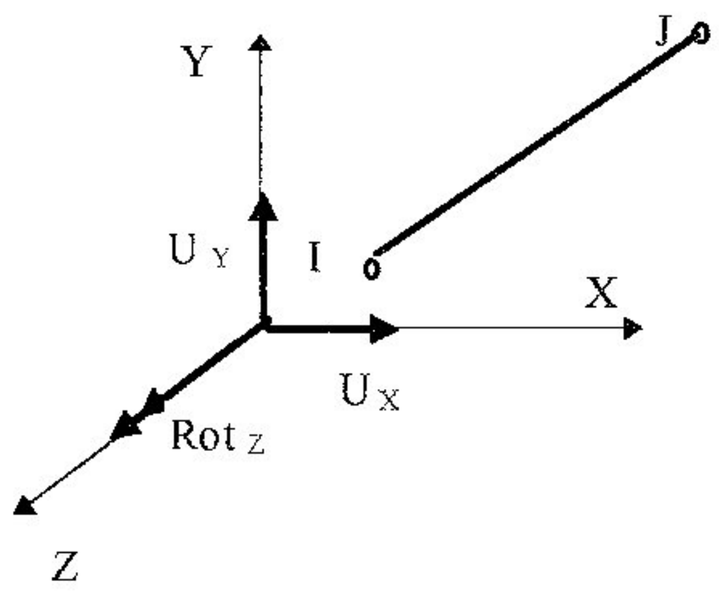


Fig. 5.5 - Elemento BEAM23 e seus graus de liberdade

Pode ser usado para discretizar barras com qualquer seção transversal. Para definir a seção transversal da viga de aço, devem ser fornecidas áreas ponderadas para 5 pontos no interior da seção (A(0), A($\pm$30), A($\pm$50)) (Fig. 5.6).

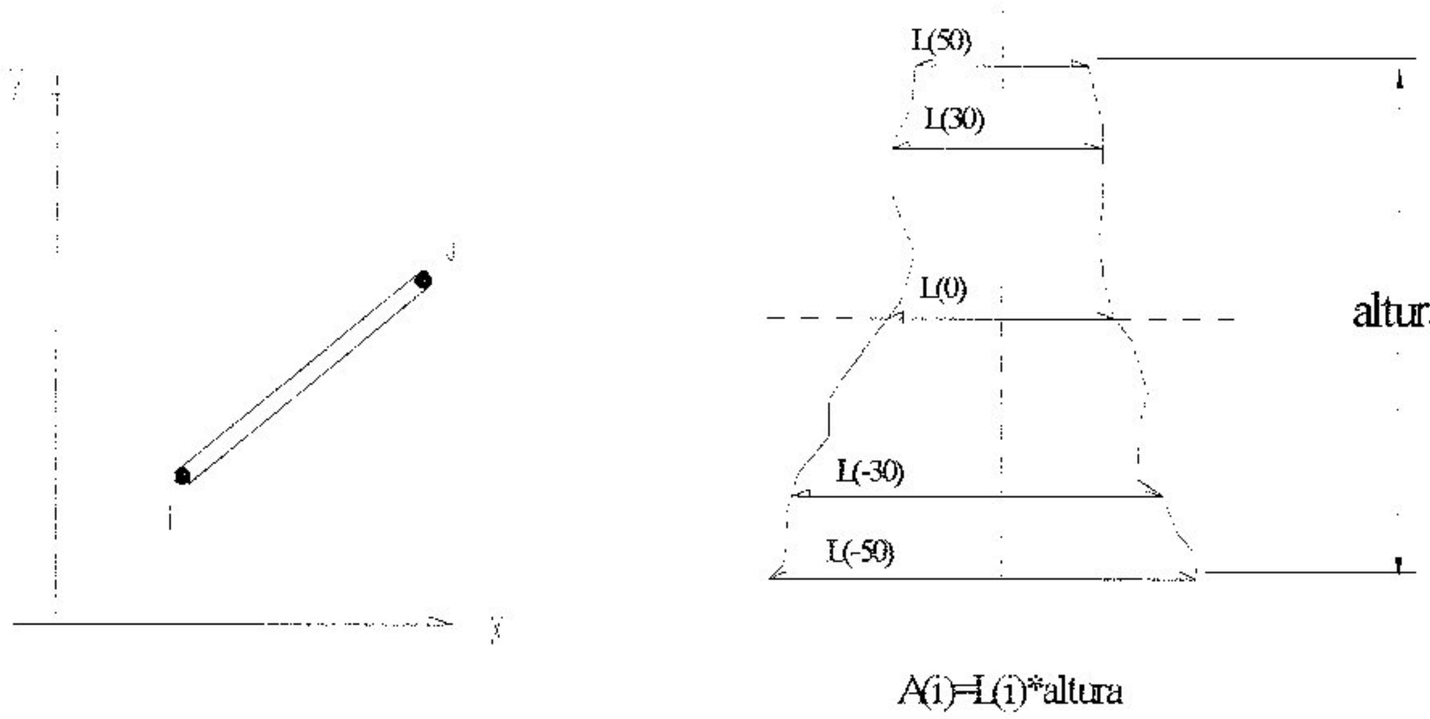


Fig. 5.6 - Elemento BEAM23 - definição da seção transversal

As deformações devidas ao cisalhamento são consideradas quando se fornece o coeficiente de deformação por cisalhamento (SHEARZ) da seção transversal da viga de aço, que pode ser definido como a razão entre a área da seção transversal e a área efetiva resistente a cisalhamento. Para perfis I soldados, fletidos em relação ao eixo perpendicular ao plano médio da alma, este coeficiente é dado por :

$$\mathrm{SHEARZ} = \frac{A}{A_W} \qquad (5.1)$$

Onde A e A_W são a área da seção transversal e a área da alma da viga de aço, respectivamente.

As viga metálicas nos outros dois sistemas (Fig. 3.1) serão modeladas por um elemento de barra no espaço, BEAM24, disponível no ANSYS (Fig. 5.7), também já testado e utilizado por Coradi [4]. Este elemento possui 2 pontos nodais com 6 graus de liberdade por nó (3 translações - UX, UY e UZ e 3 rotações - Rot X, Rot Y e Rot Z), e necessita de um terceiro ponto nodal para definição de coordenadas locais.

A seção transversal deste elemento é definida através de um conjunto contínuo de segmentos no plano y-z do elemento. Para perfis I duplamente simétricos, utilizam-se 7 pontos para descrever a seção transversal (Fig. 5.8).

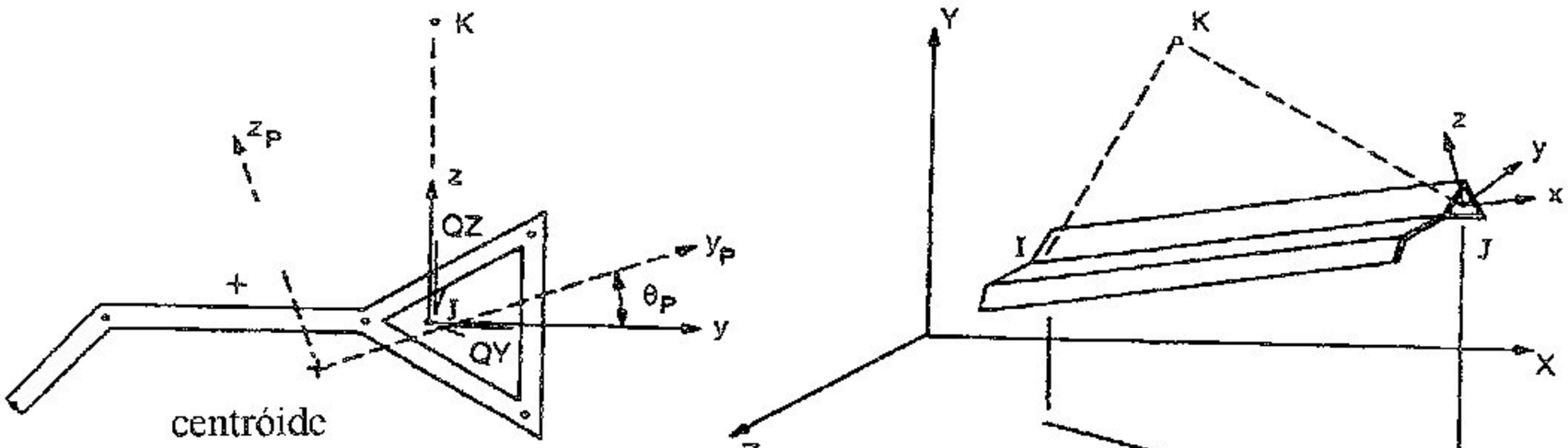
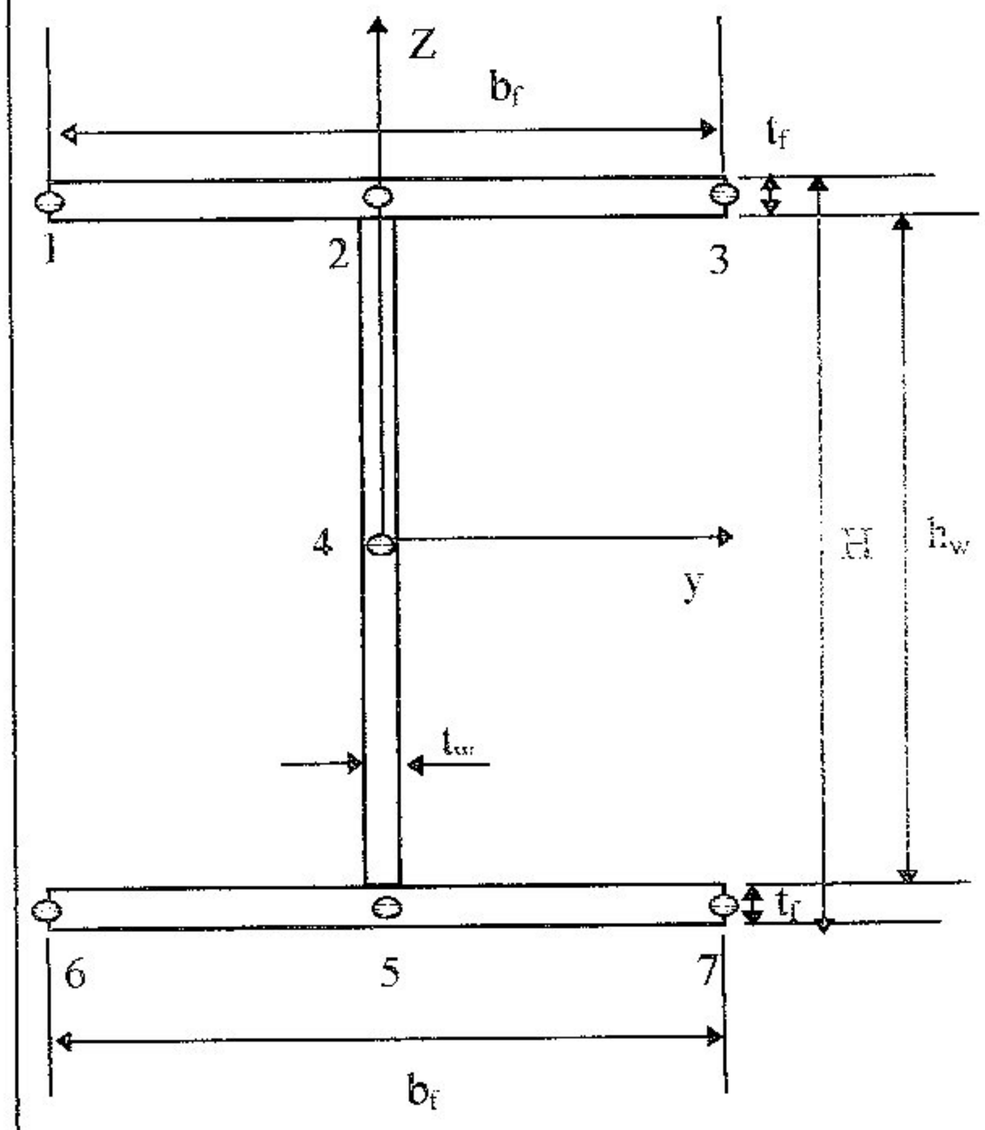


Fig. 5.7 - Elemento BEAM24



segmentos	y	z	t_k
1 (1^0 ponto)	$-b_f / 2$	$(H-t_f) / 2$	0,0
1-2	0,0	$(H-t_f) / 2$	t_f
2-3	$b_f / 2$	$(H-t_f) / 2$	t_f
3-2	0,0	$(H-t_f) / 2$	0,0
2-4	0,0	0,0	t_w
4-5	0,0	$-(H-t_f) / 2$	t_w
5-6	$-b_f / 2$	$-(H-t_f) / 2$	t_f
6-5	0,0	$-(H-t_f) / 2$	0,0
5-7	$b_f / 2$	$-(H-t_f) / 2$	t_f

Fig. 5.8 - Pontos e segmentos para perfil I duplamente simétrico

Ambos os elementos citados para modelar as vigas metálicas (BEAM23 e BEAM24) permitem análise plástica e consideração de grandes deslocamentos.

5.4 - MODELAGEM DOS CONECTORES DE CISALHAMENTO

Considera-se escorregamento nulo entre a viga metálica e a laje. Isto é possível no ANSYS através da utilização do comando CERIG, que compatibiliza deslocamentos de 2 regiões previamente definidas. Como no caso de viga ligada a pilar não existe conector de cisalhamento sobre o apoio da viga de aço, o acoplamento será feito a partir do primeiro par de nós adjacente ao apoio.

5.5 - CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO DO CONCRETO

O comportamento do concreto é representado por uma curva tri-linear (Fig. 5.9). A curva é traçada com auxílio do diagrama tensão-deformação simplificado indicado pela NBR 6118 [7], apenas trocando-se a máxima tensão de compressão de $0{,}85f_{cd}$ para $0{,}85f_{ck}$, onde f_{cd} é a resistência de cálculo do concreto, f_{ck} é sua resistência característica e 0,85 é o coeficiente que leva em conta o efeito Rüsch. Esta troca visa a obtenção da carga limite do piso sem a influência dos coeficientes de segurança.

O trecho inicial do diagrama tri-linear, que vai da origem até o ponto cuja tensão é $0{,}4\ f_{ck}$, representa a fase elástica do concreto.

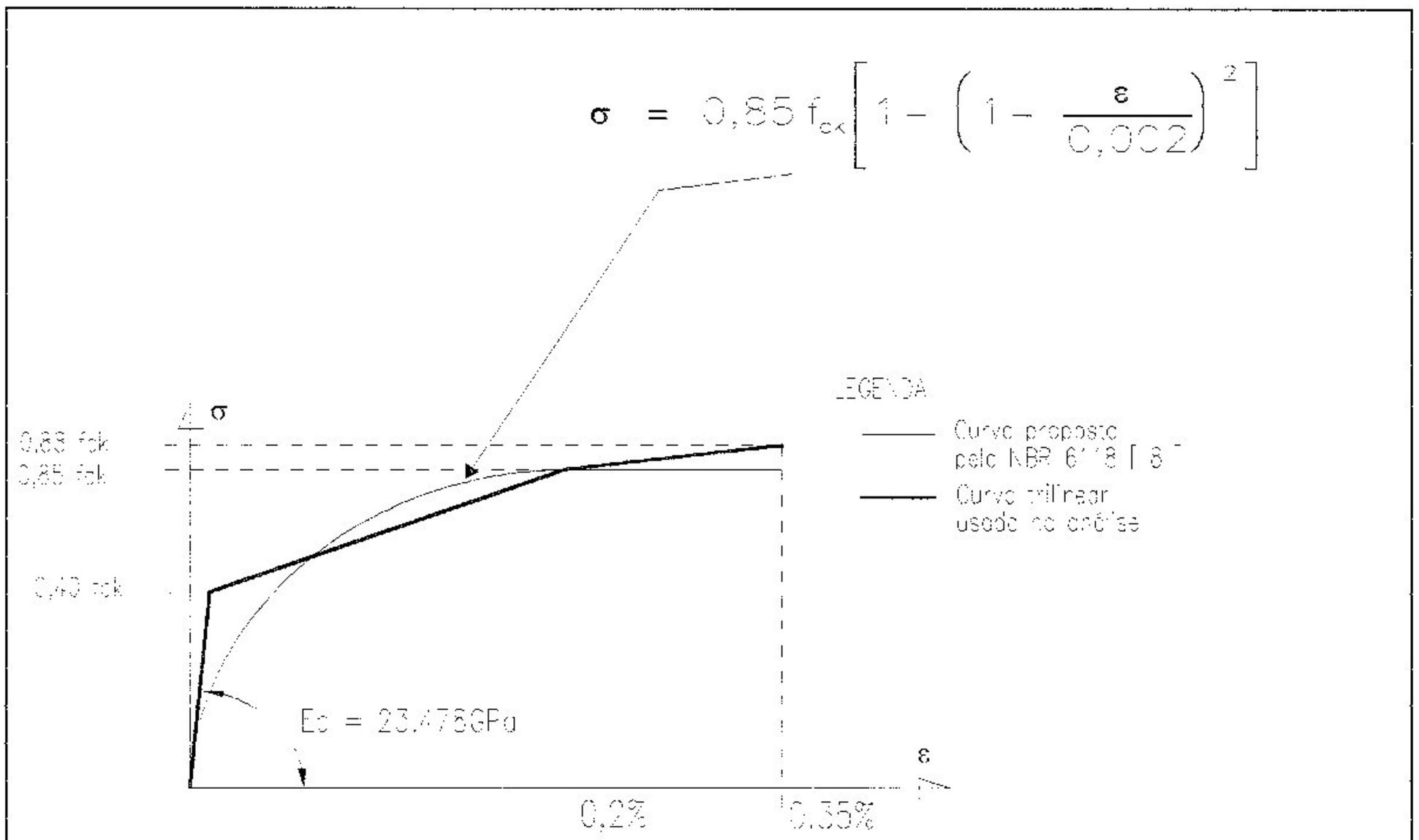


Fig. 5.9 - Curva tensão x deformação do concreto

5.6 - CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO DO AÇO

O comportamento do aço é representado por uma curva bilinear, conforme Fig. 5.10.

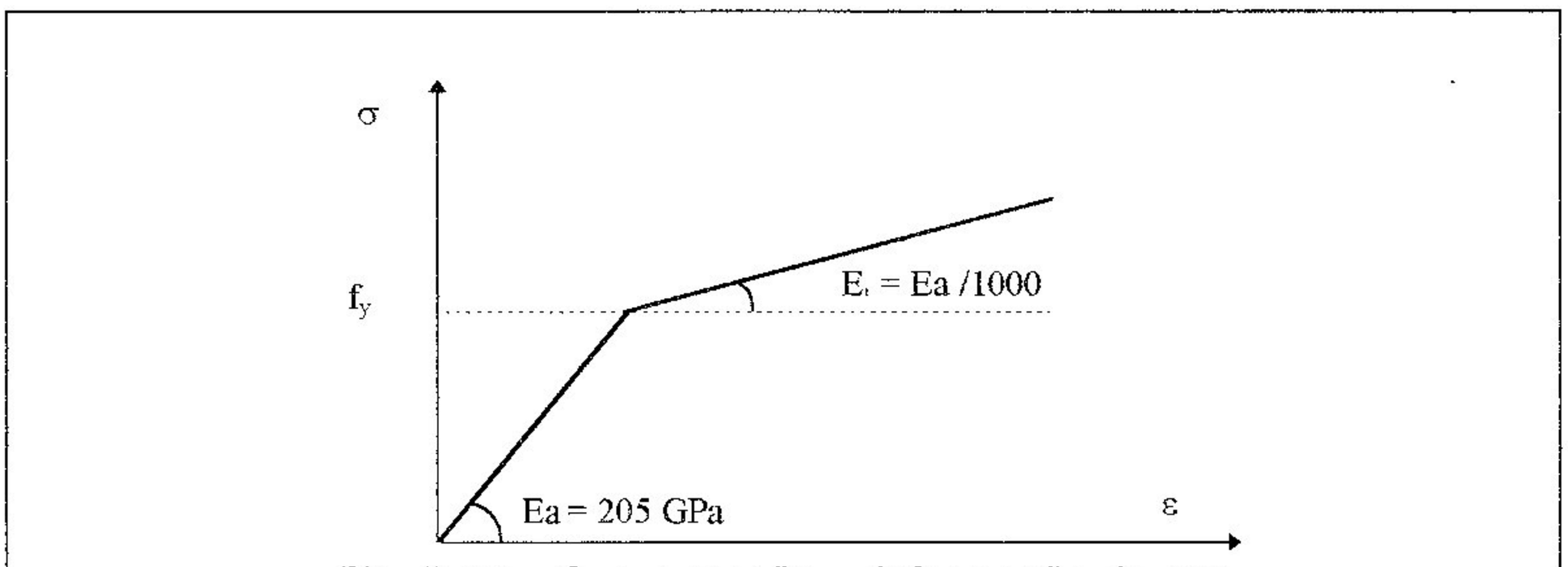


Fig. 5.10 - Curva tensão x deformação do aço

5.7 - CRITÉRIO DE ESCOAMENTO - REGRAS DE ENCRUAMENTO

Tanto para o concreto quanto para o aço, utiliza-se o critério de escoamento de von Mises. Para o concreto utiliza-se a regra de encruamento isotrópico multilinear e para o aço a regra de encruamento cinemático bilinear.

5.8 - ANÁLISE PARAMETRIZADA

5.8.1 - GENERALIDADES

Os resultados obtidos para as vigas V1 e V2 e para a laje, em cada sistema de piso misto analisado, são apresentados através de tabelas e gráficos. Nos apêndices 1, 2, 3 e 4 apresentam-se, respectivamente: as planilhas de dados dos modelos analisados, os arquivos de entrada do ANSYS, as planilhas de resultados do ANSYS e as planilhas de conclusões. Neste capítulo apresentam-se os gráficos flecha x carga para as diversas etapas de carregamento e os gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio, previstas e obtidas do ANSYS.

5.8.1.1 - DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE OS ESFORÇOS SOLICITANTES DE PLASTIFICAÇÃO TOTAL E OS OBTIDOS NO ANSYS, PARA O PERFIL DE AÇO DA VIGA MISTA

A relação entre o par (M_{pl}, N_{pl}) que plastifica a viga de aço e o par (M_{an},N_{an}) extraído do ANSYS para a viga em questão, no carregamento último, é representada por um parâmetro α:

$$N_{pl} = \alpha\, N_{an} \qquad (5.2)$$

$$M_{pl} = \alpha\, M_{an} \qquad (5.3)$$

Há 3 casos de carga de plastificação:

I) $N_{an} < f_y\, t_w\, h_w$ = Carga de plastificação da alma do perfil metálico (Fig. 5.11).

Da Fig. 5.11 obtemos:

a) $f_y(d-2x)t_w = N_{pl} = \alpha N_{an}$ (5.4)

b) $f_y\left[t_f b_f (d-t_f) + (x-t_f)t_w(d-x-t_f)\right] = M_{pl} = \alpha M_{an}$ (5.5)

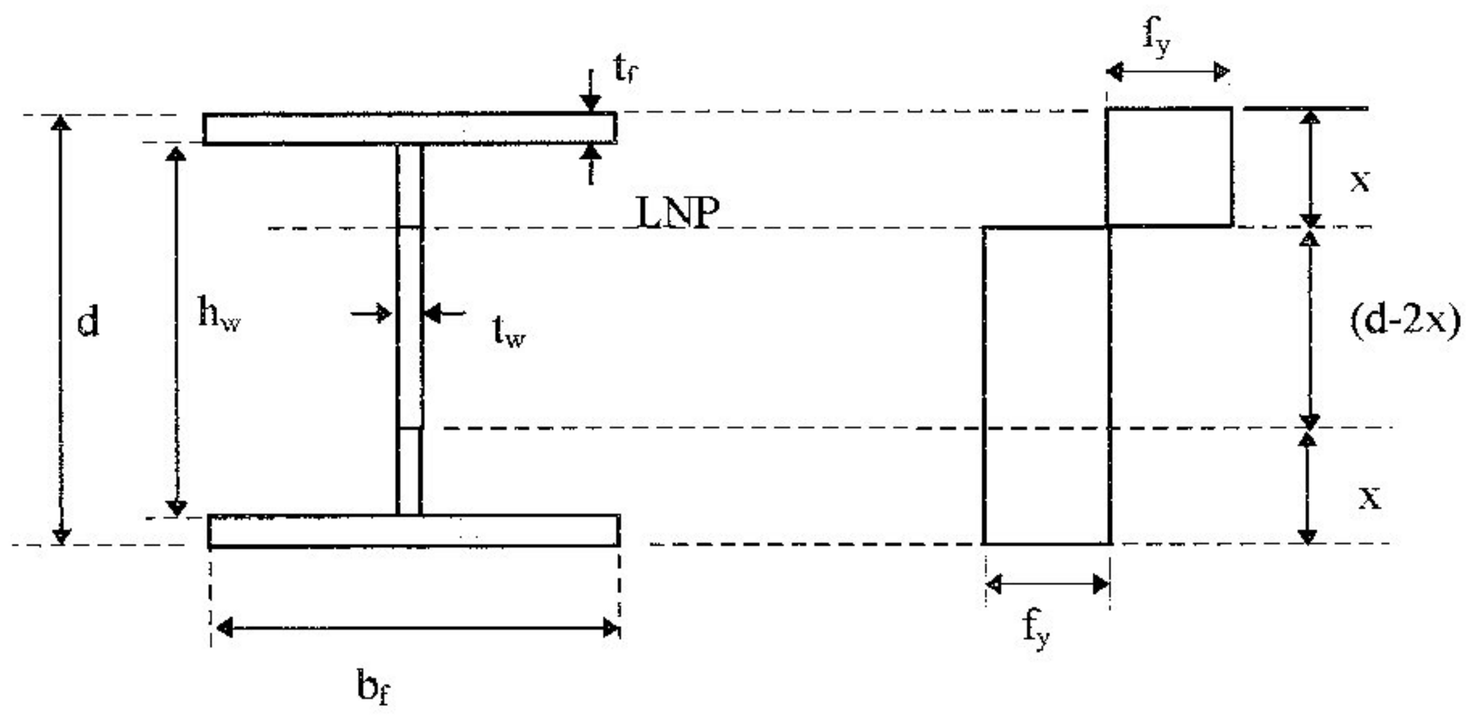


Fig. 5.11 - Linha neutra plástica cortando a alma do perfil metálico

De a e b obtemos os valores de α e x. Se obtivermos o valor de $x \geq t_f$, realmente a linha neutra plástica corta a alma do perfil metálico, mas, se $x < t_f$, a linha neutra fica na mesa do perfil metálico, e deve-se refazer o cálculo de x e α para esta condição.

II) $f_y\ t_w\ h_w < N_{an} < A\ f_y$ = Carga de plastificação do perfil metálico (Fig. 5.12).

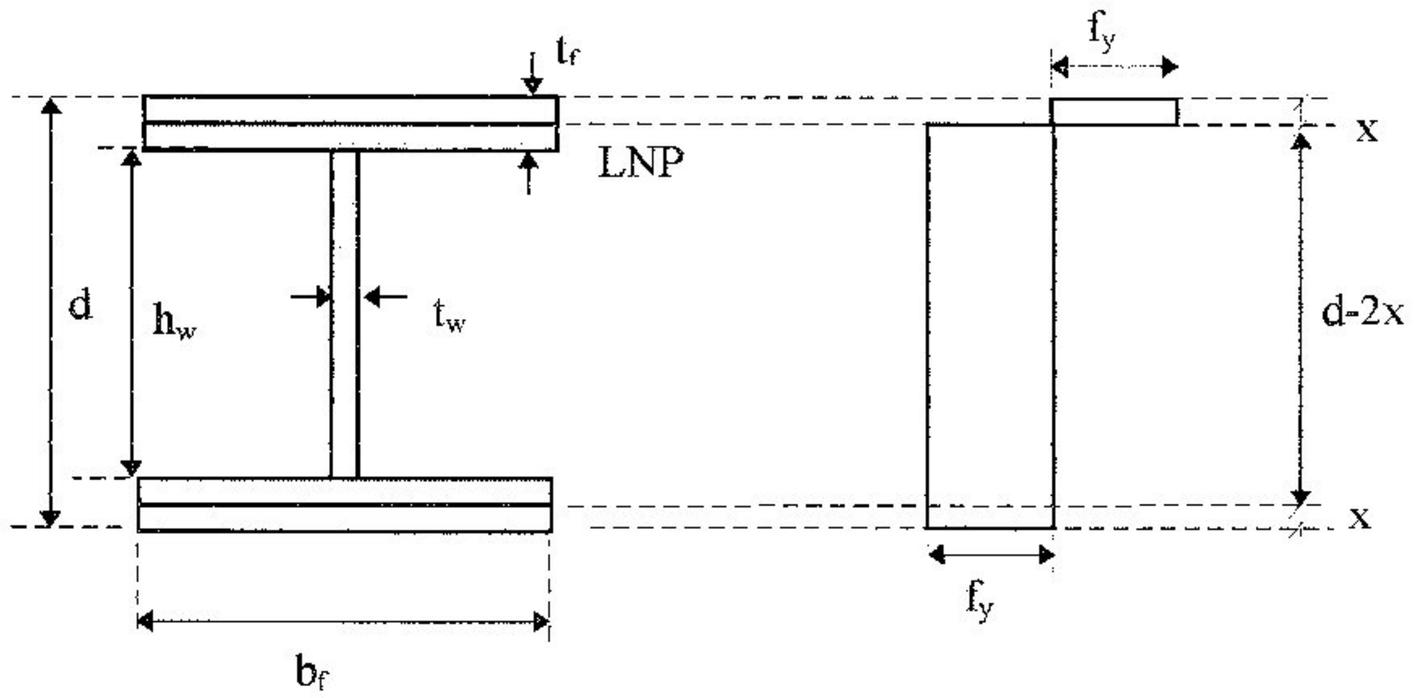


Fig. 5.12 - Linha neutra plástica cortando a mesa do perfil metálico

Da Fig. 5.12 Obtemos:

a) $$f_y(d-2t_f)t_w + 2f_y(t_f - x)b_f = N_{pl} = \alpha N_{an} \qquad (5.6)$$

b) $$f_y x b_f (d-x) = M_{pl} = \alpha M_{an} \qquad (5.7)$$

De a e b obtemos o valor de α e x.

III) N_{an} = $A\ f_y$ = Carga de plastificação do perfil metálico

A força normal N_{an} plastifica a viga de aço, portanto, α = 1,0 (M_{an} deve ser próximo de zero). Neste caso a linha neutra plástica fica na laje de concreto.

Nos três casos, se $\alpha = 1,0$, o par (M_{an} ,N_{an}) do ANSYS plastifica a viga de aço; se $\alpha > 1,0$, o par (M_{an} ,N_{an}) do ANSYS é insuficiente para plastificar a viga de aço; se $\alpha < 1,0$, ocorreu erro numérico.

5.8.1.2 - LARGURA EFETIVA OBTIDA A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS

Caso se obtenha $\alpha \cong 1$, determina-se a largura efetiva da laje (b_E), procedendo-se da seguinte forma:

I) Se a linha neutra corta a laje de concreto, a largura efetiva b_E pode ser tomada igual à largura efetiva prevista no cálculo usual (basta determinar a fração da espessura da laje suficiente para que a resistência nominal da laje à compressão fique igual à resistência nominal do perfil de aço à tração).

I I) Se a linha neutra cortar a mesa do perfil metálico (Fig. 5.12):

$$b_E = \frac{Af_y - 2b_f x f_y}{0,85 f_{ck} t_c} \qquad (5.8)$$

I I I) Se a linha neutra cortar a alma do perfil metálico (Fig. 5.11):

$$b_E = \frac{(d - 2x) t_w f_y}{0,85 f_{ck} t_c} \qquad (5.9)$$

onde:

t_c = espessura da laje de concreto;

A = área do perfil metálico.

5.8.1.3 - CARGA DISTRIBUÍDA SOBRE A VIGA OBTIDA A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS

O cálculo da carga distribuída sobre a viga (q_v) é feito levando-se em conta o pico de carga na região do apoio das vigas, por meio do carregamento proposto na Fig. 5.13.

Obtém-se, assim (para $\alpha \cong 1{,}0$):

$$q_a = \frac{8R}{L} - \frac{24M_p}{L^2} \qquad (5.10)$$

$$q_b = -\frac{4R}{L} + \frac{24M_p}{L^2} \qquad (5.11)$$

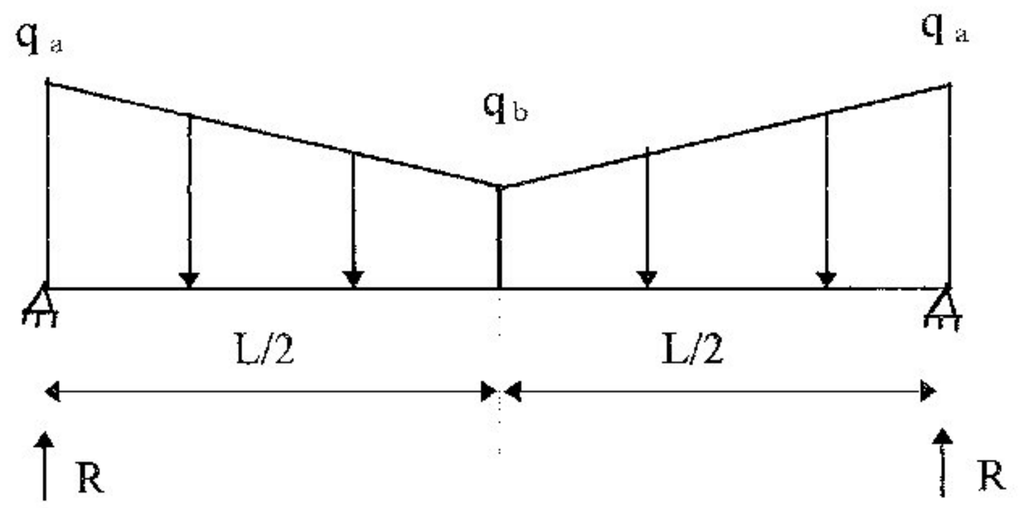


Fig. 5.13 - Tipo de carregamento proposto para as vigas

Em (5.10) e (5.11) R é a reação de apoio e M_p é o momento plástico na seção central da viga em questão, obtidos do ANSYS. O momento plástico é calculado utilizando-se a largura efetiva (b_E) determinada como indicado no item 5.8.1.2.

Obtidos q_a e q_b, é possível obter q_v, uniforme sobre a viga, que pode ser comparada com a carga uniforme prevista sobre a viga.

$$q_v = \frac{(q_a + q_b)}{2} \qquad \text{(caso tenha havido plastificação da viga} \Rightarrow \alpha \cong 1{,}0) \quad (5.12)$$

Caso se obtenha $\alpha > 1{,}0$, não há plastificação da viga e só é possível obter o valor médio de q_v:

$$q_v = \frac{2R}{L} \qquad (5.13)$$

5.8.1.4 - GRÁFICOS COMPARATIVOS DAS RESISTÊNCIAS ÚLTIMAS

Os gráficos comparativos das resistências últimas das vigas são ilustrados nos itens 5.8.2.1, 5.8.3.1 e 5.8.4.1, em termos da relação α/α_o, onde α é o parâmetro definido no item 5.8.1.1 e α_o é dado por:

$$\alpha_0 = \frac{M_{p,pr}}{M} \qquad (5.14)$$

Nesta expressão, $M_{p,pr}$ é o momento plástico previsto para a viga mista em questão, pelo cálculo usual, e M é o momento na mesma viga mista, para a carga última prevista distribuída sobre a laje. Para o caso estudado (vigas bi-apoiadas) tem-se:

$$M = M_{p,pr}\,\frac{Q_u}{Q} \qquad (5.15)$$

onde Q = carga distribuída sobre a laje que provocaria momento plástico na viga em questão, pelo cálculo usual.

Substituindo-se 5.15 em 5.14 temos:

$$\alpha_0 = \frac{Q}{Q_U} \qquad (5.16)$$

Observe-se que α_0 será sempre superior ou igual a 1 e que quando a viga analisada dá origem à carga última na laje, $\alpha_0 = 1,0$.

Para a viga que dá origem à carga última Q_u ($\alpha_0 = 1,0$), o gráfico de α/α_0 indica se a viga realmente plastificou ou não no ANSYS: se $\alpha/\alpha_0 > 1,0$, a viga não se plastificou e tem-se um indicativo de reserva de resitência última das vigas.

Para a viga que não dá origem à carga última Q_u ($\alpha_0 > 1,0$), só têm sentido gráficos de α/α_0 quando α for igual a 1,0. Neste caso o gráfico indica o risco da viga sofrer plastificação prematura (para carga na laje inferior àquela que, pelo cálculo usual, provocaria a plastificação da viga).

5.8.1.5 - GRÁFICOS COMPARATIVOS DAS REAÇÕES DE APOIO

Os gráficos comparativos das reações de apoio são também ilustrados nos itens 5.8.2.1, 5.8.3.1 e 5.8.4.1, em termos da relação $q_v/q_{v(pr)}$, onde q_v é obtido com base nas reações de apoio do ANSYS, como indicado no item 5.8.1.3, e $q_{v(pr)}$ é obtido com base na carga última prevista para a laje e na área tributária da viga analisada.

A relação $q_v/q_{v(pr)}$ indica a segurança que se obtém na avaliação das reações de apoio da viga, necessárias para as ligações, e serve também para avaliar as condições de apoio da laje de concreto. Se $q_v/q_{v(pr)} \leq 1,0$, o cálculo

convencional é seguro para as reações de apoio da viga em questão, porém, se $q_v/q_{v(pr)}$ for muito diferente de 1,0 (para mais ou para menos), o cálculo é inseguro para a laje.

Para todos os gráficos comparativos (inclusive os mencionados no item 5.8.1.4), de maneira geral, a relação $Q_{u(an)}/Q_{u(pr)} \cong 1,0$, ficando entre os limites 0,9 e 1,05.

5.8.2 - ANÁLISE DO SISTEMA 1 - BORDAS TRANSVERSAIS LIVRES

O primeiro sistema de piso analisado (Fig. 3.1) é composto por 3 vigas e a malha de elementos finitos utilizada é mostrada na Fig. 5.14. A estrutura deformada é ilustrada na Fig. 5.15. São analisados 80 casos, conforme tabela 4.1.

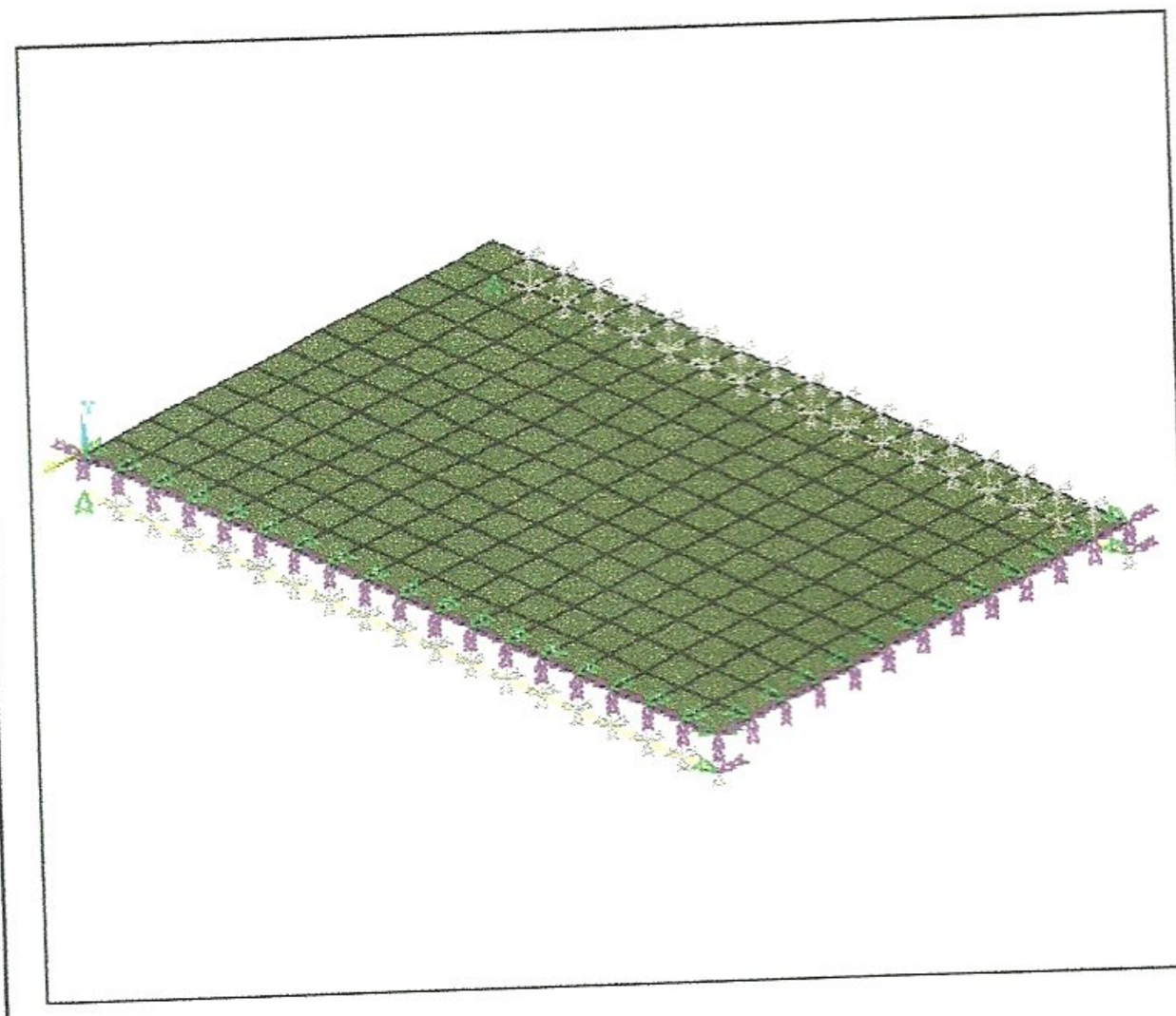


Fig. 5.14 - Malha gerada pela discretização do sistema 1

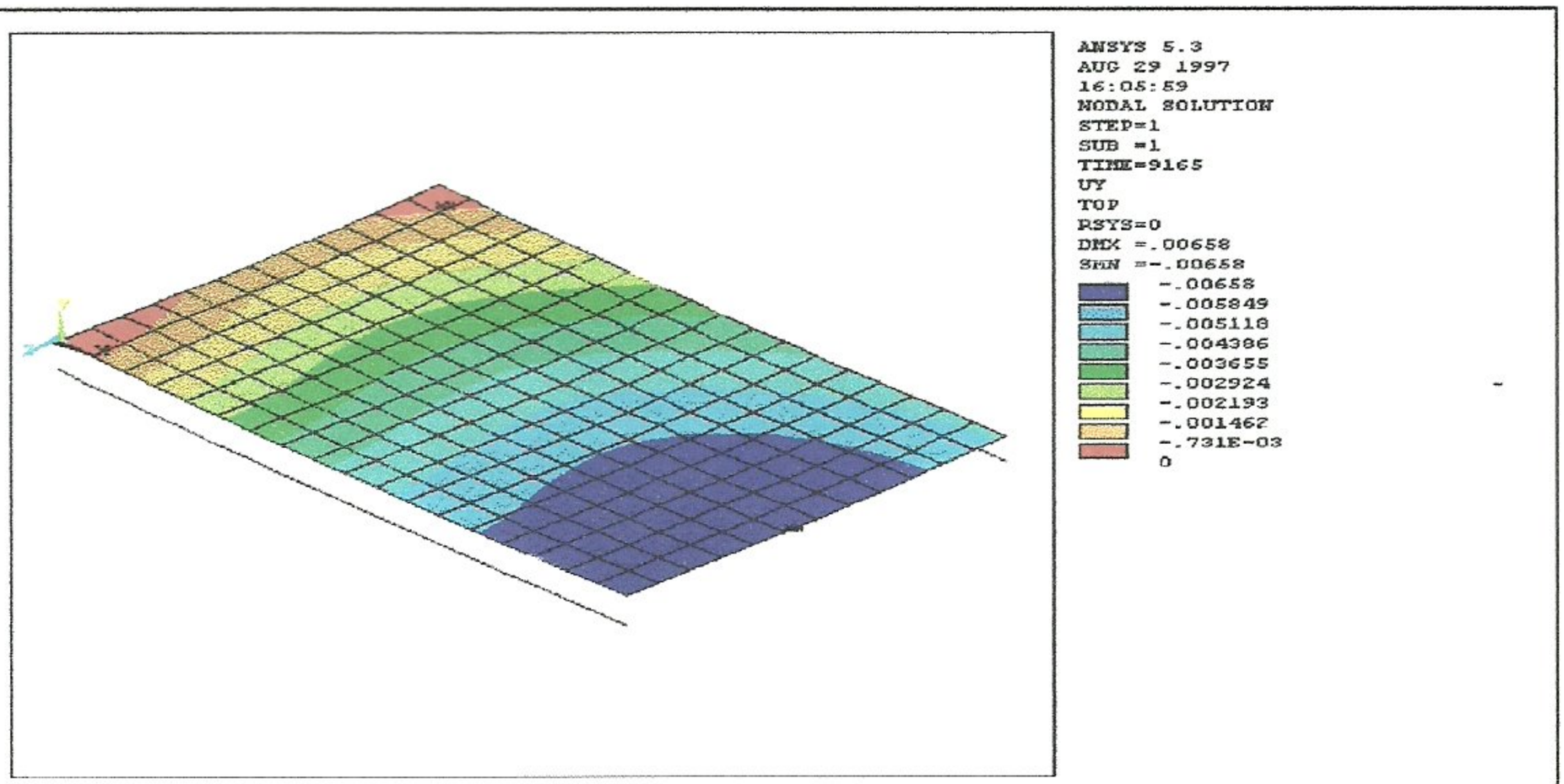


Fig. 5.15 - Estrutura deformada - Sistema 1

O cálculo usual da carga última do piso misto é feito avaliando-se o momento de plastificação de cada elemento do piso (vigas V1, V2 e laje), tendo em vista as recomendações da NBR 8800 / 86 [1]; a carga última será o menor valor dentre as cargas últimas do piso que plastificam a viga V1, a viga V2 e a laje, respectivamente.

As áreas tributárias podem ser obtidas, neste sistema, considerando-se a laje engastada na viga V2 e apoiada na viga V1. O momento de plastificação da seção de concreto armado (laje) é calculado conforme a distribuição de tensões ilustrada na Fig. 5.16.

Da Fig. 5.16 temos:

$$M_p = 0{,}85 f_{ck} \frac{b t_c^2}{4} \qquad (5.17)$$

Para b = 1 m

$$M_p = 0{,}85 f_{ck} \frac{t_c^2}{4} \qquad (5.18)$$

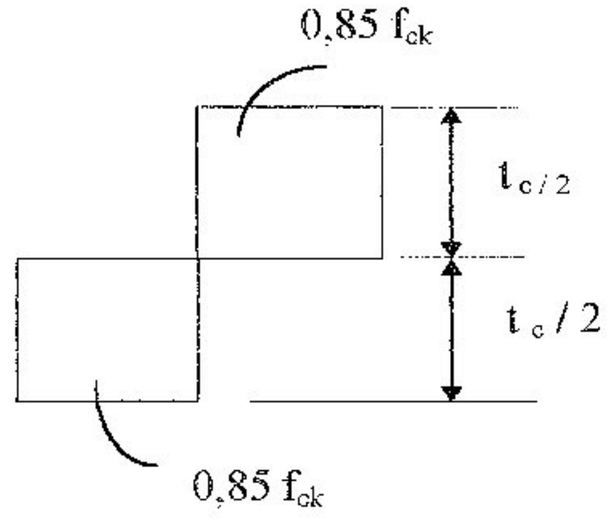


Fig. 5.16 - Distribuição de tensões assumida para a laje

Obtido o momento de plastificação M_p, a carga correspondente na laje é determinada através da análise do mecanismo de rótulas plásticas, conforme Fig. 5.17.

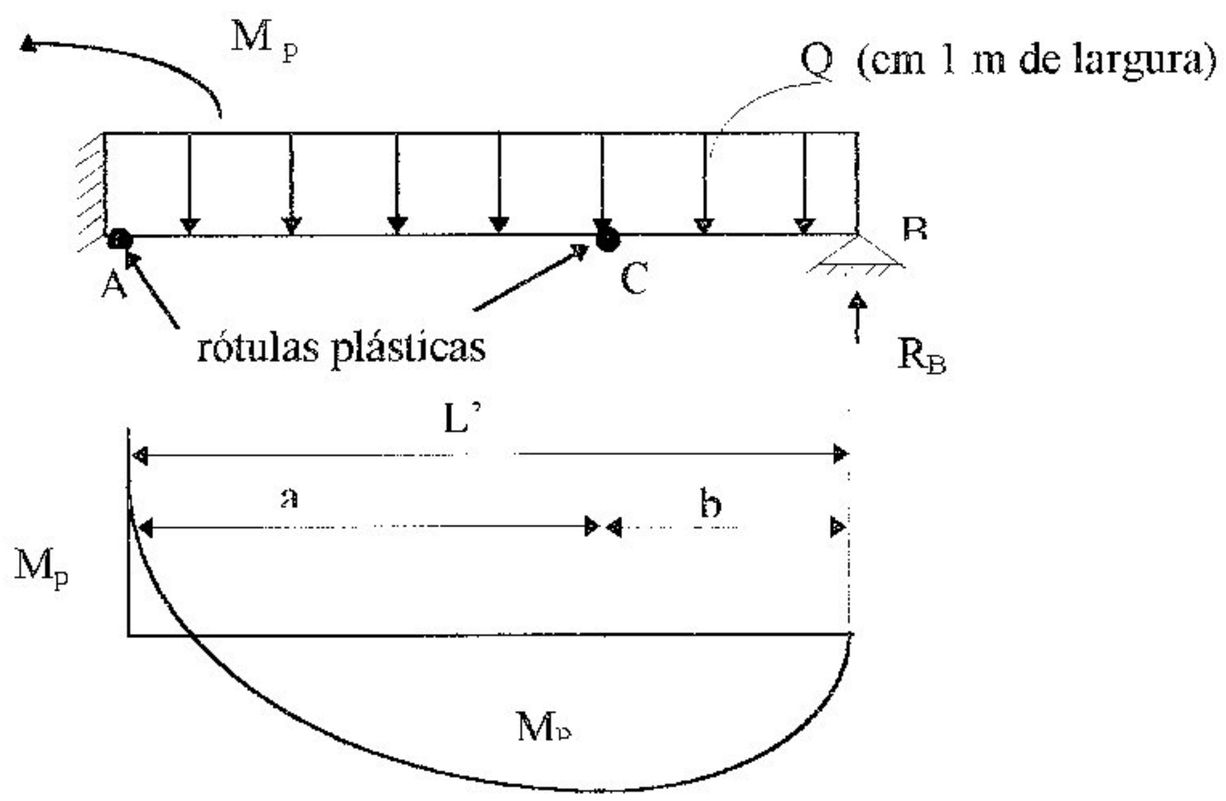


Fig. 5.17 - Mecanismo de colapso da laje no sistema 1

Observando-se que $M_A = - M_P$, tem-se (L'= vão da laje):

$$R_B L' - Q\frac{L'^2}{2} = -M_P \qquad (5.19)$$

$$R_B = -\frac{M_P}{L'} + \frac{QL'}{2} \qquad (5.20)$$

Observando-se também que $M_C = M_P$, tem-se:

$$R_B b - \frac{Qb^2}{2} = M_P \qquad (5.21)$$

$$R_B = \frac{M_P}{b} + \frac{Qb}{2} \qquad (5.22)$$

Substituindo-se 5.20 em 5.22, obtém-se:

$$Q = \frac{2M_p(L' + b)}{L'bL' - b)} \qquad (5.23)$$

Após algum desenvolvimento algébrico, chega-se a:

$$b = L'(\sqrt{2} - 1) \qquad (5.24)$$

Portanto, a carga prevista na laje para sua plastificação é:

$$Q = 11{,}657\frac{M_P}{L'^2} \qquad (5.25)$$

As cargas previstas na laje para a plastificação das vigas V1 e V2 são obtidas considerando-se duas hipóteses:

1ª hipótese: As vigas estão em regime plástico e a laje ainda se encontra em regime elástico (Fig. 5.18).

Tem-se, para uma viga (L = vão da viga):

$$M_n = \frac{qL^2}{8} \qquad (5.26)$$

ou:

$$q = \frac{8M_n}{L^2} \qquad (5.27)$$

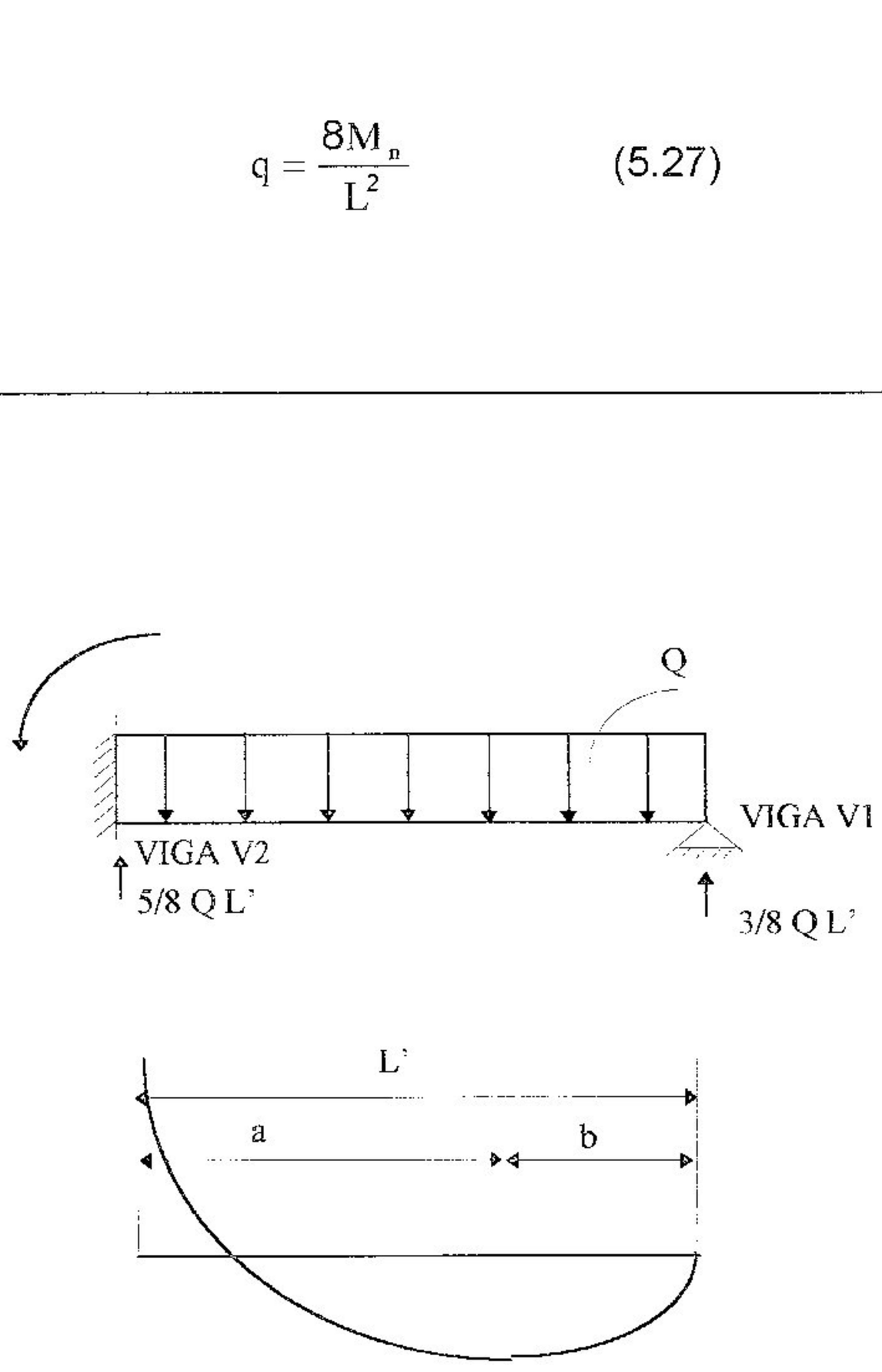


Fig. 5.18 - Momentos e reações da laje em regime elástico

Da Fig. 5.18 obtém-se que a carga distribuída sobre a viga V1:

$$q = \frac{3}{8} QL' = q_{v,pr} \qquad (5.28)$$

ou:

$$Q = \frac{8q}{3L'} \qquad (5.29)$$

Substituindo-se 5.27 em 5.29, obtém-se a carga prevista na laje para a plastificação da viga externa (V1):

$$Q = \frac{64M_n}{3L^2L'} \qquad (5.30)$$

Da Fig. 5.18 obtém-se a carga distribuída sobre a viga V2 (2 painéis simétricos):

$$q = 2\frac{5}{8} QL' = q_{v,pr} \qquad (5.31)$$

ou:

$$Q = \frac{8q}{10L'} \qquad (5.32)$$

Substituindo-se 5.27 em 5.32, obtém-se a carga prevista na laje para a plastificação da viga interna (V2):

$$Q = \frac{64M_n}{10L^2L'} \qquad (5.33)$$

2ª hipótese: As vigas e a laje estão em regime plástico (Fig. 5.19).

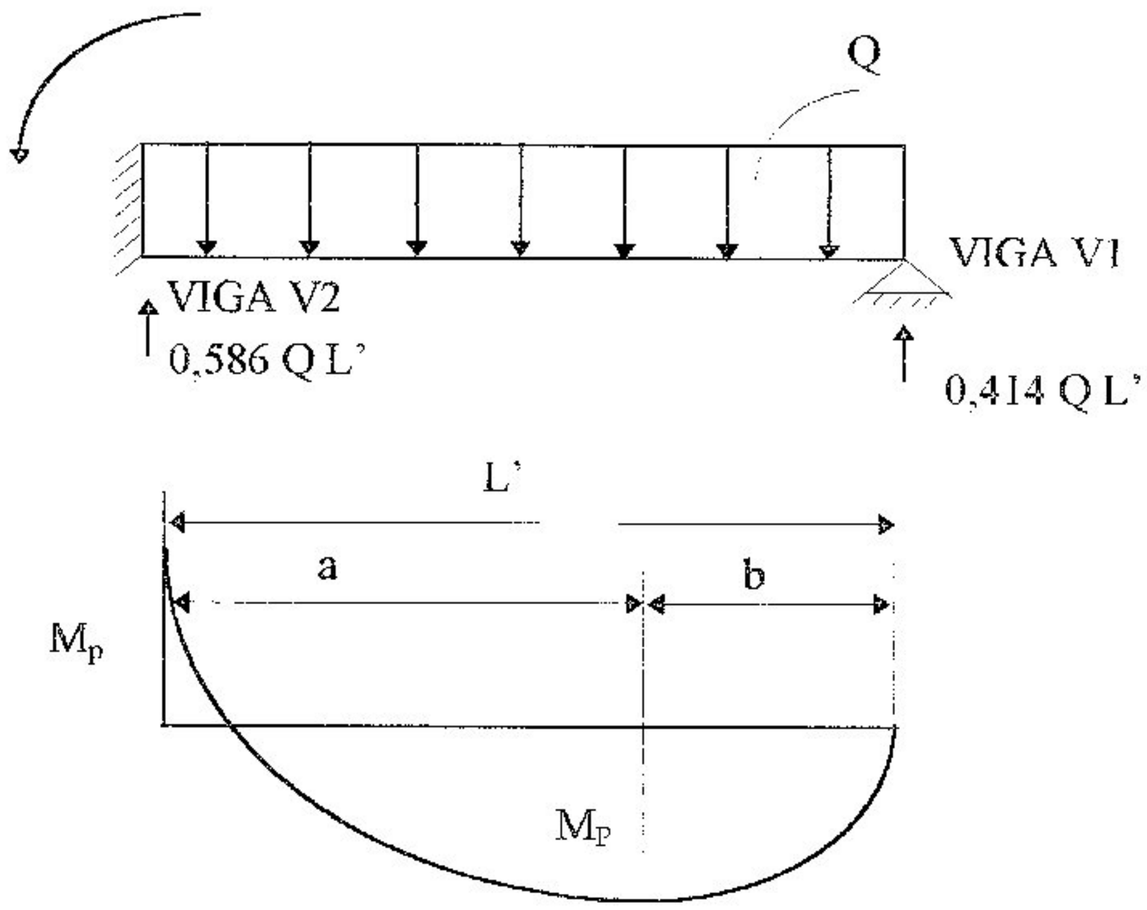


Fig. 5.19 - Momentos e reações da laje em regime plástico

Da Fig. 5.19 obtém-se a carga distribuída sobre a viga V1:

$$q = 0{,}414 Q^* L' = q_{v,pr} \qquad (5.34)$$

ou:

$$Q^* = 2{,}4155 \frac{q}{L'} \qquad (5.35)$$

Substituindo-se 5.27 em 5.35, obtém-se a carga prevista na laje para a plastificação da viga externa (V1):

$$Q^* = 19{,}32 \frac{M_n}{L^2 L'} \qquad (5.36)$$

Da Fig. 5.19 obtém-se a carga distribuída sobre a viga V2 (2 paineis simétricos):

$$q = 2 \times 0{,}586 Q^* L' = q_{v.pr} \qquad (5.37)$$

ou:

$$Q^* = 0{,}8532 \frac{q}{L'} \qquad (5.38)$$

Substituindo-se 5.27 em 5.38, obtém-se a carga prevista na laje para a plastificação da viga interna (V2):

$$Q = 6{,}825 \frac{M_p}{L^2 L'} \qquad (5.39)$$

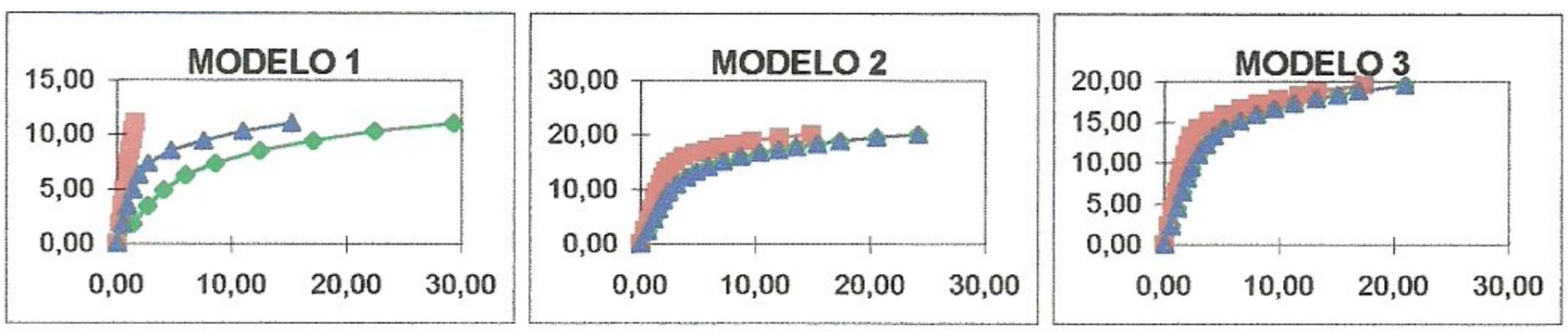
5.8.2.1 - RESULTADOS OBTIDOS PARA O SISTEMA 1

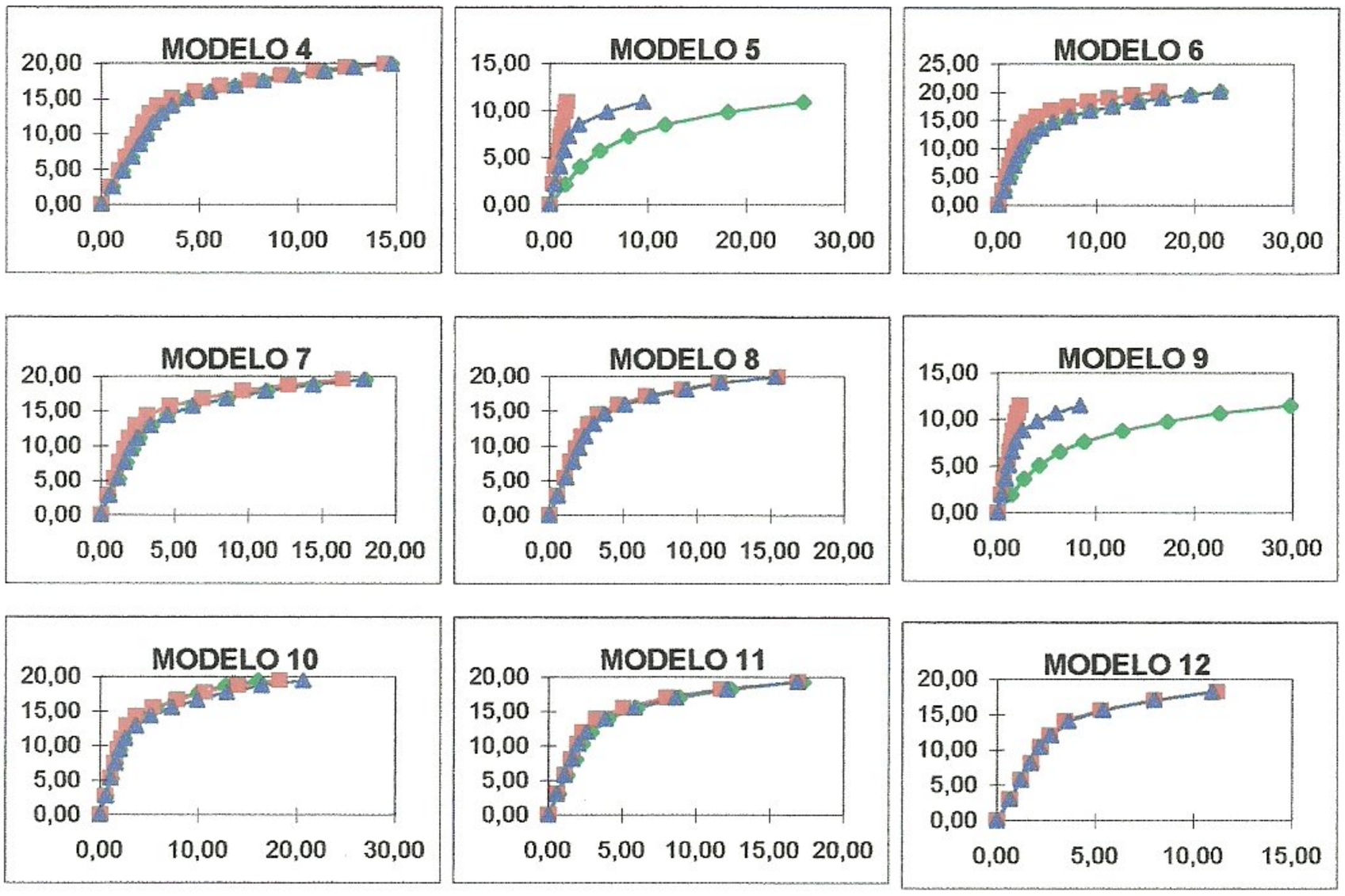
Os resultados obtidos na 1ª e na 2ª hipóteses mencionadas em 5.8.2 não diferiram muito; assim, os gráficos e as planilhas de resultados são apresentados apenas para a 1ª hipótese (considerando-se que as vigas estão em regime plástico e a laje ainda se encontra em regime elástico). As demais planilhas são apresentadas para ambas as hipóteses.

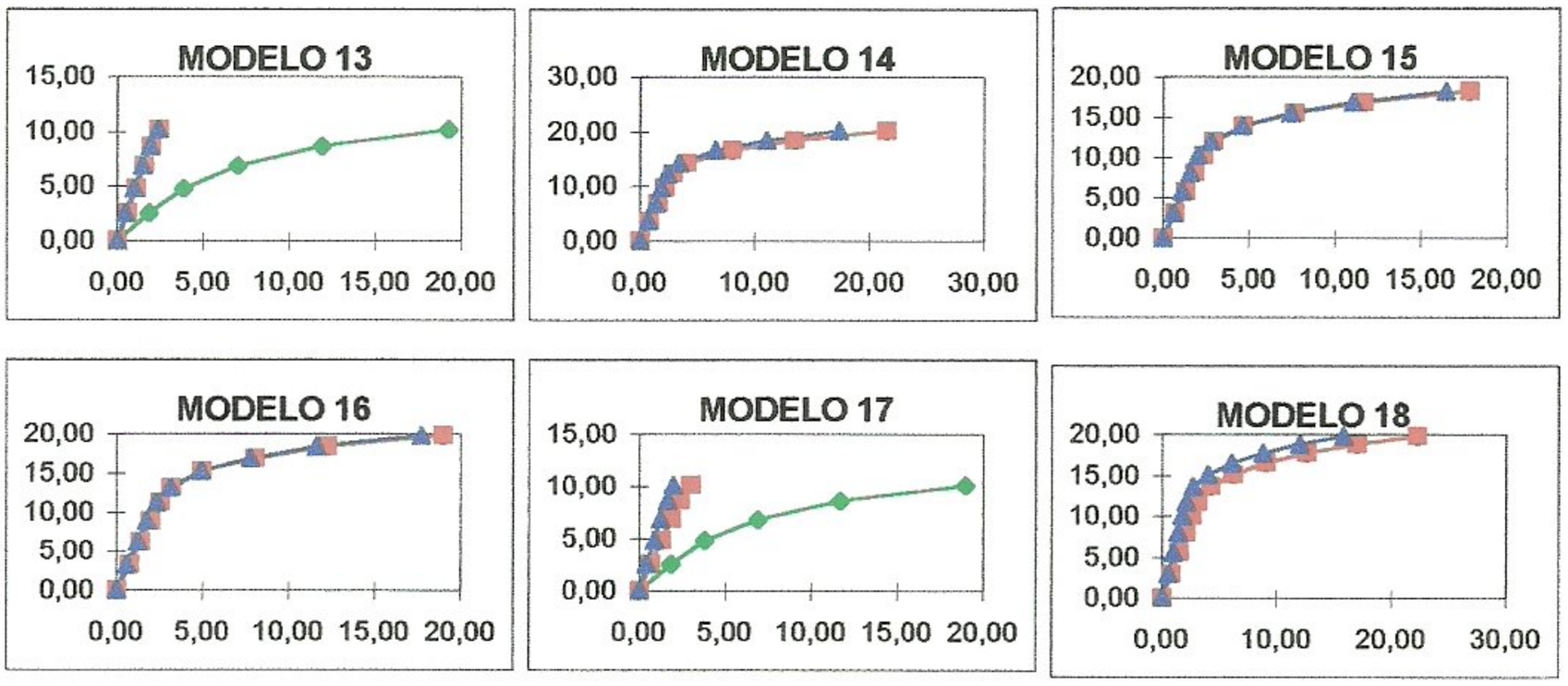
Os gráficos carga x flecha das vigas e da laje deste sistema, para o carregamento incremental, estão ilustrados nas figuras 5.20 a 5.24.

Os gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da viga V1 estão ilustrados nas figuras 5.25 a 5.28 e da viga V2 nas figuras 5.29 a 5.32. Os significados dos símbolos utilizados são listados a seguir:

- $L \Rightarrow$ vão longitudinal da laje de concreto;
- $L' \Rightarrow$ vão transversal da laje de concreto;
- $k_1 = \frac{E_a}{E_c} \frac{12(1-\upsilon^2)}{2L' t_c^3} (2I_{m1} + I_{m2})$;
- $k_2 = I_{m2} / I_{m1}$;
- $k_3 = L / L'$;
- $k_4 = I_{m2}/I_{m3}$;
- $k_5 = t_c / L$;
- $k_6 = M_{p,pr} / fy.L^3$;
- $M_p \Rightarrow$ momento de plastificação da viga;
- $M \Rightarrow$ momento fletor atuante na viga de aço obtido pelo ANSYS;
- $N \Rightarrow$ força normal atuante na viga de aço obtida pelo ANSYS;
- $\alpha \Rightarrow$ parâmetro indicativo da relação entre o par (M, N) que plastifica a viga de aço e o par (M,N) extraído do ANSYS para a viga em questão. Se $\alpha = 1,0 \Rightarrow$ o par (M,N) do ANSYS plastifica a viga de aço, se $\alpha > 1,0 \Rightarrow$ o par (M,N) do ANSYS é insuficiente para plastificar a viga e se $\alpha < 1,0 \Rightarrow$ erro numérico;
- $\alpha_0 = M_{p,pr} / M \Rightarrow$ relação do momento de plasticação previsto da viga mista em questão, e o momento previsto na mesma viga mista, para a carga $Q_{u,pr}$. Se $\alpha_0 = 1,0$, significa que a viga analisada deu origem à carga última na laje;
- $q_v \Rightarrow$ carga distribuída na viga.



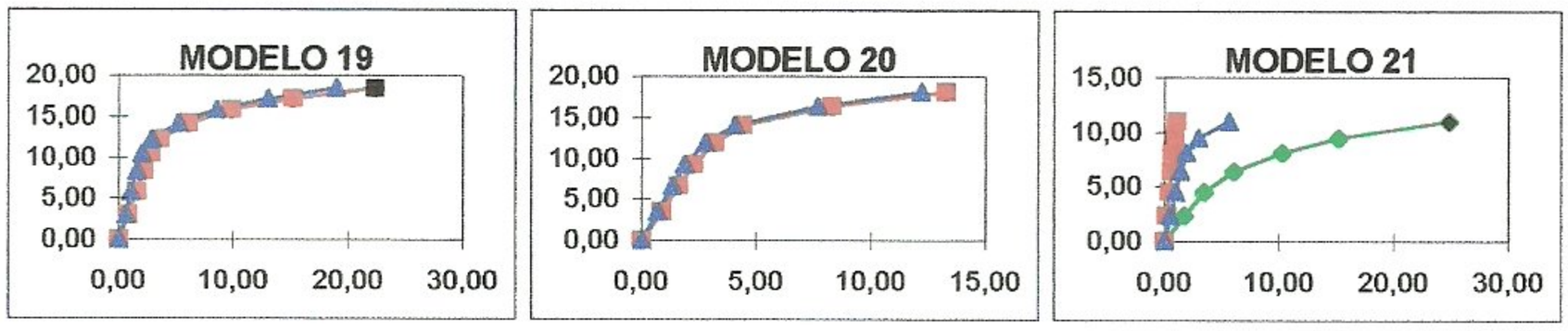




LEGENDA	
	laje
	viga v1
	viga v2

Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) Nos modelos 2, 3 e 4 as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 8, 12, 14, 15, 16 e 18 as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

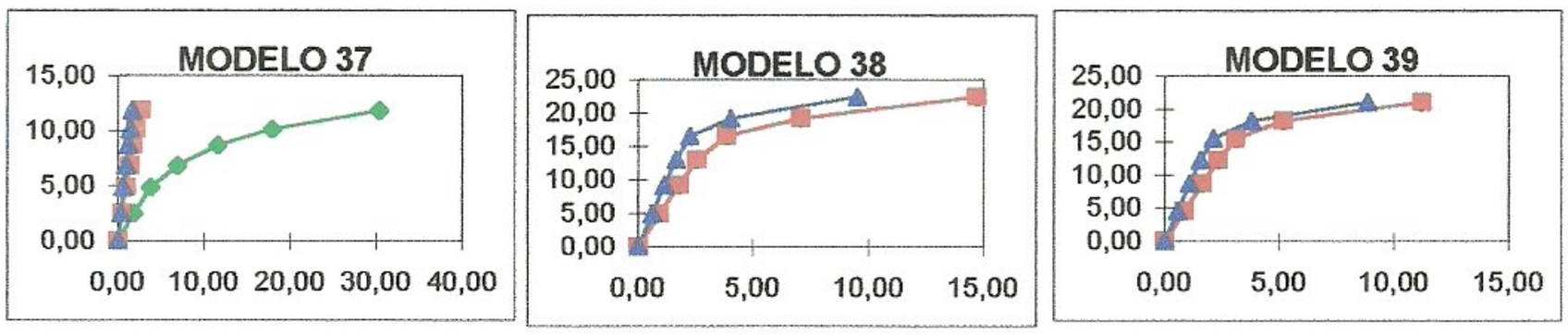
Fig. 5.20 - Gráficos carga x flecha - Sistema 1 - Modelos: 1 a 18

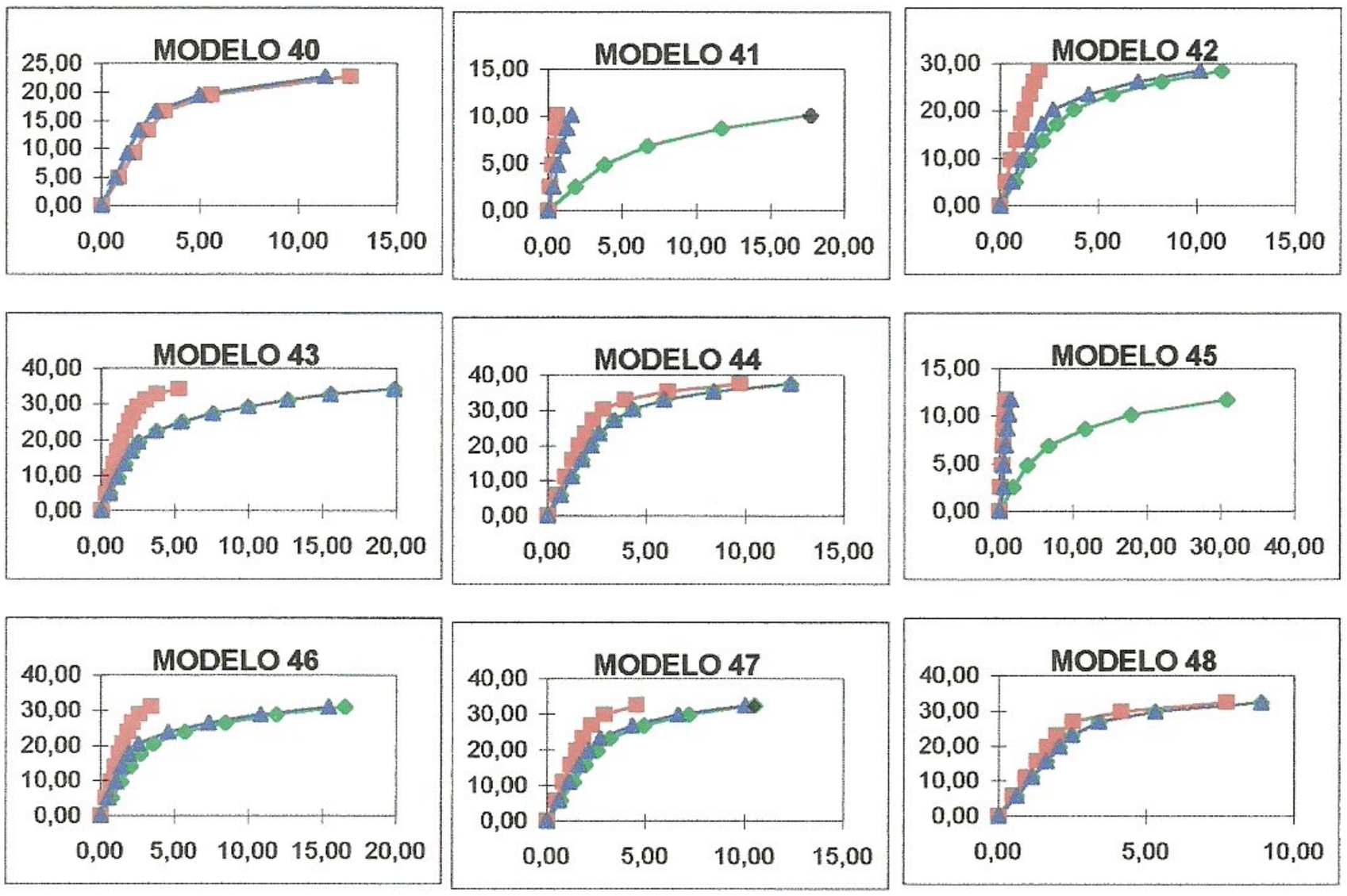


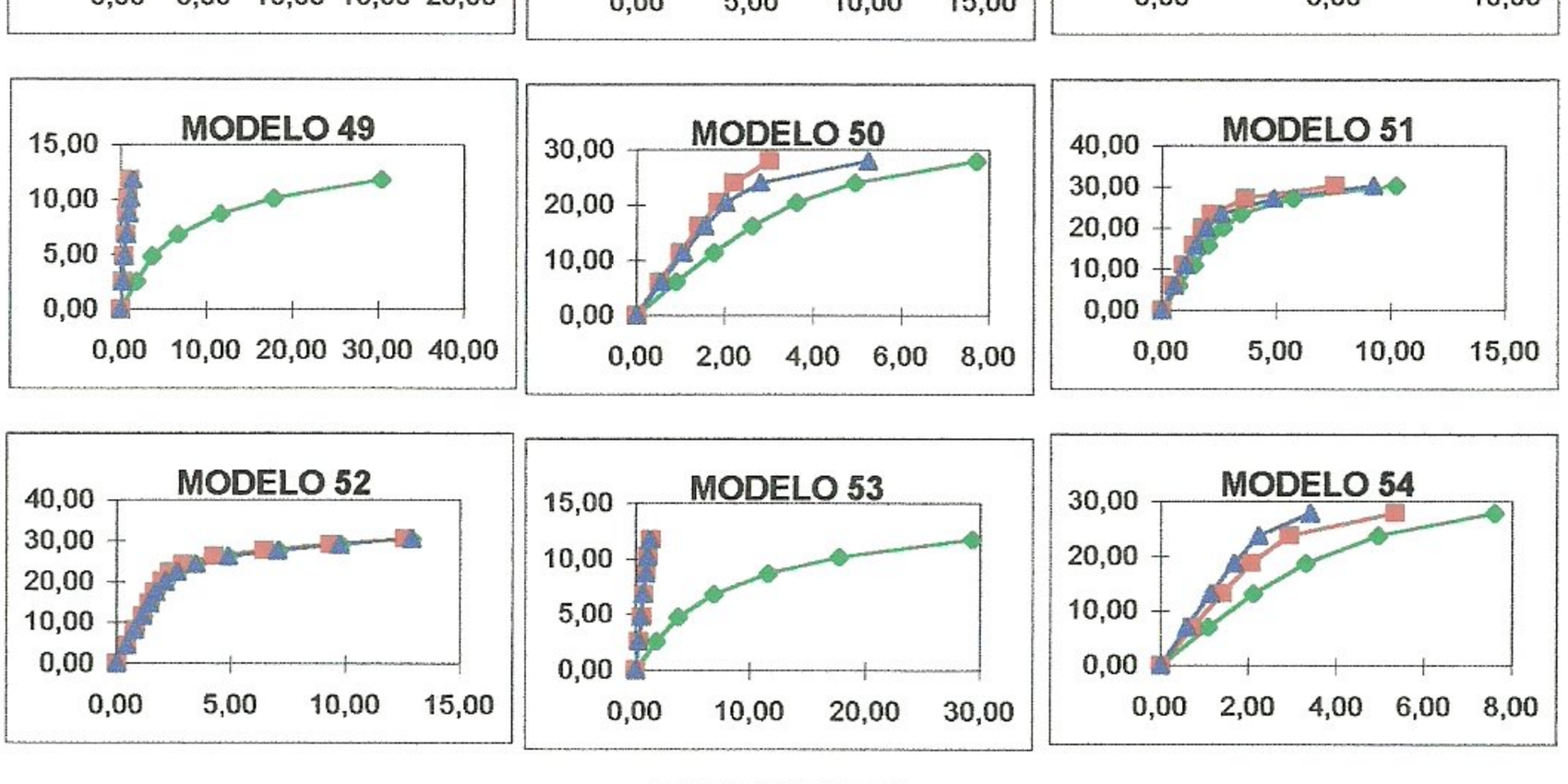
LEGENDA	
	laje
	viga v1
	viga v2

Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) Nos modelos 23 e 24 as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 19, 20, 32 e 36 as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

Fig. 5.21 - Gráficos carga x flecha - Sistema 1 - Modelos: 19 a 36



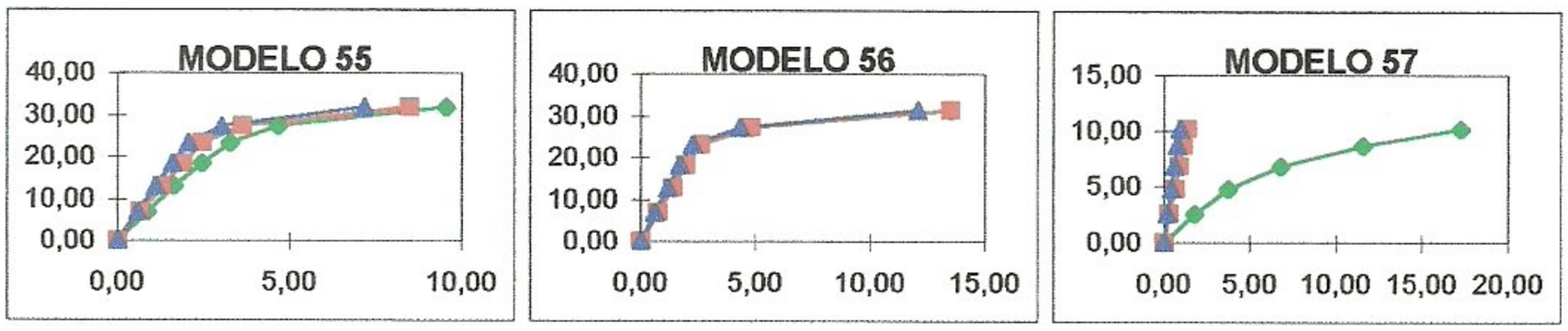




LEGENDA	
	laje
	viga v1
	viga v2

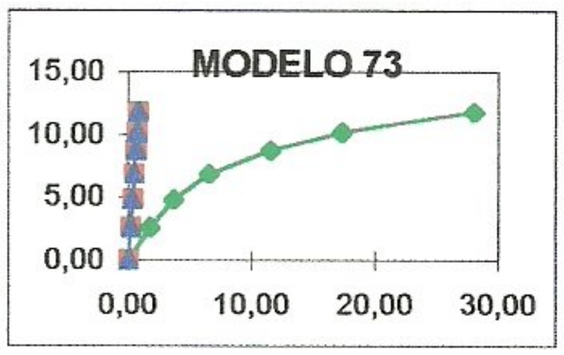
Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) Nos modelos 44 e 48 as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 38, 39 e 40 as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

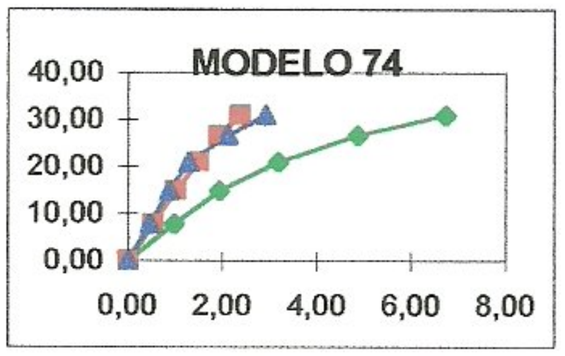
Fig. 5.22 - Gráficos carga x flecha - Sistema 1 - Modelos: 37 a 54

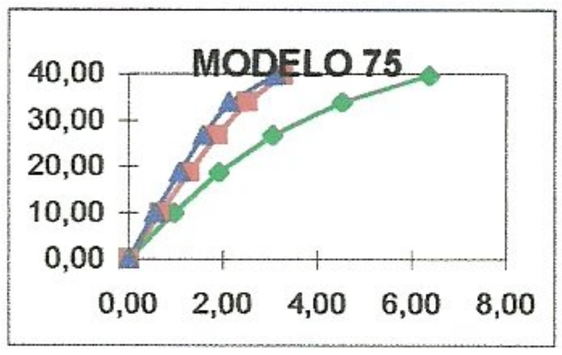


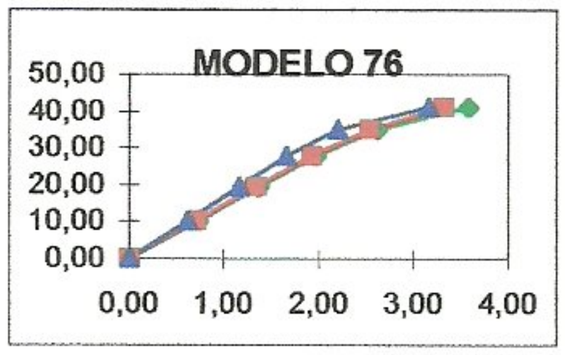
Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) No modelo 64 as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 56, 59 e 60 as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

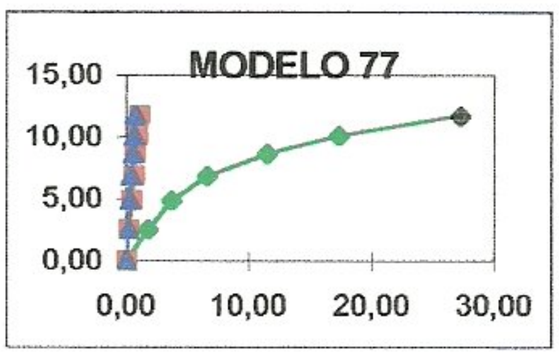
Fig. 5.23 - Gráficos carga x flecha - Sistema 1 - Modelos: 55 a 72

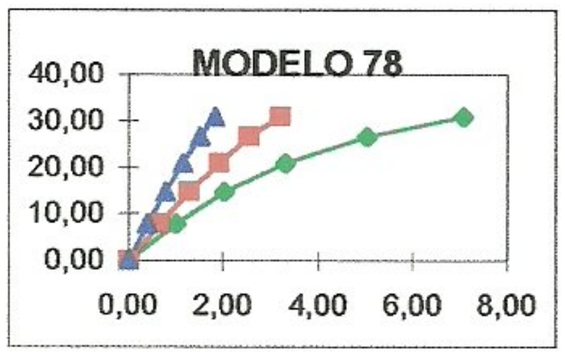


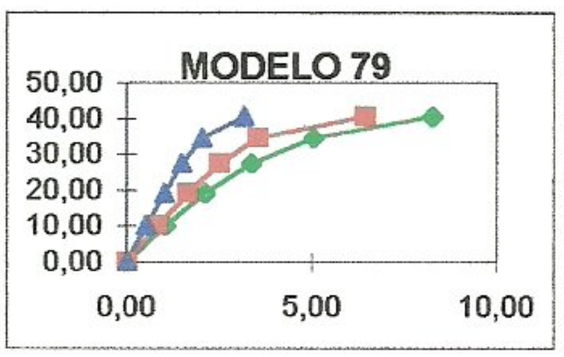


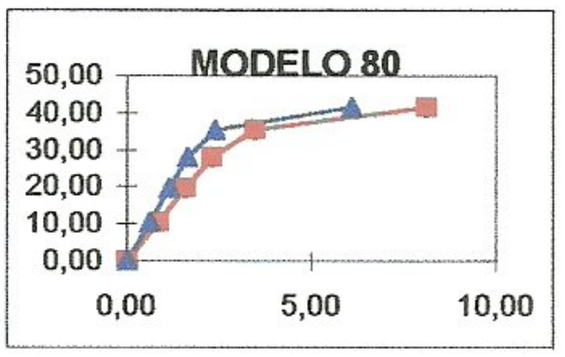








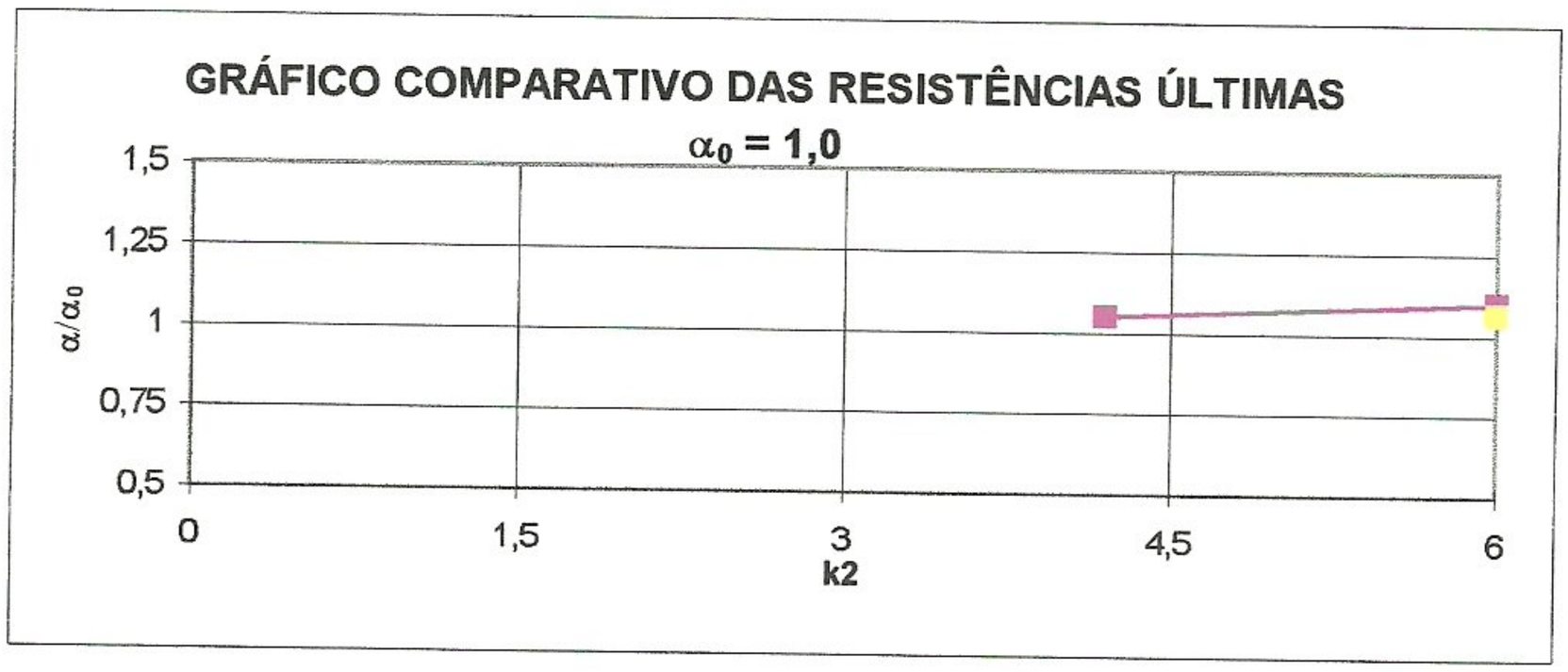


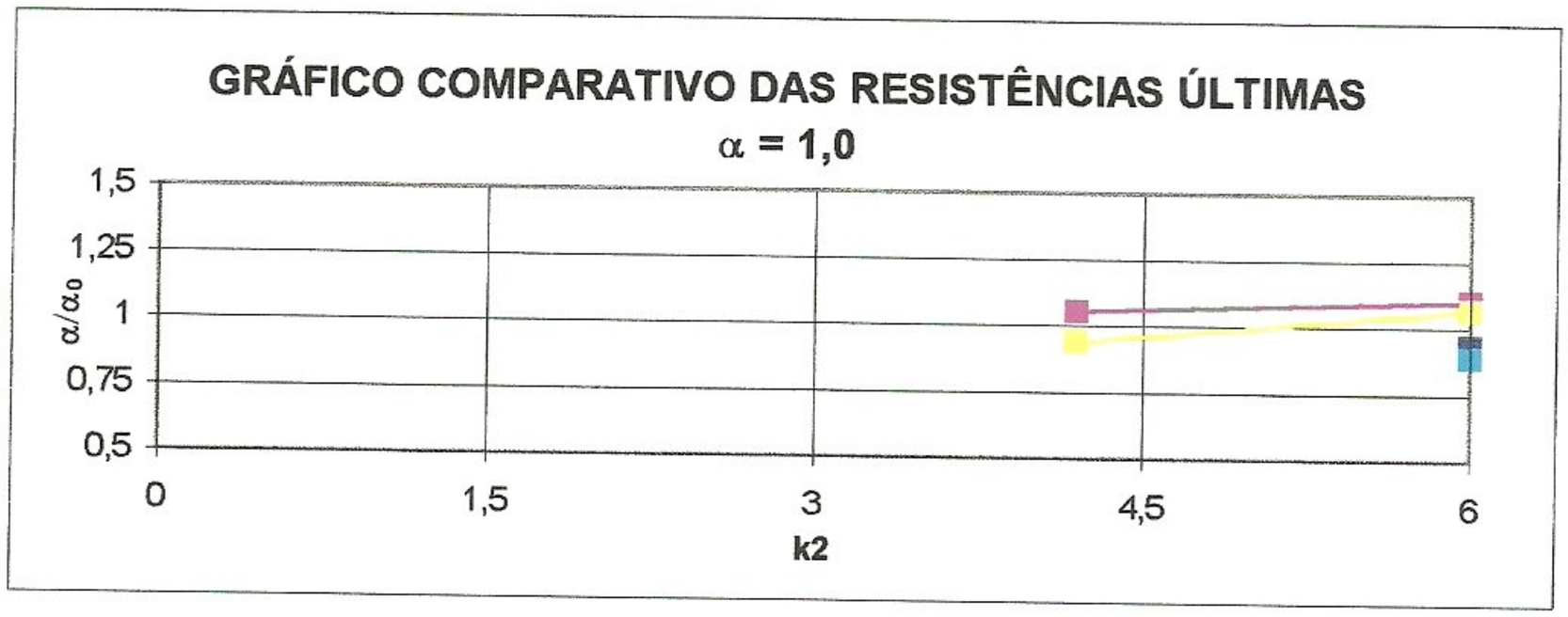


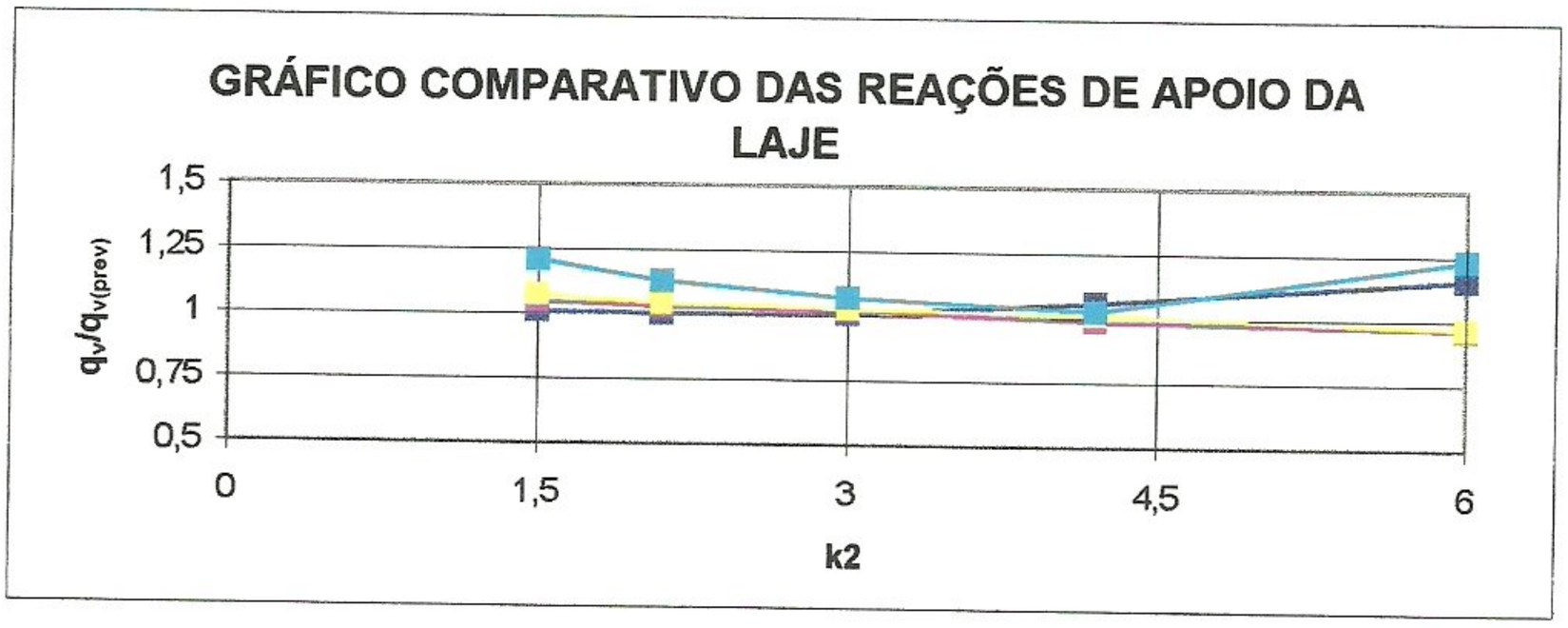
LEGENDA	
	laje
	viga v1
	viga v2

Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) No modelo 80 as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

Fig. 5.24 - Gráficos carga x flecha - Sistema 1 - Modelos: 73 a 80



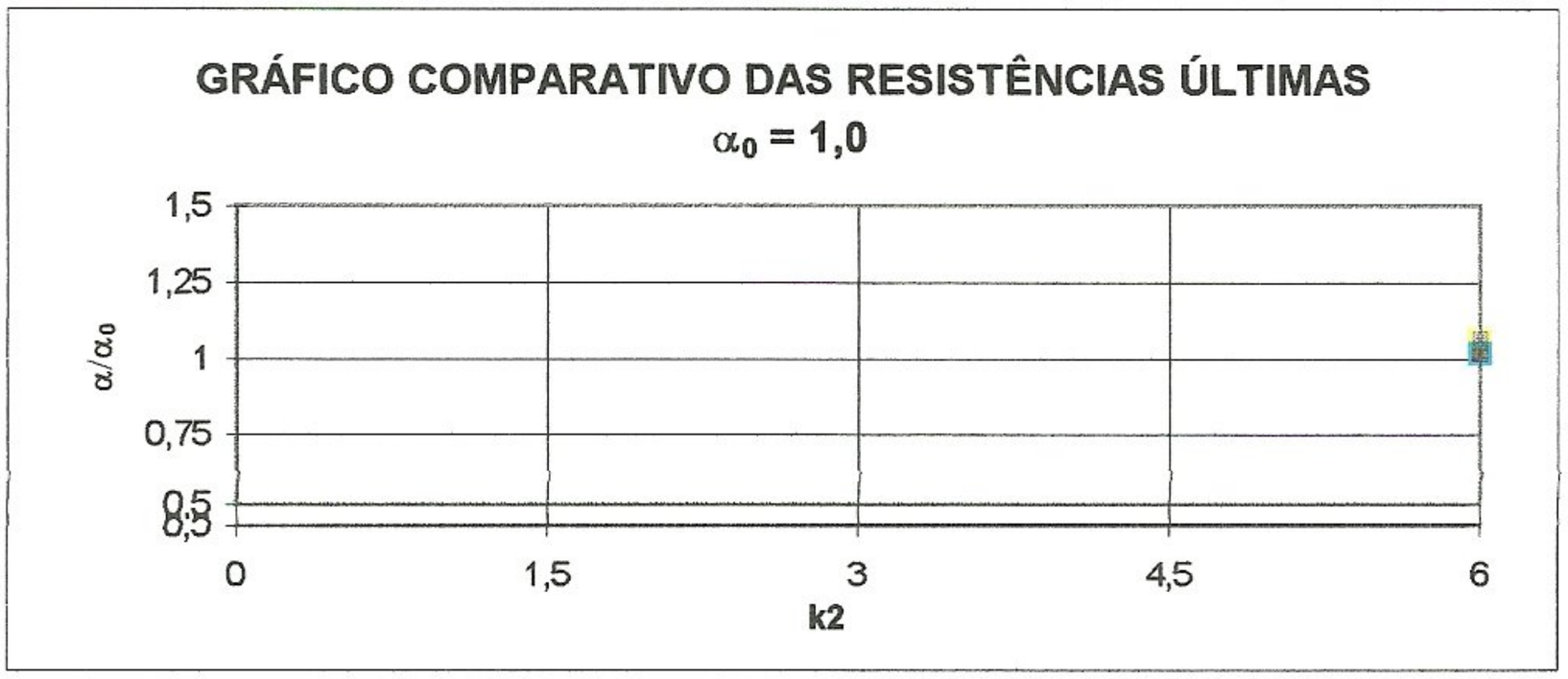


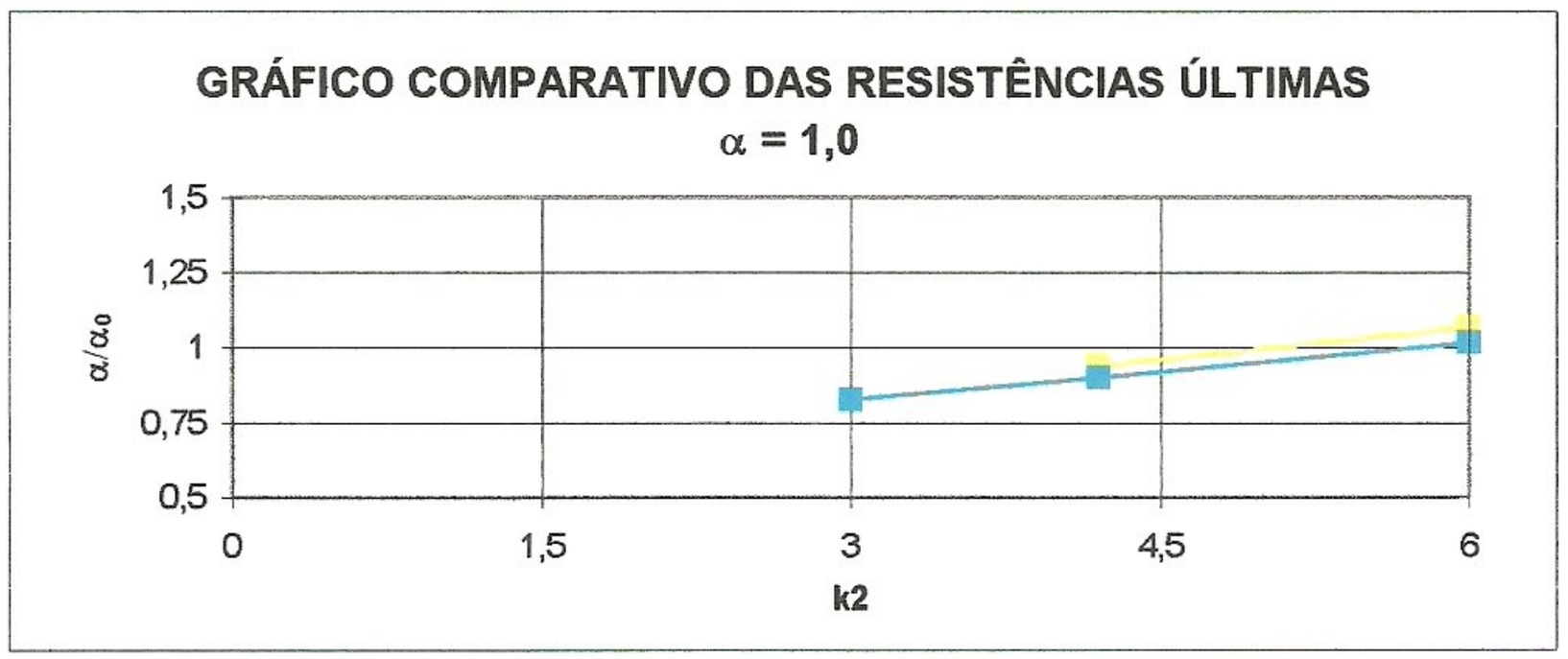


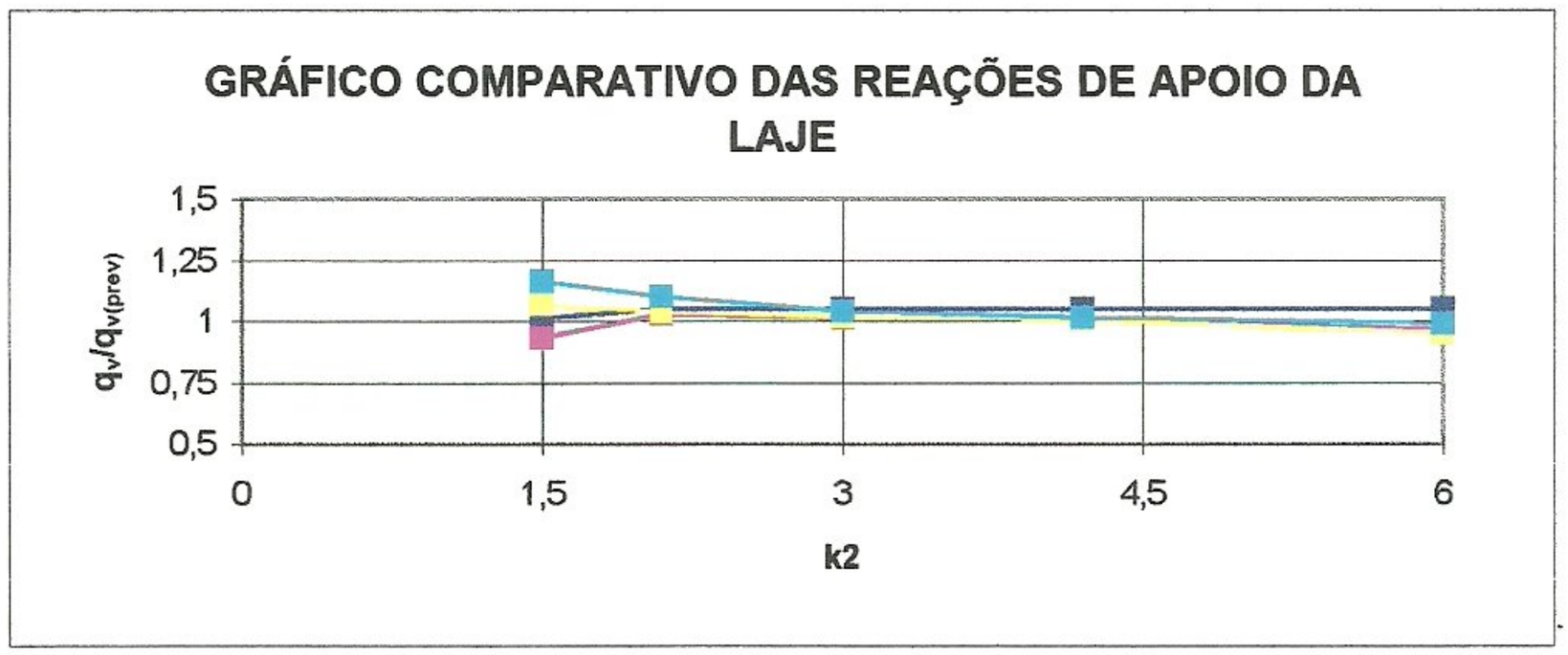
LEGENDA:

k3	simbolo	VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
		$\alpha_0 = 1,0$	$\alpha = 1,0$	REAÇÕES
1,00			6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
1,75		4,2; 6	4,2; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
2,00		6	4,2; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
3,00			6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6

Fig. 5.25 - Gráficos Comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 1 - Viga V1 - k1 = 7,0



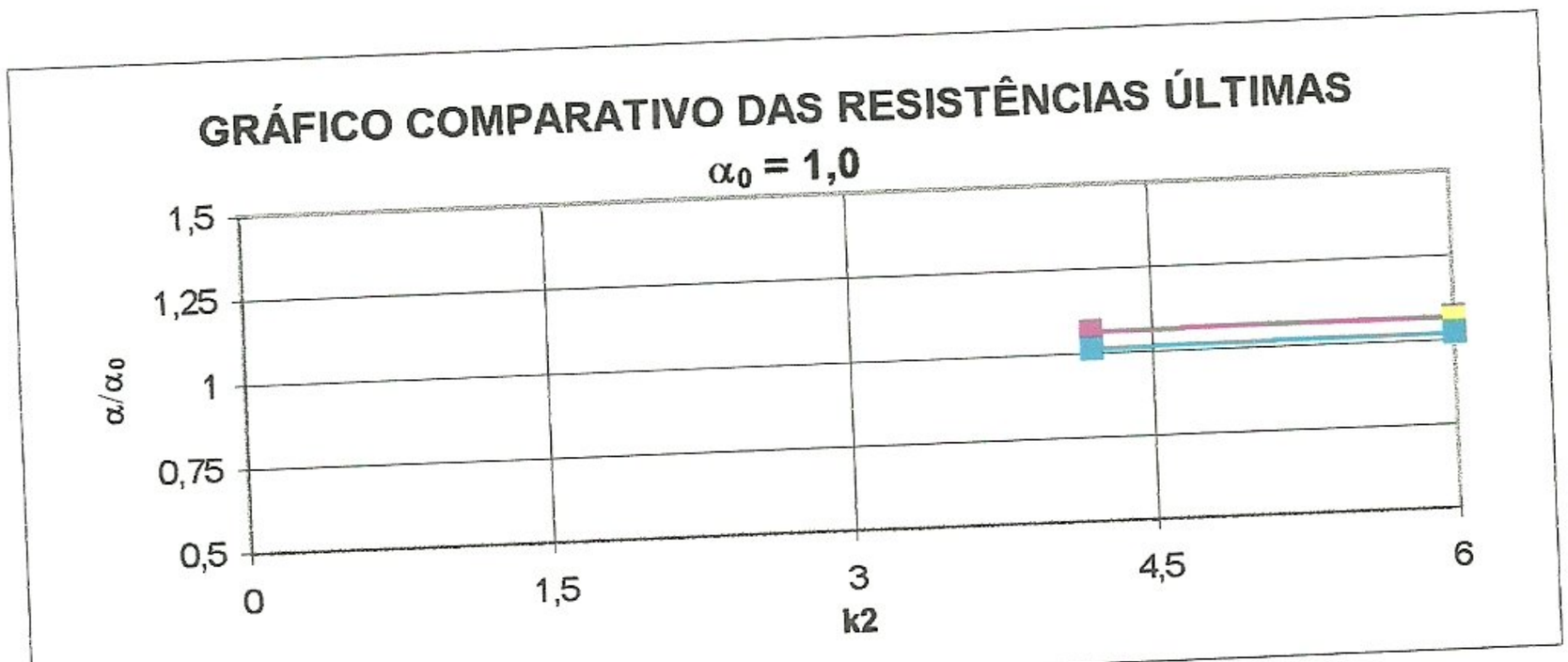


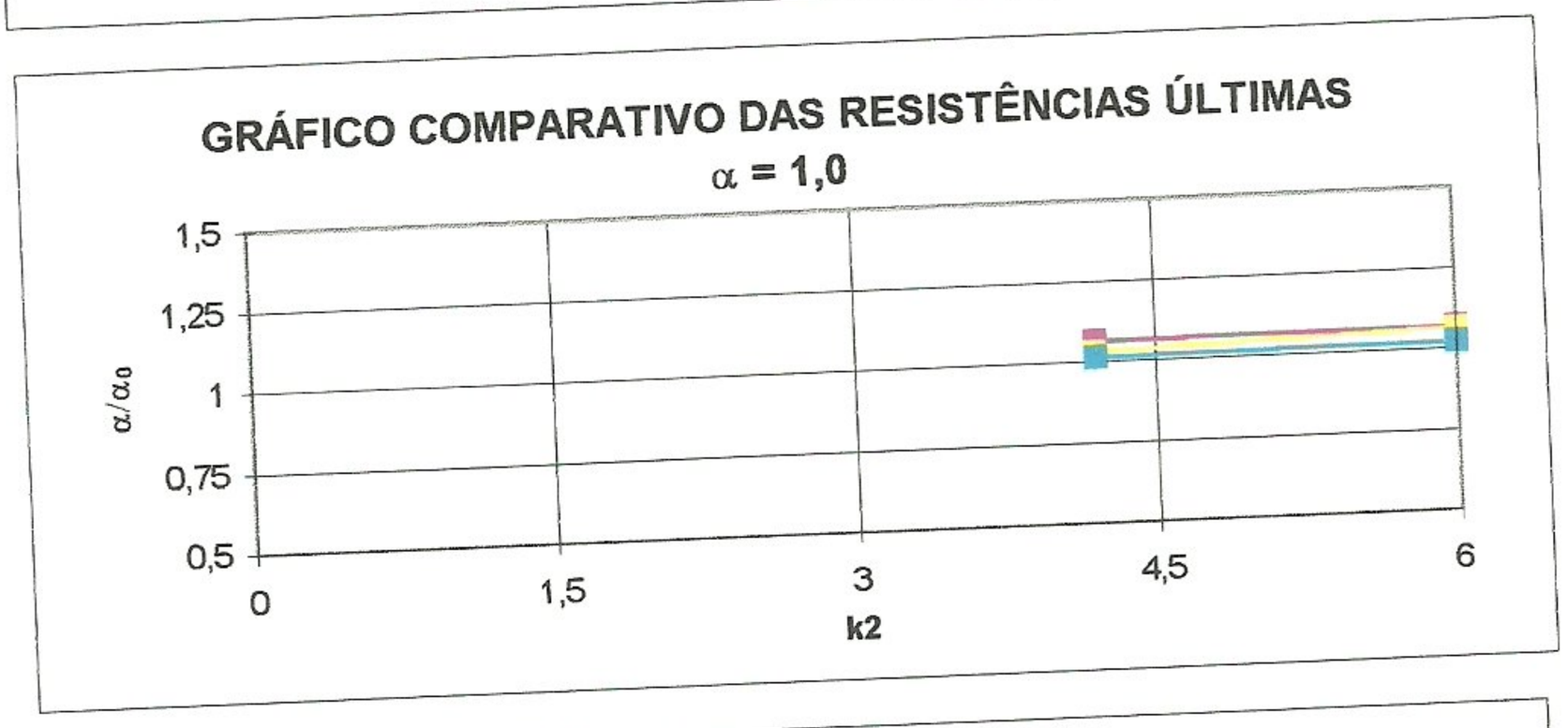


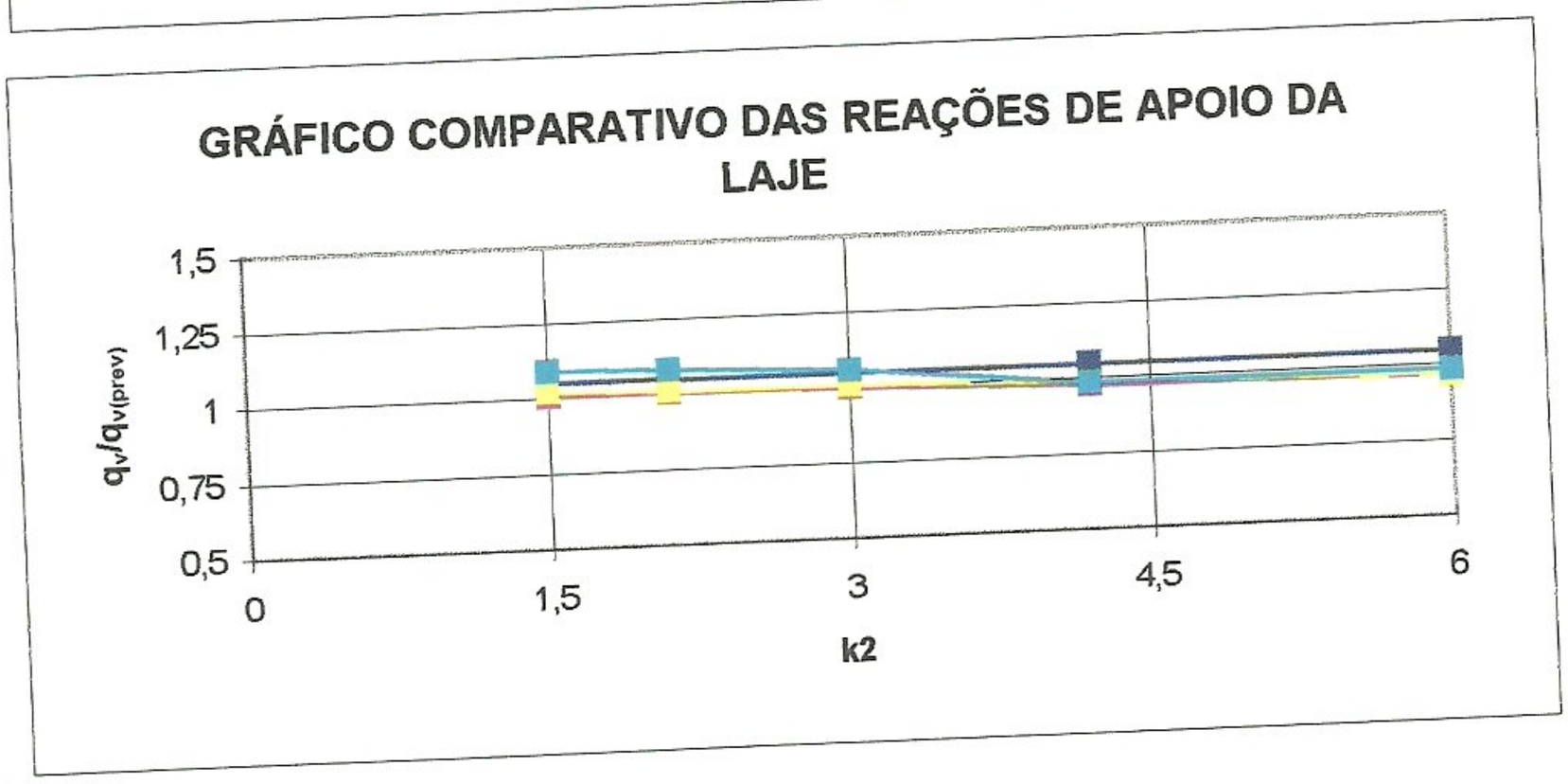
LEGENDA:

		VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
3,00				1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
1,75		6	6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
2,00		6	4,2; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
3,00		6	3; 4,2; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6

Fig. 5.26 - Gráficos Comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 1 - Viga V1 - k1 = 10,0



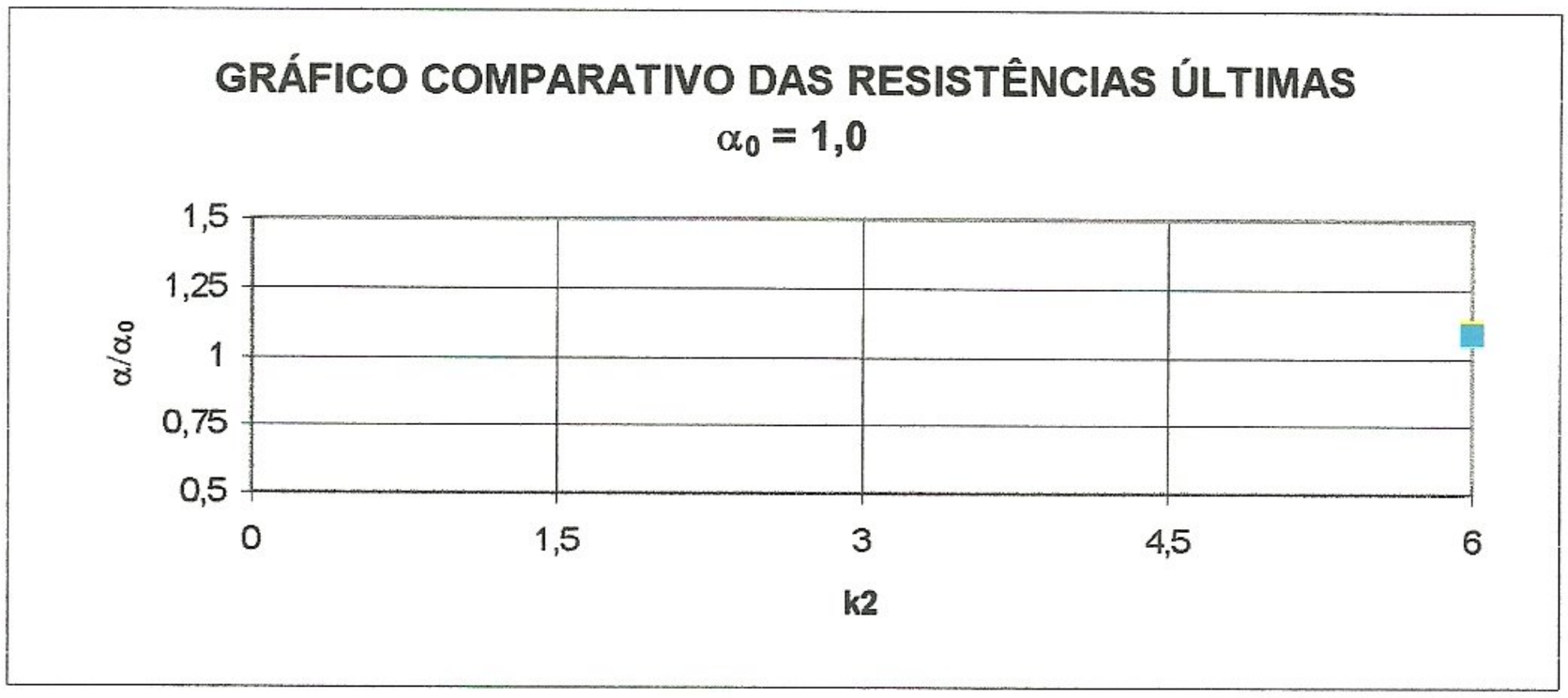


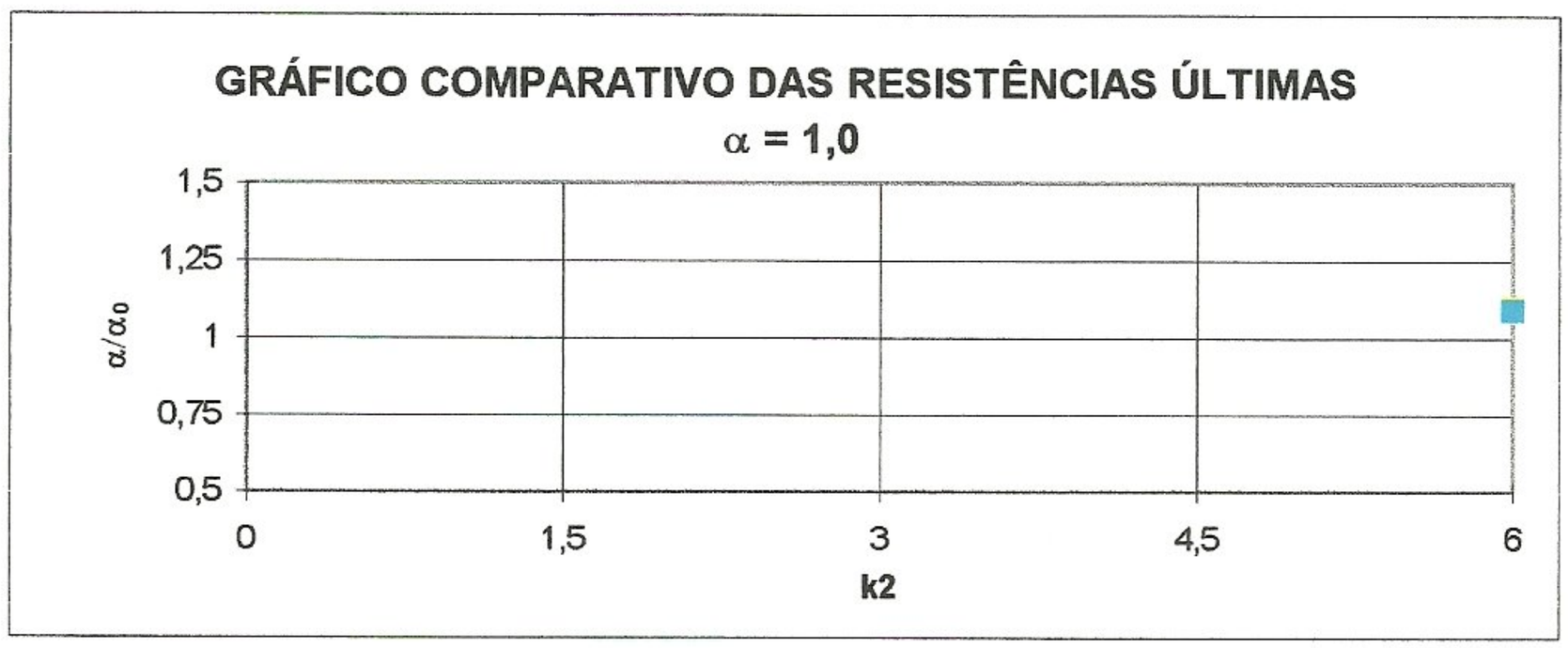


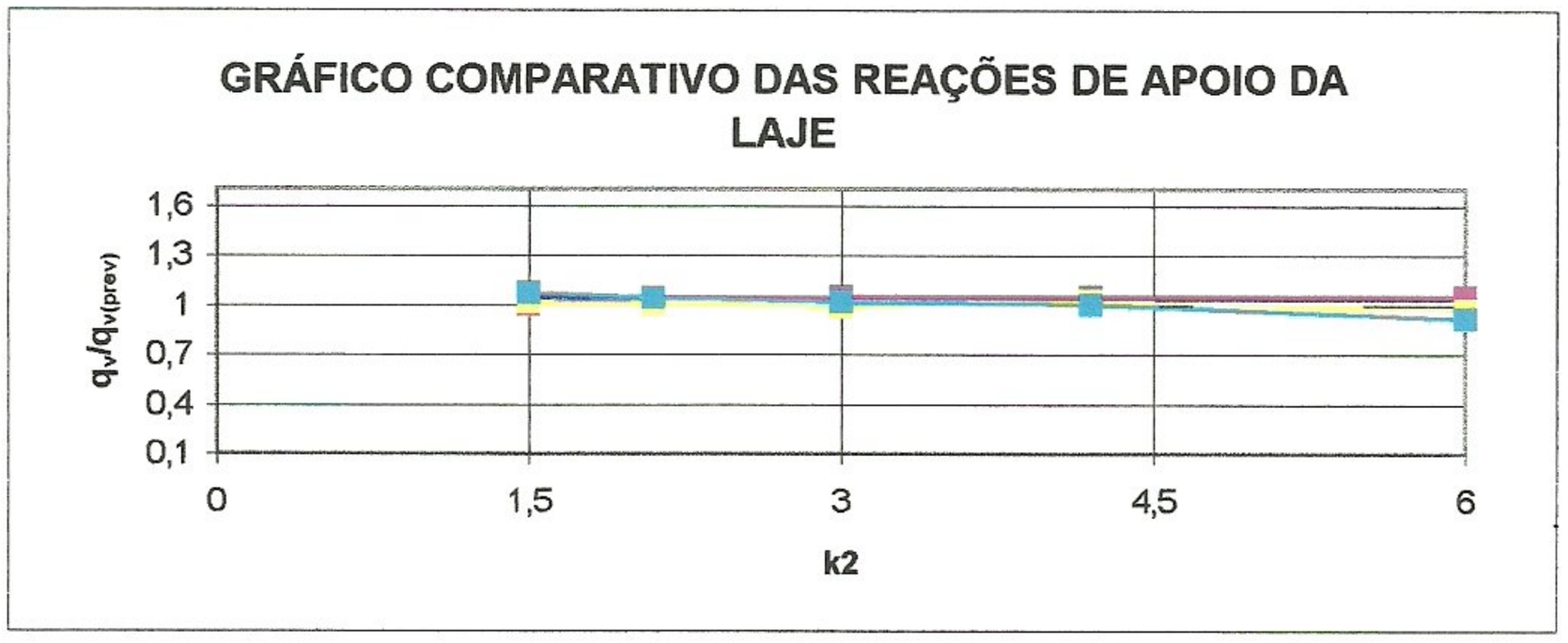
LEGENDA:

k3	simbolo	VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
		α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00				1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
1,75		4,2; 6	4,2; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
2,00		6	4,2; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
3,00		4,2; 6	4,2; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6

Fig. 5.27 - Gráficos Comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 1 - Viga V1 - k1 = 16,0



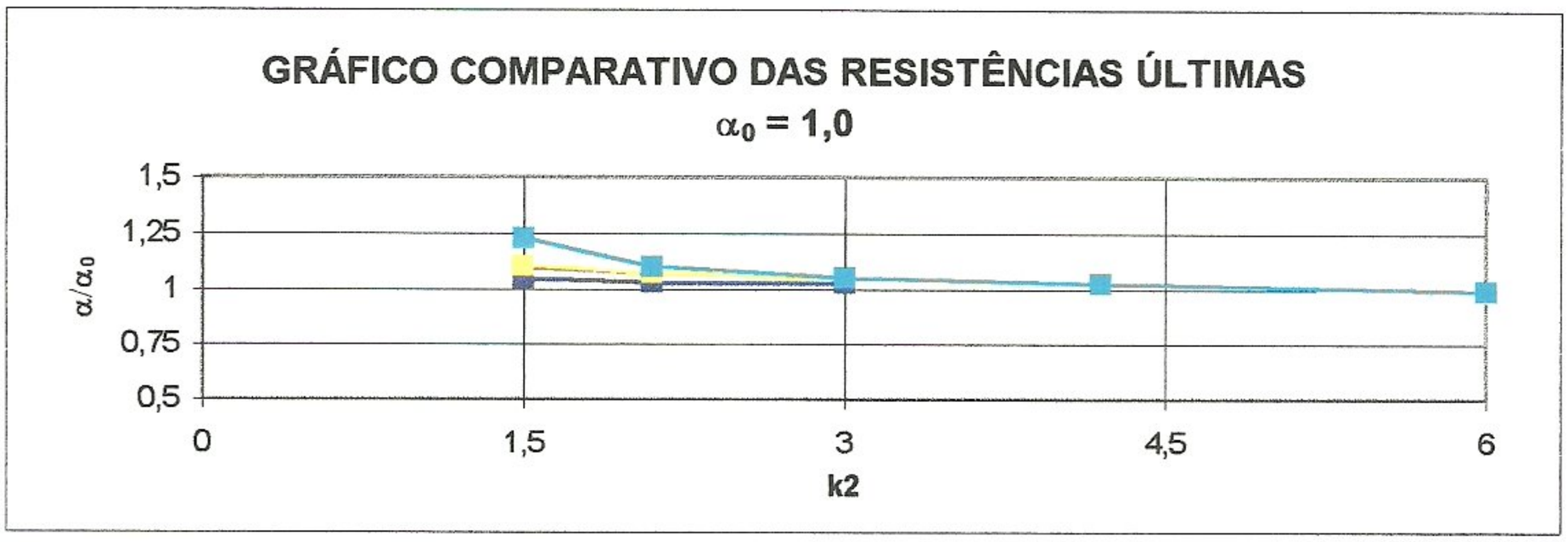


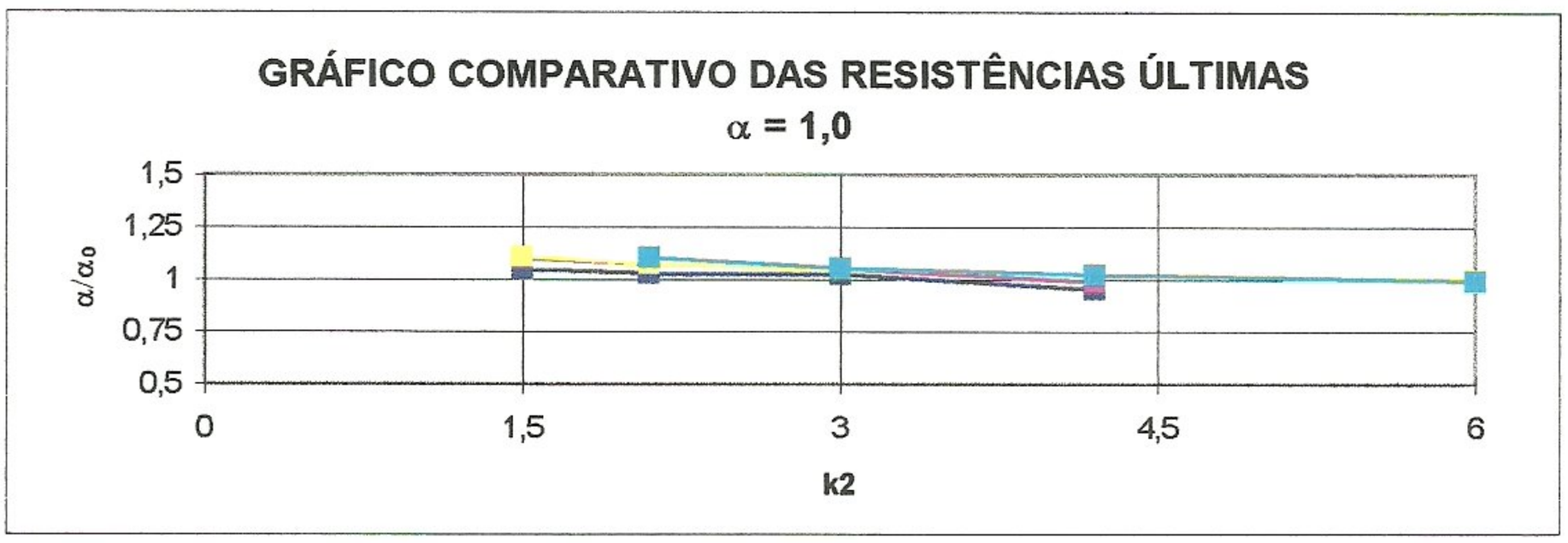


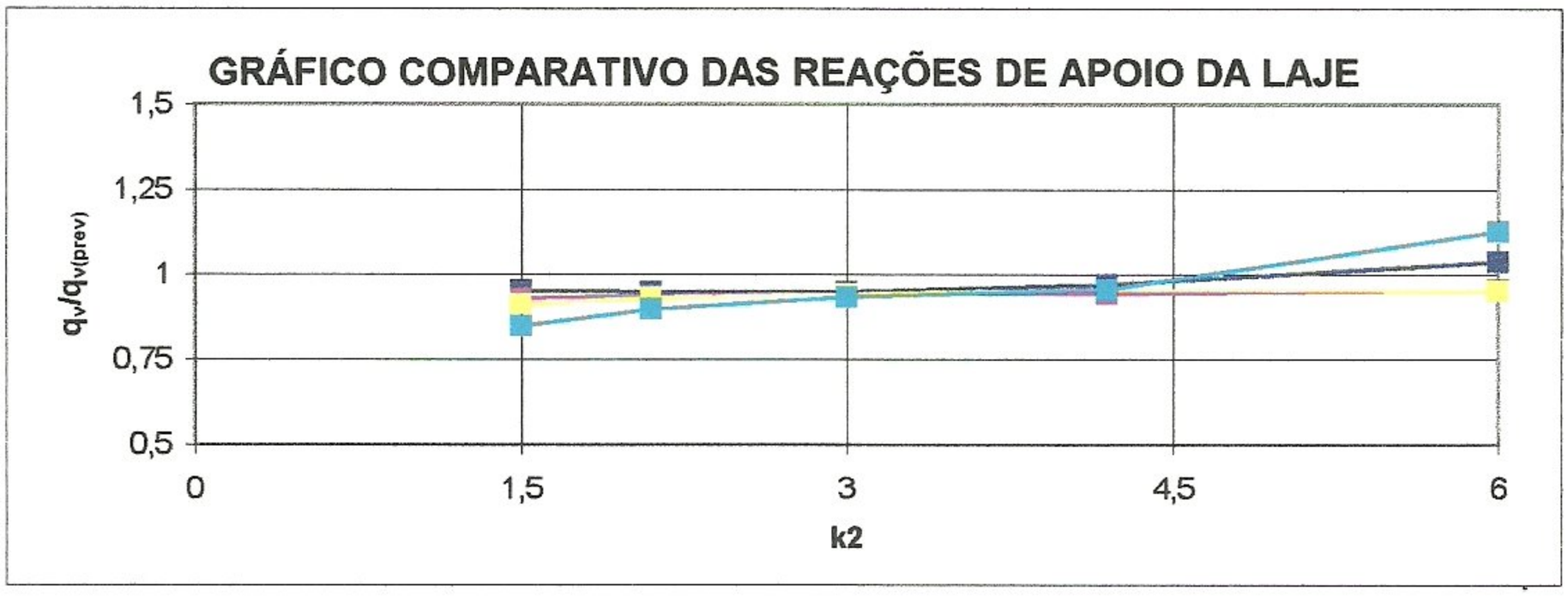
LEGENDA:

		VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00				1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
1,75				1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
2,00		6	6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
3,00		6	6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6

Fig. 5.28 - Gráficos Comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 1 - Viga V1 - k1 = 24,0



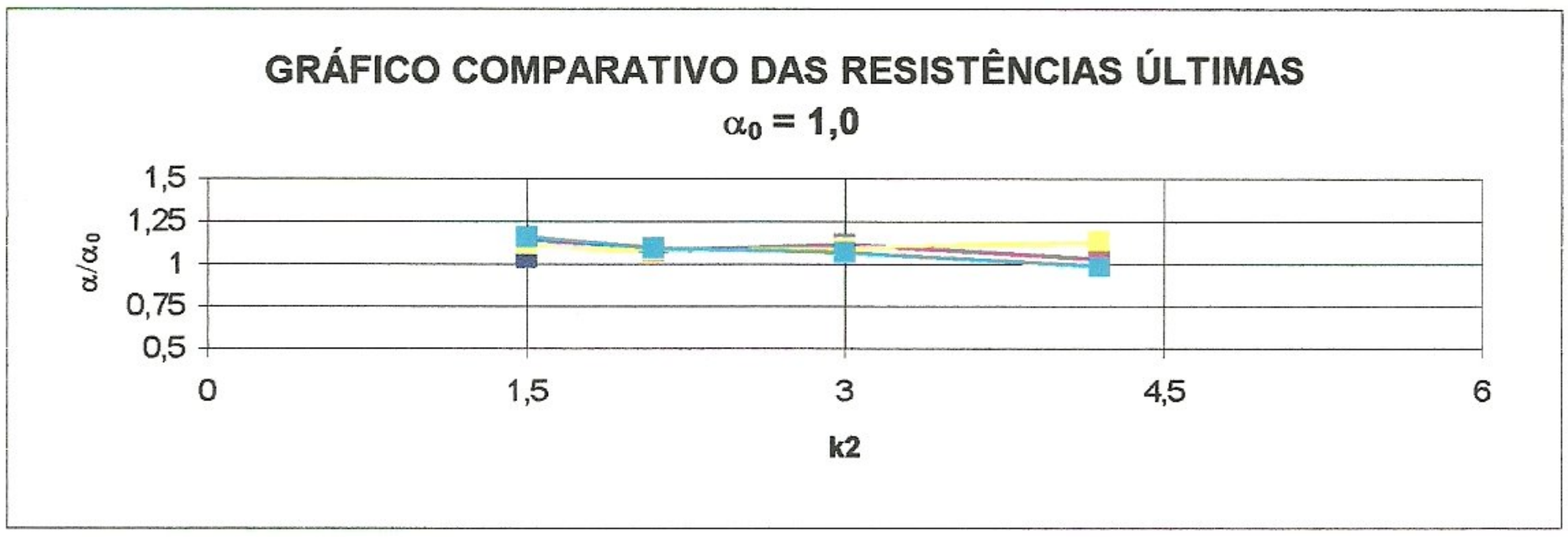


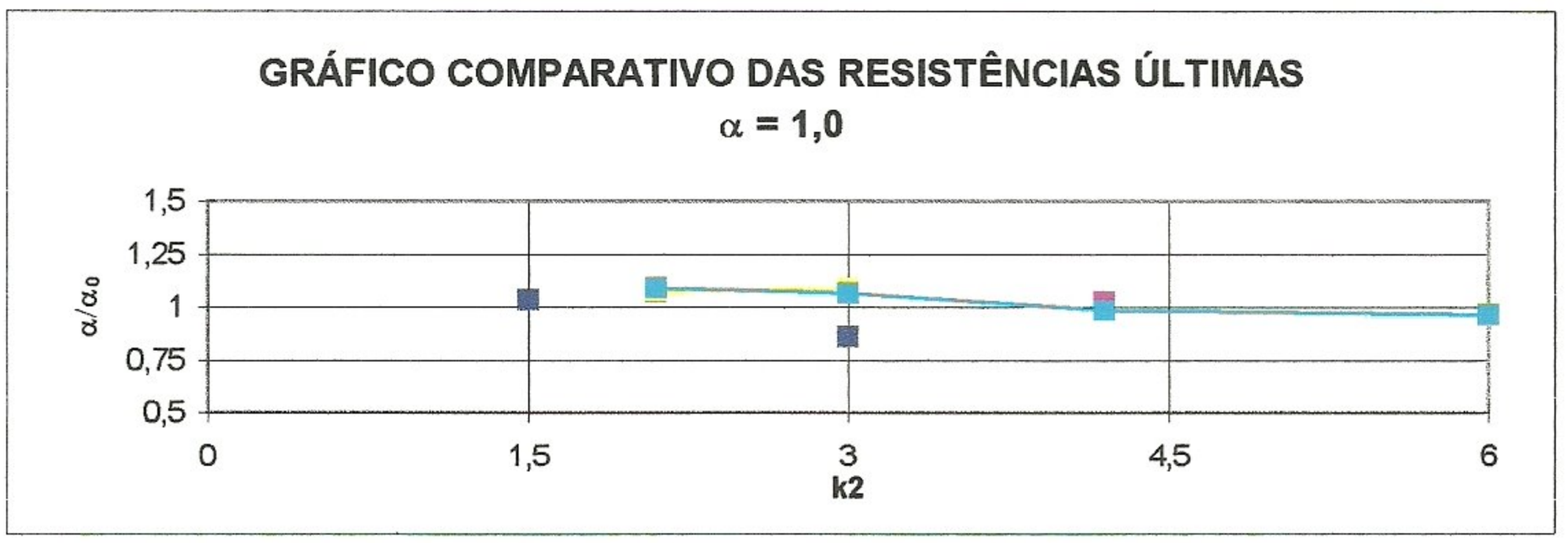


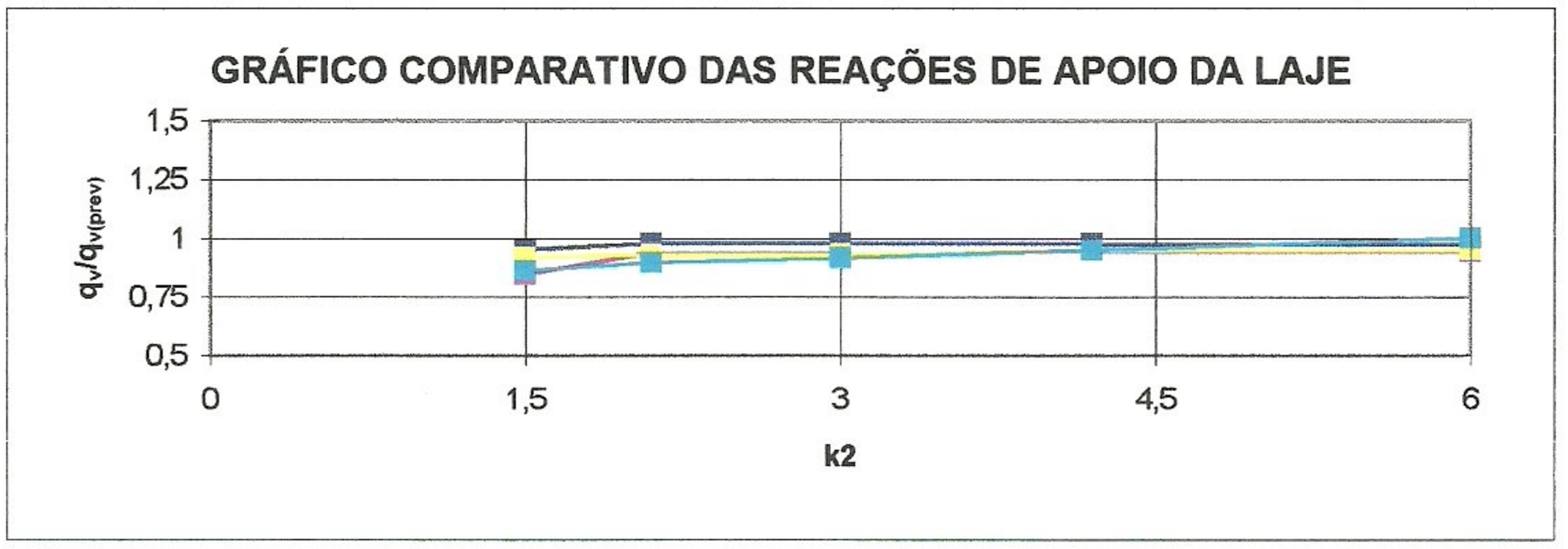
LEGENDA:

		VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00		1,5; 2,1; 3	1,5; 2,1; 3; 4.2	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
1,75		1,5; 2,1; 3	1,5; 2,1; 3; 4.2	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
2,00		1,5; 2,1; 3; 4.2	1,5; 2,1; 3; 4.2; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
3,00		1,5; 2,1; 3; 4,2; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6

Fig. 5.29 - Gráficos Comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 1 - Viga V2 - k1 = 7,0



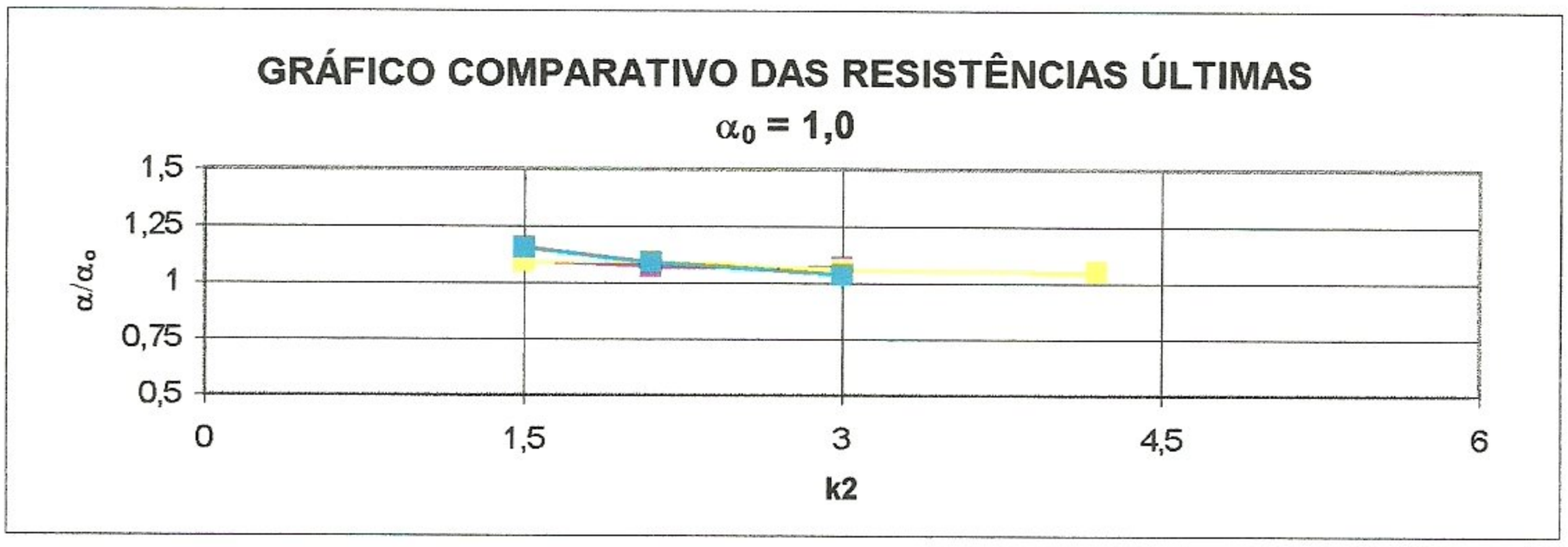


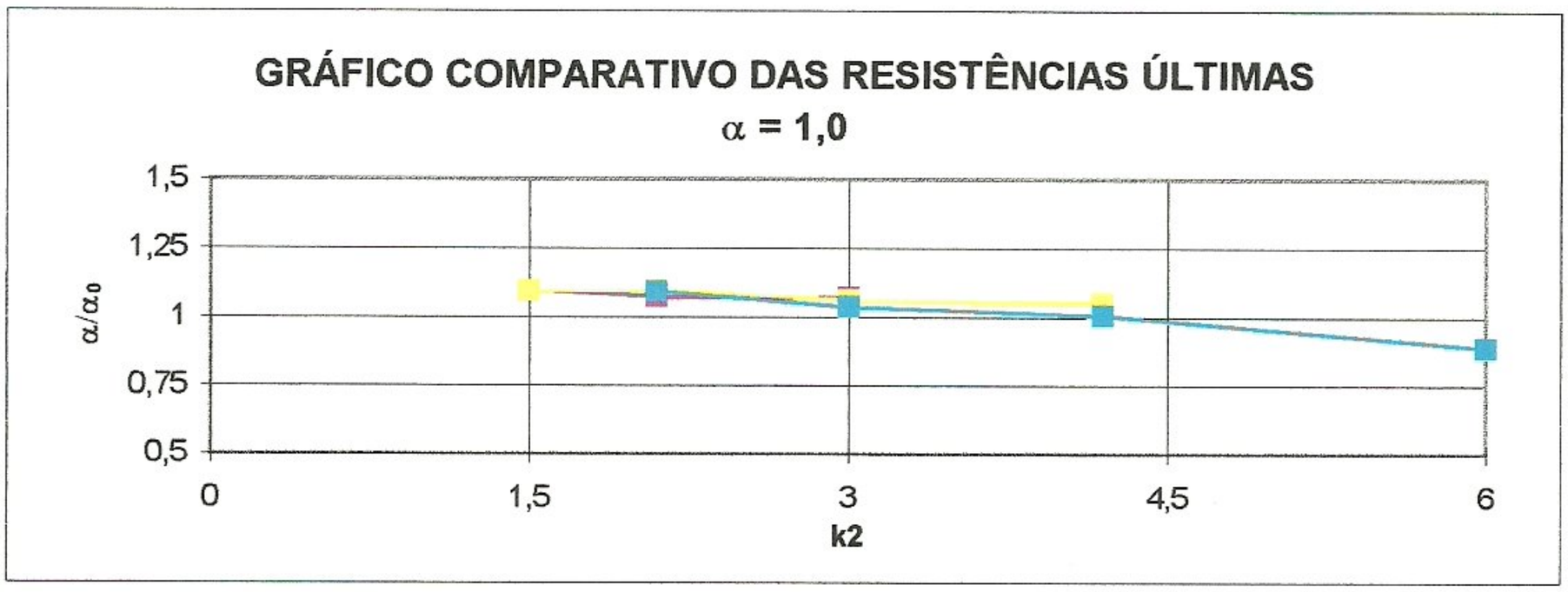


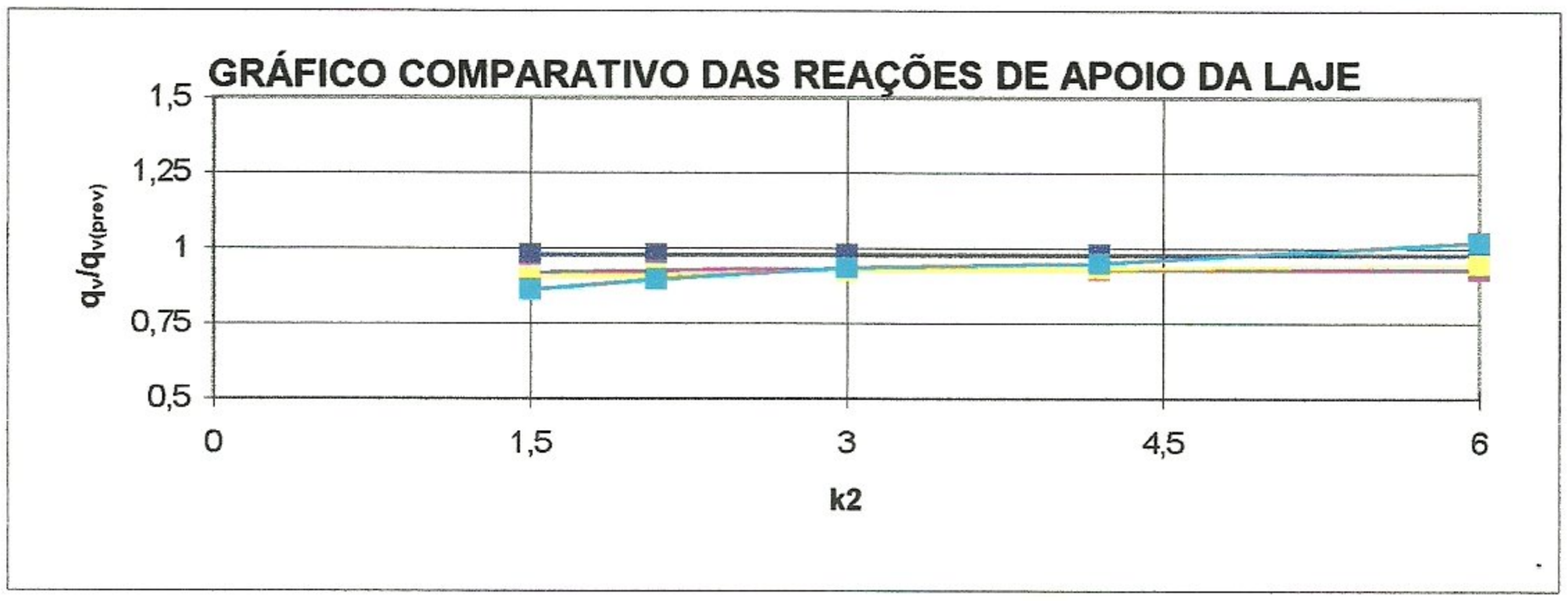
LEGENDA:

		VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00		1,5	1,5; 3	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
1,75		1,5; 2,1; 3; 4,2	2,1; 4,2	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
2,00		1,5; 2,1; 3; 4,2	2,1; 3; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
3,00		1,5; 2,1; 3; 4,2	2,1; 3; 4,2; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6

Fig. 5.30 - Gráficos Comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 1 - Viga V2 - k1 = 10,0



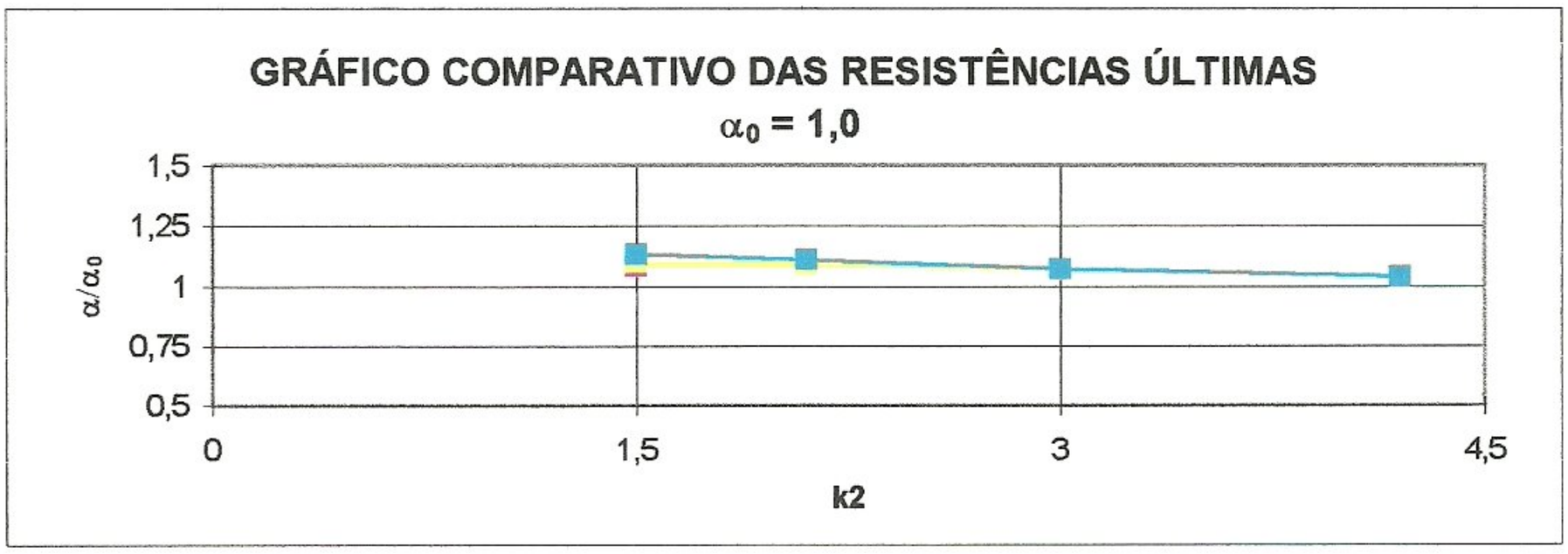


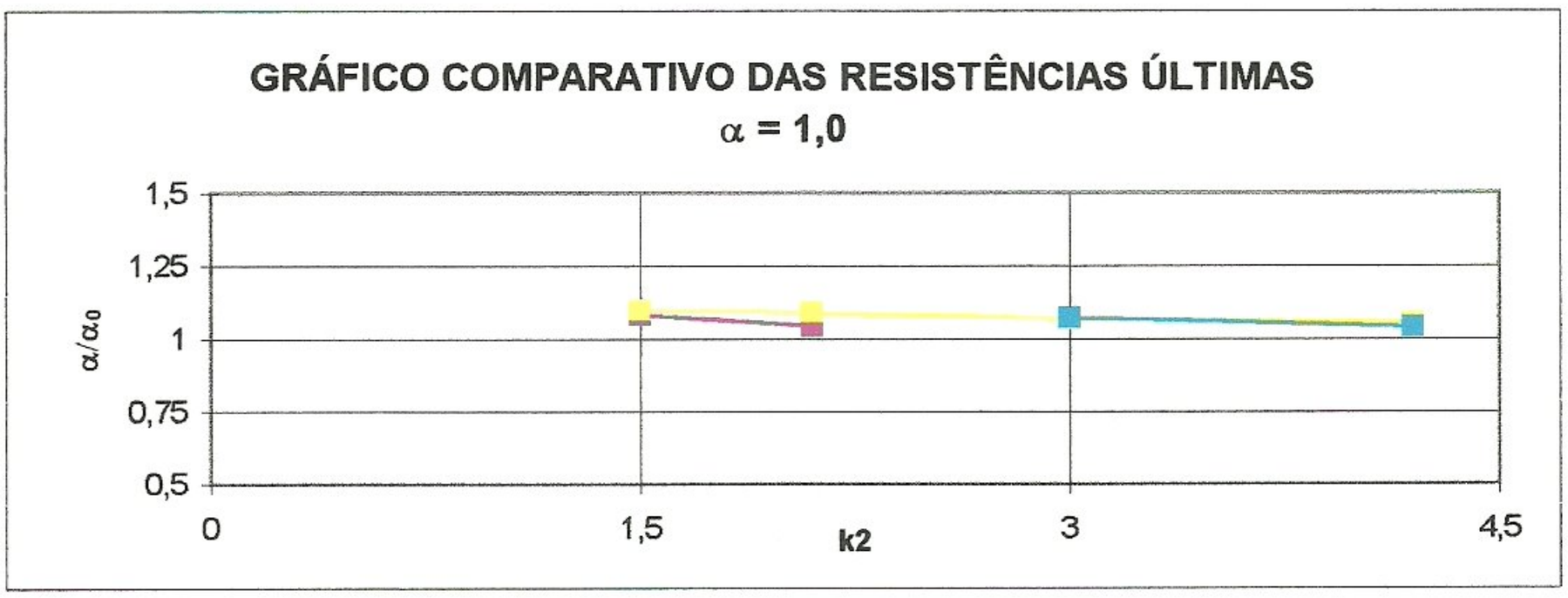


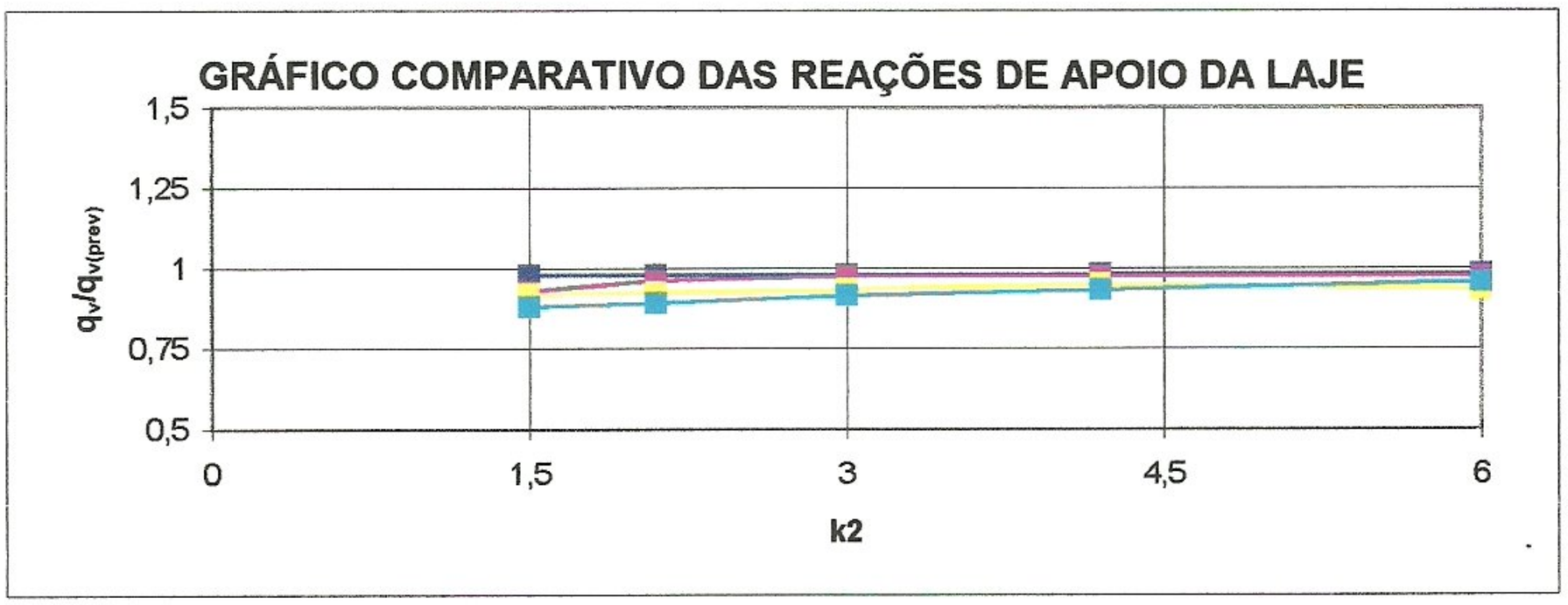
LEGENDA:

		VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00				1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
1,75		1,5; 2,1; 3	1,5; 2,1; 3	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
2,00		1,5; 2,1; 3; 4,2	1,5; 2,1; 3; 4,2	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
3,00		1,5; 2,1; 3	2,1; 3; 4,2; 6	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6

Fig. 5.31 - Gráficos Comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 1 - Viga V2 - k1 = 16,0







LEGENDA:

		VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00				1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
1,75		1,5	1,5; 2,1	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
2,00		1,5; 2,1; 3	1,5; 2,1; 3; 4,2	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6
3,00		1,5; 2,1; 3; 4,2	3; 4,2	1,5; 2,1; 3; 4,2; 6

Fig. 5.32 - Gráficos Comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 1 - Viga V2 - k1 = 24,0

5.8.3 - ANÁLISE DO SISTEMA 2 - BORDAS TRANSVERSAIS APOIADAS EM VIGAS

O segundo sistema de piso analisado é composto por 7 vigas (Fig. 3.1) e a malha de elementos finitos utilizada é mostrada na Fig. 5.33. A estrutura deformada é ilustrada na Fig. 5.34. São analisados 74 casos, 54 casos sem variação dos parâmetros k5 e k6, 8 casos variando k5 e 12 casos variando k6, conforme tabela 4.2.

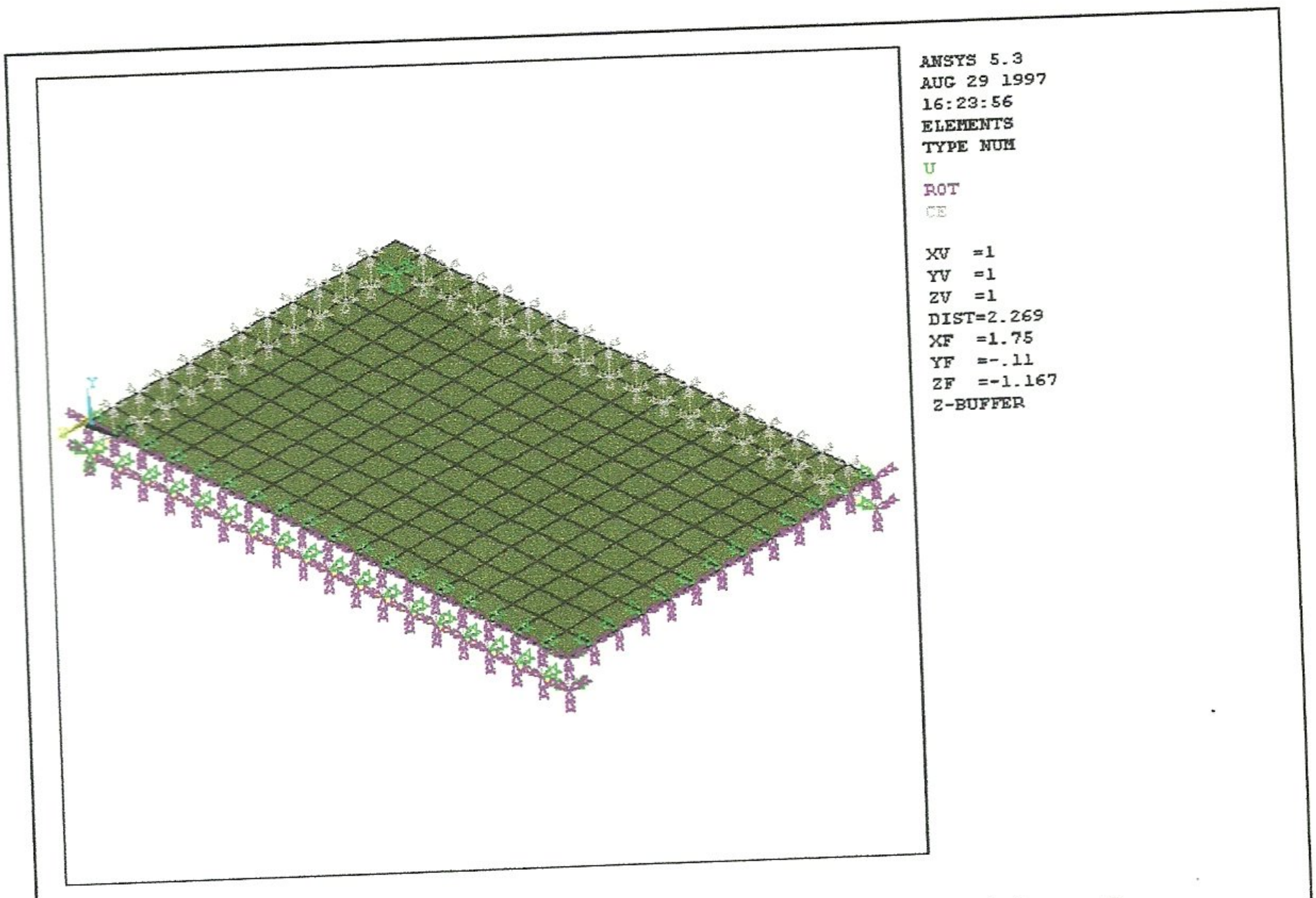


Fig. 5.33 - Malha gerada pela discretização do sistema 2

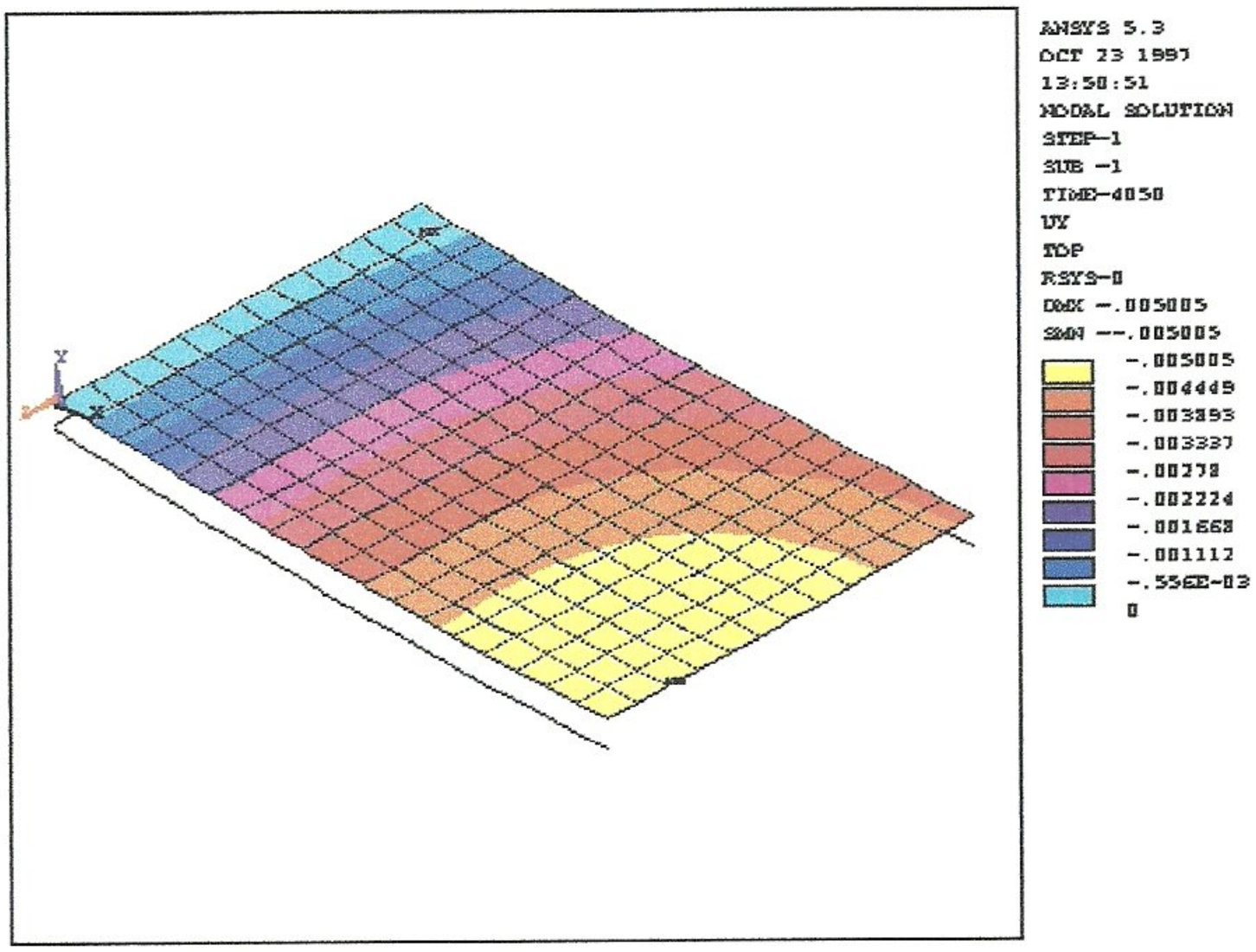


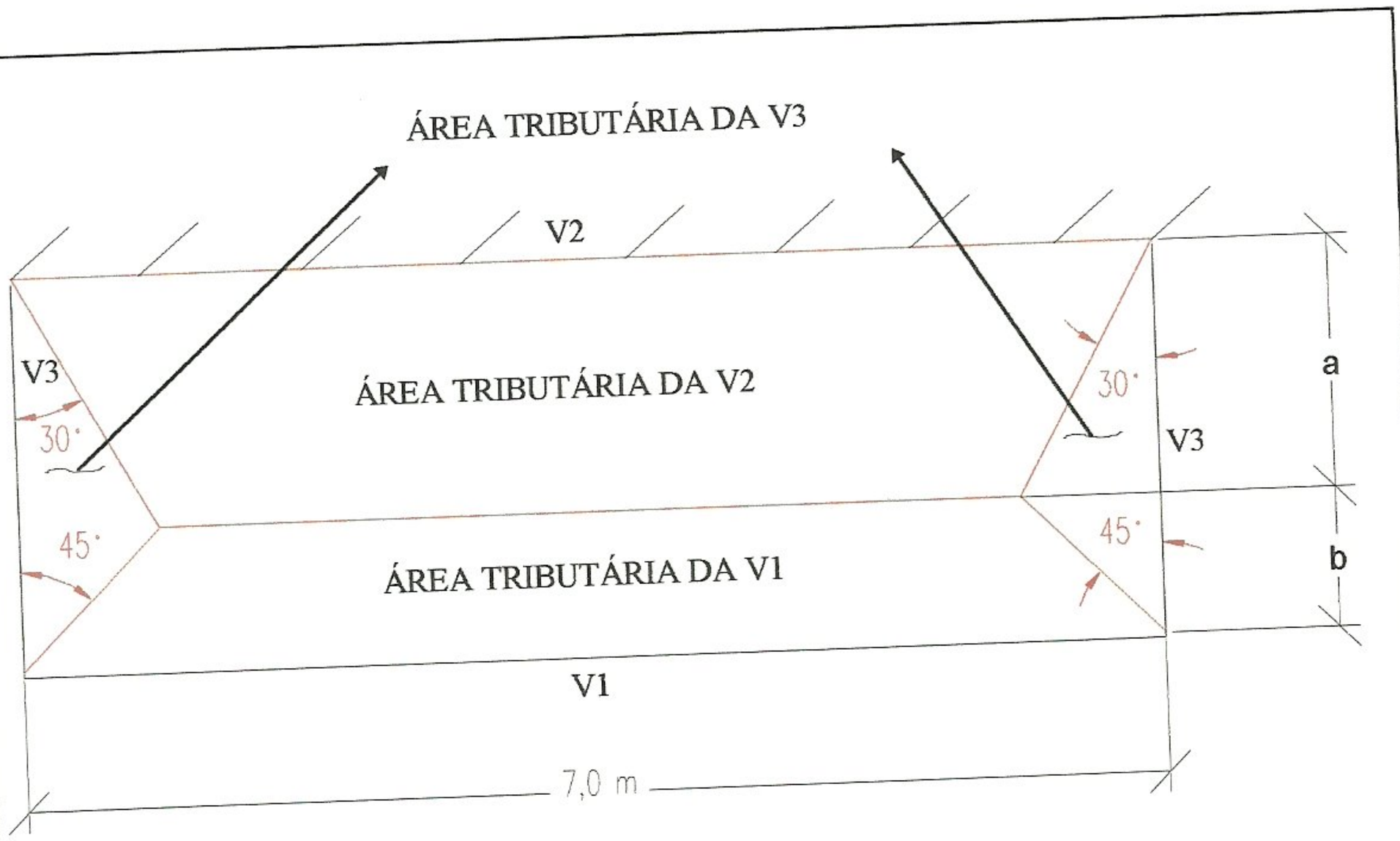
Fig. 5.34 - Estrutura deformada - Sistema 2

O cálculo usual das cargas nas vigas deste sistema é realizado através da teoria de charneiras plásticas, como permitido pela norma brasileira NBR 6118 [7]. (Fig. 5.35).

As cargas previstas na laje para plastificação da mesma, variando de acordo com o parâmetro k3 (relação de vãos), são indicadas na tabela 5.3.

Tabela 5. 3 - Cargas previstas na laje para plastificação da mesma

	Q (kN/m^2)		
k3	**t_c = 10 cm**	**t_c = 13 cm**	**t_c = 8 cm**
1,00	26,04	44,01	--
1,75	55,61	--	--
3,00	131,31	--	84,04



Nota: As charneiras plásticas estão em vermelho

Fig. 5.35 - Charneiras plásticas do sistema de piso misto 2

As cargas previstas na laje para plastificação das vigas são indicadas na tabela 5.4, em função do parâmetro k3 (M_n = momento de plastificação previsto para a viga)

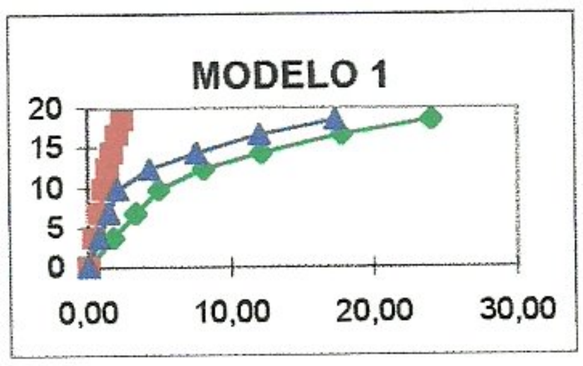
Tabela 5. 4 - Cargas previstas na laje para plastificação das vigas

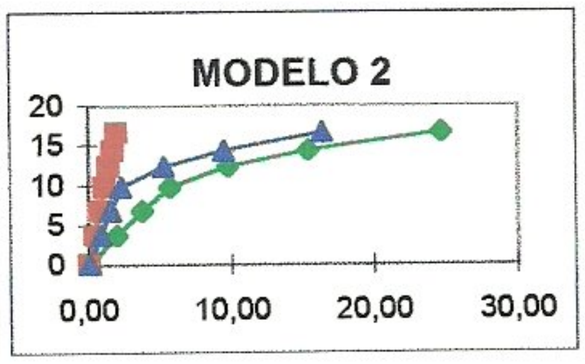
	Q (kN/m²)		
k3	***viga V1 (L =7,00)***	***viga V2 (L = 7,00)***	***viga V3 (L= var.)***
1,00	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}232}$	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}804}$	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}183}$
1,75	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}165}$	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}573}$	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}06}$
3,00	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}107}$	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}37}$	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}02}$

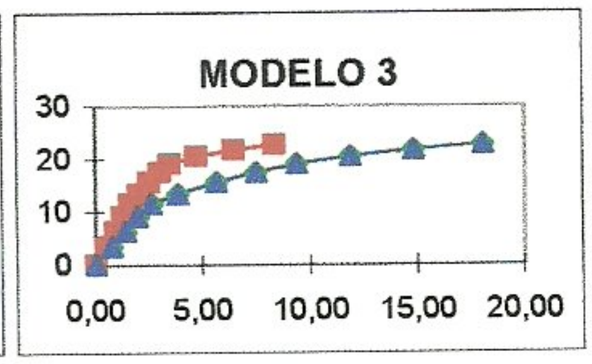
5.8.3.1 - RESULTADOS OBTIDOS PARA O SISTEMA 2

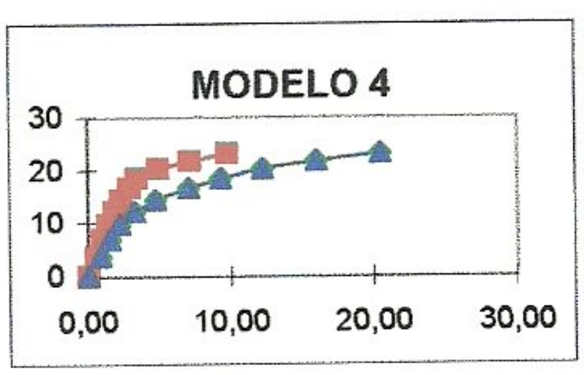
Os gráficos carga x flecha para carregamento incremental, sem variação dos parâmetros k5 e k6, estão ilustrados nas figuras 5.36 a 5.38; com variação do parâmetro k5 na Fig. 5.39 e com variação do parâmetro k6 na Fig. 5.40.

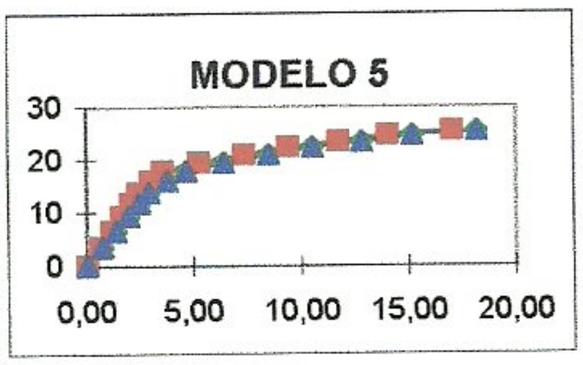
Os gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio, sem variação dos parâmetros k5 e k6, estão ilustrados nas figuras 5.41 a 5.46; com variação do parâmetro k5 nas figuras 5.47 a 5.50 e com variação do parâmetro k6 nas figuras 5.51 a 5.54. Para significados dos símbolos utilizados nos gráficos ver item 5.8.2.1.

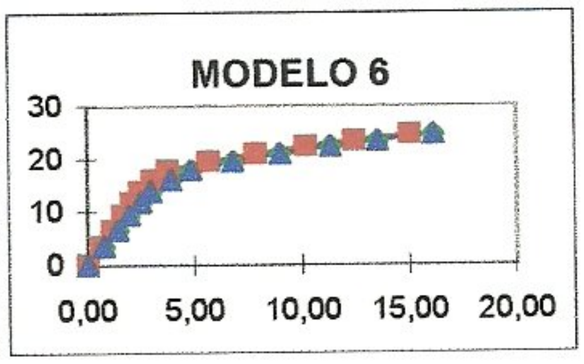


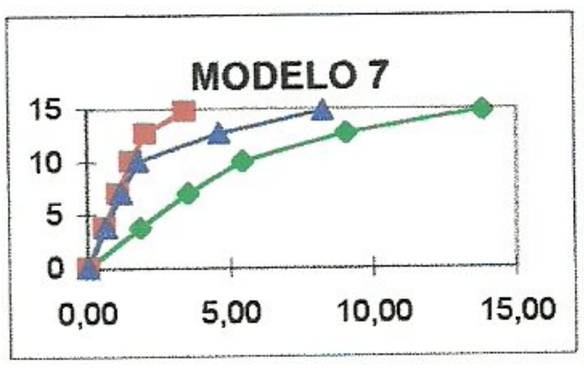


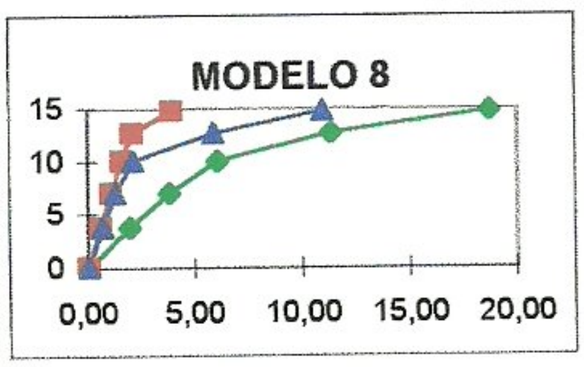


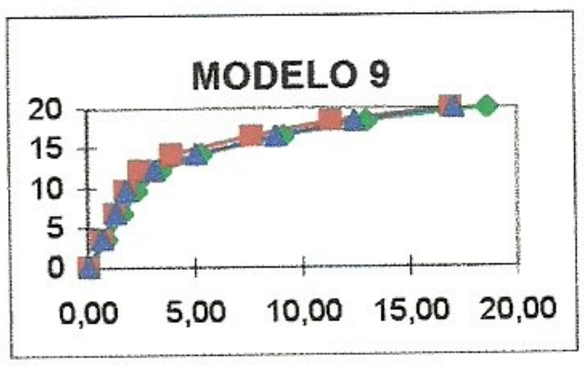


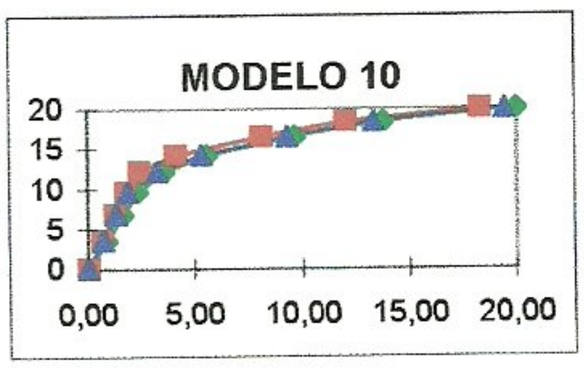


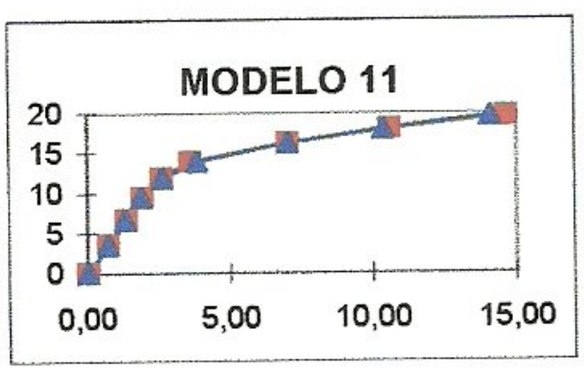


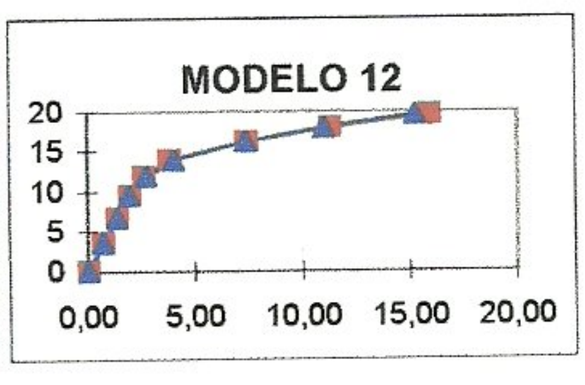


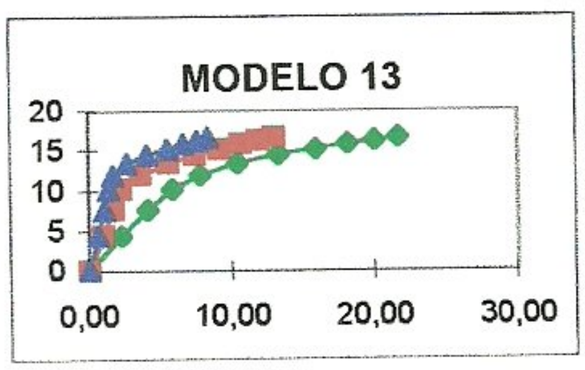


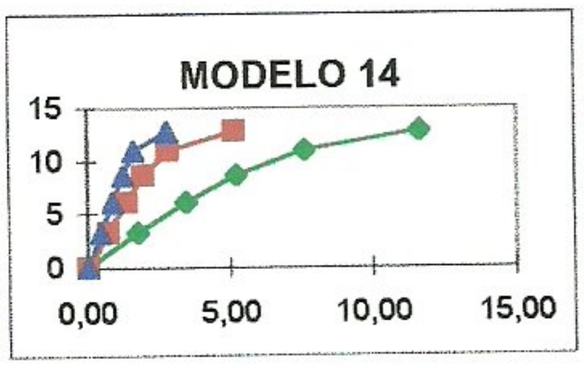


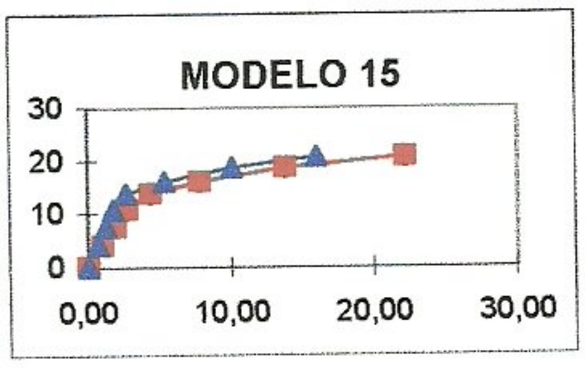


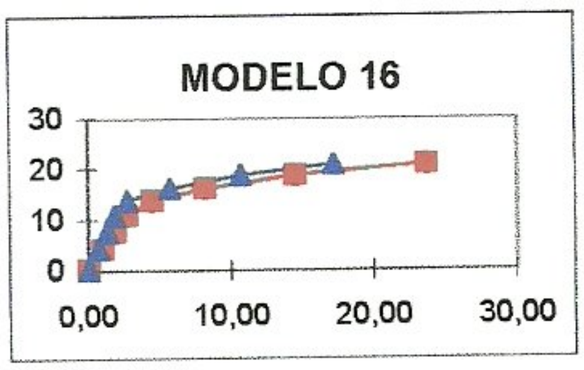


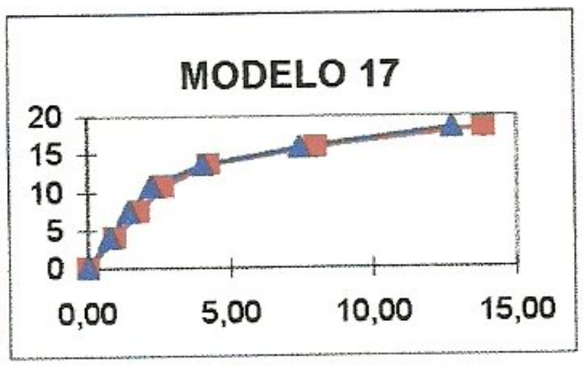


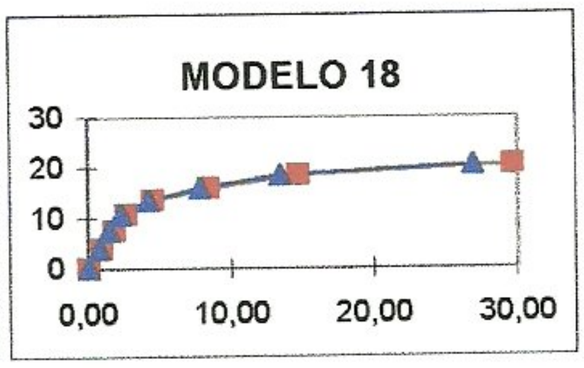








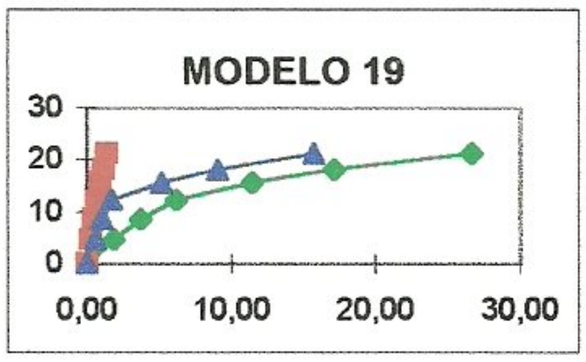


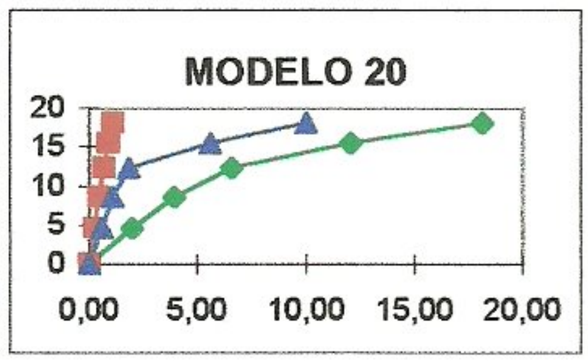


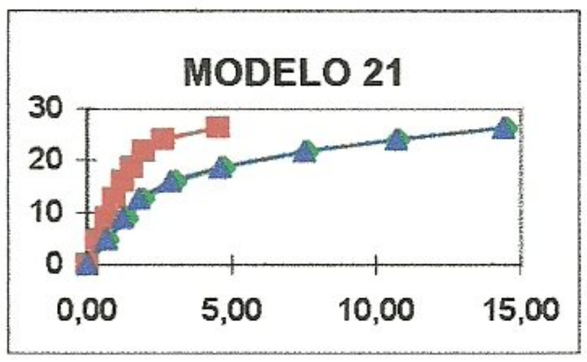
LEGENDA	
	laje
	viga V1
	viga V2

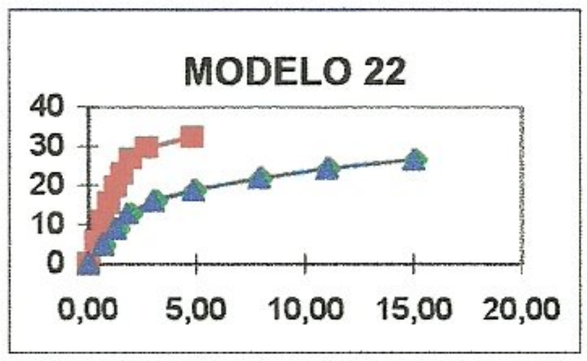
Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) Nos modelos 3, 4, 5 e 6 as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 11, 12, 15, 16, 17 e 18 as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

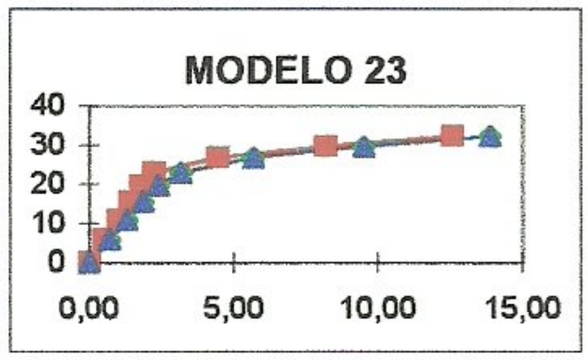
Fig. 5.36 - Gráficos carga x flecha - Sistema 2 - Modelos: 1 a 18

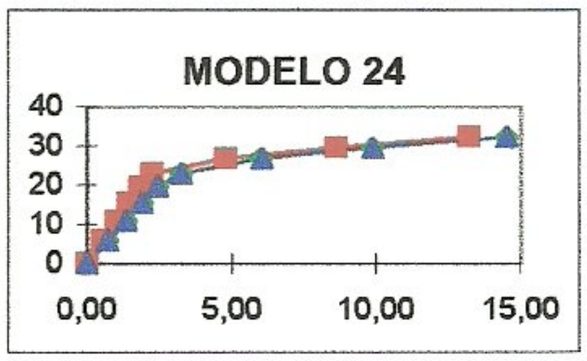


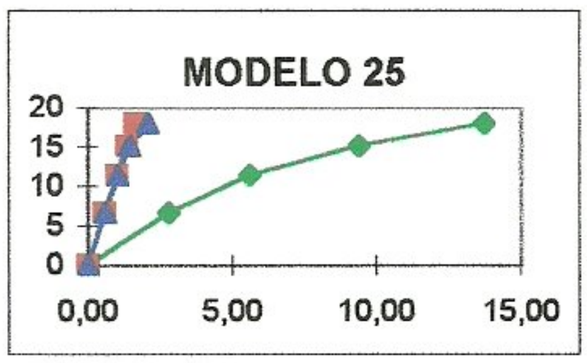


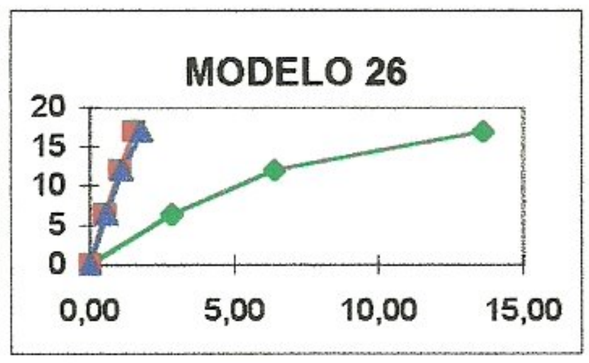


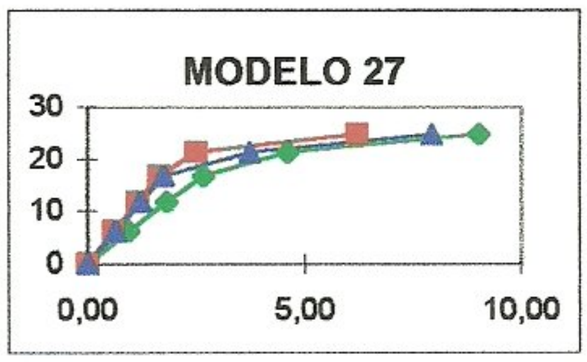


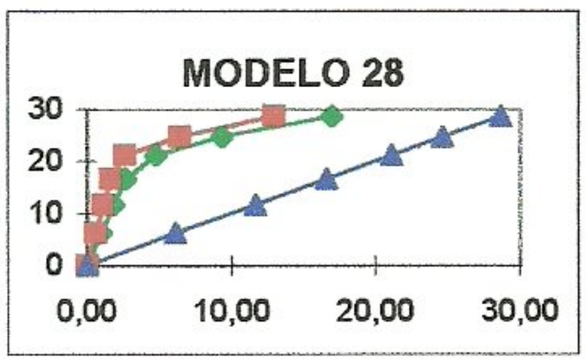


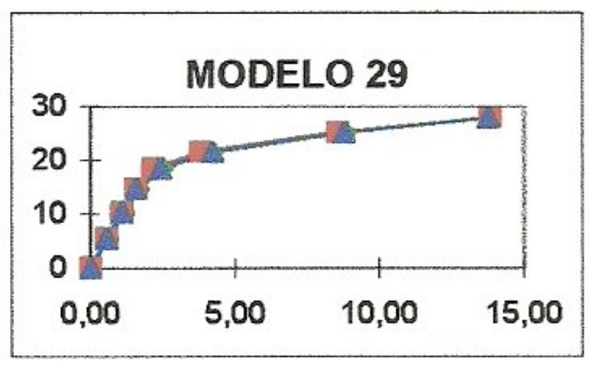


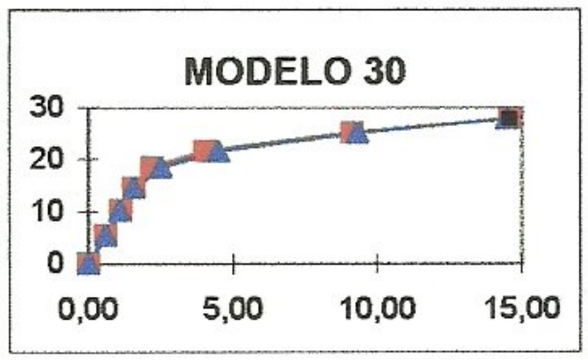


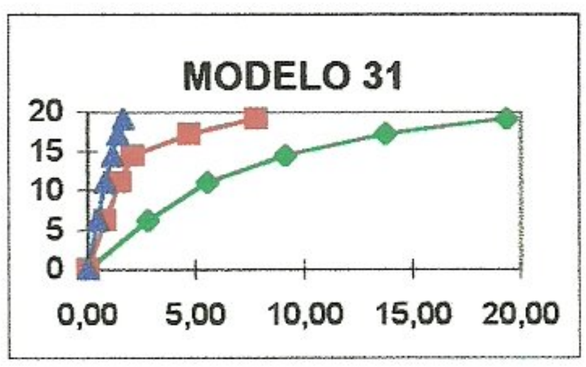


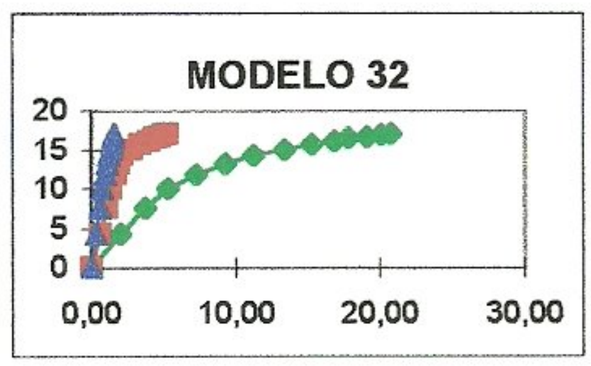


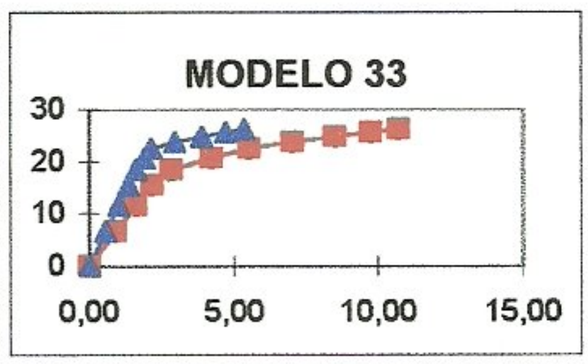


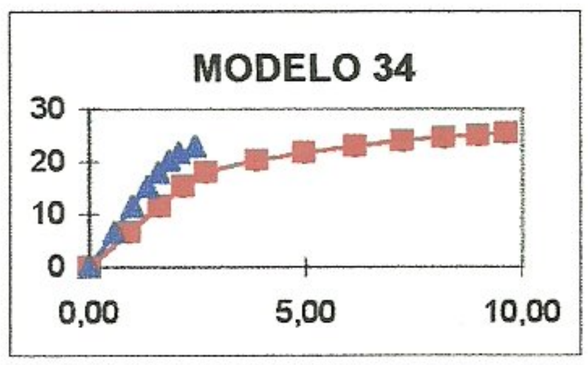


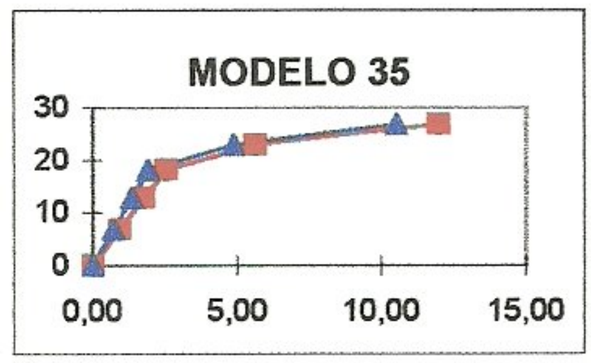


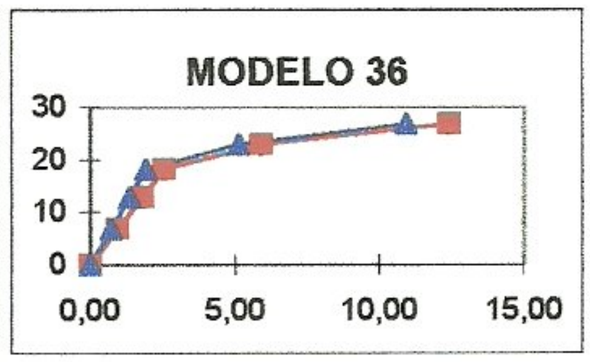








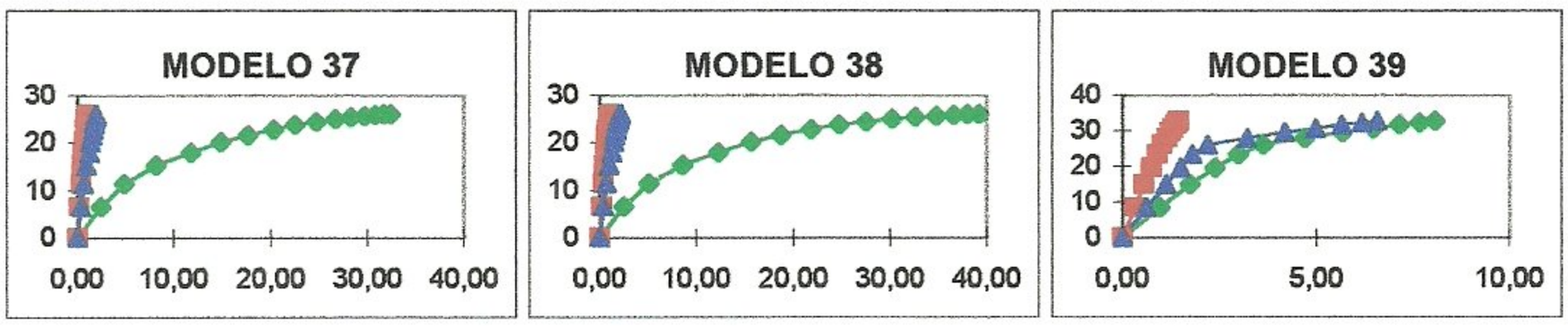


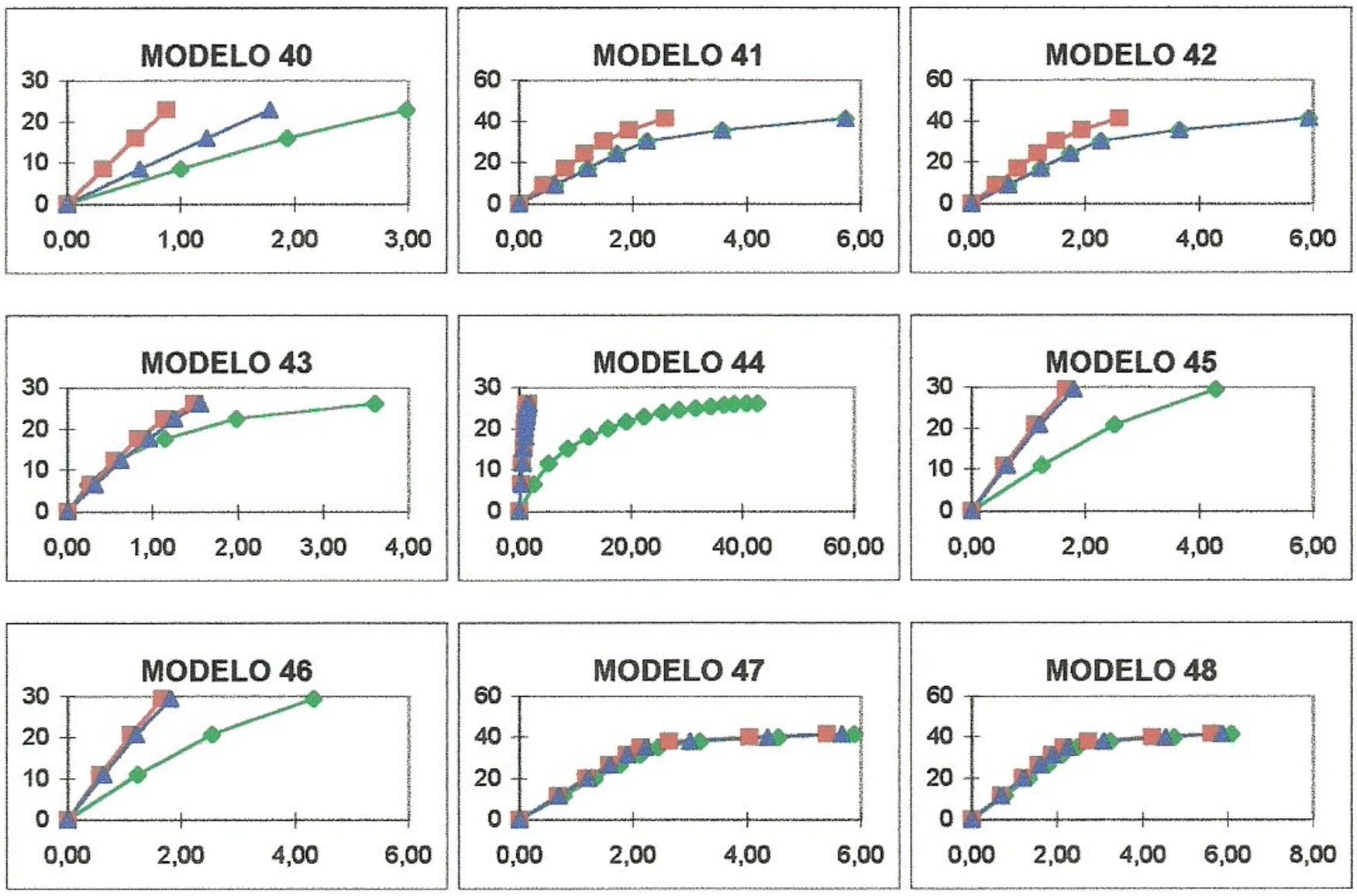


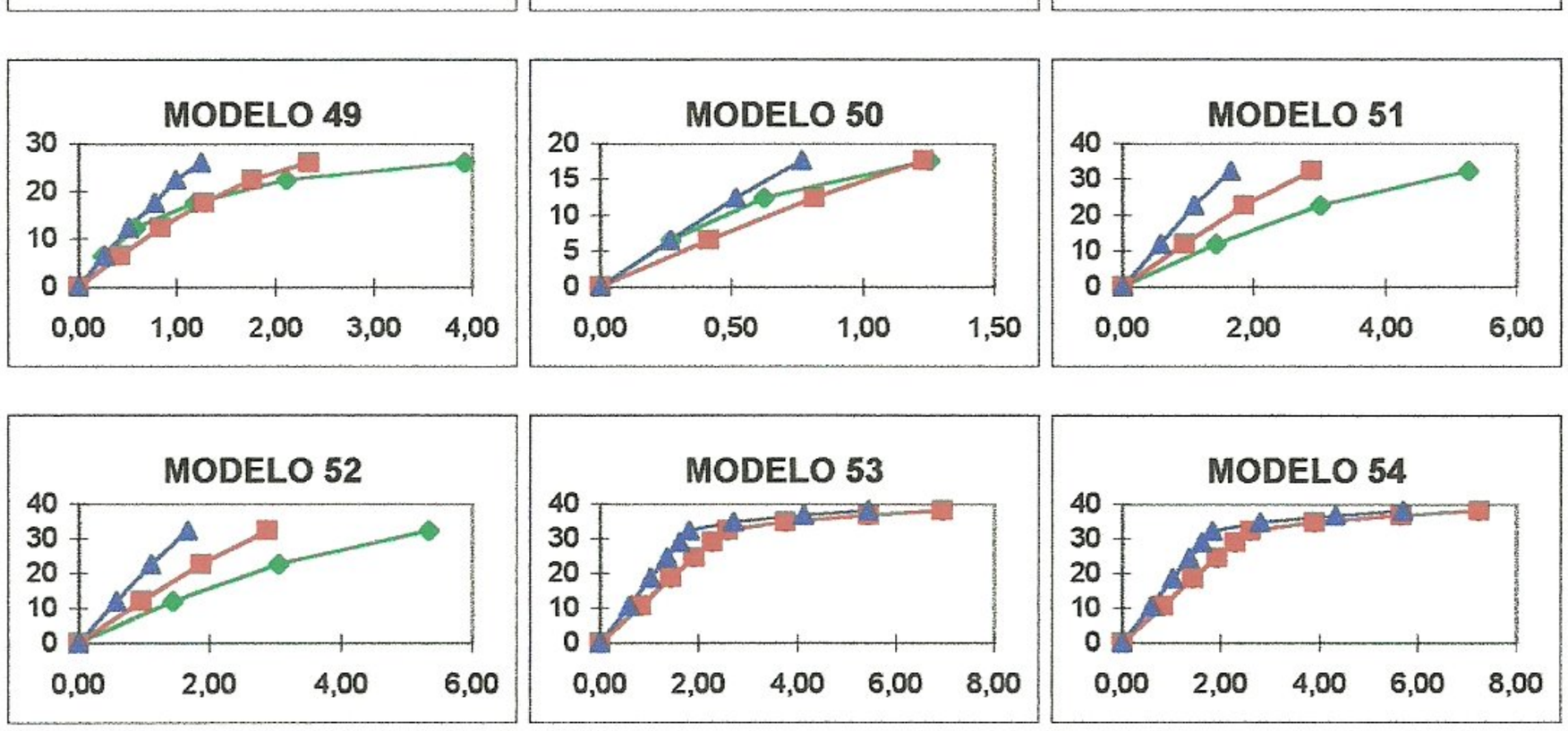
LEGENDA	
	laje
	viga V1
	viga V2

Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) No modelo 23 as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 33, 34, 35 e 36 as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

Fig. 5.37 - Gráficos carga x flecha - Sistema 2 - Modelos: 19 a 36



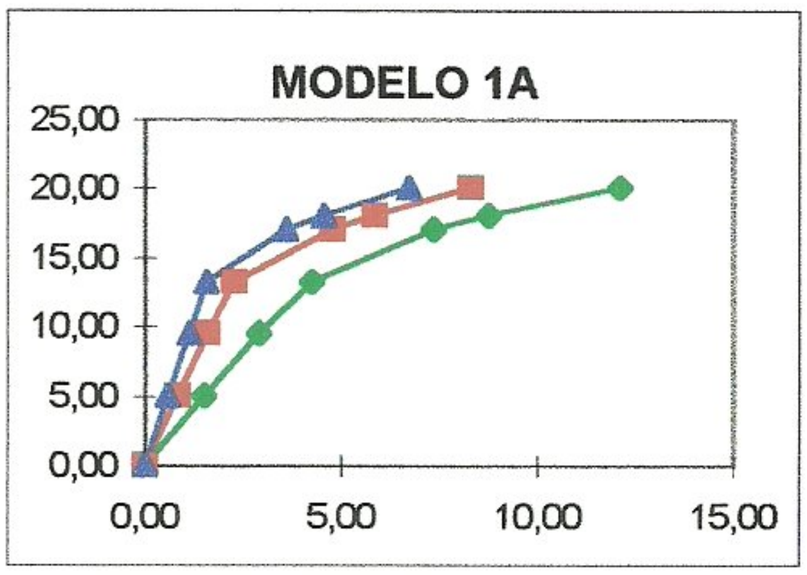


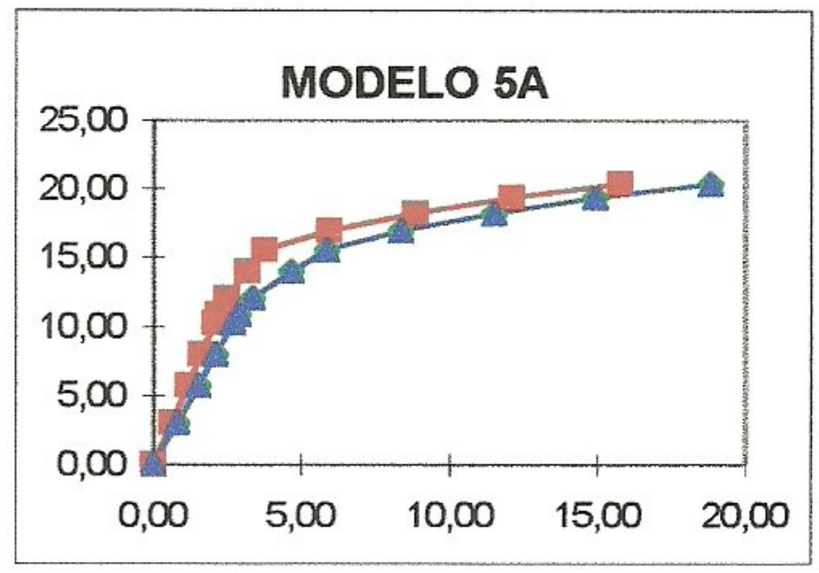


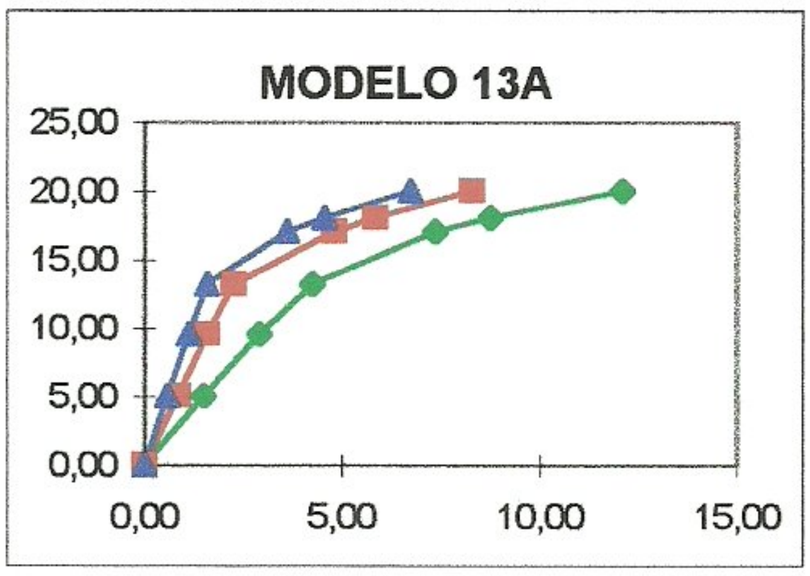
LEGENDA	
	laje
	viga V1
	viga V2

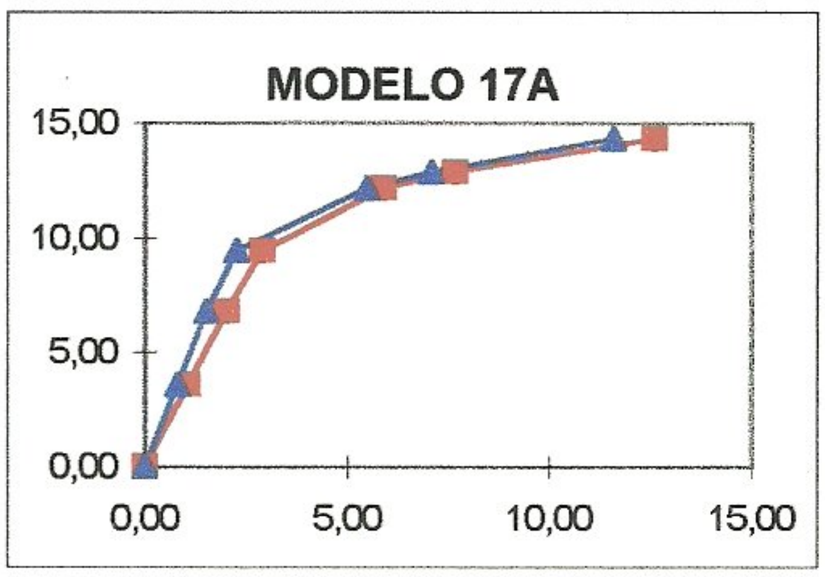
Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) Nos modelos 41 e 42 as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 53 e 54 as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

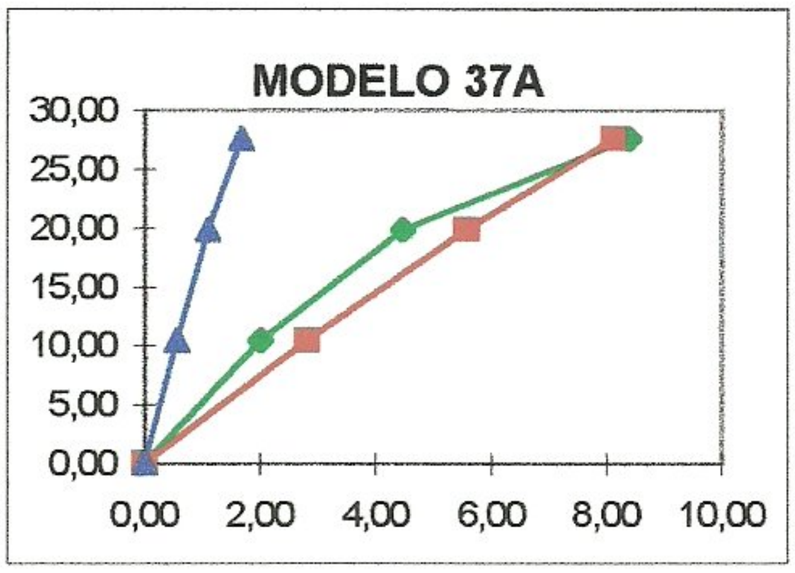
Fig. 5.38 - Gráficos carga x flecha - Sistema 2 - Modelos: 37 a 54

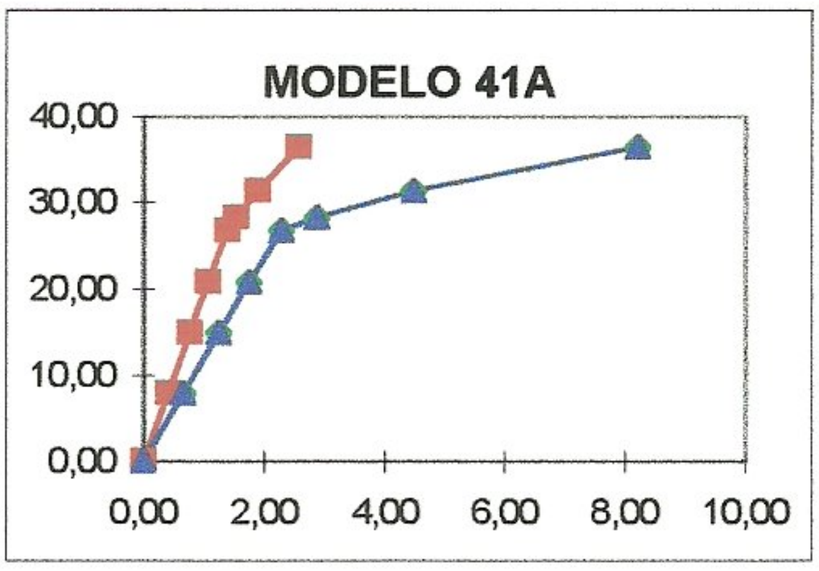


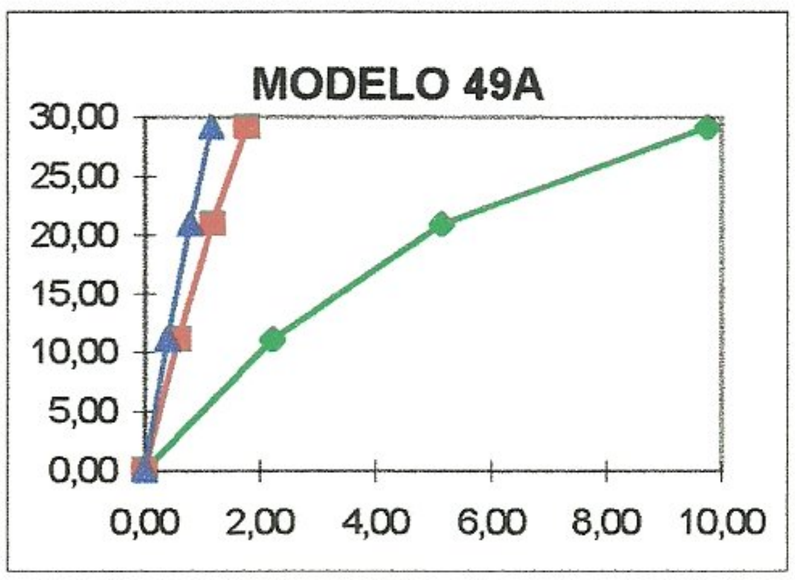


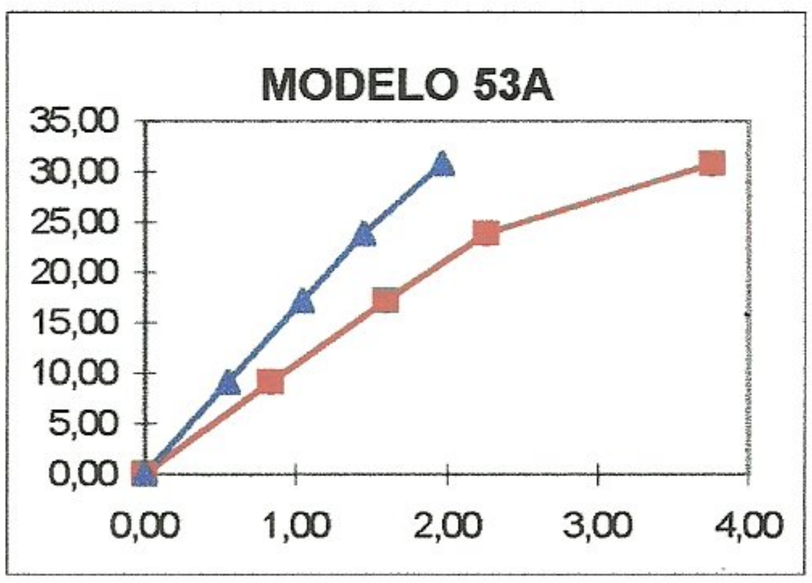










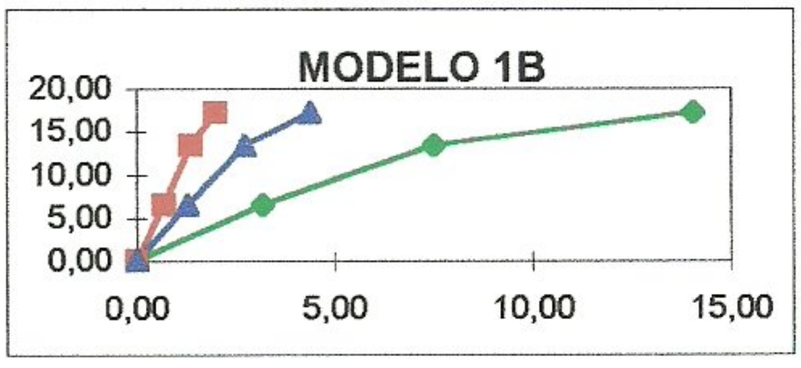


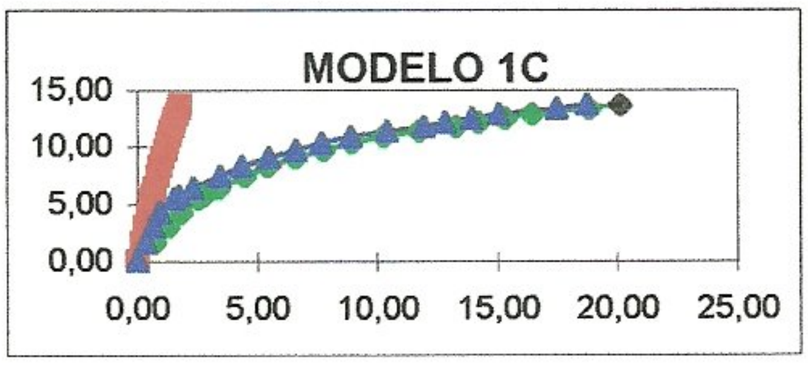
LEGENDA	
	laje
	viga v1
	viga v2

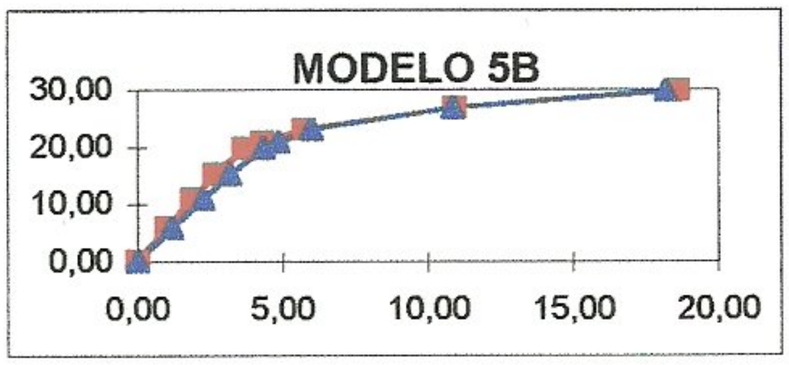
Obs.:

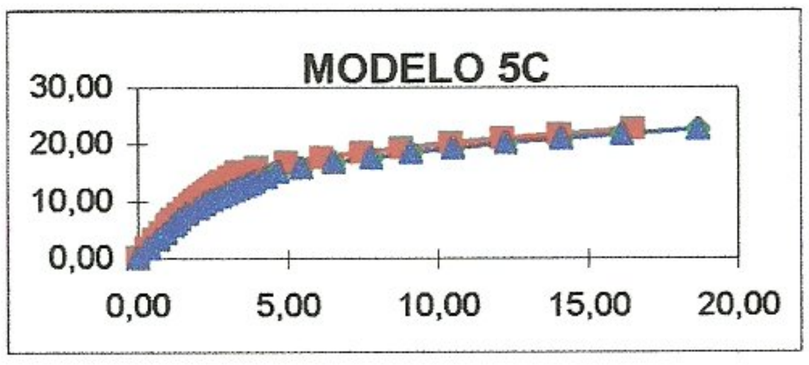
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) No modelo 5A as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 17A e 31A as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

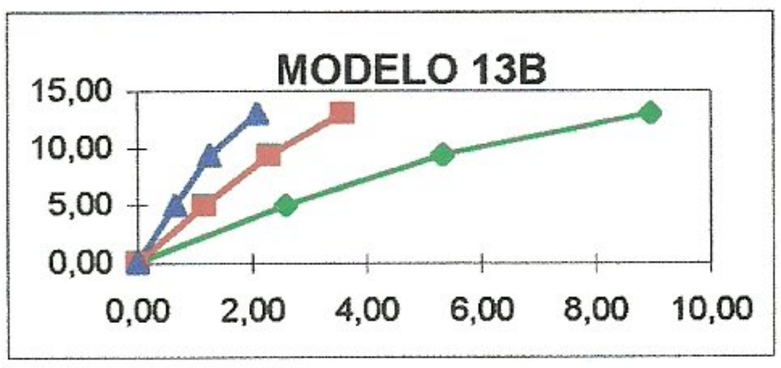
Fig. 5.39 - Gráficos carga x flecha - Sistema 2 com variação do parâmetro k5

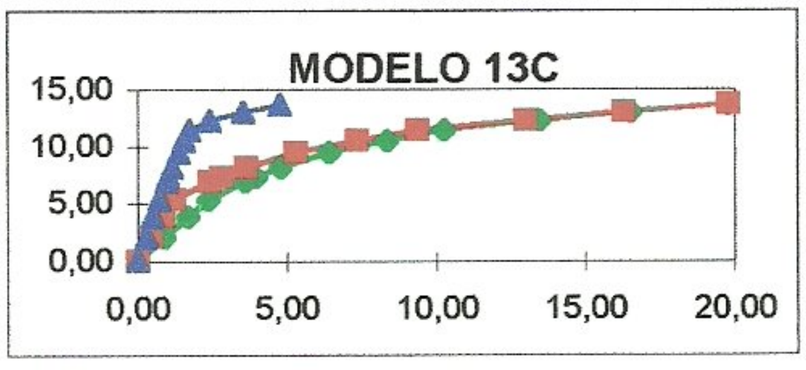


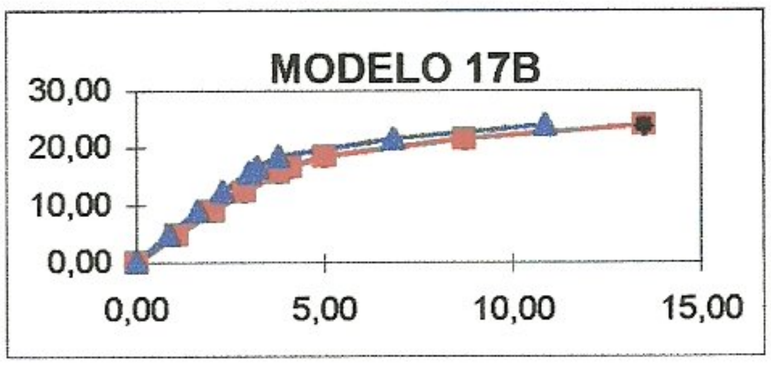


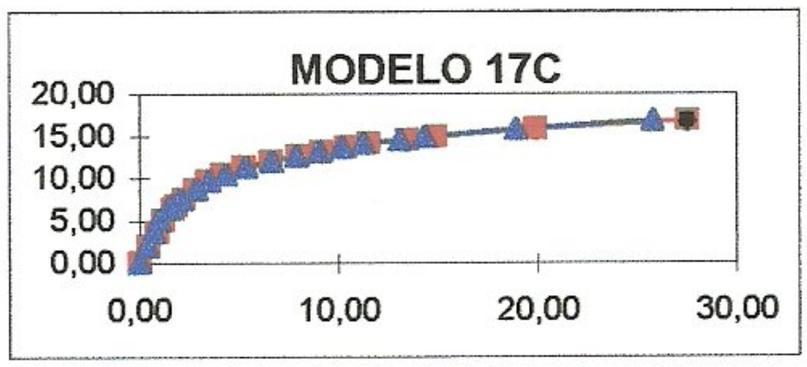


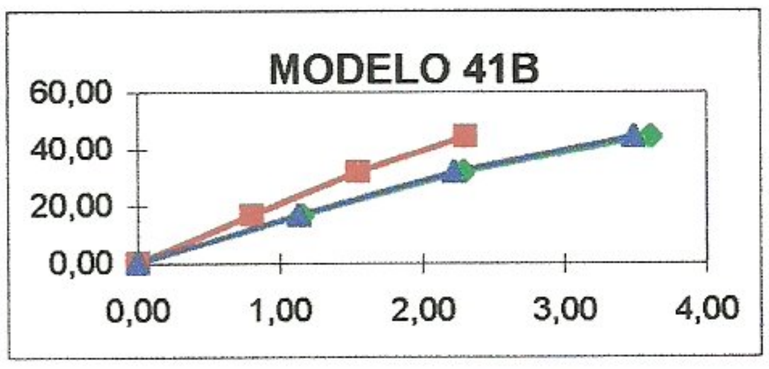


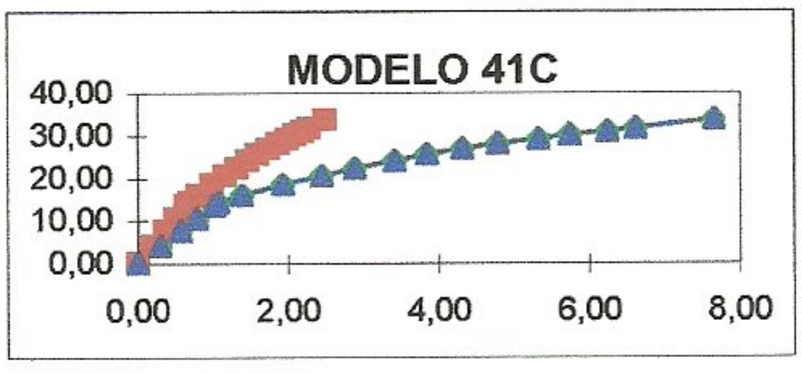


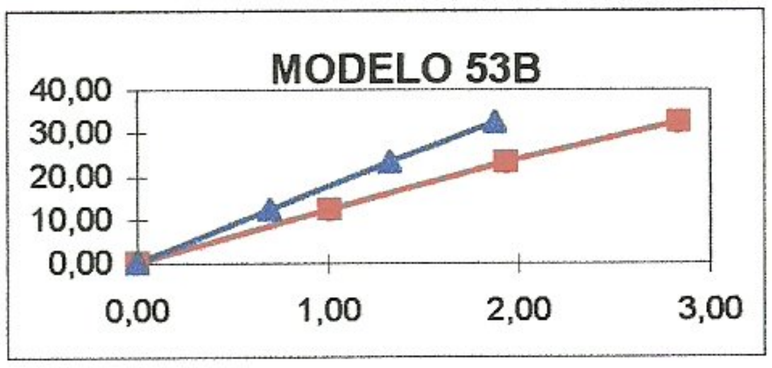


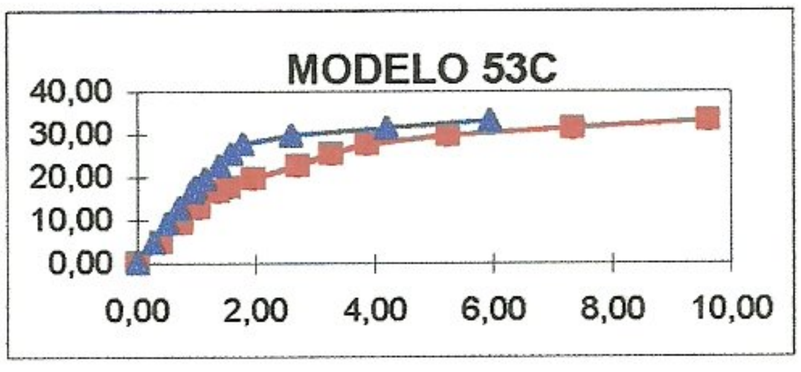








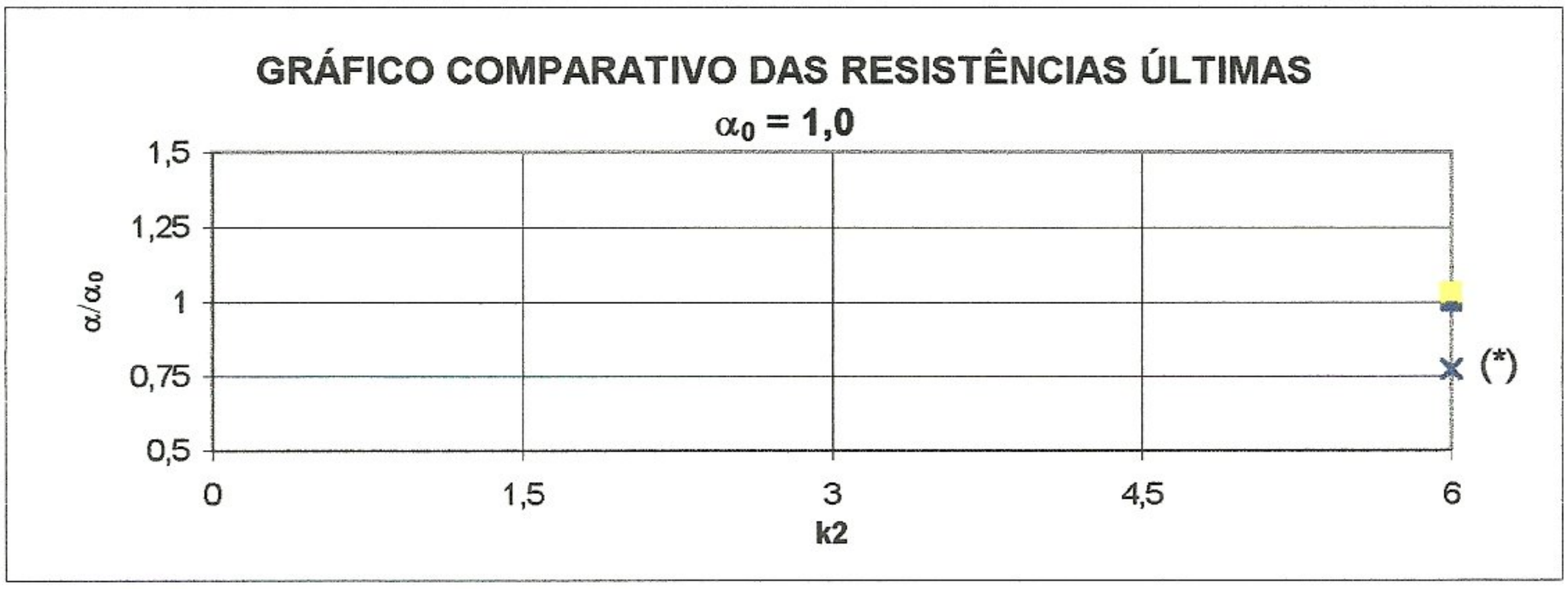


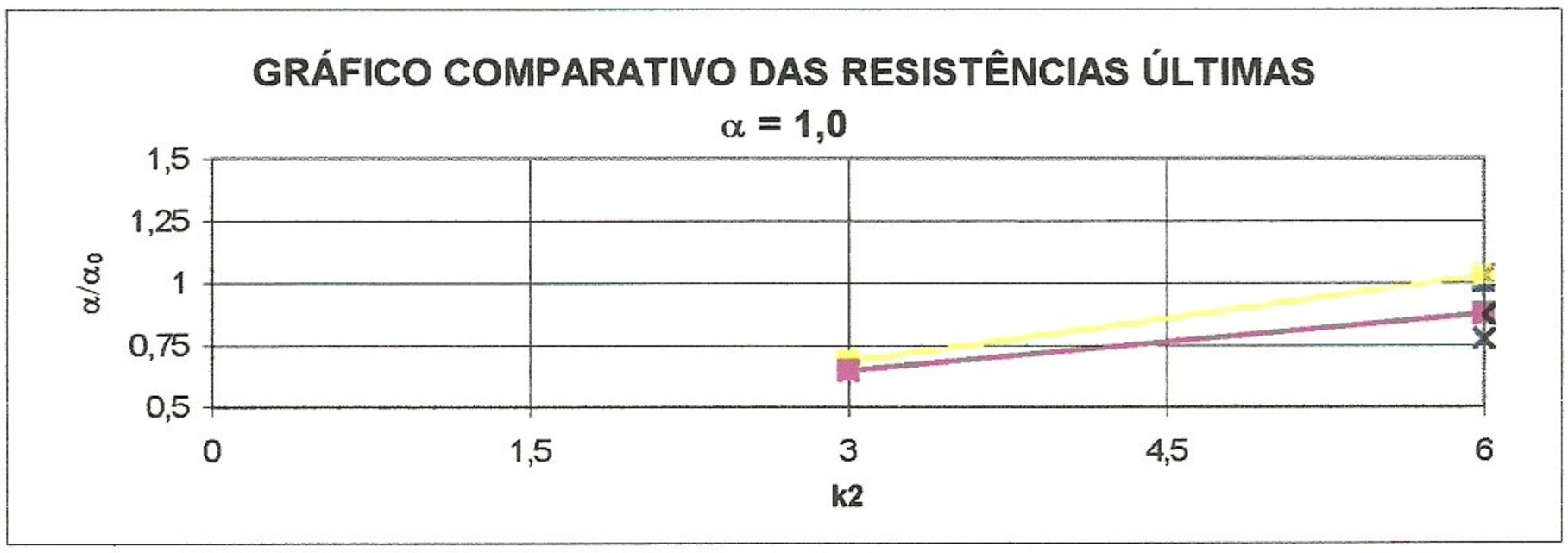


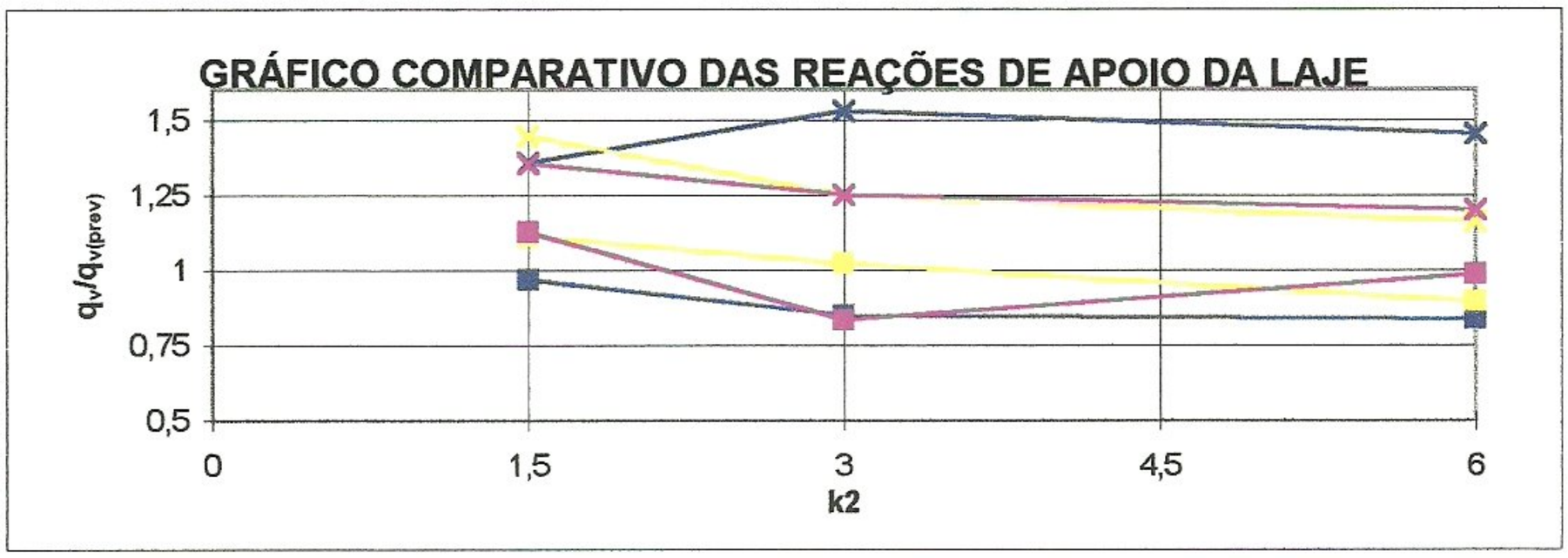
LEGENDA	
	laje
	viga v1
	viga v2

Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) Nos modelos 5C e 41c as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 5B, 17B, 17C,53B e 53C as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

Fig. 5.40 - Gráficos carga x flecha - Sistema 2 com variação do parâmetro k6



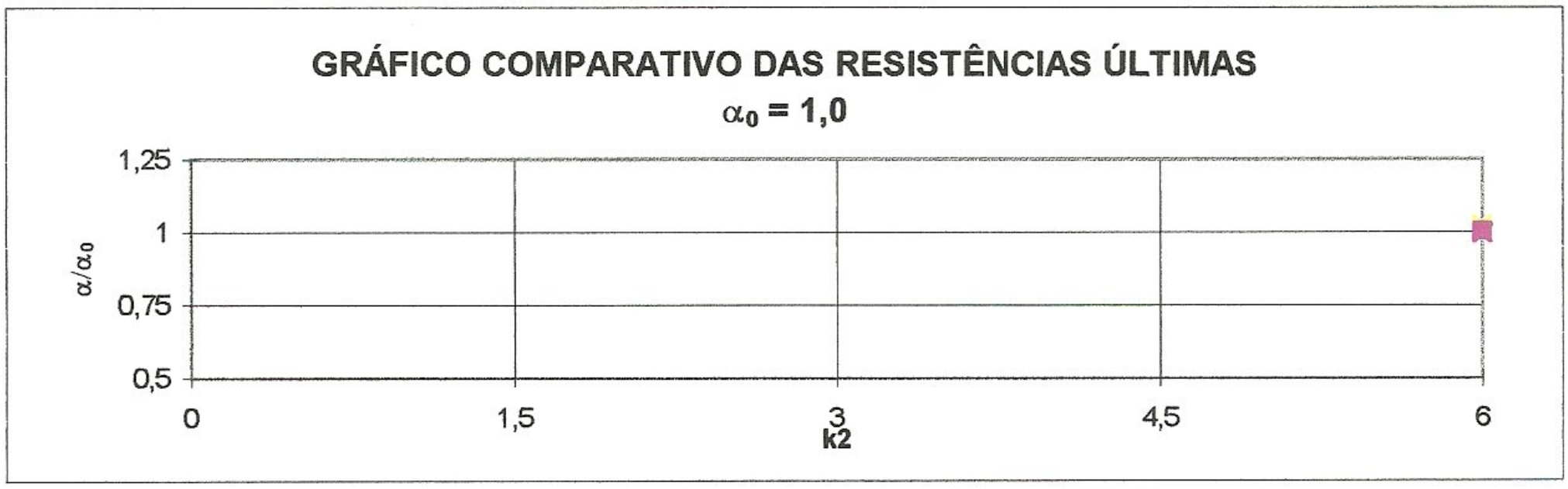


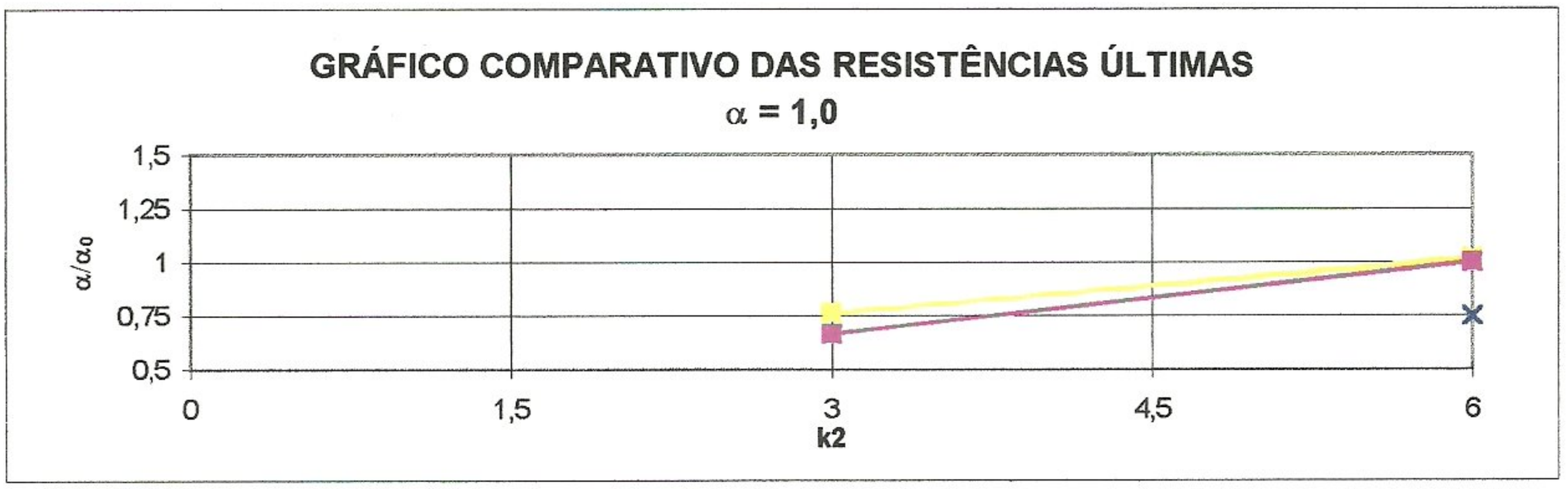


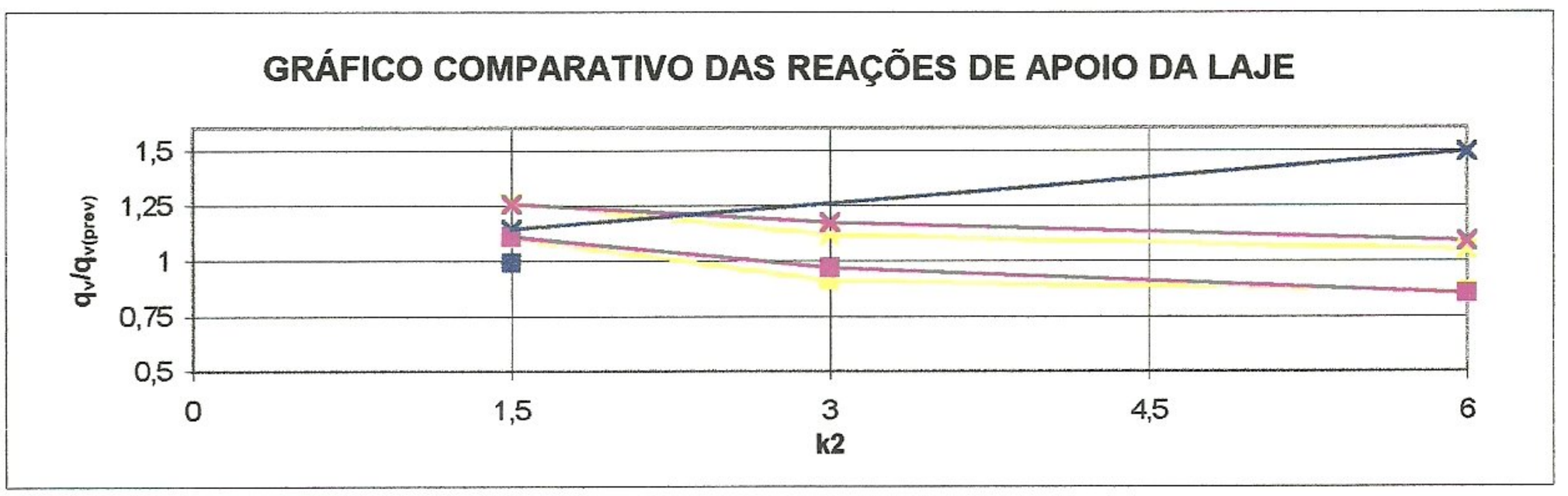
LEGENDA:

					VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k4	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado		6		1,5; 3; 6
	2k2	10/700	inalterado		6(*)	6	1,5; 3; 6
1,75	2,5 k2	10/700	inalterado		6	3; 6	1,5; 3; 6
	5 k2	10/700	inalterado		6	3; 6	1,5; 3; 6
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado			3; 6	1,5; 3; 6
	10,0 k2	10/700	inalterado			3; 6	1,5; 3; 6

Fig. 5.41 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 - Viga V1 - k1 = 7,0



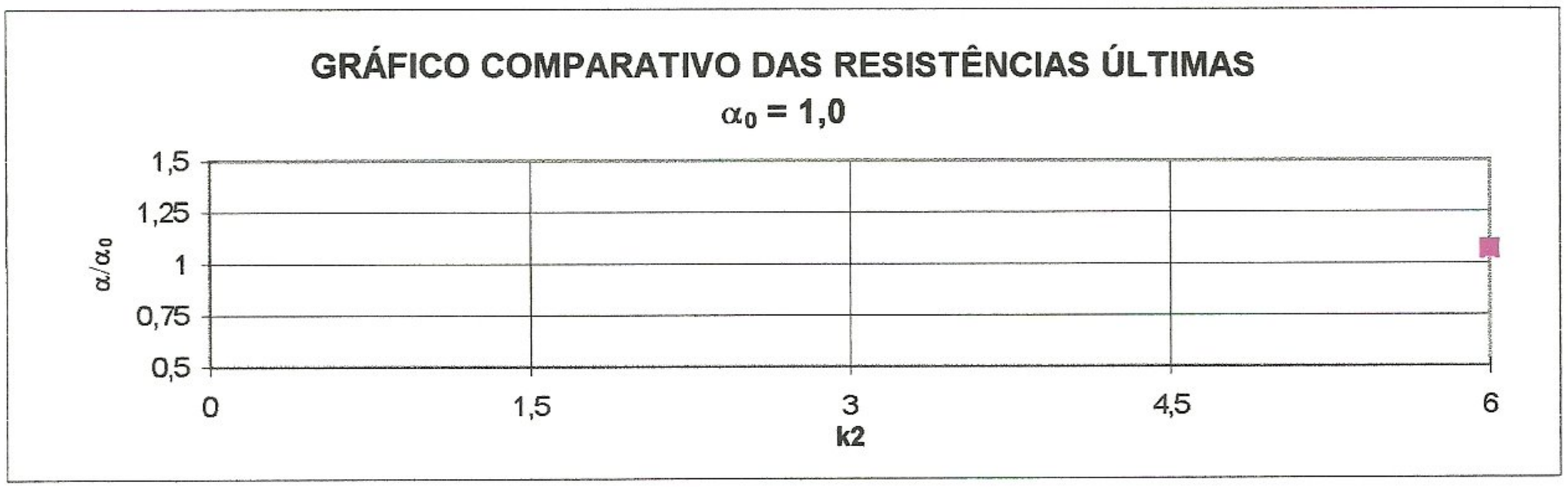


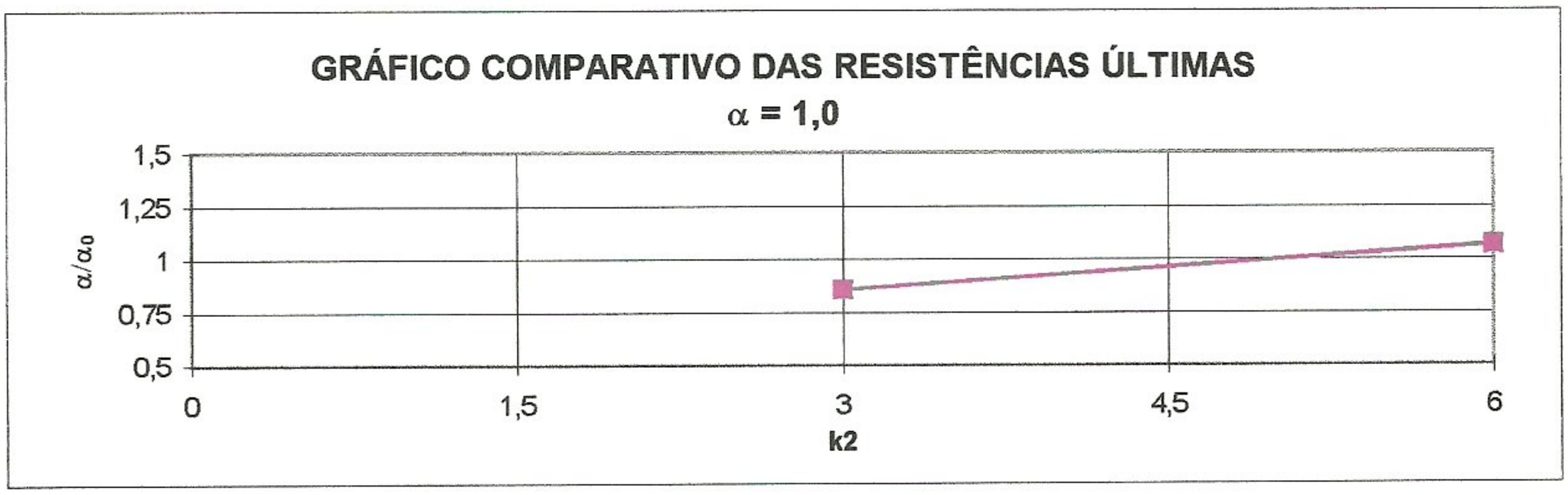


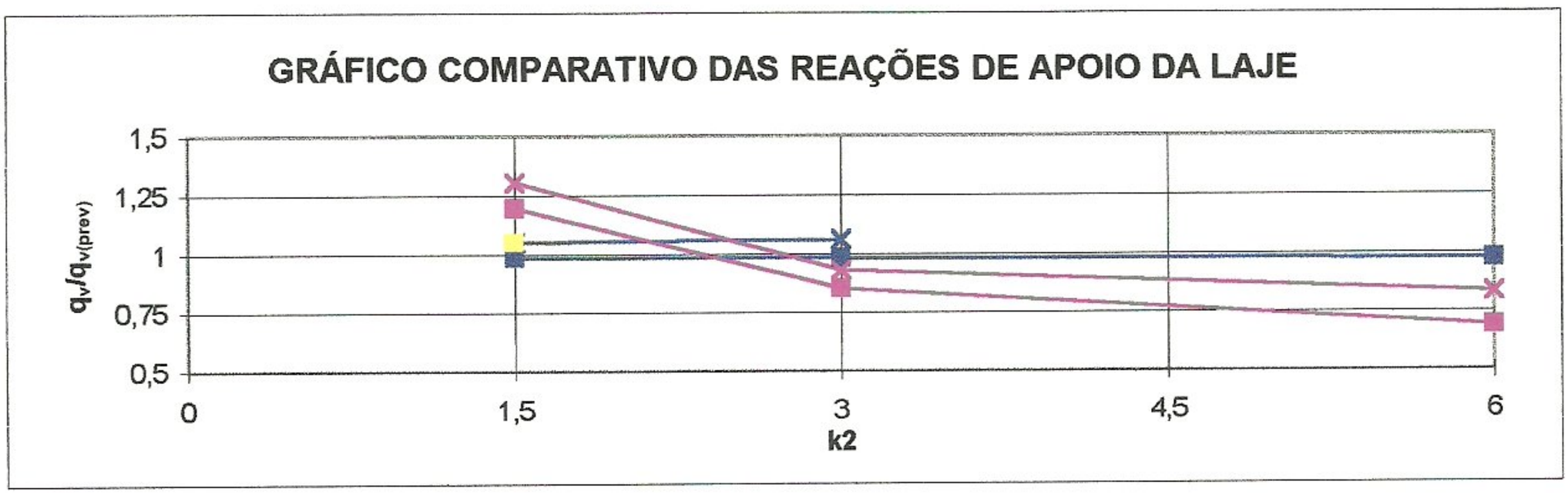
LEGENDA:

					VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k4	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado				1,5
	2k2	10/700	inalterado			6	1,5; 6
1,75	2,5 k2	10/700	inalterado		6	3; 6	1,5; 3; 6
	5 k2	10/700	inalterado		6	3; 6	1,5; 3; 6
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado		6	3; 6	1,5; 3; 6
	10,0 k2	10/700	inalterado		6	3; 6	1,5; 3; 6

Fig. 5.42 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 - Viga V1 - k1 = 13,0



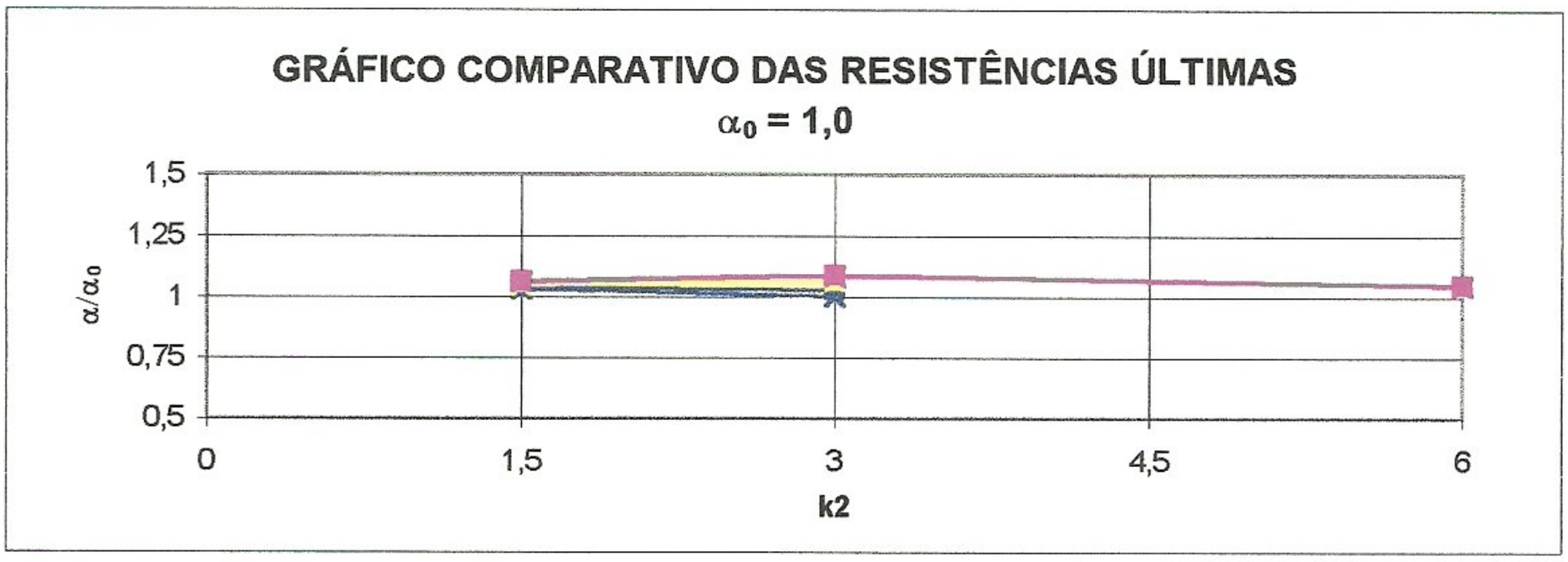


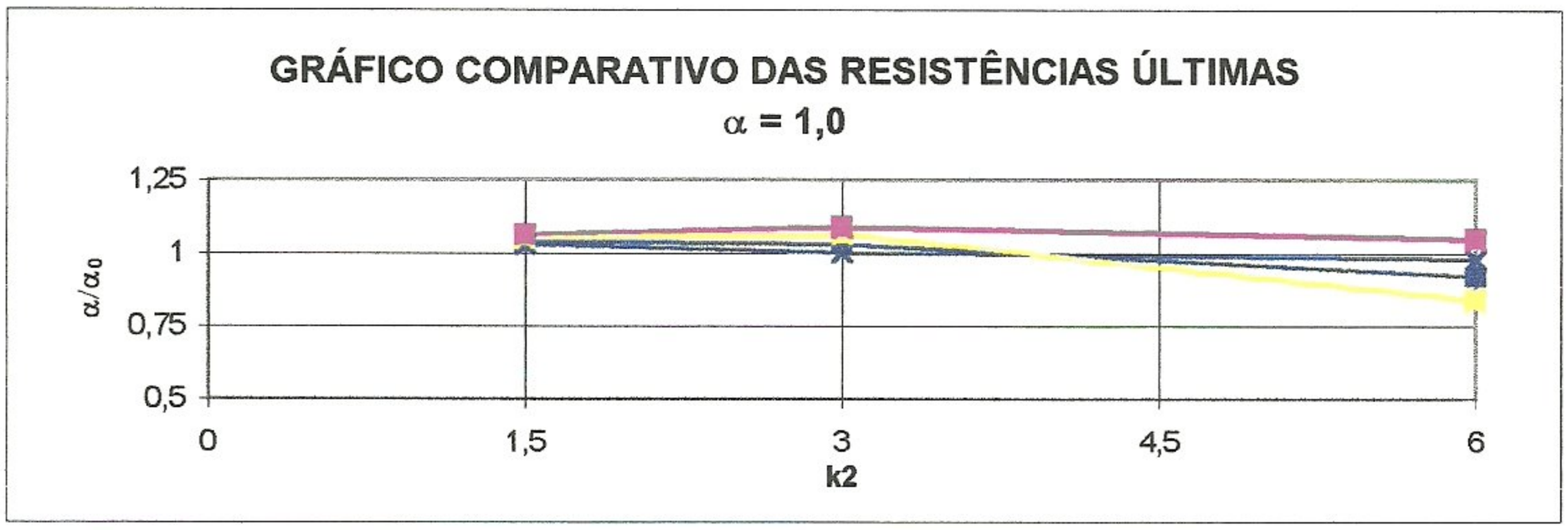


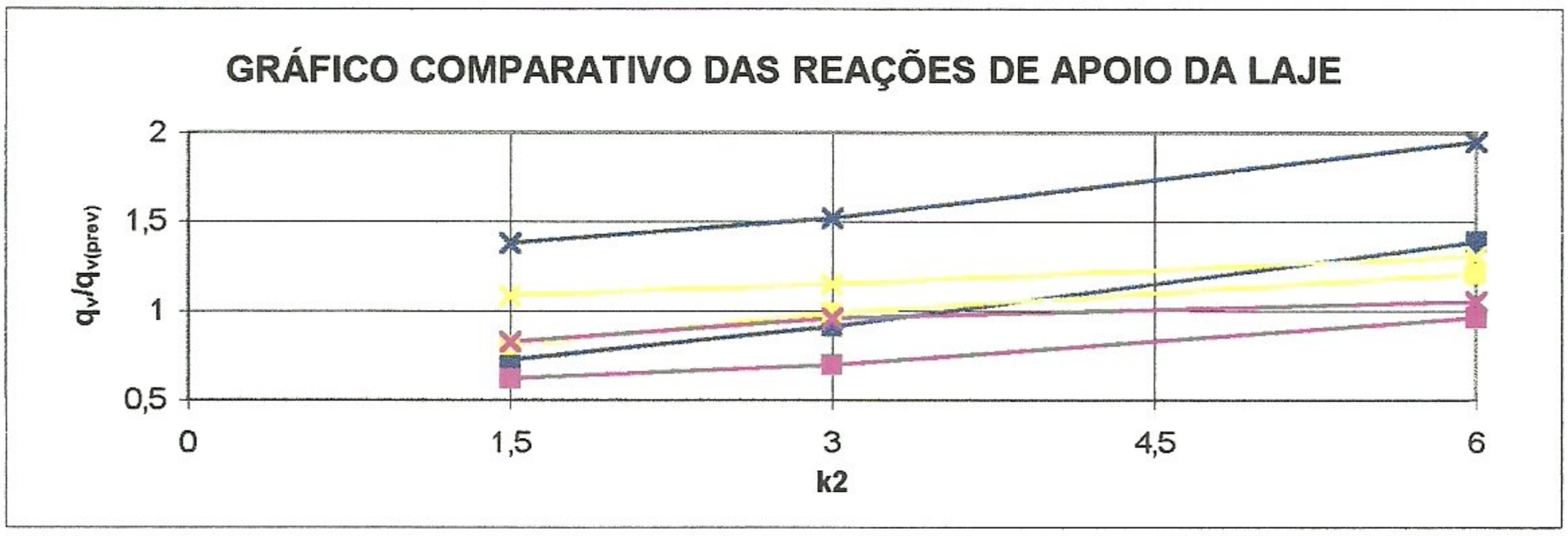
LEGENDA:

k3	k4	k5	k6	simbolo	VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
					α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado				1,5; 3; 6
	2k2	10/700	inalterado				1,5; 3
1,75	2,5 k2	10/700	inalterado				1,5
	5 k2	10/700	inalterado				
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado		6	3; 6	1,5; 3; 6
	10,0 k2	10/700	inalterado		6	3; 6	1,5; 3; 6

Fig. 5.43 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 - Viga V1 - k1 = 24,0



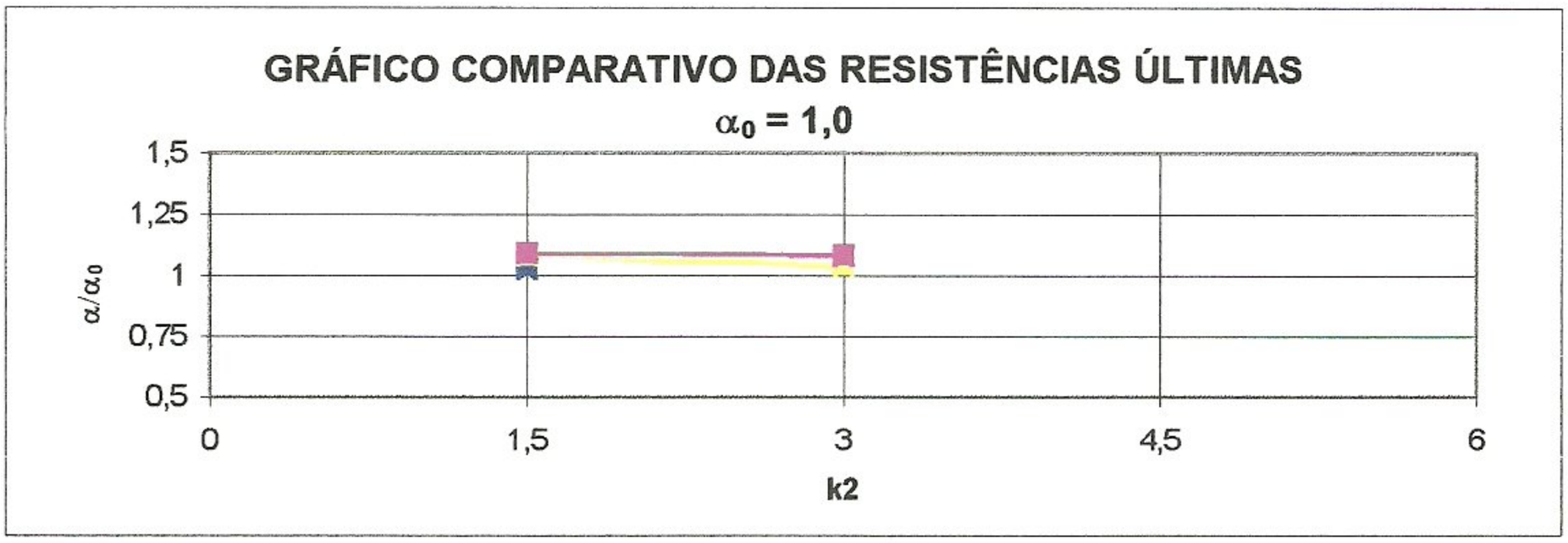


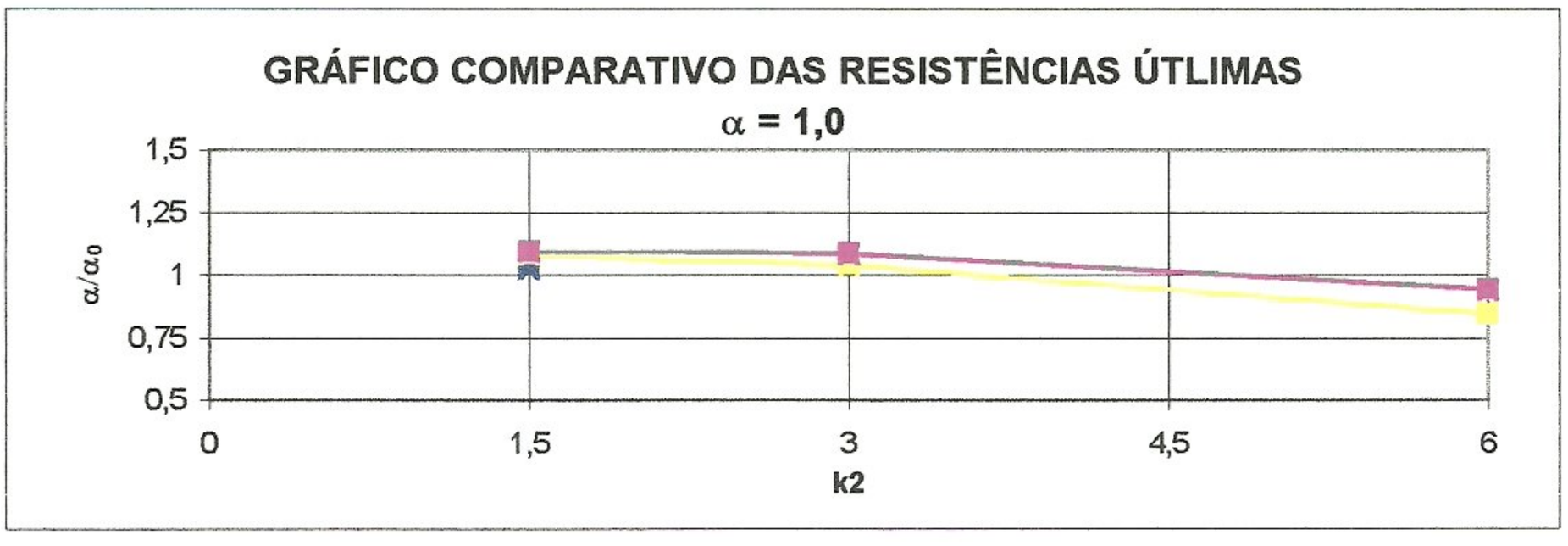


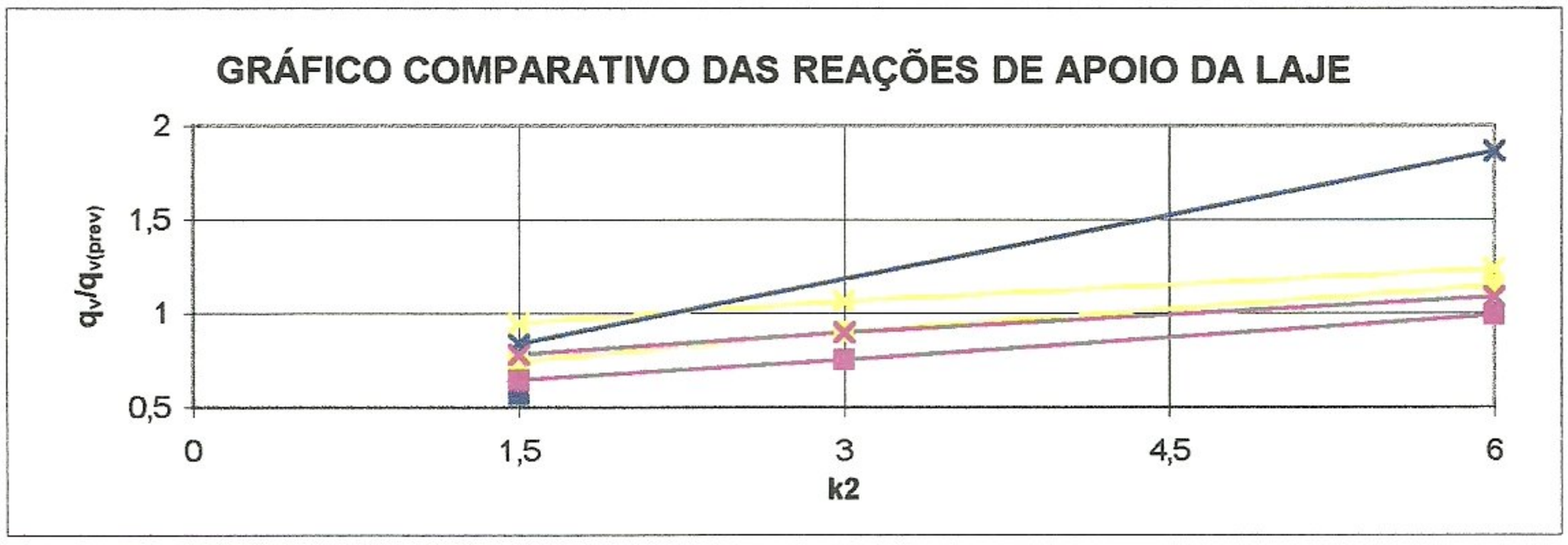
LEGENDA:

					VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k4	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado		1,5; 3	1,5; 3; 6	1,5; 3; 6
	2k2	10/700	inalterado		1,5; 3	1,5; 3; 6	1,5; 3; 6
1,75	2,5 k2	10/700	inalterado		1,5; 3	1,5; 3; 6	1,5; 3; 6
	5 k2	10/700	inalterado		1,5; 3	1,5; 3; 6	1,5; 3; 6
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado		1,5; 3; 6	1,5; 3; 6	1,5; 3; 6
	10,0 k2	10/700	inalterado		1,5; 3; 6	1,5; 3; 6	1,5; 3; 6

Fig. 5.44 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 - Viga V2 - k1 = 7,0



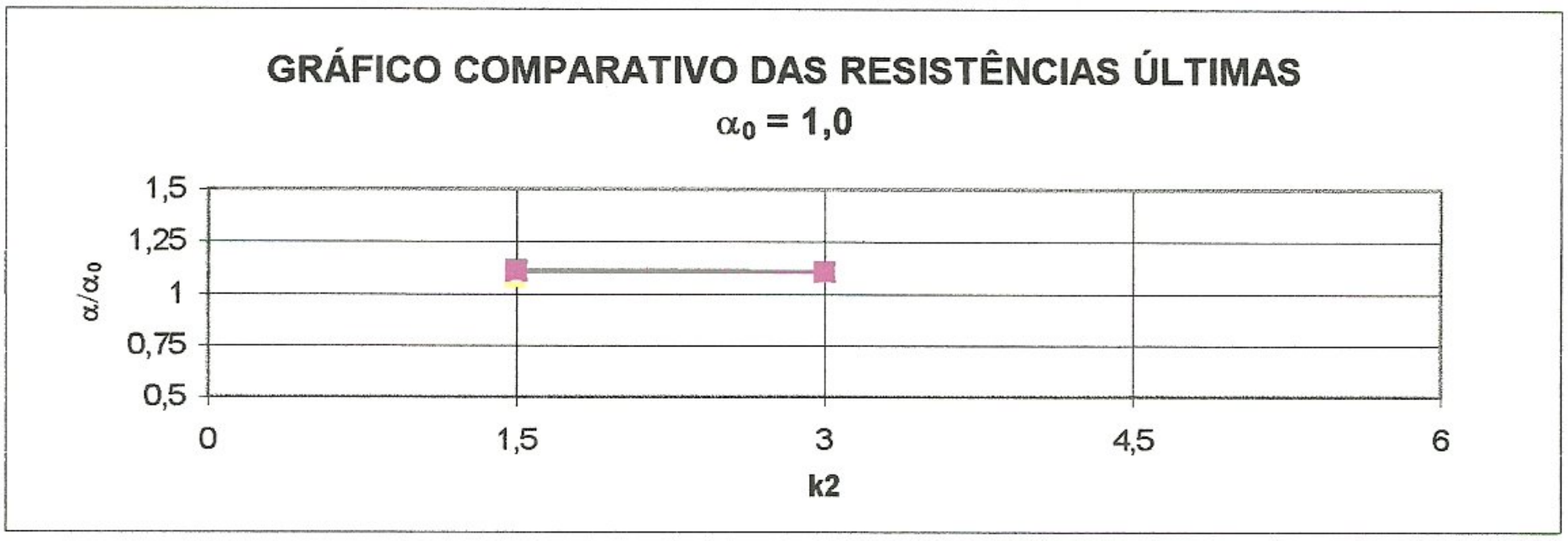


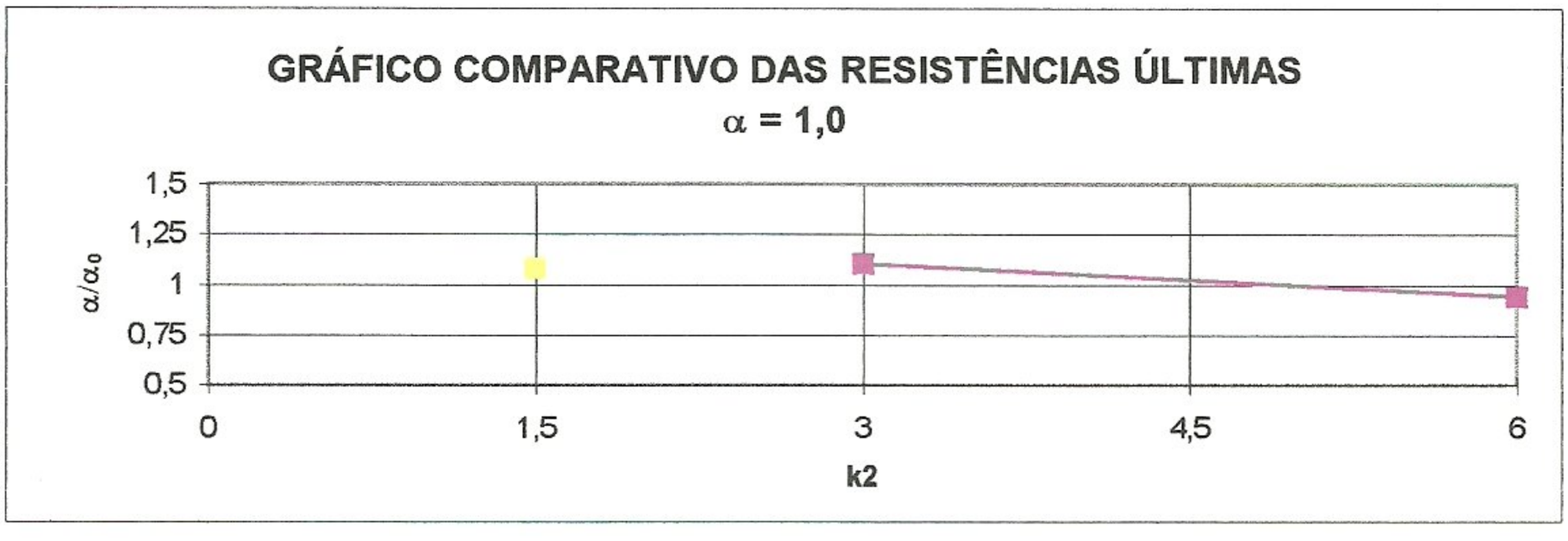


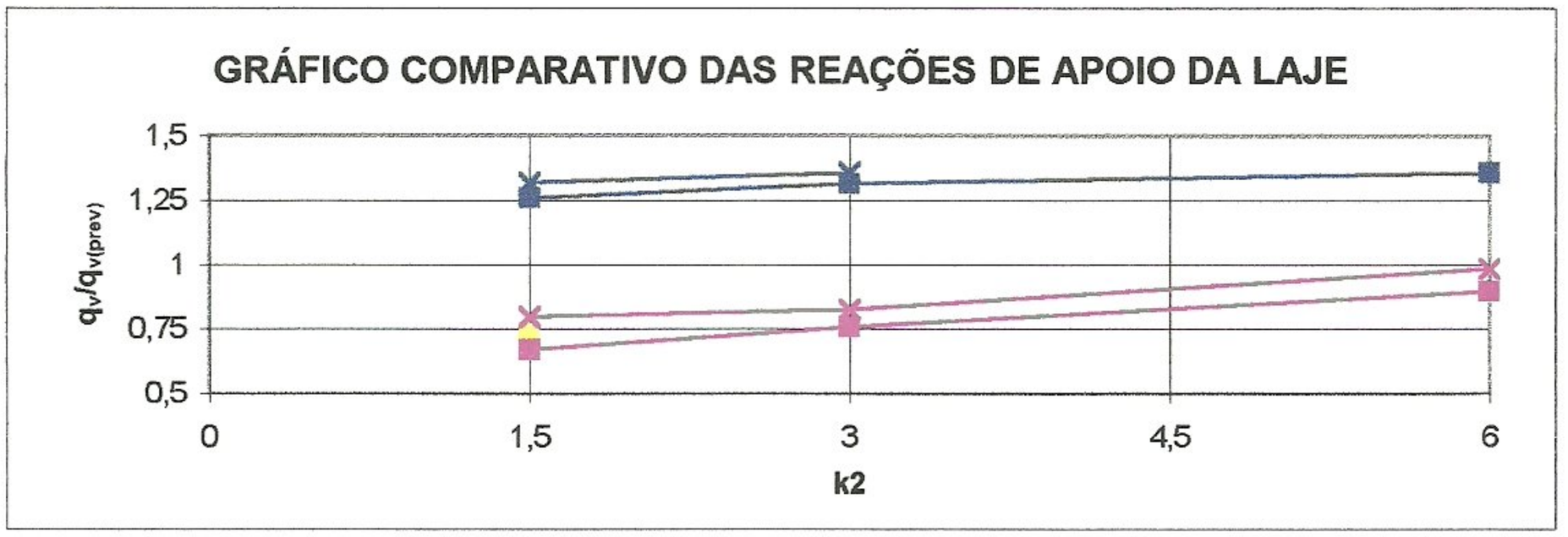
LEGENDA:

					VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k4	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado		1,5	1,5	1,5
	2k2	10/700	inalterado		1,5	1,5	1,5; 6
1,75	2,5 k2	10/700	inalterado		1,5; 3	1,5; 3; 6	1,5; 3; 6
	5 k2	10/700	inalterado		1,5; 3	1,5; 3; 6	1,5; 3; 6
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado		1,5; 3	1,5; 3; 6	1,5; 3; 6
	10,0 k2	10/700	inalterado		1,5; 3	1,5; 3; 6	1,5; 3; 6

Fig. 5.45 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 - Viga V2 - k1 = 13,0



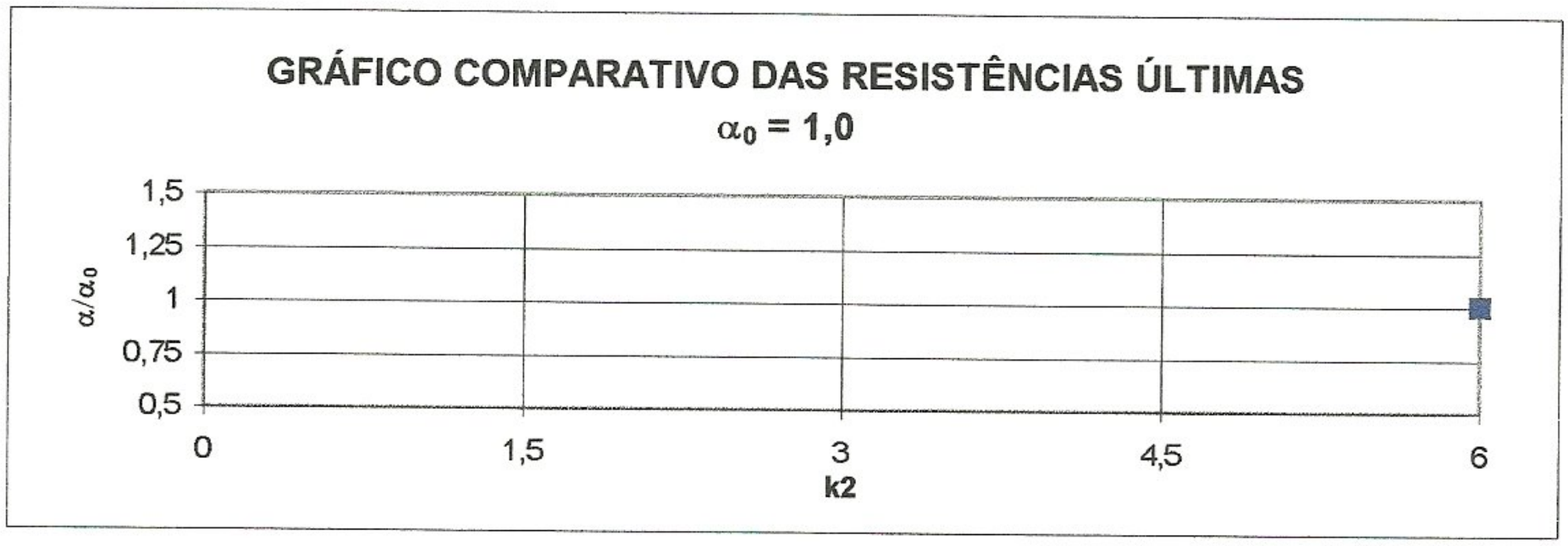


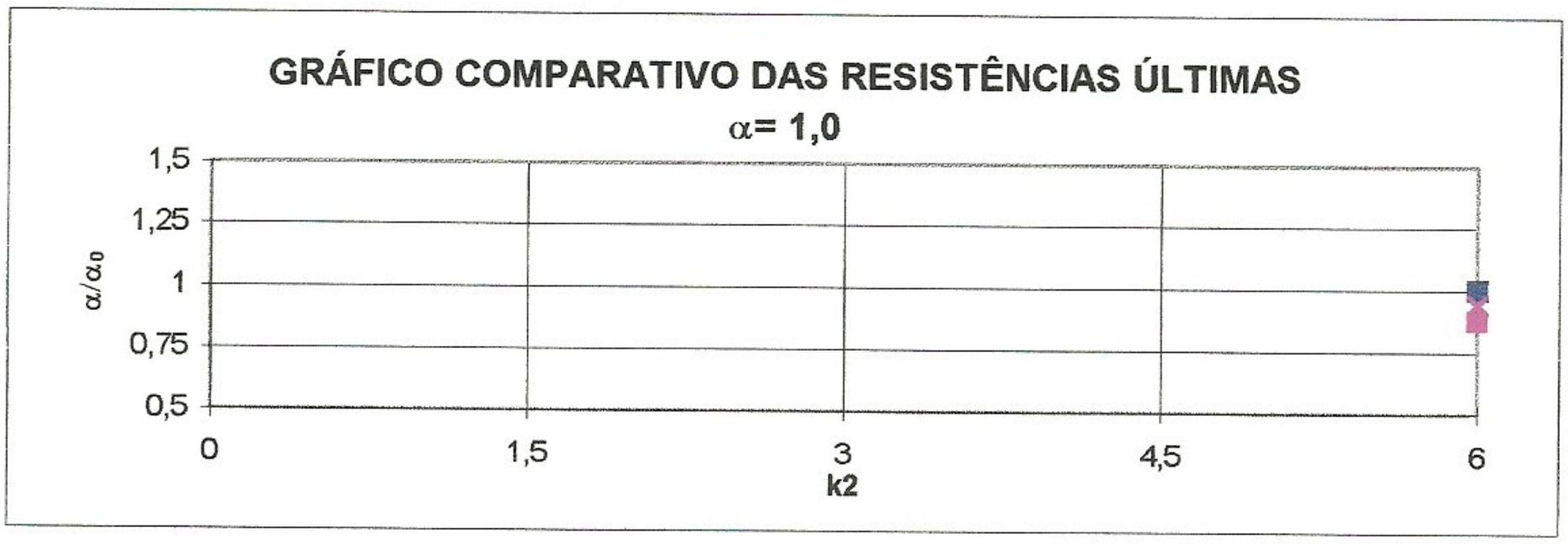


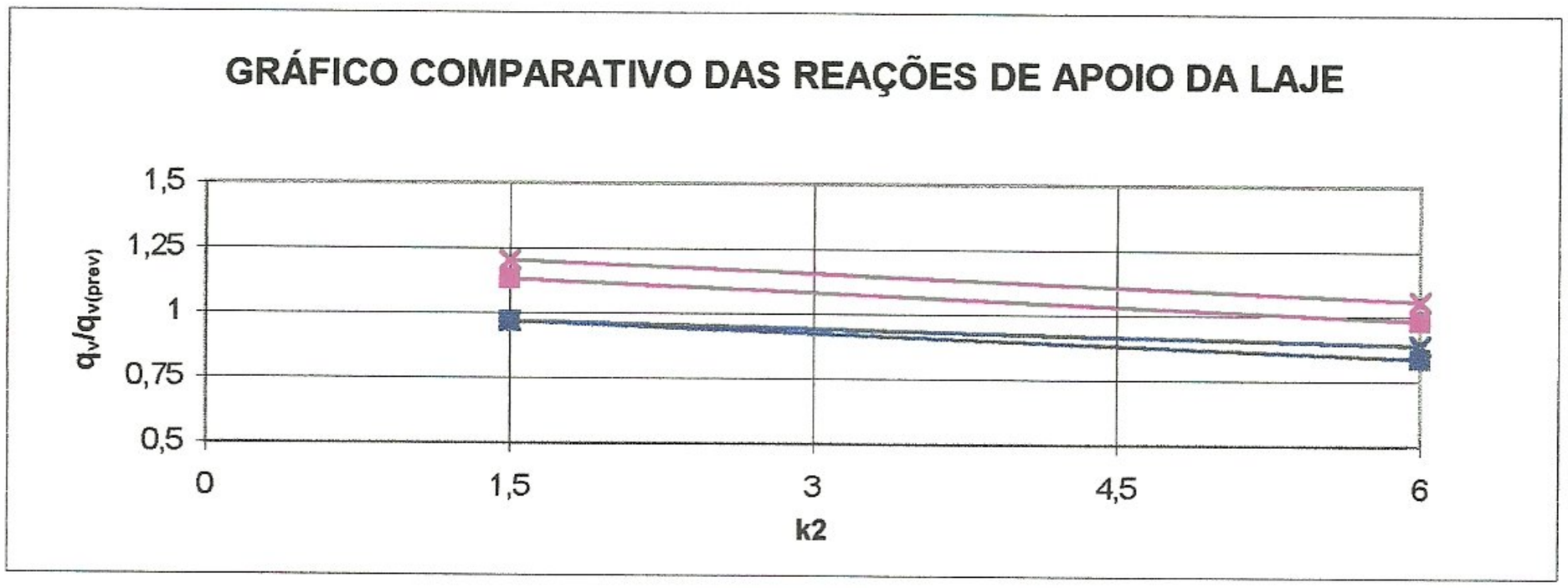
LEGENDA:

k3	k4	k5	k6	simbolo	VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
					α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado				1,5; 3; 6
	2k2	10/700	inalterado				1,5; 3
1,75	2,5 k2	10/700	inalterado		1,5	1,5	1,5
	5 k2	10/700	inalterado				
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado		1,5; 3	3; 6	1,5; 3; 6
	10,0 k2	10/700	inalterado		1,5; 3	3; 6	1,5; 3; 6

Fig. 5.46 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 - Viga V2 - k1 = 24,0



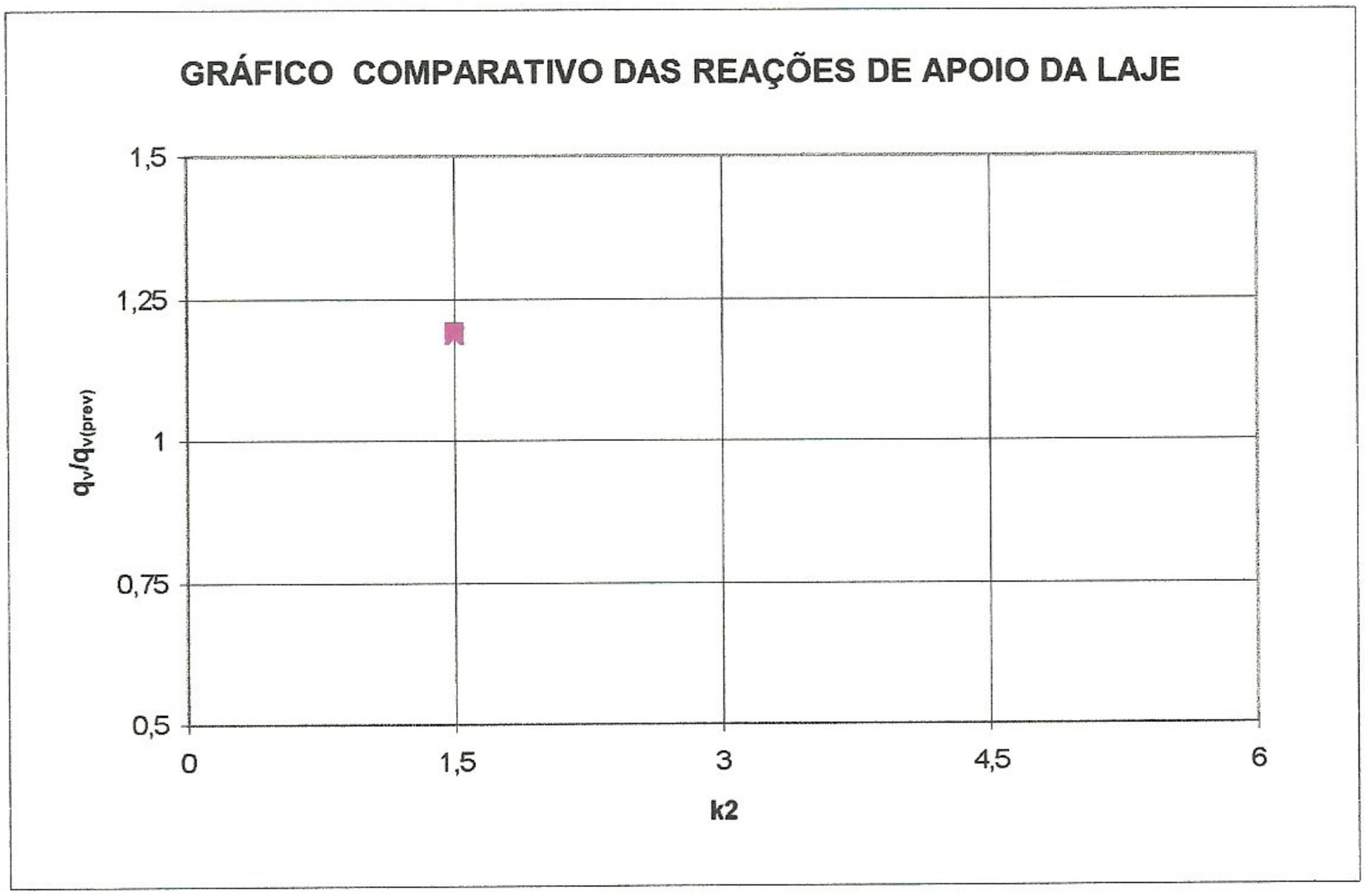




LEGENDA:

					VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k4	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado		6	6	1,5; 6
	k2	13/700	inalterado		6	6	1,5; 6
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado			6	1,5; 6
	5,0 k2	8/700	inalterado			6	1,5; 6

Fig. 5.47 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 com variação do parâmetro k5 - Viga V1 - k1 = 7,0

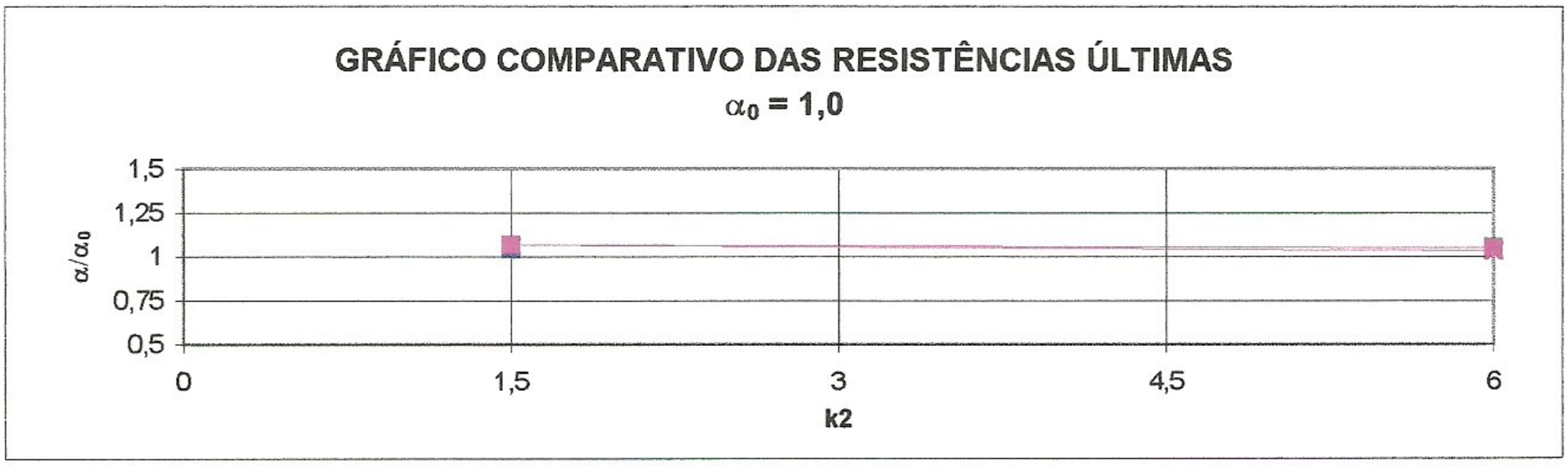


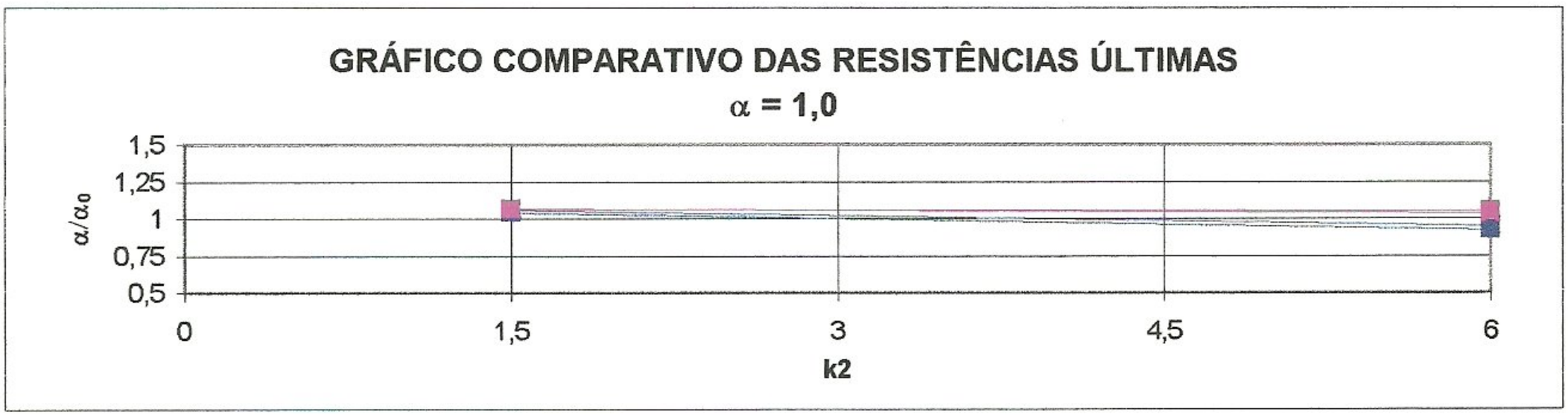
LEGENDA:

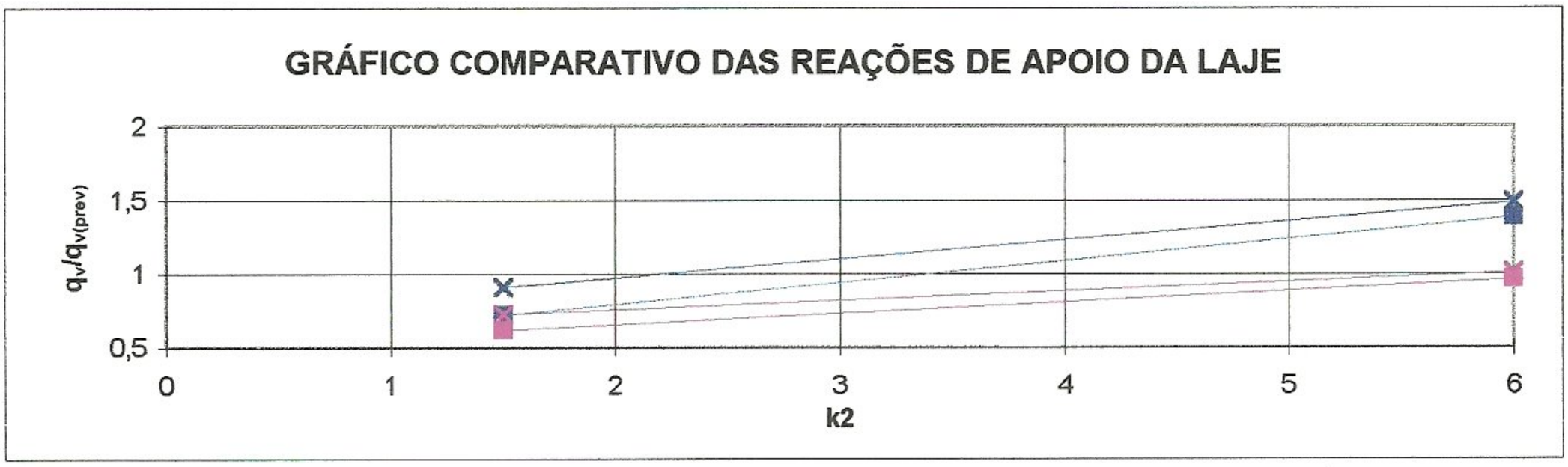
					VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k4	k5	k6	simbolo	$\alpha_0 = 1,0$	$\alpha = 1,0$	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado				
	k2	13/700	inalterado				
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado				1,5
	5,0 k2	8/700	inalterado				1,5

Obs.: nenhum dos modelos com k1 = 24,0 e com variação do fator k5 apresentou α = 1,0

Fig. 5.48 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 com variação do parâmetro k5 - Viga V1 - k1 = 24,0



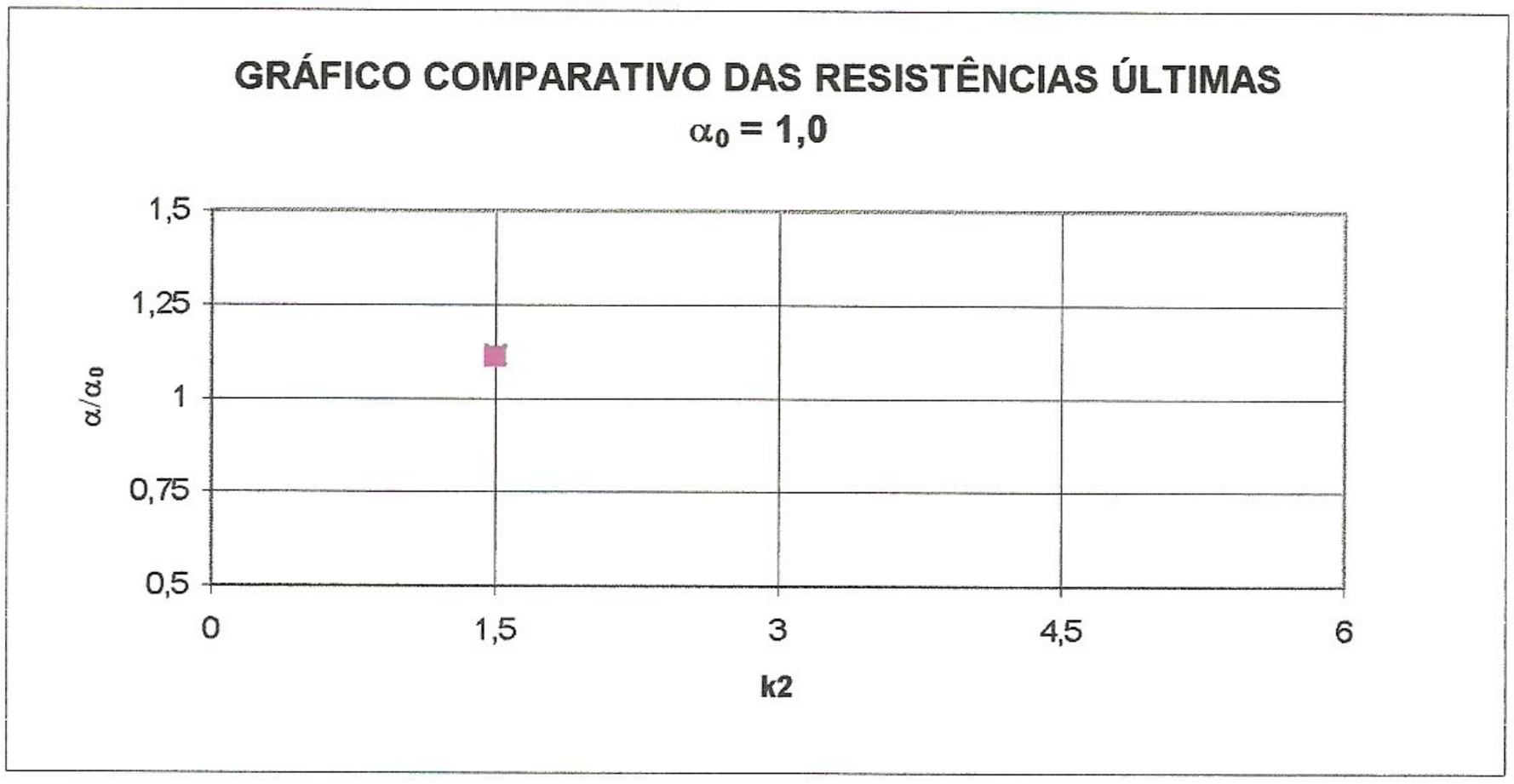


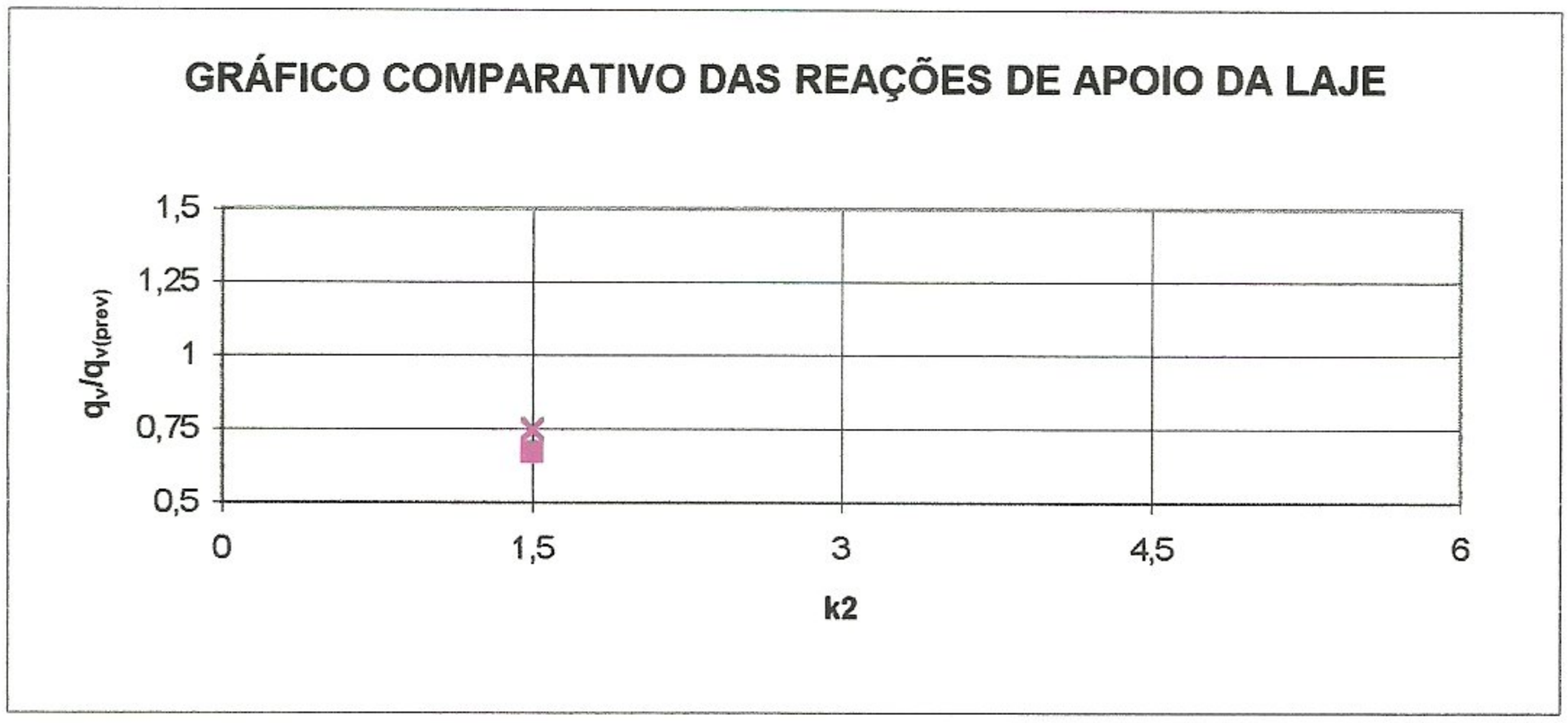


LEGENDA:

					VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k4	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado		1,5	1,5; 6	1,5; 6
	k2	13/700	inalterado		1,5	1,5; 6	1,5; 6
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado		1,5; 6	1,5; 6	1,5; 6
	5,0 k2	8/700	inalterado		1,5; 6	1,5; 6	1,5; 6

Fig. 5.49 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 com variação do parâmetro k5 - Viga V2 - k1 = 7,0



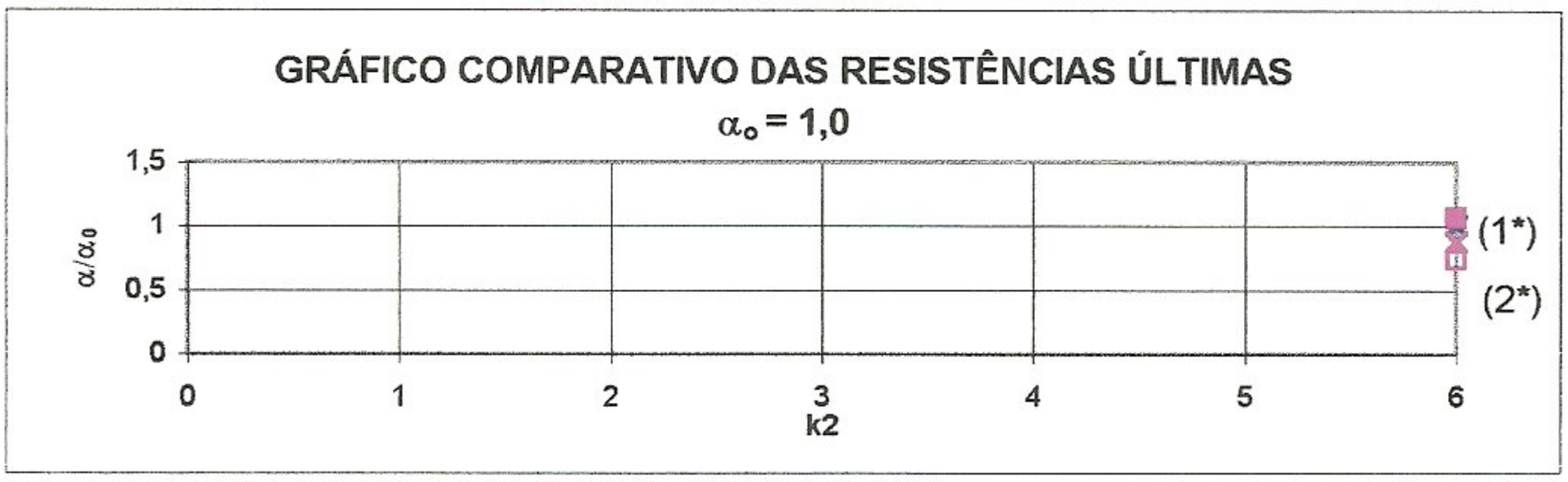


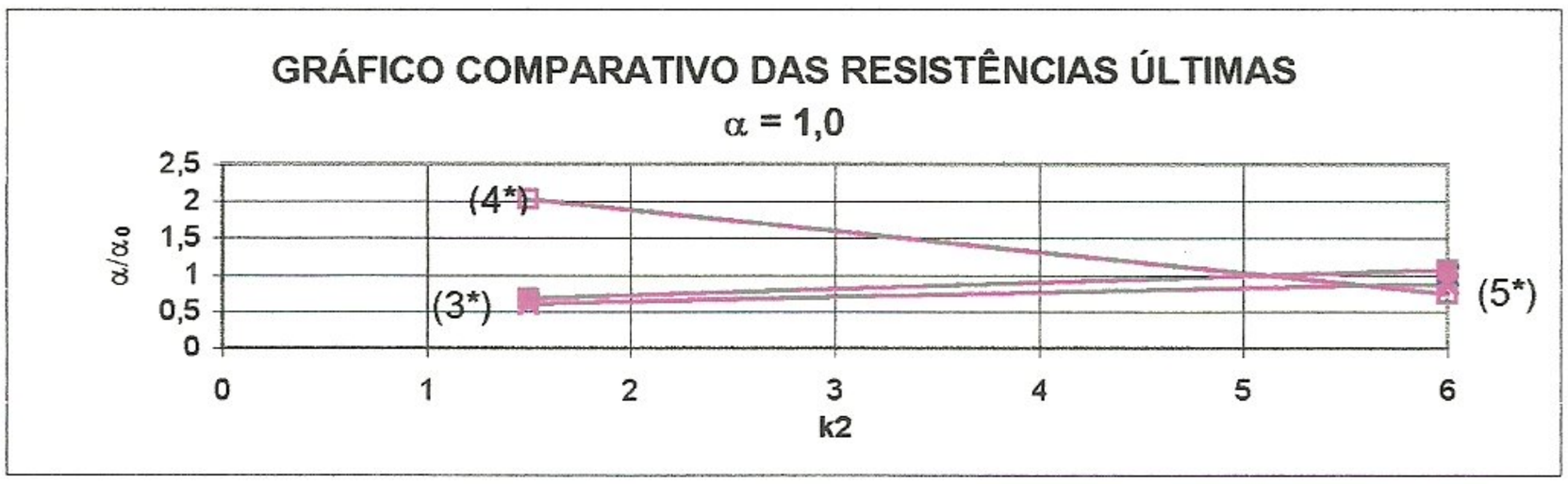
LEGENDA:

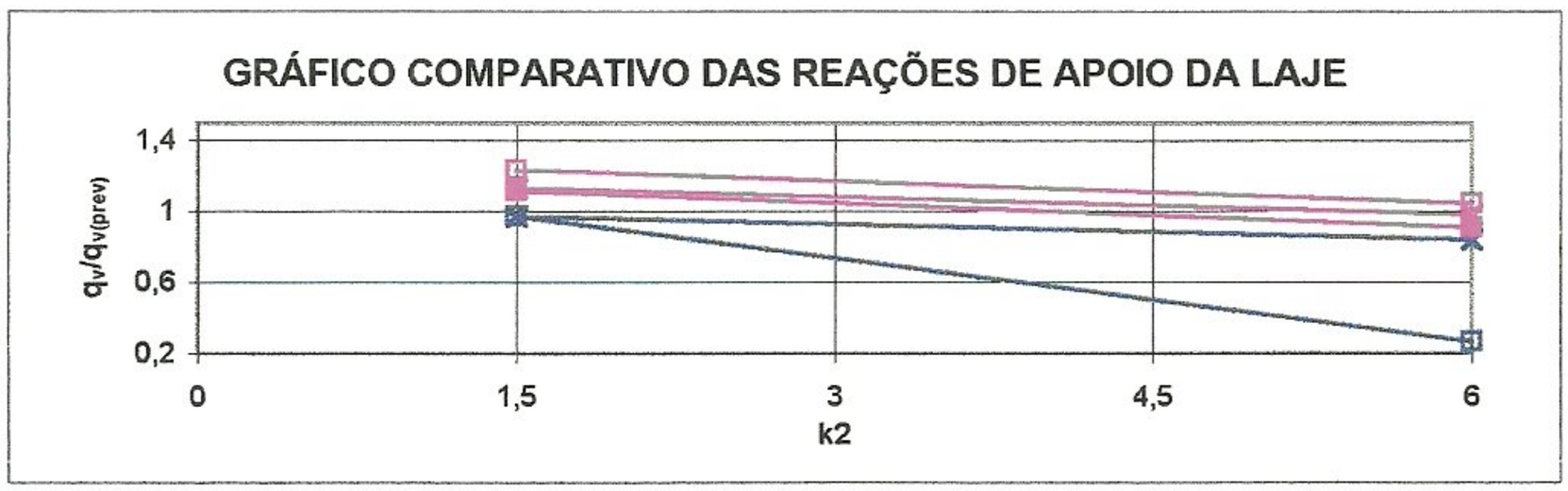
					VALORES DE K2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k4	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado				
	k2	13/700	inalterado				
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado		1,5		1,5
	5,0 k2	8/700	inalterado		1,5		1,5

Obs.: nenhum dos modelos com k1 = 24,0 e com variação do fator k5 apresentou α = 1,0

Fig. 5.50 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 com variação do parâmetro k5 - Viga V2 - k1 = 24,0





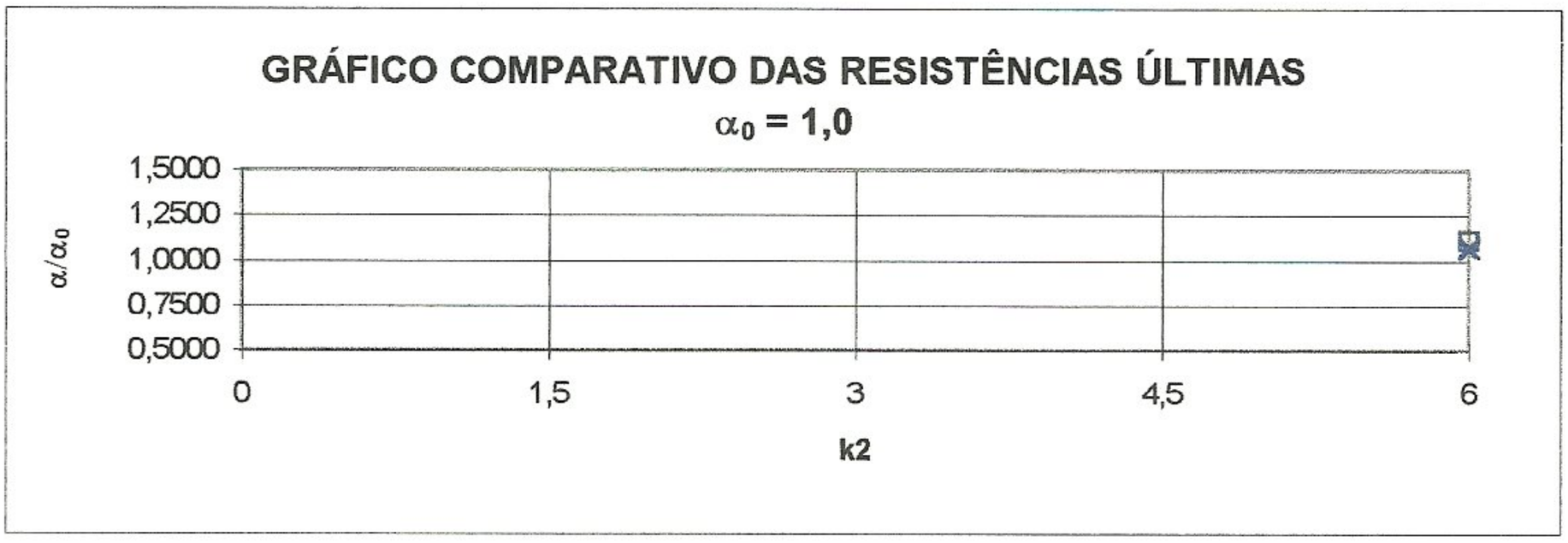


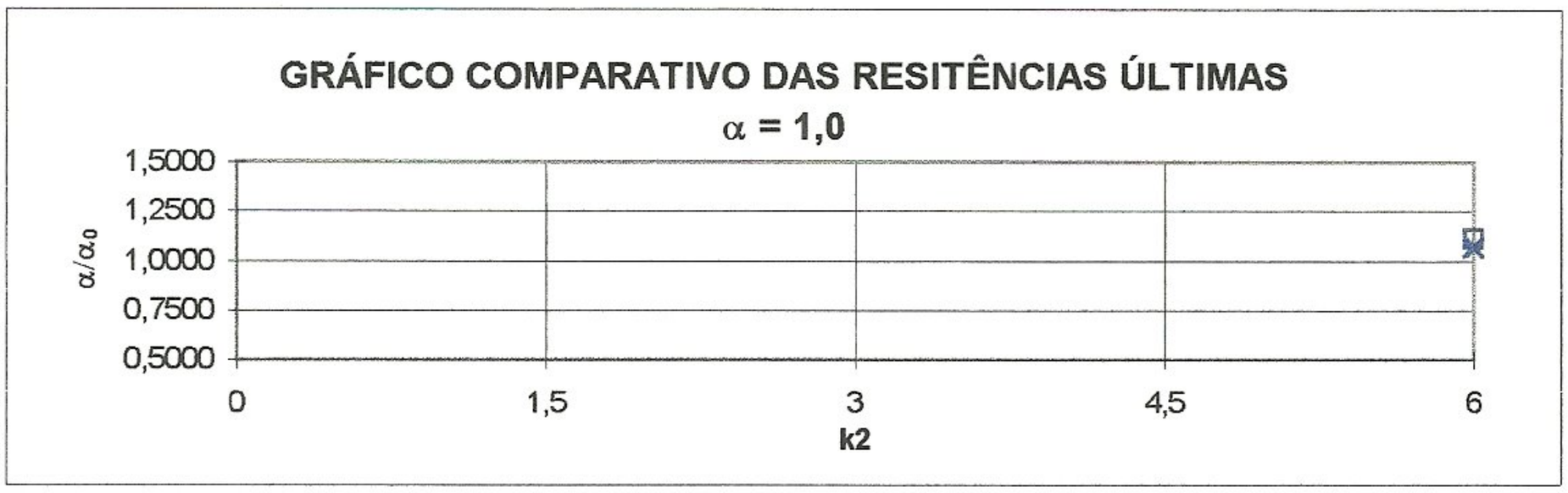
LEGENDA:

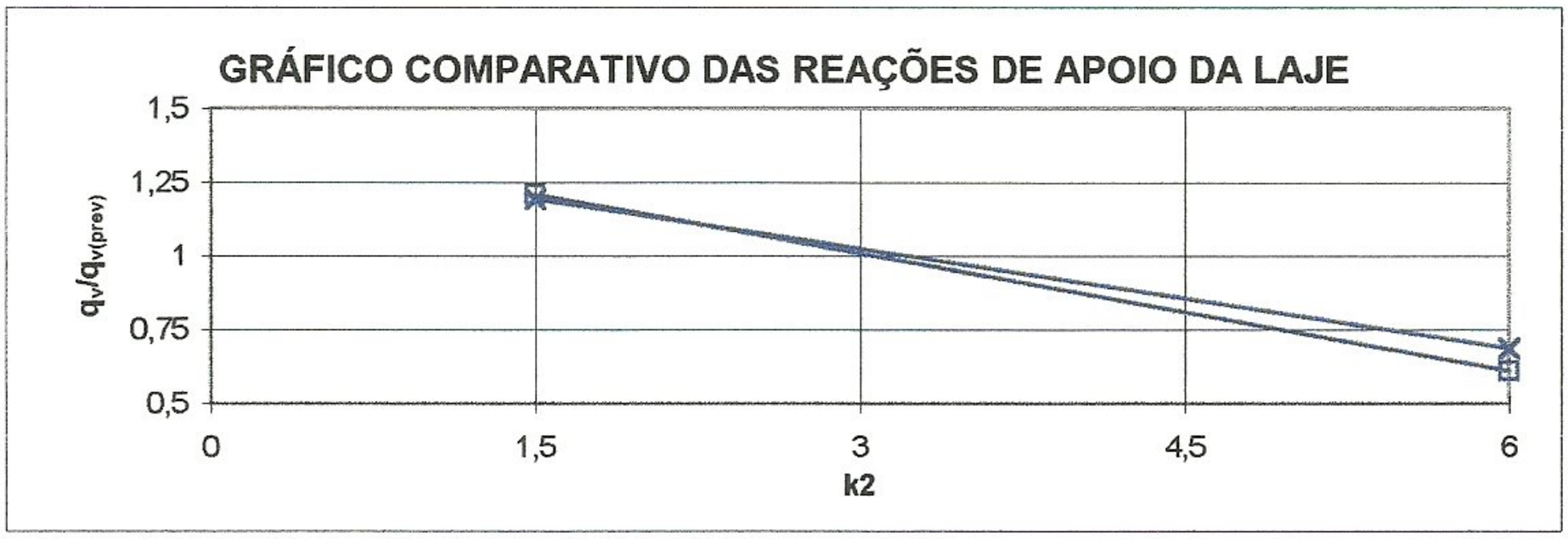
					VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k4	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado		6	6	1,5; 6
	2k2	10/700	2,0 x k6				
	2 k2	10/700	0,5 x k6		6	6	1,5; 6
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado		6(1*)	1,5(3*); 6	1,5; 6
	5,0 k2	10/700	2,0 x k6		6	1,5; 6	1,5; 6
	5,0 k2	10/700	0,5 x k6		6(2*)	1,5(4*); 6(5*)	1,5; 6

Obs.:
(1*) este ponto tem $\alpha_0 \neq 1,0$ (α_0 = 1,1735), plotou-se apenas para efeito de comparação
(2*) este ponto tem $\alpha_0 \neq 1,0$ (α_0 = 2,4831), plotou-se apenas para efeito de comparação
(3*) este ponto tem $\alpha \neq 1,0$ (α = 1,6003), plotou-se apenas para efeito de comparação
(4*) este ponto tem $\alpha \neq 1,0$ (α = 3,2631), plotou-se apenas para efeito de comparação

Fig. 5.51 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 com variação do parâmetro k6 - Viga V1 - k1 = 7,0



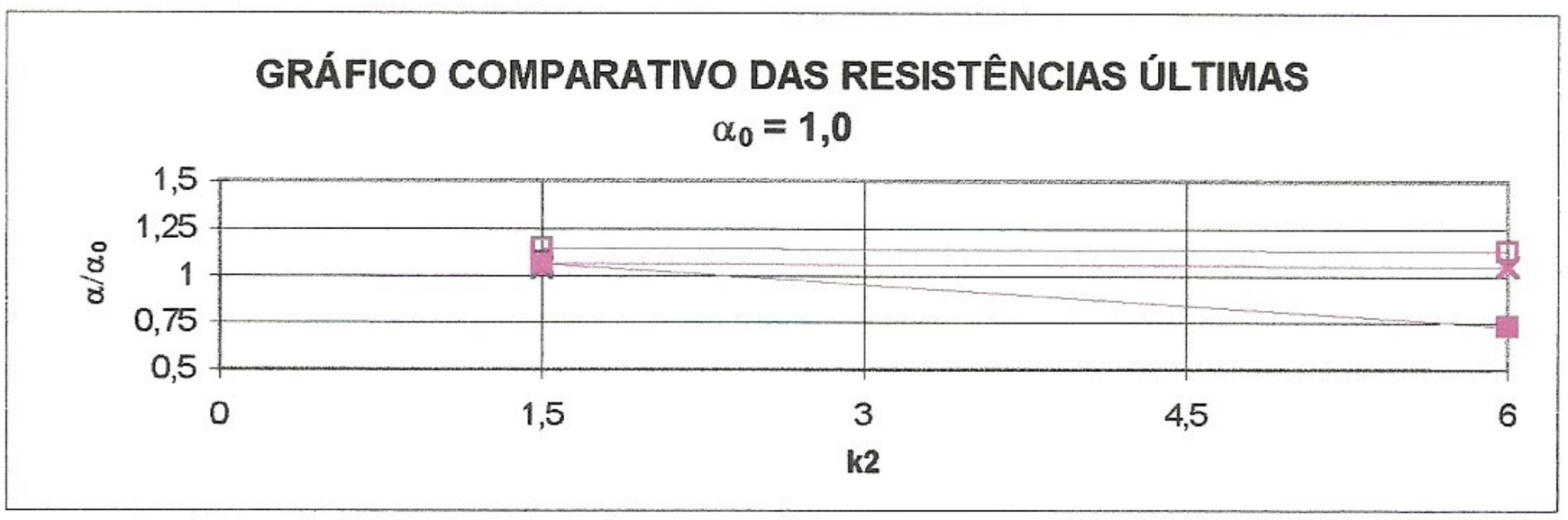


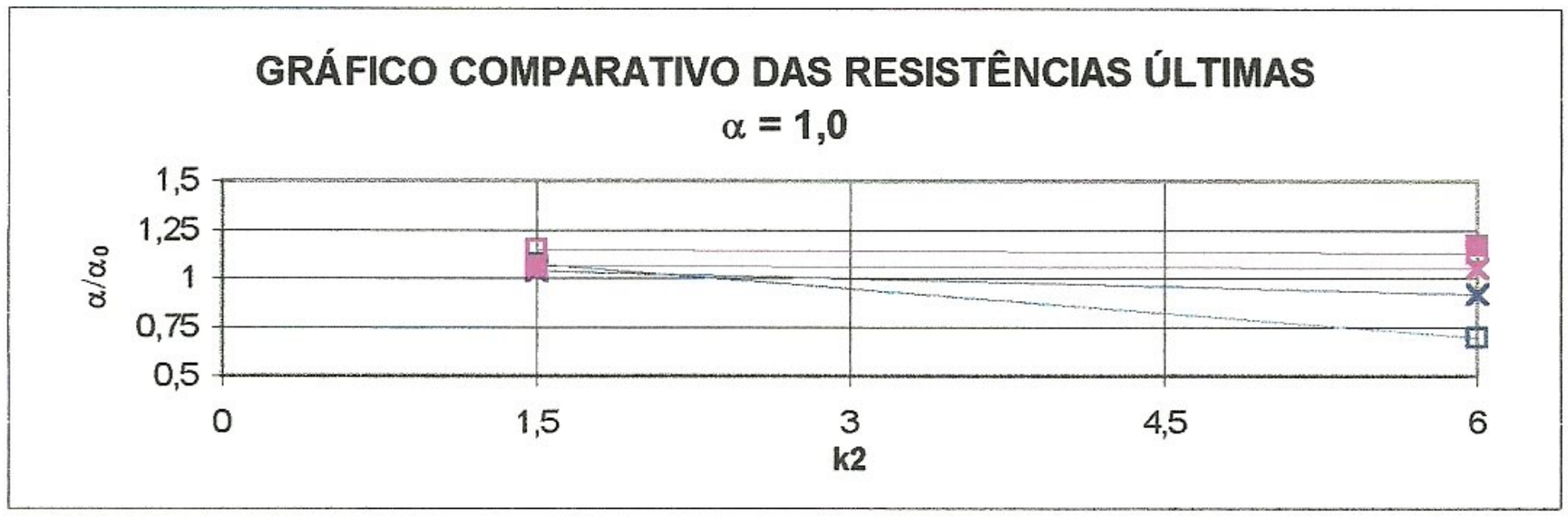


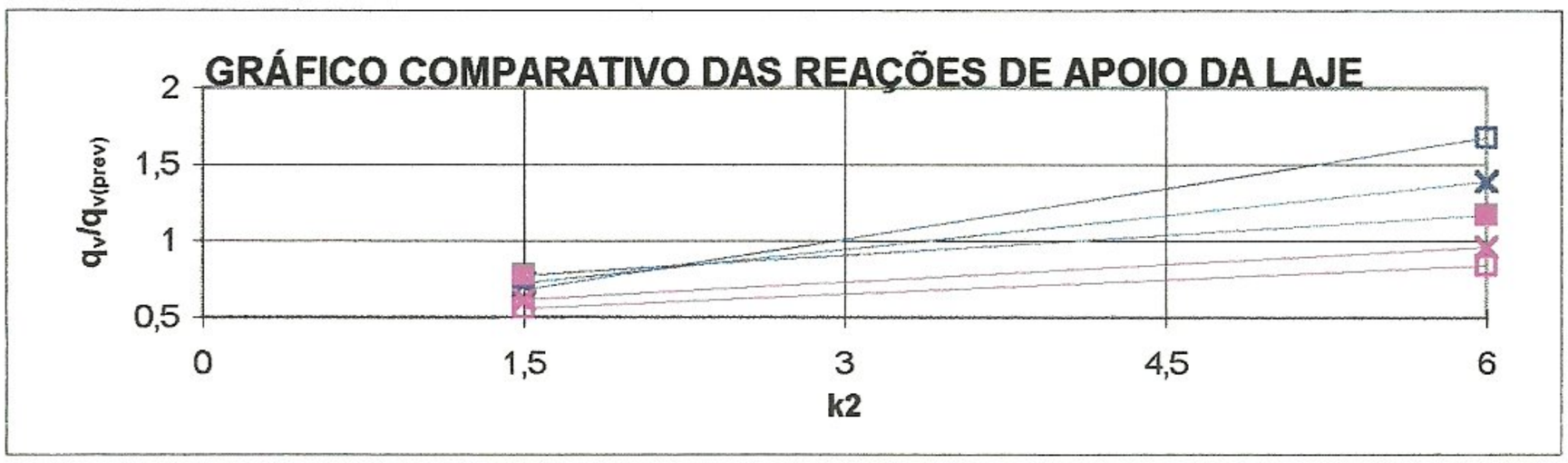
LEGENDA:

					VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	**k4**	**k5**	**k6**	**simbolo**	**α_0 = 1,0**	**α = 1,0**	**REAÇÕES**
1,00	k2	10/700	inalterado				
	2k2	10/700	2,0 x k6				
	2 k2	10/700	0,5 x k6				
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado		6	1,5; 6	1,5; 6
	5,0 k2	10/700	2,0 x k6				
	5,0 k2	10/700	0,5 x k6		6	1,5; 6	1,5; 6

Fig. 5.52 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 com variação do parâmetro k6 - Viga V1 - k1 = 24





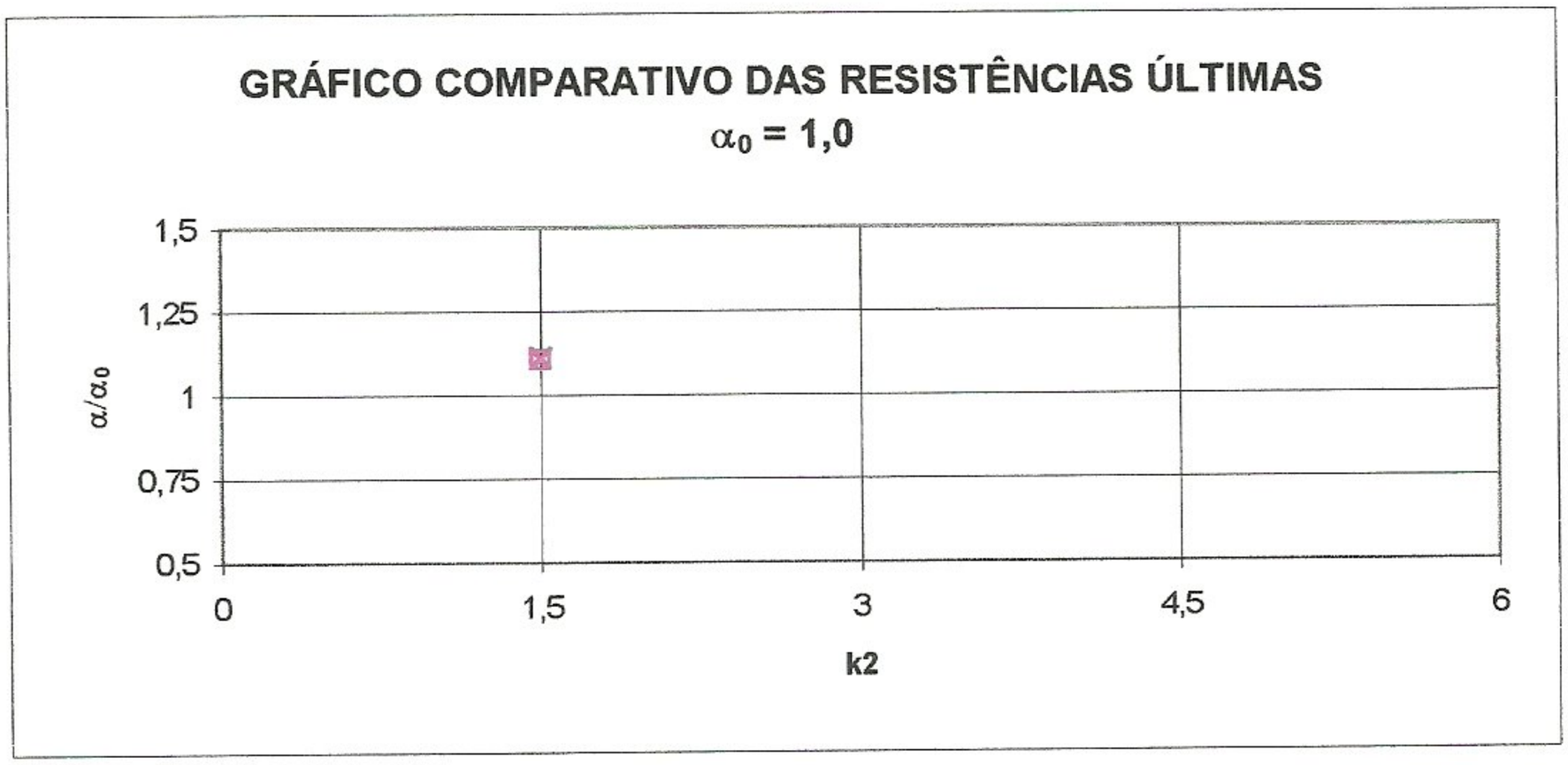


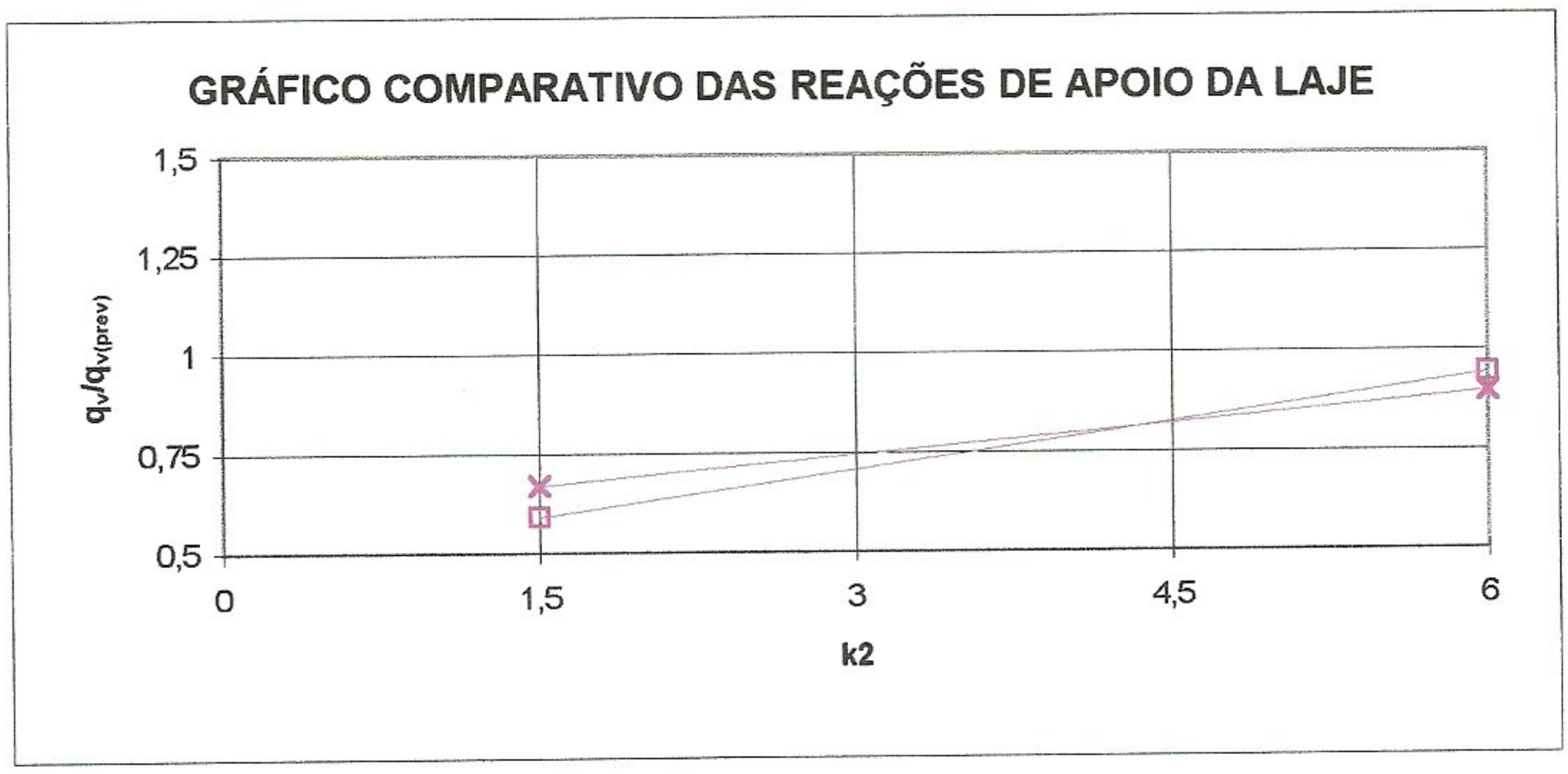
LEGENDA:

					VALORES DE K2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k4	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado			1,5; 6	1,5; 6
	2k2	10/700	2,0 x k6				
	2 k2	10/700	0,5 x k6			1,5; 6(2*)	1,5; 6
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado		1,5; 6	1,5; 6	1,5; 6
	5,0 k2	10/700	2,0 x k6		1,5; 6(1*)	1,5; 6(3*)	1,5; 6
	5,0 k2	10/700	0,5 x k6		1,5; 6	5(4*); 6(5*)	1,5; 6

Obs.:
(1*) este ponto tem $\alpha_0 \neq 1,0$ (α_0 = 1,5962), plotou-se apenas para efeito de comparação
(2*) este ponto tem $\alpha \neq 1,0$ (α = 1,6815), plotou-se apenas para efeito de comparação
(3*) este ponto tem $\alpha \neq 1,0$ (α =1,17), plotou-se apenas para efeito de comparação
(4*) este ponto tem $\alpha \neq 1,0$ (α = 1,1433), plotou-se apenas para efeito de comparação
(5*) este ponto tem $\alpha \neq 1,0$ (α = 1,1296), plotou-se apenas para efeito de comparação

Fig. 5.53 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 com variação do parâmetro k6 - Viga V2 - k1 = 7,0





LEGENDA:

k3	k4	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	k2	10/700	inalterado				
	k2	10/700	2,0 x k6				
	k2	10/700	0,5 x k6				
3,00	5,0 k2	10/700	inalterado		1,5		1,5; 6
	5,0 k2	10/700	2,0 x k6				
	5,0 k2	10/700	0,5 x k6		1,5		1,5; 6

Obs.:nenhum modelo com k1 = 24,0 e variando o fator k6 apresentou α = 1,0

Fig. 5.54 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 2 com variação do parâmetro k6 - Viga V2 - k1 = 24,0

5.8.4 - ANÁLISE DO SISTEMA 3 - BORDAS TRANSVERSAIS APOIADAS EM VIGAS E IMPEDIDAS DE GIRAR

O terceiro sistema de piso analisado é composto também por 7 vigas (Fig. 3.1) e a malha de elementos finitos utilizada é mostrada na Fig. 5.55. A estrutura deformada é ilustrada na Fig. 5.56. São analisados 45 casos, 27 casos sem variação dos parâmetros k5 e k6, 8 casos variando k5 e 10 casos variando k6 , conforme tabela 4.3.

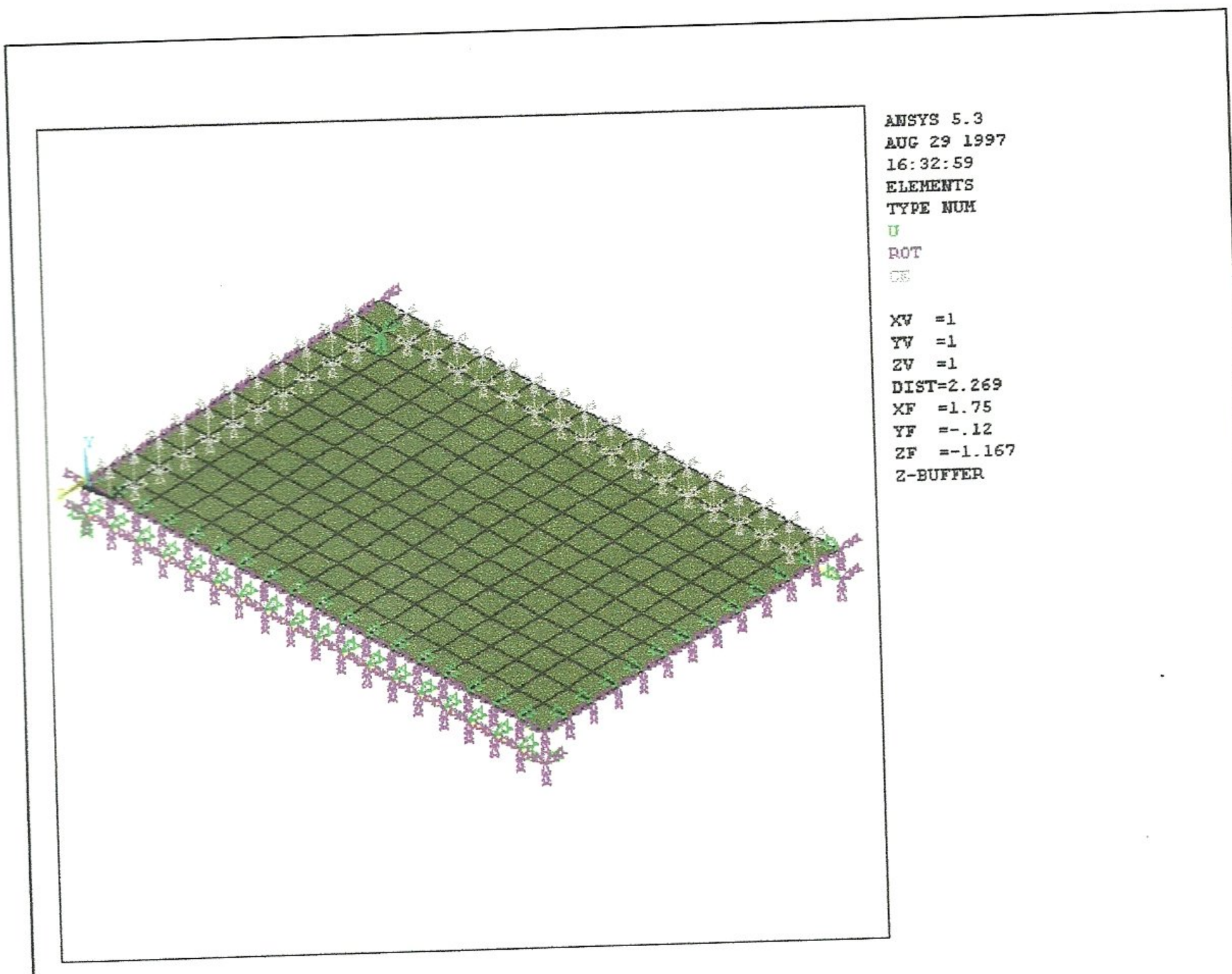


Fig. 5.55 - Malha gerada pela discretização do sistema 3

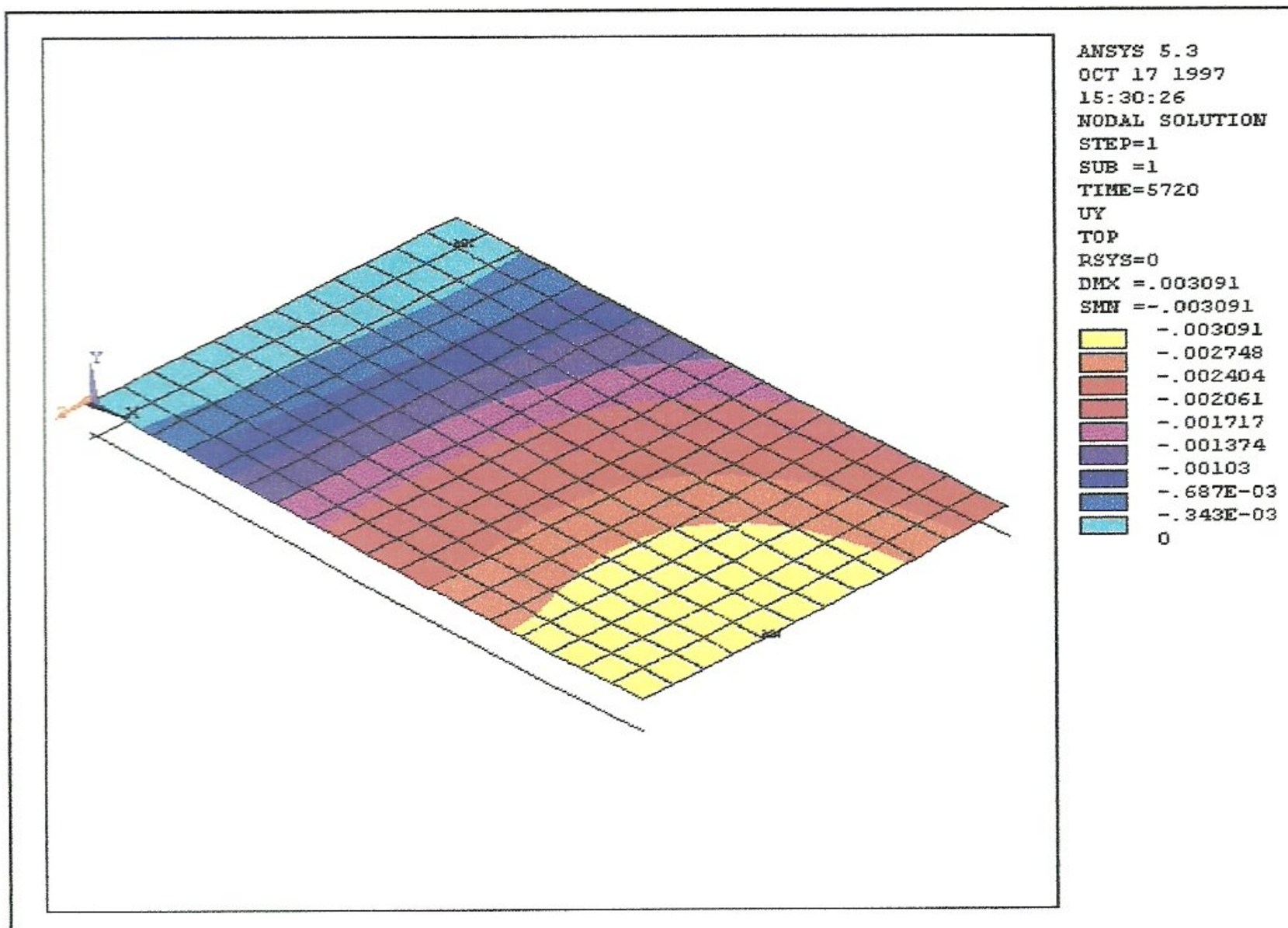


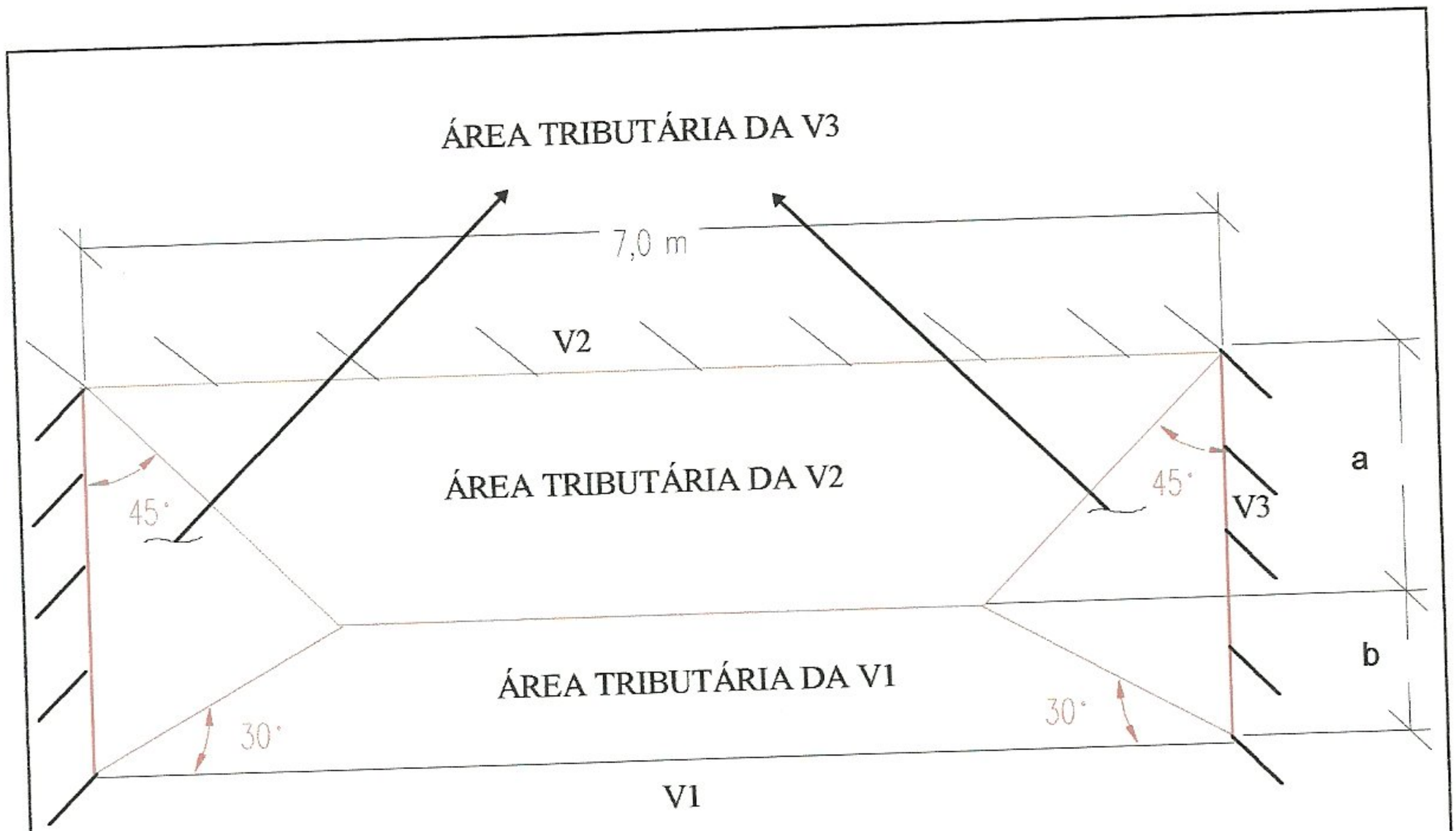
Fig. 5.56 - Estrutura deformada - Sistema 3

O cálculo usual das cargas nas vigas deste sistema também é realizado através da teoria de charneiras plásticas, como permitido pela norma brasileira NBR 6118 [7]. (Fig. 5.57).

As cargas previstas na laje para plastificação da mesma, variando de acordo com o parâmetro k3 (relação de vãos), são indicadas na tabela 5.5.

Tabela 5. 5 - Cargas previstas na laje para plastificação da mesma

	Q (kN/m^2)		
k3	**t_c = 10 cm**	**t_c = 12 cm**	**t_c = 7 cm**
1,00	36,39	52,40	--
1,75	66,48	--	--
3,00	145,52	--	71,30



Nota: As charneiras plásticas estão em vermelho

Fig. 5.57 - Charneiras plásticas do sistema de piso misto 3

As cargas previstas na laje para plastificação das vigas são indicadas na tabela 5.6, em função do parâmetro k3 (M_n = momento de plastificação previsto para a viga) .

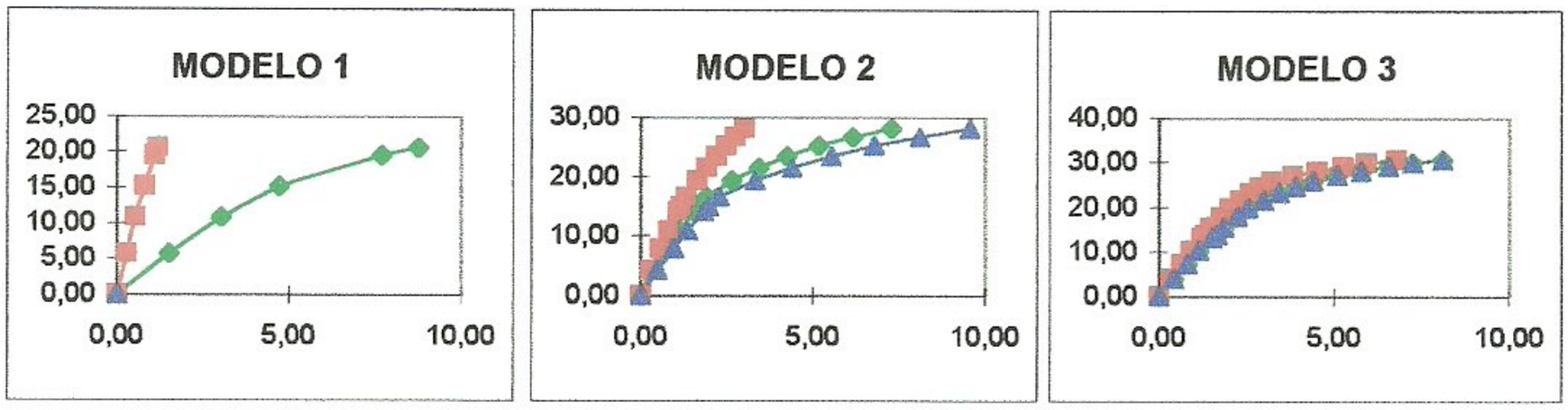
Tabela 5. 6- Cargas previstas na laje para plastificação das vigas

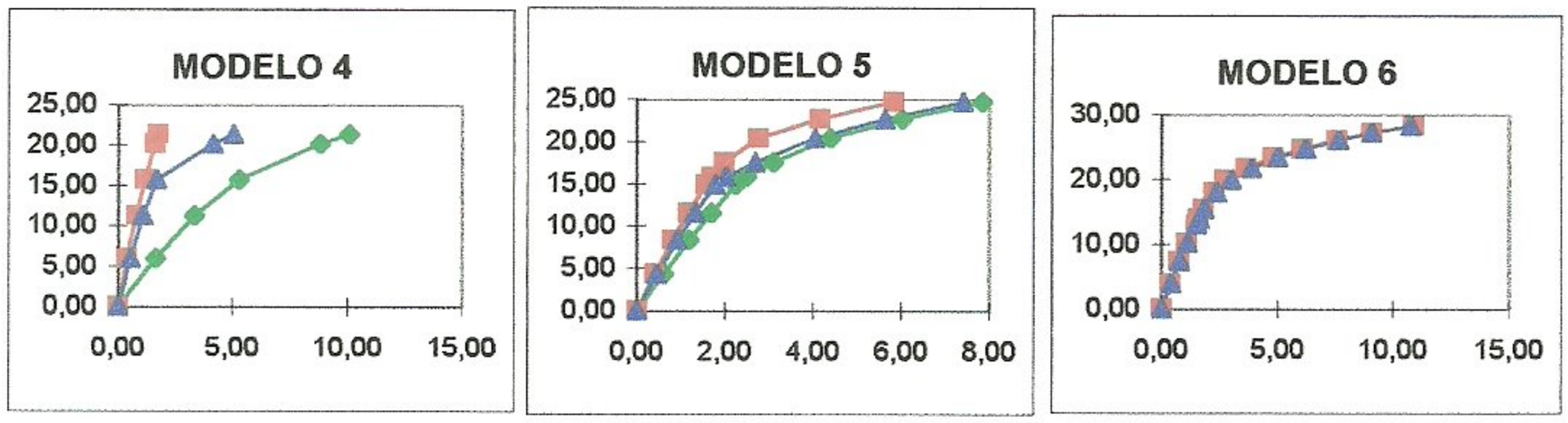
	Q (kN/m^2)		
k3	***viga V1 (L =7,00)***	***viga V2 (L = 7,00)***	***viga V3 (L= var.)***
1,00	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}1441}$	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}5}$	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}3028}$
1,75	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}1334}$	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}462}$	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}1035}$
3,00	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}0962}$	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}3334}$	$\frac{8M_n}{L^3 0{,}0352}$

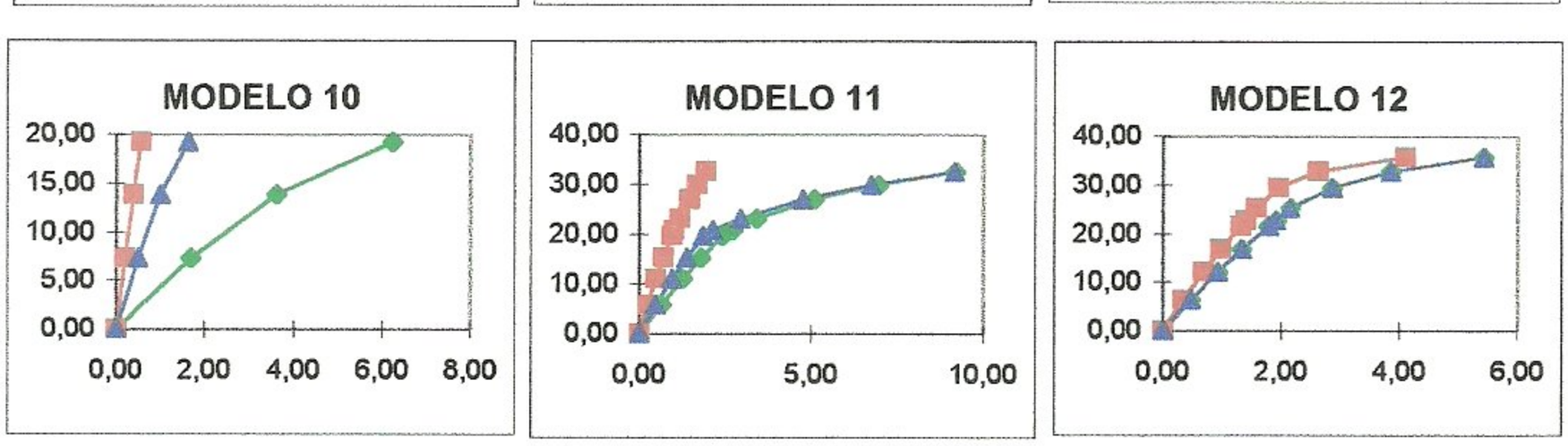
5.8.4.1 - RESULTADOS OBTIDOS PARA O SISTEMA 3

Os gráficos carga x flecha para carregamento incremental, sem variação dos parâmetros k5 e k6, estão ilustrados nas figuras 5.58 e 5.59; com variação do parâmetro k5 na Fig. 5.60 e com variação do parâmetro k6 na Fig. 5.61.

Os gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio, sem variação dos parâmetros k5 e k6, estão ilustrados nas figuras 5.62 a 5.67; com variação do parâmetro k5 nas figuras 5.68 a 5.71 e com variação do parâmetro k6 nas figuras 5.72 a 5.75. Para significados dos símbolos utilizados nos gráficos ver item 5.8.2.1.



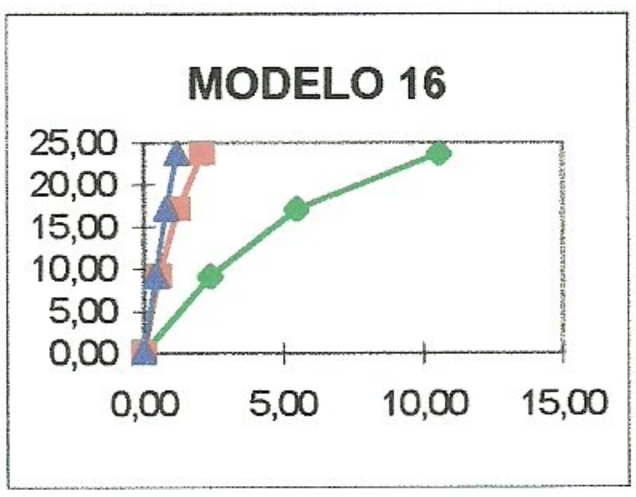


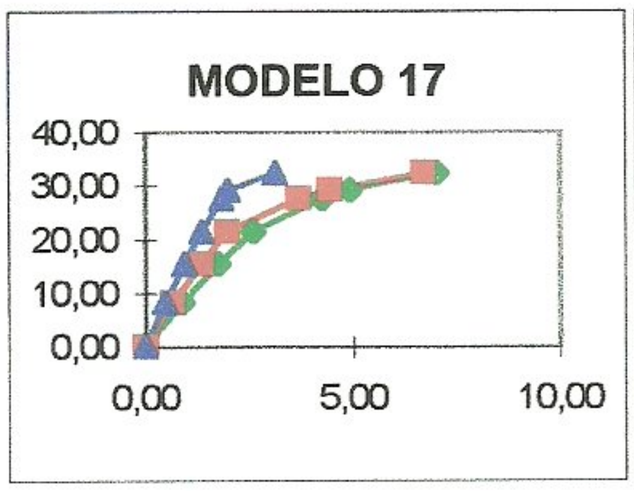


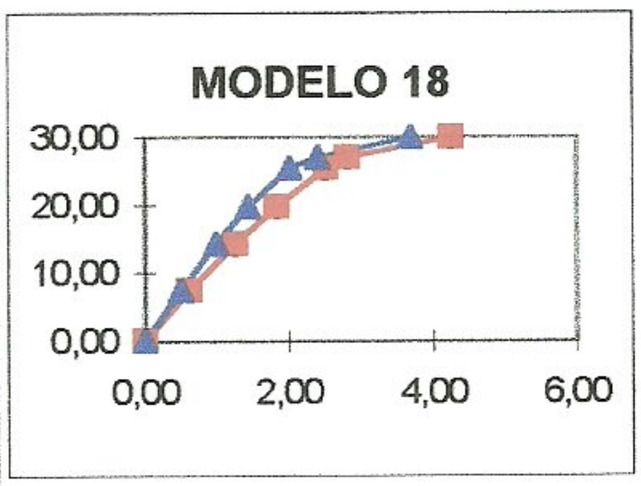
LEGENDA	
	laje
	viga v1
	viga v2

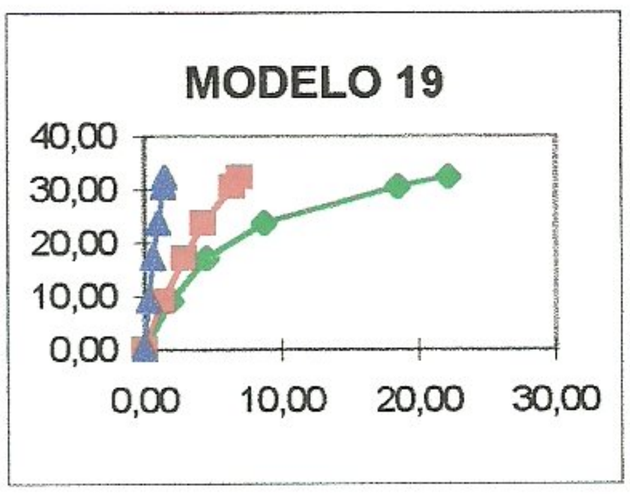
Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) Nos modelos 3 e 12 as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 6 e 9 as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

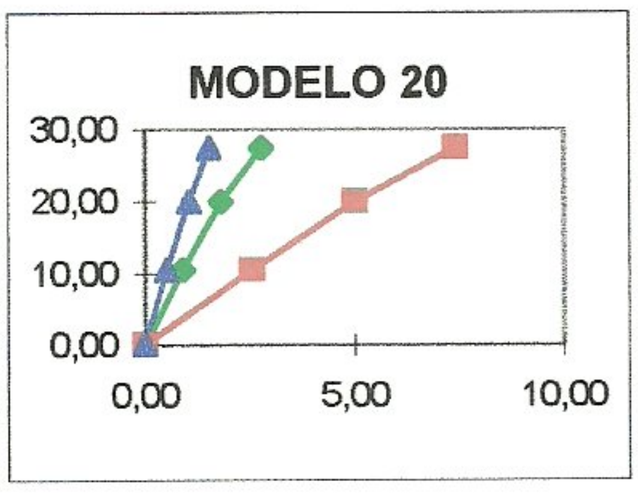
Fig. 5.58 - Gráficos carga x flecha - Sistema 3 - Modelos: 1 a 15

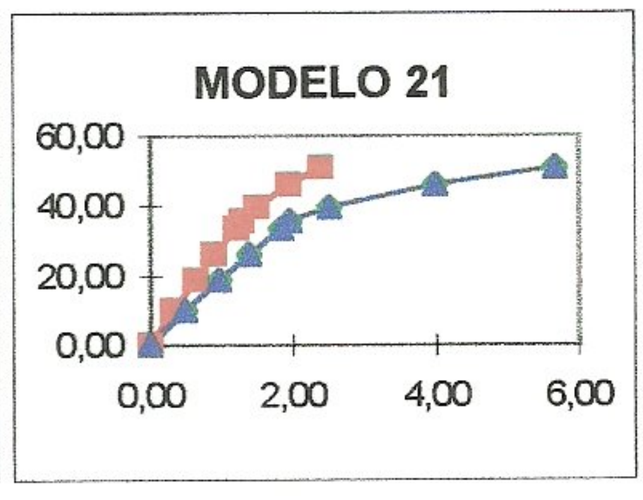


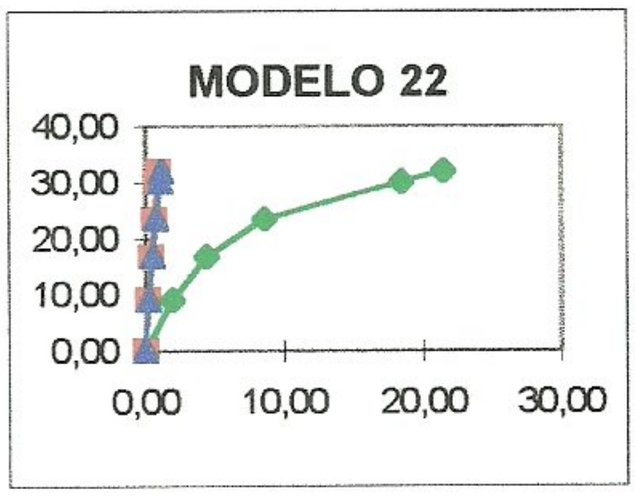


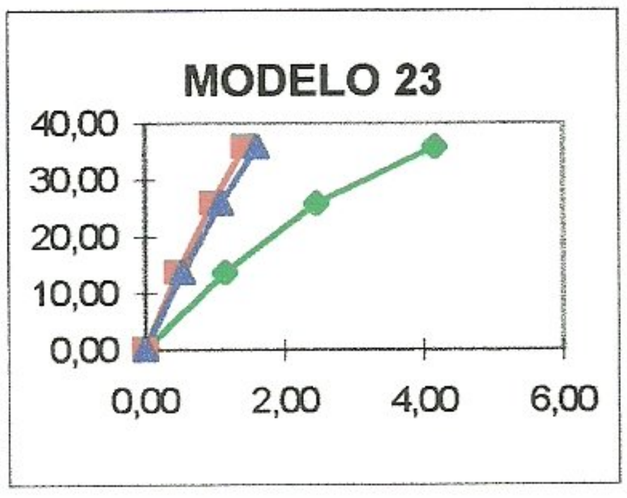


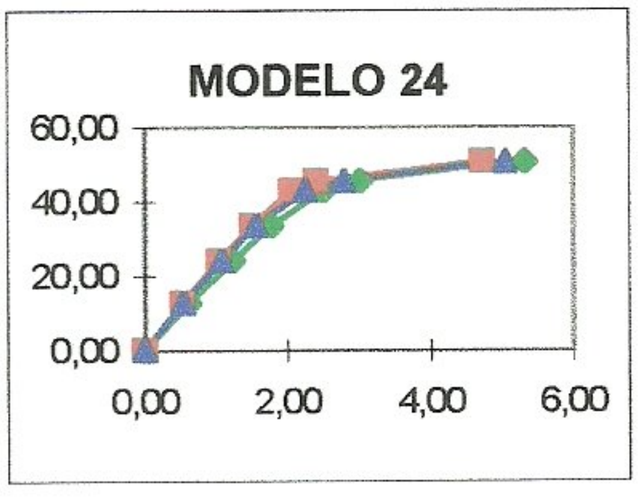


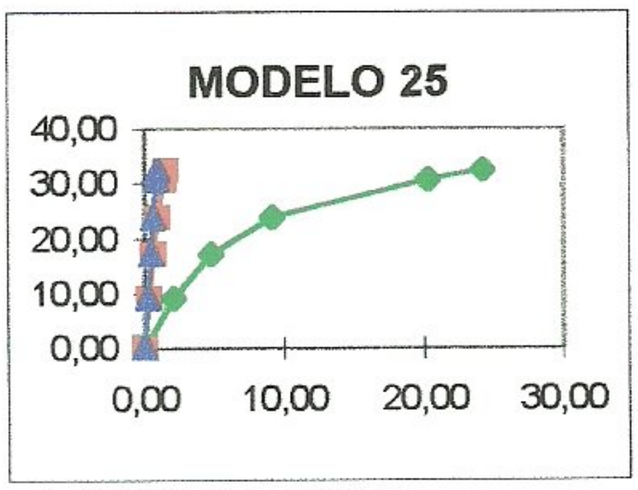


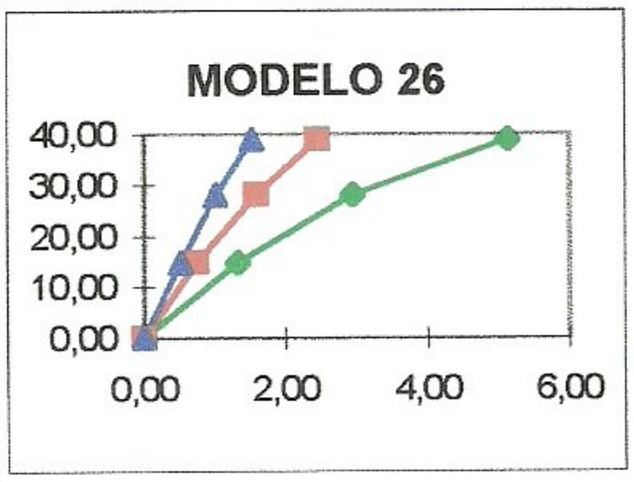


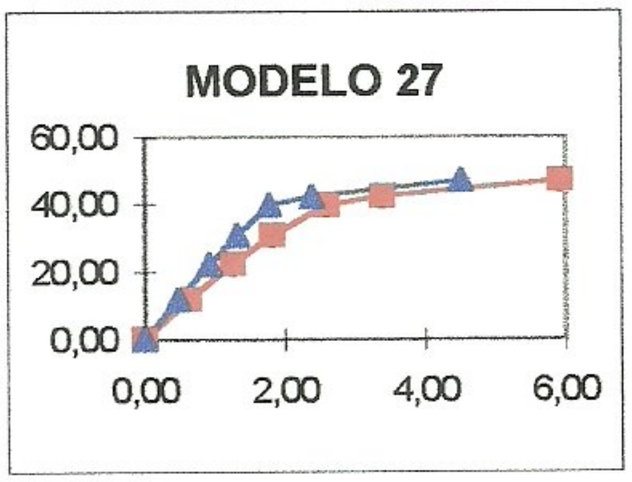








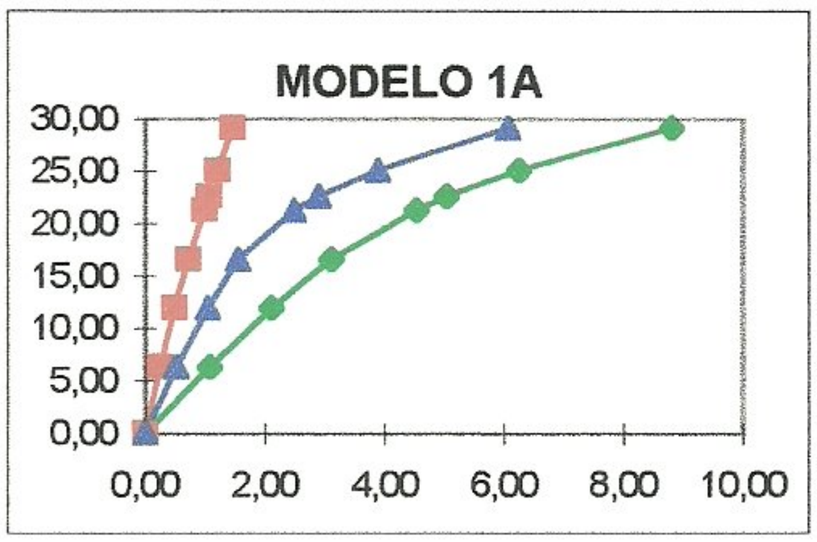


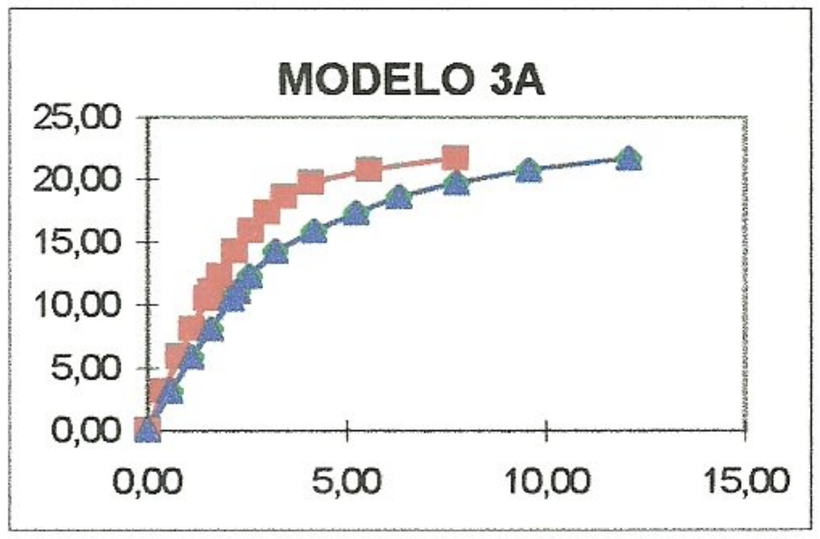


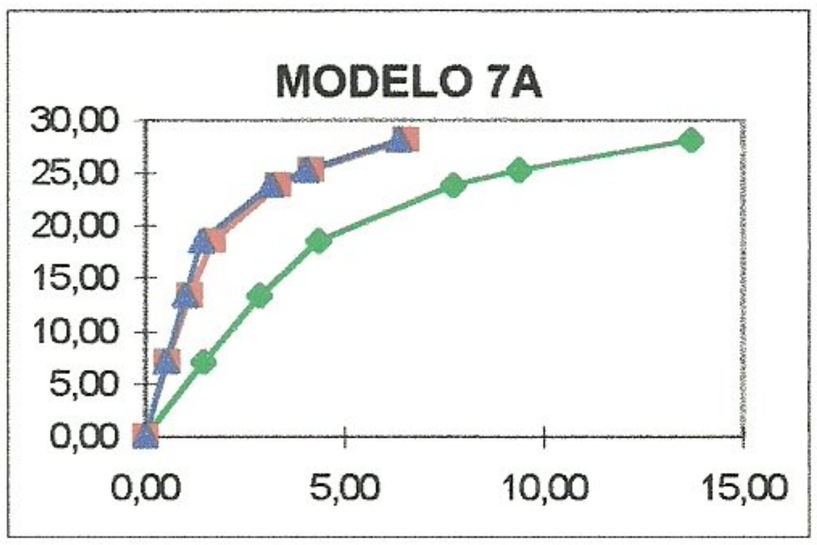
LEGENDA	
	laje
	viga v1
	viga v2

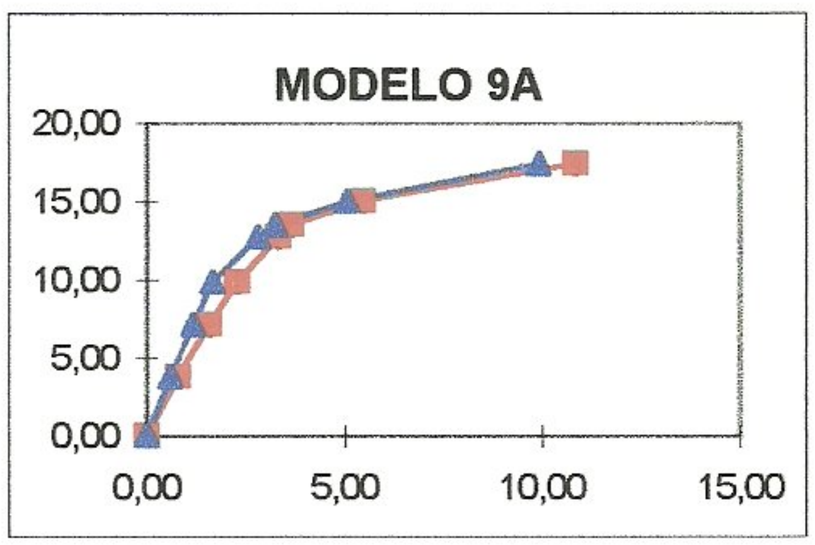
Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) No modelo 21 as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 18 e 27 as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

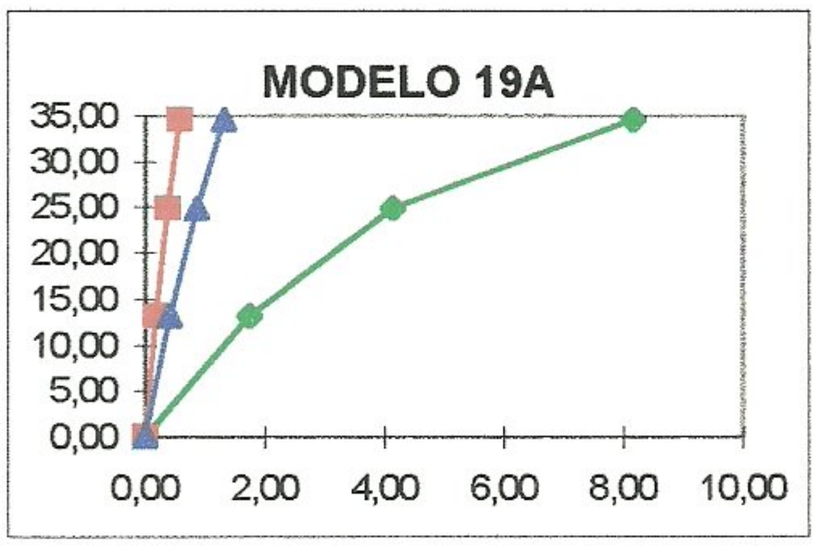
Fig. 5.59 - Gráficos carga x flecha - Sistema 3 - Modelos: 16 a 27

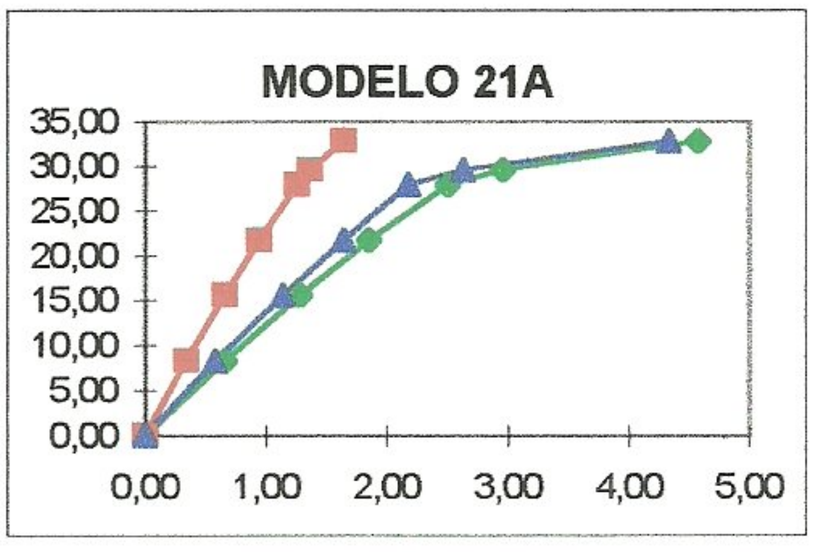


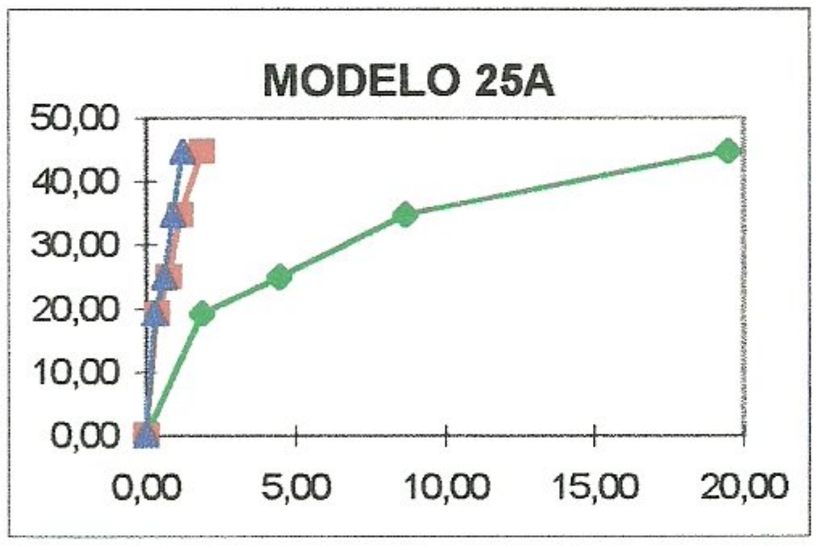


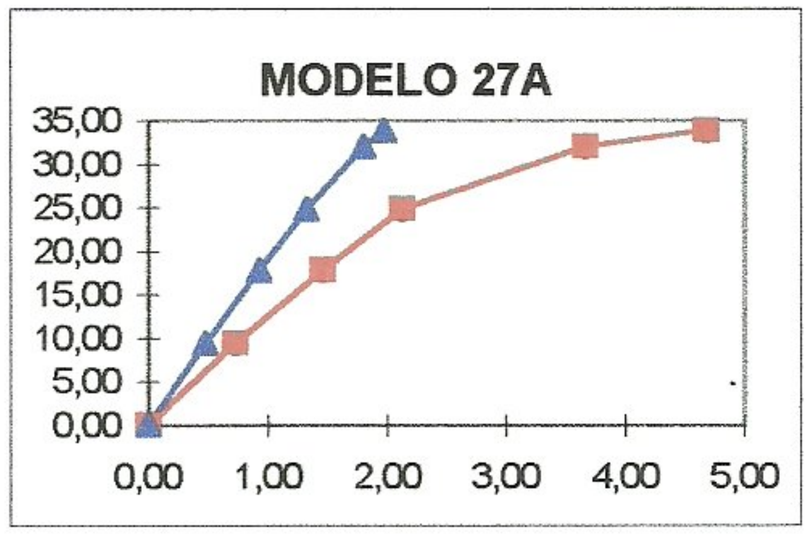








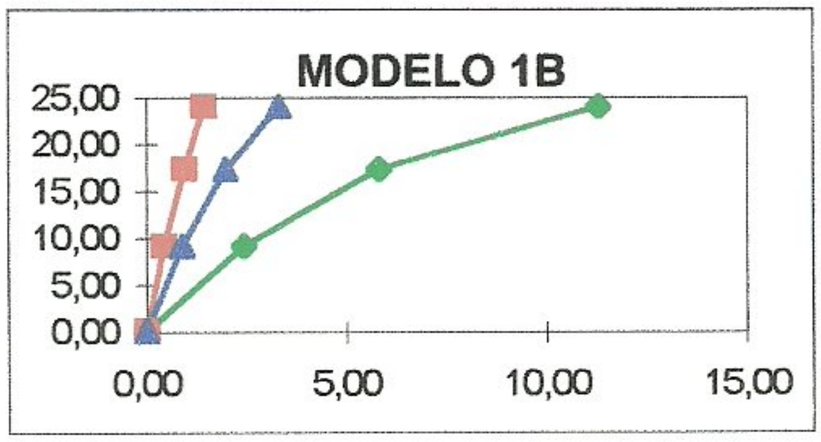


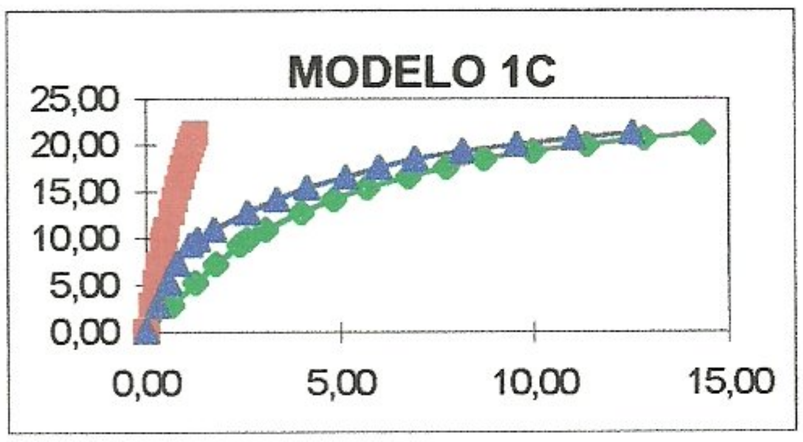


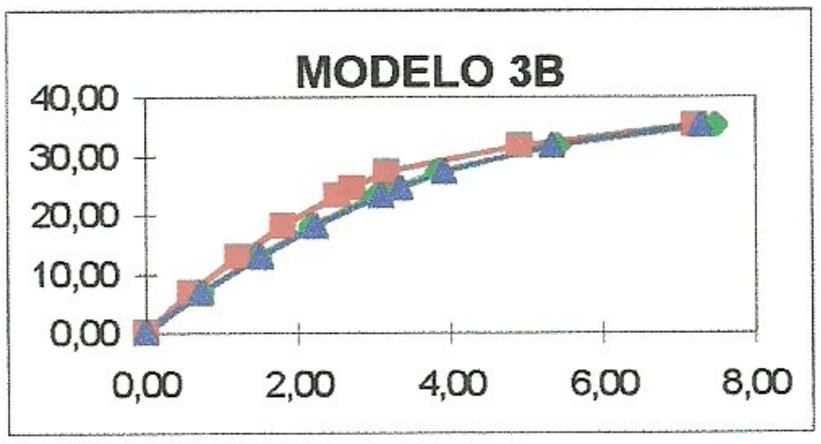
LEGENDA	
	laje
	viga v1
	viga v2

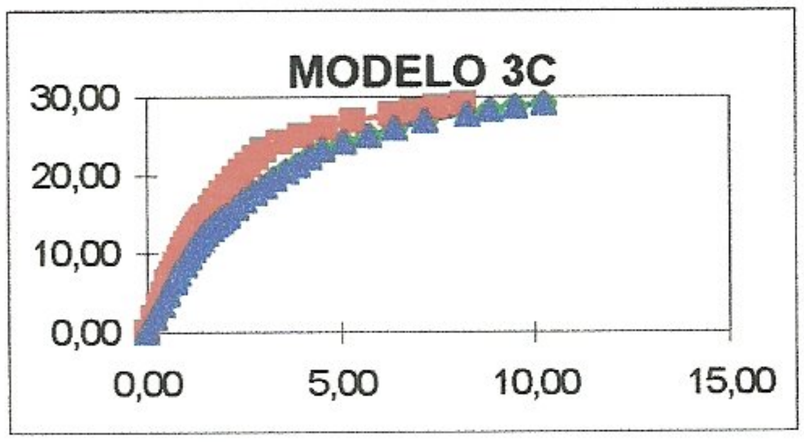
Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) No modelo 3A as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 9A e 27A as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

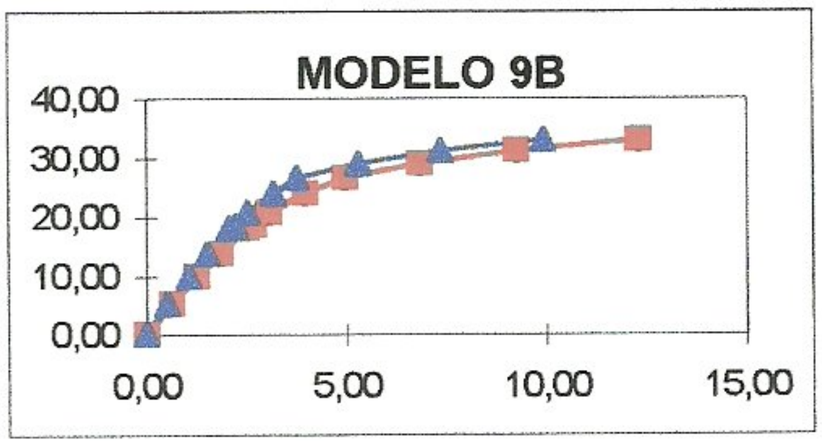
Fig. 5.60 - Gráficos carga x flecha - Sistema 3 com variação do parâmetro k5

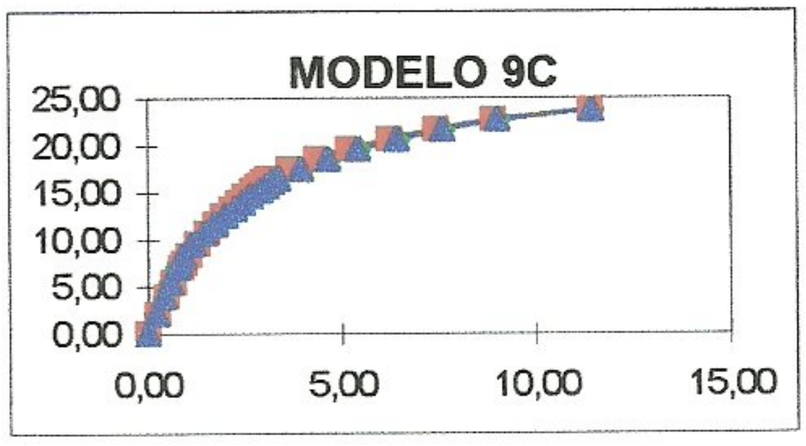


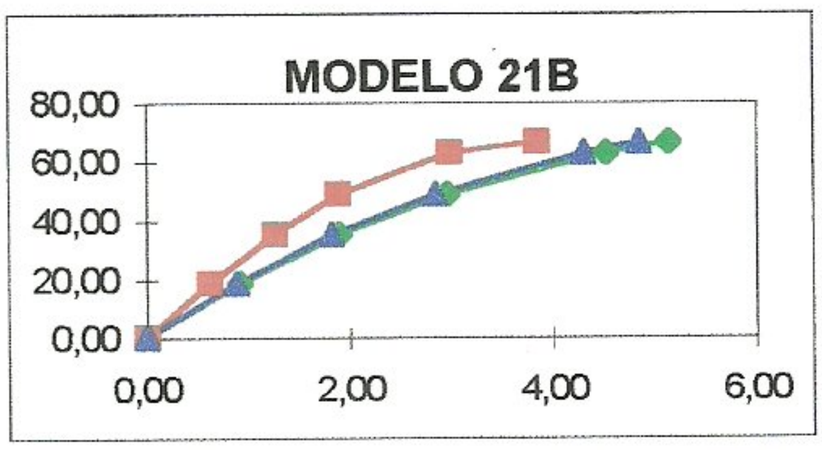


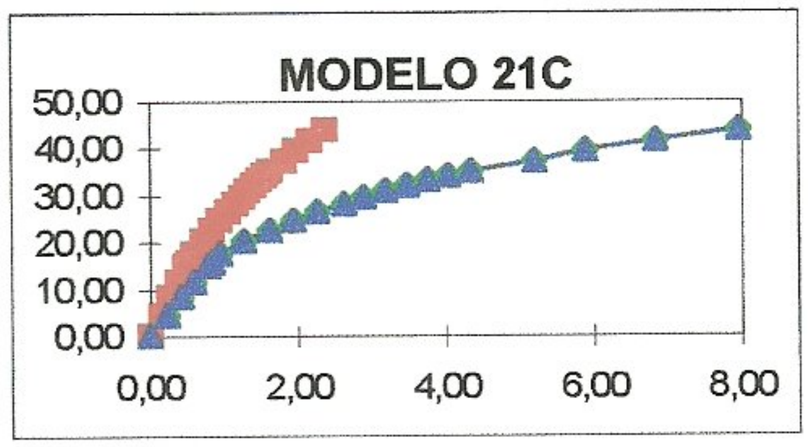


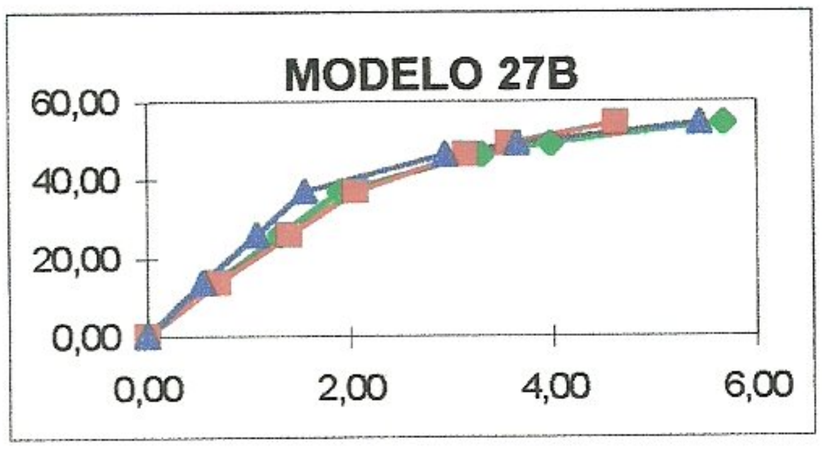


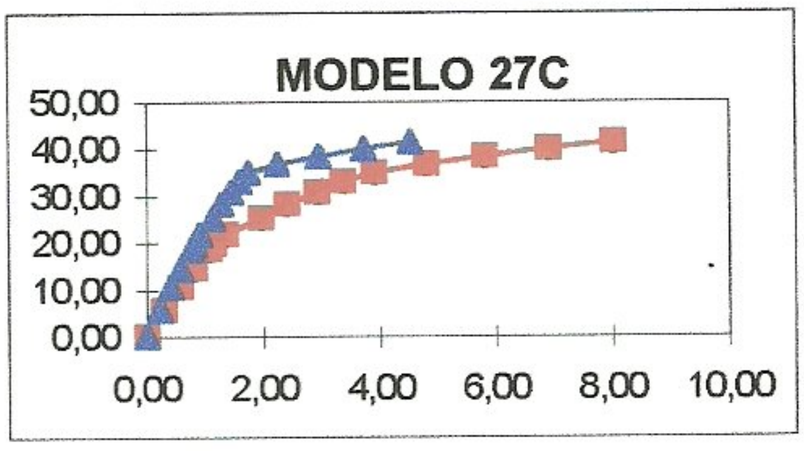








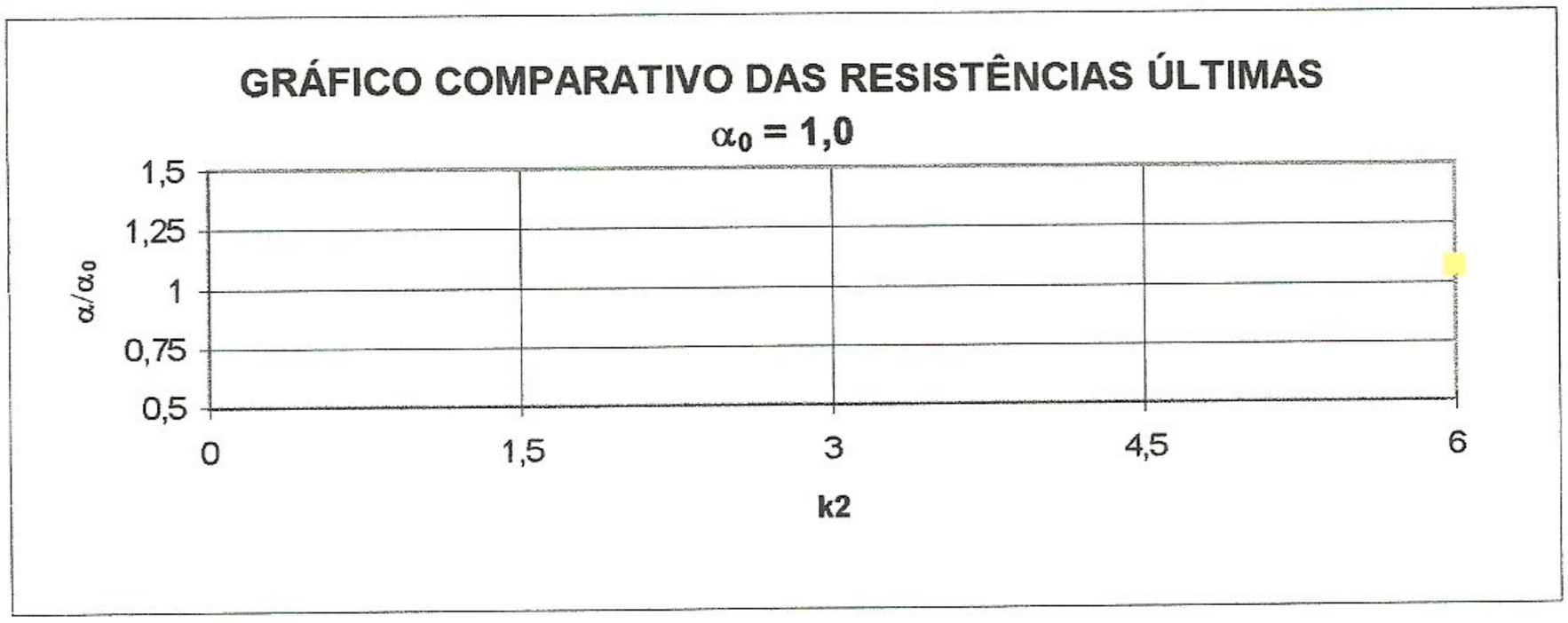


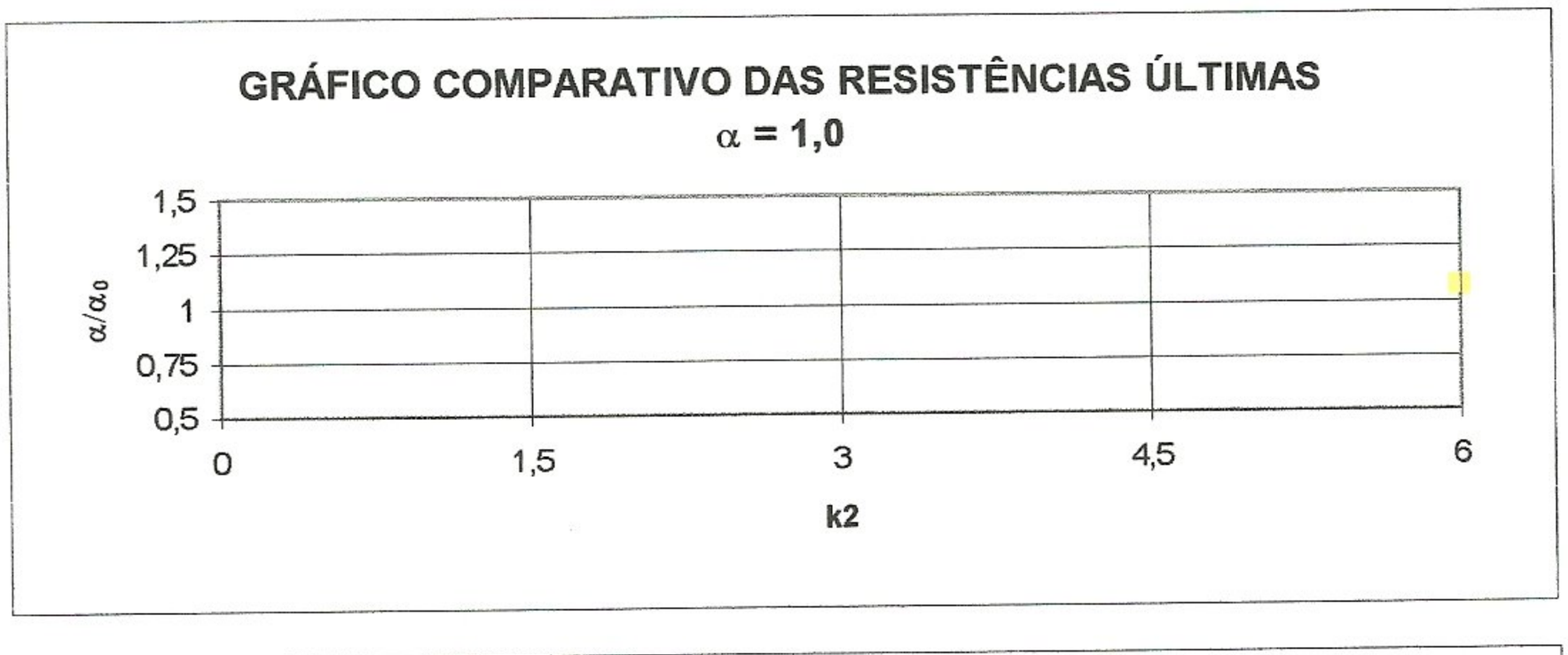


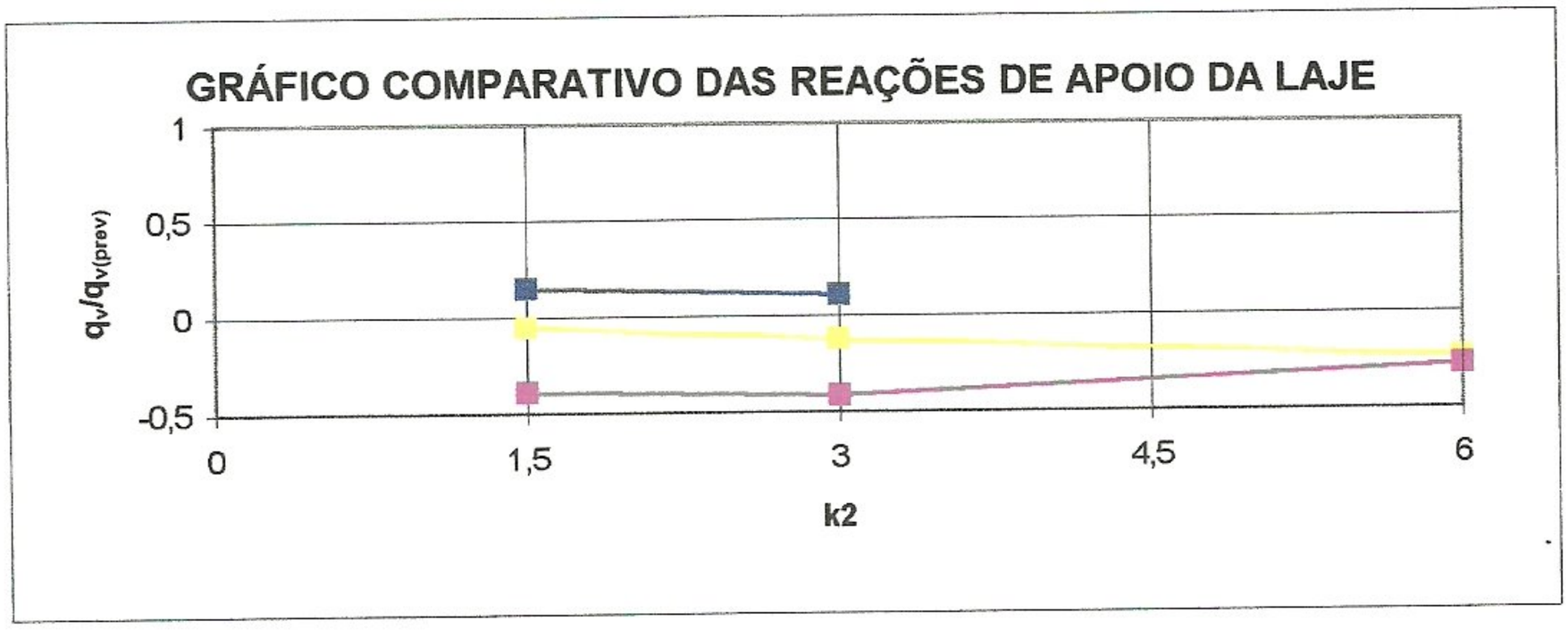
LEGENDA	
	laje
	viga v1
	viga v2

Obs.:
1) x: flecha (cm), y: carga (kN/m2)
2) Nos modelos 3C e 21C as flechas da laje e da viga V2 são coincidentes
3) Nos modelos 9B e 27C as flechas da laje e da viga V1 são coincidentes

Fig. 5.61 - Gráficos carga x flecha - Sistema 3 com variação do parâmetro k6



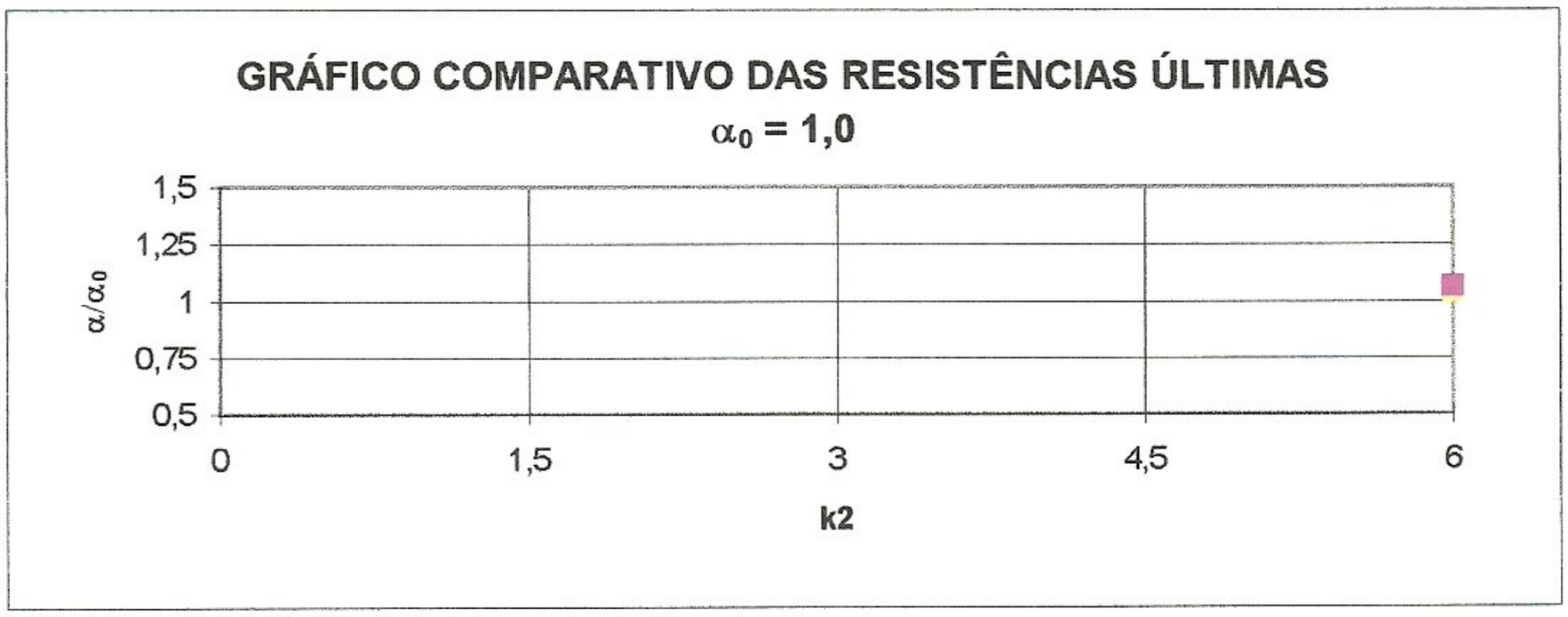


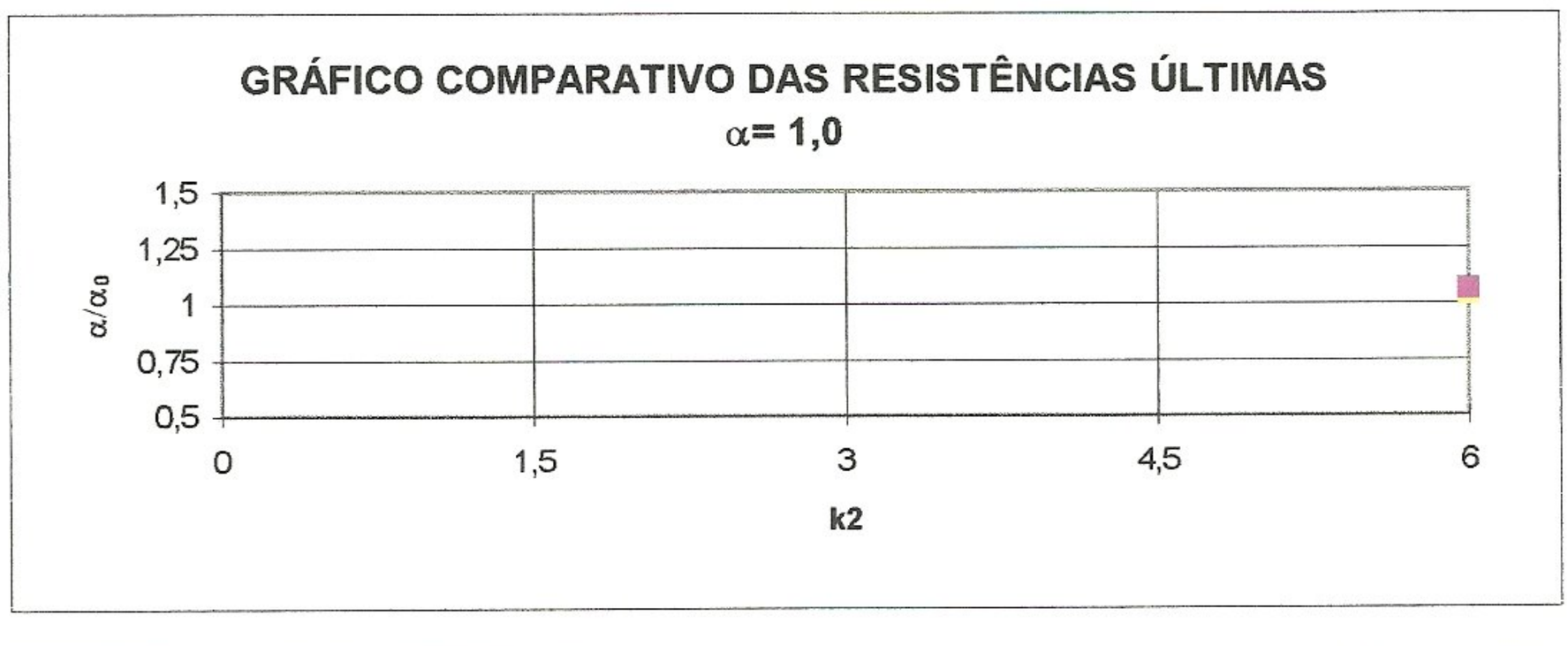


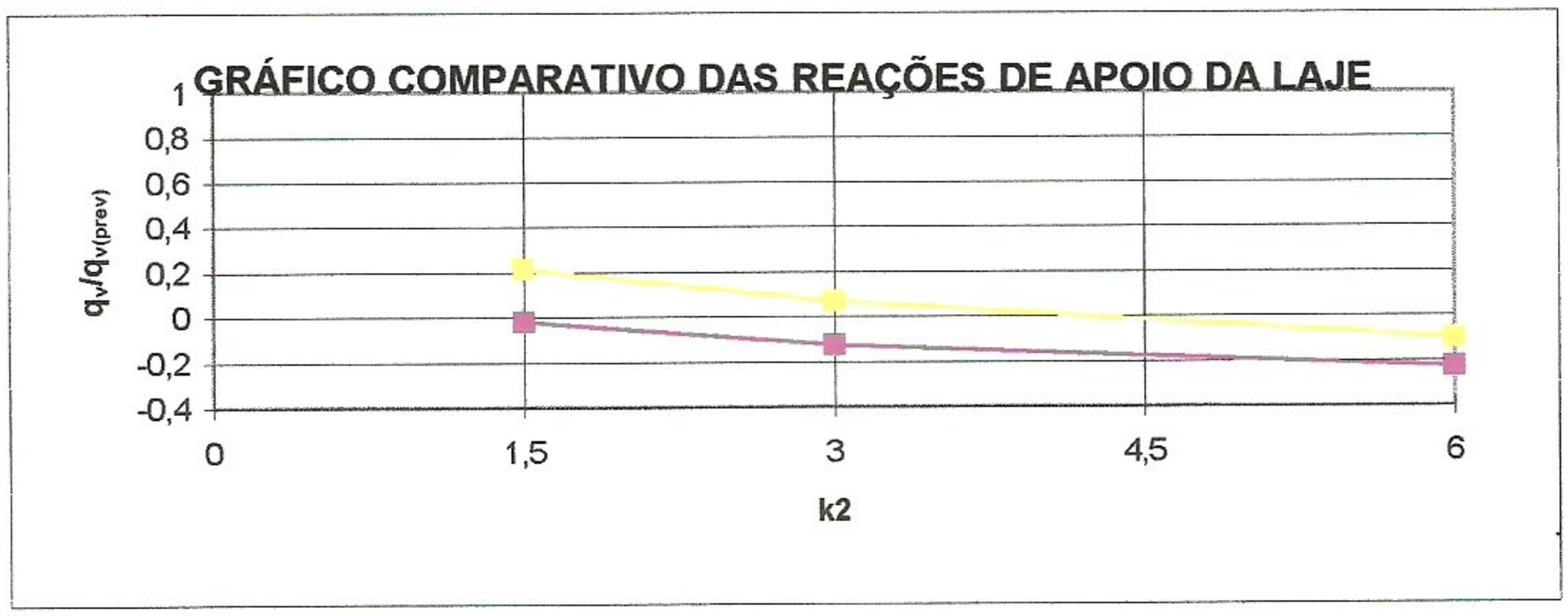
LEGENDA:

				VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado				1,5; 3
1,75	10/700	inalterado		6	6	1,5; 3; 6
3,00	10/700	inalterado				1,5; 3; 6

Fig. 5.62 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 - Viga V1 - k1 = 7,0



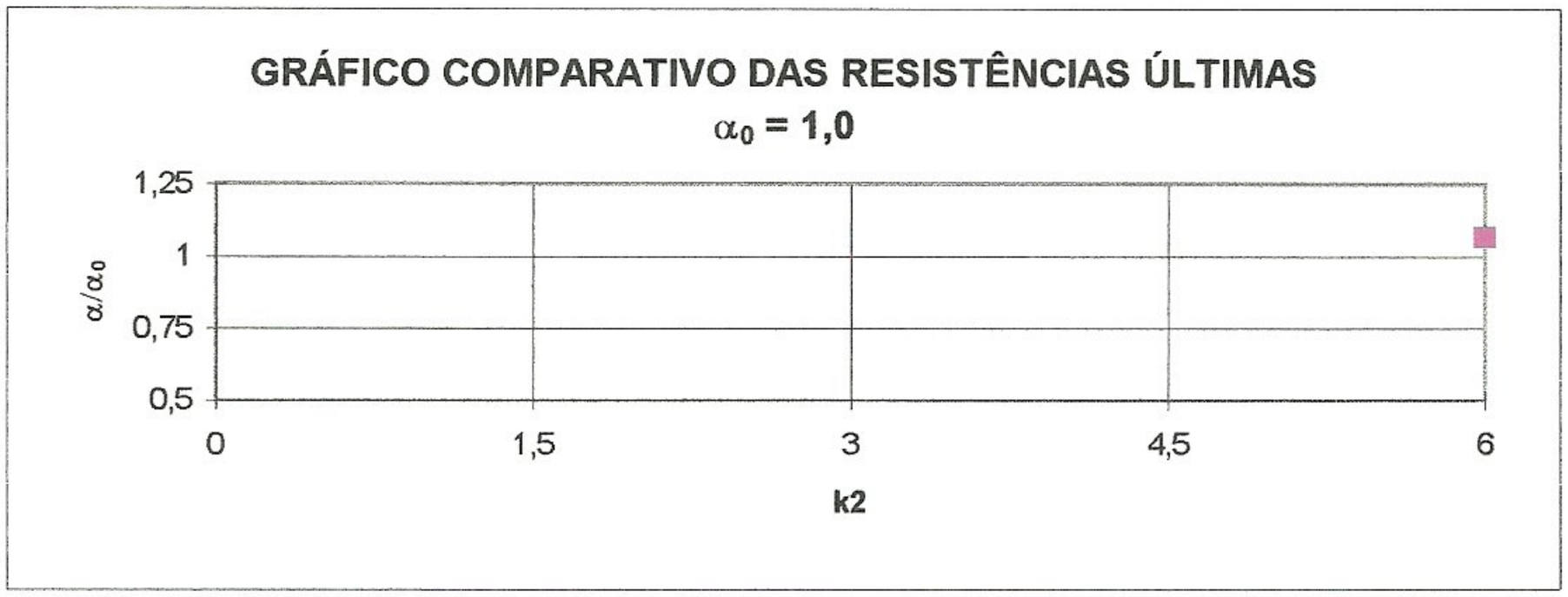


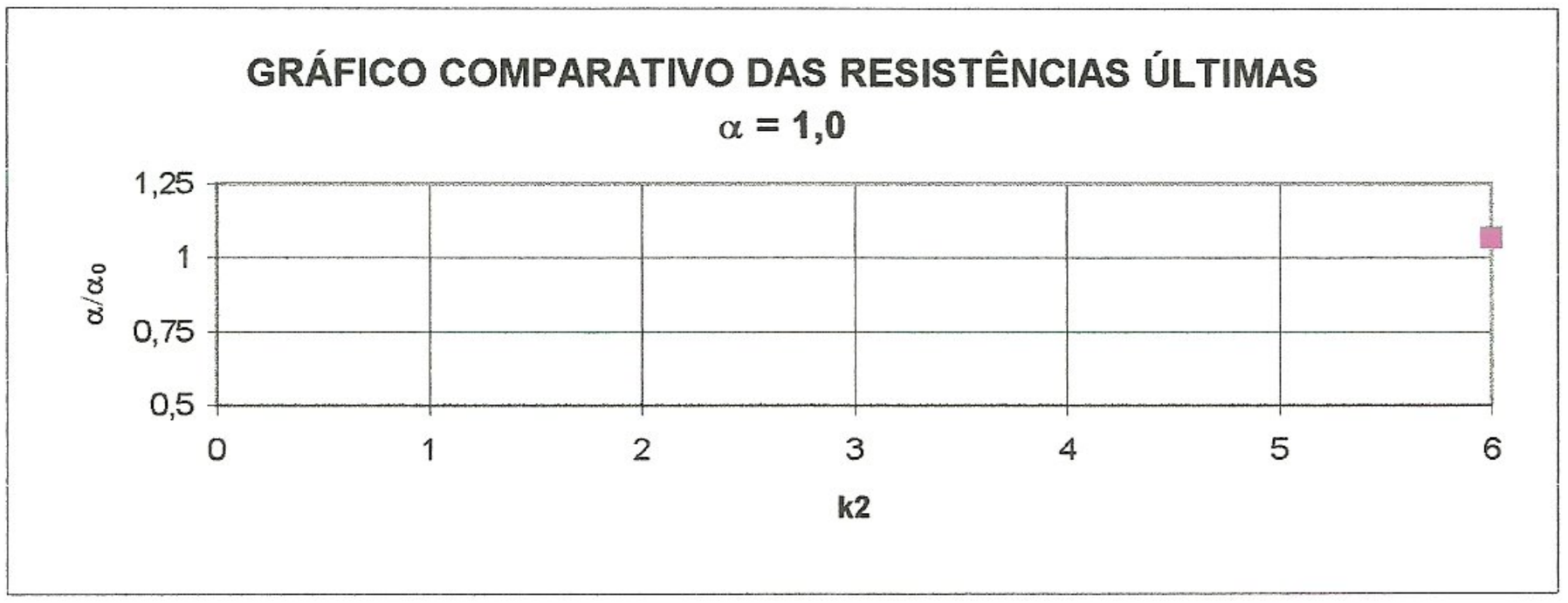


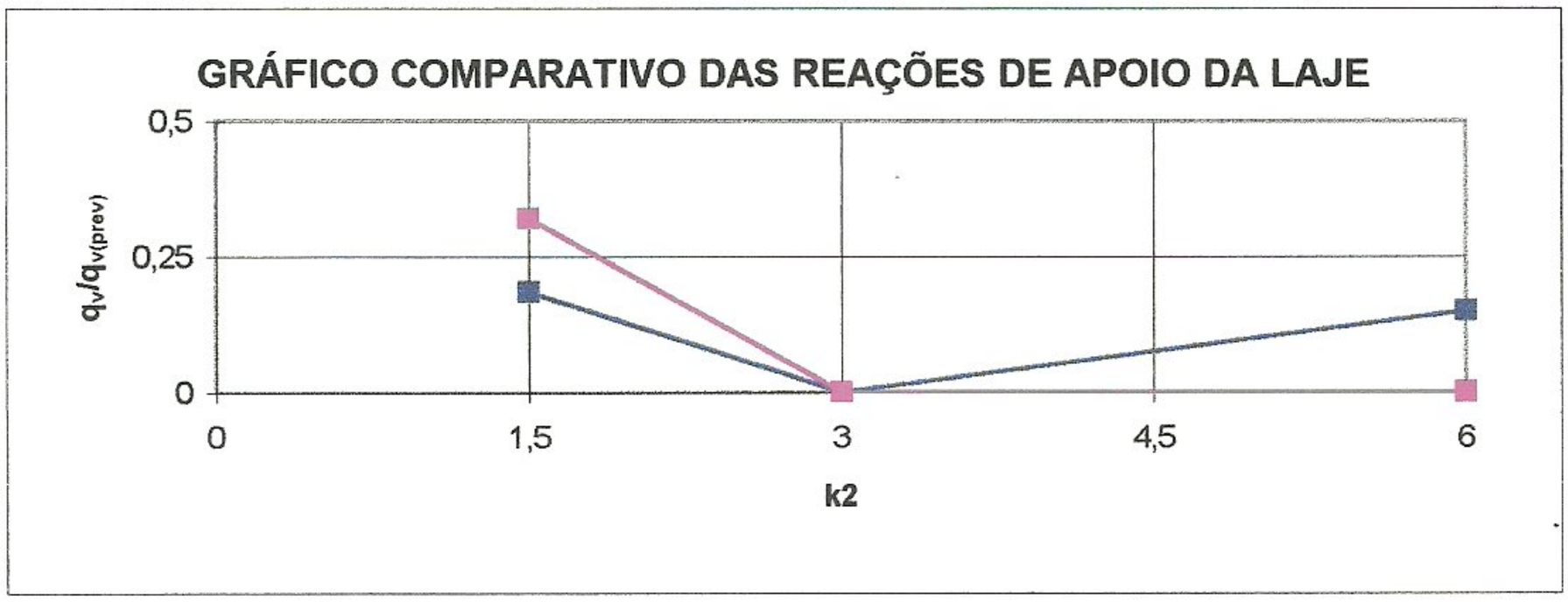
LEGENDA:

				VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado				
1,75	10/700	inalterado		6	6	1,5; 3; 6
3,00	10/700	inalterado		6	6	1,5; 3; 6

Fig. 5.63 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 - Viga V1 - k1 = 13,0



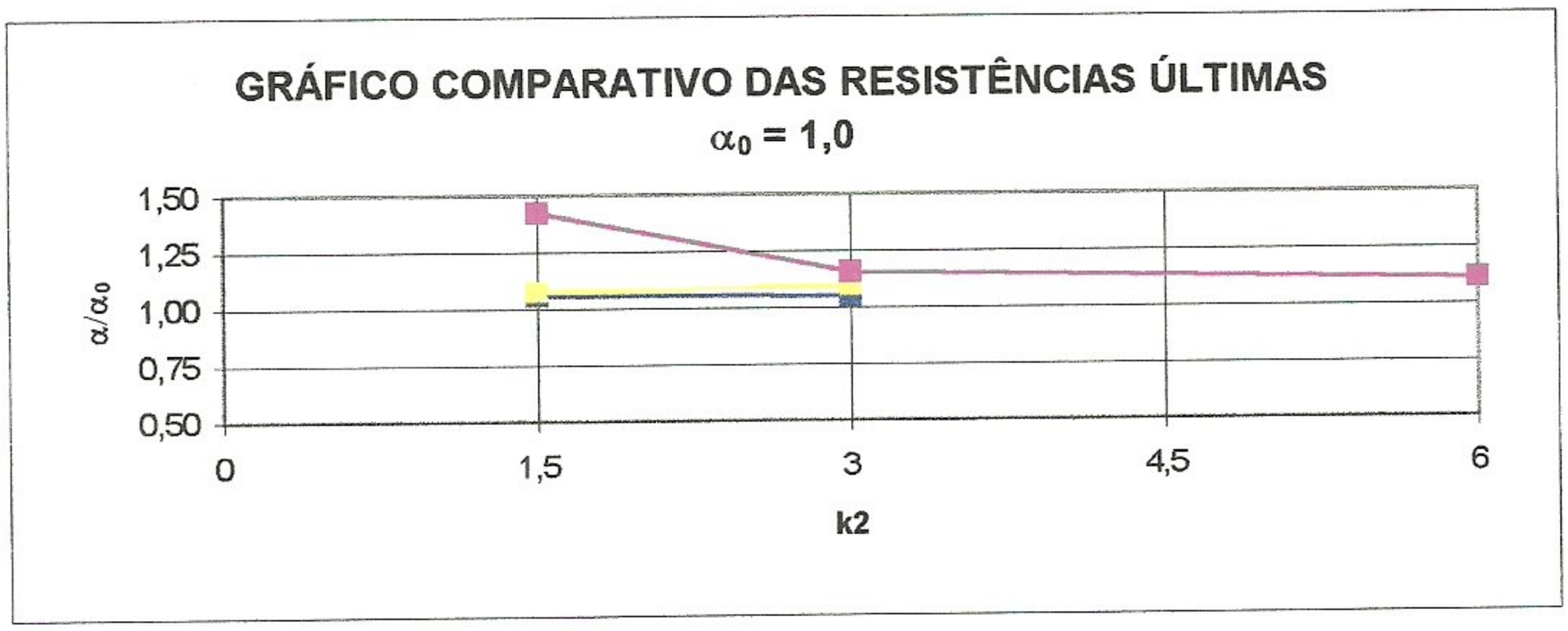


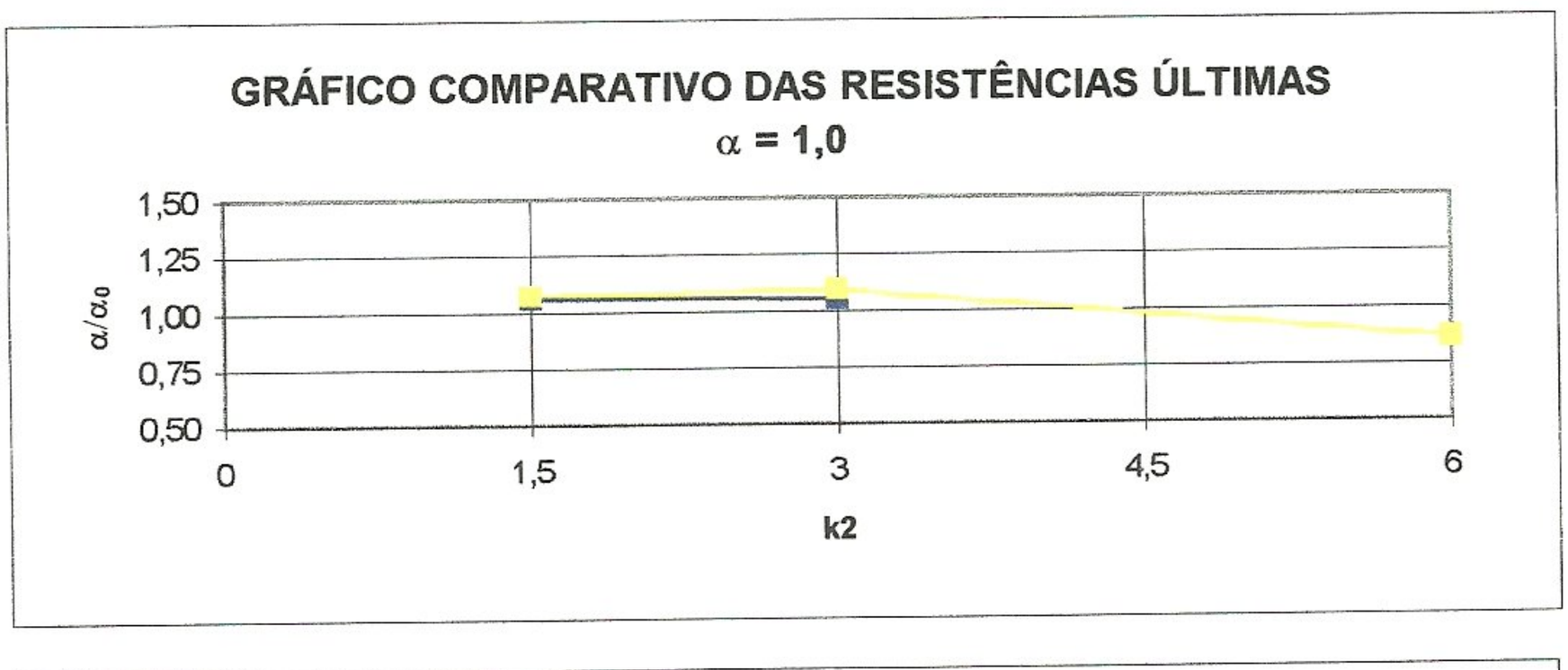


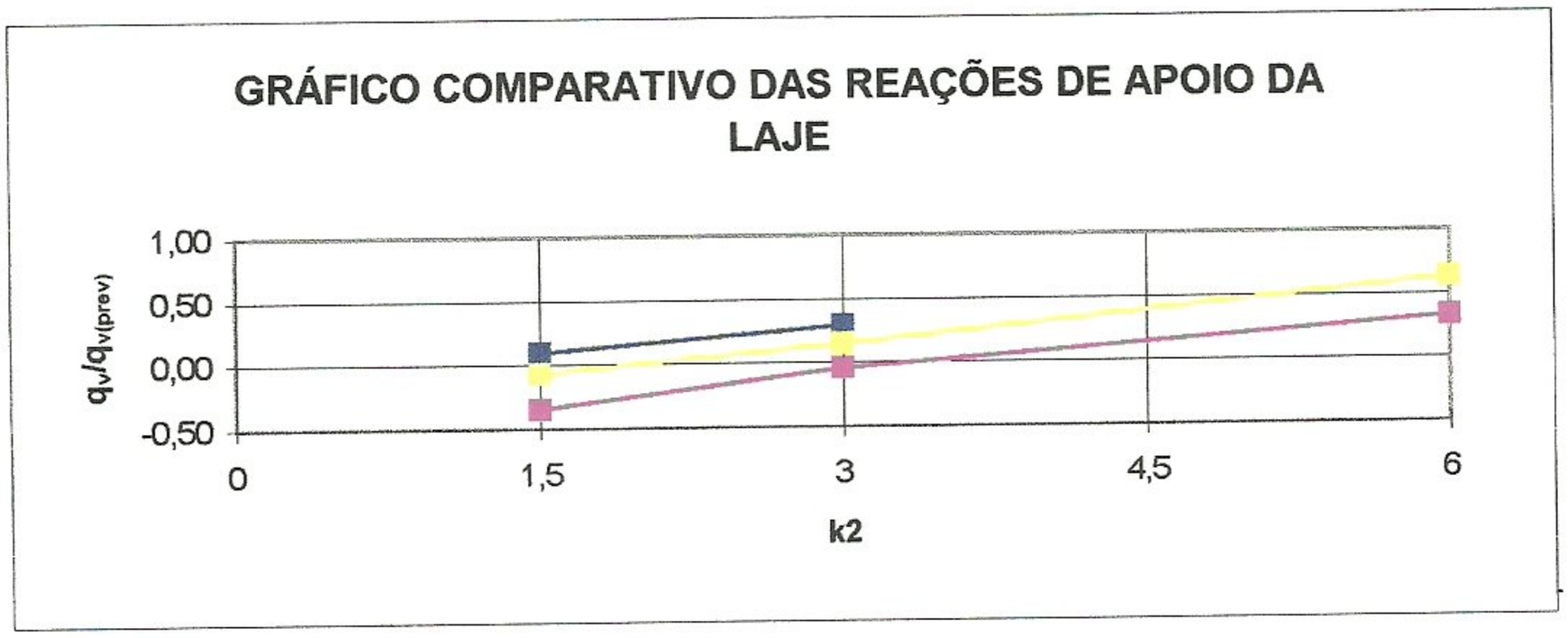
LEGENDA:

				VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado				1,5; 3; 6
1,75	10/700	inalterado				
3,00	10/700	inalterado		6	6	1,5; 3; 6

Fig. 5.64 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 - Viga V1 - k1 = 24,0



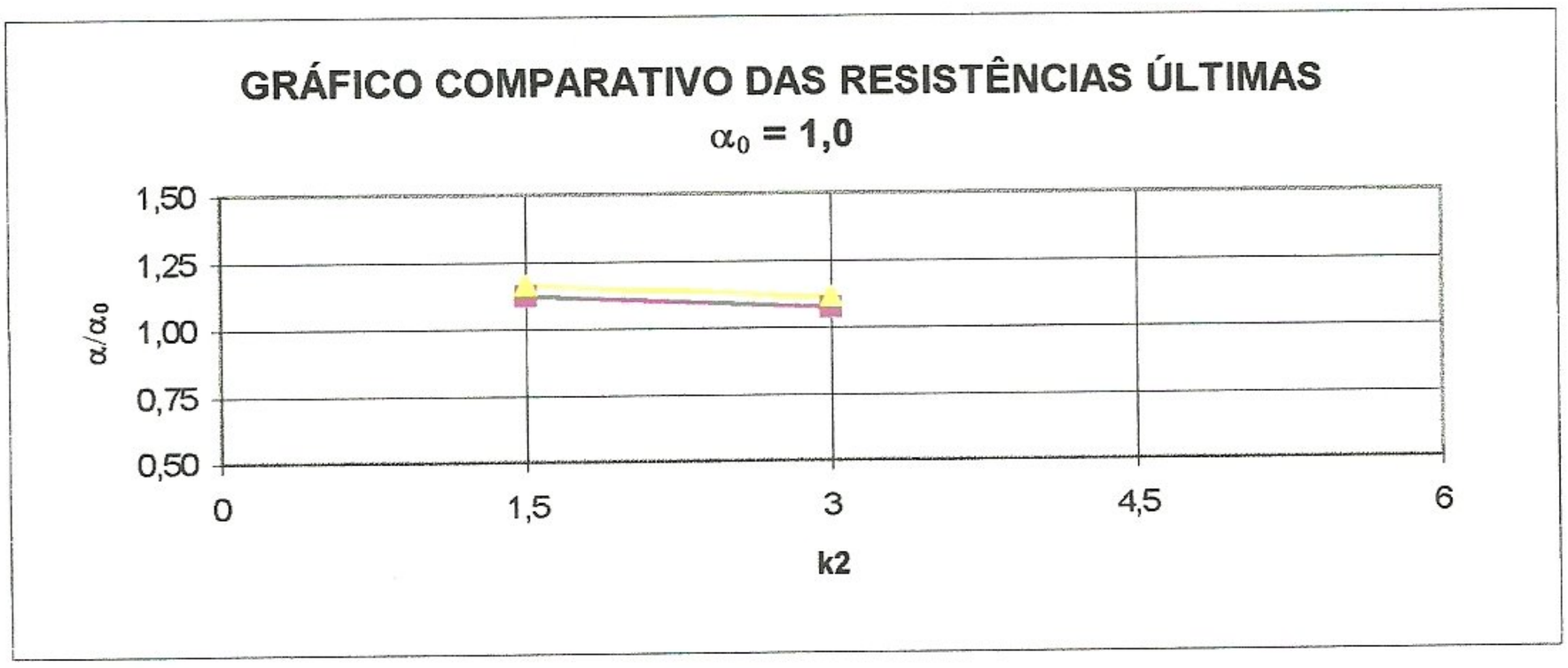


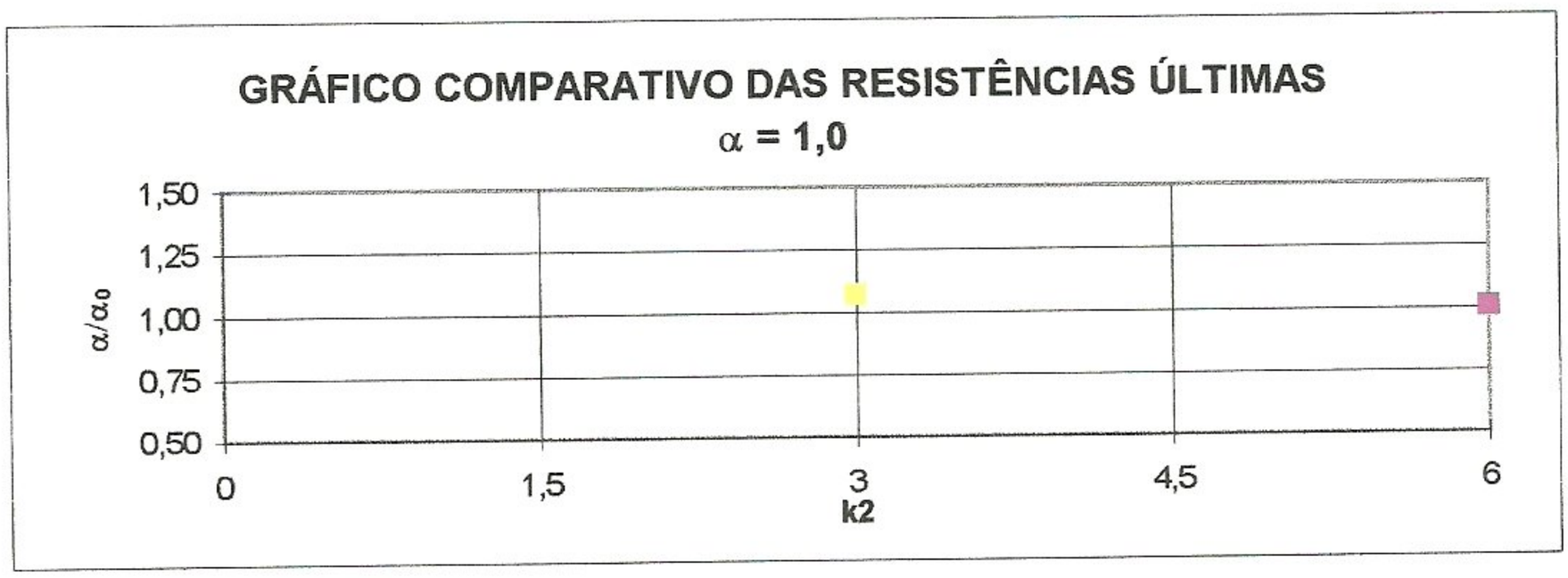


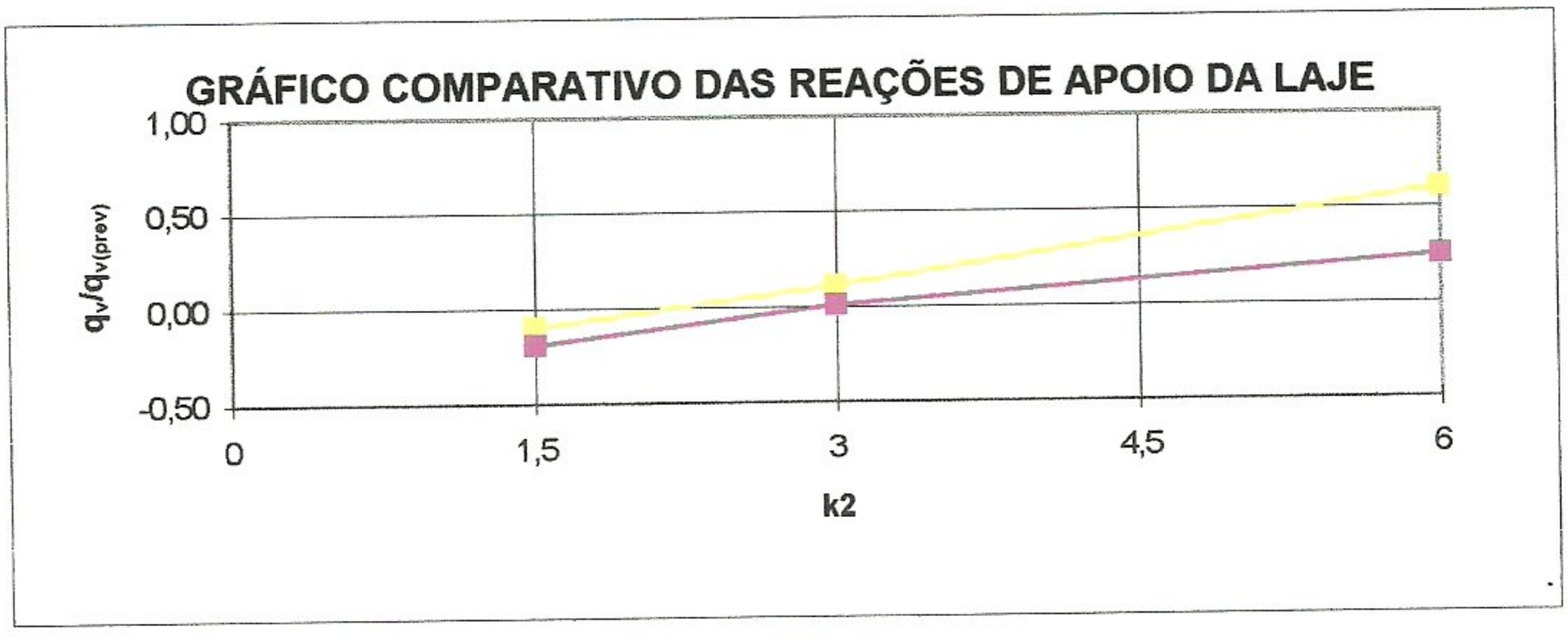
LEGENDA:

k3	k5	k6	simbolo	VALORES DE K2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
				α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado		1,5; 3	1,5, 3	1,5; 3
1,75	10/700	inalterado		1,5; 3	1,5; 3; 6	1,5; 3; 6
3,00	10/700	inalterado		1,5; 3; 6		1,5; 3; 6

Fig. 5.65 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 - Viga V2 - k1 = 7,0



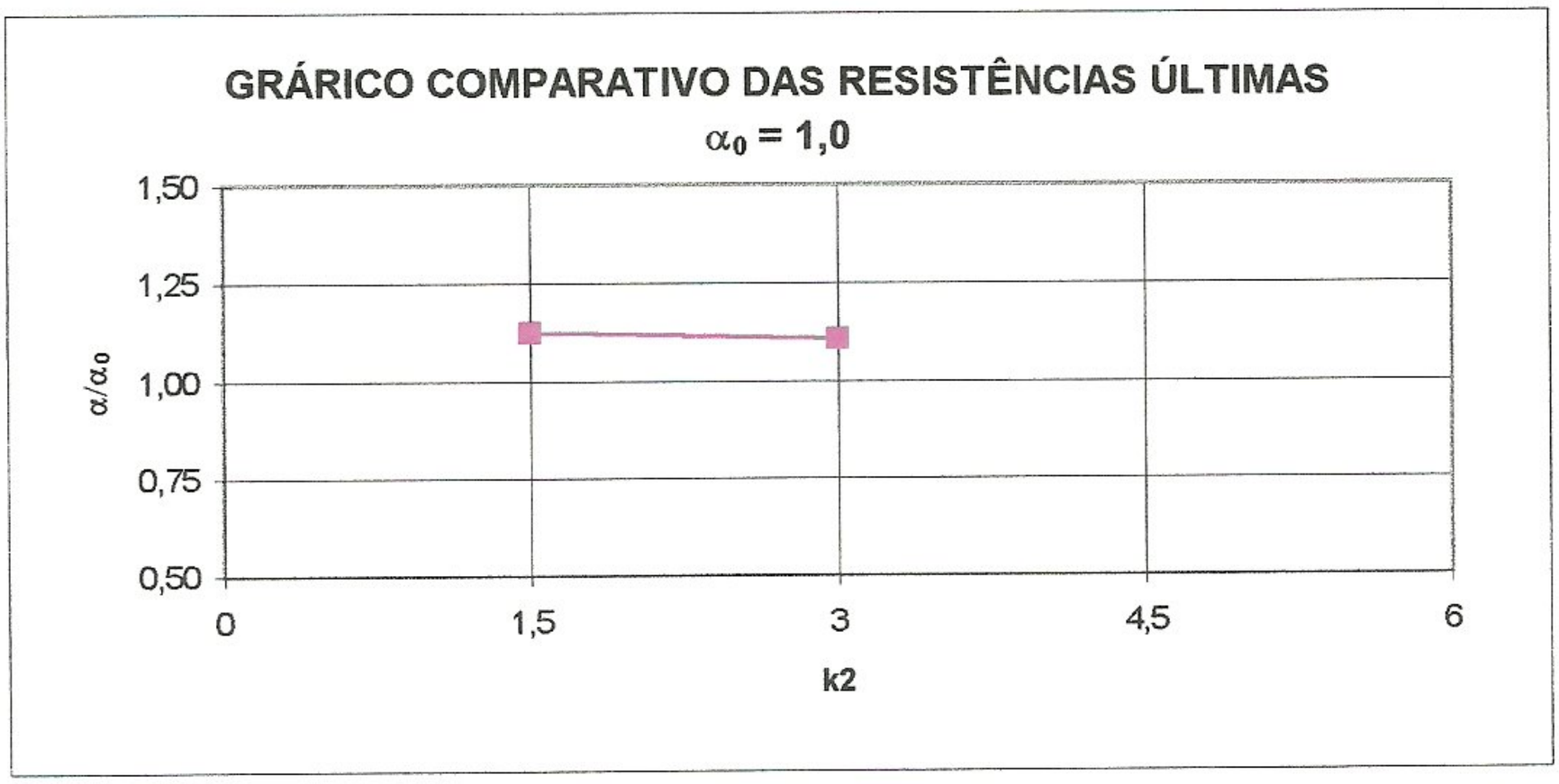


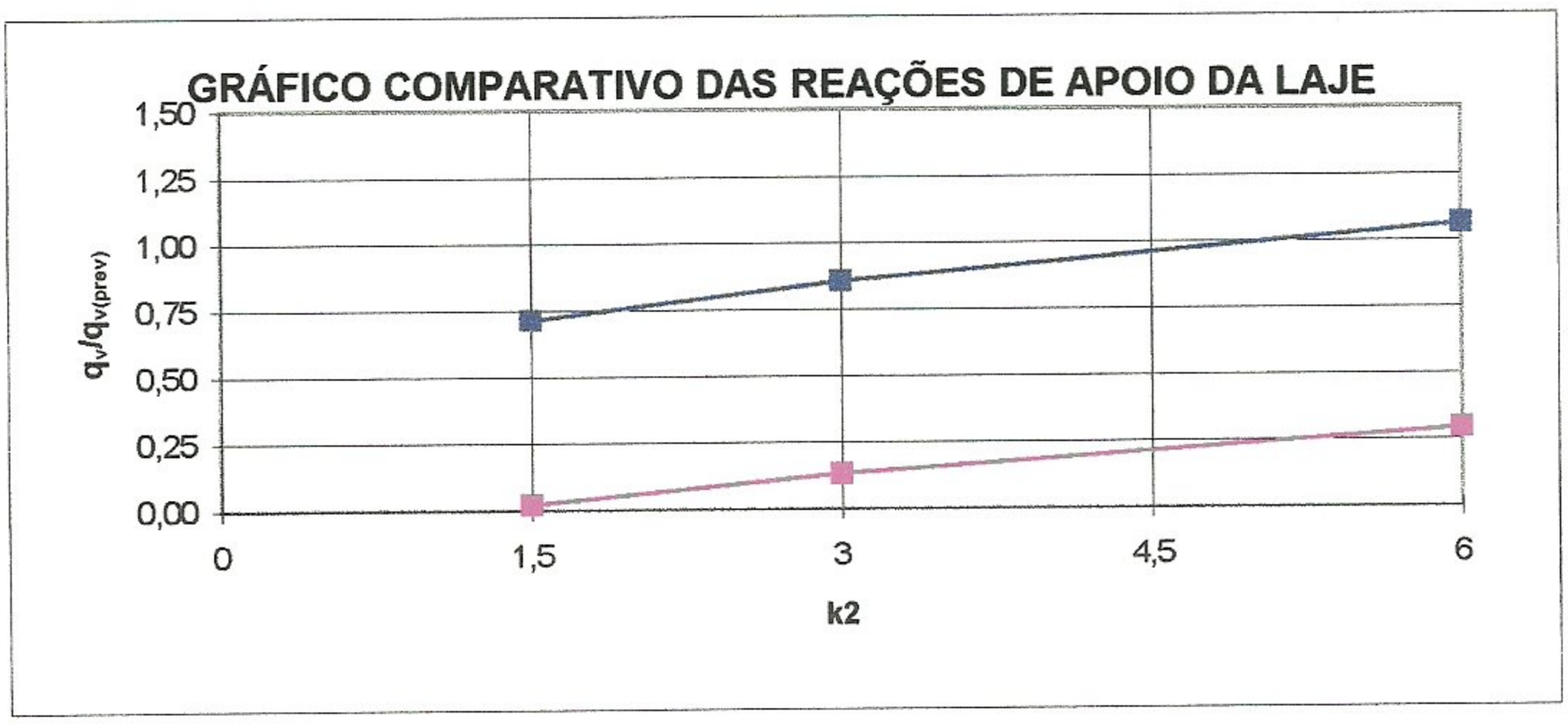


LEGENDA:

				VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado				
1,75	10/700	inalterado		1,5; 3	3	1,5; 3; 6
3,00	10/700	inalterado		1,5; 3	6	1,5; 3; 6

Fig. 5.66 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 - Viga V2 - k1 = 13,0





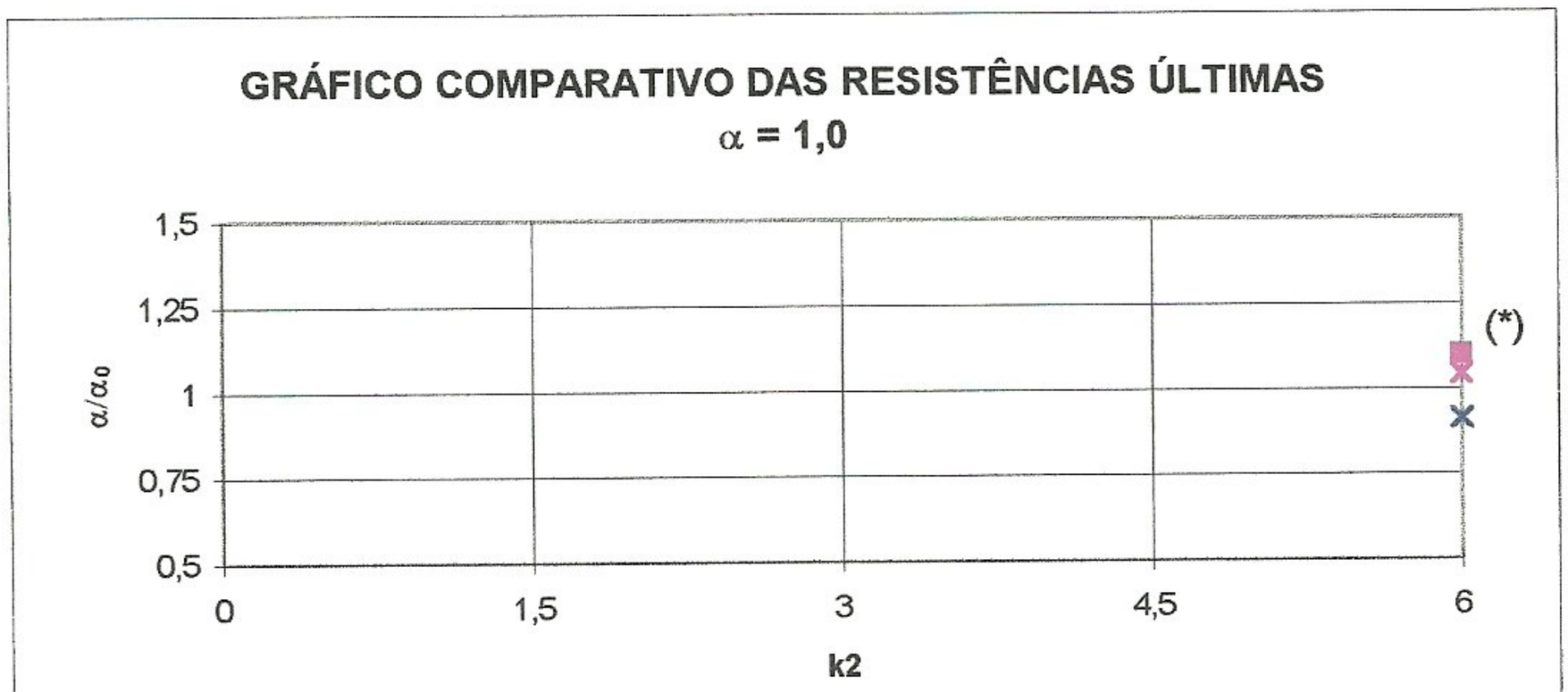
LEGENDA:

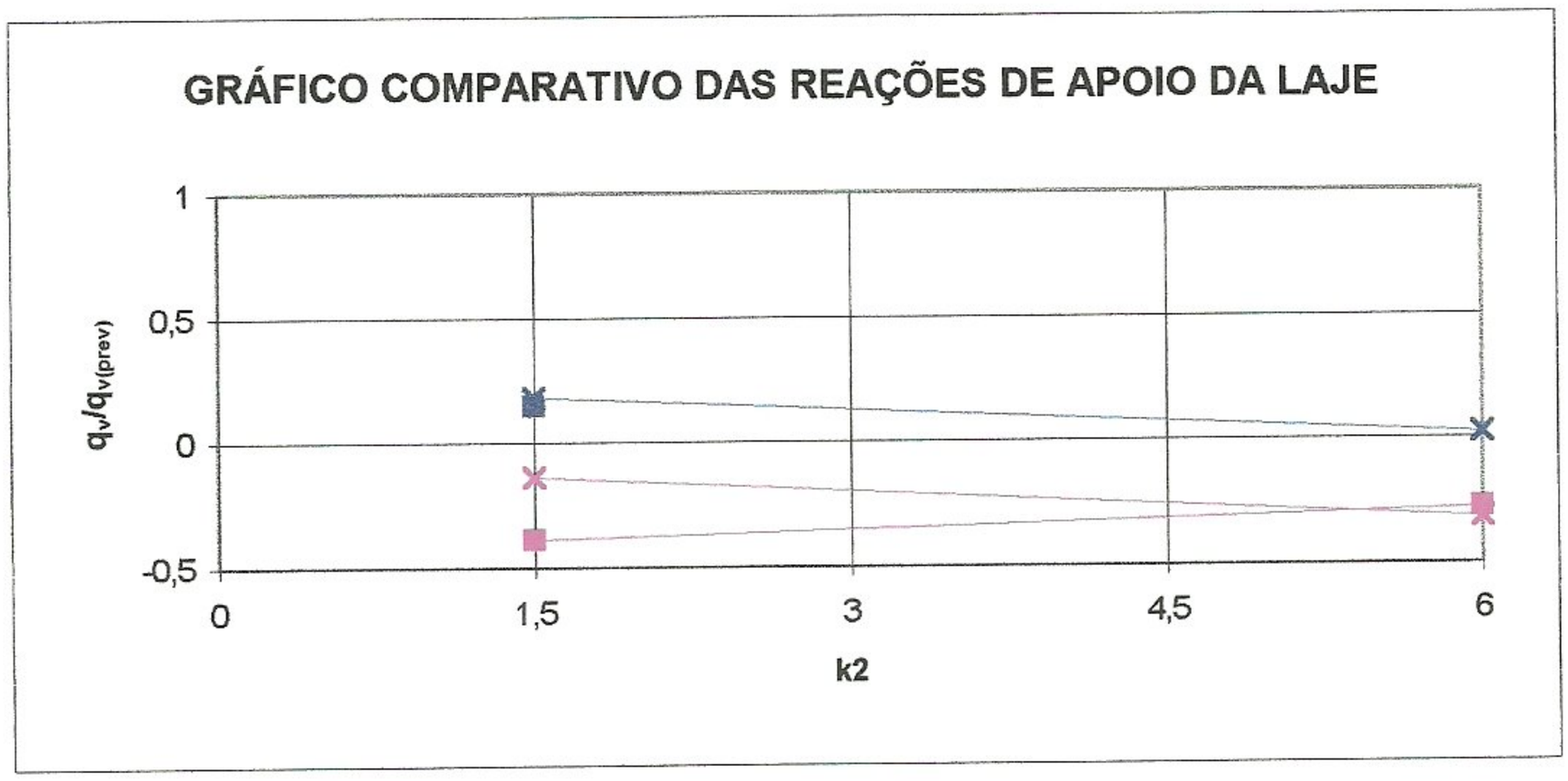
				VALORES DE K2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado				1,5; 3; 6
1,75	10/700	inalterado				
3,00	10/700	inalterado		1,5; 3		1,5; 3; 6

Obs.:

1) Para k1 = 24,0 nenhum modelo apresentou α = 1,0

Fig. 5.67 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 - Viga V2 - k1 = 24,0



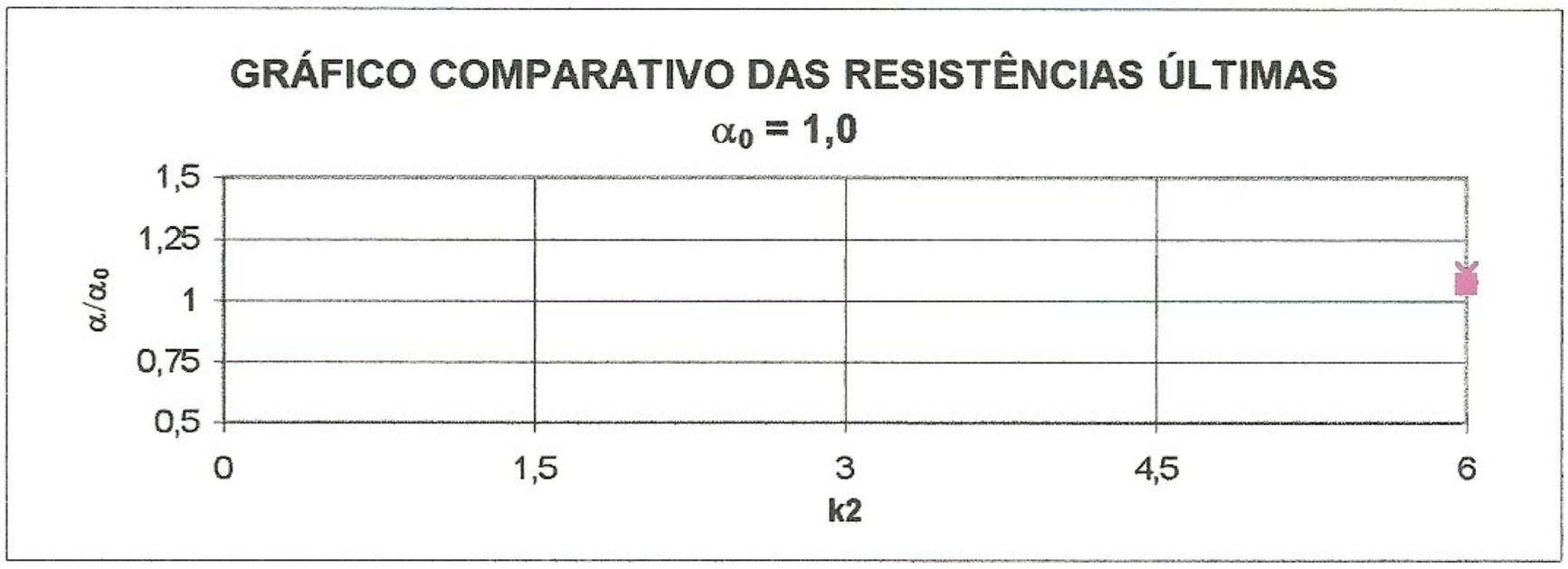


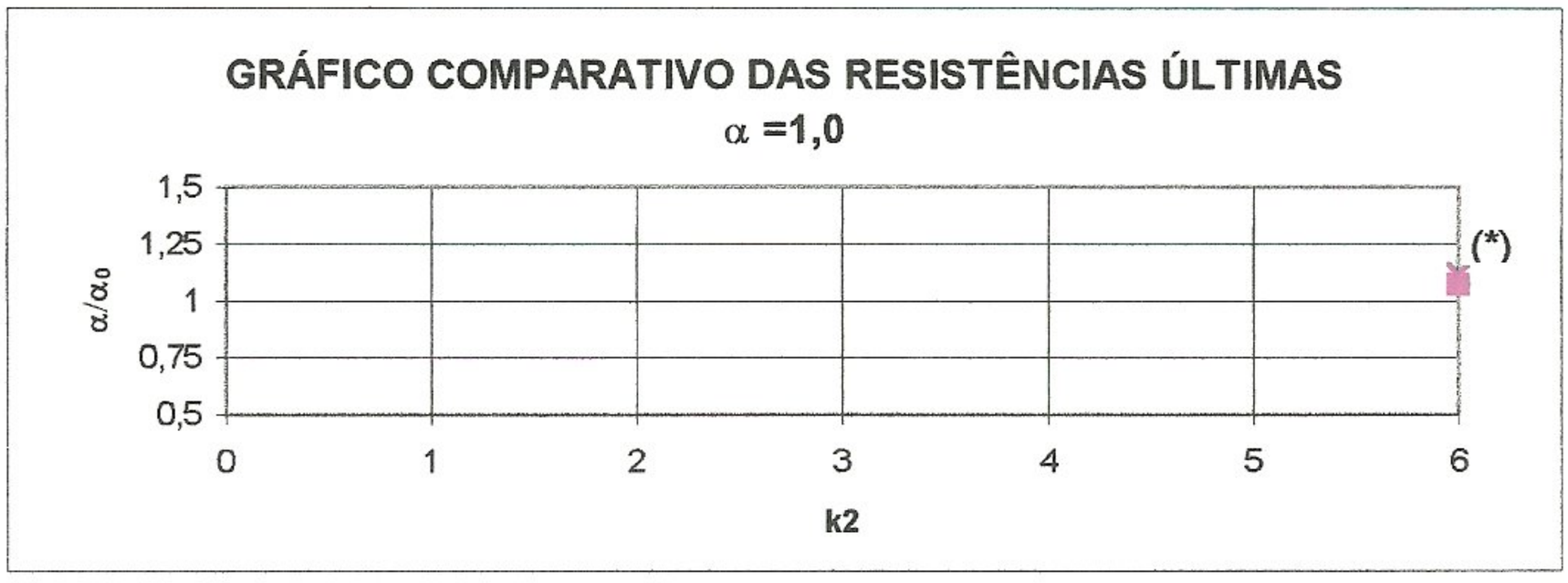
LEGENDA:

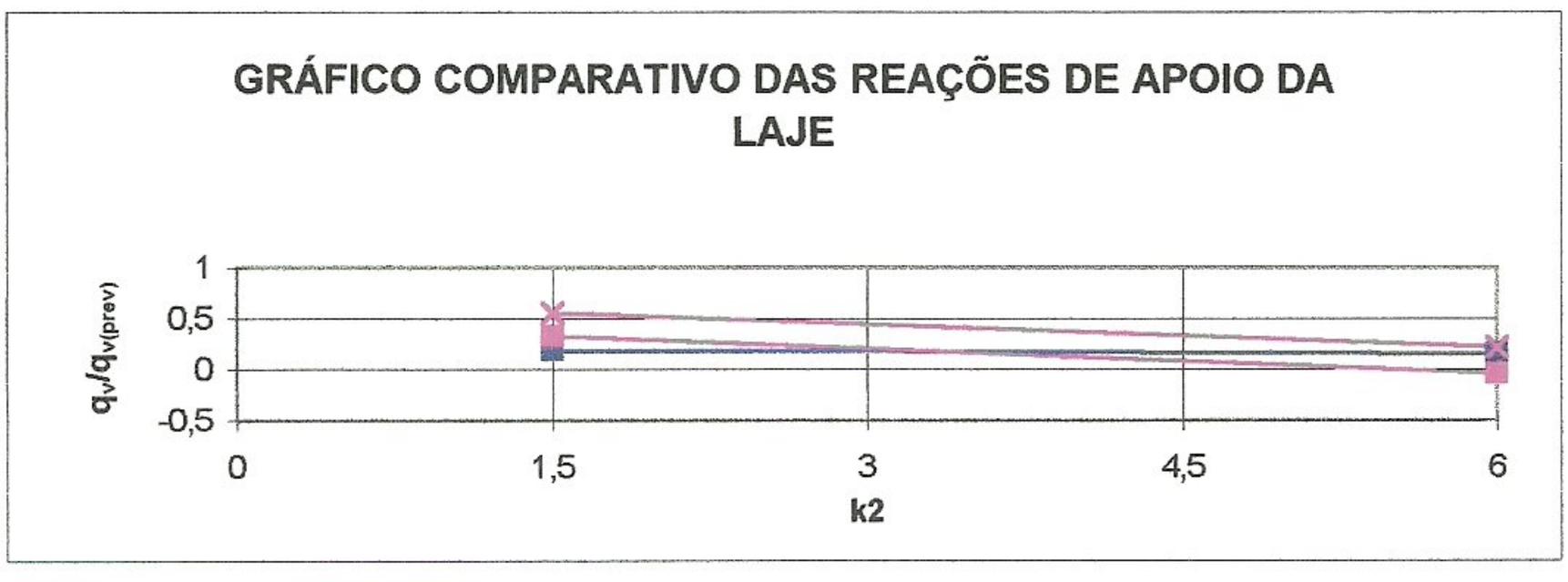
k3	k5	k6	simbolo	VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
				α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado				1,5
	12/700	inalterado			6	1,5; 6
3,00	10/700	inalterado			6(*)	1,5; 6
	7/700	inalterado			6	1,5; 6

Obs.:
(*) este ponto tem $\alpha \neq 1,0$ (α = 1,2848), plotou-se apenas para efeito de comparação
1) com k1 = 7,0 e com variação do fator k5 nenhum modelo apresentou α_0 = 1,0

Fig. 5.68 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 com variação do parâmetro k5 - Viga V1 - k1 = 7,0





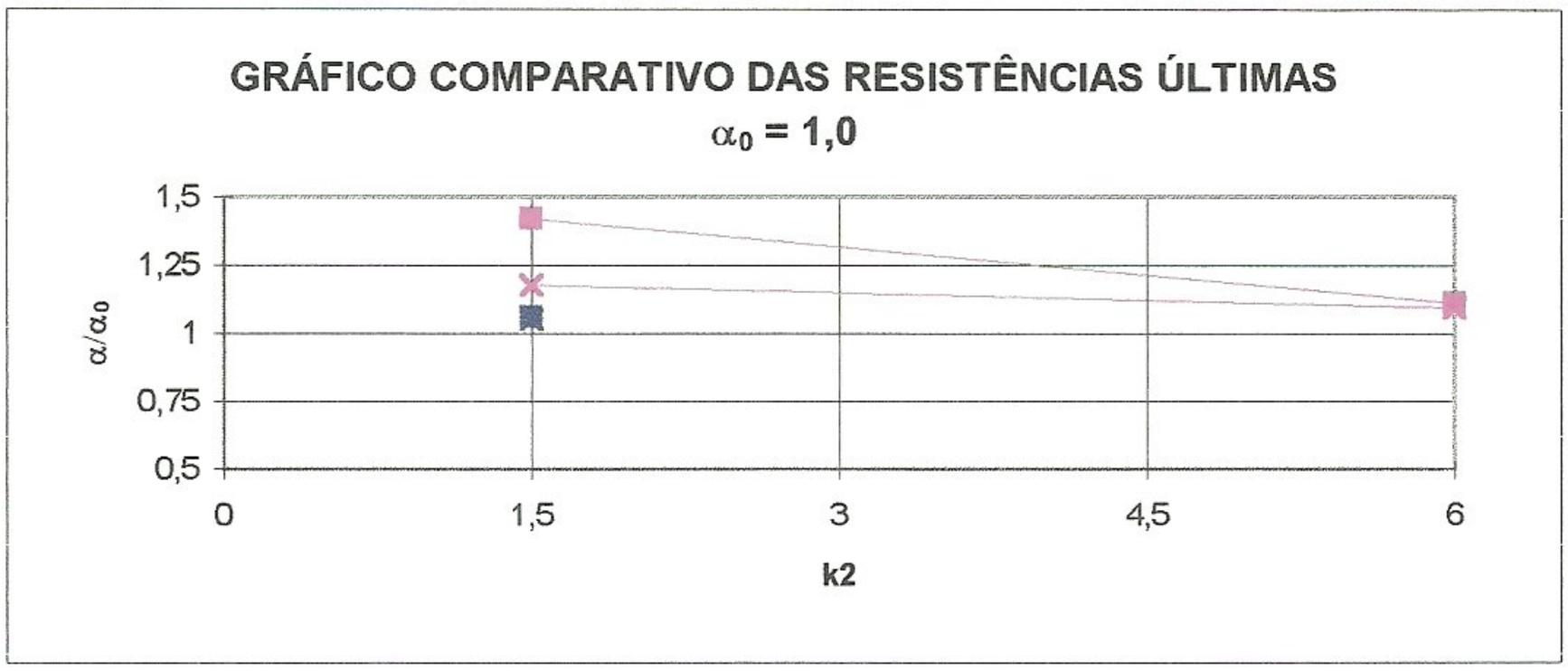


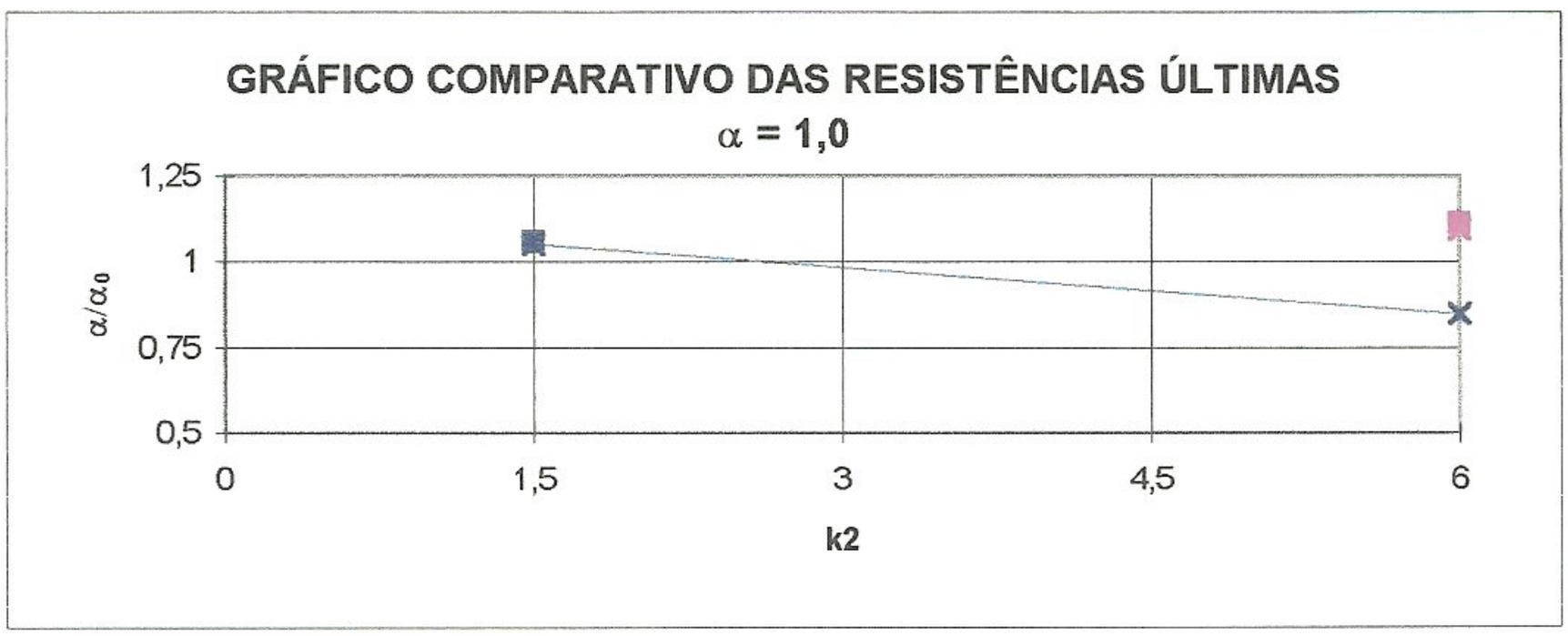
LEGENDA:

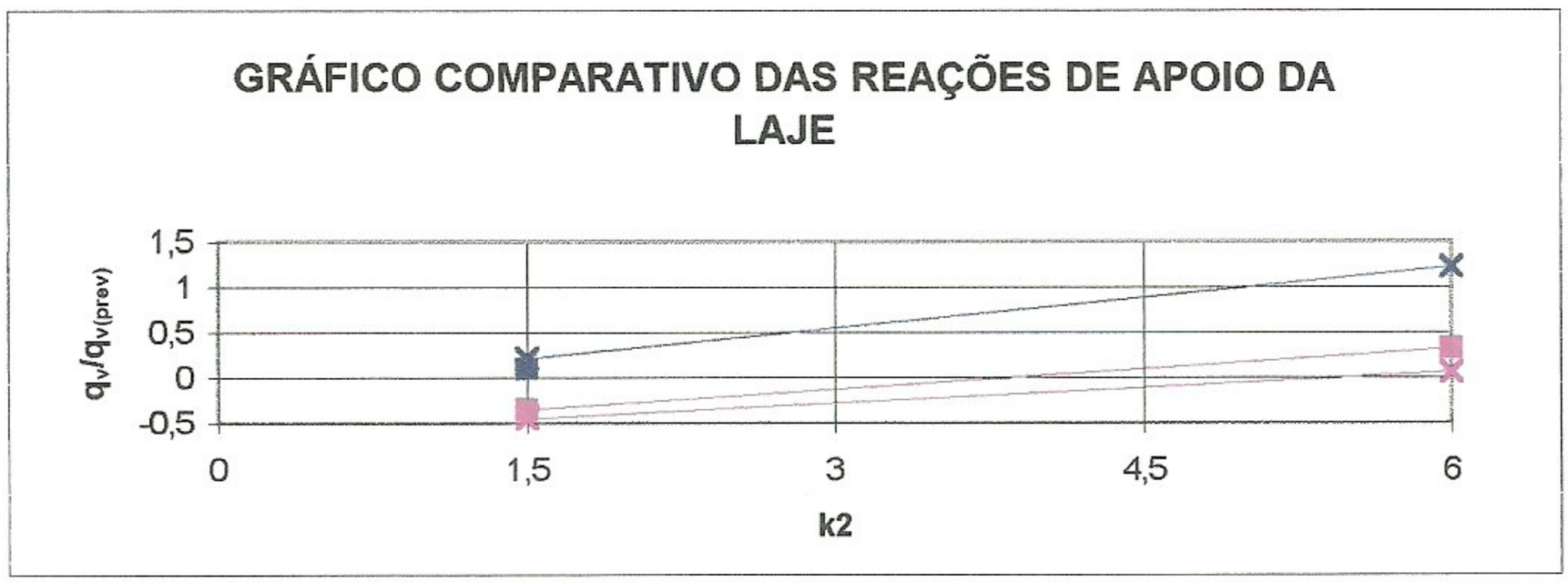
				VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado				1,5; 6
	12/700	inalterado				
3,00	10/700	inalterado		6	6	1,5; 6
	7/700	inalterado		6	6(*)	1,5; 6

Obs.:
(*) este ponto tem $\alpha \neq 1,0$ (α = 1,1163), plotou-se apenas para efeito de comparação

Fig. 5.69 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 com variação do parâmetro k5 - Viga V1 - k1 = 24,0





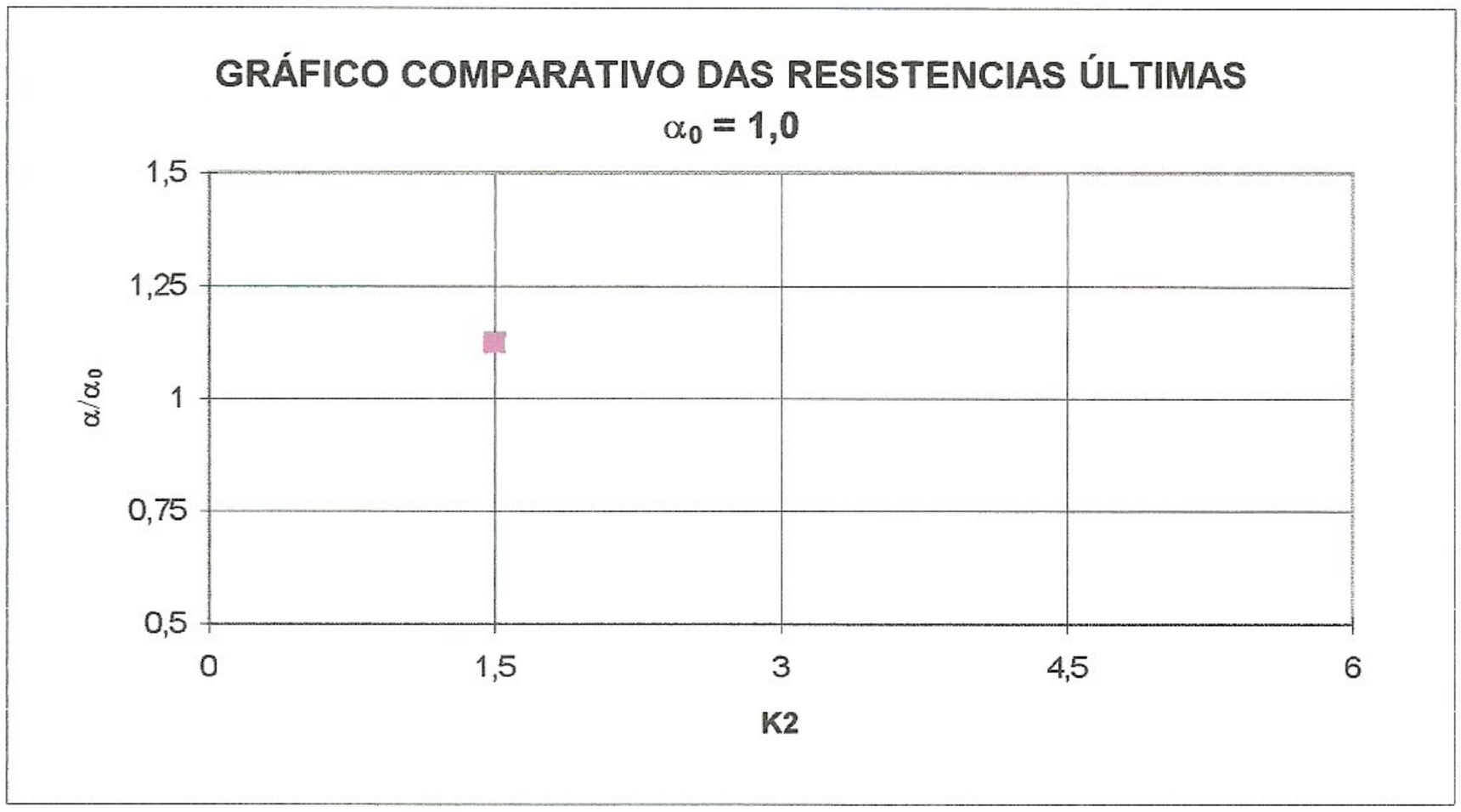


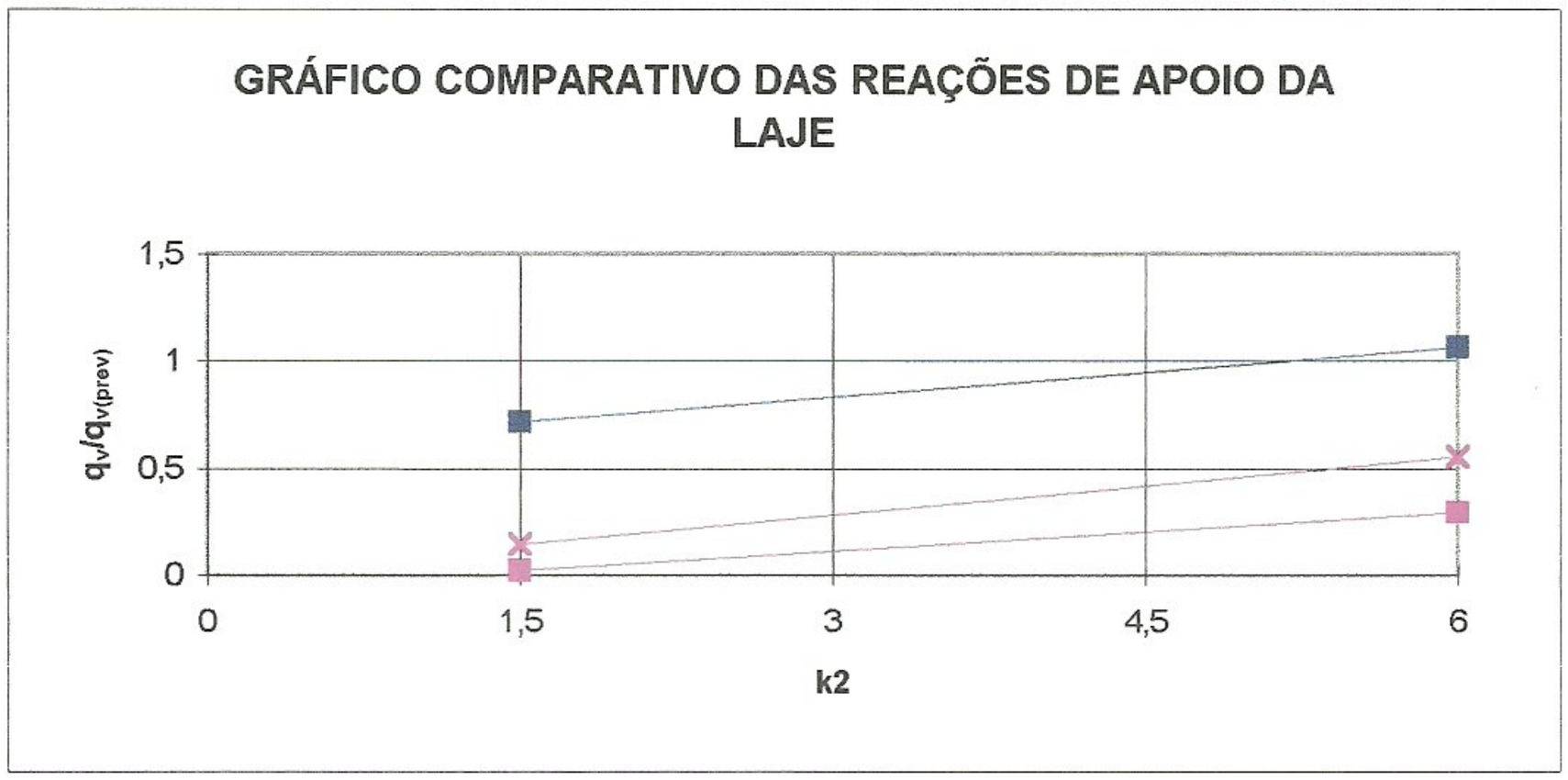
LEGENDA:

				VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado	■	1,5	1,5	1,5
	12/700	inalterado	×	1,5	1,5; 6	1,5; 6
3,00	10/700	inalterado	■	1,5; 6	6	1,5; 6
	7/700	inalterado	×	1,5; 6	6	1,5; 6

Obs.: o modelo 7 não rodou no ansys para carga última prevista

Fig. 5.70 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 com variação do parâmetro k5 - Viga V2 - k1 = 7,0



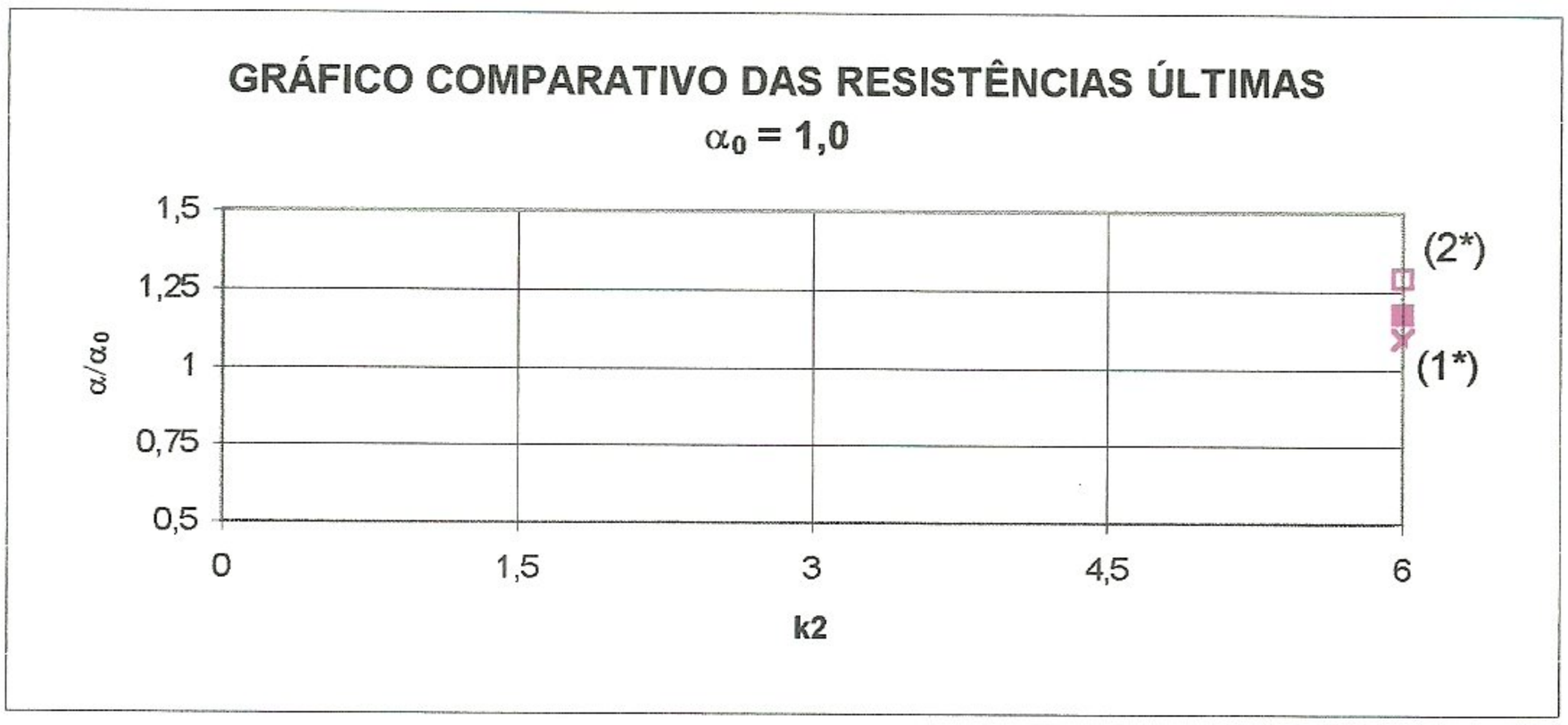


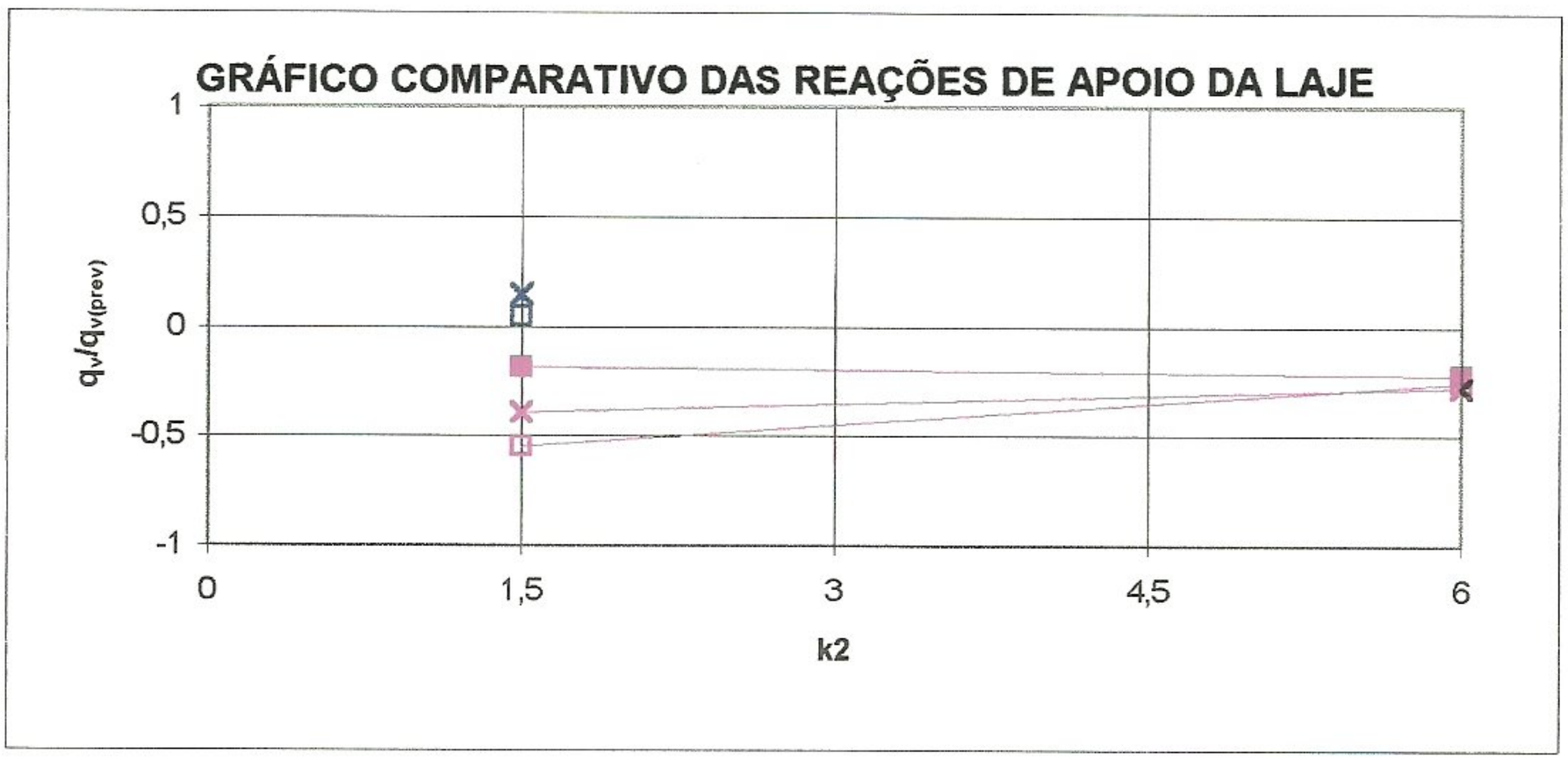
LEGENDA:

				VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado	■			1,5; 6
	12/700	inalterado	×			
3,00	10/700	inalterado	■	1,5		1,5; 6
	7/700	inalterado	×	1,5		1,5; 6

Obs.:
1) com k1 = 24,0 e com variação do fator k5 nenhum modelo apresentou α = 1,0

Fig. 5.71 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 com variação do parâmetro k5 - Viga V2 - k1 = 24,0





LEGENDA:

				VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado				1,5
	10/700	2,0 x k6				
	10/700	0,5 x k6				1,5;
3,00	10/700	inalterado		6(1*)		1,5; 6
	10/700	2,0 x k6		6		1,5; 6
	10/700	0,5 x k6		6(2*)		1,5; 6

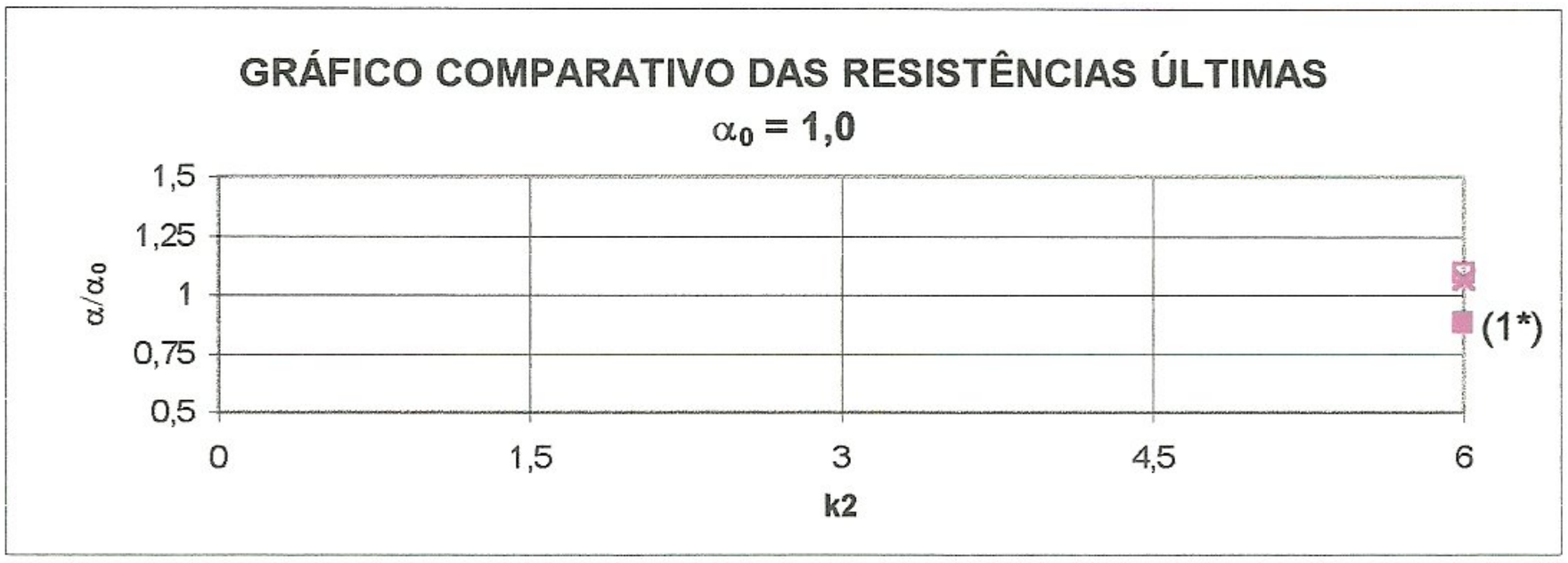
Obs.:

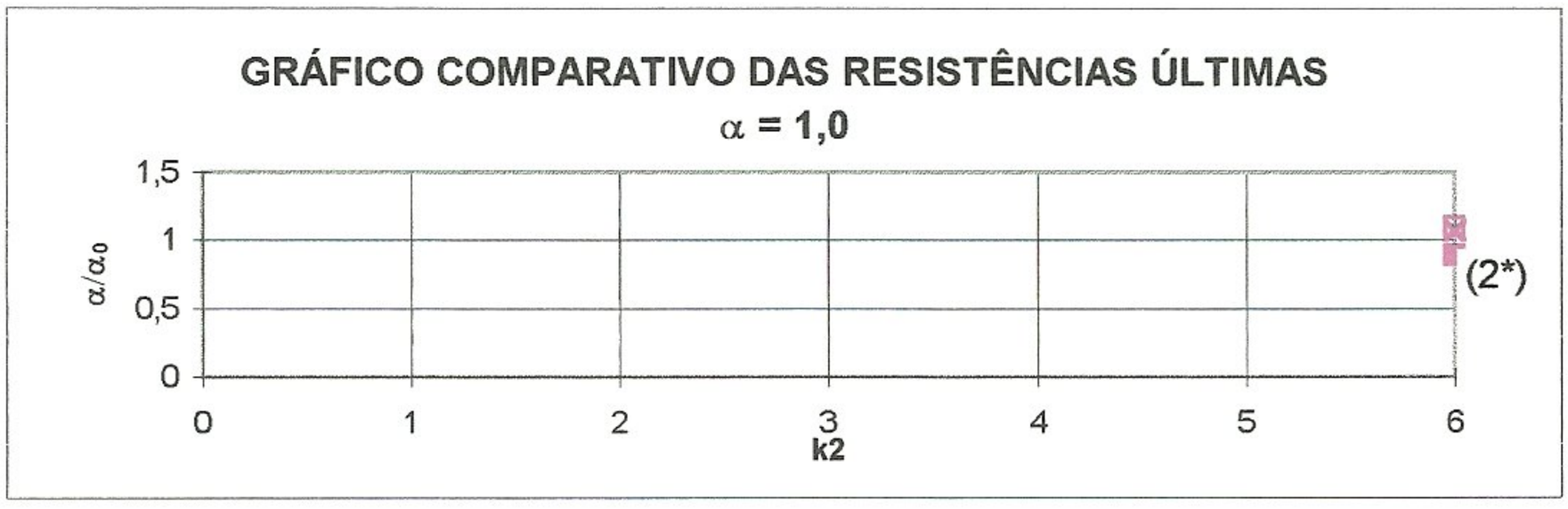
(1*) este ponto apresentam $\alpha_0 \neq 1,0$ (α_0 = 1,1712), plotou-se apenas para efeito de comparação

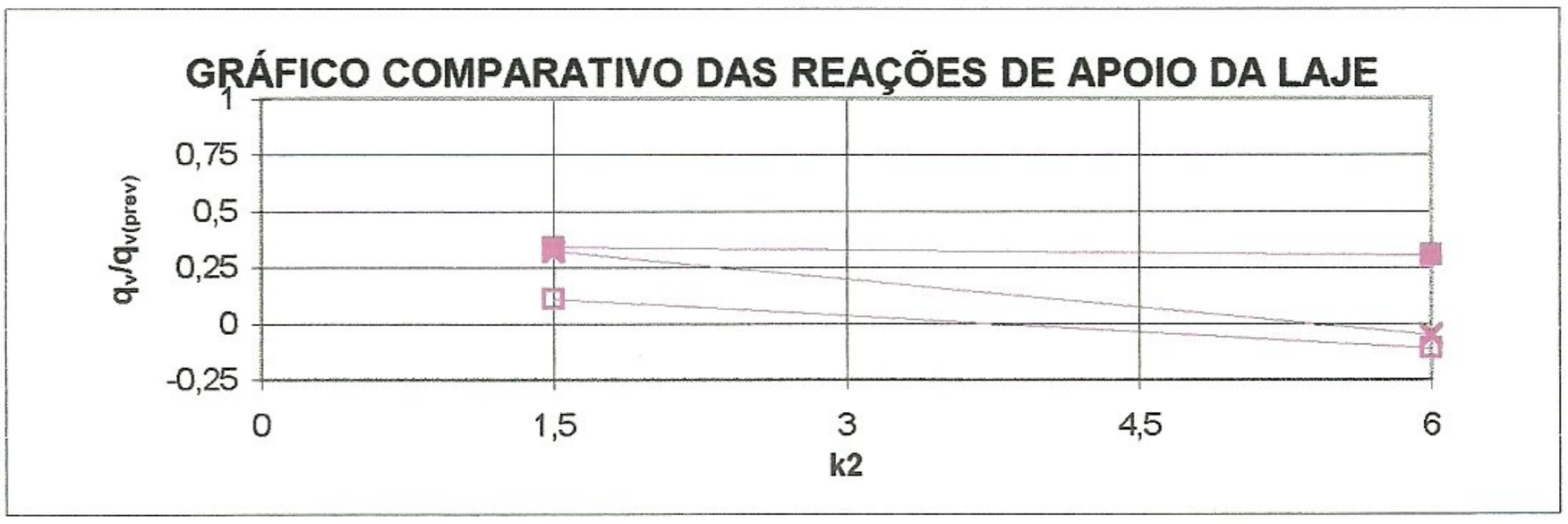
(2*) este ponto apresentam $\alpha_0 \neq 1,0$ (α_0 = 2,4891), plotou-se apenas para efeito de comparação

1) nenhum modelo apresentou α = 1,0

Fig. 5.72 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 com variação do parâmetro k6 - Viga V1 - k1 = 7,0







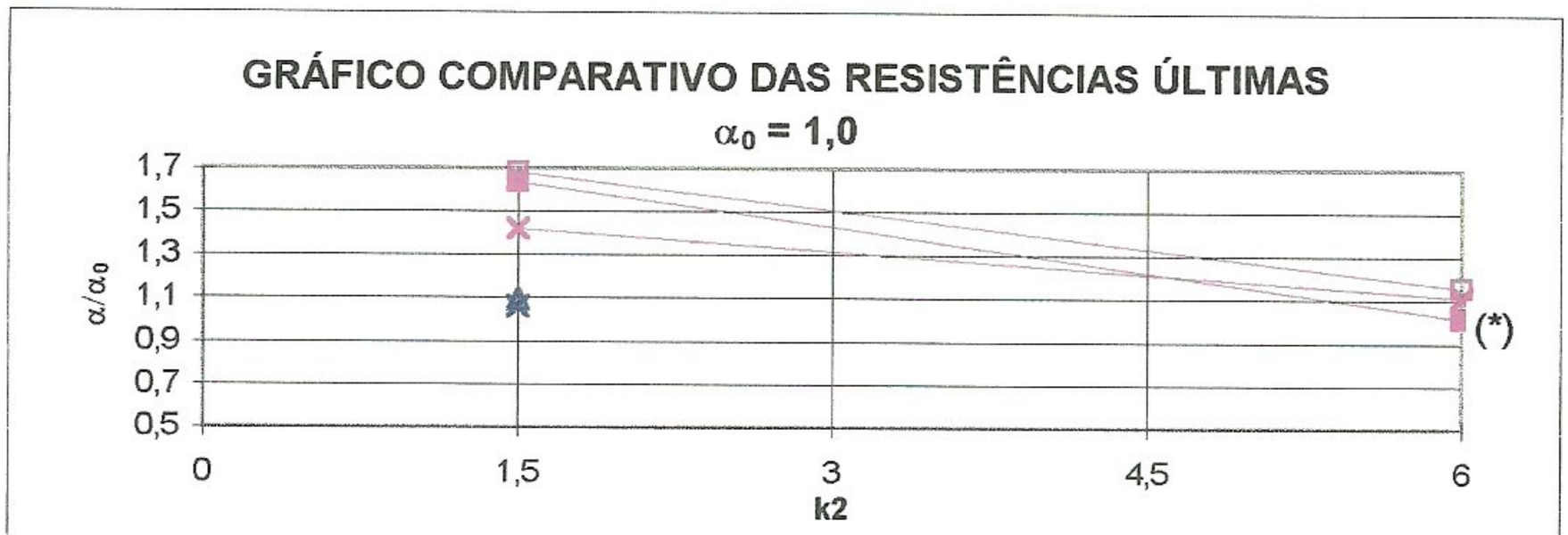
LEGENDA:

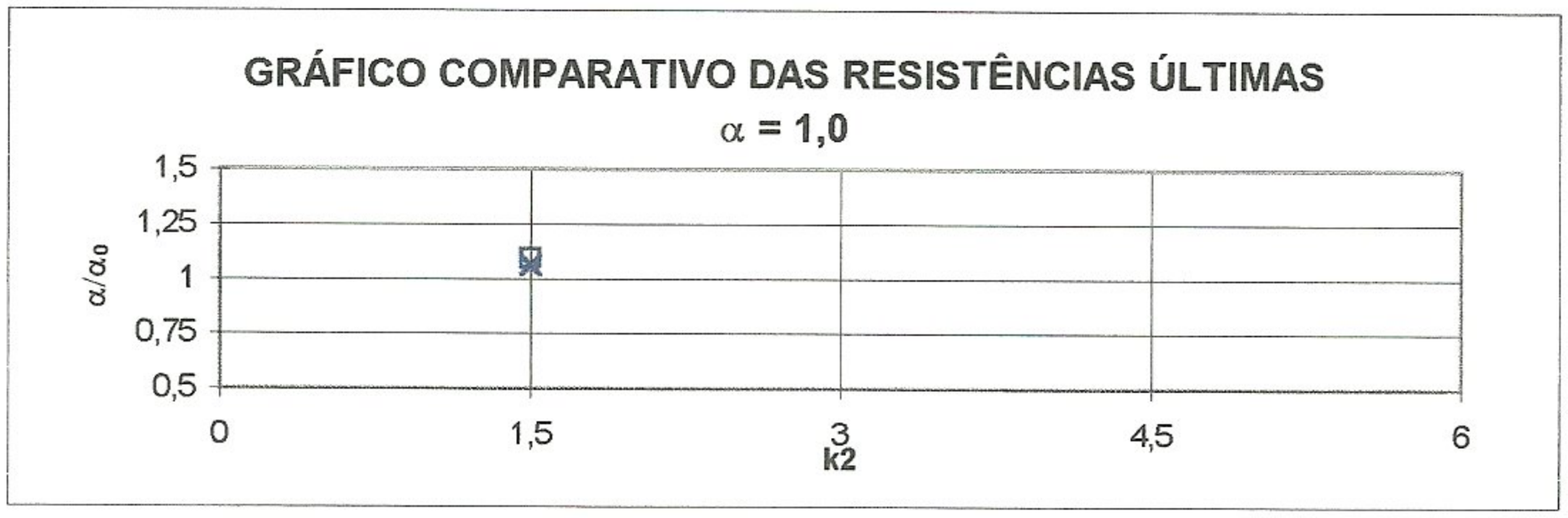
				VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado				
	10/700	2,0 x k6				
	10/700	0,5 x k6				
3,00	10/700	inalterado		6	6	1,5; 6
	10/700	2,0 x k6		6(1*)	6(2*)	1,5; 6
	10/700	0,5 x k6		6	6	1,5; 6

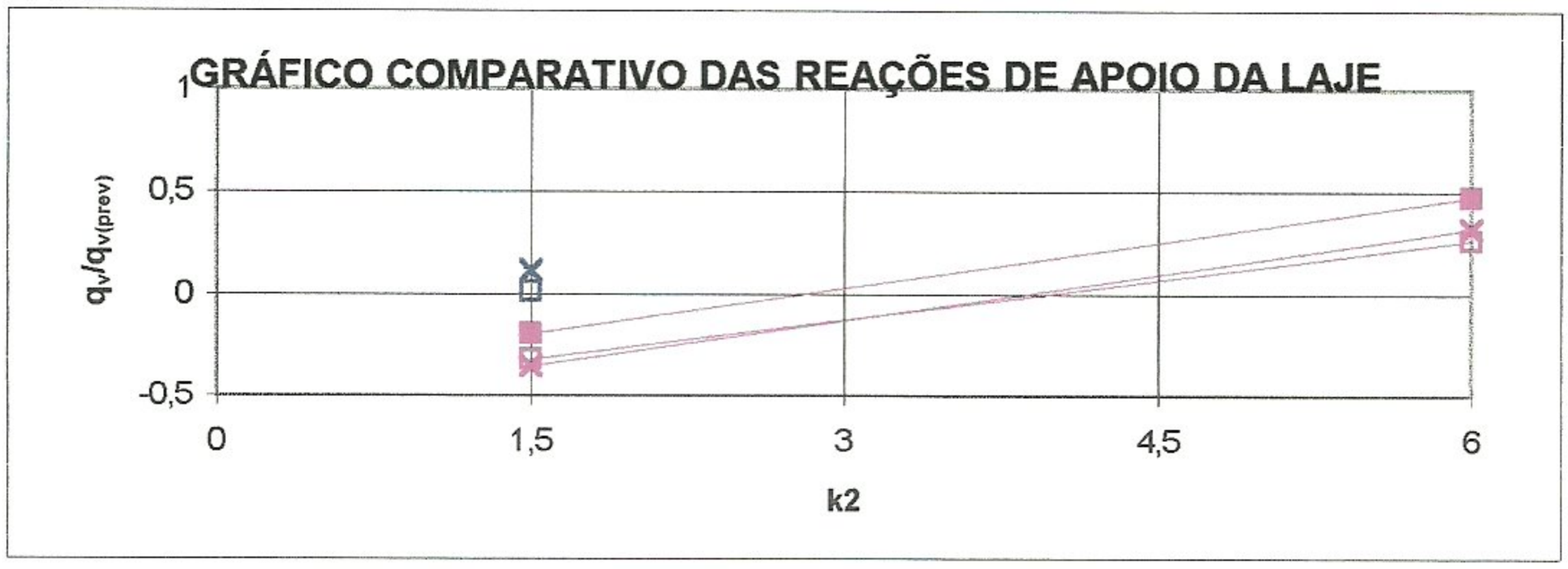
(1*) este ponto apresenta $\alpha_0 \neq 1,0$ (α_0 = 1,4404), plotou-se apenas para efeito de comparação

(2*) este ponto apresenta $\alpha \neq 1,0$ (α = 1,2691), plotou-se apenas para efeito de comparação

Fig. 5.73 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 com variação do parâmetro k6 - Viga V1 - k1 = 24,0







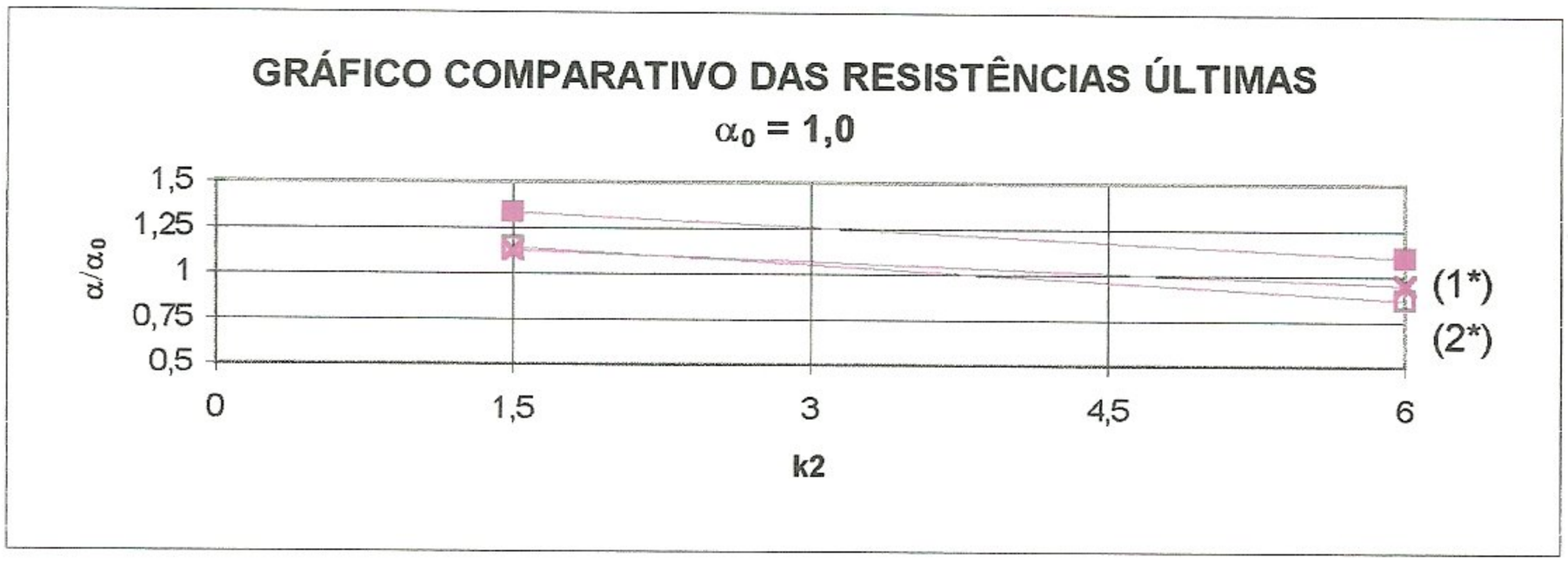
LEGENDA:

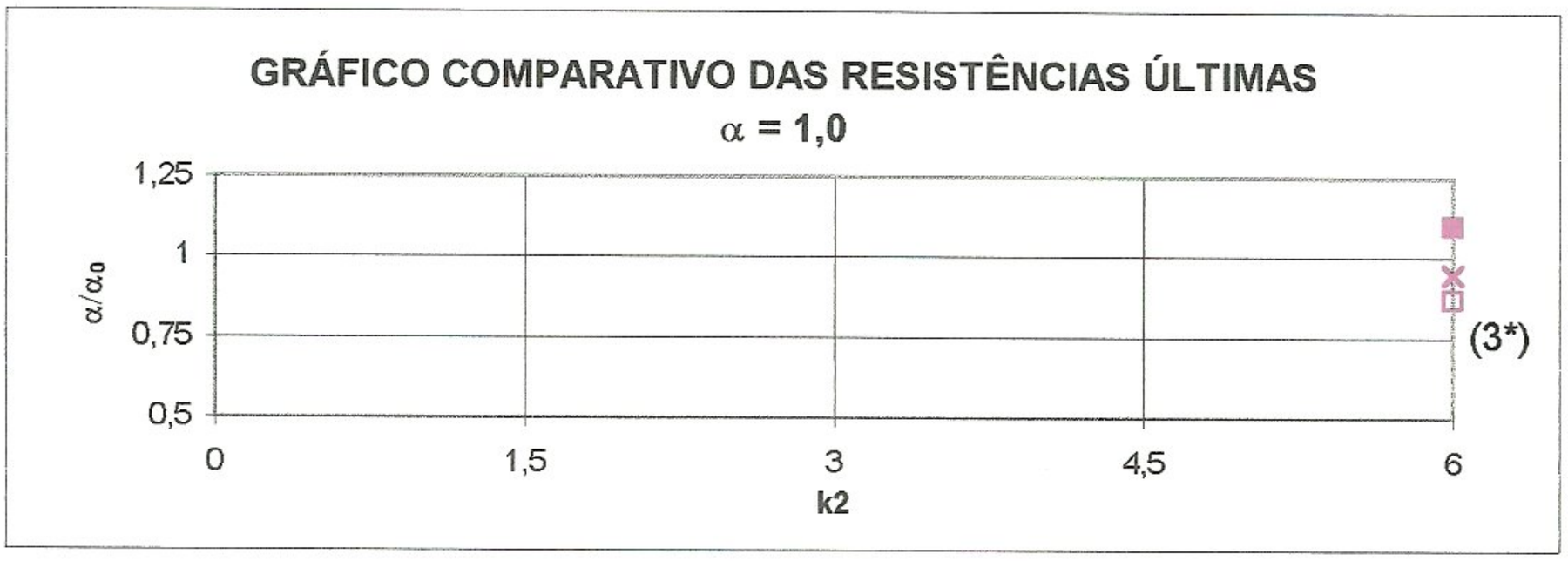
				VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado	X	1,5	1,5	1,5
	10/700	2,0 x k6	■			
	10/700	0,5 x k6	□	1,5	1,5	1,5
3,00	10/700	inalterado	X	1,5; 6		1,5; 6
	10/700	2,0 x k6	■	1,5; 6(*)		1,5; 6
	10/700	0,5 x k6	□	1,5; 6		1,5; 6

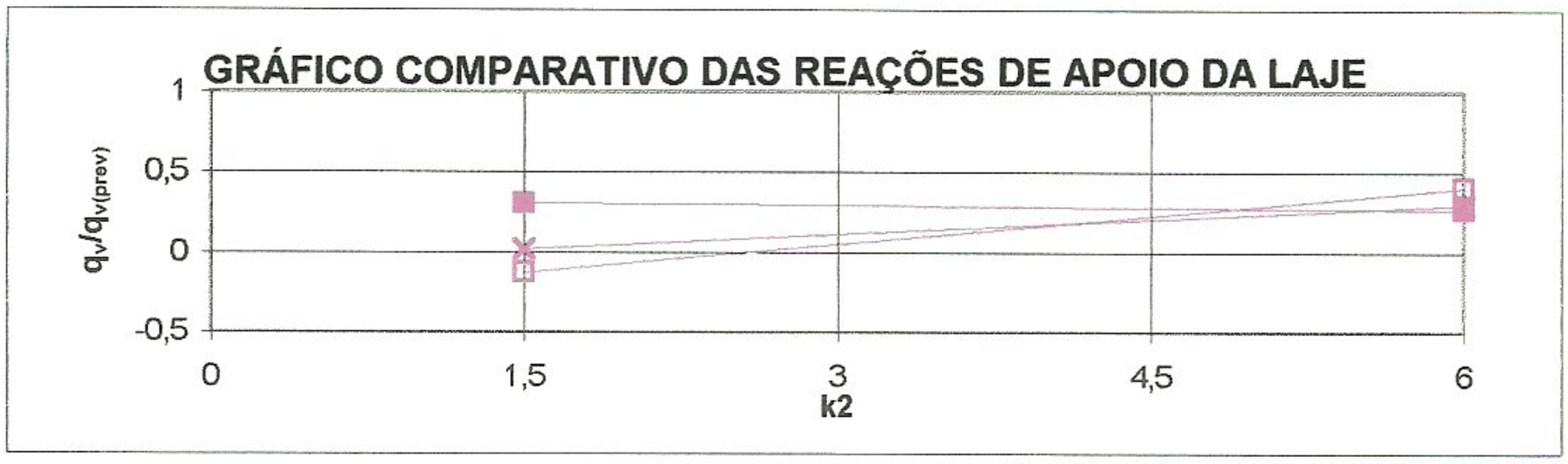
Obs.:

(*) este ponto tem $\alpha_0 \neq 1,0$ (α_0 = 1,5929) plotou-se apenas para efeito de comparação

Fig. 5.74 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 com variação do parâmetro k6 - Viga V2 - k1 = 7,0







LEGENDA:

				VALORES DE k2 PARA OS PONTOS MARCADOS		
k3	k5	k6	simbolo	α_0 = 1,0	α = 1,0	REAÇÕES
1,00	10/700	inalterado	×			
	10/700	2,0 x k6	■			
	10/700	0,5 x k6	□			
3,00	10/700	inalterado	×	1,5; 6(1*)	6	1,5; 6
	10/700	2,0 x k6	■	1,5; 6	6	1,5; 6
	10/700	0,5 x k6	□	1,5; 6(2*)	6(3*)	1,5; 6

Obs.:

(1*) este ponto tem $\alpha_0 \neq 1,0$ (α_0 =1,1662) plotoram-se apenas para efeito de comparação

(2*) este ponto tem $\alpha_0 \neq 1,0$ (α_0 =2,5032) plotoram-se apenas para efeito de comparação

(3*) este ponto tem $\alpha \neq 1,0$ (α =2,154) plotoram-se apenas para efeito de comparação

Fig. 5.75 - Gráficos comparativos das resistências últimas e das reações de apoio da laje
Sistema 3 com variação do parâmetro k6 - Viga V2 - k1 = 24,0

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES SUGESTÕES PARA ESTUDOS POSTERIORES

6.1 - GENERALIDADES

O estado limite último de um piso misto obtido através do ANSYS (com o modelo utilizado) implica sempre em falha da laje, porque, enquanto a laje resistir, o colapso de uma ou mais vigas resulta apenas em alteração da distribuição das reações de apoio da laje sobre as vigas e os pilares. No cálculo usual a carga última na laje é sempre limitada pela falha do primeiro elemento (uma das vigas ou a laje). Assim, o cálculo usual fica do lado da segurança quando a laje tiver reserva suficiente para resistir a mudanças em suas condições de contorno.

6.2 - CONCLUSÕES SOBRE O SISTEMA 1

Os gráficos flecha x carga ilustrados nas figuras 5.20 a 5.24 mostram boa concordância com a curva prevista para carregamento incremental, tendo intervalos linear e não linear bem definidos para a maioria dos modelos. Apenas para os modelos com k3 = 1,0 (lajes quadradas com grandes vãos - 7,0 x 7,0m) tais intervalos não são bem definidos. Percebe-se que, nestes modelos, a flecha da laje é muito maior do que as das vigas, sendo esta, provavelmente, a causa da interrupção da análise pelo ANSYS.

Os gráficos comparativos de resistência última da viga e de reação de apoio da laje sobre a viga, tanto no caso da viga V1 como no caso da viga V2 (figuras 5.25 a 5.32), apresentam ordenadas próximas de 1 na maioria das situações, mostrando que os valores obtidos com base nos resultados do ANSYS são geralmente próximos dos valores previstos pelo cálculo usual.

As tabelas 6.1 a 6.4 apresentam um resumo das conclusões. Observa-se que, na maioria dos casos, as resistências últimas das vigas e as reações de apoio da laje estão coerentes com as previsões.

Para a hipótese de comportamento elástico da laje e plástico das vigas, verifica-se que:

- O cálculo usual é seguro para a laje.
- Para k1 = 24,0 o cálculo usual é seguro para as vigas;
- Para k1 = 16,0 o cálculo usual é seguro para as vigas, exceto para $k2 \geq 3,0$;
- Para $k1 \leq 10,0$ o cálculo usual é geralmente inseguro para as vigas.

Para a hipótese de comportamento plástico da laje e das vigas, verifica-se que:

- Para k1 = 24,0 o cálculo usual é seguro para vigas e laje, exceto para $k2 \geq 6,0$;
- Para k1 = 16,0 o cálculo usual é seguro para vigas e laje, exceto para $k2 \geq 3,0$;
- Para $k1 \leq 10,0$ o cálculo usual é geralmente inseguro.

Independentemente do tipo de comportamento previsto para a laje, conclui-se que:

O cálculo usual é inadequado quando as vigas forem muito flexíveis em relação à laje (k1 pequeno). Esta conclusão é uma extensão da conclusão de Mazzilli [30], o qual encontrou que o cálculo usual da laje pela teoria das charneiras plásticas é válido quando $I_{LV} = I_L / I_V \leq 1,0$. Para efeito de comparação, são listados nas tabelas 6.1 a 6.4 os valores de I_{LV}, conforme definição dada em [30].

Tabela 6.1 - Resumo das conclusões - Sistema 1 - Modelos: 1 a 40

1ª hipótese: Regime elástico na laje e plástico nas vigas

MOD	k1	k2	k3	ILV	viga V1	viga V2	laje
1	7,25	1,55	1,00	6,15	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
2	7,19	1,55	1,75	9,63	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
3	7,11	1,48	2,00	10,72	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
4	7,09	1,47	3,00	14,50	ru: OK, R: não OK	ru: OK, R: OK	OK
5	7,12	2,17	1,00	6,78	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
6	7,32	2,13	1,75	9,74	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
7	7,30	2,20	2,00	10,81	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
8	7,30	2,15	3,00	14,73	ru: OK, R: não OK	ru: OK, R: OK	OK
9	7,12	3,02	1,00	7,02	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
10	6,99	3,07	1,75	10,87	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
11	7,37	3,03	2,00	11,18	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
12	7,05	3,09	3,00	16,64	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
13	7,03	4,39	1,00	7,34	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
14	7,04	4,36	1,75	11,39	ru: não OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
15	7,02	4,46	2,00	12,86	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
16	7,29	4,24	3,00	17,37	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
17	7,41	6,15	1,00	7,10	ru: não OK, R: não OK	ru: OK, R: OK	OK
18	7,21	6,22	1,75	12,04	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
19	7,08	6,34	2,00	14,03	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
20	7,17	6,07	3,00	20,64	ru: não OK, R: não OK	ru: não OK, R: não OK	OK
21	10,46	1,52	1,00	3,93	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
22	10,60	1,54	1,75	5,76	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
23	10,20	1,32	2,00	6,41	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
24	10,27	1,52	3,00	8,70	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	OK
25	10,44	2,15	1,00	4,17	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
26	10,13	2,06	1,75	6,39	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
27	10,46	2,14	2,00	6,60	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
28	10,27	2,13	3,00	9,26	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
29	10,20	3,09	1,00	4,77	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
30	10,46	3,08	1,75	6,43	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
31	10,43	3,01	2,00	6,89	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
32	10,16	3,09	3,00	9,97	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
33	9,92	4,18	1,00	4,82	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
34	10,11	4,12	1,75	7,16	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
35	10,35	4,25	2,00	7,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
36	10,12	4,21	3,00	10,92	ru: não OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
37	10,28	6,15	1,00	4,74	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
38	10,15	6,09	1,75	7,45	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
39	10,22	6,30	2,00	8,30	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
40	10,23	6,03	3,00	11,89	ru: não OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK

Obs.:

1) k5 = 10 / 700

2) ILV=IL/IV : parâmetro utilizado por Mazzilli [4], calculado aqui para efeito de comparação.

3) ru: Resistência última

4) R: Reação de apoio

Tabela 6.2 - Resumo das conclusões - Sistema 1 - Modelos: 41 a 80

1ª hipótese: Regime elástico na laje e plástico nas vigas

MOD	k1	k2	k3	ILV	viga V1	viga V2	laje
41	16,37	1,56	1,00	2,24	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
42	16,79	1,56	1,75	3,21	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
43	15,90	1,55	2,00	3,80	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
44	15,86	1,62	3,00	5,26	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
45	16,36	2,14	1,00	2,35	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
46	16,32	2,17	1,75	3,46	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
47	15,96	2,23	2,00	4,06	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
48	16,21	2,04	3,00	5,28	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
49	15,89	3,06	1,00	2,57	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
50	15,93	3,13	1,75	3,85	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
51	16,13	3,02	2,00	4,19	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
52	16,11	3,16	3,00	5,46	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
53	16,01	4,36	1,00	2,72	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
54	15,84	4,39	1,75	4,17	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
55	16,43	4,19	2,00	4,36	ru: não OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
56	15,93	4,31	3,00	6,12	ru: não OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
57	16,29	6,13	1,00	2,78	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
58	16,61	6,07	1,75	4,05	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
59	16,49	6,13	2,00	4,47	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
60	16,23	6,14	3,00	6,24	ru: não OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
61	24,47	1,67	1,00	1,39	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
62	24,10	1,55	1,75	2,03	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
63	24,10	1,55	2,00	2,25	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
64	24,53	1,64	3,00	2,97	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
65	24,40	2,22	1,00	1,42	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
66	24,84	2,10	1,75	2,01	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
67	24,51	2,06	2,00	2,26	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
68	24,20	2,18	3,00	3,15	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
69	24,00	3,08	1,00	1,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
70	24,17	3,13	1,75	2,22	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
71	23,76	3,01	2,00	2,51	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
72	24,60	3,11	3,00	3,28	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
73	24,16	4,23	1,00	1,53	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
74	23,91	4,19	1,75	2,37	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
75	24,52	4,21	2,00	2,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
76	24,40	4,32	3,00	3,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
77	24,54	5,99	1,00	1,57	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
78	24,24	6,28	1,75	2,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
79	24,49	6,18	2,00	2,68	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
80	24,60	5,99	3,00	3,69	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK

Obs.:

1) k5 = 10 / 700

2) ILV=IL/IV : parâmetro utilizado por Mazzilli [4], calculado aqui para efeito de comparação.

3) ru: Resistência última

4) R: Reação de apoio

Tabela 6.3 - Resumo das conclusões - Sistema 1 - Modelos: 1 a 40

2ª hipótese: Regime plástico na laje e nas vigas

MOD	k1	k2	k3	ILV	viga V1	viga V2	laje
1	7,25	1,55	1,00	6,15	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
2	7,19	1,55	1,75	9,63	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
3	7,11	1,48	2,00	10,72	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
4	7,09	1,47	3,00	14,50	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
5	7,12	2,17	1,00	6,78	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
6	7,32	2,13	1,75	9,74	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
7	7,30	2,20	2,00	10,81	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
8	7,30	2,15	3,00	14,73	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
9	7,12	3,02	1,00	7,02	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
10	6,99	3,07	1,75	10,87	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
11	7,37	3,03	2,00	11,18	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
12	7,05	3,09	3,00	16,64	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
13	7,03	4,39	1,00	7,34	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
14	7,04	4,36	1,75	11,39	ru: não OK, R: OK	ru: OK, R: não OK	não OK
15	7,02	4,46	2,00	12,86	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
16	7,29	4,24	3,00	17,37	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
17	7,41	6,15	1,00	7,10	ru: OK, R: não OK	ru: OK, R: não OK	não OK
18	7,21	6,22	1,75	12,04	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: não OK	não OK
19	7,08	6,34	2,00	14,03	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R:não OK	não OK
20	7,17	6,07	3,00	20,64	ru: não OK, R: não OK	ru: não OK, R: não OK	não OK
21	10,46	1,52	1,00	3,93	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
22	10,60	1,54	1,75	5,76	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	não OK
23	10,20	1,32	2,00	6,41	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
24	10,27	1,52	3,00	8,70	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
25	10,44	2,15	1,00	4,17	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
26	10,13	2,06	1,75	6,39	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
27	10,46	2,14	2,00	6,60	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
28	10,27	2,13	3,00	9,26	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
29	10,20	3,09	1,00	4,77	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
30	10,46	3,08	1,75	6,43	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
31	10,43	3,01	2,00	6,89	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
32	10,16	3,09	3,00	9,97	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
33	9,92	4,18	1,00	4,82	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
34	10,11	4,12	1,75	7,16	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
35	10,35	4,25	2,00	7,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: não OK	não OK
36	10,12	4,21	3,00	10,92	ru: não OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	não OK
37	10,28	6,15	1,00	4,74	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
38	10,15	6,09	1,75	7,45	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: não OK	não OK
39	10,22	6,30	2,00	8,30	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: não OK	não OK
40	10,23	6,03	3,00	11,89	ru: não OK, R: OK	ru: não OK, R: não OK	não OK

Obs.:

1) k5 = 10 / 700

2) ILV=IL/IV : parâmetro utilizado por Mazzilli [4], calculado aqui para efeito de comparação.

3) ru: Resistência última

4) R: Reação de apoio

Tabela 6.4 - Resumo das conclusões - Sistema 1 - Modelos: 41 a 80

2ª hipótese: Regime plástico na laje e nas vigas

MOD	k1	k2	k3	ILV	viga V1	viga V2	laje
41	16,37	1,56	1,00	2,24	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
42	16,79	1,56	1,75	3,21	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
43	15,90	1,55	2,00	3,80	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
44	15,86	1,62	3,00	5,26	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
45	16,36	2,14	1,00	2,35	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
46	16,32	2,17	1,75	3,46	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
47	15,96	2,23	2,00	4,06	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
48	16,21	2,04	3,00	5,28	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
49	15,89	3,06	1,00	2,57	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
50	15,93	3,13	1,75	3,85	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
51	16,13	3,02	2,00	4,19	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
52	16,11	3,16	3,00	5,46	ru: OK, R: OK	ru: não OK, R: OK	OK
53	16,01	4,36	1,00	2,72	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
54	15,84	4,39	1,75	4,17	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: não OK	NÃO OK
55	16,43	4,19	2,00	4,36	ru: não OK, R: OK	ru: não OK, R: não OK	NÃO OK
56	15,93	4,31	3,00	6,12	ru: não OK, R: OK	ru: não OK, R: não OK	NÃO OK
57	16,29	6,13	1,00	2,78	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
58	16,61	6,07	1,75	4,05	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: não OK	NÃO OK
59	16,49	6,13	2,00	4,47	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: não OK	NÃO OK
60	16,23	6,14	3,00	6,24	ru: não OK, R: OK	ru: não OK, R: não OK	NÃO OK
61	24,47	1,67	1,00	1,39	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
62	24,10	1,55	1,75	2,03	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
63	24,10	1,55	2,00	2,25	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
64	24,53	1,64	3,00	2,97	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
65	24,40	2,22	1,00	1,42	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
66	24,84	2,10	1,75	2,01	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
67	24,51	2,06	2,00	2,26	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
68	24,20	2,18	3,00	3,15	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
69	24,00	3,08	1,00	1,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
70	24,17	3,13	1,75	2,22	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
71	23,76	3,01	2,00	2,51	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
72	24,60	3,11	3,00	3,28	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
73	24,16	4,23	1,00	1,53	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
74	23,91	4,19	1,75	2,37	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
75	24,52	4,21	2,00	2,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
76	24,40	4,32	3,00	3,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
77	24,54	5,99	1,00	1,57	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
78	24,24	6,28	1,75	2,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
79	24,49	6,18	2,00	2,68	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: não OK	NÃO OK
80	24,60	5,99	3,00	3,69	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: não OK	NÃO OK

Obs.:

1) k5 = 10 / 700

2) ILV=IL/IV : parâmetro utilizado por Mazzilli [4], calculado aqui para efeito de comparação.

3) ru: Resistência última

4) R: Reação de apoio

6.3 - CONCLUSÕES SOBRE O SISTEMA 2

Os gráficos flecha x carga ilustrados nas figuras 5.36 a 5.40 mostram boa concordância com a curva prevista para carregamento incremental, tendo, da mesma forma que no sistema 1, intervalos linear e não linear bem definidos para a maioria dos modelos. Apenas para os modelos com k3 = 1,0 (lajes quadradas com grandes vãos - 7,0 x 7,0 m) tais intervalos não são bem definidos. Percebe-se que, nestes modelos, a flecha da laje é muito maior do que as das vigas, sendo esta, provavelmente, a causa da interrupção da análise pelo ANSYS.

Os gráficos comparativos de resistência última da viga, tanto no caso da viga V1 como no caso da viga V2 (figuras 5.41 a 5.54), apresentam ordenadas próximas de 1, na maioria das situações, mostrando que os valores obtidos com base nos resultados do ANSYS são geralmente próximos dos valores previstos pelo cálculo usual.

Percebe-se que todas as curvas dos gráficos foram afetadas pela mudança de condições de contorno da laje (bordas transversais livres, no sistema 1, para bordas transversais apoiadas, no sistema 2).

As tabelas 6.5, 6.6 e 6.7 apresentam um resumo das conclusões. Como pode ser verificado, o cálculo usual é geralmente inseguro, tanto para as vigas quanto para a laje, para todos os valores pesquisados de k1 ($7 \leq k1 \leq 24$). Esta conclusão é inteiramente concordante com a de Mazzilli [30], uma vez que o menor valor correspondente de I_{LV} é de 1,39 > 1,0 (ver listagem de I_{LV} nas tabelas).

Entretanto, verifica-se que a previsão de plastificação das vigas V1 e V2 pelo cálculo usual é segura para k1 = 24,0, com qualquer k2, e para k1 = 13, com $k2 \leq 3$.

A laje carrega as vigas diferentemente do previsto pela teoria de charneiras plásticas, ocorrendo, portanto, diversos problemas, principalmente quando se têm menores valores de k1.

A espessura da laje de concreto (que gera o parâmetro k5) influencia muito pouco os resultados (tabela 6.6). Entretanto, o momento de plastificação previsto para a viga crítica (que gera o parâmetro k6) tem bastante influência nos resultados (tabela 6.7). Assim, deve ser analisada uma variação maior de k6 em um próximo trabalho.

Tabela 6.5 - Resumo das conclusões - Sistema 2

MOD	k1	k2	k3	k4	k6	ILV(*)	viga V1	viga V2	laje
1	7,08	1,57	1,00	1,57	5,72	6,16	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
2	7,08	1,57	1,00	3,08	5,72	6,16	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
3	7,07	1,70	1,75	4,32	3,83	9,51	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
4	7,07	1,70	1,75	8,60	3,83	9,51	ru: OK, R: NÃO OK	ru: NÃO OK, R: OK	NÃO OK
5	7,24	1,60	3,00	7,95	2,54	14,62	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
6	7,24	1,60	3,00	15,65	2,54	14,62	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
7	7,12	3,02	1,00	3,02	5,93	7,02	ru: OK, R:OK	ru: OK, R: OK	OK
8	7,12	3,02	1,00	6,12	5,93	7,02	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
9	6,99	3,07	1,75	7,88	4,04	10,87	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
10	6,99	3,07	1,75	15,59	4,04	10,87	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
11	7,05	3,09	3,00	15,35	2,56	16,64	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
12	7,05	3,09	3,00	31,02	2,56	16,64	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
13	7,41	6,15	1,00	6,15	2,00	7,10	ru: OK, R: OK	ru: NÃO OK, R: NÃO OK	NÃO OK
14	7,41	6,15	1,00	12,18	–	7,10	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
15	7,21	6,22	1,75	15,30	1,31	12,04	ru: NÃO OK, R: OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
16	7,21	6,22	1,75	31,72	1,31	12,04	ru: NÃO OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
17	7,17	6,07	3,00	29,16	2,90	20,64	ru: NÃO OK, R: OK	ru: NÃO OK, R: OK	OK
18	7,17	6,07	3,00	60,20	2,90	20,64	ru: NÃO OK, R: NÃO OK	ru: NÃO OK, R: OK	OK
19	13,53	1,44	1,00	1,44	7,28	2,83	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
20	13,53	1,44	1,00	2,77	7,28	2,83	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	OK
21	12,81	1,44	1,75	3,77	5,34	4,63	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
22	12,81	1,44	1,75	7,51	5,34	4,63	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
23	13,40	1,59	3,00	7,72	4,21	6,65	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
24	13,40	1,59	3,00	15,37	4,21	6,65	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
25	13,20	3,18	1,00	3,18	–	3,26	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
26	13,20	3,18	1,00	6,73	–	3,26	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
27	13,32	3,04	1,75	7,96	7,05	4,90	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
28	13,32	3,04	1,75	15,90	7,05	4,90	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	OK
29	13,81	3,19	3,00	15,78	3,98	6,75	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
30	13,81	3,19	3,00	32,15	3,98	6,75	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	OK
31	12,97	6,08	1,00	6,08	2,88	3,68	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
32	12,97	6,08	1,00	12,72	–	3,68	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
33	13,37	5,98	1,75	14,95	2,15	5,28	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: NÃO OK	OK
34	13,37	5,98	1,75	29,96	2,15	5,28	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
35	13,08	6,32	3,00	32,12	1,43	8,44	ru: NÃO OK, R: OK	ru: NÃO OK, R:OK	OK
36	13,08	6,32	3,00	65,73	1,43	8,44	ru: NÃO OK, R: OK	ru: NÃO OK, R:OK	OK
37	24,47	1,67	1,00	1,67	–	1,39	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
38	24,47	1,67	1,00	3,14	–	1,39	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
39	24,10	1,55	1,75	3,88	9,67	2,03	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
40	24,10	1,55	1,75	7,41	9,67	2,03	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO
41	24,53	1,64	3,00	8,35	6,57	2,97	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
42	24,53	1,64	3,00	16,81	6,57	2,97	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
43	24,00	3,08	1,00	3,08	–	1,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
44	24,00	3,08	1,00	6,09	–	1,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
45	24,17	3,13	1,75	7,69	12,51	2,22	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO
46	24,17	3,13	1,75	15,68	12,51	2,22	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
47	24,60	3,11	3,00	15,30	8,42	3,28	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
48	24,60	3,11	3,00	30,02	8,42	3,28	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
49	24,54	5,99	1,00	5,99	–	1,57	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
50	24,54	5,99	1,00	12,25	–	1,57	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
51	24,24	6,28	1,75	15,57	3,92	2,49	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO
52	24,24	6,28	1,75	31,59	3,92	2,49	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
53	24,6	5,99	3,00	29,48	2,24	3,69	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
54	24,6	5,99	3,00	60,39	2,24	3,69	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK

Obs.:

1) k5 = 10 / 700

2) (*) ILV=IL/IV : parâmetro utilizado por Mazzilli [4], calculado aqui para efeito de comparação.

3) ru: Resistência última

4) R: Reação de apoio

Tabela 6.6 - Resumo das conclusões - Sistema 2 com variação do parâmetro k5

MOD	k1	k2	k3	k4	k5	ILV	viga V1	viga V2	laje
1A	7,08	1,57	1,00	1,57	13 / 700	13,54	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
5A	7,24	1,60	3,00	7,95	8/ 700	7,48	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
13A	7,41	6,15	1,00	6,15	13 / 700	15,60	ru: OK, R: OK	ru: NÃO OK, R: NÃO OK	NÃO OK
17A	7,17	6,07	3,00	29,16	8/ 700	10,57	ru: NÃO OK, R: OK	ru: NÃO OK, R: OK	OK
37A	24,47	1,67	1,00	1,67	13 / 700	3,05	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO
41A	24,53	1,64	3,00	8,35	8/ 700	1,52	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R:OK	NÃO OK
49A	24,54	5,99	1,00	5,99	13 / 700	3,45	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
53A	24,60	5,99	3,00	29,16	8/ 700	1,89	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK

Obs.:

1) ILV=IL/IV : parâmetro utilizado por Mazzilli [4], calculado aqui para efeito de comparação.

2) ru: Resistência última

3) R: Reação de apoio

Tabela 6.7 - Resumo das conclusões - Sistema 2 com variação do parâmetro k6

MOD	k1	k2	k3	k4	k6	ILV	viga V1	viga V2	laje
1B	7,08	1,57	1,00	1,57	10,52	6,16	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
1C	7,08	1,57	1,00	1,57	2,56	6,16	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
5B	7,24	1,60	3,00	7,95	4,25	14,62	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
5C	7,24	1,60	3,00	7,95	1,23	14,62	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
13B	7,41	6,15	1,00	6,15	3,03	8,57	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
13C	7,41	6,15	1,00	6,15	0,93	6,56	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: NÃO OK	NÃO OK
17B	7,17	6,07	3,00	29,16	5,43	20,64	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: NÃO OK	OK
17C	7,17	6,07	3,00	29,16	1,37	20,64	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	OK
41B	24,53	1,64	3,00	8,35	12,38	2,97	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
41C	24,53	1,64	3,00	8,35	2,92	2,97	ru: OK, R: NÃO OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
53B	24,60	5,99	3,00	29,48	3,45	4,29	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
53C	24,60	5,99	3,00	29,48	1,04	3,45	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK

Obs.:

1) k5 = 10 / 700

2) ILV=IL/IV : parâmetro utilizado por Mazzilli [4], calculado aqui para efeito de comparação.

3) ru: Resistência última

4) R: Reação de apoio

6.4 - CONCLUSÕES SOBRE O SISTEMA 3

Os gráficos flecha x carga ilustrados nas figuras 5.58 a 5.61 mostram boa concordância com a curva prevista para carregamento incremental, tendo, da mesma forma que nos sistemas 1 e 2, intervalos linear e não linear bem definidos para a maioria dos modelos. Apenas para os modelos com k3 = 1,0 (lajes quadradas com grandes vãos - 7,0 x 7,0 m) tais intervalos não são bem definidos. Percebe-se que, nestes modelos, a flecha da laje é muito maior do que as das vigas, sendo esta, provavelmente, a causa da interrupção da análise pelo ANSYS.

Os gráficos comparativos de resistência última da viga, tanto no caso da viga V1 como no caso da viga V2 (figuras 5.62 a 5.75), apresentam ordenadas próximas de 1, na maioria das situações, mostrando que os valores obtidos com base nos resultados do ANSYS são geralmente próximos dos valores previstos pelo cálculo usual.

Os gráficos comparativos das reações de apoio da laje sobre as vigas V1 e V2 (figuras 5.59 a 5.63) apresentam ordenadas abaixo de 1. As distribuições destas reações afastaram-se muito da previsão. Em muitos modelos, as reações de apoio das vigas V1 e V2 ficam até negativas, porque, como a laje é engastada na borda da viga transversal (V3) e as vigas longitudinais (V1 e V2) são simplesmente apoiadas nos pilares, as deformações das vigas V1 e V2 são incompatíveis com as da laje (Fig. 6.1), a laje tendendo a puxar tais vigas para cima.

Todas as curvas dos gráficos comparativos, principalmente as curvas dos gráficos comparativos das reações de apoio, foram afetadas significativamente pela mudança da condição de contorno da laje (bordas transversais apoiadas

e livres para girar, no sistema 2, para bordas transversais apoiadas e impedidas de girar , no sistema 3).

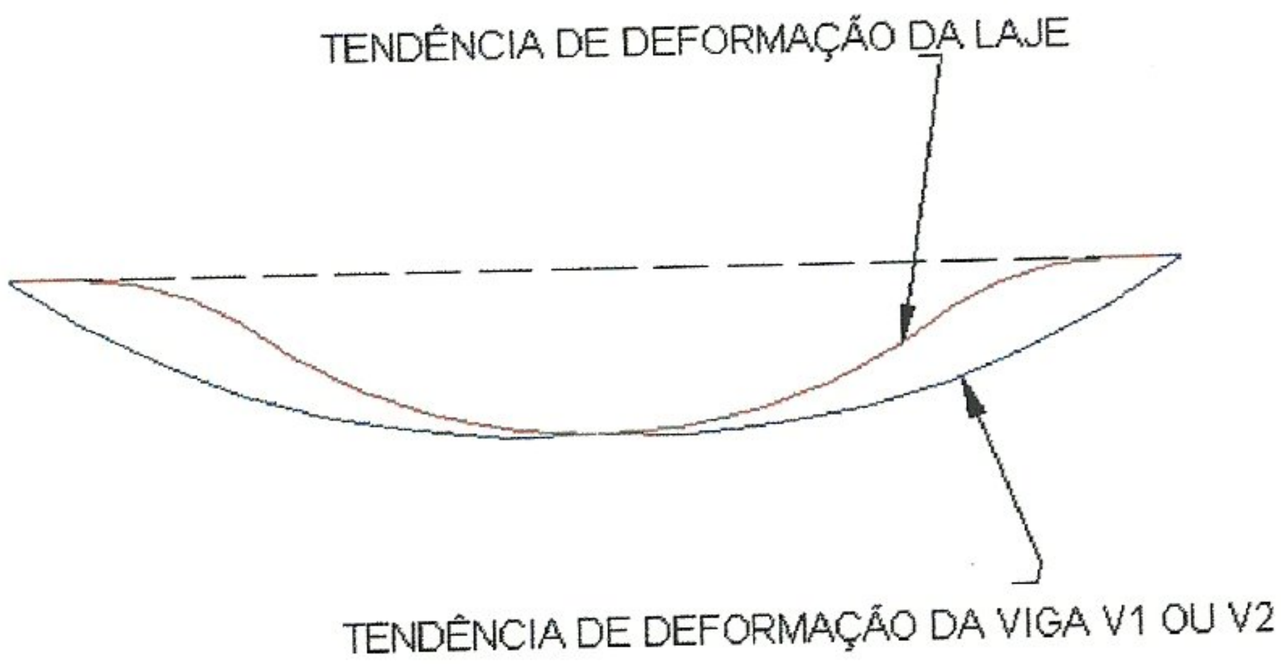


Fig. 6.1 - Tendências de deformações da laje e da viga V1 ou V2

As tabelas 6.8, 6.9 e 6.10 apresentam um resumo das conclusões. Ao contrário do sistema 2, as reações aplicadas pela laje sobre as vigas V1 e V2 são menores que as previstas. O cálculo convencional, portanto, é seguro no que concerne às reações de apoio das vigas V1 e V2

Entretanto, tal cálculo é inseguro para a laje, uma vez que ela carrega as vigas diferentemente do previsto pela teoria de charneiras plásticas, com excesso de carga na viga V3, e alívio nas vigas V1 e V2.

A espessura da laje (que gera o parâmetro k5) e o momento plástico das vigas (que gera o parâmetro k6) influenciam pouco os resultados.

Tabela 6.8 - Resumo das conclusões - Sistema 3

MOD	k1	k2	k3	k4	k6	ILV	viga V1	viga V2	laje
1	7,08	1,57	1,00	0,80	5,72	6,16	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
2	7,07	1,70	1,75	2,14	3,83	9,51	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
3	7,24	1,60	3,00	4,00	2,54	14,62	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
4	7,12	3,02	1,00	1,56	5,93	7,02	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
5	6,99	3,07	1,75	3,85	4,04	10,87	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
6	7,03	3,09	3,00	7,51	2,56	16,64	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
7	7,41	6,15	1,00	3,09	--	7,10	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
8	7,21	6,22	1,75	7,47	1,31	12,04	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
9	7,17	6,07	3,00	15,52	2,91	20,64	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
10	13,53	1,44	1,00	0,77	7,28	2,83	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
11	12,81	1,44	1,75	1,80	5,34	4,63	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
12	13,40	1,59	3,00	3,88	4,21	6,65	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
13	13,20	3,18	1,00	1,58	--	3,26	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
14	13,52	3,04	1,75	3,76	7,05	4,90	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
15	13,81	3,19	3,00	7,95	3,98	6,75	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
16	12,97	6,08	1,00	3,06	--	3,68	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
17	13,37	5,98	1,75	7,49	2,15	5,28	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
18	13,08	6,32	3,00	15,69	1,43	8,44	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
19	24,47	1,67	1,00	0,89	--	1,39	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
20	24,10	1,55	1,75	1,89	9,67	2,03	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
21	24,53	1,64	3,00	4,15	6,57	2,97	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
22	24,00	3,08	1,00	1,55	--	1,49	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
23	24,17	3,13	1,75	3,93	12,51	2,22	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
24	24,60	3,11	3,00	7,79	8,42	3,28	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
25	24,54	5,99	1,00	3,00	--	1,57	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
26	24,24	6,28	1,75	7,87	3,92	2,49	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
27	24,60	5,99	3,00	14,63	2,24	3,69	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK

Obs.:

1) k5 = 10 / 700

2) ILV=IL/IV : parâmetro utilizado por Mazzilli [4], calculado aqui para efeito de comparação.

3) ru: Resistência última

4) R: Reação de apoio

Tabela 6.9 - Resumo das conclusões - Sistema 3 com variação do parâmetro k5

MOD	k1	k2	k3	k4	k5	ILV	viga V1	viga V2	laje
1A	7,08	1,57	1,00	0,80	12 / 700	10,65	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
3A	7,24	1,60	3,00	4,00	7/ 700	5,01	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
7A	7,41	6,15	1,00	3,09	12 / 700	12,27	ru: NÃO OK, R: NÃO OK	ru: NÃO OK, R: NÃO OK	NÃO OK
9A	7,17	6,07	3,00	15,52	7/ 700	7,08	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
19A	24,47	1,67	1,00	0,89	12 / 700	2,40	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
21A	24,53	1,64	3,00	4,15	7/ 700	1,02	ru: OK, R:OK	ru: OK, R:OK	NÃO OK
25A	24,54	5,99	1,00	3,00	12 / 700	2,71	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
27A	24,60	5,99	3,00	14,63	7/ 700	1,27	ru: OK, R:OK	ru: OK, R:OK	NÃO OK

Obs.:

1) ILV=IL/IV : parâmetro utilizado por Mazzilli [4], calculado aqui para efeito de comparação.

2) ru: Resistência última

3) R: Reação de apoio

Tabela 6.10 - Resumo das conclusões - Sistema 3 com variação do parâmetro k6

MOD	k1	k2	k3	k4	k6	ILV	viga V1	viga V2	laje
1B	7,08	1,57	1,00	0,80	10,52	6,16	INCONCLUSIVO	INCONCLUSIVO	NÃO OK
1C	7,08	1,57	1,00	0,80	2,72	6,16	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
3B	7,24	1,60	3,00	4,00	4,53	14,62	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
3C	7,24	1,60	3,00	4,00	1,23	14,62	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
9B	7,17	6,07	3,00	15,52	5,43	20,64	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
9C	7,17	6,07	3,00	15,52	1,37	20,64	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
21B	24,53	1,64	3,00	4,15	12,28	2,97	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
21C	24,53	1,64	3,00	4,15	2,92	2,97	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
27B	24,60	5,99	3,00	14,63	3,76	3,25	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK
27C	24,60	5,99	3,00	14,63	1,04	3,41	ru: OK, R: OK	ru: OK, R: OK	NÃO OK

Obs.:

1) k5 = 10 / 700

2) ILV=IL/IV : parâmetro utilizado por Mazzilli [4], calculado aqui para efeito de comparação.

3) ru: Resistência última

4) R: Reação de apoio

6.5 - CONCLUSÕES GERAIS

Em todos os sistemas os resultados do cálculo usual para resistência última das vigas V1 e V2 são normalmente bons para vigas rígidas ($k1 \geq 13$).

Nas faixas analisadas de variação dos parâmetros, o calculo usual é geralmente falho para as reações de apoio da laje sobre as vigas (em intensidade e distribuição) e para as reações de apoio das vigas sobre os pilares.

Em alguns modelos do ANSYS, a viga mista com plastificação prevista não se plastifica ou atinge a plastificação total com valor de M_p superior ao previsto. Nestes casos, quando a carga última do ANSYS ($Q_{u,an}$) for igual ou superior à prevista, conclui-se que o dimensionamento usual da viga em questão, para momento fletor, não ficaria contra a segurança se a laje fosse dimensionada para as novas condições de contorno. Se a carga última do ANSYS ($Q_{u,an}$) for inferior à prevista, o dimensionamento usual da viga fica contra a segurança.

Mazzilli [29] concluiu que, no regime elástico, os quinhões de carga absorvidos pelas vigas podem ser determinados conforme proposto pela NBR 6118, caso a rigidez das vigas seja adequada. Esta conclusão foi confirmada por Coradi [4], por meio de variação do parâmetro k2: para cada sistema há uma faixa deste parâmetro para a qual o cálculo usual apresenta resultados similares aos obtidos pelo ANSYS, exceto quando as vigas são muito flexíveis (valor baixo de k1).

Mazzilli [30] concluiu que, no regime plástico, a teoria de charneiras plásticas pode ser usada quando $I_{LV} \leq 1,0$, deve ser usada com cautela quando I_{LV} for pouco maior que 1,0 e não deve ser usada para outros valores de I_{LV}. Tal conclusão, como já discutido previamente neste capítulo (tabelas 6.1 a 6.10) foi totalmente confirmada por este trabalho, onde, para todos os casos, $I_{LV} \geq 1,39$.

6.6 - RECOMENDAÇÕES PARA O PROJETO

Para o caso de deslocamentos verticais sob cargas nominais, Coradi [4] recomenda:

"Considerar que as flechas de vigas mistas bi-apoiadas, determinadas pelo processo usual, possam variar entre 0,7 a 1,2 vezes o valor calculado, devido ao efeito das flexibilidades das vigas e da relação entre as dimensões do painel. Em muitos casos este procedimento fica do lado da segurança, mas, quando a relação k3 (L / L') for superior a aproximadamente 2 e a relação k2 (I_{m2} / I_{m1}) for inferior a 3, o coeficiente de majoração deve passar para 1,40 no caso de vigas situadas nas bordas dos painéis. Para levar em conta o efeito do escorregamento entre laje e viga de aço, no caso de **interação total**, a flecha deve ser multiplicada adicionalmente por 1,10 (para interação parcial pode ser seguido, por exemplo, o EUROCODE)."

Para o caso de estado limite último dos sistemas mistos, de maneira geral, recomenda-se:

a) Para verificação do estado limite de plastificação das vigas mistas pelo momento fletor, o cálculo usual pode ser aplicado desde que as vigas sejam suficientemente rígidas (neste trabalho k1 $\tilde{\geq}$ 16) e a relação de rigidez entre as vigas não fique fora de uma certa faixa (neste trabalho 2 $\tilde{\leq}$ k2 $\tilde{\leq}$ 3,0);

b) Para verificação da laje e dos estados limites associados às forças cortantes nas vigas (inclusive ligações das vigas com seus suportes), o cálculo usual não deve ser utilizado para os pisos mistos de edifícios com propriedades e dimensões comumente empregados na prática. Sugere-se, para tais verificações, uma análise mais rigorosa do sistema. Os gráficos e tabelas apresentados neste trabalho permitem uma avaliação genérica de algumas situações.

c) Sempre que houver continuidade da laje sobre uma viga A, deve haver também continuidade de qualquer viga metálica transversal à viga A (inclusive das apoiadas em pilares).

6.7 - SUGESTÕES PARA ESTUDOS POSTERIORES

a) Modelar a laje com material que resista diferentemente à tração e à compressão, inserindo elementos de armadura.

b) Modelar alguns pisos mistos complexos para verificar se as conclusões obtidas com base nos sistemas 1, 2 e 3 podem ser generalizadas.

c) Conforme já comentado, a influência do parâmetro k6 deve ser também melhor pesquisada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ABNT - "Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios" - Associação Brasileira de Normas Técnicas , NBR 8800, 1986;

[2] MALITE, MAXIMILIANO - " Vigas mistas aço - concreto: ênfase em edifícios" - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Estruturas, 1993;

[3] ANSOURIAN, P. - "An application of the method of finite elements to the analysis of composite floor systems" - Proceedings of the Institution of. Civil Engineers., part 2, vol. 59 - December 1975;

[4] CORADI, PAULO EMÍLIO LOPES - "Análise pelo método dos elementos finitos de pisos mistos em aço e concreto para determinação de deslocamentos verticais" - Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Estruturas, 1997;

[5] ABNT, - "Projeto e execução de obras de concreto armado" - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6118, 1978;

[6] EUROCODE 4 - "Design of composite steel and concrete structures" - Part 1.1 General rules and rules for buildings, European Prestandard, April, 1992;

[7] OKUMURA, T. e SATO, M. - "Study on strength of composite beams"- University of Tokyo, 1972;

[8] WEGMULLER, A. W. e AMER, H. N., - "Nonlinear response of composite steel and concrete" - Computers &. Structures, 1977;

[9] WEGMULLER, A. W. - "Overload behavior of composite steel and concrete." - Proc, ASCE, 103, (1977);

[10] HIRST, M. J. S. e YEO, M. F. - "The analysis of composite beams using standard finite element programs"- Computers & Structures, vol. 11, 1980;

[11] ARIZUMI, Y. e HAMADA, S. - "Elastic-plastic analysis of composite beams with incomplete interaction by finite element method"- Computers & Structures, vol. 14, 1981;

[12] ANSOURIAN, P. e RODERICK, J. W. - "Analysis of composite beams"- Journal of the Structural Division - October, 1978;

[13] RAZAQPUR, A. G. e NOFAL, M. - "Analytical modelling of nonlinear behavior of composite bridges" - Journal of Structures Engineering, vol. 116, June, 1990;

[14] AASHTO - "Guide specification for alternate load-factor design procedures for steel beam bridges using braced compact sections" - American Association of State Highway and Transportation Officials, 1986;

[15] VASSEGHI, A. E FRANK, K. H. - "Static shear and bending strength of composite girders final report-phase I" - Phil M. Ferguson Structural Engineering Laboratory Report University of Texas, Austin, August, 1986;

[16] SHILLING, C. G. - "Moment-rotation test of steel bridge girders"- Report on Project 188, AISC, April, 1986;

[17] SHILLING, C. G. - "Exploratory Autostress Girder Designer"- Report on Project 188, AISI, July, 1986;

[18] KUBO, MASAHIRO e GALAMBOS, THEODORE V. - "Plastic collapse load of continuous composite plate girders"- Engineering Journal, AISC, 1988;

[19] NEWMARK, N. M.; SIESS, C. P. e VIEST, I. M. - "Tests and analysis of composite beams with incomplete interaction." - Proc., Soc. for Experimental Stress Anal, 1951;

[20] OEHLERS, DERIC JOHN e SVED, GEORGE - "Composite beams with limited-slip-capacity shear connectors"- Journal of Structural Engineering, June, 1995;

[21] RAZAQPUR, A. G. e NOFAL, M. - "A finite element for modelling the nonlinear behavior of shear connectors in composite structures"- Computers & Structures, vol. 32, 1989;

[22] YAM, L. C. P. e CHAPMAN, J. C. - "The inelastic behavior of continuous composite beams of steel and concrete." - Proceedings of the Institution of. Civil Engineers, 1972;

[23] AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION - "Manual of Steel Construction, Load and Resistance Factor Design" - American Institute of Steel Construction, inc., Chicago, 2ª ed., 1994;

[24] BROSNAN, DAVID P. e UANG, CHIA-MING, "Effective width of composite L-beams in buildings", Engineering Journal, 1995;

[25] MARGUERRE, VON K. - Uber die beanspruchung von plattentragem" - Der Stahlbau, vol 8, 1952;

[26] BRENDEL, G. - "Strength of the compression slab of T-beams subject to simple bending" - Journal of American Concrete Institute, vol 61, 1964;

[27] ADEKOLA, A. O. - "Effective widths of composite beams of steel and concrete" - The Structural Engineer , vol. 46, September 1968;

[28] GJELSVIK, ATLE - "Analog-beam method for determining shear-lag effects." - Journal of Engineering Mechanics, vol 117, July, 1991;

[29] MAZZILLI, ANTÔNIO RUBENS PORTUGAL - "Influência da flexibilidade das vigas de apoio no cálculo de estruturas de edifícios" - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, 1988;

[30] MAZZILLI, ANTÔNIO RUBENS PORTUGAL - "Influência da flexibilidade das vigas e das lajes nos esforços das estruturas de concreto armado" - dois volumes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, 1995;

BIBLIOGRAFIA

AASHTO - "Guide specification for alternate load-factor design procedures for steel beam bridges using braced compact sections" - American Association of State Highway and Transportation Officials, 1986;

ABNT - "Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios" - Associação Brasileira de Normas Técnicas , NBR 8800, 1986;

ABNT, - "Projeto e execução de obras de concreto armado" - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6118, 1978;

ADEKOLA, A. O. - "Effective widths of composite beams of steel and concrete" - The Structural Engineer , vol. 46, September 1968;

AIPC - CEB - CECM - FIP - "Project de code modele pour construction mixtes" - 1979;

AL-AMERY R. I. M. e ROBERTS T. M. - "Nonlinear finite difference analysis of composite beams with partial interaction"- Computers & Structures, vol. 35, 1990;

ALLEN, D. N de G. e SEVERN, R. T. - "Composite action between beams and slabs under transverse load" - The Structural Engineer, may, 1961;

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION - "Manual of Steel Construction, Load and Resistance Factor Design" - American Institute of Steel Construction, inc., Chicago, 2ª ed., 1994;

ANSOURIAN, P. - "An application of the method of finite elements to the analysis of composite floor systems" - Proceedings of the Institution of. Civil Engineers., part 2, vol. 59 - December 1975;

ANSOURIAN, P. e RODERICK, J. W. - "Analysis of composite beams"- Journal of the Structural Division - October, 1978;

"ANSYS EXAMPLES MANUAL", Swanson Analysis Systems, Inc., June 15, 1987;

"ANSYS PRIMERS", Swanson Analysis Systems, Inc., 1989;

"ANSYS THEORETICAL MANUAL", Kohnke, P. C., Swanson Analysis Systems, Inc., June, 1989;

"ANSYS USER'S MANUAL", DeSalvo G.J. and Gulman, R. W., Swanson Analysis Systems, Inc., May 1, 1989;

"ANSYS VERIFICATION MANUAL", Imgrund, M. C., Swanson Analysis Systems, Inc., June, 1989;

ARIZUMI, Y. e HAMADA, S. - "Elastic-plastic analysis of composite beams with incomplete interaction by finite element method"- Computers & Structures, vol. 14, 1981;

BARNARD, PETER ROBERT e JOHNSON, ROGER PAUL, - "Ultimate strength of composite beams" - November, 1965;

BRADFORD, MARK ANDREW e GILBERT, R. IAN - "Composite beams with partial interaction under sustained loads" - Journal of Structural Engineering, vol. 118, July, 1992;

BRENDEL, G. - "Strength of the compression slab of T-beams subject to simple bending" - Journal of American Concrete Institute, vol 61, 1964;

BROSNAN, DAVID P. e UANG, CHIA-MING, "Effective width of composite L-beams in buildings", Engineering Journal, 1995;

CORADI, PAULO EMÍLIO LOPES - "Análise pelo método dos elementos finitos de pisos mistos em aço e concreto para determinação de deslocamentos verticais" - Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Estruturas, 1997;

DESAYI, PRAKASH e KRISHNAN, S. - "Equation for the stress-strain curve of concrete" - ACI Journal, March, 1964;

DEZI, LUIGINO; IANNI, CARLO e TARANTINO, ANGELO MARCELLO, - "Simplified creep analysis of composite beams with flexible connectors"- Journal of Structural Engineering, vol. 119, May, 1993;

EUROCODE 3 - "Design of steel structures" - Part 1-1: General Rules e Rules for Buildings, European Prestandard, April, 1992;

EUROCODE 4 - "Design of composite steel and concrete structures" - Part 1.1 General rules and rules for buildings, European Prestandard, April, 1992;

FAKURY , RICARDO HALLAL - "Notas de aula" - Estruturas Metálicas II, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Estruturas da UFMG;

GJELSVIK, ATLE - "Analog-beam method for determining shear-lag effects." - Journal of Engineering Mechanics, vol 117, July, 1991;

HANSELL, WILLIAN C.; GALAMBOS, THEODORE V.; RAVINDRA, MAYASANDRA K. e VIEST, IVAN M. - "Composite beam criteria in LRFD" - Journal of the Structural Engineer, ASCE, September, 1978;

HEINS, CONRAD P. e FAN, HORN MING - "Effective composite beam width at ultimate load" - Journal of Structural Division, ASCE, November, 1976;

HIRST, M. J. S. e YEO, M. F. - "The analysis of composite beams using standard finite element programs"- Computers & Structures, vol. 11, 1980;

HRABOK, METRO M. e HRUDEY, TERRY M. - "Finite element analysis in design of floor systems" - Journal of Structural Engineering, vol. 109, April, 1983;

HURIA, V.; LEE, K. L. e AKTAN, A. E., - "Nonlinear finite element analysis of RC slab bridge" - Journal of Structural Engineering, vol. 119, January, 1993;

KABAILA A., SAENZ, LUIS P; TULIN, LEONARDO G. e . GERSTLE, KURT H and authors - "Equation for the stress-strain curve of concrete"- ACI Journal, vol. 61, Mar, 1964;

KUBO, MASAHIRO e GALAMBOS, THEODORE V. - "Plastic collapse load of continuous composite plate girders"- Engineering Journal, AISC, 1988;

LIN, J. J.; FAFARD, M; BEAULIEU, D e MASSICOTTE, B. - "Nonlinear analysis of composite bridges by finite element method" - Computers & Structures, vol. 40, 1991;

LOREZN, ROBERT F. - "Understanding composite beam design methods using LRFD"- Engineering Journal, AISC, 25, 1988;

MALITE, MAXIMILIANO - " Vigas mistas aço - concreto: ênfase em edifícios" - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Estruturas, 1993;

MARGUERRE, VON K. - Uber die beanspruchung von plattentragem" - Der Stahlbau, vol 8, 1952;

MAZZILLI, ANTÔNIO RUBENS PORTUGAL - "Influência da flexibilidade das vigas de apoio no cálculo de estruturas de edifícios" - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, 1988;

MAZZILLI, ANTÔNIO RUBENS PORTUGAL - "Influência da flexibilidade das vigas e das lajes nos esforços das estruturas de concreto armado" - dois volumes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, 1995;

MICROSOFT EXCEL VERSÃO 5.0a - Copyright 1985-1994, Microsoft Corporation;

MICROSOFT WORD VERSÃO 6.0a - Copyright 1989-1994, Microsoft Corporation;

NEWMARK, N. M.; SIESS, C. P. e VIEST, I. M. - "Tests and analysis of composite beams with incomplete interaction." - Proc., Soc. for Experimental Stress Anal, 1951;

OEHLERS, DERIC JOHN e SVED, GEORGE - "Composite beams with limited-slip-capacity shear connectors"- Journal of Structural Engineering, June, 1995;

OKUMURA, T. e SATO, M. - "Study on strength of composite beams"- University of Tokyo, 1972;

OLLGAARD, JORGEN. G.; SLUTTER, ROGER. G. e FISHER, JOHN. W. - "Shear strength of stud connectors in lightweight and normal-weight concrete"- Engineering Journal, AISC, April, 1971;

RAZAQPUR, A. G. e NOFAL, M. - "A finite element for modelling the nonlinear behavior of shear connectors in composite structures"- Computers & Structures, vol. 32, 1989;

RAZAQPUR, A. G. e NOFAL, M. - "Analytical modelling of nonlinear behavior of composite bridges" - Journal of Structures Engineering, vol. 116, June, 1990;
SALMON C. G. e JOHNSON J. E. - "Steel structures design and behavior"- Harper & Publishers, New York, 1990;

SHILLING, C. G. - "Exploratory Autostress Girder Designer"- Report on Project 188, AISI, July, 1986;

SHILLING, C. G. - "Moment-rotation test of steel bridge girders"- Report on Project 188, AISC, April, 1986;

SLUTTER, ROGER G. e DRISCOLL, GEORGE C., - "Flexural strength of steel-concrete composite beams" - Journal of the Structural Division, ASCE, April, 1965;

SOFTWARE ANSYS, VERSION 5.0 and 5.3 - Swanson Analysis Systems, Inc;

"STAHLBAU HANDBUCH", Stahlbau - Verlags - GMBH, Koln, 1982;

TSCHEMMERNEGG ,F; BRUGGER, R; HITTENBERGER, R; WIESHOLZER, J; HUTER, M.; SCHAUR, B. C. e BADRAN, M. Z. - "Semi-rigid composite joints" - Stahlbau, dec. 1994 e Jan. 1995;

VALLENILLA, CESAR R. e BJORHOVDE, REIDAR - "Effective width criteria for composite beams"- Engineering Journal, AISC, Fourth Quarter, 1985;

VASSEGHI, A. E FRANK, K. H. - "Static shear and bending strength of composite girders final report-phase I" - Phil M. Ferguson Structural Engineering Laboratory Report University of Texas, Austin, August, 1986;

VIEST, IVAN M. - "Review of research on composite steel-concrete beams" - Journal of Structural Division, ASCE, June, 1960;

WEGMULLER, A. W. - "Overload behavior of composite steel and concrete." - Proc, ASCE, 103, (1977);

WEGMULLER, A. W. e AMER, H. N., - "Nonlinear response of composite steel and concrete" - Computers &. Structures, 1977;

WESTON, G; NETHERCOT, D. A. e CRISFIELD, M. A - "Lateral buckling in continuous composite bridge girders" - The Structural Engineer, Vol. 69, March, 1991;

WRIGHT, H. D. e FRANCIS, R. W - "Test on composite beams with low levels of shear connection" - The Structural Engineer, vol. 68, August, 1990;

YAM, L. C. P. e CHAPMAN, J. C. - "The inelastic behavior of continuous composite beams of steel and concrete." - Proceedings of the Institution of. Civil Engineers, 1972;

APENDICE 1

SISTEMA 1 - PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
LAJE	k1	7,25	7,19	7,11	7,09	7,12	7,32	7,30	7,30	7,12	6,99	7,37	7,05	7,03	7,04	7,02	7,29
	k2	1,55	1,55	1,48	1,47	2,17	2,13	2,20	2,15	3,02	3,07	3,03	3,09	4,39	4,36	4,46	4,24
	k3	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00
	L (m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	L'(m)	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33
	$Q^*(kN/m^2)$	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00
VIGA V1	b_f(mm)	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
	d(mm)	12,50	8,00	6,30	6,30	9,50	8,00	6,30	6,30	9,50	8,00	6,30	6,30	9,50	6,30	6,30	6,30
	t_w(mm)	8,00	6,30	4,75	4,75	8,00	6,30	4,75	4,75	8,00	6,30	4,75	4,75	6,30	4,75	4,75	4,75
	H(mm)	340,00	290,00	300,00	240,00	330,00	270,00	275,00	220,00	300,00	235,00	250,00	190,00	270,00	230,00	210,00	170,00
	M_P(kN.m)	311,12	199,38	167,58	133,17	269,48	184,73	152,77	122,56	241,53	160,41	138,64	107,44	199,60	127,81	117,41	97,91
	$Q(kN/m^2)$	19,35	21,70	20,85	24,85	16,76	20,11	19,00	22,87	15,02	17,46	17,25	20,05	12,41	13,91	14,61	18,27
	$Q^*(kN/m^2)$	17,52	19,65	18,88	22,50	15,18	18,21	17,21	20,71	13,60	15,81	15,62	18,16	11,24	12,60	13,23	16,54
VIGA V2	b_f(mm)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
	d(mm)	9,50	9,50	9,50	6,30	12,50	9,50	9,50	6,30	12,50	9,50	9,50	6,30	16,00	16,00	9,50	6,30
	t_w(mm)	6,30	6,30	4,75	4,75	6,30	6,30	6,30	4,75	6,30	6,30	6,30	4,75	9,50	9,50	4,75	4,75
	H(mm)	380,00	280,00	260,00	235,00	380,00	310,00	290,00	270,00	410,00	330,00	315,00	290,00	390,00	290,00	340,00	315,00
	M_P(kN.m)	401,63	295,52	258,64	181,03	469,64	325,79	305,46	205,17	508,28	346,71	330,96	219,59	621,92	459,83	329,64	238,25
	$Q(kN/m^2)$	7,49	9,65	9,65	10,13	8,76	10,64	11,40	11,48	9,48	11,32	12,35	12,29	11,60	15,01	12,30	13,34
	$Q^*(kN/m^2)$	7,99	10,29	10,29	10,81	9,34	11,34	12,16	12,25	10,11	12,07	13,17	13,11	12,37	16,01	13,12	14,22
MÍNIMA PREVISTA	Q_u (kN/m^2)	**7,49**	**9,65**	**9,65**	**10,13**	**8,76**	**10,64**	**11,40**	**11,48**	**9,48**	**11,32**	**12,35**	**12,29**	**10,11**	**13,91**	**12,30**	**13,34**
	$Q_u^*(kN/m^2)$	**7,99**	**10,29**	**10,29**	**10,81**	**9,34**	**11,34**	**12,16**	**12,25**	**10,11**	**12,07**	**13,17**	**13,11**	**10,11**	**12,60**	**13,12**	**14,22**

Obs.:

1) k5 = 10 /700

2) Q: carga prevista na laje para colapso da viga em questão, prevendo regime elástico na laje e plástico nas vigas;

3) Q*: carga prevista na laje para colapso do elemento em questão (laje ou viga), prevendo regime plástico na laje e nas vigas;

4)Q_u: Carga última na laje para colapso do elemento mais fraco (laje ou uma das vigas), prevendo regime elástico na laje e plástico nas vigas;

4)Q_u*: Carga última na laje para colapso do elemento mais fraco (laje ou uma das vigas), prevendo regime plástico na laje e nas vigas;

SISTEMA 1 - PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	k1	7,41	7,21	7,08	7,17	10,46	10,60	10,20	10,27	10,44	10,13	10,46	10,27	10,20	10,46	10,43	10,16
	k2	6,15	6,22	6,34	6,07	1,52	1,54	1,32	1,52	2,15	2,06	2,14	2,13	3,09	3,08	3,01	3,09
	k3	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00
	L (m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	L'(m)	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33
	Q*(kN/m^2)	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00
	b_f(mm)	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
	t_f (mm)	9,50	6,30	6,30	6,30	16,00	12,50	12,50	9,50	12,50	9,50	9,50	8,00	12,50	9,50	9,50	8,00
	t_w (mm)	4,75	4,75	4,75	4,75	12,50	8,00	6,30	4,75	9,50	6,30	4,75	4,75	9,50	6,30	4,75	4,75
	d(mm)	250,00	200,00	180,00	140,00	370,00	310,00	300,00	260,00	370,00	310,00	300,00	250,00	320,00	280,00	270,00	220,00
	M_P(kN.m)	171,68	112,38	102,62	84,401	450,06	279,91	252,56	178,09	367,29	230,88	204,81	156,63	307,38	207,21	184,61	139,22
	Q(kN/m^2)	10,68	12,23	12,77	15,75	27,99	30,47	31,42	33,23	22,84	25,13	25,48	29,23	19,12	22,55	22,96	25,98
VIGA V1	Q*(kN/m^2)	9,67	11,08	11,56	14,26	25,35	27,59	28,45	30,09	20,69	22,76	23,07	26,47	17,31	20,43	20,80	23,52
	b_f(mm)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
	t_f (mm)	16,00	16,00	9,50	6,30	9,50	12,50	9,50	9,50	12,50	9,50	9,50	9,50	12,50	12,50	12,50	12,50
	t_w (mm)	9,50	9,50	4,75	4,75	8,00	8,00	6,30	6,30	9,50	8,00	8,00	8,00	9,50	9,50	8,00	8,00
VIGA V2	d(mm)	420,00	310,00	360,00	330,00	440,00	310,00	300,00	250,00	440,00	355,00	340,00	270,00	470,00	360,00	340,00	270,00
	M_P(kN.m)	674,81	490,50	348,53	249,79	519,47	408,43	315,55	266,60	631,40	405,89	387,24	305,79	683,36	502,45	448,20	358,02
	Q(kN/m^2)	12,59	16,02	13,01	13,98	9,69	13,34	11,78	14,92	11,78	13,25	14,45	17,12	12,75	16,41	16,73	20,04
	Q*(kN/m^2)	13,43	17,08	13,87	14,91	10,34	14,22	12,56	15,91	12,56	14,13	15,41	18,25	13,60	17,50	17,84	21,37
MÍNIMA PREVISTA	Q_u (kN/m^2)	**10,11**	**12,23**	**12,77**	**13,98**	**9,69**	**13,34**	**11,78**	**14,92**	**10,11**	**13,25**	**14,45**	**17,12**	**10,11**	**16,41**	**16,73**	**20,04**
	Q_u*(kN/m^2)	**9,67**	**11,08**	**11,56**	**14,26**	**10,11**	**14,22**	**12,56**	**15,91**	**10,11**	**14,13**	**15,41**	**18,25**	**10,11**	**17,50**	**17,84**	**21,37**

Obs.:

1) k5 = 10 /700

2) Q: carga prevista na laje para colapso da viga em questão, prevendo regime elástico na laje e plástico nas vigas;

3) Q*: carga prevista na laje para colapso do elemento em questão (laje ou viga), prevendo regime plástico na laje e nas vigas;

4)Q_u: Carga última na laje para colapso do elemento mais fraco (laje ou uma das vigas), prevendo regime elástico na laje e plástico nas vigas;

4)Q_u*: Carga última na laje para colapso do elemento mais fraco (laje ou uma das vigas), prevendo regime plástico na laje e nas vigas;

SISTEMA 1 - PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	k1	9,92	10,11	10,35	10,12	10,28	10,15	10,22	10,23	16,37	16,79	15,90	15,86	16,36	16,32	15,96	16,21
	k2	4,18	4,12	4,25	4,21	6,15	6,09	6,30	6,03	1,56	1,56	1,55	1,62	2,14	2,17	2,23	2,04
	k3	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00
	L (m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	L'(m)	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33
	Q*(kN/m²)	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00
	b_f(mm)	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
	t_f (mm)	9,50	8,00	8,00	6,30	9,50	8,00	8,00	6,30	22,50	19,00	16,00	12,50	19,00	16,00	12,50	9,50
	t_w (mm)	6,30	6,30	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	19,00	12,50	9,50	9,50	16,00	9,50	9,50	6,30
	d(mm)	330,00	260,00	250,00	210,00	300,00	230,00	210,00	180,00	410,00	340,00	330,00	280,00	400,00	330,00	320,00	300,00
	M_P(kN.m)	247,35	177,61	156,63	117,41	204,81	144,91	133,63	102,62	667,76	432,03	353,66	263,84	579,43	353,66	307,38	222,86
VIGA V1	Q(kN/m²)	15,38	19,33	19,48	21,91	12,74	15,77	16,62	19,15	41,53	47,02	43,99	49,23	36,04	38,49	38,24	41,58
	Q*(kN/m²)	13,93	17,51	17,65	19,84	11,54	14,28	15,05	17,34	37,61	42,59	39,84	44,58	32,64	34,86	34,63	37,66
	b_f(mm)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
	t_f (mm)	16,00	12,50	12,50	9,50	19,00	16,00	12,50	9,50	16,00	19,00	16,00	16,00	22,50	16,00	19,00	12,50
	t_w (mm)	9,50	6,30	6,30	6,30	12,50	12,50	8,00	6,30	12,50	16,00	12,50	12,50	16,00	12,50	16,00	9,50
	d(mm)	460,00	390,00	370,00	320,00	460,00	360,00	380,00	340,00	460,00	330,00	320,00	260,00	450,00	380,00	330,00	310,00
	M_P(kN.m)	748,38	482,37	457,06	336,18	888,77	619,19	503,84	357,40	824,35	654,93	544,96	442,00	1015,49	657,99	654,93	428,95
VIGA V2	Q(kN/m²)	13,96	15,75	17,06	18,82	16,58	20,22	18,80	20,01	15,38	21,39	20,34	24,74	18,95	21,49	24,44	24,01
	Q*(kN/m²)	14,89	16,80	18,19	20,07	17,68	21,56	20,05	21,33	16,40	22,81	21,69	26,38	20,21	22,91	26,06	25,61
MÍNIMA	Q_u (kN/m²)	**10,11**	**15,75**	**17,06**	**18,82**	**10,11**	**15,77**	**16,62**	**19,15**	**10,11**	**21,39**	**20,34**	**24,74**	**10,11**	**21,49**	**24,44**	**24,01**
PREVISTA	Q_u*(kN/m²)	**10,11**	**16,80**	**17,65**	**19,84**	**10,11**	**14,28**	**15,05**	**17,34**	**10,11**	**22,81**	**21,69**	**26,38**	**10,11**	**22,91**	**26,06**	**25,61**

Obs.:

1) k5 = 10 /700

2) Q: carga prevista na laje para colapso da viga em questão, prevendo regime elástico na laje e plástico nas vigas;

3) Q*: carga prevista na laje para colapso do elemento em questão (laje ou viga), prevendo regime plástico na laje e nas vigas;

4)Q_u: Carga última na laje para colapso do elemento mais fraco (laje ou uma das vigas), prevendo regime elástico na laje e plástico nas vigas;

4)Q_u*: Carga última na laje para colapso do elemento mais fraco (laje ou uma das vigas), prevendo regime plástico na laje e nas vigas;

SISTEMA 1 - PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
	k1	15,89	15,93	16,13	16,11	16,01	15,84	16,43	15,93	16,29	16,61	16,49	16,23	24,47	24,10	24,10	24,53
	k2	3,06	3,13	3,02	3,16	4,36	4,39	4,19	4,31	6,13	6,07	6,13	6,14	1,67	1,55	1,55	1,64
	k3	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00
	L (m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	l '(m)	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33
	Q'(kN/m²)	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00
	b_f(mm)	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
	t_f (mm)	16,00	12,50	9,50	9,50	12,50	9,50	9,50	6,30	12,50	9,50	8,00	8,00	25,40	25,40	22,50	19,00
	t_w (mm)	12,50	9,50	6,30	4,75	9,50	8,00	8,00	4,75	9,50	6,30	4,75	4,75	22,50	19,00	16,00	12,50
	d(mm)	380,00	310,00	330,00	270,00	370,00	300,00	290,00	270,00	330,00	280,00	280,00	220,00	470,00	370,00	360,00	310,00
	M_P(kN.m)	466,246	296,09	247,35	184,61	367,286	241,53	232,57	149,89	318,90	207,21	175,01	139,22	873,90	613,44	541,55	385,44
	Q(kN/m²)	29,00	32,23	30,77	34,45	22,84	26,29	28,93	27,97	19,83	22,55	21,77	25,98	54,35	66,77	67,36	71,92
VIGA V1 LAJE	Q*(kN/m²)	26,26	29,19	27,86	31,20	20,69	23,81	26,20	25,33	17,96	20,43	19,72	23,52	49,22	60,47	61,01	65,13
	b_f(mm)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
	t_f (mm)	22,50	19,00	16,00	9,50	31,50	25,40	19,00	12,50	31,50	25,40	22,50	16,00	31,50	22,50	19,00	16,00
	t_w (mm)	19,00	16,00	12,50	4,75	22,50	19,00	16,00	9,50	25,40	22,50	19,00	6,30	19,00	16,00	16,00	12,50
VIGA V2	d(mm)	470,00	380,00	380,00	400,00	460,00	370,00	380,00	360,00	480,00	390,00	380,00	370,00	470,00	380,00	370,00	330,00
	M_P(kN.m)	1143,54	769,24	657,99	387,68	1357,87	893,30	769,24	502,45	1500,41	1005,26	874,84	531,30	1321,09	828,96	745,61	563,10
	Q(kN/m²)	21,34	25,12	24,55	21,70	25,34	29,17	28,71	28,13	28,00	32,82	32,65	29,74	24,65	27,07	27,82	31,52
	Q*(kN/m²)	22,75	26,79	26,19	23,14	27,02	31,11	30,61	29,99	29,86	35,00	34,81	31,72	26,29	28,87	29,67	33,61
MÍNIMA	Q_u (kN/m²)	**10,11**	**25,12**	**24,55**	**21,70**	**10,11**	**26,29**	**28,71**	**27,97**	**10,11**	**22,55**	**21,77**	**25,98**	**10,11**	**27,07**	**27,82**	**31,52**
PREVISTA	Q_u*(kN/m²)	**10,11**	**26,79**	**26,19**	**23,14**	**10,11**	**23,81**	**26,20**	**25,33**	**10,11**	**20,43**	**19,72**	**23,52**	**10,11**	**28,87**	**29,67**	**33,61**

Obs.:

1) k5 = 10 /700

2) Q: carga prevista na laje para colapso da viga em questão, prevendo regime elástico na laje e plástico nas vigas;

3) Q*: carga prevista na laje para colapso do elemento em questão (laje ou viga), prevendo regime plástico na laje e nas vigas;

4)Q_u: Carga última na laje para colapso do elemento mais fraco (laje ou uma das vigas), prevendo regime elástico na laje e plástico nas vigas;

4)Q_u*: Carga última na laje para colapso do elemento mais fraco (laje ou uma das vigas), prevendo regime plástico na laje e nas vigas;

SISTEMA 1 - PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	k1	24,40	24,84	24,51	24,20	24,00	24,17	23,76	24,60	24,16	23,91	24,52	24,40	24,54	24,24	24,49	24,60
	k2	2,22	2,10	2,06	2,18	3,08	3,13	3,01	3,11	4,23	4,19	4,21	4,32	5,99	6,28	6,18	5,99
	k3	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00	1,00	1,75	2,00	3,00
	L (m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	L'(m)	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33	7,00	4,00	3,50	2,33
	$Q^*(kN/m^2)$	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00	10,11	30,96	40,44	91,00
	b_f (mm)	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
	t_f (mm)	25,40	25,40	22,50	19,00	25,40	19,00	16,00	12,50	25,40	19,00	19,00	16,00	25,40	19,00	19,00	9,50
	t_w (mm)	22,50	19,00	16,00	16,00	22,50	12,50	9,50	8,00	19,00	16,00	12,50	12,50	19,00	16,00	12,50	6,30
	d(mm)	440,00	350,00	340,00	280,00	400,00	340,00	340,00	300,00	370,00	300,00	290,00	240,00	330,00	260,00	250,00	260,00
	M_P(kN.m)	801,12	573,08	503,67	368,28	708,02	432,03	366,43	269,90	613,44	401,51	355,87	266,74	533,67	336,54	300,30	192,12
VIGA V1 LAJE	Q(kN/m²)	49,83	62,38	62,65	68,72	44,04	47,02	45,58	50,36	38,15	43,70	44,27	49,77	33,19	36,63	37,35	35,85
	$Q^*(kN/m^2)$	45,12	56,49	56,74	62,23	39,88	42,59	41,28	45,61	34,55	39,58	40,09	45,07	30,06	33,17	33,83	32,46
	b_f (mm)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
	t_f (mm)	31,50	25,40	22,50	19,00	31,50	25,40	19,00	19,00	31,50	25,40	25,40	19,00	31,50	25,40	25,40	19,00
	t_w (mm)	25,40	19,00	19,00	16,00	25,40	19,00	16,00	16,00	25,40	19,00	22,50	16,00	25,40	22,50	19,00	12,50
VIGA V2	d(mm)	490,00	400,00	380,00	330,00	520,00	430,00	430,00	360,00	550,00	450,00	420,00	380,00	580,00	470,00	450,00	410,00
	M_P(kN.m)	1543,15	981,00	874,84	654,93	1674,92	1072,78	893,15	722,36	1805,21	1136,22	1104,79	769,24	1934,59	1281,29	1136,22	776,52
	Q(kN/m²)	28,79	32,03	32,65	36,66	31,25	35,03	33,33	40,44	33,68	37,10	41,23	43,06	36,10	41,84	42,40	43,47
	$Q^*(kN/m^2)$	30,71	34,16	34,81	39,10	33,33	37,36	35,54	43,12	35,92	39,56	43,97	45,92	38,49	44,62	45,22	46,35
MÍNIMA	Q_u (kN/m²)	**10,11**	**30,96**	**32,65**	**36,66**	**10,11**	**30,96**	**33,33**	**40,44**	**10,11**	**30,96**	**40,44**	**43,06**	**10,11**	**30,96**	**37,35**	**35,85**
PREVISTA	$Q_u^*(kN/m^2)$	**10,11**	**30,96**	**34,81**	**39,10**	**10,11**	**30,96**	**35,54**	**43,12**	**10,11**	**30,96**	**40,09**	**45,07**	**10,11**	**30,96**	**33,83**	**32,46**

Obs.:

1) k5 = 10 /700

2) Q: carga prevista na laje para colapso da viga em questão, prevendo regime elástico na laje e plástico nas vigas;

3) Q*: carga prevista na laje para colapso do elemento em questão (laje ou viga), prevendo regime plástico na laje e nas vigas;

4)Q_u: Carga última na laje para colapso do elemento mais fraco (laje ou uma das vigas), prevendo regime elástico na laje e plástico nas vigas;

4)Q_u*: Carga última na laje para colapso do elemento mais fraco (laje ou uma das vigas), prevendo regime plástico na laje e nas vigas;

SISTEMA 2 - PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	k1	7,08	7,08	7,07	7,07	7,24	7,24	7,12	7,12	6,99	6,99	7,05	7,05	7,41	7,41	7,21	7,21	7,17	7,17
	k2	1,57	1,57	1,70	1,70	1,60	1,60	3,02	3,02	3,07	3,07	3,09	3,09	6,15	6,15	6,22	6,22	6,07	6,07
	k3	1,00	1,00	1,75	1,75	3,00	3,00	1,00	1,00	1,75	1,75	3,00	3,00	1,00	1,00	1,75	1,75	3,00	3,00
	K4	1,57	3,08	4,32	8,60	7,95	15,65	3,02	6,12	7,88	15,59	15,35	31,02	6,15	12,18	15,30	31,72	29,16	60,20
	K6	5,72	5,72	3,83	3,83	2,54	2,54	5,93	5,93	4,04	4,04	2,56	2,56	2,00	--	1,31	1,31	2,90	2,90
	L(m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
LAJE	L'(m)	7,00	7,00	4,00	4,00	2,33	2,33	7,00	7,00	4,00	4,00	2,33	2,33	7,00	7,00	4,00	4,00	2,33	2,33
	Q_u(kN/m^2)	26,04	26,04	55,61	55,61	131,31	131,31	26,04	26,04	55,61	55,61	131,31	131,31	26,04	26,04	55,61	55,61	131,31	131,31
	BF(mm)	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
	TF(mm)	16,00	16,00	19,00	19,00	12,50	12,50	9,50	9,50	8,00	8,00	6,30	6,30	9,50	9,50	6,30	6,30	6,30	6,30
VIGA V1	TW(mm)	9,50	9,50	12,50	12,50	9,50	9,50	8,00	8,00	6,30	6,30	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
	d(mm)	310,00	310,00	210,00	210,00	180,00	180,00	300,00	300,00	235,00	235,00	190,00	190,00	250,00	250,00	200,00	200,00	140,00	140,00
	M_P(kN.m)	328,80	328,80	249,50	249,50	170,12	170,12	241,53	241,53	160,41	160,41	107,44	107,44	171,68	171,68	112,38	112,38	84,40	84,40
	Q_u(kN/m^2)	33,06	33,06	35,27	35,27	37,08	37,08	24,28	24,28	22,67	22,67	23,42	23,42	17,26	17,26	15,89	15,89	18,40	18,40
	BF(mm)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
	TF(mm)	16,00	16,00	12,50	12,50	9,50	9,50	12,50	12,50	9,50	9,50	6,30	6,30	16,00	16,00	16,00	16,00	6,30	6,30
VIGA V2	TW(mm)	9,50	9,50	6,30	6,30	4,75	4,75	6,30	6,30	6,30	6,30	4,75	4,75	9,50	9,50	9,50	9,50	4,75	4,75
	d(mm)	310,00	310,00	260,00	260,00	210,00	210,00	410,00	410,00	330,00	330,00	290,00	290,00	420,00	420,00	310,00	310,00	330,00	330,00
	M_P(kN.m)	490,50	490,50	328,51	328,51	217,97	217,97	508,28	508,28	346,71	346,71	219,59	219,59	674,81	674,81	490,50	490,50	248,80	248,79
	Q_u(kN/m^2)	14,23	14,23	13,37	13,37	13,74	13,74	14,74	14,74	14,11	14,11	13,84	13,84	19,58	19,58	19,97	19,97	15,68	15,68
	BF(mm)	135,00	135,00	145,00	100,00	87,00	70,00	135,00	125,00	95,00	80,00	77,00	65,00	135,00	100,00	90,00	75,00	65,00	40,00
	TF(mm)	16,00	9,50	6,30	6,30	9,50	6,30	9,50	6,30	6,30	6,30	6,30	3,15	9,50	6,30	6,30	6,30	6,30	3,15
VIGA V3	TW(mm)	9,50	6,30	4,75	4,75	4,75	4,75	8,00	4,75	4,75	4,75	4,75	2,375	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	2,38
	d(mm)	310,00	260,00	190,00	140,00	100,00	70,00	300,00	250,00	180,00	120,00	90,00	70,00	250,00	210,00	140,00	82,00	65,00	50,00
	M_P(kN.m)	328,80	192,12	102,76	64,51	49,36	29,69	241,53	133,06	77,60	50,48	36,36	16,70	171,68	99,64	60,78	37,61	27,29	10,12
	Q_u(kN/m^2)	41,91	24,49,	214,08	134,40	1.560,87	938,86	30,78	16,96	161,67	105,17	1.149,78	528,09	21,88	12,70	126,63	78,35	862,97	320,02
mínima prev.	Q_u(kN/m^2)	**14,23**	**14,23**	**13,37**	**13,37**	**13,74**	**13,74**	**14,74**	**14,74**	**14,11**	**14,11**	**13,84**	**13,84**	**17,26**	**12,70**	**15,89**	**15,89**	**15,68**	**15,68**

Obs.:

1) k5 = 10 / 700

2) O fator k6 só é necessário e calculado quando o elemento menos resistente é a viga V1 ou a viga V2

SISTEMA 2 - PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	k1	13,53	13,53	12,81	12,81	13,40	13,40	13,20	13,20	13,32	13,32	13,81	13,81	12,97	12,97	13,37	13,37	13,08	13,08
	k2	1,44	1,44	1,44	1,44	1,59	1,59	3,18	3,18	3,04	3,04	3,19	3,19	6,08	6,08	5,98	5,98	6,32	6,32
	k3	1,00	1,00	1,75	1,75	3,00	3,00	1,00	1,00	1,75	1,75	3,00	3,00	1,00	1,00	1,75	1,75	3,00	3,00
	K4	1,44	2,77	3,77	7,51	7,72	15,37	3,18	6,73	7,96	15,90	15,78	32,15	6,08	12,72	14,95	29,96	32,12	65,73
	K6	7,28	7,28	5,34	5,34	4,21	4,21	--	--	7,05	7,05	3,98	3,98	2,88	--	2,15	2,15	1,43	1,43
LAJE	L(m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	L'(m)	7,00	7,00	4,00	4,00	2,33	2,33	7,00	7,00	4,00	4,00	2,33	2,33	7,00	7,00	4,00	4,00	2,33	2,33
	Q_u(kN/m²)	26,04	26,04	55,61	55,61	131,31	131,31	26,04	26,04	55,61	55,61	131,31	131,31	26,04	26,04	55,61	55,61	131,31	131,31
VIGA V1	BF(mm)	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
	TF(mm)	19,00	19,00	12,50	12,50	9,50	9,50	12,50	12,50	9,50	9,50	8,00	8,00	9,50	9,50	9,50	9,50	8,00	8,00
	TW(mm)	12,50	12,50	9,50	9,50	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	4,75	4,75	6,30	6,30	6,30	6,30	4,75	4,75
	d(mm)	410,00	410,00	340,00	340,00	280,00	280,00	380,00	380,00	310,00	310,00	260,00	260,00	330,00	330,00	250,00	250,00	190,00	190,00
	M_P(kN.m)	551,18	551,18	330,66	330,66	223,77	223,77	355,45	355,45	250,66	250,66	162,65	162,65	247,35	247,35	184,78	184,78	122,77	122,77
	Q_u(kN/m²)	55,41	55,41	46,74	46,74	48,78	48,78	35,73	35,73	35,43	35,43	35,45	35,45	24,87	24,87	26,12	26,12	26,76	26,76
VIGA V2	BF(mm)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
	TF(mm)	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	19,00	19,00	16,00	16,00	8,00	8,00	31,50	31,50	25,40	25,40	12,50	12,50
	TW(mm)	8,00	8,00	9,50	9,50	9,50	9,50	12,50	12,50	9,50	9,50	4,75	4,75	25,40	25,40	16,00	16,00	8,00	8,00
	d(mm)	460,00	460,00	330,00	330,00	260,00	260,00	470,00	470,00	380,00	380,00	390,00	390,00	430,00	430,00	360,00	360,00	350,00	350,00
	M_P(kN.m)	624,06	624,06	457,69	457,69	360,92	360,92	912,12	912,12	604,73	604,73	341,00	341,00	1.295,66	1.295,66	825,36	825,36	461,83	461,83
	Q_u(kN/m²)	18,10	18,10	18,63	18,63	22,75	22,75	26,46	26,46	24,62	24,62	21,50	21,50	37,59	37,59	33,60	33,60	29,11	29,11
VIGA V3	BF(mm)	135,00	100,00	100,00	100,00	100,00	90,00	135,00	125,00	100,00	100,00	90,00	70,00	135,00	100,00	85,00	80,00	75,00	70,00
	TF(mm)	19,00	16,00	9,50	6,30	6,30	6,30	12,50	9,50	8,00	6,30	6,30	6,30	9,50	6,30	8,00	6,30	6,30	3,15
	TW(mm)	12,50	8,00	8,00	4,75	4,75	4,75	8,00	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	6,30	4,75	4,75	4,75	4,75	2,38
	d(mm)	410,00	350,00	260,00	210,00	170,00	110,00	380,00	300,00	240,00	170,00	140,00	90,00	330,00	280,00	200,00	140,00	100,00	75,00
	M_P(kN.m)	551,19	308,63	160,76	92,14	67,67	45,38	355,45	196,14	116,41	75,76	54,35	34,43	247,35	134,59	89,77	56,99	38,37	18,23
	Q_u(kN/m²)	70,25	39,34	334,92	191,96	2.139,87	1.435,02	45,30	25,00	242,52	157,83	1.718,67	1.088,75	31,53	17,15	187,02	118,73	1.213,34	576,47
mínima prev.	Q_u(kN/m²)	**18,10**	**18,10**	**18,63**	**18,63**	**22,75**	**22,75**	**26,04**	**25,00**	**24,62**	**24,62**	**21,50**	**21,50**	**24,87**	**17,15**	**26,12**	**26,12**	**26,76**	**26,76**

Obs.:
1) k5 = 10 / 700
2) O fator k6 só é necessário e calculado quando o elemento menos resistente é a viga V1 ou a viga V2

SISTEMA 2 - PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	k1	24,47	24,47	24,10	24,10	24,53	24,53	24,00	24,00	24,17	24,17	24,60	24,60	24,54	24,54	24,24	24,24	24,6	24,6
	k2	1,67	1,67	1,55	1,55	1,64	1,64	3,08	3,08	3,13	3,13	3,11	3,11	5,99	5,99	6,28	6,28	5,99	5,99
	k3	1,00	1,00	1,75	1,75	3,00	3,00	1,00	1,00	1,75	1,75	3,00	3,00	1,00	1,00	1,75	1,75	3,00	3,00
	K4	1,67	3,14	3,88	7,41	8,35	16,81	3,08	6,09	7,69	15,68	15,30	30,02	5,99	12,25	15,57	31,59	29,48	60,39
	K6	--	--	9,67	9,67	6,57	6,57	--	--	12,51	12,51	8,42	8,42	--	--	3,92	3,92	2,24	2,24
	L(m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	L'(m)	7,00	7,00	4,00	4,00	2,33	2,33	7,00	7,00	4,00	4,00	2,33	2,33	7,00	7,00	4,00	4,00	2,33	2,33
LAJE	Q_u(kN/m^2)	26,04	26,04	55,61	55,61	131,31	131,31	26,04	26,04	55,61	55,61	131,31	131,31	26,04	26,04	55,61	55,61	131,31	131,31
VIGA V1	BF(mm)	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
	TF(mm)	25,40	25,40	25,40	25,40	19,00	19,00	25,40	25,40	19,00	19,00	12,50	12,50	25,40	25,40	19,00	19,00	9,50	9,50
	TW(mm)	22,50	22,50	19,00	19,00	12,50	12,50	22,50	22,50	12,50	12,50	8,00	8,00	19,00	19,00	16,00	16,00	6,30	6,30
	d(mm)	470,00	470,00	370,00	370,00	310,00	310,00	400,00	400,00	340,00	340,00	300,00	300,00	330,00	330,00	260,00	260,00	260,00	260,00
	M_P(kN.m)	873,90	873,90	613,44	613,44	385,44	385,44	708,02	708,02	432,03	432,03	269,90	269,90	533,67	533,67	336,54	336,54	192,12	192,12
	Q_u(kN/m^2)	87,86	87,86	86,71	86,71	84,02	84,02	71,18	71,18	61,07	61,07	58,83	58,83	53,65	53,65	47,57	47,57	41,88	41,88
VIGA V2	BF(mm)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
	TF(mm)	31,50	31,50	22,50	22,50	16,00	16,00	31,50	31,50	25,40	25,40	19,00	19,00	31,50	31,50	25,40	25,40	19,00	19,00
	TW(mm)	19,00	19,00	16,00	16,00	12,50	12,50	25,40	25,40	19,00	19,00	16,00	16,00	25,40	25,40	22,50	22,50	12,50	12,50
	d(mm)	470,00	470,00	380,00	380,00	330,00	330,00	520,00	520,00	430,00	430,00	360,00	360,00	580,00	580,00	470,00	470,00	410,00	410,00
	M_P(kN.m)	1.321,09	1.321,09	828,96	828,96	563,10	563,10	1.674,92	1.674,92	1.072,78	1.072,78	722,36	722,36	1.934,59	1.934,58	1.281,29	1.281,29	776,52	776,52
	Q_u(kN/m^2)	38,32	38,32	33,74	33,74	35,50	35,50	48,59	48,59	43,67	43,67	45,54	45,54	56,12	56,12	52,15	52,15	48,95	48,95
VIGA V3	BF(mm)	135,00	135,00	100,00	100,00	100,00	90,00	135,00	135,00	100,00	100,00	95,00	95,00	135,00	110,00	100,00	90,00	90,00	90,00
	TF(mm)	25,40	19,00	16,00	12,50	9,50	6,30	25,40	19,00	16,00	9,50	6,30	8,00	25,40	19,00	16,00	8,00	8,00	6,30
	TW(mm)	22,50	12,50	12,50	9,50	4,75	4,75	22,50	12,50	12,50	4,75	4,75	4,75	19,00	16,00	12,50	4,75	6,30	4,75
	d(mm)	470,00	390,00	310,00	240,00	210,00	160,00	400,00	320,00	260,00	220,00	200,00	120,00	330,00	260,00	200,00	180,00	140,00	90,00
	M_P(kN.m)	873,91	515,66	281,88	171,52	98,29	60,77	708,03	400,68	227,44	115,30	76,75	54,79	533,68	305,05	165,87	84,02	62,97	39,85
	Q_u(kN/m^2)	111,38	65,72	587,25	357,33	3.108,15	1.921,68	90,24	51,07	473,83	240,21	2.427,00	1.732,58	68,02	38,88	345,56	175,04	1.991,25	1.260,15
minima prev.	Q_u(kN/m^2)	**26,04**	**26,04**	**33,74**	**33,74**	**35,50**	**35,50**	**26,04**	**26,04**	**43,67**	**43,67**	**45,54**	**45,54**	**26,04**	**26,04**	**47,57**	**47,57**	**41,88**	**41,88**

Obs.:
1) k5 = 10 / 700
2) O fator k6 só é necessário e calculado quando o elemento menos resistente é a viga V1 ou a viga V2

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5
PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	1A	5A	13A	17A	37A	41A	49A	53A
	k1	7,08	7,24	7,41	7,17	24,47	24,53	24,54	24,60
	k2	1,57	1,60	6,15	6,07	1,67	1,64	5,99	5,99
	k3	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	3,00
	k4	1,57	7,95	6,15	29,16	1,67	8,35	5,99	29,48
	K5	13 / 700	8 / 700	13 / 700	8 / 700	13 / 700	8 / 700	13 / 700	8 / 700
	L(m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	L'(m)	7,00	2,33	7,00	2,33	7,00	2,33	7,00	2,33
	Q(kN/m²)	44,01	84,04	44,01	84,04	44,01	84,04	44,01	84,04
LAJE									
VIGA V1	**b_f(mm)**	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
	t_f(mm)	16,00	12,50	9,50	6,30	25,40	19,00	25,40	9,50
	t_w(mm)	9,50	9,50	4,75	4,75	22,50	12,50	19,00	6,30
	d(mm)	310,00	180,00	250,00	140,00	470,00	310,00	330,00	260,00
	M_P(kN.m)	372,75	141,48	199,15	70,58	968,03	350,90	589,26	165,91
	Q(kN/m²)	37,47	30,84	20,02	15,38	97,32	76,49	59,24	36,16
VIGA V2	**b_f(mm)**	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
	t_f(mm)	16,00	9,50	16,00	6,30	31,50	16,00	31,50	19,00
	t_w(mm)	9,50	4,75	9,50	4,75	19,00	12,50	25,40	12,50
	d(mm)	310,00	210,00	420,00	330,00	470,00	330,00	580,00	410,00
	M_P(kN.m)	558,31	190,19	750,45	226,55	1.438,56	496,82	2.084,04	702,82
	Q(kN/m²)	16,20	11,99	21,77	14,28	41,73	31,32	60,46	44,30
VIGA V3	**b_f(mm)**	135,00	87,00	135,00	65,00	135,00	100,00	135,00	90,00
	t_f(mm)	16,00	9,50	9,50	6,30	25,40	9,50	25,40	8,00
	t_w(mm)	9,50	4,75	4,75	4,75	22,50	4,75	19,00	6,30
	d(mm)	310,00	100,00	250,00	65,00	470,00	210,00	330,00	140,00
	M_P(kN.m)	372,75	55,60	199,15	9,02	968,03	109,67	589,26	70,66
	Q(kN/m²)	47,51	1.758,19	25,38	285,07	123,38	3.468,01	75,10	2.234,43
MÍNIMA PREV.	**Q_u(kN/m²)**	**16,20**	**11,99**	**20,02**	**14,28**	**41,73**	**31,32**	**44,01**	**36,16**

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6
PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	1B	1C	5B	5C	13B	13C	17B	17C	41B	41C	53B	53C
	k1	7,08	7,08	7,24	7,24	7,41	7,41	7,17	7,17	24,53	24,53	24,60	24,60
	k2	1,57	1,57	1,60	1,60	6,15	6,15	6,07	6,07	1,64	1,64	5,99	5,99
	k3	1,00	1,00	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	k4	1,57	1,57	7,95	7,95	6,15	6,15	29,16	29,16	8,35	8,35	29,48	29,48
	k6	10,52	2,56	4,25	1,23	3,03	0,93	5,43	1,37	12,38	2,92	3,45	1,04
	L(m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	L'(m)	7,00	7,00	2,33	2,33	7,00	7,00	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33
LAJE	**Q(kN/m²)**	26,04	26,04	131,31	131,31	26,04	26,04	131,31	131,31	131,31	131,31	131,31	131,31
VIGA V1	**b_f (mm)**	135,00	135,00	135,00	135,00	550,00	35,00	135,00	135,00	135,00	135,00	500,00	35,00
	t_f (mm)	16,00	16,00	12,50	12,50	9,50	9,50	6,30	6,30	19,00	19,00	9,50	9,50
	t_w (mm)	9,500	9,500	9,500	9,500	32,750	0,585	4,75	4,75	12,50	12,50	55,75	0,72
	d(mm)	310,00	310,00	180,00	180,00	120,00	500,00	140,00	140,00	310,00	310,00	130,00	520,00
	M_P(kN.m)	328,80	328,80	170,12	170,12	260,12	80,15	84,40	84,40	385,44	385,44	296,08	89,19
	Q(kN/m²)	33,06	33,06	37,08	37,08	26,15	8,06	18,40	18,40	84,02	84,02	64,54	19,44
VIGA V2	**b_f (mm)**	850,00	50,00	700,00	50,00	200,00	200,00	800,00	50,00	800,00	50,00	200,00	200,00
	t_f (mm)	16,00	16,00	9,50	9,50	16,00	16,00	6,30	6,30	16,00	16,00	19,00	19,00
	t_w (mm)	76,500	1,015	27,000	1,100	9,500	9,500	31,00	0,735	162,50	1,25	12,50	12,50
	d(mm)	170,00	620,00	110,00	420,00	420,00	420,00	170,00	660,00	180,00	660,00	410,00	410,00
	M_P(kN.m)	901,93	219,80	364,08	105,65	674,81	674,81	465,91	117,52	1.061,63	250,05	776,52	776,52
	Q(kN/m²)	26,16	6,38	22,95	6,66	19,58	19,58	29,37	7,41	66,92	15,76	48,95	48,95
VIGA V3	**b_f (mm)**	135,00	135,00	87,00	87,00	135,00	135,00	65,00	65,00	100,00	100,00	90,00	90,00
	t_f (mm)	16,00	16,00	9,50	9,50	9,50	9,50	6,30	6,30	9,50	9,50	8,00	8,00
	t_w (mm)	9,50	9,50	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	6,30	6,30
	d(mm)	310,00	310,00	100,00	100,00	250,00	250,00	65,00	65,00	210,00	210,00	140,00	140,00
	M_P(kN.m)	328,80	328,80	49,36	49,36	171,68	171,68	27,29	27,29	98,29	98,29	62,97	62,97
	Q(kN/m²)	41,91	41,91	1.554,19	1.554,19	21,88	21,88	859,28	859,28	3.094,85	3.094,85	1.982,73	1.982,73
MÍNIMA. PREV.	**Q_u(kN/m²)**	**26,04**	**6,38**	**22,95**	**6,66**	**19,58**	**8,06**	**18,40**	**7,41**	**66,92**	**15,76**	**48,95**	**19,44**

Obs.: k5 = 10 / 700

SISTEMA 3 - PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
LAJE	**k1**	7,08	7,07	7,24	7,12	6,99	7,03	7,41	7,21	7,17	13,53	12,81	13,40	13,20	13,52
	k2	1,57	1,70	1,60	3,02	3,07	3,09	6,15	6,22	6,07	1,44	1,44	1,59	3,18	3,04
	k3	1,00	1,75	3,00	1,00	1,75	3,00	1,00	1,75	3,00	1,00	1,75	3,00	1,00	1,75
	k4	0,80	2,14	4,00	1,56	3,85	7,51	3,09	7,47	15,52	0,77	1,80	3,88	1,58	3,76
	k6	5,72	3,83	2,54	5,93	4,04	2,56	--	1,31	2,91	7,28	5,34	4,21	--	7,05
	L(m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	L'(m)	7,00	4,00	2,33	7,00	4,00	2,33	7,00	4,00	2,33	7,00	4,00	2,33	7,00	4,00
	Q(kN/m2)	36,39	66,48	145,52	36,39	66,48	145,52	36,39	66,48	145,52	36,39	66,48	145,52	36,39	66,48
VIGA V1	b_f (mm)	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
	t_f (mm)	16,00	19,00	12,50	9,50	8,00	6,30	9,50	6,30	6,30	19,00	12,50	9,50	12,50	9,50
	t_w (mm)	9,50	12,50	9,50	8,00	6,30	4,75	4,75	4,75	4,75	12,50	9,50	8,00	8,00	8,00
	d(mm)	310,00	210,00	180,00	300,00	235,00	190,00	250,00	200,00	140,00	410,00	340,00	280,00	380,00	310,00
	M_p (kN.m)	328,80	249,50	170,12	241,53	160,41	107,44	171,68	112,38	84,40	551,18	330,66	223,77	355,45	250,66
	Q(kN/m2)	53,22	43,62	41,25	39,09	28,05	26,05	27,79	19,65	20,46	89,21	57,81	54,25	57,53	43,83
VIGA V2	b_f (mm)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
	t_f (mm)	16,00	12,50	9,50	12,50	9,50	6,30	16,00	16,00	6,30	12,50	12,50	12,50	19,00	16,00
	t_w (mm)	9,50	6,30	4,75	6,30	6,30	4,75	9,50	9,50	4,75	8,00	9,50	9,50	12,50	9,50
	d(mm)	310,00	260,00	210,00	410,00	330,00	290,00	420,00	310,00	330,00	460,00	330,00	260,00	470,00	380,00
	M_p (kN.m)	490,50	328,51	217,97	508,28	346,71	219,59	674,81	490,50	249,79	624,06	457,69	360,92	912,12	604,73
	Q(kN/m2)	22,88	16,58	15,25	23,71	17,50	15,36	31,48	24,76	17,47	29,11	23,11	25,25	42,55	30,53
VIGA V3	b_f (mm)	160,00	160,00	95,00	160,00	110,00	95,00	130,00	120,00	75,00	165,00	145,00	125,00	160,00	115,00
	t_f (mm)	19,00	16,00	16,00	19,00	12,50	16,00	19,00	6,30	6,30	25,40	16,00	12,50	22,50	19,00
	t_w (mm)	16,00	9,50	9,50	16,00	6,30	12,50	12,50	4,75	4,75	22,50	9,50	6,30	16,00	16,00
	d(mm)	380,00	200,00	130,00	320,00	210,00	100,00	280,00	200,00	110,00	470,00	300,00	190,00	420,00	250,00
	M_p (kN.m)	590,34	205,42	86,46	474,89	140,00	70,77	334,75	96,71	41,01	959,92	303,46	124,05	715,16	265,68
	Q(kN/m2)	45,47	248,09	1.553,44	36,58	169,08	1.271,54	25,78	116,80	736,83	73,94	366,50	2.228,83	55,09	320,87
mínima prev.	**QU(kN/m2)**	**22,88**	**16,58**	**15,25**	**23,71**	**17,50**	**15,36**	**25,78**	**19,65**	**17,47**	**29,11**	**23,11**	**25,25**	**36,39**	**30,53**

Obs.:

1) k5 = 10 / 700

2) O fator k6 só é necessário e calculado quando o elemento menos resistente é a viga V1 ou a viga V2

SISTEMA 3 - PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	k1	13,81	12,97	13,37	13,08	24,47	24,10	24,53	24,00	24,17	24,60	24,54	24,24	24,60
	k2	3,19	6,08	5,98	6,32	1,67	1,55	1,64	3,08	3,13	3,11	5,99	6,28	5,99
	k3	3,00	1,00	1,75	3,00	1,00	1,75	3,00	1,00	1,75	3,00	1,00	1,75	3,00
	k4	7,95	3,06	7,49	15,69	0,89	1,89	4,15	1,55	3,93	7,79	3,00	7,87	14,63
	k6	3,98	--	2,15	1,43	--	9,67	6,57	--	12,51	8,42	--	3,92	2,24
	L(m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	L'(m)	2,33	7,00	4,00	2,33	7,00	4,00	2,33	7,00	4,00	2,33	7,00	4,00	2,33
	Q(kN/m^2)	145,52	36,39	66,48	145,52	36,39	66,48	145,52	36,39	66,48	145,52	36,39	66,48	145,52
LAJE	b_f(mm)	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
	t_f (mm)	8,00	9,50	9,50	8,00	25,40	25,40	19,00	25,40	19,00	12,50	25,40	19,00	9,50
	t_w(mm)	4,75	6,30	6,30	4,75	22,50	19,00	12,50	22,50	12,50	8,00	19,00	16,00	6,30
	d(mm)	260,00	330,00	250,00	190,00	470,00	370,00	310,00	400,00	340,00	300,00	330,00	260,00	260,00
	M_p (kN.m)	162,65	247,35	184,78	122,77	873,90	613,44	385,44	708,02	432,03	269,90	533,67	336,54	192,12
	Q(kN/m^2)	39,43	40,04	32,31	29,77	141,45	107,25	93,45	114,60	75,54	65,44	86,38	58,84	46,58
VIGA V1	b_f(mm)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
	t_f (mm)	8,00	31,50	25,40	12,50	31,50	22,50	16,00	31,50	25,40	19,00	31,50	25,40	19,00
	t_w(mm)	4,75	25,40	16,00	8,00	19,00	16,00	12,50	25,40	19,00	16,00	25,40	22,50	12,50
	d(mm)	390,00	430,00	360,00	350,00	470,00	380,00	330,00	520,00	430,00	360,00	580,00	470,00	410,00
	M_p (kN.m)	341,00	1.295,66	825,36	461,83	1.321,09	828,96	563,10	1.674,92	1.072,78	722,36	1.934,59	1.281,29	776,52
	Q(kN/m^2)	23,86	60,44	41,67	32,31	61,63	41,85	39,39	78,13	54,16	50,53	90,24	64,68	54,32
VIGA V2	b_f(mm)	107,00	135,00	125,00	110,00	165,00	160,00	130,00	165,00	145,00	110,00	165,00	140,00	115,00
	t_f (mm)	12,50	19,00	12,50	12,50	31,50	22,50	16,00	31,50	25,40	12,50	31,50	25,40	12,50
	t_w(mm)	8,00	12,50	8,00	9,50	25,40	19,00	12,50	25,40	19,00	9,50	25,40	19,00	9,50
	d(mm)	160,00	370,00	220,00	110,00	570,00	350,00	230,00	500,00	290,00	220,00	410,00	230,00	170,00
	M_p (kN.m)	99,00	481,31	166,57	73,51	1.385,96	531,43	205,98	1.164,81	421,74	148,77	903,34	316,83	114,13
VIGA V3	Q(kN/m^2)	1.778,75	37,07	201,17	1.320,77	106,76	641,82	3.700,88	89,72	509,35	2.672,98	69,58	382,64	2.050,59
minima prev.	**Q_u(kN/m^2)**	**23,86**	**36,39**	**32,31**	**29,77**	**36,39**	**41,85**	**39,39**	**36,39**	**54,16**	**50,53**	**36,39**	**58,84**	**46,58**

Obs.:

1) k5 = 10 / 700

2) O fator k6 só é necessário e calculado quando o elemento menos resistente é a viga V1 ou a viga V2

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5
PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	1A	3A	7A	9A	19A	21A	25A	27A
	k1	7,08	7,24	7,41	7,17	24,47	24,53	24,54	24,60
	k2	1,57	1,60	6,15	6,07	1,67	1,64	5,99	5,99
	k3	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	3,00
	k4	0,80	4,00	3,09	15,52	0,89	4,15	3,00	14,63
	k5	12 / 700	7 / 700	12 / 700	7 / 700	12 / 700	8 / 700	12 / 700	8 / 700
LAJE	**L(m)**	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
LAJE	**L'(m)**	7,00	2,33	7,00	2,33	7,00	2,33	7,00	2,33
LAJE	**Q(kN/m²)**	52,40	71,30	52,40	71,30	52,40	71,30	52,40	71,30
VIGA V1	**b_f(mm)**	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
VIGA V1	**t_f(mm)**	16,00	12,50	9,50	6,30	25,40	19,00	25,40	9,50
VIGA V1	**t_w(mm)**	9,50	9,50	4,75	4,75	22,50	12,50	19,00	6,30
VIGA V1	**d(mm)**	310,00	180,00	250,00	140,00	470,00	310,00	330,00	260,00
VIGA V1	**M_P(kN.m)**	357,10	129,93	189,99	63,10	936,75	326,17	571,25	154,86
VIGA V1	**Q(kN/m²)**	57,80	31,50	30,75	15,30	151,62	79,08	92,46	37,55
VIGA V2	**b_f(mm)**	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
VIGA V2	**t_f(mm)**	16,00	9,50	16,00	6,30	31,50	16,00	31,50	19,00
VIGA V2	**t_w(mm)**	9,50	4,75	9,50	4,75	19,00	12,50	25,40	12,50
VIGA V2	**d(mm)**	310,00	210,00	420,00	330,00	470,00	330,00	580,00	410,00
VIGA V2	**M_P(kN.m)**	535,71	175,08	725,24	214,03	1.397,31	468,02	2.038,77	671,66
VIGA V2	**Q(kN/m²)**	24,99	12,25	33,83	14,97	65,18	32,74	95,10	46,99
VIGA V3	**b_f(mm)**	160,00	95,00	130,00	75,00	165,00	130,00	165,00	115,00
VIGA V3	**t_f(mm)**	19,00	16,00	19,00	6,30	31,50	16,00	31,50	12,50
VIGA V3	**t_w(mm)**	16,00	9,50	12,50	4,75	25,40	12,50	25,40	9,50
VIGA V3	**d(mm)**	380,00	130,00	280,00	110,00	570,00	230,00	410,00	170,00
VIGA V3	**M_P(kN.m)**	627,95	95,37	363,88	38,88	1.469,43	217,38	966,46	121,27
VIGA V3	**Q(kN/m²)**	48,37	1.713,53	28,03	698,56	113,19	3.905,70	74,44	2.178,88
mínima prev.	**Q_u(kN/m²)**	**24,99**	**12,25**	**28,03**	**14,97**	**52,40**	**32,74**	**52,40**	**37,55**

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6
PLANILHA DE DADOS DOS MODELOS

	MOD.:	1B	1C	3B	3C	9B	9C	21B	21C	27B	27C
	k1	7,08	7,08	7,24	7,24	7,17	7,17	24,53	24,53	24,60	24,60
	k2	1,57	1,57	1,60	1,60	6,07	6,07	1,64	1,64	5,99	5,99
	k3	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	k4	0,80	0,80	4,00	4,00	15,52	15,52	4,15	4,15	14,63	14,63
	k6	10,52	2,72	4,53	1,23	5,43	1,37	12,28	2,92	3,76	1,04
	L(m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	L'(m)	7,00	7,00	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33
LAJE	Q(kN/m^2)	36,39	36,39	145,52	145,52	145,52	145,52	145,52	145,52	145,52	145,52
VIGA V1	b_f (mm)	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	500,00	40,00
	t_f (mm)	16,00	16,00	12,50	12,50	6,30	6,30	19,00	19,00	9,50	9,50
	t_w (mm)	9,50	9,50	9,50	9,50	4,75	4,75	12,50	12,50	38,00	0,625
	d(mm)	310,00	310,00	180,00	180,00	140,00	140,00	310,00	310,00	150,00	500,00
	M_P(kN.m)	328,80	328,80	170,12	170,12	84,40	84,40	385,44	385,44	322,70	89,49
	Q(kN/m^2)	53,22	53,22	41,25	41,25	20,46	20,46	93,45	93,45	78,24	21,70
VIGA V2	b_f (mm)	850,00	50,00	800,00	50,00	800,00	50,00	850,00	50,00	200,00	200,00
	t_f (mm)	16,00	16,00	9,50	9,50	6,30	6,30	16,00	16,00	19,00	19,00
	t_w (mm)	76,50	1,40	53,50	1,10	3,10	0,735	136,50	1,25	12,50	12,50
	d(mm)	170,00	600,00	100,00	420,00	170,00	660,00	180,00	660,00	410,00	410,00
	M_P(kN.m)	901,93	233,13	388,37	105,65	465,91	117,52	1.052,73	250,05	776,52	776,52
	Q(kN/m^2)	42,07	10,87	27,17	7,39	32,59	8,22	73,65	17,49	54,32	54,32
VIGA V3	b_f (mm)	160,00	160,00	95,00	95,00	75,00	75,00	130,00	130,00	115,00	115,00
	t_f (mm)	19,00	19,00	16,00	16,00	6,30	6,30	16,00	16,00	12,50	12,50
	t_w (mm)	16,00	16,00	9,50	9,50	4,75	4,75	12,50	12,50	9,50	9,50
	d(mm)	380,00	380,00	130,00	130,00	11,00	11,00	230,00	230,00	170,00	170,00
	M_P(kN.m)	590,34	590,34	86,46	86,46	41,01	41,01	205,98	205,98	114,13	114,13
	Q(kN/m^2)	45,47	45,47	1.546,79	1.546,79	733,68	733,68	3.685,04	3.685,04	2.041,82	2.041,82
MÍNIMA. PREV.	Q_u(kN/m^2)	**36,39**	**10,87**	**27,17**	**7,39**	**20,46**	**8,22**	**73,65**	**17,49**	**54,32**	**21,70**

Obs.: k5 = 10 / 700

APÊNDICE 2

"ENTRADA DE DADOS" - SISTEMA 1

```
/TITLE,VIGA MISTA - SISTEMA 1 - ANALISE INELASTICA

/PREP7

/COM, DADOS DE ENTRADA :
/COM,       TC    = ESPESSURA DA LAJE DE CONCRETO ( m )
/COM,       BF1,2 = LARGURA DAS MESAS DAS VIGAS METALICAS 1 E 2 ( cm )
/COM,       TF1,2 = ESPESSURA DAS MESAS DAS VIGAS METALICAS 1 E 2 ( cm )
/COM,       TW1,2 = ESPESSURA DAS ALMAS DAS VIGAS METALICAS 1 E 2 ( cm )
/COM,       HW1,2 = ALTURA DAS ALMAS DAS VIGAS METALICAS 1 E 2 ( cm )
/COM,       A     = DIMENSAO TRANSVERSAL DA LAJE DE CONCRETO ( m )
/COM,       B     = DIMENSAO LONGITUDINAL DA LAJE DE CONCERTO ( m )
/COM,       EA    = MODULO DE ELASTICIDADE DO ACO (N/m^2)
/COM,       EC    = MODULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO  ( N/m^2)
/COM,       NA    = COEFICIENTE DE POISSON DO ACO
/COM,       NC    = COEFICIENTE DE POISSON DO CONCRETO
/COM,       DA    = NUMERO DE DIVISAO DA DIMENSAO A DA LAJE
/COM,       DB    = NUMERO DE DIVISAO DA DIMENSAO B DA LAJE

/COM, *** ENTRADA DE DADOS : ***

/COM, *** DADOS SOBRE  AS VIGAS ****

TF1 = 19.000E-3
TW1 = 16.000E-3
H1 = 280.0E-3

TF2 = 19.000E-3
TW2 = 16.000E-3
H2 = 330.0E-3
```

```
/COM, *** DADOS SOBRE A MALHA ****

K3 = 3
DA = 12
DB = 18

/COM,   *** VALORES FIXOS ***

A  = (7.0/K3)
B  = 3.5
BF1 = 135E-3
BF2 = 200E-3
TC  = 0.10
EA = 205E9
NA = .3
EC = 23478.7E6
NC = .2
QD = 9.165E3

/COM,  *** CALCULO DAS PROPRIEDADES INICIAIS ***

/COM , *** VIGA V1 ***
HW1   = H1 - 2*TF1
I1   = BF1*(H1*H1*H1)/12 - ((BF1-TW1)*(HW1*HW1*HW1)/12)
A1   = 2*BF1*TF1 + TW1*HW1
A01  = H1*TW1
A501 = (-4.5*(A1-0.29630*A01)+(50*I1/(H1*H1)))
A301 = (2.7*(A1-0.29630*A01)-(10.8*I1/(H1*H1)))
C1   = A1/(HW1*TW1)

/COM , *** VIGA V2 ***
HW2   = H2 - TF2*2
I2   = BF2*(H2*H2*H2)/12 - ((BF2-TW2)*(HW2*HW2*HW2)/12)
A2   = 2*BF2*TF2 + TW2*HW2
A02  = (H2*TW2)/2
A502 = (-4.5*(A2-0.29630*2*A02)+(50*I2/(H2*H2)))*0.5
A302 = (2.7*(A2-0.29630*2*A02)-(10.8*I2/(H2*H2)))*0.5
C2   = A2/(HW2*TW2)
```

```
/COM, ***** PROPRIEDADES ELASTICAS DOS MATERIAIS ******

MP,EX,1,EA
MP,NUXY,1,NA
MP,EX,2,EC
MP,NUXY,2,NC

/COM, ***** PROPRIEDADES PLASTICAS DOS MATERIAIS *****

TB,BKIN,1
TBDATA,,250E6,EA/1000

TB,MISO,2
TBPT,, 3.407340000E-04,  8000000.00
TBPT,, 2.000000000E-03,  17000000.0
TBPT,, 3.500000000E-03,  17500000.0

/COM, ***** ELEMENTOS *****

ET,  1,shell43
ET,  2,beam23,,1,,,,4,

/COM, ***** REAIS *****

R,  1, TC
R,  2, (H1),A501,A301,A01,A301,A501
RMOD,  2,  7,C1
R,  3,(H2),A502,A302,A02,A302,A502
RMOD,  3,  7,C2

/COM *** GERACAO DO MODELO ***

N,1
NGEN,(DA+1),1,1,,,,,(-A/DA)
NGEN,(DB+1),(DA+1),1,(DA+1),,,(B/DB)
N,((DA+1)*(DB+1)+1),,-((H1/2)+(TC/2)),-A
NGEN,(DB+1),1,((DB+1)*(DA+1)+1),,,(B/DB)
N,((DA+1)*(DB+1)+DB+1+1),,-((H2/2)+(TC/2))
```

```
NGEN,(DB+1),1,((DB+1)*(DA+1)+DB+1+1),,,B/DB

MAT,2
REAL,1
TYPE,1

E,1,DA+2,DA+3,2

EGEN,DA,1,1
EGEN,DB,DA+1,1,DA

MAT,1
REAL,2
TYPE,2

E,((DA+1)*(DB+1)+1),((DA+1)*(DB+1)+2)

EGEN,DB,1,((DB*DA)+1)

REAL,3

E,((DA+1)*(DB+1)+DB+2),((DA+1)*(DB+1)+DB+3)

EGEN,DB,1,(DB*DA)+DB+1


/COM, **** GERACAO DOS ACOPLAMENTOS PARA OBTER A ACAO MISTA****


/COM, ***ROTINA QUE FAZ O ACOPLAMENTO DOS NOS EM V1***

NIV1 = (DA+1)*(DB+1)+1
NFV1 = (DA+1)*(DB+1)+DB+1
NIL = 1
J = NIL + DA + DA + 1
K = NIV1 +1
PASSOJ = DA+1
PASSOK = 1
```

```
:LOOPV1
   CERIG,J,K,UX
   CERIG,J,K,UY
   CERIG,J,K,ROTZ
   K=K + PASSOK
   J=J + PASSOJ
  *IF,K,GT,NFV1,:DONEV1
*GO,:LOOPV1
:DONEV1

/COM, ***ROTINA QUE FAZ O ACOPLAMENTO DOS NOS EM V2***

NIV2 = (DA+1)*(DB+1)+DB+2
NFV2 = (DA+1)*(DB+1)+DB+DB+2
NIL = 1
J = NIL + DA + 1
K = NIV2 + 1
PASSOJ = DA+1
PASSOK = 1

:LOOPV2
   CERIG,J,K,UX
   CERIG,J,K,UY
   CERIG,J,K,ROTZ
   K=K + PASSOK
   J=J + PASSOJ
  *IF,K,GT,NFV2,:DONEV2
*GO,:LOOPV2
:DONEV2

FINISH
```

"CONDIÇÕES DE CONTORNO" - SISTEMA 1

/SOLU

ANTYPE,STAT,

/COM, *** CONDICOES DE CONTORNO ***

NSEL,,LOC,Z,0

NSEL,U,LOC,Y,-((H2/2)+(TC/2))

D,ALL,ROTX

D,ALL,ROTY

D,ALL,UZ

NSEL,ALL

NSEL,,LOC,X,B

D,ALL,UX

D,ALL,ROTZ

NSEL,U,LOC,Y,-((H2/2)+(TC/2))

NSEL,U,LOC,Y,-((H1/2)+(TC/2))

D,ALL,ROTY

NSEL,ALL

D,NIV1,UY

D,NIV2,UY

FINISH

"APLICAÇÃO DE CARGA" - SISTEMA 1

```
/SOLU

/COM, *** CARGA APLICADA ***

/COM, LOAD STEP -1

NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 1
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE

/COM, LOAD STEP -2

NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 1.897
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE
```

```
/COM, LOAD STEP -3


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 2.64
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE


/COM. LOAD STEP -4


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 3.4
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE
```

```
/COM, LOAD STEP -5


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 3.6
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE


/COM, LOAD STEP -6


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 4.0
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE.ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE
```

```
/COM, LOAD STEP -7


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 4.650
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE

/COM, LOAD STEP -8


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 5.171
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE
```

/COM, LOAD STEP -9

NCNV,1,0.5,600

CNVTOL,F,10E3,0.5

AUTOTS,ON

NSUBST,1,10

ALFA = 5.637

QDI=ALFA*QD

TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1

SFE,ALL,2,PRES,,QDI

ESEL,ALL

LSWRITE

SAVE

SOLVE

/COM, LOAD STEP -10

NCNV,1,0.5,600

CNVTOL,F,10E3,0.5

AUTOTS,ON

NSUBST,1,10

ALFA = 6.056

QDI=ALFA*QD

TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1

SFE,ALL,2,PRES,,QDI

ESEL,ALL

LSWRITE

SAVE

SOLVE

```
/COM, LOAD STEP -11


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 6.432
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE


/COM, LOAD STEP -12


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 6.769
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE
```

```
/COM, LOAD STEP -13


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 7.071
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE


/COM, LOAD STEP -14

NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 7.341
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE
```

```
/COM, LOAD STEP -15


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 7.584
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE


/COM, LOAD STEP -16


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 7.803
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE
```

/COM, LOAD STEP -17

NCNV,1,0.5,600

CNVTOL,F,10E3,0.5

AUTOTS,ON

NSUBST,1,10

ALFA = 8.0

QDI=ALFA*QD

TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1

SFE,ALL,2,PRES,,QDI

ESEL,ALL

LSWRITE

SAVE

SOLVE

/COM, LOAD STEP -18

NCNV,1,0.5,600

CNVTOL,F,10E3,0.5

AUTOTS,ON

NSUBST,1,10

ALFA = 8.341

QDI=ALFA*QD

TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1

SFE,ALL,2,PRES,,QDI

ESEL,ALL

LSWRITE

SAVE

SOLVE

```
/COM, LOAD STEP -19


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 8.584
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE


/COM, LOAD STEP -20


NCNV,1,0.5,600
CNVTOL,F,10E3,0.5
AUTOTS,ON
NSUBST,1,10
ALFA = 8.803
QDI=ALFA*QD
TIME,QDI

ESEL,,REAL,,1
SFE,ALL,2,PRES,,QDI
ESEL,ALL
LSWRITE
SAVE
SOLVE

FINISH
```

"ENTRADA DE DADOS" - SISTEMA 2

/TITLE, VIGA MISTA - SISTEMA - 2 - ANALISE INELASTICA

/prep7

/COM, DADOS DE ENTRADA :
/COM, TC = ESPESSURA DA LAJE DE CONCRETO (m)
/COM, TF1,2,3 = ESPESSURA DAS MESAS DAS VIGAS METALICAS 1,2 E 3 (m)
/COM, TW1,2,3 = ESPESSURA DAS ALMAS DAS VIGAS METALICAS 1,2 E 3 (m)
/COM, H1,2,3 = ALTURA DAS VIGAS METALICAS DAS VIGAS MISTAS 1,2 E 3 (m)
/COM, A = DIMENSAO TRANSVERSAL DA LAJE DE CONCRETO (m)
/COM, B = DIMENSAO LONGITUDINAL DA LAJE DE CONCERTO (m)
/COM, EA = MODULO DE ELASTICIDADE DO ACO (N/m^2)
/COM, EC = MODULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO (N/m^2)
/COM, NA = COEFICIENTE DE POISSON DO ACO
/COM, NC = COEFICIENTE DE POISSON DO CONCRETO
/COM, DA = NUMERO DE DIVISAO DA DIMENSAO TRANSVERSAL DA LAJE
/COM, DB = NUMERO DE DIVISAO DA DIMENSAO LONGITUDINAL DA LAJE
/COM, NIV1,2,3 = NO INICIAL DA VIGA V1, V2 E V3 PARA ACOPLAMENTO DOS NOS
/COM, NFV1,2,3 = NO FINAL DA VIGA V1, V2 E V3 PARA ACOPLAMENTO DOS NOS
/COM, PASSO = INCREMENTO NA NUMERACAO DOS NOS DA VIGA E LAJE

/COM, *** ENTRADA DE DADOS : ***

/COM, *** DADOS SOBRE AS VIGAS ****

TF1=9.500E-3
TW1=8.000E-3
H1=280.0E-3

/COM, **DEVIDO A SIMETRIA OS VALORES DE TW2 E BF2 ESTAO DIVIDIDOS POR DOIS**

TF2=12.500E-3
TW2=4.7500E-3
H2=260.0E-3

```
TF3=6.300E-3
TW3=4.750E-3
H3=170.0E-3
BF3=100.0E-3

/COM, *** DADOS SOBRE A MALHA ****

K3=3
DA=12
DB=18

/COM,  *** VALORES FIXOS ***

A=(7.0/K3)
B=3.5

BF1=135E-3
BF2=100E-3

TC=0.10
EA=205E9
NA=.3

EC=23478.7E6
NC=.2

QD=4.05E3

NIV1=(DA+1)*(DB+1)+1
NFV1=(DA+1)*(DB+1)+DB+1
NIL=1
NFLV1=(DA+1)*(DB+1)
NIV2=(DA+1)*(DB+1)+DB+2
NFV2=(DA+1)*(DB+1)+DB+DB+2
NFLV2=((DA+1)*(DB+1)-DA)
NIV3=(DA+1)*(DB+1)+DB+1+DB+1+1
NFV3=(DA+1)*(DB+1)+DB+1+DB+1+1+DA
```

```
/COM,  *** CALCULO DAS PROPRIEDADES INICIAIS ***

/COM , *** VIGA V1 ***

HW1=H1-(2*TF1)
A1=2*BF1*TF1+TW1*HW1
S1=A1/(HW1*TW1)
S1Y=1.2*(A1/(2*BF1*TF1))

/COM , *** VIGA V2 ***

HW2=H2-(2*TF2)
A2=2*BF2*TF2+TW2*HW2
S2=A2/(HW2*TW2)
S2Y=1.2*(A2/(2*BF2*TF2))

/COM , *** VIGA V3 ***

HW3=H3-(2*TF3)
A3=2*BF3*TF3+TW3*HW3
S3=A3/(HW3*TW3)
S3Y=1.2*(A3/(2*BF3*TF3))

/COM, **** PROPRIEDADES ELASTICAS DOS MATERIAIS ****

MP,EX,1,EA
MP,NUXY,1,NA
MP,EX,2,EC
MP,NUXY,2,NC

/COM, ***** PROPRIEDADES PLASTICAS DOS MATERIAIS *****

TB,BKIN,1
TBDATA,,250E6,EA/1000
```

```
TB,MISO,2
TBPT,,3.407340000E-04,8000000.00
TBPT,,2.000000000E-03,17000000.0
TBPT,,3.500000000E-03,17500000.0

/COM, **** ELEMENTOS UTILIZADOS ****
ET,1,shell43
ET,2,beam24,1,,,,,1

/COM, **** DEFINICAO DAS REAIS ****

/COM, ** LAJE **

R,1,TC,

/COM, ** VIGA V1 **
R,2,(-BF1/2),(H1/2-TF1/2),,0.0,(H1/2-TF1/2),TF1
RMOD,2,7,(BF1/2),(H1/2-TF1/2),TF1,,(H1/2-TF1/2),,
RMOD,2,13,,-(H1/2-TF1/2),TW1,(-BF1/2),-(H1/2-TF1/2),TF1
RMOD,2,19,,-(H1/2-TF1/2),,(BF1/2),-(H1/2-TF1/2),TF1
RMOD,2,63,S1,S1Y

/COM, ** VIGA V2 **
R,3,(-BF2/2),(H2/2-TF2/2),,0.0,(H2/2-TF2/2),TF2
RMOD,3,7,(BF2/2),(H2/2-TF2/2),TF2,,(H2/2-TF2/2),,
RMOD,3,13,,-(H2/2-TF2/2),TW2,(-BF2/2),-(H2/2-TF2/2),TF2
RMOD,3,19,,-(H2/2-TF2/2),,(BF2/2),-(H2/2-TF2/2),TF2
RMOD,3,63,S2,S2Y

/COM, ** VIGA V3 **
R,4,(-BF3/2),(H3/2-TF3/2),,0.0,(H3/2-TF3/2),TF3
RMOD,4,7,(BF3/2),(H3/2-TF3/2),TF3,,(H3/2-TF3/2),,
RMOD,4,13,,-(H3/2-TF3/2),TW3,(-BF3/2),-(H3/2-TF3/2),TF3
RMOD,4,19,,-(H3/2-TF3/2),,(BF3/2),-(H3/2-TF3/2),TF3
RMOD,4,63,S3,S3Y
```

```
/COM *** GERACAO DO MODELO ***

/COM *** GERACAO DOS NOS ***

N,1
NGEN,(DA+1),1,1,,,,,(-A/DA)
NGEN,(DB+1),(DA+1),1,(DA+1),,(B/DB)
N,((DA+1)*(DB+1)+1),,-((H1/2)+(TC/2)),-A
NGEN,(DB+1),1,((DB+1)*(DA+1)+1),,,(B/DB)
N,((DA+1)*(DB+1)+DB+1+1),,-((H2/2)+(TC/2))
NGEN,(DB+1),1,((DB+1)*(DA+1)+DB+1+1),,,B/DB
N,((DA+1)*(DB+1)+DB+1+DB+1+1),,-((H3/2)+(TC/2))
NGEN,(DA+1),1,((DB+1)*(DA+1)+DB+1+DB+1+1),,,,,-(A/DA)

/COM *** GERACAO DOS ELEMENTOS DA LAJE

MAT,2
REAL,1
TYPE,1
E,DA+3,2,1,DA+2
EGEN,DA,1,1
EGEN,DB,DA+1,1,DA

/COM *** GERACAO DOS ELEMENTOS DA VIGA 1 ***

I=NIV1
J=NIV1+1
MAT,1
REAL,2
TYPE,2
:LOOP-E1
   E,I,J,DA+1
   I=I+1
   J=J+1
   *IF,J,GT,NFV1,:DONE-E1
*GO,:LOOP-E1
:DONE-E1
```

```
/COM *** ROTINA PARA GERACAO DOS ELEMENTOS DA VIGA 2 ***


I=NIV2
J=NIV2+1
MAT,1
REAL,3
TYPE,2

:LOOP-E2
   E,I,J,1
   I=I+1
   J=J+1

   *IF,J,GT,NFV2,:DONE-E2
*GO,:LOOP-E2
:DONE-E2
```

```
/COM *** ROTINA PARA GERACAO DOS ELEMENTOS DA VIGA 3 ***


I=NIV3
J=NIV3+1
MAT,1
REAL,4
TYPE,2

:LOOP-E3
   E,I,J,1
   I=I+1
   J=J+1

   *IF,J,GT,NFV3,:DONE-E3
*GO,:LOOP-E3
:DONE-E3
```

```
/COM, **** GERACAO DOS ACOPLAMENTOS PARA OBTER A ACAO MISTA****

/COM, ***ROTINA PARA O ACOPLAMENTO DOS NOS EM V1***

J=NIL+DA+DA+1
K=NIV1+1
PASSOJ=DA+1
:LOOPV1
   CERIG,J,K,UX
   CERIG,J,K,UY
   CERIG,J,K,UZ
   CERIG,J,K,ROTX
   CERIG,J,K,ROTZ
   K=K+1
   J=J+PASSOJ
  *IF,K,GT,NFV1-1,:DONEV1
*GO,:LOOPV1
:DONEV1
CERIG,NFLV1,NFV1,UY
CERIG,NFLV1,NFV1,UZ
CERIG,NFLV1,NFV1,ROTX

/COM, ***ROTINA PARA O ACOPLAMENTO DOS NOS EM V2***

J=NIL+DA+1
K=NIV2+1
PASSOJ=DA+1
:LOOPV2
   CERIG,J,K,UX
   CERIG,J,K,UY
   CERIG,J,K,ROTZ
   K=K-1
   J=J-PASSOJ
  *IF,K,GT,NFV2-1,:DONEV2
*GO,:LOOPV2
:DONEV2
CERIG,NFLV2,NFV2,UY
```

```
/COM, ***ROTINA PARA O ACOPLAMENTO DOS NOS EM V3***

J=NIL+1
K=NIV3+1
:LOOPV3
   CERIG,J,K,UX
   CERIG,J,K,UY
   CERIG,J,K,UZ
   CERIG,J,K,ROTX
   CERIG,J,K,ROTZ
   K=K+1
   J=J+1
  *IF,K,GT,NFV3-1,:DONEV3
*GO,:LOOPV3
:DONEV3

/VIEW,1,1,1,1

EPLOT
SAVE
FINISH
```

"CONDIÇÕES DE CONTORNO" - SISTEMA 2

```
/SOLU

ANTYPE,STAT,

/COM, *** CONDICOES DE CONTORNO ***

NSEL,,LOC,Z,0
NSEL,U,NODE,,NIV3
D,ALL,ROTX
D,ALL,ROTY
D,ALL,UZ
NSEL,ALL

NSEL,,LOC,X,B
D,ALL,UX
D,ALL,ROTZ
NSEL,U,NODE,,NFV2
NSEL,U,NODE,,NFLV2
D,ALL,ROTY
NSEL,ALL

D,NIV1,UY
D,NIV1,UZ
D,NIV2,UY
D,NIV3,UY
D,NFV3,UY
D,NIV3,UX
D,NFV3,UX

FINISH
```

Obs.: O arquivo "APLICAÇÃO DE CARGA" do SISTEMA 2 é similar ao do "SISTEMA 1".

"CONDIÇÕES DE CONTORNO" - SISTEMA 3

```
/SOLU
ANTYPE,STAT,
/COM, *** CONDICOES DE CONTORNO ***
NSEL,,LOC,Z,0
NSEL,U,NODE,,NIV3
D,ALL,ROTX
D,ALL,ROTY
D,ALL,UZ
NSEL,ALL
NSEL,,LOC,X,B
D,ALL,UX
D,ALL,ROTZ
NSEL,U,NODE,,NFV2
NSEL,U,NODE,,NFLV2
D,ALL,ROTY
NSEL,ALL
NSEL,,LOC,X,0
NSEL,U,LOC,Y,-((H3/2)+(TC/2))
NSEL,U,NODE,,NIV1
NSEL,U,NODE,,NIV2
D,ALL,ROTZ
NSEL,ALL
D,NIV1,UY
D,NIV1,UZ
D,NIV2,UY
D,NIV3,UY
D,NFV3,UY
D,NIV3,UX
D,NFV3,UX
FINISH
```

Obs.:

O arquivo de "ENTRADA DE DADOS" do SISTEMA 3 é similar ao do SISTEMA 2;

O arquivo de "APLICAÇÃO DE CARGAS" do SISTEMA 3é similar aos dos SISTEMA 1 e 2

APÊNDICE 3

SISTEMA 1 - RESULTADOS VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V1				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDOS A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1	31112,02	0,1967	mesa	0,37	0,0007494	3.985,20	294,18	18.777,66	1.473,75	2,7516	np	--	--	--	69,44	--	--	0,198
2	19938,01	0,1447	laje	7,96	0,0009650	2.872,80	310,01	10.570,12	971,55	1,8972	np	--	--	--	52,81	--	--	0,151
3	16757,51	0,1267	laje	6,28	0,0009652	2.627,40	280,77	8.696,95	766,54	1,6717	np	--	--	--	47,55	--	--	0,136
4	13316,88	0,0885	laje	5,69	0,0010134	2.026,40	276,01	6.504,21	695,29	1,5530	np	--	--	--	37,41	--	--	0,107
5	26947,86	0,2300	mesa	0,06	0,0008763	4.184,50	351,69	15.112,08	1.263,25	2,0656	np	--	--	--	80,41	--	--	0,23
6	18472,77	0,1596	laje	7,70	0,0010638	2.936,70	344,78	9.614,32	940,05	1,6585	np	--	--	--	57,42	--	--	0,164
7	15277,01	0,1496	laje	6,03	0,0011399	2.768,70	327,46	7.757,33	736,85	1,3852	np	--	--	--	54,47	--	--	0,156
8	12255,76	0,1003	laje	5,50	0,0011485	1.942,00	293,18	5.820,80	671,54	1,4203	np	--	--	--	39,55	--	--	0,113
9	24152,99	0,2490	laje	9,85	0,0009484	4.331,40	406,45	13.262,21	1.203,25	1,7125	np	--	--	--	87,43	--	--	0,25
10	16040,64	0,1698	laje	7,25	0,0011321	2.784,30	386,63	8.017,46	884,93	1,4073	np	--	--	--	60,47	--	--	0,173
11	13863,52	0,1621	laje	5,79	0,0012351	2.728,50	361,01	6.854,82	707,16	1,2133	np	--	--	--	58,10	--	--	0,166
12	10744,49	0,1074	laje	5,21	0,0012292	1.728,00	312,53	4.840,21	635,91	1,2773	np	--	--	--	40,16	--	--	0,115
13	19959,88	0,2654	laje	8,49	0,0010111	4.646,20	477,88	10.832,95	1.036,58	1,2480	np	--	--	--	98,05	--	--	0,28
14	12780,96	0,2087	laje	5,60	0,0013911	2.396,30	440,23	6.159,53	683,41	1,0488	mesa	0,3285	27,1592	10191,31	72,02	0,324	0,088	0,206
15	11741,28	0,1615	laje	5,40	0,0012301	2.229,60	378,12	5.488,00	659,66	1,1103	np	--	--	--	56,93	--	--	0,163
16	9790,57	0,1165	laje	5,01	0,0013336	1.615,30	336,09	4.216,17	612,16	1,1552	np	--	--	--	41,82	--	--	0,119
17	17167,81	0,2654	laje	7,50	0,0010111	6.536,40	393,85	9.295,19	915,56	0,9806	mesa	0,7842	22,7177	13199,92	107,45	0,581	0,033	0,307
18	11237,52	0,1835	laje	5,30	0,0012231	2.063,90	380,66	5.161,13	647,79	1,0968	np	--	--	--	61,69	--	--	0,176
19	10262,17	0,1675	laje	5,11	0,0012765	1.772,20	386,23	4.525,22	624,04	1,0637	np	--	--	--	56,44	--	--	0,161
20	8440,10	0,1222	laje	4,72	0,0013983	588,51	494,26	3.324,65	576,54	0,9956	mesa	0,1251	28,9459	6619,19	52,54	0,276	0,024	0,15
21	45005,82	0,2544	mesa	1,36	0,0009693	5.484,70	336,70	28.041,31	2.136,25	3,3078	np	--	--	--	89,90	--	--	0,257
22	27991,19	0,2000	mesa	0,29	0,0013336	3.930,70	350,78	16.612,03	1.413,75	2,3104	np	--	--	--	65,16	--	--	0,186
23	25256,37	0,1546	mesa	0,08	0,0011776	3.659,40	328,71	15.106,64	1.276,88	2,2034	np	--	--	--	57,41	--	--	0,164
24	17809,10	0,1304	laje	7,60	0,0014923	3.265,60	356,91	9.755,94	927,44	1,5110	np	--	--	--	52,88	--	--	0,151
25	36728,64	0,2654	mesa	0,65	0,0010111	5.546,20	366,90	22.149,14	1.663,13	2,4598	np	--	--	--	97,07	--	--	0,277
26	23088,48	0,1988	laje	9,00	0,0013254	4.040,00	382,19	12.969,10	1.099,58	1,6953	np	--	--	--	71,35	--	--	0,204
27	20481,47	0,1897	laje	7,98	0,0014451	3.992,10	378,26	11.658,31	974,94	1,5002	np	--	--	--	68,55	--	--	0,196

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 13, 17 e 25 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 14, 18 e 19 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades em kN e cm.

SISTEMA 1 - RESULTADOS VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V1				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDOS A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1	31112,02	0,1967	mesa	0,37	0,0007494	0,001104	6.332,40	455,35	18.777,66	1.473,75	1,7563	np	--	--	--	110,38	--	--	0,315
2	19938,01	0,1447	laje	7,96	0,0009650	0,002009	299,50	961,39	10.570,12	971,55	1,0000	laje	7,9563	71,83	19938,01	124,91	0,451	0,263	0,357
3	16757,51	0,1267	laje	6,28	0,0009652	0,001956	69,70	772,56	8.696,95	766,54	1,0000	laje	6,2774	71,83	16757,51	107,89	0,412	0,204	0,308
4	13316,88	0,0885	laje	5,69	0,0010134	0,001984	34,10	698,76	6.504,21	695,29	1,0000	laje	5,6939	71,83	13316,88	79,07	0,251	0,2	0,226
5	26947,86	0,2300	mesa	0,06	0,0008763	0,001094	5.645,70	466,26	15.112,08	1.263,25	1,5463	np	--	--	--	107,94	--	--	0,308
6	18472,77	0,1596	laje	7,70	0,0010638	0,002013	67,50	945,65	9.614,32	940,05	1,0000	laje	7,6983	71,83	18472,77	122,55	0,496	0,205	0,35
7	15277,01	0,1496	laje	6,03	0,0011399	0,001955	54,10	741,69	7.757,33	736,85	1,0000	laje	6,0343	71,83	15277,01	104,09	0,441	0,153	0,297
8	12255,76	0,1003	laje	5,50	0,0011485	0,001989	33,00	675,04	5.820,80	671,54	1,0000	laje	5,4994	71,83	12255,76	76,05	0,269	0,166	0,217
9	24152,99	0,2490	laje	9,85	0,0009484	0,001145	5.728,60	520,75	13.262,21	1.203,25	1,3184	np	--	--	--	113,57	--	--	0,324
10	16040,64	0,1698	laje	7,25	0,0011321	0,001943	55,50	890,46	8.017,46	884,93	1,0000	laje	7,2469	71,83	16040,64	115,61	0,536	0,125	0,33
11	13863,52	0,1621	laje	5,79	0,0012351	0,001928	44,70	711,69	6.854,82	707,16	1,0000	laje	5,7911	71,83	13863,52	100,31	0,467	0,106	0,287
12	10744,49	0,1074	laje	5,21	0,0012292	0,001936	25,50	638,48	4.840,21	635,91	1,0000	laje	5,2077	71,83	10744,49	71,00	0,285	0,121	0,203
13	19959,88	0,2654	laje	8,49	0,0010111	0,001011	4.646,20	477,88	10.832,95	1.036,58	1,2480	np	--	--	--	98,05	--	--	0,28
14	12780,96	0,2087	laje	5,60	0,0013911	0,002015	48,60	688,72	6.159,53	683,41	1,0000	laje	5,5966	71,83	12780,96	113,26	0,668	-0,021	0,324
15	11741,28	0,1615	laje	5,40	0,0012301	0,001814	33,40	663,37	5.488,00	659,66	1,0000	laje	5,4022	71,83	11741,28	92,55	0,483	0,046	0,264
16	9790,57	0,1165	laje	5,01	0,0013336	0,001979	26,40	615,21	4.216,17	612,16	1,0000	laje	5,0132	71,83	9790,57	70,53	0,326	0,077	0,202
17	17167,81	0,2654	laje	7,50	0,0010111	0,001006	4.266,30	497,36	9.295,19	915,56	1,0816	np	--	--	--	97,43	--	--	0,278
18	11237,52	0,1835	laje	5,30	0,0012231	0,001979	35,70	652,09	5.161,13	647,79	1,0000	laje	5,3049	71,83	11237,52	108,30	0,687	-0,068	0,309
19	10262,17	0,1675	laje	5,11	0,0012765	0,001846	31,40	627,96	4.525,22	624,04	1,0000	laje	5,1104	71,83	10262,17	92,43	0,554	-0,026	0,264
20	8440,10	0,1222	laje	4,72	0,0013983	0,001807	17,90	577,19	3.324,65	576,54	1,0000	laje	4,7214	71,83	8440,10	60,26	0,275	0,069	0,172
21	45005,82	0,2544	mesa	1,36	0,0009693	0,001093	6.536,40	393,85	28.041,31	2.136,25	2,8020	np	--	--	--	107,45	--	--	0,307
22	27991,19	0,2000	mesa	0,29	0,0013336	0,002499	5.468,80	1.068,40	16.612,03	1.413,75	0,9905	mesa	0,5267	62,2494	27463,85	154,43	0,42	0,463	0,441
23	25256,37	0,1546	mesa	0,08	0,0011776	0,002453	3.410,70	1.059,40	15.106,64	1.276,88	0,9903	mesa	0,3374	61,7139	24843,28	137,36	0,353	0,432	0,392
24	17809,10	0,1304	laje	7,60	0,0014923	0,002556	749,50	877,88	9.755,94	927,44	0,9911	mesa	0,0849	51,1828	16773,87	99,62	0,317	0,252	0,285
25	36728,64	0,2654	mesa	0,65	0,0010111	0,001011	5.546,20	366,90	22.149,14	1.663,13	2,4598	np	--	--	--	97,07	--	--	0,277
26	23088,48	0,1988	laje	9,00	0,0013254	0,002357	1.329,50	1.025,10	12.969,10	1.099,58	0,9895	mesa	0,1263	59,6678	22454,37	142,82	0,532	0,284	0,408
27	20481,47	0,1897	laje	7,98	0,0014451	0,002368	919,90	923,07	11.658,31	974,94	0,9902	mesa	0,0902	53,7664	19557,36	125,11	0,472	0,243	0,357

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm^2, f_y = 25 kN/cm^2, t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 13, 17 e 25 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 14, 18 e 19 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades em kN e cm.

SISTEMA 1 - RESULTADOS VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V1				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDOS A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
28	15663,21	0,1496	laje	6,70	0,0017117	3.221,80	385,85	8.159,57	817,88	1,2607	np	--	--	--	57,36	--	--	0,164
29	30738,14	0,2654	mesa	0,48	0,0010111	5.237,20	412,96	18.139,77	1.544,38	2,0560	np	--	--	--	97,00	--	--	0,277
30	20721,45	0,2461	laje	8,62	0,0016406	4.570,20	487,32	11.355,17	1.052,33	1,2813	np	--	--	--	86,80	--	--	0,248
31	18461,11	0,2195	laje	7,69	0,0016726	4.207,80	452,73	10.222,62	939,31	1,2180	np	--	--	--	77,96	--	--	0,223
32	13921,68	0,1751	laje	6,41	0,0020041	3.003,50	454,75	6.959,48	782,25	1,0666	np	--	--	--	63,58	--	--	0,182
33	24735,10	0,2654	laje	9,26	0,0010111	5.013,20	406,11	14.084,42	1.131,08	1,5780	np	--	--	--	97,06	--	--	0,277
34	17760,73	0,2363	laje	7,57	0,0015751	3.930,20	488,88	9.148,23	924,30	1,1590	np	--	--	--	83,25	--	--	0,238
35	15663,21	0,2239	laje	6,70	0,0017056	3.508,80	478,67	8.159,57	817,88	1,0697	np	--	--	--	78,74	--	--	0,225
36	11741,28	0,1644	laje	5,40	0,0018818	2.139,30	425,68	5.488,00	659,66	1,0428	mesa	0,3196	26,1124	9174,14	58,31	0,217	0,116	0,167
37	20481,47	0,2654	laje	7,98	0,0010111	4.886,70	430,07	11.658,31	974,94	1,2780	np	--	--	--	97,28	--	--	0,278
38	14491,47	0,2366	laje	6,50	0,0015773	3.101,50	469,93	7.353,57	794,13	1,0662	np	--	--	--	79,71	--	--	0,228
39	13362,61	0,2182	laje	6,31	0,0016622	2.726,20	457,45	6.571,32	770,38	1,0665	np	--	--	--	72,53	--	--	0,207
40	10262,17	0,1673	laje	5,11	0,0019148	1.480,00	448,25	4.525,22	624,04	1,0147	mesa	0,2507	26,7544	7953,69	57,84	0,271	0,059	0,165
41	66776,10	0,2654	alma	7,65	0,001011	6.598,00	306,72	45.246,25	3.252,50	5,0049	np	--	--	--	96,99	--	--	0,277
42	43203,42	0,3208	mesa	1,49	0,002139	7.510,40	527,32	27.709,44	2.226,25	2,2485	np	--	--	--	112,20	--	--	0,321
43	35365,59	0,2669	mesa	0,84	0,002034	6.254,00	480,66	22.228,74	1.787,75	2,0457	np	--	--	--	94,85	--	--	0,271
44	26383,92	0,2162	mesa	0,34	0,002474	5.314,80	515,16	15.170,01	1.451,26	1,5986	np	--	--	--	82,22	--	--	0,235
45	57942,78	0,2654	alma	4,74	0,001011	6.278,60	322,83	37.536,03	2.730,50	4,1770	np	--	--	--	97,12	--	--	0,277
46	35365,59	0,3223	mesa	0,84	0,002149	7.195,20	542,27	22.228,74	1.787,75	1,7970	np	--	--	--	112,69	--	--	0,322
47	30738,14	0,3208	mesa	0,48	0,002444	6.785,70	584,63	18.139,77	1.544,38	1,5109	np	--	--	--	112,66	--	--	0,322
48	22285,75	0,2098	laje	8,88	0,002401	4.912,60	460,43	12.423,25	1.083,83	1,3625	np	--	--	--	78,92	--	--	0,225
49	46624,60	0,2654	mesa	1,40	0,001011	5.896,20	345,04	29.117,25	2.167,50	3,2419	np	--	--	--	96,77	--	--	0,276
50	29608,79	0,3768	mesa	0,44	0,002512	7.677,90	667,15	17.373,52	1.520,63	1,2902	np	--	--	--	130,81	--	--	0,374
51	24735,10	0,3223	laje	9,26	0,002455	6.413,30	568,24	14.084,42	1.131,08	1,1718	np	--	--	--	112,88	--	--	0,323
52	18461,11	0,1896	laje	7,69	0,002170	4.081,30	425,18	10.222,62	939,31	1,2794	np	--	--	--	69,80	--	--	0,199
53	36728,64	0,2654	mesa	0,65	0,001011	5.522,60	363,34	22.149,14	1.663,13	2,4776	np	--	--	--	97,00	--	--	0,277
54	24152,99	0,3943	laje	9,85	0,002629	5.992,50	726,25	13.262,21	1.203,25	1,0606	np	--	--	--	134,03	--	--	0,383

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 29, 33, 37, 41, 45, 49 e 53 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 38, 39, 40 e 54 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades em kN e cm.

SISTEMA 1 - VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V1				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDOS A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
28	15663,21	0,1496	laje	6,70	0,0017117	0,002506	526,30	782,37	8.159,57	817,88	0,9919	mesa	0,062	45,6476	14364,12	92,26	0,351	0,176	0,264
29	30738,14	0,2654	mesa	0,48	0,0010111	0,001011	5.237,20	412,96	18.139,77	1.544,38	2,0560	np	--	--	--	97,00	--	--	0,277
30	20721,45	0,2461	laje	8,62	0,0016406	0,002385	1.049,40	986,70	11.355,17	1.052,33	0,9909	mesa	0,1105	57,5149	19971,06	138,18	0,601	0,189	0,395
31	18461,11	0,2195	laje	7,69	0,0016726	0,002436	66,90	944,43	10.222,62	939,31	1,0000	laje	7,6923	71,83	18461,11	124,81	0,522	0,191	0,357
32	13921,68	0,1751	laje	6,41	0,0020041	0,002587	106,10	779,28	6.959,48	782,25	1,0000	laje	6,4061	71,83	13921,68	90,21	0,349	0,166	0,258
33	24735,10	0,2654	laje	9,26	0,0010111	0,001011	5.013,20	406,11	14.084,42	1.131,08	1,5780	np	--	--	--	97,06	--	--	0,277
34	17760,73	0,2363	laje	7,57	0,0015751	0,002145	810,80	868,92	9.148,23	924,30	0,9923	mesa	0,092	50,7173	16570,91	121,96	0,582	0,115	0,348
35	15663,21	0,2239	laje	6,70	0,0017056	0,002322	56,70	823,18	8.159,57	817,88	1,0000	laje	6,6978	71,83	15663,21	116,21	0,561	0,103	0,332
36	11741,28	0,1644	laje	5,40	0,0018818	0,002370	29,00	662,41	5.488,00	659,66	1,0000	laje	5,4022	71,83	11741,28	80,15	0,341	0,117	0,229
37	20481,47	0,2654	laje	7,98	0,0010111	0,001175	5.622,00	513,27	11.658,31	974,94	1,0882	np	--	--	--	116,23	--	--	0,332
38	14491,47	0,2366	laje	6,50	0,0015773	0,002265	40,90	797,17	7.353,57	794,13	1,0000	laje	6,5033	71,83	14491,47	122,04	0,685	0,012	0,349
39	13362,61	0,2182	laje	6,31	0,0016622	0,002220	30,00	773,59	6.571,32	770,38	1,0000	laje	6,3088	71,83	13362,61	106,29	0,56	0,047	0,304
40	10262,17	0,1673	laje	5,11	0,0019148	0,002208	368,10	586,46	4.525,22	624,04	0,9945	mesa	0,0605	34,3074	8684,20	70,19	0,377	0,024	0,201
41	66776,10	0,2654	alma	7,65	0,001011	0,001011	6.598,00	306,72	45.246,25	3.252,50	5,0049	np	--	--	--	96,99	--	--	0,277
42	43203,42	0,3208	mesa	1,49	0,002139	0,002848	12.033,00	794,25	27.709,44	2.226,25	1,4485	np	--	--	--	164,96	--	--	0,471
43	35365,59	0,2669	mesa	0,84	0,002034	0,003400	10.654,00	1.107,10	22.228,74	1.787,75	1,0084	mesa	0,9946	65,6704	35087,19	183,36	0,377	0,671	0,524
44	26383,92	0,2162	mesa	0,34	0,002474	0,003745	4.060,30	1.169,70	15.170,01	1.451,26	0,9911	mesa	0,4325	68,1943	26469,97	143,04	0,338	0,479	0,409
45	57942,78	0,2654	alma	4,74	0,001011	0,000118	7.539,20	368,89	37.536,03	2.730,50	3,5612	np	--	--	--	116,41	--	--	0,333
46	35365,59	0,3223	mesa	0,84	0,002149	0,003092	11.691,10	963,03	22.228,74	1.787,75	1,0534	np	--	--	--	182,11	--	--	0,52
47	30738,14	0,3208	mesa	0,48	0,002444	0,003254	7.904,90	1.012,30	18.139,77	1.544,38	1,0171	mesa	0,7626	60,565	29870,09	165,74	0,431	0,516	0,474
48	22285,75	0,2098	laje	8,88	0,002401	0,003243	3.054,10	886,55	12.423,25	1.083,83	0,9923	mesa	0,3024	51,7487	20871,74	118,29	0,33	0,346	0,338
49	46624,60	0,2654	mesa	1,40	0,001011	0,001175	7.108,70	398,94	29.117,25	2.167,50	2,7457	np	--	--	--	116,44	--	--	0,333
50	29608,79	0,3768	mesa	0,44	0,002512	0,002778	8.548,10	832,74	17.373,52	1.520,63	1,0854	np	--	--	--	154,26	--	--	0,441
51	24735,10	0,3223	laje	9,26	0,002455	0,003017	3.343,40	935,50	14.084,42	1.131,08	0,9922	mesa	0,3006	54,5989	23520,67	149,51	0,557	0,298	0,427
52	18461,11	0,1896	laje	7,69	0,002170	0,003036	803,60	888,30	10.222,62	939,31	0,9908	mesa	0,0877	51,773	17446,28	108,39	0,384	0,235	0,31
53	36728,64	0,2654	mesa	0,65	0,001011	0,001175	6.612,50	421,02	22.149,14	1.663,13	2,1054	np	--	--	--	115,84	--	--	0,331
54	24152,99	0,3943	laje	9,85	0,002629	0,002877	4.026,60	939,85	13.262,21	1.203,25	0,9928	mesa	0,4002	54,8898	22857,01	156,70	0,671	0,224	0,448

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm^2, f_y = 25 kN/cm^2, t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 29, 33, 37, 41, 45, 49 e 53 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 38, 39, 40 e 54 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades em kN e cm.

SISTEMA 1 - RESULTADOS VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V1				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDOS A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
55	23256,81	0,3768	laje	9,69	0,002871	5.504,00	753,03	12.665,58	1.183,25	1,0374	mesa	0,5956	45,9532	21050,05	129,50	0,449	0,291	0,37
56	14988,95	0,2444	laje	5,99	0,002797	2.465,40	540,13	7.573,86	730,91	1,0087	mesa	0,2757	32,0475	12642,04	83,79	0,338	0,14	0,239
57	31890,41	0,2654	mesa	0,51	0,001011	5.270,60	399,04	18.917,89	1.568,13	2,1511	np	--	--	--	96,63	--	--	0,276
58	20721,45	0,3383	laje	8,62	0,002255	5.059,90	616,79	11.355,17	1.052,33	1,0674	np	--	--	--	113,98	--	--	0,326
59	17501,21	0,2857	laje	6,99	0,002177	4.032,70	511,00	9.413,10	853,50	1,0617	np	--	--	--	96,21	--	--	0,275
60	13921,68	0,2270	laje	6,41	0,002598	2.645,20	523,20	6.959,48	782,25	1,0189	mesa	0,3692	31,3566	11346,33	77,70	0,332	0,112	0,222
61	87390,03	0,2654	alma	12,65	0,001011	7.112,70	258,35	62.825,18	4.072,50	8,3343	np	--	--	--	96,91	--	--	0,277
62	61344,23	0,4060	alma	5,65	0,002707	10.298,00	580,45	41.640,11	3.230,70	2,7469	np	--	--	--	141,62	--	--	0,405
63	54154,80	0,3652	alma	2,74	0,002782	9.284,90	568,96	35.551,41	2.778,75	2,4913	np	--	--	--	128,81	--	--	0,368
64	38544,02	0,2754	mesa	1,35	0,003152	7.483,00	558,80	24.440,38	2.132,50	2,0001	np	--	--	--	103,05	--	--	0,294
65	80111,96	0,2654	alma	11,15	0,001011	6.944,40	276,01	56.842,99	3.903,75	7,6587	np	--	--	--	96,53	--	--	0,276
66	57308,22	0,4645	alma	4,65	0,003096	12.105,00	706,90	38.456,91	3.135,70	2,1639	np	--	--	--	168,77	--	--	0,482
67	50366,95	0,4285	mesa	2,19	0,003265	10.587,00	682,87	32.812,66	2.698,75	2,0082	np	--	--	--	150,14	--	--	0,429
68	36827,63	0,3203	mesa	1,53	0,003666	2.040,60	1.000,30	22.593,03	2.250,50	1,9598	np	--	--	--	116,75	--	--	0,334
69	70801,61	0,2654	alma	9,15	0,001011	6.719,20	303,60	49.260,49	3.678,75	5,5197	np	--	--	--	96,55	--	--	0,276
70	43203,42	0,4645	mesa	1,49	0,003096	11.475,00	743,94	27.709,44	2.226,25	1,5327	np	--	--	--	170,24	--	--	0,486
71	36642,86	0,4375	mesa	0,87	0,003333	10.100,00	706,45	23.128,55	1.811,50	1,3690	np	--	--	--	150,82	--	--	0,431
72	26989,72	0,3533	mesa	0,26	0,004044	7.827,40	689,60	15.910,16	1.393,75	1,1353	np	--	--	--	125,54	--	--	0,359
73	61344,23	0,2654	alma	5,65	0,001011	6.498,10	327,82	41.640,11	3.230,70	4,5813	np	--	--	--	96,32	--	--	0,275
74	40151,39	0,4645	mesa	1,64	0,003096	11.047,00	823,22	24.883,53	2.330,50	1,4535	np	--	--	--	169,64	--	--	0,485
75	35586,76	0,5308	mesa	1,26	0,004044	12.210,00	972,12	22.339,13	2.070,00	1,1135	np	--	--	--	189,64	--	--	0,542
76	26673,72	0,3762	mesa	0,75	0,004306	7.675,10	845,84	15.476,00	1.730,00	1,1403	np	--	--	--	130,97	--	--	0,374
77	53367,21	0,2654	alma	3,65	0,001011	6.204,20	366,35	35.368,71	3.040,70	3,9418	np	--	--	--	96,23	--	--	0,275
78	33654,39	0,4645	mesa	1,41	0,003096	10.470,00	916,84	20.382,53	2.170,50	1,2239	np	--	--	--	169,62	--	--	0,485
79	30029,89	0,4903	mesa	1,07	0,003735	9.611,70	955,05	18.324,13	1.945,00	1,1007	np	--	--	--	165,56	--	--	0,473
80	19212,02	0,3132	laje	8,36	0,003585	4.739,60	566,32	10.318,60	1.020,83	1,0865	np	--	--	--	100,18	--	--	0,286

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço;

3) Nos modelos 57, 61, 65, 66, 69, 70, 73, 74, 75, 77 e 78 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 56, 58, 59, 60, 79 e 80 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades em kN e cm.

SISTEMA 1 - RESULTADOS VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V1				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDOS A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
55	23256,81	0,3768	laje	9,69	0,002871	0,002719	5.504,00	753,03	12.665,58	1.183,25	1,0374	mesa	0,5956	45,9532	21050,05	129,50	0,449	0,291	0,37
56	14988,95	0,2444	laje	5,99	0,002797	0,003114	312,80	714,14	7.573,86	730,91	1,0000	laje	5,9856	71,83	14988,95	100,56	0,4151	0,1595	0,2873
57	31890,41	0,2654	mesa	0,51	0,001011	0,001011	5.270,60	399,04	18.917,89	1.568,13	2,1511	np	--	--	--	96,63	--	--	0,2761
58	20721,45	0,3383	laje	8,62	0,002255	0,002987	1.331,10	965,96	11.355,17	1.052,33	0,9913	mesa	0,1403	56,3291	19850,23	162,26	0,8821	0,0451	0,4636
59	17501,21	0,2857	laje	6,99	0,002177	0,003134	236,60	844,36	9.413,10	853,50	1,0000	laje	6,9895	71,83	17501,21	142,92	0,7762	0,0405	0,4083
60	13921,68	0,2270	laje	6,41	0,002598	0,003020	850,63	709,69	6.959,48	782,25	0,9934	mesa	0,1144	41,4722	12361,33	93,37	0,4617	0,0719	0,2668
61	87390,03	0,2654	alma	12,65	0,001011	0,001175	8.561,90	293,86	62.825,18	4.072,50	7,0820	np	--	--	--	116,53	--	--	0,3329
62	61344,23	0,4060	alma	5,65	0,002707	0,002997	12.431,00	691,42	41.640,11	3.230,70	2,2899	np	--	--	--	167,50	--	--	0,4786
63	54154,80	0,3652	alma	2,74	0,002782	0,003726	15.600,00	847,12	35.551,41	2.778,75	1,5711	np	--	--	--	190,47	--	--	0,5442
64	38544,02	0,2754	mesa	1,35	0,003152	0,004797	14.543,00	1.070,09	24.440,38	2.132,50	1,0369	mesa	1,5154	65,2705	38045,95	183,65	0,2354	0,814	0,5247
65	80111,96	0,2654	alma	11,15	0,001011	0,001176	8.390,70	315,06	56.842,99	3.903,75	6,4905	np	--	--	--	116,53	--	--	0,3329
66	57308,22	0,4645	alma	4,65	0,003096	0,003096	12.098,00	707,21	38.456,91	3.135,70	2,1642	np	--	--	--	168,80	--	--	0,4823
67	50366,95	0,4285	mesa	2,19	0,003265	0,003096	13.110,00	808,53	32.812,66	2.698,75	1,6575	np	--	--	--	177,14	--	--	0,5061
68	36827,63	0,3203	mesa	1,53	0,003666	0,004882	13.306,00	1.082,50	22.593,03	2.250,50	1,0764	np	--	--	--	177,33	--	--	0,5067
69	70801,61	0,2654	alma	9,15	0,001011	0,001176	8.015,30	348,34	49.260,49	3.678,75	5,7782	np	--	--	--	114,91	--	--	0,3283
70	43203,42	0,4645	mesa	1,49	0,003096	0,003096	11.475,00	743,94	27.709,44	2.226,25	1,5327	np	--	--	--	170,24	--	--	0,4864
71	36642,86	0,4375	mesa	0,87	0,003333	0,003706	12.189,00	862,94	23.128,55	1.811,50	1,1272	np	--	--	--	180,89	--	--	0,5168
72	26989,72	0,3533	mesa	0,26	0,004044	0,004461	6.251,80	964,24	15.910,16	1.393,75	1,0027	mesa	0,6325	56,8729	25891,36	148,96	0,4343	0,4169	0,4256
73	61344,23	0,2654	alma	5,65	0,001011	0,001176	7.800,80	377,88	41.640,11	3.230,70	3,8851	np	--	--	--	115,41	--	--	0,3297
74	40151,39	0,4645	mesa	1,64	0,003096	0,003096	11.047,00	823,22	24.883,53	2.330,50	1,4535	np	--	--	--	169,64	--	--	0,4847
75	35586,76	0,5308	mesa	1,26	0,004044	0,003950	12.210,00	972,12	22.339,13	2.070,00	1,1135	np	--	--	--	189,64	--	--	0,5418
76	26673,72	0,3762	mesa	0,75	0,004306	0,004097	7.675,10	845,84	15.476,00	1.730,00	1,1403	np	--	--	--	130,97	--	--	0,3742
77	53367,21	0,2654	alma	3,65	0,001011	0,001176	7.449,60	423,77	35.368,71	3.040,70	3,3384	np	--	--	--	115,13	--	--	0,3289
78	33654,39	0,4645	mesa	1,41	0,003096	0,003096	10.470,00	916,84	20.382,53	2.170,50	1,2239	np	--	--	--	169,62	--	--	0,4846
79	30029,89	0,4903	mesa	1,07	0,003735	0,004096	8.204,80	1.240,90	18.324,13	1.945,00	1,0102	mesa	1,0243	73,74	30858,75	196,54	0,7347	0,3884	0,5615
80	19212,02	0,3132	laje	8,36	0,003585	0,003906	3.486,20	744,59	10.318,60	1.020,83	1,0038	mesa	0,4051	43,964	17146,54	117,03	0,4977	0,1711	0,3344

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje x = espessura comprimida da laje ;

3) Nos modelos 57, 61, 65, 66, 69, 70, 73, 74, 75, 77 e 78 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 56, 58, 59, 60, 79 e 80 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades em kN e cm.

SISTEMA 1 - RESULTADOS VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V2				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDOS A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1	40.162,93	0,6557	laje	5,10	0,0007494	9.980,80	924,90	22.730,14	1.518,58	1,04	mesa	0,56	56,67	33.713,21	218,34	0,84	0,40	0,6238
2	29.552,31	0,4825	laje	4,58	0,0009650	6.555,20	767,50	15.531,01	1.361,08	1,09	np	--	--	--	156,46	--	--	0,4470
3	25.863,98	0,4223	laje	4,16	0,0009652	5.719,00	673,88	13.623,03	1.236,19	1,10	np	--	--	--	134,72	--	--	0,3849
4	18.103,12	0,2951	laje	3,01	0,0010134	3.247,40	450,80	8.672,45	894,10	1,22	np	--	--	--	87,21	--	--	0,2492
5	46.963,90	0,7668	laje	6,08	0,0008763	12.638,80	1.085,96	27.930,98	1.809,13	1,03	mesa	0,70	65,53	40.087,50	253,72	0,94	0,51	0,7249
6	32.578,88	0,5319	laje	4,73	0,0010638	7.547,80	825,52	17.608,06	1.408,33	1,07	np	--	--	--	174,12	--	--	0,4975
7	30.546,25	0,4987	laje	4,63	0,0011399	6.929,80	800,90	16.215,49	1.376,83	1,07	np	--	--	--	162,03	--	--	0,4629
8	20.516,70	0,3345	laje	3,15	0,0011485	4.307,20	529,44	10.273,49	935,66	1,10	np	--	--	--	104,66	--	--	0,2990
9	50.827,63	0,8298	laje	6,24	0,0009484	13.839,80	1.131,10	30.680,11	1.856,38	1,02	mesa	0,70	67,94	43.964,75	274,46	0,98	0,59	0,7842
10	34.671,17	0,5661	laje	4,84	0,0011321	7.930,60	885,22	19.032,14	1.439,83	1,05	mesa	0,51	54,59	28.493,10	186,78	0,74	0,33	0,5337
11	33.096,36	0,5403	laje	4,76	0,0012351	7.446,40	871,76	17.961,13	1.416,20	1,05	mesa	0,50	53,71	26.976,38	177,56	0,71	0,31	0,5073
12	21.958,59	0,3580	laje	3,22	0,0012292	4.556,80	596,52	11.221,03	959,41	1,05	mesa	0,33	36,82	17.081,04	116,34	0,49	0,17	0,3324
13	62.192,08	0,8847	laje	8,24	0,0010111	19.701,80	1.208,94	37.529,74	2.450,25	1,09	np	--	--	--	299,38	--	--	0,8554
14	45.983,36	0,6956	laje	7,44	0,0013911	11.575,00	1.260,40	25.872,24	2.212,75	1,06	np	--	--	--	228,64	--	--	0,6533
15	32.963,81	0,5382	laje	4,47	0,0012301	7.510,40	858,24	18.757,78	1.331,19	1,02	mesa	0,46	51,46	27.165,29	179,64	0,72	0,30	0,5133
16	23.825,09	0,3884	laje	3,32	0,0013336	4.751,60	663,76	12.438,85	989,10	1,02	mesa	0,31	39,88	19.025,54	129,84	0,55	0,19	0,3710
17	67.480,85	0,8847	laje	8,48	0,0010111	9.121,80	1.386,38	41.258,55	2.521,50	1,38	np	--	--	--	320,56	--	--	0,9159
18	49.050,27	0,6116	laje	7,60	0,0012231	11.941,40	1.080,32	28.108,74	2.260,25	1,21	np	--	--	--	203,94	--	--	0,5827
19	34.852,78	0,5585	laje	4,55	0,0012765	7.966,40	883,14	20.100,84	1.354,94	1,02	mesa	0,46	52,87	29.044,20	185,77	0,70	0,36	0,5308
20	24.979,19	0,4072	laje	3,38	0,0013983	2.384,60	867,16	13.187,35	1.006,91	0,99	mesa	0,14	50,74	21.106,39	160,37	0,80	0,12	0,4582
21	51.946,92	0,8481	laje	6,02	0,0009693	13.025,60	1.140,14	29.310,80	1.792,00	1,03	mesa	0,62	69,05	45.258,99	280,80	0,99	0,61	0,8023
22	40.842,94	0,6668	laje	6,12	0,0013336	9.842,40	944,26	22.655,00	1.820,00	1,14	np	--	--	--	197,01	--	--	0,5629
23	31.555,11	0,5152	laje	4,68	0,0011776	7.230,00	765,50	16.907,84	1.392,58	1,11	np	--	--	--	165,22	--	--	0,4721
24	26.659,99	0,4346	laje	4,42	0,0014923	5.599,60	684,98	13.524,84	1.313,83	1,15	np	--	--	--	130,41	--	--	0,3726
25	63.139,97	0,8847	laje	7,51	0,0010111	19.019,40	1.142,88	36.944,61	2.235,63	1,10	np	--	--	--	301,24	--	--	0,8607
26	40.588,85	0,6627	laje	5,45	0,0013254	9.430,20	981,18	22.056,05	1.622,00	1,07	np	--	--	--	216,82	--	--	0,6195
27	38.724,40	0,6322	laje	5,35	0,0014451	8.955,80	950,30	20.850,80	1.592,00	1,07	np	--	--	--	205,66	--	--	0,5876

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E\,(prev)}$ = 175,0 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje x = espessura comprimida da laje ;

3) Nos modelos 13, 17 e 25 a laje é menos resistente;

4) nos modelos 14, 18 e 19 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades em kN e cm.

SISTEMA 1 - RESULTADOS VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V2				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDOS A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1	40.162,93	0,6557	laje	5,10	0,0007494	0,0011040	715,12	1.496,74	22.730,14	1.518,58	1,00	laje	5,10	175,00	40.162,93	320,14	1,69	0,14	0,9147
2	29.552,31	0,4825	laje	4,58	0,0009650	0,0020087	116,60	1.373,50	15.531,01	1.361,08	1,00	laje	4,58	175,00	29.552,31	312,62	2,13	(0,34)	0,8932
3	25.863,98	0,4223	laje	4,16	0,0009652	0,0019560	83,40	1.245,02	13.623,03	1.236,19	1,00	laje	4,16	175,00	25.863,98	263,42	1,74	(0,24)	0,7526
4	18.103,12	0,2951	laje	3,01	0,0010134	0,0019840	33,60	897,76	8.672,45	894,10	1,00	laje	3,01	175,00	18.103,12	165,91	1,01	(0,06)	0,4740
5	46.963,90	0,7668	laje	6,08	0,0008763	0,0010937	5.844,20	1.515,12	27.930,98	1.809,13	0,99	mesa	0,31	88,34	42.603,20	320,02	1,57	0,26	0,9143
6	32.578,88	0,5319	laje	4,73	0,0010638	0,0020132	136,60	1.421,10	17.608,06	1.408,33	1,00	laje	4,73	175,00	32.578,88	318,58	2,05	(0,22)	0,9102
7	30.546,25	0,4987	laje	4,63	0,0011399	0,0019551	95,00	1.385,88	16.215,49	1.376,83	1,00	laje	4,63	175,00	30.546,25	270,82	1,60	(0,05)	0,7738
8	20.516,70	0,3345	laje	3,15	0,0011485	0,0019891	40,80	940,64	10.273,49	935,66	1,00	laje	3,15	175,00	20.516,70	172,77	0,97	0,02	0,4936
9	50.827,63	0,8298	laje	6,24	0,0009484	0,0011446	7.709,20	1.494,66	30.680,11	1.856,38	0,99	mesa	0,38	87,09	46.082,37	333,70	1,56	0,35	0,9534
10	34.671,17	0,5661	laje	4,84	0,0011321	0,0019431	143,80	1.452,50	19.032,14	1.439,83	1,00	laje	4,84	175,00	34.671,17	312,84	1,88	(0,09)	0,8938
11	33.096,36	0,5403	laje	4,76	0,0012351	0,0019283	106,60	1.425,78	17.961,13	1.416,20	1,00	laje	4,76	175,00	33.096,36	271,80	1,49	0,07	0,7766
12	21.958,59	0,3580	laje	3,22	0,0012292	0,0019360	49,60	964,42	11.221,03	959,41	1,00	laje	3,22	175,00	21.958,59	174,23	0,92	0,08	0,4978
13	62.192,08	0,8847	laje	8,24	0,0010111	0,0010110	19.701,80	1.208,94	37.529,74	2.450,25	1,09	np	--	--	--	299,38	--	--	0,8554
14	45.983,36	0,6956	laje	7,44	0,0013911	0,0020151	122,60	2.227,20	25.872,24	2.212,75	1,00	laje	7,44	175,00	45.983,36	337,70	1,61	0,32	0,9649
15	32.963,81	0,5382	laje	4,47	0,0012301	0,0018138	117,80	1.340,74	18.757,78	1.331,19	1,00	laje	4,47	175,00	32.963,81	259,26	1,35	0,13	0,7407
16	23.825,09	0,3884	laje	3,32	0,0013336	0,0019791	80,20	996,02	12.438,85	989,10	1,00	laje	3,32	175,00	23.825,09	182,20	0,92	0,13	0,5206
17	67.480,85	0,8847	laje	8,48	0,0010111	0,0010060	20.930,00	1.109,42	41.258,55	2.521,50	1,18	np	--	--	--	298,08	--	--	0,8517
18	49.050,27	0,6116	laje	7,60	0,0012231	0,0019786	1.082,80	2.213,38	28.108,74	2.260,25	1,00	laje	7,60	175,00	49.050,27	337,40	1,45	0,47	0,9640
19	34.852,78	0,5585	laje	4,55	0,0012765	0,0018459	156,60	1.366,92	20.100,84	1.354,94	1,00	laje	4,55	175,00	34.852,78	267,38	1,35	0,18	0,7639
20	24.979,19	0,4072	laje	3,38	0,0013983	0,0019324	629,90	976,82	13.187,35	1.006,91	1,00	laje	3,38	175,00	24.979,19	174,67	0,77	0,23	0,4991
21	51.946,92	0,8481	laje	6,02	0,0009693	0,0010927	9.121,80	1.386,38	29.310,80	1.792,00	0,99	mesa	0,42	80,97	46.514,60	320,56	1,39	0,45	0,9159
22	40.842,94	0,6668	laje	6,12	0,0013336	0,0024993	179,80	1.836,98	22.655,00	1.820,00	1,00	laje	6,12	175,00	40.842,94	390,94	2,47	(0,23)	1,1170
23	31.555,11	0,5152	laje	4,68	0,0011776	0,0024533	119,60	1.404,10	16.907,84	1.392,58	1,00	laje	4,68	175,00	31.555,11	326,34	2,18	(0,32)	0,9324
24	26.659,99	0,4346	laje	4,42	0,0014923	0,0025562	611,00	1.274,52	13.524,84	1.313,83	1,00	laje	4,42	175,00	26.659,99	218,26	1,19	0,06	0,6236
25	63.139,97	0,8847	laje	7,51	0,0010111	0,0010110	19.019,40	1.142,88	36.944,61	2.235,63	1,10	np	--	--	--	301,24	--	--	0,8607
26	40.588,85	0,6627	laje	5,45	0,0013254	0,0023565	199,40	1.639,40	22.056,05	1.622,00	1,00	laje	5,45	175,00	40.588,85	374,16	2,29	(0,15)	1,0690
27	38.724,40	0,6322	laje	5,35	0,0014451	0,0023678	130,00	1.603,40	20.850,80	1.592,00	1,00	laje	5,35	175,00	38.724,40	329,90	1,87	0,01	0,9426

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E\,(prev)}$ = 175,0 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje x = espessura comprimida da laje ;

3) Nos modelos 13, 17 e 25 a laje é menos resistente;

4) nos modelos 14, 18 e 19 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades em kN e cm.

RESULTADOS DO SISTEMA 1 - VIGA V2 - CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V2				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDOS A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
28	30.578,63	0,4985	laje	4,88	0,0017117	6.706,00	830,30	15.523,80	1.452,00	1,09	np	--	--	--	155,60	--	--	0,4446
29	68.336,33	0,8847	laje	7,75	0,0010111	20.352,00	1063,74	40.351,48	2.306,88	1,08	np	--	--	--	301,40	--	--	0,8611
30	50.244,59	0,8203	laje	6,88	0,0016406	12.361,80	1.246,44	28.382,11	2.045,63	1,11	np	--	--	--	267,40	--	--	0,7640
31	44.819,83	0,7318	laje	6,32	0,0016726	10.955,60	1.139,20	25.430,00	1.880,00	1,09	np	--	--	--	238,28	--	--	0,6808
32	35.801,60	0,5837	laje	5,85	0,0020041	8.002,00	1.071,82	19.095,00	1.740,00	1,06	np	--	--	--	186,77	--	--	0,5336
33	74.838,50	0,8847	laje	8,79	0,0010111	21.794,00	1.033,12	46.396,55	2.616,50	1,24	np	--	--	--	301,26	--	--	0,8607
34	48.236,89	0,7875	laje	6,13	0,0015751	12.381,20	1.133,12	28.839,48	1.824,88	1,02	mesa	0,66	68,47	41.602,78	259,66	0,93	0,55	0,7419
35	45.705,82	0,7462	laje	6,03	0,0017056	11.274,60	1.137,48	27.030,36	1.793,38	1,13	np	--	--	--	246,28	--	--	0,7037
36	33.617,56	0,5481	laje	4,79	0,0018818	6.891,20	965,82	18.316,16	1.424,08	0,98	mesa	0,43	58,56	27.956,21	181,78	0,71	0,33	0,5194
37	88.876,54	0,8847	mesa	0,24	0,0010111	22.532,00	1.014,00	55.807,81	3.218,75	1,44	np	--	--	--	300,84	--	--	0,8595
38	61.919,12	0,7887	laje	8,82	0,0015773	16.007,60	1.229,58	35.925,00	2.625,00	1,29	np	--	--	--	259,46	--	--	0,7413
39	50.383,53	0,7272	laje	6,59	0,0016622	13.365,00	1.112,46	29.270,00	1.960,00	1,10	np	--	--	--	240,82	--	--	0,6881
40	35.739,69	0,5577	laje	4,89	0,0019148	6.412,40	1.071,36	19.755,99	1.455,58	1,00	mesa	0,38	63,14	30.358,04	194,48	0,74	0,38	0,5557
41	82435,14	0,8847	laje	9,87	0,001011	21.622,00	1.040,72	49.831,25	2.937,50	1,46	np	--	--	--	301,42	--	--	0,8612
42	65492,68	1,0693	mesa	0,09	0,002139	18.398,00	1.646,62	38.071,40	3.068,00	1,09	np	--	--	--	341,48	--	--	0,9757
43	54495,80	0,8897	laje	8,40	0,002034	14.194,80	1.370,98	30.800,00	2.500,00	1,09	np	--	--	--	281,44	--	--	0,8041
44	44199,84	0,7206	laje	7,77	0,002474	10.460,80	1.168,94	23.581,25	2.312,50	1,15	np	--	--	--	215,96	--	--	0,617
45	101549,49	0,8847	mesa	0,90	0,001011	23.224,00	1.009,78	64.496,25	3.870,00	1,85	np	--	--	--	301,16	--	--	0,8605
46	65798,58	1,0743	laje	9,03	0,002149	18.178,40	1.528,90	38.581,25	2.687,50	1,07	np	--	--	--	346,38	--	--	0,9897
47	65492,68	1,0693	mesa	0,09	0,002444	18.192,40	1.668,34	38.071,40	3.068,00	1,09	np	--	--	--	340,38	--	--	0,9725
48	42895,23	0,6993	laje	6,48	0,002401	10.699,00	1.067,34	23.416,48	1.926,88	1,09	np	--	--	--	218,00	--	--	0,6229
49	114353,73	0,8847	mesa	1,29	0,001011	23.570,00	977,60	71.792,97	4.268,75	2,10	np	--	--	--	301,84	--	--	0,8624
50	76924,08	1,2559	mesa	0,29	0,002512	22.704,00	1.823,62	45.991,40	3.268,00	1,07	np	--	--	--	407,58	--	--	1,1645
51	65798,58	1,0743	laje	9,03	0,002455	17.905,80	1.568,20	38.581,25	2.687,50	1,06	np	--	--	--	346,08	--	--	0,9888
52	38767,53	0,6320	laje	4,71	0,002170	9.929,80	855,36	22.858,22	1.402,44	1,03	mesa	0,5193	51,95	32551,21	206,18	0,76	0,42	0,5891
53	135787,34	0,8847	mesa	2,41	0,001011	25.184,00	938,52	89.652,52	5.383,13	2,55	np	--	--	--	301,38	--	--	0,8611
54	89330,20	1,3144	mesa	1,08	0,002629	28.978,00	1.845,52	55.863,48	4.056,20	1,16	np	--	--	--	424,94	--	--	1,2141

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E\,(prev)}$ = 175,0 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje x = espessura comprimida da laje ;

3) Nos modelos 29, 33, 37, 41, 45, 49 e 53 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 38, 39, 40 e 54 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades em kN e cm.

RESULTADOS DO SISTEMA 1 - VIGA V2 - CARGA ÚLTIMA OBTIDA NO ANSYS

	PREVISTO PARA VIGA V2				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDOS A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
28	30.578,63	0,4985	laje	4,88	0,0017117	0,0025060	1.242,00	1.370,32	15.523,80	1.452,00	0,99	mesa	0,09	80,02	26.957,02	224,78	1,25	0,04	0,6422
29	68.336,33	0,8847	laje	7,75	0,0010111	0,0010110	20.352,00	1.063,74	40.351,48	2.306,88	1,18	np	--	--	--	301,40	--	--	0,8611
30	50.244,59	0,8203	laje	6,88	0,0016406	0,0023849	175,80	2.060,00	28.382,11	2.045,63	1,00	laje	6,88	175,00	50.244,59	391,40	2,01	0,22	1,1183
31	44.819,83	0,7318	laje	6,32	0,0016726	0,0024360	161,80	1.893,66	25.430,00	1.880,00	1,00	laje	6,32	175,00	44.819,83	347,22	1,77	0,21	0,9921
32	35.801,60	0,5837	laje	5,85	0,0020041	0,0025873	1.655,20	1.631,42	19.095,00	1.740,00	0,99	mesa	0,12	95,17	32.549,42	242,18	1,17	0,21	0,6919
33	74.838,50	0,8847	laje	8,79	0,0010111	0,0010110	21.794,00	1.033,12	46.396,55	2.616,50	1,30	np	--	--	--	301,26	--	--	0,8607
34	48.236,89	0,7875	laje	6,13	0,0015751	0,0021449	1.220,40	1.781,36	28.839,48	1.824,88	1,00	laje	6,13	175,00	48.236,89	356,64	1,71	0,32	1,0190
35	45.705,82	0,7462	laje	6,03	0,0017056	0,0023224	188,20	1.807,30	27.030,36	1.793,38	1,00	laje	6,03	175,00	45.705,82	336,58	1,61	0,32	0,9617
36	33.617,56	0,5481	laje	4,79	0,0018818	0,0023699	1.003,80	1.374,42	18.316,16	1.424,08	0,99	mesa	0,06	80,11	30.176,05	226,78	1,11	0,18	0,6479
37	88.876,54	0,8847	mesa	0,24	0,0010111	0,0011753	25.846,00	1.100,52	55.807,81	3.218,75	1,42	np	--	--	--	343,44	--	--	0,9813
38	61.919,12	0,7887	laje	8,82	0,0015773	0,0022649	6.642,80	2.277,00	35.925,00	2.625,00	0,99	mesa	0,37	132,68	59.767,66	390,12	1,53	0,70	1,1146
39	50.383,53	0,7272	laje	6,59	0,0016622	0,0022196	2.437,80	1.850,94	29.270,00	1.960,00	0,99	mesa	0,13	107,80	47.365,92	331,22	1,47	0,43	0,9463
40	35.739,69	0,5577	laje	4,89	0,0019148	0,0022076	2.896,00	1.295,34	19.755,99	1.455,58	0,99	mesa	0,17	75,63	31.647,74	220,18	0,97	0,29	0,6291
41	82435,14	0,8847	laje	9,87	0,001011	0,001011	21.622,00	1.040,72	49.831,25	2.937,50	1,46	np	--	--	--	301,42	--	--	0,8612
42	65492,68	1,0693	mesa	0,09	0,002139	0,002848	9.130,00	2.522,60	38.071,40	3.068,00	0,99	mesa	0,55969112	147,55	64665,06	468,16	2,18	0,49	1,3376
43	54495,80	0,8897	laje	8,40	0,002034	0,003400	225,80	2.520,60	30.800,00	2.500,00	1,00	laje	8,403361345	175,00	54495,80	466,22	2,66	0,01	1,3321
44	44199,84	0,7206	laje	7,77	0,002474	0,003745	3.880,80	2.030,40	23.581,25	2.312,50	0,99	mesa	0,299424218	118,42	41490,13	325,66	1,69	0,17	0,9305
45	101549,49	0,8847	mesa	0,90	0,001011	0,001176	26.712,00	1.084,24	64.496,25	3.870,00	1,66	np	--	--	--	343,06	--	--	0,9802
46	65798,58	1,0743	laje	9,03	0,002149	0,003092	4.320,80	2.491,00	38.581,25	2.687,50	0,99	mesa	0,226056969	144,79	64858,07	501,44	2,55	0,31	1,4327
47	65492,68	1,0693	mesa	0,09	0,002444	0,003254	8.561,60	2.569,00	38.071,40	3.068,00	0,99	mesa	0,522424167	149,74	64931,82	465,80	2,14	0,52	1,3309
48	42895,23	0,6993	laje	6,48	0,002401	0,003243	4.741,20	1.632,08	23.416,48	1.926,88	0,99	mesa	0,306688859	95,31	38689,45	293,10	1,45	0,22	0,8374
49	114353,73	0,8847	mesa	1,29	0,001011	0,001175	26.964,00	1.045,40	71.792,97	4.268,75	1,90	np	--	--	--	343,02	--	--	0,9801
50	76924,08	1,2559	mesa	0,29	0,002512	0,002778	17.832,80	2.303,60	45.991,40	3.268,00	1,00	mesa	0,963400429	135,56	74200,79	469,44	1,73	0,95	1,3413
51	65798,58	1,0743	laje	9,03	0,002455	0,003017	7.969,80	2.287,80	38.581,25	2.687,50	0,99	mesa	0,420330082	133,36	63546,91	440,22	1,92	0,60	1,2578
52	38767,53	0,6320	laje	4,71	0,002170	0,003036	1.536,60	1.341,92	22.858,22	1.402,44	0,99	mesa	0,076083505	78,02	35248,99	279,02	1,46	0,13	0,7972
53	135787,34	0,8847	mesa	2,41	0,001011	0,001175	29.022,00	1.010,42	89.652,52	5.383,13	2,28	np	--	--	--	344,20	--	--	0,9834
54	89330,20	1,3144	mesa	1,08	0,002629	0,002877	28.800,00	2.319,60	55.863,48	4.056,20	1,03	mesa	1,674320619	140,11	86759,86	492,22	1,38	1,44	1,4063

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E\,(prev)}$ = 175,0 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje x = espessura comprimida da laje ;

3) Nos modelos 29, 33, 37, 41, 45, 49 e 53 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 38, 39, 40 e 54 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades em kN e cm.

RESULTADOS DO SISTEMA 1 - VIGA V2 - CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V2				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDOS A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
55	76924,08	1,2559	mesa	0,29	0,002871	22.270,00	1.901,64	45.991,40	3.268,00	1,0493	mesa	1,273	117,38	71898,76	407,16	1,13	1,19	1,1633
56	50244,59	0,8146	laje	6,88	0,002797	10.409,20	1.443,38	28.382,11	2.045,63	1,0070	mesa	0,592	85,50	44393,54	270,00	0,91	0,63	0,7714
57	150041,28	0,8847	mesa	2,82	0,001011	25.652,00	906,94	98.243,63	5.797,95	2,8241	np	--	--	--	302,14	--	--	0,8633
58	100526,14	1,1277	mesa	1,47	0,002255	25.466,00	1.546,90	62.484,04	4.448,00	1,5196	np	--	--	--	365,36	--	--	1,0439
59	87483,56	0,9524	mesa	0,87	0,002177	21.296,00	1.408,42	53.545,47	3.841,25	1,4870	np	--	--	--	314,74	--	--	0,8993
60	53130,10	0,7566	laje	7,17	0,002598	13.823,40	1.345,38	32.818,36	2.132,35	1,0113	mesa	0,772	80,03	46737,37	268,94	0,78	0,75	0,7684
61	132109,02	0,8847	mesa	2,11	0,001011	25.376,00	913,84	88.734,57	5.083,25	2,4641	np	--	--	--	301,58	--	--	0,8617
62	82895,89	1,3534	mesa	0,62	0,002707	26.710,00	1.857,00	51.441,25	3.590,00	1,0800	np	--	--	--	438,60	--	--	1,2531
63	74561,00	1,2173	mesa	0,25	0,002782	21.904,00	1.716,98	44.367,40	3.228,00	1,0958	np	--	--	--	390,16	--	--	1,1147
64	56309,68	0,9180	laje	8,51	0,003152	15.107,20	1.292,18	32.057,81	2.531,25	1,1308	np	--	--	--	281,12	--	--	0,8032
65	154314,73	0,8847	mesa	2,89	0,001011	25.818,00	884,48	101.158,48	5.861,45	2,9103	np	--	--	--	302,34	--	--	0,8638
66	98100,28	1,5482	mesa	1,22	0,003096	34.698,00	2.068,20	62.054,65	4.198,70	1,0786	np	--	--	--	519,54	--	--	1,4844
67	87483,56	1,4283	mesa	0,87	0,003265	27.862,00	1.992,38	53.545,47	3.841,25	1,0893	np	--	--	--	461,92	--	--	1,3198
68	65492,68	1,0677	mesa	0,09	0,003666	18.902,80	1.580,04	38.071,40	3.068,00	1,1062	np	--	--	--	332,28	--	--	0,9494
69	167491,89	0,8847	mesa	3,08	0,001011	2.625,40	830,30	110.093,53	6.051,95	6,4895	np	--	--	--	302,30	--	--	0,8637
70	107277,55	1,5482	mesa	1,37	0,003096	38.918,00	1.907,46	68.459,58	4.341,20	1,1383	np	--	--	--	526,40	--	--	1,504
71	89315,48	1,4582	mesa	0,49	0,003333	27.712,00	1.916,94	54.411,40	3.468,00	1,0671	np	--	--	--	475,46	--	--	1,3585
72	72236,32	1,1777	mesa	0,21	0,004044	21.316,00	1.752,14	42.763,40	3.188,00	1,0694	np	--	--	--	375,62	--	--	1,0732
73	180521,06	0,8847	alma	4,07	0,001011	26.706,00	787,66	119.314,33	6.242,45	4,0877	np	--	--	--	302,76	--	--	0,865
74	113621,95	1,5482	mesa	1,46	0,003096	40.010,00	1.828,52	72.848,28	4.436,20	1,1990	np	--	--	--	527,60	--	--	1,5074
75	110479,08	1,7694	mesa	1,64	0,004044	39.652,00	2.311,20	69.282,60	4.616,75	1,0735	np	--	--	--	588,46	--	--	1,6813
76	76924,08	1,2541	mesa	0,29	0,004306	23.108,00	1.890,70	45.991,40	3.268,00	1,0374	mesa	1,307	115,38	71642,17	407,28	1,15	1,18	1,1637
77	193458,88	0,8847	alma	5,57	0,001011	27.088,00	747,80	128.820,88	6.432,95	4,3758	np	--	--	--	302,94	--	--	0,8655
78	128129,04	1,5482	mesa	1,92	0,003096	41.006,00	1.757,26	81.176,04	4.898,00	1,3604	np	--	--	--	527,64	--	--	1,5075
79	113621,95	1,6343	mesa	1,46	0,003735	39.382,00	1.928,20	72.848,28	4.436,20	1,1776	np	--	--	--	532,00	--	--	1,52
80	77652,42	1,0441	mesa	0,09	0,003585	24.386,00	1.467,34	47.956,25	3.062,50	1,1347	np	--	--	--	348,44	--	--	0,9955

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E\,(prev)}$ = 175,0 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje x = espessura comprimida da laje ;

3) Nos modelos 57, 61, 65, 66, 69, 70, 73, 74, 75, 77 e 78 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 56, 58, 59, 60, 79 e 80 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades em kN e cm.

RESULTADOS DO SISTEMA 1 - VIGA V2 - CARGA ÚLTIMA OBTIDA NO ANSYS

	PREVISTO PARA/IG V2				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDOS A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNI	x	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
55	76924,08	1,2559	nes	0,29	0,002871	0,002719	22.270,00	1.901,64	45.991,40	3.268,00	1,0493	mesa	1,273	117,38	71898,76	407,16	1,13	1,19	1,1633
56	50244,59	0,8146	laje	6,88	0,002797	0,003114	4.294,80	1.825,22	28.382,11	2.045,63	0,9904	mesa	0,238	106,34	46676,41	307,56	1,23	0,53	0,8787
57	150041,28	0,8847	nes	2,82	0,001011	0,001011	25.652,00	906,94	98.243,63	5.797,95	2,8241	np	--	--	--	302,14	--	--	0,8633
58	100526,14	1,1277	nes	1,47	0,002255	0,002987	36.486,00	2.248,80	62.484,04	4.448,00	1,0527	np	--	--	--	511,70	--	--	1,462
59	87483,56	0,9524	les	0,87	0,002177	0,003134	22.988,00	2.617,40	53.545,47	3.841,25	0,9930	mesa	1,242	152,89	86527,33	481,98	1,27	1,48	1,3771
60	53130,10	0,7566	je	7,17	0,002598	0,002864	7.534,00	1.741,12	32.818,36	2.132,35	0,9905	mesa	0,408	101,44	49241,92	306,56	1,09	0,66	0,8759
61	132109,02	0,8847	ns	2,11	0,001011	0,001175	29.112,00	974,44	88.734,57	5.083,25	2,2145	np	--	--	--	342,82	--	--	0,9795
62	82895,89	1,3534	ns	0,62	0,002707	0,002997	22.396,00	2.353,40	51.441,25	3.590,00	1,0052	mesa	1,224	139,16	80636,67	504,14	1,81	1,07	1,4404
63	74561,00	1,2173	ns	0,25	0,002782	0,003726	11.074,40	2.653,40	44.367,40	3.228,00	0,9896	mesa	0,602	154,46	74255,99	531,94	2,44	0,6	1,5198
64	56309,68	0,9180	je	8,51	0,003152	0,004797	7.986,00	2.065,40	32.057,81	2.531,25	0,9901	mesa	0,486	120,29	53018,83	416,20	2,16	0,22	1,1891
65	154314,73	0,8847	ns	2,89	0,001011	0,001175	29.444,00	936,44	101.158,48	5.861,45	2,6311	np	--	--	--	342,82	--	--	0,9795
66	98100,28	1,5482	ns	1,22	0,003096	0,003061	34.758,00	2.063,80	62.054,65	4.198,70	1,0788	np	--	--	--	519,54	--	--	1,4844
67	87483,56	1,4283	ns	0,87	0,003265	0,003617	23.802,00	2.504,20	53.545,47	3.841,25	1,0104	mesa	1,311	148,84	85984,47	531,84	1,87	1,17	1,5195
68	65492,68	1,0677	ns	0,09	0,003666	0,004882	12.911,20	2.301,00	38.071,40	3.068,00	0,9888	mesa	0,793	133,84	62980,88	442,68	1,97	0,56	1,2648
69	167491,89	0,8847	ns	3,08	0,001011	0,001175	30.118,00	908,64	110.093,53	6.051,95	3,3920	np	--	--	--	346,06	--	--	0,9887
70	107277,55	1,5482	ns	1,37	0,003096	0,003096	38.918,00	1.907,46	68.459,58	4.341,20	1,1383	np	--	--	--	526,40	--	--	1,504
71	89315,48	1,4582	ns	0,49	0,003333	0,003706	21.686,00	2.444,58	54.411,40	3.468,00	0,9971	mesa	1,03	143,39	87175,60	546,20	1,97	1,15	1,5606
72	72236,32	1,1777	ns	0,21	0,004044	0,004461	16.203,80	2.287,00	42.763,40	3.188,00	0,9929	mesa	0,917	133,58	69432,71	430,66	1,52	0,94	1,2305
73	180521,06	0,8847	ana	4,07	0,001011	0,001176	30.422,00	852,08	119.314,33	6.242,45	3,6667	np	--	--	--	345,18	--	--	0,9862
74	113621,95	1,5482	ns	1,46	0,003096	0,003096	40.010,00	1.828,52	72.848,28	4.436,20	1,1990	np	--	--	--	527,60	--	--	1,5074
75	110479,08	1,7694	ns	1,64	0,004044	0,003950	39.652,00	2.311,20	69.282,60	4.616,75	1,0735	np	--	--	--	588,46	--	--	1,6813
76	76924,08	1,2541	ns	0,29	0,004306	0,004097	23.108,00	1.890,70	45.991,40	3.268,00	1,0374	mesa	1,307	115,38	71642,17	407,28	1,15	1,18	1,1637
77	193458,88	0,8847	ana	5,57	0,001011	0,001176	30.902,00	811,12	128.820,88	6.432,95	3,9151	np	--	--	--	345,74	--	--	0,9878
78	128129,04	1,5482	ns	1,92	0,003096	0,003096	41.006,00	1.757,26	81.176,04	4.898,00	1,3604	np	--	--	--	527,64	--	--	1,5075
79	113621,95	1,6343	ns	1,46	0,003735	0,004096	41.762,00	2.341,40	72.848,28	4.436,20	1,0354	mesa	2,012	142,61	110583,16	610,32	1,56	1,93	1,7438
80	77652,42	1,0441	ns	0,09	0,003585	0,003906	21.618,00	1.946,94	47.956,25	3.062,50	1,0106	mesa	1,095	115,74	72888,85	403,92	1,05	1,26	1,1541

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = ?kN/c^2, f_y = 25 kN/cm^2, t_c = 10 cm, $b_{E\,(prev)}$ = 175,0 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje x = espessura comprimida da laje ;

3) Nos modelos 57, 61, 65, 66, 69, 71, 73, 74, 75, 77 e 78 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 56, 58, 59, 60, 69 e 70 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades em kN e cm.

SISTEMA 2 - RESULTADO VIGA V1 - ANSYS CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V1				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	c	q_v
1	32879,79	0,2311	mesa	0,77	0,001423	7.426,00	636,82	20.464,74	1.740,25	1,5345	np	--	--	--	78,09	--	--	0,2231
2	32879,79	0,2311	mesa	0,77	0,001423	7.417,70	658,11	20.464,74	1.740,25	1,5075	np	--	--	--	109,76	--	--	0,3136
3	24949,87	0,1544	mesa	0,89	0,001337	4.262,80	586,77	14.559,13	1.820,00	1,7913	np	--	--	--	60,07	--	--	0,1716
4	24949,87	0,1544	mesa	0,89	0,001337	4.768,80	653,40	14.559,13	1.820,00	1,6054	np	--	--	--	78,29	--	--	0,2237
5	17012,08	0,1029	laje	9,92	0,001374	2.592,60	457,42	8.492,89	1.211,88	1,6002	np	--	--	--	40,55	--	--	0,1158
6	17012,08	0,1029	laje	9,92	0,001374	2.637,60	467,51	8.492,89	1.211,88	1,5686	np	--	--	--	48,69	--	--	0,1391
7	24152,99	0,2394	laje	9,85	0,001474	5.080,70	714,19	13.262,21	1.203,25	1,1356	np	--	--	--	70,93	--	--	0,2026
8	24152,99	0,2394	laje	9,85	0,001474	4.589,80	764,26	13.262,21	1.203,25	1,1187	np	--	--	--	127,95	--	--	0,3656
9	16040,64	0,1630	laje	7,25	0,001411	2.830,90	560,46	8.017,46	884,93	1,0985	np	--	--	--	58,20	--	--	0,1663
10	16040,64	0,1630	laje	7,25	0,001411	2.779,70	566,69	8.017,46	884,93	1,0962	np	--	--	--	71,25	--	--	0,2036
11	10744,49	0,1037	laje	5,21	0,001384	1.861,90	382,94	4.840,21	635,91	1,0920	np	--	--	--	30,13	--	--	0,0861
12	10744,49	0,1037	laje	5,21	0,001384	1.775,00	395,02	4.840,21	635,91	1,0872	np	--	--	--	45,38	--	--	0,1297
13	17167,81	0,2803	laje	7,50	0,001726	49,00	930,64	9.295,19	915,56	1,0000	laje	7,4978	71,83	17167,81	81,95	0,0957	0,372	0,2341
14	17167,81	0,2062	laje	7,50	0,001270	2.521,20	666,80	9.295,19	915,56	1,0510	np	--	--	--	105,00	--	--	0,3
15	11237,52	0,1835	laje	5,30	0,001589	898,05	537,45	5.161,13	647,79	1,0317	mesa	0,1382	32,617	9367,36	57,35	0,1967	0,131	0,1639
16	11237,52	0,1835	laje	5,30	0,001589	841,50	545,15	5.161,13	647,79	1,0285	mesa	0,1291	32,981	9402,50	74,60	0,392	0,034	0,2131
17	8440,10	0,1174	laje	4,72	0,001568	646,90	468,31	3.324,65	576,54	1,0265	mesa	0,142	28,277	6554,59	40,42	0,1409	0,090	0,1155
18	8440,10	0,1174	laje	4,72	0,001568	586,50	479,45	3.324,65	576,54	1,0222	mesa	0,1281	28,829	6607,95	49,35	0,2403	0,041	0,141
19	55118,49	0,2939	mesa	1,81	0,001810	10.771,00	616,71	35.884,13	2.445,00	2,0989	np	--	--	--	101,82	--	--	0,2909
20	55118,49	0,2939	mesa	1,81	0,001810	10.648,00	637,68	35.884,13	2.445,00	2,0737	np	--	--	--	117,21	--	--	0,3349
21	33065,60	0,2152	mesa	0,55	0,001863	7.050,10	572,83	19.707,89	1.591,88	1,5915	np	--	--	--	83,19	--	--	0,2377
22	33065,60	0,2152	mesa	0,55	0,001863	7.119,60	579,70	19.707,89	1.591,88	1,5741	np	--	--	--	95,01	--	--	0,2714
23	22377,34	0,1704	laje	9,53	0,002275	5.261,50	541,96	12.078,96	1.163,25	1,2540	np	--	--	--	65,98	--	--	0,1885
24	22377,34	0,1704	laje	9,53	0,002275	5.337,60	551,59	12.078,96	1.163,25	1,2338	np	--	--	--	74,70	--	--	0,2134
25	35544,84	0,4229	mesa	0,49	0,002604	não rodou		21.805,16	1.553,75									
26	35544,84	0,4060	mesa	0,49	0,002500	não rodou		21.805,16	1.553,75									
27	25065,92	0,2844	mesa	0,00	0,002462	4.048,60	851,88	13.868,83	1.223,25	1,0954	np	--	--	--	90,79	--	--	0,2594

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 25 a laje é menos resistente;

4) nos modelos 13, 15 e 16 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos modelos 14 e 26 a viga V3 é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 - RESULTADO VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V1				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1	32879,79	0,2311	mesa	0,77	0,001423	0,001840	10.064,00	832,52	20.464,74	1.740,25	1,1548	np	--	--	--	103,21	--	--	0,29489
2	32879,79	0,2311	mesa	0,77	0,001423	0,001655	8.800,70	784,99	20.464,74	1.740,25	1,2668	np	--	--	--	147,72	--	--	0,42206
3	24949,87	0,1544	mesa	0,89	0,001337	0,002263	4.987,70	1.226,20	14.559,13	1.820,00	1,0585	np	--	--	--	92,82	--	--	0,26519
4	24949,87	0,1544	mesa	0,89	0,001337	0,002287	4.338,70	1.314,60	14.559,13	1.820,00	1,0452	mesa	0,6606	80,828	26824,00	125,62	0,12183	0,596	0,35891
5	17012,08	0,1029	laje	9,92	0,001374	0,002522	219,20	1.220,20	8.492,89	1.211,88	1,0000	laje	9,9244	71,83	17012,08	72,34	-0,0065	0,41986	0,20669
6	17012,08	0,1029	laje	9,92	0,001374	0,002429	615,30	1.158,30	8.492,89	1.211,88	0,9876	mesa	0,1006	67,293	17285,56	91,81	0,20256	0,32204	0,2623
7	24152,99	0,2394	laje	9,85	0,001474	0,001474	5.080,70	714,19	13.262,21	1.203,25	1,1356	np	--	--	--	70,93	--	--	0,20265
8	24152,99	0,2394	laje	9,85	0,001474	0,001474	4.589,80	764,26	13.262,21	1.203,25	1,1187	np	--	--	--	127,95	--	--	0,36557
9	16040,64	0,1630	laje	7,25	0,001411	0,001989	52,30	902,56	8.017,46	884,93	1,0000	laje	7,2469	71,83	16040,64	74,10	0,06123	0,36222	0,21172
10	16040,64	0,1630	laje	7,25	0,001411	0,001989	55,70	903,18	8.017,46	884,93	1,0000	laje	7,2469	71,83	16040,64	99,15	0,34746	0,2191	0,28328
11	10744,49	0,1037	laje	5,21	0,001384	0,001950	21,90	645,54	4.840,21	635,91	1,0000	laje	5,2077	71,83	10744,49	49,69	0,0416	0,24233	0,14197
12	10744,49	0,1037	laje	5,21	0,001384	0,001950	965,50	646,02	4.840,21	635,91	1,0000	laje	5,2077	71,83	10744,49	60,88	0,16953	0,17836	0,17395
13	17167,81	0,2803	laje	7,50	0,001726	0,001648	49,00	930,64	9.295,19	915,56	1,0000	laje	7,4978	71,83	17167,81	81,95	0,0957	0,37259	0,23414
14	17167,81	0,2062	laje	7,50	0,001270	0,001270	2.512,20	666,80	9.295,19	915,56	1,0519	np	--	--	--	105,00	--	--	0,3
15	11237,52	0,1835	laje	5,30	0,001589	0,002054	39,00	659,93	5.161,13	647,79	1,0000	laje	5,3049	71,83	11237,52	68,29	0,23005	0,16018	0,19511
16	11237,52	0,1835	laje	5,30	0,001589	0,002054	41,50	660,31	5.161,13	647,79	1,0000	laje	5,3049	71,83	11237,52	93,44	0,51743	0,01649	0,26696
17	8440,10	0,1174	laje	4,72	0,001568	0,001829	12,60	585,41	3.324,65	576,54	1,0000	laje	4,7214	71,83	8440,10	47,24	0,12647	0,14346	0,13497
18	8440,10	0,1174	laje	4,72	0,001568	0,002027	33,80	588,82	3.324,65	576,54	1,0000	laje	4,7214	71,83	8440,10	67,85	0,36201	0,02569	0,19385
19	55118,49	0,2939	mesa	1,81	0,001810	0,002104	13.000,00	713,58	35.884,13	2.445,00	1,7770	np	--	--	--	119,91	--	--	0,3426
20	55118,49	0,2939	mesa	1,81	0,001810	0,001810	10.648,00	637,68	35.884,13	2.445,00	2,0737	np	--	--	--	117,21	--	--	0,33489
21	33065,60	0,2152	mesa	0,55	0,001863	0,002625	7.864,80	923,56	19.707,89	1.591,88	1,1392	np	--	--	--	110,87	--	--	0,31677
22	33065,60	0,2152	mesa	0,55	0,001863	0,002625	7.649,40	943,29	19.707,89	1.591,88	1,1340	np	--	--	--	128,07	--	--	0,36591
23	22377,34	0,1704	laje	9,53	0,002275	0,003206	1.800,60	1.003,00	12.078,96	1.163,25	1,0271	mesa	0,1971	60,601	21727,34	81,49	-0,1329	0,59854	0,23283
24	22377,34	0,1704	laje	9,53	0,002275	0,003206	1.600,80	1.025,00	12.078,96	1.163,25	1,0203	mesa	0,1739	61,521	21821,57	96,73	0,03667	0,51607	0,27637
25	35544,84	0,4229	mesa	0,49	0,002604	0,001790	9.366,70	648,49	21.805,16	1.553,75	1,3453	np	--	--	--	97,63	--	--	0,27895
26	35544,84	0,4060	mesa	0,49	0,002500	0,001688	8.660,70	635,42	21.805,16	1.553,75	1,4083	np	--	--	--	138,34	--	--	0,39526
27	25065,92	0,2844	mesa	0,00	0,002462	0,002462	4.048,60	851,88	13.868,83	1.223,25	1,0954	np	--	--	--	90,79	--	--	0,2594

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 25 a laje é menos resistente;

4) nos modelos 13, 15 e 16 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos modelos 14 e 26 a viga V3 é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 - RESULTADO VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V1				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
28	25065,92	0,2844	mesa	0,00	0,002462	0,002862	1.255,40	1.133,00	13.868,83	1.223,25	1,0074	mesa	0,1213	67,138	25009,56	124,93	0,2028	0,5111	0,3569
29	16265,15	0,1610	laje	6,80	0,002150	0,002779	287,10	817,77	8.571,48	829,75	1,0000	laje	6,795	71,83	16265,15	64,32	-0,0616	0,4291	0,1838
30	16265,15	0,1610	laje	6,80	0,002150	0,002779	114,10	837,68	8.571,48	829,75	1,0000	laje	6,795	71,83	16265,15	83,57	0,1584	0,3191	0,2388
31	24735,10	0,4039	laje	9,26	0,002487	0,001910	3.096,30	881,40	14.084,42	1.131,08	1,0563	np	--	--	--	79,75			0,2278
32	24735,10	0,2785	laje	9,26	0,001715	0,001696	3.951,30	803,22	14.084,42	1.131,08	1,0818	np	--	--	--	145,21	--	--	0,4149
33	18477,89	0,3017	laje	8,23	0,002612	0,002612	1.161,60	899,62	9.812,12	1.005,08	1,0121	mesa	0,1401	53,558	17445,76	91,11	0,1868	0,3339	0,2603
34	18477,89	0,3017	laje	8,23	0,002612	0,002532	1.476,20	864,71	9.812,12	1.005,08	1,0218	mesa	0,1801	51,973	17283,68	110,86	0,4204	0,2131	0,3167
35	12276,64	0,2004	laje	6,11	0,002676	0,002676	481,20	696,05	5.812,82	746,63	0,9996	mesa	0,0753	40,929	10825,20	59,78	0,153	0,1886	0,1708
36	12276,64	0,2004	laje	6,11	0,002676	0,002676	386,60	709,06	5.812,82	746,63	0,9957	mesa	0,0602	41,528	10884,45	76,38	0,3398	0,0967	0,2182
37	87390,03	0,4229	alma	12,65	0,002604	0,002604	18.822,00	656,79	62.825,18	4.072,50	3,2007	np	--	--	--	145,67	--	--	0,4162
38	87390,03	0,4229	alma	12,65	0,002604	0,002604	18.707,00	688,82	62.825,18	4.072,50	3,1510	np	--	--	--	155,33	--	--	0,4438
39	61344,23	0,3897	alma	5,65	0,003374	0,003271	14.594,00	798,61	41.640,11	3.230,70	1,9655	np	--	--	--	142,98	--	--	0,4085
40	61344,23	0,3897	alma	5,65	0,003374	0,002278	8.957,80	555,70	41.640,11	3.230,70	3,0135	np	--	--	--	105,10			0,3003
41	38544,02	0,2659	mesa	1,35	0,003550	0,004127	13.395,00	852,23	24.440,38	2.132,50	1,2086	np	--	--	--	138,39	--	--	0,3954
42	38544,02	0,2659	mesa	1,35	0,003550	0,004127	13.549,00	864,27	24.440,38	2.132,50	1,1934	np	--	--	--	149,75	--	--	0,4279
43	70801,61	0,4229	alma	9,15	0,002604	0,002604	18.542,00	756,16	49.260,49	3.678,75	2,5663	np	--	--	--	144,99	--	--	0,4143
44	70801,61	0,4229	alma	9,15	0,002604	0,002604	18.200,00	800,16	49.260,49	3.678,75	2,5318	np	--	--	--	156,89	--	--	0,4483
45	43203,42	0,5044	mesa	1,49	0,004367	0,002945	10.630,00	774,25	27.709,44	2.226,25	1,5583	np	--	--	--	120,61			0,3446
46	43203,42	0,5044	mesa	1,49	0,004367	0,002945	10.599,00	749,31	27.709,44	2.226,25	1,5876	np	--	--	--	135,88			0,3882
47	26989,72	0,3411	mesa	0,26	0,004554	0,004140	5.955,20	858,58	15.910,16	1.393,75	1,1022	np	--	--	--	101,31	--	--	0,2895
48	26989,72	0,3411	mesa	0,26	0,004554	0,004140	5.863,30	870,15	15.910,16	1.393,75	1,0977	np	--	--	--	110,84	--	--	0,3167
49	53367,21	0,4229	alma	3,65	0,002604	0,002604	17.751,00	900,31	35.368,71	3.040,70	1,4719	np	--	--	--	143,93	--	--	0,4112
50	53367,21	0,4229	alma	3,65	0,002604	0,001759	12.628,00	862,33	35.368,71	3.040,70	1,8076	np	--	--	--	139,51	--	--	0,3986
51	33654,39	0,5494	mesa	1,41	0,004757	0,003212	10.449,00	987,36	20.382,53	2.170,50	1,1796	np	--	--	--	130,30			0,3723
52	33654,39	0,5494	mesa	1,41	0,004757	0,003212	10.447,00	992,80	20.382,53	2.170,50	1,1764	np	--	--	--	152,43			0,4355
53	19212,02	0,3137	laje	8,36	0,004188	0,003807	2.902,10	731,25	10.318,60	1.020,83	1,0660	np	--	--	--	75,39	--	--	0,2154
54	19212,02	0,3137	laje	8,36	0,004188	0,003807	2.787,00	743,77	10.318,60	1.020,83	1,0622	np	--	--	--	91,47	--	--	0,2614

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 37, 38, 43, 44, 49 e 50 a laje é menos resistente;

4) nos modelos 13, 15, 16, 31, 33, 34, 35, 36, 51, 52, 53 e 54 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos modelos 26 e 32 a viga V3 é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5 - RESULTADO VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V1					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1A	37274,96	0,2631	mesa	0,23	71,83	0,001620	0,002605	5.266,50	1.303,00	20.464,74	1.740,25	1,0555	np	--	--	--	119,59	--	--	0,3417
5A	14148,04	0,0898	mesa	0,56	61,50	0,001199	0,002029	1.664,90	999,92	8.492,89	1.211,88	1,0202	mesa	0,2841	75,009	15481,75	62,40	-0,045	0,402	0,1783
13A	19914,50	0,3251	laje	7,50	71,83	0,002002	0,002002	357,21	895,63	9.295,19	915,56	1,0000	laje	7,4978	71,83	19914,50	100,68	0,175	0,4	0,2877
17A	7058,41	0,1070	laje	5,51	61,50	0,001428	0,001428	427,39	509,37	3.324,65	576,54	1,0100	mesa	0,092	37,828	6231,54	39,41	0,145	0,08	0,1126
37A	96802,06	0,6777	alma	9,39	71,83	0,004173	0,002754	15.329,00	790,46	62.825,18	4.072,50	2,7435	np	--	--	--	150,95	--	--	0,4313
41A	35090,35	0,2346	alma	2,12	61,50	0,003132	0,003641	13.471,00	654,17	24.440,38	2.132,50	1,3510	np	--	--	--	120,74	--	--	0,345
49A	58925,52	0,7147	mesa	2,15	71,83	0,004401	0,002905	14.111,00	1.108,30	35.368,71	3.040,70	1,5056	np	--	--	--	155,07	--	--	0,4431
53A	16591,13	0,2708	mesa	0,27	61,50	0,003616	0,003074	4.605,60	545,95	10.318,60	1.020,83	1,1235	np	--	--	--	71,85	--	--	0,2053

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm^2, f_y = 25 kN/cm^2;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 13A e 53A a viga V1 é menos resistente;

4) No modelo 49A a laje é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6 - RESULTADOS VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V1					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1B	32880,12	0,4229	mesa	0,77	0,769	0,002604	NÃO RODOU		20.464,74	1.740,25									
1C	32880,12	0,1036	mesa	0,77	0,769	0,000638	3.188,50	292,21	20.464,74	1.740,25	3,4433	np	--	--	--	34,99	--	--	0,09997
5B	17012,35	0,1719	laje	9,92	9,9239	0,002295	3.204,20	759,09	8.492,89	1.211,88	1,0752	np	--	--	--	66,74	--	--	0,19069
5C	17012,35	0,0499	laje	9,92	9,9239	0,000666	1.252,00	226,65	8.492,89	1.211,88	3,2631	np	--	--	--	21,49	--	--	0,06139
13B	26012,16	0,3180	mesa	0,80	0,7963	0,001958	NÃO RODOU		16.522,08	3.439,44									
13C	8014,60	0,1309	laje	2,25	2,2508	0,000806	1.378,40	168,65	4.923,19	236,60	1,0555	np	--	--	--	12,19	--	--	0,03482
17B	8440,16	0,1378	laje	4,72	4,7212	0,001840	1.158,60	373,77	3.324,65	576,54	1,0628	np	--	--	--	43,51	--	--	0,12431
17C	8440,16	0,0555	laje	4,72	4,7212	0,000741	754,52	206,98	3.324,65	576,54	1,8181	np	--	--	--	20,23	--	--	0,05779
41B	38544,38	0,5012	mesa	1,35	1,3501	0,006692	NÃO RODOU		24.440,38	2.132,50									
41C	38544,38	0,1180	mesa	1,35	1,3501	0,001576	4.132,70	321,36	24.440,38	2.132,50	3,5467	np	--	--	--	49,82	--	--	0,14233
53B	29608,12	0,3666	alma	2,02	2,0175	0,004895	NÃO RODOU		18.602,47	3.922,06									
53C	8918,70	0,1456	laje	2,44	2,4395	0,001944	2.167,20	147,33	5.373,04	256,43	1,1075	np	--	--	--	30,96	--	--	0,08846

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 1B a laje é menos resistente;

4) No modelo 13C, 17B E 53C a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6 - RESULTADOS VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V1					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1B	32880,12	0,4229	mesa	0,77	0,769	0,002604	0,001719	8.779,40	741,50	20.464,74	1.740,25	1,3089	np	--	--	--	92,70	--	--	0,2649
1C	32880,12	0,1036	mesa	0,77	0,769	0,000638	0,001373	8.379,30	680,71	20.464,74	1.740,25	1,4007	np	--	--	--	82,98	--	--	0,2371
5B	17012,35	0,1719	laje	9,92	9,924	0,002295	0,002967	230,97	1.220,90	8.492,89	1.211,88	1,0000	laje	9,9239	71,833	17012,35	80,55	0,0873	0,373	0,2301
5C	17012,35	0,0499	laje	9,92	9,924	0,000666	0,002248	134,67	1.233,70	8.492,89	1.211,88	1,0000	laje	9,9239	71,833	17012,35	80,22	0,0835	0,3749	0,2292
13B	26012,16	0,3180	mesa	0,80	0,796	0,001958	0,001292	5.214,20	990,06	16.522,08	3.439,44	1,8056	np	--	--	--	79,11	--	--	0,226
13C	8014,60	0,1309	laje	2,25	2,251	0,000806	0,001364	63,05	241,20	4.923,19	236,60	1,0000	laje	2,2508	61,833	8014,60	13,35	-0,24	0,3163	0,0381
17B	8440,16	0,1378	laje	4,72	4,721	0,001840	0,002379	170,43	556,92	3.324,65	576,54	0,9918	mesa	0,0359	32,49	6959,69	58,51	0,3277	0,0066	0,1672
17C	8440,16	0,0555	laje	4,72	4,721	0,000741	0,001667	27,47	588,06	3.324,65	576,54	1,0000	laje	4,7212	71,833	8440,16	58,19	0,2517	0,0809	0,1663
41B	38544,38	0,5012	mesa	1,35	1,35	0,006692	0,004417	12.177,00	769,77	24.440,38	2.132,50	1,3335	np	--	--	--	130,88	--	--	0,3739
41C	38544,38	0,1180	mesa	1,35	1,35	0,001576	0,003349	12.907,00	856,94	24.440,38	2.132,50	1,2292	np	--	--	--	133,44	--	--	0,3813
53B	29608,12	0,3666	alma	2,02	2,017	0,004895	0,003231	4.740,70	824,39	18.602,47	3.922,06	2,4528	np	--	--	--	82,63	--	--	0,2361
53C	8918,70	0,1456	laje	2,44	2,439	0,001944	0,003290	290,97	246,37	5.373,04	256,43	0,9956	mesa	0,0637	14,428	7966,40	47,02	0,1472	0,1215	0,1343

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 1B a laje é menos resistente;

4) No modelo 13C, 17B E 53C a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 - RESULTADO VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V2				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1	49050,27	0,8009	laje	7,60	0,001423	6.594,00	1.749,84	28.108,74	2.260,25	1,0361	mesa	0,45	106,65	45198,98	201,72	0,0915	1,0611	0,5763
2	49050,27	0,8009	laje	7,60	0,001423	5.737,00	1.823,92	28.108,74	2.260,25	1,0280	mesa	0,39	110,29	45620,00	386,02	2,1772	0,0286	1,1029
3	32851,44	0,5363	laje	5,45	0,001337	6.176,20	1.050,00	17.643,23	1.620,13	1,0557	np	--	--	--	150,57	--	--	0,4302
4	32851,44	0,5363	laje	5,45	0,001337	5.485,20	1.120,22	17.643,23	1.620,13	1,0455	mesa	0,45	68,90	27436,86	203,64	0,9835	0,1802	0,5818
5	21797,11	0,3559	laje	3,96	0,001374	4.583,00	662,34	10.606,78	1.176,81	1,0612	np	--	--	--	76,72	--	--	0,2192
6	21797,11	0,3559	laje	3,96	0,001374	4.499,40	671,54	10.606,78	1.176,81	1,0604	np	--	--	--	102,45	--	--	0,2927
7	50827,63	0,8296	laje	6,24	0,001474	5.300,40	1.549,42	30.680,11	1.856,38	1,0258	mesa	0,27	93,49	46779,54	263,86	0,7243	0,7835	0,7539
8	50827,63	0,8296	laje	6,24	0,001474	2.488,00	1.734,96	30.680,11	1.856,38	0,9998	mesa	0,12	102,04	47699,71	439,96	2,6918	-0,1777	1,2570
9	34671,17	0,5660	laje	4,84	0,001411	5.313,00	1.029,16	19.032,14	1.439,83	1,0629	np	--	--	--	195,01	--	--	0,5572
10	34671,17	0,5660	laje	4,84	0,001411	5.172,60	1.040,74	19.032,14	1.439,83	1,0607	np	--	--	--	227,20	--	--	0,6491
11	21958,59	0,3585	laje	3,22	0,001384	3.911,60	609,76	11.221,03	959,41	1,0874	np	--	--	--	86,65	--	--	0,2476
12	21958,59	0,3585	laje	3,22	0,001384	3.762,20	623,52	11.221,03	959,41	1,0834	np	--	--	--	119,69	--	--	0,3420
13	67480,85	0,9714	laje	8,48	0,001726	9.036,00	1.987,44	41.258,55	2.521,50	1,0409	mesa	0,45	121,69	106688,40	471,10	0,1584	2,5336	1,3460
14	67480,85	0,7148	laje	8,48	0,001270	17.071,00	1.441,52	41.258,55	2.521,50	1,1095	np	--	--	--	488,16	--	--	1,3947
15	49050,27	0,6373	laje	7,60	0,001589	8.732,20	1.563,16	28.108,74	2.260,25	1,0573	np	--	--	--	269,82	--	--	0,7709
16	49050,27	0,6373	laje	7,60	0,001589	8.405,40	1.591,46	28.108,74	2.260,25	1,0542	np	--	--	--	291,56	--	--	0,8330
17	24979,19	0,4061	laje	3,38	0,001568	2.762,40	791,70	13.187,35	1.006,91	1,0488	mesa	0,18	48,85	20923,16	136,51	0,5353	0,2448	0,3900
18	24979,19	0,4061	laje	3,38	0,001568	2.538,00	810,50	13.187,35	1.006,91	1,0434	mesa	0,16	49,74	21010,20	148,73	0,6707	0,1792	0,4249
19	62406,39	1,0187	laje	7,13	0,001810	6.820,20	1.746,86	37.430,00	2.120,00	1,0365	mesa	0,31	106,50	58531,01	201,46	-0,5644	1,7156	0,5756
20	62406,39	1,0187	laje	7,13	0,001810	5.365,20	1.838,62	37.430,00	2.120,00	1,0226	mesa	0,24	110,60	58974,90	297,40	0,5103	1,1891	0,8497
21	45769,41	0,7472	laje	6,64	0,001863	8.131,60	1.328,00	25.367,11	1.974,38	1,0795	np	--	--	--	194,73	--	--	0,5564
22	45769,41	0,7472	laje	6,64	0,001863	7.944,00	1.343,98	25.367,11	1.974,38	1,0770	np	--	--	--	247,64	--	--	0,7075
23	36092,23	0,5892	laje	6,08	0,002275	7.760,80	1.044,18	18.747,73	1.808,13	1,0913	np	--	--	--	131,93	--	--	0,3769
24	36092,23	0,5892	laje	6,08	0,002275	7.646,40	1.055,92	18.747,73	1.808,13	1,0896	np	--	--	--	159,93	--	--	0,4569
25	91212,19	1,4655	mesa	0,28	0,002604	não rodou		57.425,00	3.250,00									
26	91212,19	1,4070	mesa	0,28	0,002500	não rodou		57.425,00	3.250,00									
27	60472,87	0,9875	laje	8,16	0,002462	8.125,80	1.900,88	36.310,55	2.426,50	1,0398	mesa	0,45	116,26	57080,91	309,64	0,7429	1,0264	0,8847

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 175,0 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 25 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 13, 15 e 16 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos modelos 14 e 26 a viga V3 é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 - RESULTADO VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V2				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1	49050,27	0,8009	laje	7,60	0,001423	0,001840	174,80	2.313,60	28.108,74	2.260,25	1,0000	laje	7,60	175,00	49050,27	207,92	-0,0262	1,2143	0,5941
2	49050,27	0,8009	laje	7,60	0,001423	0,001654	550,60	2.275,40	28.108,74	2.260,25	1,0000	laje	7,60	175,00	49050,27	380,14	1,9420	0,2302	1,0861
3	32851,44	0,5363	laje	5,45	0,001337	0,002263	99,60	1.650,10	17.643,23	1.620,13	1,0000	laje	5,45	175,00	32851,44	194,05	0,6086	0,5002	0,5544
4	32851,44	0,5363	laje	5,45	0,001337	0,002287	116,76	1.652,16	17.643,23	1.620,13	1,0000	laje	5,45	175,00	32851,44	279,60	1,5864	0,0113	0,7989
5	21797,11	0,3559	laje	3,96	0,001374	0,002522	49,00	1.193,42	10.606,78	1.176,81	1,0000	laje	3,96	175,00	21797,11	107,02	0,1555	0,4560	0,3058
6	21797,11	0,3559	laje	3,96	0,001374	0,002429	46,40	1.192,30	10.606,78	1.176,81	1,0000	laje	3,96	175,00	21797,11	159,54	0,7557	0,1560	0,4558
7	50827,63	0,8296	laje	6,24	0,001474	0,001474	5.300,40	1.549,42	30.680,11	1.856,38	1,0258	mesa	0,27	93,49	46779,54	263,86	0,7243	0,7835	0,7539
8	50827,63	0,8296	laje	6,24	0,001474	0,001474	2.488,00	1.734,96	30.680,11	1.856,38	0,9998	mesa	0,12	102,04	47699,71	439,96	2,6918	-0,1777	1,2570
9	34671,17	0,5660	laje	4,84	0,001411	0,001989	131,60	1.466,00	19.032,14	1.439,83	1,0000	laje	4,84	175,00	34671,17	237,80	1,0195	0,3393	0,6794
10	34671,17	0,5660	laje	4,84	0,001411	0,001989	143,00	1.466,98	19.032,14	1.439,83	1,0000	laje	4,84	175,00	34671,17	299,60	1,7258	-0,0138	0,8560
11	21958,59	0,3585	laje	3,22	0,001384	0,001950	56,20	970,86	11.221,03	959,41	1,0000	laje	3,22	175,00	21958,59	129,83	0,4082	0,3337	0,3709
12	21958,59	0,3585	laje	3,22	0,001384	0,001950	53,60	971,72	11.221,03	959,41	1,0000	laje	3,22	175,00	21958,59	161,43	0,7694	0,1530	0,4612
13	67480,85	0,9714	laje	8,48	0,001726	0,001648	9.035,00	1.987,44	41.258,55	2.521,50	1,0409	mesa	0,45	121,69	106688,40	471,10	0,1584	2,5336	1,3460
14	67480,85	0,7148	laje	8,48	0,001270	0,001270	17.071,00	1.441,52	41.258,55	2.521,50	1,1095	np	--	--	--	488,16	--	--	1,3947
15	49050,27	0,6373	laje	7,60	0,001589	0,002054	163,54	2.311,00	28.108,74	2.260,25	1,0000	laje	7,60	175,00	49050,27	332,12	1,3932	0,5046	0,9489
16	49050,27	0,6373	laje	7,60	0,001589	0,002054	168,60	2.312,80	28.108,74	2.260,25	1,0000	laje	7,60	175,00	49050,27	372,42	1,8538	0,2743	1,0641
17	24979,19	0,4061	laje	3,38	0,001568	0,001829	449,80	983,14	13.187,35	1.006,91	1,0000	laje	3,38	175,00	24979,19	153,35	0,5291	0,3472	0,4381
18	24979,19	0,4061	laje	3,38	0,001568	0,002027	145,40	1.027,18	13.187,35	1.006,91	1,0000	laje	3,38	175,00	24979,19	183,18	0,8700	0,1768	0,5234
19	62406,39	1,0187	laje	7,13	0,001810	0,002104	352,60	2.162,60	37.430,00	2.120,00	1,0000	laje	7,13	175,00	62406,39	194,44	-0,8345	1,9456	0,5555
20	62406,39	1,0187	laje	7,13	0,001810	0,001810	5.365,20	1.838,62	37.430,00	2.120,00	1,0226	mesa	0,24	110,60	58974,90	297,40	0,5103	1,1891	0,8497
21	45769,41	0,7472	laje	6,64	0,001863	0,002625	139,60	2.014,80	25.367,11	1.974,38	1,0000	laje	6,64	175,00	45769,41	237,92	0,4773	0,8822	0,6798
22	45769,41	0,7472	laje	6,64	0,001863	0,002625	141,60	2.015,60	25.367,11	1.974,38	1,0000	laje	6,64	175,00	45769,41	308,60	1,2851	0,4783	0,8817
23	36092,23	0,5892	laje	6,08	0,002275	0,003206	1.554,80	1.696,04	18.747,73	1.808,13	0,9956	mesa	0,12	99,32	32921,55	159,91	0,2150	0,6987	0,4569
24	36092,23	0,5892	laje	6,08	0,002275	0,003206	1.261,60	1.726,40	18.747,73	1.808,13	0,9914	mesa	0,10	100,68	33066,56	200,16	0,6680	0,4758	0,5719
25	91212,19	1,4655	mesa	0,28	0,002604	0,001790	29.228,00	1.508,84	57.425,00	3.250,00	0,9734	0,0000	0,00	86,40	118234,38	438,70			0,0000
26	91212,19	1,4070	mesa	0,28	0,002500	0,001688	30.009,00	1.453,08	57.425,00	3.250,00	1,1718	np	--	--	--	540,78			1,5451
27	60472,87	0,9875	laje	8,16	0,002462	0,002462	8.125,80	1.900,80	36.310,55	2.426,50	1,0398	mesa	0,45	116,26	57080,80	309,64	0,7429	1,0264	0,8847

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 175,0 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 25 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 13, 15 e 16 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos modelos 14 e 26 a viga V3 é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 - RESULTADO VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V2				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
28	60472,87	0,9875	laje	8,16	0,002462	7.683,80	1.933,16	36.310,55	2.426,50	1,0360	mesa	0,42	117,81	57259,98	367,24	1,3925	0,7061	1,0493
29	34100,26	0,5569	laje	4,18	0,002150	6.368,60	818,86	19.432,57	1.244,13	1,0833	np	--	--	--	145,48	--	--	0,4157
30	34100,26	0,5569	laje	4,18	0,002150	6.170,80	832,82	19.432,57	1.244,13	1,0799	np	--	--	--	174,56	--	--	0,4987
31	129566,04	1,3997	mesa	2,51	0,002487	não rodou		84.145,63	5.480,45									
32	129566,04	0,9652	mesa	2,51	0,001715	35.116,00	1.500,62	84.145,63	5.480,45	1,6840	np	--	--	--	629,78	--	--	1,7994
33	82535,96	1,0477	mesa	0,80	0,002612	20.806,00	2.284,40	52.054,66	3.776,80	1,0842	np	--	--	--	419,32	--	--	1,1981
34	82535,96	1,0477	mesa	0,80	0,002612	21.686,00	2.213,40	52.054,66	3.776,80	1,0898	np	--	--	--	453,36	--	--	1,2953
35	46182,77	0,6931	laje	6,39	0,002676	4.543,80	1.590,58	26.375,00	1.900,00	1,0258	mesa	0,27	95,98	42182,85	239,02	0,6656	0,7003	0,6829
36	46182,77	0,6931	laje	6,39	0,002676	4.174,40	1.619,68	26.375,00	1.900,00	1,0216	mesa	0,25	97,33	42329,26	262,26	0,9240	0,5746	0,7493
37	132109,02	1,4655	mesa	2,11	0,002604	55.630,00	1.662,82	88.734,57	5.083,25	1,2116	np	--	--	--	645,08	--	--	1,8431
38	132109,02	1,4655	mesa	2,11	0,002604	56.650,00	1.656,66	88.734,57	5.083,25	1,1996	np	--	--	--	674,94	--	--	1,9284
39	82895,89	1,3533	mesa	0,62	0,003374	17.823,20	2.359,20	51.441,25	3.590,00	1,0801	np	--	--	--	345,18	--	--	0,9862
40	82895,89	1,3533	mesa	0,62	0,003374	não rodou		51.441,25	3.590,00									
41	56309,68	0,9195	laje	8,51	0,003550	13.365,40	1.448,12	32.057,81	2.531,25	1,1095	np	--	--	--	214,70	--	--	0,6134
42	56309,68	0,9195	laje	8,51	0,003550	13.227,80	1.459,98	32.057,81	2.531,25	1,1080	np	--	--	--	255,36	--	--	0,7296
43	167491,89	1,4655	mesa	3,08	0,002604	56.514,00	1.508,00	110.093,53	6.051,95	1,8985	np	--	--	--	673,02	--	--	1,9229
44	167491,89	1,4655	mesa	3,08	0,002604	57.524,00	1.512,04	110.093,53	6.051,95	1,8756	np	--	--	--	695,38	--	--	1,9868
45	107277,55	1,7516	mesa	1,37	0,004367	não rodou		68.459,58	4.341,20									
46	107277,55	1,7516	mesa	1,37	0,004367	não rodou		68.459,58	4.341,20									
47	72236,32	1,1795	mesa	0,21	0,004554	16.244,40	1.961,50	42.763,40	3.188,00	1,1030	np	--	--	--	311,60	--	--	0,8903
48	72236,32	1,1795	mesa	0,21	0,004554	16.015,60	1.980,60	42.763,40	3.188,00	1,1008	np	--	--	--	338,86	--	--	0,9682
49	193458,88	1,4655	alma	5,57	0,002604	57.124,00	1.395,42	128.820,88	6.432,95	2,1769	np	--	--	--	694,30	--	--	1,9837
50	193458,88	1,4655	alma	5,57	0,002604	não rodou		128.820,88	6.432,95									
51	128129,04	1,9080	mesa	1,92	0,004757	não rodou		81.176,04	4.898,00									
52	128129,04	1,9080	mesa	1,92	0,004757	não rodou		81.176,04	4.898,00									
53	77652,42	1,0847	mesa	0,09	0,004188	18.375,80	1.869,56	47.956,25	3.062,50	1,0982	np	--	--	--	339,30	--	--	0,9694
54	77652,42	1,0847	mesa	0,09	0,004188	17.922,00	1.901,68	47.956,25	3.062,50	1,0948	np	--	--	--	371,66	--	--	1,0619

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 175,0 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 37, 38, 43, 44, 49 e 50 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 31, 33, 34, 35, 36, 51, 52, 53 e 54 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos modelos 26 e 32 a viga V3 é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 - RESULTADO VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V2				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
28	60472,87	0,9875	laje	8,16	0,002462	0,002862	338,20	2.475,60	36.310,55	2.426,50	1,0000	laje	8,16	175,00	60472,87	410,80	1,7329	0,6145	1,1737
29	34100,26	0,5569	laje	4,18	0,002150	0,002779	775,80	1.214,74	19.432,57	1.244,13	1,0000	laje	4,18	175,00	34100,26	170,57	0,2792	0,6955	0,4874
30	34100,26	0,5569	laje	4,18	0,002150	0,002779	357,80	1.245,30	19.432,57	1.244,13	1,0000	laje	4,18	175,00	34100,26	213,20	0,7664	0,4519	0,6091
31	129566,04	1,3997	mesa	2,51	0,002487	0,001910	38.334,00	1.590,50	84.145,63	5.480,45	1,5627	np	--	--	--	581,40	--	--	1,6611
32	129566,04	0,9652	mesa	2,51	0,001715	0,001696	35.116,00	1.500,62	84.145,63	5.480,45	1,6840	np	--	--	--	629,78	--	--	1,7994
33	82535,96	1,0477	mesa	0,80	0,002612	0,002612	20.806,00	2.284,40	52.054,66	3.776,80	1,0842	np	--	--	--	419,32	--	--	1,1981
34	82535,96	1,0477	mesa	0,80	0,002612	0,002532	21.686,00	2.213,40	52.054,66	3.776,80	1,0898	np	--	--	--	453,36	--	--	1,2953
35	46182,77	0,6931	laje	6,39	0,002676	0,002676	4.543,80	1.590,58	26.375,00	1.900,00	1,0258	mesa	0,27	95,98	42182,85	239,02	0,6656	0,7003	0,6829
36	46182,77	0,6931	laje	6,39	0,002676	0,002676	4.174,40	1.619,68	26.375,00	1.900,00	1,0216	mesa	0,25	97,33	42329,26	262,26	0,9240	0,5746	0,7493
37	132109,02	1,4655	mesa	2,11	0,002604	0,002604	55.630,00	1.662,82	88.734,57	5.083,25	1,2116	np	--	--	--	645,08	--	--	1,8431
38	132109,02	1,4655	mesa	2,11	0,002604	0,002604	56.650,00	1.656,66	88.734,57	5.083,25	1,1996	np	--	--	--	674,94	--	--	1,9284
39	82895,89	1,3533	mesa	0,62	0,003374	0,003271	17.823,20	2.359,20	51.441,25	3.590,00	1,0801	np	--	--	--	345,18	--	--	0,9862
40	82895,89	1,3533	mesa	0,62	0,003374	0,002278	23.838,00	1.516,72	51.441,25	3.590,00	1,2691	np	--	--	--	327,56	--	--	0,9359
41	56309,68	0,9195	laje	8,51	0,003550	0,004127	11.385,80	1.621,90	32.057,81	2.531,25	1,0871	np	--	--	--	220,98	--	--	0,6314
42	56309,68	0,9195	laje	8,51	0,003550	0,004127	11.099,60	1.646,64	32.057,81	2.531,25	1,0841	np	--	--	--	275,24	--	--	0,7864
43	167491,89	1,4655	mesa	3,08	0,002604	0,002604	56.514,00	1.508,00	110.093,53	6.051,95	1,8985	np	--	--	--	673,02	--	--	1,9229
44	167491,89	1,4655	mesa	3,08	0,002604	0,002604	57.524,00	1.512,04	110.093,53	6.051,95	1,8756	np	--	--	--	695,38	--	--	1,9868
45	107277,55	1,7516	mesa	1,37	0,004367	0,002945	35.160,00	1.752,36	68.459,58	4.341,20	1,2497	np	--	--	--	428,60	--	--	1,2246
46	107277,55	1,7516	mesa	1,37	0,004367	0,002945	35.282,00	1.764,84	68.459,58	4.341,20	1,2431	np	--	--	--	468,68	--	--	1,3391
47	72236,32	1,1795	mesa	0,21	0,004554	0,004140	16.244,40	1.961,50	42.763,40	3.188,00	1,1030	np	--	--	--	311,60	--	--	0,8903
48	72236,32	1,1795	mesa	0,21	0,004554	0,004140	16.015,60	1.980,60	42.763,40	3.188,00	1,1008	np	--	--	--	338,86	--	--	0,9682
49	193458,88	1,4655	alma	5,57	0,002604	0,002604	57.124,00	1.395,42	128.820,88	6.432,95	2,1769	np	--	--	--	694,30	--	--	1,9837
50	193458,88	1,4655	alma	5,57	0,002604	0,001759	43.846,00	1.321,20	128.820,88	6.432,95	2,1946	np	--	--	--	615,66	--	--	1,7590
51	128129,04	1,9080	mesa	1,92	0,004757	0,003212	40.706,00	1.795,42	81.176,04	4.898,00	1,3516	np	--	--	--	502,06	--	--	1,4345
52	128129,04	1,9080	mesa	1,92	0,004757	0,003212	40.798,00	1.806,26	81.176,04	4.898,00	1,3462	np	--	--	--	545,14	--	--	1,5575
53	77652,42	1,0847	mesa	0,09	0,004188	0,003807	18.375,80	1.869,56	47.956,25	3.062,50	1,0982	np	--	--	--	339,30	--	--	0,9694
54	77652,42	1,0847	mesa	0,09	0,004188	0,003807	17.922,00	1.901,68	47.956,25	3.062,50	1,0948	np	--	--	--	371,66	--	--	1,0619

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 175,0 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 37, 38, 43, 44, 49 e 50 a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 31, 33, 34, 35, 36, 51, 52, 53 e 54 a viga V1 é menos resistente;

5) Nos modelos 26 e 32 a viga V3 é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO FATOR k5 - RESULTADO VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V2					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1A	55831,02	0,9117	laje	7,60	175,00	0,001620	8.134,00	1.611,44	28.108,74	2.260,25	1,0533	np	--	--	--	289,82	--	--	0,828
5A	19018,87	0,3105	laje	4,68	148,00	0,001199	4.637,00	656,02	10.606,78	1.176,81	1,0621	np	--	--	--	78,79	--	--	0,225
13A	75045,35	1,1267	laje	8,48	175,00	0,002002	7.104,00	2.108,00	41.258,55	2.521,50	1,0295	mesa	0,3512	98,2028	68329,94	586,70	3,358	-0,006	1,676
17A	22654,51	0,3699	laje	4,00	148,00	0,001428	2.133,40	847,24	13.187,35	1.006,91	1,0305	mesa	0,1338	64,2002	20293,51	131,07	0,504	0,245	0,374
37A	143856,10	2,3486	mesa	1,22	175,00	0,004173	não rodou		88.734,57	5.083,25									
41A	49682,43	0,8112	mesa	0,52	148,00	0,003132	14.079,60	1.390,78	32.057,81	2.531,25	1,1150	np	--	--	--	211,80	--	--	0,605
49A	208403,53	2,4769	mesa	2,57	175,00	0,004401	não rodou		128.820,88	6.432,95									
53A	70281,51	0,9365	mesa	1,05	148,00	0,003616	não rodou		47.956,25	3.062,50									

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, fck = 2 kN/cm^2, fy = 25 kN/cm^2;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço;

3) Nos modelos 13A e 53A a viga V1 é menos resistente;

4) No modelo 49A a laje é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO FATOR k5 - RESULTADO VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V2					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1A	55831,02	0,9117	laje	7,60	175,00	0,001620	0,002605	172,60	2.315,20	28.108,74	2.260,25	1,0000	laje	7,5975	175	55831,02	414,28	2	0,367	1,184
5A	19018,87	0,3105	laje	4,68	148,00	0,001199	0,002029	244,50	1.172,18	10.606,78	1.176,81	1,0000	laje	4,6773	148	19018,87	97,75	0,186	0,373	0,279
13A	75045,35	1,1267	laje	8,48	175,00	0,002002	0,002002	7.104,00	2.108,00	41.258,55	2.521,50	1,0295	mesa	0,3512	98,203	68329,94	586,70	3,358	-0,006	1,676
17A	22654,51	0,3699	laje	4,00	148,00	0,001428	0,001428	2.133,40	847,24	13.187,35	1.006,91	1,0305	mesa	0,1338	64,2	20293,51	131,07	0,504	0,245	0,374
37A	143856,10	2,3486	mesa	1,22	175,00	0,004173	0,002754	47.152,00	2.148,60	88.734,57	5.083,25	1,1907	np	--	--	--	588,96	--	--	1,683
41A	49682,43	0,8112	mesa	0,52	148,00	0,003132	0,003641	11.828,60	1.591,34	32.057,81	2.531,25	1,0882	np	--	--	--	215,34	--	--	0,615
49A	208403,53	2,4769	mesa	2,57	175,00	0,004401	0,002905	53.296,00	1.954,64	128.820,88	6.432,95	1,6494	np	--	--	--	770,38	--	--	2,201
53A	70281,51	0,9365	mesa	1,05	148,00	0,003616	0,003074	2.665,80	1.255,94	47.956,25	3.062,50	2,2082	np	--	--	--	301,54	--	--	0,862

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, fck = 2 kN/cm^2, fy = 25 kN/cm^2;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 13A e 53A a viga V1 é menos resistente;

4) No modelo 49A a laje é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6 - RESULTADOS VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V2					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1B	90192,56	1,4655	mesa	1,52	1,52	0,002604	NÃO RODOU		61.465,41	9.439,25									
1C	21979,75	0,3591	laje	1,96	1,96	0,000638	5.075,80	348,76	14.273,31	549,21	1,0677	np	--	--	--	84,98	--	--	0,2428
5B	36408,05	0,5944	mesa	0,28	0,28	0,002295	8.849,00	2.028,20	18.105,54	3.939,25	1,0602	np	--	--	--	160,56	--	--	0,4587
5C	10565,43	0,1725	laje	1,24	1,24	0,000666	2.518,80	182,71	5.980,19	347,78	1,1430	np	--	--	--	33,60	--	--	0,096
13B	67480,85	1,1020	laje	8,48	8,48	0,001958	NÃO RODOU		41.258,55	2.521,50									
13C	67480,85	0,4536	laje	8,48	8,48	0,000806	13.452,20	841,68	41.258,55	2.521,50	1,6815	np	--	--	--	264,78	--	--	0,7565
17B	46590,60	0,4766	mesa	0,19	0,19	0,001840	12.056,80	1.741,52	25.426,31	3.739,85	1,1700	np	--	--	--	194,88	--	--	0,5568
17C	11751,53	0,1919	laje	0,99	0,99	0,000741	2.672,00	163,32	7.073,25	276,46	1,1296	np	--	--	--	56,17	--	--	0,1605
41B	106163,17	1,7332	alma	5,34	5,34	0,006692	NÃO RODOU		74.726,25	12.412,50									
41C	25005,04	0,4082	laje	2,13	2,13	0,001576	6.942,60	324,62	15.961,13	596,25	1,1081	np	--	--	--	84,24	--	--	0,2407
53B	77652,42	1,2678	mesa	0,09	0,09	0,004895	NÃO RODOU		47.956,25	3.062,50									
53C	77652,42	0,5035	mesa	0,09	0,09	0,001944	15.247,20	906,52	47.956,25	3.062,50	1,8265	np	--	--	--	165,48	--	--	0,4728

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 1B a laje é menos resistente;

4) No modelo 13C, 17B E 53C a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades: kN e cm.

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6 - RESULTADOS VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V2					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1B	90192,56	1,4655	mesa	1,52	1,52	0,002604	0,001719	32.826,00	2.527,40	61.465,41	9.439,25	1,4021	np	--	--	--	371,02	--	--	1,0601
1C	21979,75	0,3591	laje	1,96	1,96	0,000638	0,001373	197,80	562,02	14.273,31	549,21	1,0000	laje	1,958	165	21979,75	68,29	-0,2961	0,6863	0,1951
5B	36408,05	0,5944	mesa	0,28	0,28	0,002295	0,002967	4.654,20	2.982,80	18.105,54	3.939,25	1,0235	mesa	0,2533	179,57	38368,04	195,06	0,35	0,7646	0,5573
5C	10565,43	0,1725	laje	1,24	1,24	0,000666	0,002248	51,03	353,46	5.980,19	347,78	1,0000	laje	1,2398	165	10565,43	69,71	0,2792	0,1191	0,1992
13B	67480,85	1,1020	laje	8,48	8,48	0,001958	0,001292	19.040,60	1.309,28	41.258,55	2.521,50	1,1261	np	--	--	--	385,72	--	--	1,1021
13C	67480,85	0,4536	laje	8,48	8,48	0,000806	0,001364	14.636,40	1.608,22	41.258,55	2.521,50	1,0877	np	--	--	--	414,98	--	--	1,1857
17B	46590,60	0,4766	mesa	0,19	0,19	0,001840	0,002379	8.458,60	247,58	25.426,31	3.739,85	3,1506	np	--	--	--	244,32	--	--	0,6981
17C	11751,53	0,1919	laje	0,99	0,99	0,000741	0,001667	125,70	283,24	7.073,25	276,46	1,0000	laje	0,9856	165	11751,53	106,61	0,6429	-0,0336	0,3046
41B	106163,17	1,7332	alma	5,34	5,34	0,006692	0,004417	32.198,00	2.393,60	74.726,25	12.412,50	1,9382	np	--	--	--	339,18	--	--	0,9691
41C	25005,04	0,4082	laje	2,13	2,13	0,001576	0,003349	2.327,60	514,92	15.961,13	596,25	1,0179	mesa	0,2884	30,832	22599,97	108,36	0,1315	0,4877	0,3096
53B	77652,42	1,2678	mesa	0,09	0,09	0,004895	0,003231	25.330,00	1.374,72	47.956,25	3.062,50	1,1528	np	--	--	--	306,60	--	--	0,876
53C	77652,42	0,5035	mesa	0,09	0,09	0,001944	0,003290	17.507,60	1.931,38	47.956,25	3.062,50	1,0915	np	--	--	--	346,58	--	--	0,9902

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 1B a laje é menos resistente;

4) No modelo 13C, 17B E 53C a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades: kN e cm.

SISTEMA 3 - RESULTADO VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V1				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS									
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1	32879,79	0,2308	mesa	0,77	0,002288	6.034,30	592,29	20.464,74	1.740,25	1,7487	np	--	--	--	11,71	--	--	0,03347
2	24949,87	0,1548	mesa	0,89	0,001658	3.235,00	479,20	14.559,13	1.820,00	2,2632	np	--	--	--	-2,93	--	--	-0,00838
3	17012,08	0,1027	laje	9,92	0,001525	1.832,80	328,75	8.492,89	1.211,88	2,2414	np	--	--	--	-14,15	--	--	-0,04042
4	24152,99	0,2392	laje	9,85	0,002371	5.482,60	638,73	13.262,21	1.203,25	1,1885	np	--	--	--	8,56	--	--	0,02446
5	16040,64	0,1634	laje	7,25	0,001750	2.981,60	432,53	8.017,46	884,93	1,2793	np	--	--	--	-7,23	--	--	-0,02065
6	10744,49	0,1034	laje	5,21	0,001536	1.386,50	251,38	4.840,21	635,91	1,5895	np	--	--	--	-15,14	--	--	-0,04326
7	17167,81	0,2600	laje	7,50	0,002578	não rodou		9.295,19	915,56									
8	11237,52	0,1835	laje	5,30	0,001965	1.586,10	443,71	5.161,13	647,79	1,0718	np	--	--	--	-15,30	--	--	-0,04371
9	8440,10	0,1176	laje	4,72	0,001747	1.084,60	290,40	3.324,65	576,54	1,2848	np	--	--	--	-11,50	--	--	-0,03286
10	55118,49	0,2936	mesa	1,81	0,002911	não rodou		35.884,13	2.445,00									
11	33065,60	0,2158	mesa	0,55	0,002311	5.835,50	506,11	19.707,89	1.591,88	1,8522	np	--	--	--	15,91	--	--	0,04544
12	22377,34	0,1700	laje	9,53	0,002525	4.035,20	430,75	12.078,96	1.163,25	1,6014	np	--	--	--	-1,36	--	--	-0,00388
13	35544,84	0,3671	mesa	0,49	0,003639	não rodou		21.805,16	1.553,75									
14	25065,92	0,2851	mesa	0,00	0,003053	5.246,80	731,50	13.868,83	1.223,25	1,1364	np	--	--	--	6,81	--	--	0,01946
15	16265,15	0,1607	laje	6,80	0,002386	3.220,20	373,03	8.571,48	829,75	1,3264	np	--	--	--	-7,31	--	--	-0,0209
16	24735,10	0,3671	laje	9,26	0,003639	não rodou		14.084,42	1.131,08									
17	18477,89	0,3017	laje	8,23	0,003231	1.972,00	808,67	9.812,12	1.005,08	1,0383	mesa	0,2451	49,39116	17018,73	-10,49	-0,95349	0,89353	-0,02998
18	12276,64	0,2005	laje	6,11	0,002977	1.900,90	500,83	5.812,82	746,63	1,0600	np	--	--	--	-16,29	--	--	-0,04655
19	87390,03	0,3671	alma	12,65	0,003639	14.368,00	650,32	62.825,18	4.072,50	3,1236	np	--	--	--	23,34	--	--	0,06669
20	61344,23	0,3908	alma	5,65	0,004185	não rodou		41.640,11	3.230,70									
21	38544,02	0,2653	mesa	1,35	0,003939	8.259,60	631,26	24.440,38	2.132,50	1,7906	np	--	--	--	29,63	--	--	0,08465
22	70801,61	0,3671	alma	9,15	0,003639	13.478,00	742,53	49.260,49	3.678,75	2,5111	np	--	--	--	19,58	--	--	0,05594
23	43203,42	0,5057	mesa	1,49	0,005416	não rodou		27.709,44	2.226,25									
24	26989,72	0,3403	mesa	0,26	0,005053	5.916,70	862,40	15.910,16	1.393,75	1,1012	np	--	--	--	14,18	--	--	0,04052
25	53367,21	0,3671	alma	3,65	0,003639	13.132,00	893,82	35.368,71	3.040,70	1,7410	np	--	--	--	18,83	--	--	0,0538
26	33654,39	0,5494	mesa	1,41	0,005884	não rodou		20.382,53	2.170,50									
27	19212,02	0,3137	laje	8,36	0,004658	2.888,90	732,80	10.318,60	1.020,83	1,0655	np	--	--	--	-5,69	--	--	-0,01626

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 8, 17, 18, 26 e 27 a viga V1 é menos resistente;

4) No modelo 7 a viga V3 é menos resistente;

5) Nos modelos 13, 16, 19, 22 e 25 a laje é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 3 - RESULTADO VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V1				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1	32879,79	0,2308	mesa	0,77	0,002288	0,002059	6.034,30	529,29	20.464,74	1.740,25	2,3799	np	--	--	--	11,71	--	--	0,033
2	24949,87	0,1548	mesa	0,89	0,001658	0,002806	7.154,20	927,47	14.559,13	1.820,00	1,1034	np	--	--	--	10,10	--	--	0,029
3	17012,08	0,1027	laje	9,92	0,001525	0,003050	2.365,60	888,82	8.492,89	1.211,88	1,0466	mesa	0,4172	54,721	15926,08	-21,89	-1,03	0,905	-0,063
4	24152,99	0,2392	laje	9,85	0,002371	0,002134	5.482,60	638,73	13.262,21	1.203,25	1,1885	np	--	--	--	8,56	--	--	0,024
5	16040,64	0,1634	laje	7,25	0,001750	0,002466	1.795,60	687,11	8.017,46	884,93	1,0516	np	--	--	--	-22,06	--	--	-0,063
6	10744,49	0,1034	laje	5,21	0,001536	0,002819	97,44	635,68	4.840,21	635,91	1,0000	laje	5,2077	71,83	10744,49	-38,54	-0,967	0,746	-0,11
7	17167,81	0,2600	laje	7,50	0,002578	0,170148	3.811,30	529,92	9.295,19	915,56	1,0886	np	--	--	--	-3,65	--	--	-0,01
8	11237,52	0,1835	laje	5,30	0,001965	0,002540	104,19	647,26	5.161,13	647,79	1,0000	laje	5,3049	71,83	11237,52	-14,80	-0,72	0,635	-0,042
9	8440,10	0,1176	laje	4,72	0,001747	0,002645	135,57	563,67	3.324,65	576,54	1,0000	laje	4,7214	71,83	8440,10	-19,10	-0,632	0,523	-0,055
10	55118,49	0,2936	mesa	1,81	0,002911	0,001921	8.638,60	571,03	35.884,13	2.445,00	2,7907	np	--	--	--	15,97	--	--	0,046
11	33065,60	0,2158	mesa	0,55	0,002311	0,003257	9.453,10	753,52	19.707,89	1.591,88	1,1998	np	--	--	--	27,32	--	--	0,078
12	22377,34	0,1700	laje	9,53	0,002525	0,003558	4.415,80	717,80	12.078,96	1.163,25	1,1192	np	--	--	--	-7,07	--	--	-0,02
13	35544,84	0,3612	mesa	0,49	0,003581	0,002364	7.321,70	57,77	21.805,16	1.553,75	3,3107	np	--	--	--	15,83	--	--	0,045
14	25065,92	0,2851	mesa	0,00	0,003053	0,003053	5.246,80	731,50	13.868,83	1.223,25	1,1364	np	--	--	--	6,81	--	--	0,019
15	16265,15	0,1607	laje	6,80	0,002386	0,003363	1.894,70	647,46	8.571,48	829,75	1,0444	mesa	0,2275	39,776	14332,98	-26,38	-1,004	0,853	-0,075
16	24735,10	0,3671	laje	9,26	0,003639	0,002363	5.629,60	651,86	14.084,42	1.131,08	1,1320	np	--	--	--	51,39	--	--	0,147
17	18477,89	0,3017	laje	8,23	0,003231	0,003231	1.972,00	808,67	9.812,12	1.005,08	1,0383	mesa	0,2451	49,391	17018,73	-10,49	-0,953	0,894	-0,03
18	12276,64	0,2005	laje	6,11	0,002977	0,002977	1.900,90	500,83	5.812,82	746,63	1,0600	np	--	--	--	-16,29	--	--	-0,047
19	87390,03	0,3671	alma	12,65	0,003639	0,003223	14.368,00	650,32	62.825,18	4.072,50	3,2028	np	--	--	--	23,34	--	--	0,067
20	61344,23	0,3908	alma	5,65	0,004185	0,002762	8.276,60	538,31	41.640,11	3.230,70	3,6896	np	--	--	--	34,66	--	--	0,099
21	38544,02	0,2653	mesa	1,35	0,003939	0,005092	13.114,00	883,56	24.440,38	2.132,50	1,2012	np	--	--	--	52,49	--	--	0,15
22	70801,61	0,3671	alma	9,15	0,003639	0,003178	13.478,00	742,53	49.260,49	3.678,75	2,7073	np	--	--	--	19,58	--	--	0,056
23	43203,42	0,5057	mesa	1,49	0,005416	0,003575	9.937,00	731,96	27.709,44	2.226,25	1,9924	np	--	--	--	42,69	--	--	0,122
24	26989,72	0,3403	mesa	0,26	0,005053	0,005053	5.916,70	862,40	15.910,16	1.393,75	1,1012	np	--	--	--	14,18	--	--	0,041
25	53367,21	0,3612	alma	3,65	0,003581	0,003223	13.132,00	893,82	35.368,71	3.040,70	2,0659	np	--	--	--	18,83	--	--	0,054
26	33654,39	0,5494	mesa	1,41	0,005884	0,003883	9.695,70	971,50	20.382,53	2.170,50	1,2325	np	--	--	--	41,14	--	--	0,118
27	19212,02	0,3137	laje	8,36	0,004658	0,004658	2.888,90	732,80	10.318,60	1.020,83	1,0655	np	--	--	--	-5,69	--	--	-0,016

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 8, 17, 18, 26 e 27 a viga V1 é menos resistente;

4) No modelo 7 a viga V3 é menos resistente;

5) Nos modelos 13, 16, 19, 22 e 25 a laje é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5 - RESULTADO VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V1					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1A	35709,88	0,2521	mesa	0,41	71,83	0,002499	6.254,40	695,09	20.464,74	1.740,25	1,5656	np	--	--	--	15,70	--	--	0,04484
3A	12993,21	0,0825	mesa	0,82	55,50	0,001225	2.136,00	305,72	8.492,89	1.211,88	2,1869	np	--	--	--	-4,12	--	--	-0,0118
7A	18998,93	0,2827	laje	7,50	71,83	0,002803	161,86	916,42	9.295,19	915,56	1,0000	laje	7,4978	71,83	18998,93	2,17	-0,906	0,9182	0,00619
9A	6310,02	0,1008	laje	6,11	55,50	0,001497	1.186,60	369,21	3.324,65	576,54	1,0635	np	--	--	--	-11,27	--	--	-0,0322
19A	93675,15	0,5286	alma	10,47	71,83	0,005240	não rodou		62.825,18	4.072,50									
21A	32617,02	0,2205	alma	4,93	55,50	0,003274	8.934,90	491,13	24.440,38	2.132,50	1,9350	np	--	--	--	41,97	--	--	0,11992
25A	57125,18	0,5286	mesa	2,33	71,83	0,005240	não rodou		35.368,71	3.040,70									
27A	15486,10	0,2529	mesa	0,53	55,50	0,003755	4.438,90	565,29	10.318,60	1.020,83	1,1163	np	--	--	--	18,69	--	--	0,05339

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm^2, f_y = 25 kN/cm^2;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 27A a viga V1 é menos resistente;

4) No modelo 7A a viga V3 é menos resistente;

5) Nos modelos 19A e 25A a laje é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5 - RESULTADO VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V1					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1A	35709,88	0,2521	mesa	0,41	71,83	0,002499	0,002905	7.494,60	812,11	20.464,74	1.740,25	1,3270	np	--	--	--	18,98	--	--	0,05421
3A	12993,21	0,0825	mesa	0,82	55,50	0,001225	0,002166	3.410,40	730,22	8.492,89	1.211,88	1,0793	np	--	--	--	-2,55	--	--	-0,0073
7A	18998,93	0,2827	laje	7,50	71,83	0,002803	0,002803	161,86	916,42	9.295,19	915,56	1,0000	laje	7,4978	71,83	18998,93	2,17	-0,906	0,9182	0,00619
9A	6310,02	0,1008	laje	6,11	55,50	0,001497	0,001740	614,67	475,40	3.324,65	576,54	1,0221	mesa	0,1343	40,8333	5855,32	-16,72	-0,478	0,3824	-0,0478
19A	93675,15	0,5286	alma	10,47	71,83	0,005240	0,003458	12.036,00	691,14	62.825,18	4.072,50	3,3003	np	--	--	--	39,15	--	--	0,11184
21A	32617,02	0,2205	alma	4,93	55,50	0,003274	0,003274	8.934,90	491,13	24.440,38	2.132,50	1,9350	np	--	--	--	41,97	--	--	0,11992
25A	57125,18	0,5286	mesa	2,33	71,83	0,005240	0,004454	16.048,00	1.239,60	35.368,71	3.040,70	1,3356	np	--	--	--	39,06	--	--	0,11159
27A	15486,10	0,2529	mesa	0,53	55,50	0,003755	0,003380	4.438,90	565,29	10.318,60	1.020,83	1,1163	np	--	--	--	18,69	--	--	0,05339

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm²;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 27A a viga V1 é menos resistente;

4) No modelo 7A a viga V3 é menos resistente;

5) Nos modelos 19A e 25A a laje é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6 - RESULTADOS VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V1					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1B	32880,12	0,3671	mesa	0,77	71,83	0,003639	NÃO RODOU		20.464,74	1.740,25									
1C	32880,12	0,1096	mesa	0,77	71,83	0,001087	2.812,50	300,49	20.464,74	1.740,25	3,5666	np	--	--	--	1,79	--	--	0,0051
3B	17012,35	0,1830	laje	9,92	71,83	0,002717	3.896,70	645,00	8.492,89	1.211,88	1,1052	np	--	--	--	-11,95	--	--	-0,0341
3C	17012,35	0,0498	laje	9,92	71,83	0,000739	819,70	148,32	8.492,89	1.211,88	4,9854	np	--	--	--	-9,62	--	--	-0,0275
9B	8440,16	0,1378	laje	4,72	71,83	0,002046	1.206,70	314,21	3.324,65	576,54	1,1755	np	--	--	--	-10,69	--	--	-0,0305
9C	8440,16	0,0554	laje	4,72	71,83	0,000822	431,53	116,66	3.324,65	576,54	3,2091	np	--	--	--	-4,99	--	--	-0,0142
21B	38544,38	0,4960	mesa	1,35	71,83	0,007365	12.606,00	1.002,90	24.440,38	2.132,50	1,1489	np	--	--	--	58,63	--	--	0,1675
21C	38544,38	0,1178	mesa	1,35	71,83	0,001749	3.285,90	264,33	24.440,38	2.132,50	4,3818	np	--	--	--	4,36	--	--	0,0124
27B	32270,37	0,3658	mesa	0,95	73,50	0,005432	11.149,00	1.282,13	20.760,11	3.619,50	1,2691	np	--	--	--	38,48	--	--	0,1099
27C	8948,72	0,1461	laje	2,50	62,33	0,002170	2.453,80	143,30	5.563,50	265,16	1,0933	np	--	--	--	-5,78	--	--	-0,0165

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 1b a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 9B e 27C a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades: kN e cm.

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6 - RESULTADOS VIGA V1 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V1					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1B	32880,12	0,3671	mesa	0,77	71,83	0,003639	0,0024017	7.178,90	649,99	20.464,74	1.740,25	1,5399	np	--	--	--	12,93	--	--	0,036942857
1C	32880,12	0,1096	mesa	0,77	71,83	0,001087	0,0021224	6.569,00	621,76	20.464,74	1.740,25	1,6407	np	--	--	--	6,58	--	--	0,018794571
3B	17012,35	0,1830	laje	9,92	71,83	0,002717	0,0035124	2.532,00	863,58	8.492,89	1.211,88	1,0519	np	--	--	--	-19,25	--	--	-0,05500571
3C	17012,35	0,0498	laje	9,92	71,83	0,000739	0,0029098	1.859,70	966,64	8.492,89	1.211,88	1,0296	mesa	0,3209	58,545	16343,19	-25,96	-1,0971	0,9488	-0,07415714
9B	8440,16	0,1378	laje	4,72	71,83	0,002046	0,003290	49,55	580,54	3.324,65	576,54	1,0000	laje	4,7212	71,833	8440,16	-11,84	-0,5487	0,481	-0,03382571
9C	8440,16	0,0554	laje	4,72	71,83	0,000822	0,002363	18,10	585,29	3.324,65	576,54	1,0000	laje	4,7212	71,833	8440,16	-23,78	-0,6851	0,5493	-0,06792857
21B	38544,38	0,4960	mesa	1,35	71,83	0,007365	0,006629	12.606,00	1.002,90	24.440,38	2.132,50	1,1489	np	--	--	--	58,63	--	--	0,167505714
21C	38544,38	0,1178	mesa	1,35	71,83	0,001749	0,004373	12.982,00	885,32	24.440,38	2.132,50	1,2063	np	--	--	--	44,55	--	--	0,127277143
27B	32270,37	0,3658	mesa	0,95	73,50	0,005432	0,005432	11.149,00	1.282,30	20.760,11	3.619,50	1,2690	np	--	--	--	38,48	--	--	0,109934286
27C	8948,72	0,1461	laje	2,50	62,33	0,002170	0,004114	263,88	256,55	5.563,50	265,16	0,9927	mesa	0,0524	14,98	7992,55	-29,16	-0,7247	0,5581	-0,08331143

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 1b a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 9B e 27C a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades: kN e cm.

SISTEMA 3 - RESULTADO VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V2				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1	49050,27	0,8008	laje	7,60	0,002288	8.740,60	1.563,88	28.108,74	2.260,25	1,0567	np	--	--	--	24,30	--	--	0,069
2	32851,44	0,5362	laje	5,45	0,001658	7.738,60	900,50	17.643,23	1.620,13	1,0721	np	--	--	--	-13,19	--	--	-0,038
3	21797,11	0,3559	laje	3,96	0,001525	3.464,40	492,08	10.606,78	1.176,81	1,4183	np	--	--	--	-44,19	--	--	-0,126
4	50827,63	0,8299	laje	6,24	0,002371	7.566,20	1.399,44	30.680,11	1.856,38	1,0476	mesa	0,3904	86,236	45989,61	83,02	-1,304	1,778	0,237
5	34671,17	0,5660	laje	4,84	0,001750	7.213,20	872,98	19.032,14	1.439,83	1,0935	np	--	--	--	28,78	--	--	0,082
6	21958,59	0,3585	laje	3,22	0,001536	4.750,40	501,70	11.221,03	959,41	1,1508	np	--	--	--	-6,03	--	--	-0,017
7	67480,85	0,9023	laje	8,48	0,002578	não rodou		41.258,55	2.521,50									
8	49050,27	0,6355	laje	7,60	0,001965	12.311,20	1.254,00	28.108,74	2.260,25	1,0910	np	--	--	--	141,74	--	--	0,405
9	24979,19	0,4077	laje	3,38	0,001747	5.083,60	596,30	13.187,35	1.006,91	1,1094	np	--	--	--	45,69	--	--	0,131
10	62406,39	1,0189	laje	7,13	0,002911	não rodou		37.430,00	2.120,00									
11	45769,41	0,7474	laje	6,64	0,002311	9.179,80	1.193,20	25.367,11	1.974,38	1,1215	np	--	--	--	-26,91	--	--	-0,077
12	36092,23	0,5893	laje	6,08	0,002525	8.160,80	906,14	18.747,73	1.808,13	1,1646	np	--	--	--	-40,47	--	--	-0,116
13	91212,19	1,2534	mesa	0,28	0,003581	não rodou		57.425,00	3.250,00									
14	60472,87	0,9873	laje	8,16	0,003053	11.834,00	1.630,24	36.310,55	2.426,50	1,0716	np	--	--	--	37,90	--	--	0,108
15	34100,26	0,5568	laje	4,18	0,002386	8.204,20	690,32	19.432,57	1.244,13	1,1146	np	--	--	--	0,36	--	--	0,001
16	129566,04	1,2534	mesa	2,51	0,003581	não rodou		84.145,63	5.480,45									
17	82535,96	1,0449	mesa	0,80	0,003231	24.700,00	1.976,02	52.054,66	3.776,80	1,1070	np	--	--	--	222,86	--	--	0,637
18	46182,77	0,6948	laje	6,39	0,002977	9.727,80	1.180,30	26.375,00	1.900,00	1,0881	np	--	--	--	59,29	--	--	0,169
19	132109,02	1,2534	mesa	2,11	0,003581	44.496,00	1.650,14	88.734,57	5.083,25	1,3876	np	--	--	--	311,98	--	--	0,891
20	82895,89	1,3534	mesa	0,62	0,004185	não rodou		51.441,25	3.590,00									
21	56309,68	0,9193	laje	8,51	0,003939	14.551,40	1.346,48	32.057,81	2.531,25	1,1217	np	--	--	--	5,89	--	--	0,017
22	167491,89	1,2534	mesa	3,08	0,003581	44.732,00	1.523,36	110.093,53	6.051,95	1,8008	np	--	--	--	374,12	--	--	1,069
23	107277,55	1,7515	mesa	1,37	0,005416	não rodou		68.459,58	4.341,20									
24	72236,32	1,1793	mesa	0,21	0,005053	16.421,20	1.947,82	42.763,40	3.188,00	1,1042	np	--	--	--	53,63	--	--	0,153
25	193458,88	1,2534	alma	5,57	0,003581	46.876,00	1.432,32	128.820,88	6.432,95	2,0403	np	--	--	--	465,22	--	--	1,329
26	128129,04	1,9029	mesa	1,92	0,005884	não rodou		81.176,04	4.898,00									
27	77652,42	1,0871	mesa	0,09	0,004658	19.166,40	1.814,24	47.956,25	3.062,50	1,1040	np	--	--	--	110,51	--	--	0,316

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 8, 17, 18, 26 e 27 a viga V1 é menos resistente;

4) No modelo 7 a viga V3 é menos resistente;

5) Nos modelos 13, 16, 19, 22 e 25 a laje é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 3 - RESULTADO VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V2				PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1	49050,27	0,8008	laje	7,60	0,002288	0,002059	8.740,60	1.563,88	28.108,74	2.260,25	1,0567	np	--	--	--	24,30	--	--	0,069
2	32851,44	0,5362	laje	5,45	0,001658	0,002806	1.358,00	1.521,90	17.643,23	1.620,13	0,9959	mesa	0,1045	89,157	29632,99	-81,52	-2,383	1,917	-0,233
3	21797,11	0,3559	laje	3,96	0,001525	0,003050	1.764,40	991,22	10.606,78	1.176,81	1,0139	mesa	0,1718	59,119	17854,50	-108,71	-2,117	1,496	-0,311
4	50827,63	0,8299	laje	6,24	0,002371	0,002134	7.566,20	1.399,44	30.680,11	1.856,38	1,0476	mesa	0,3904	86,236	45989,61	83,02	-1,304	1,778	0,237
5	34671,17	0,5660	laje	4,84	0,001750	0,002466	3.140,80	1.210,50	19.032,14	1.439,83	1,0270	mesa	0,1967	73,127	30420,15	-16,93	-1,683	1,587	-0,048
6	21958,59	0,3585	laje	3,22	0,001536	0,002819	466,26	933,06	11.221,03	959,41	1,0000	laje	3,2249	175	21958,59	-78,82	-1,976	1,526	-0,225
7	67480,85	0,9023	laje	8,48	0,002578	0,170148	18.484,60	1.187,62	41.258,55	2.521,50	1,2057	np	--	--	--	293,54	--	--	0,839
8	49050,27	0,6355	laje	7,60	0,001965	0,002540	6.482,60	1.760,88	28.108,74	2.260,25	1,0344	mesa	0,4388	107,14	45256,23	151,05	-0,49	1,353	0,432
9	24979,19	0,4077	laje	3,38	0,001747	0,002645	1.258,00	919,52	13.187,35	1.006,91	1,0110	mesa	0,0773	54,685	21487,15	25,98	-0,756	0,904	0,074
10	62406,39	1,0189	laje	7,13	0,002911	0,001921	10.554,00	1.541,84	37.430,00	2.120,00	1,0570	np	--	--	--	94,95	--	--	0,271
11	45769,41	0,7474	laje	6,64	0,002311	0,003257	3.243,80	1.749,78	25.367,11	1.974,38	1,0138	mesa	0,2005	104,34	42313,28	-89,89	-3,1	2,586	-0,257
12	36092,23	0,5893	laje	6,08	0,002525	0,003558	5.574,00	1.273,60	18.747,73	1.808,13	1,0573	np	--	--	--	-88,28	--	--	-0,252
13	91212,19	1,2534	mesa	0,28	0,003581	0,002364	27.562,00	1.376,90	57.425,00	3.250,00	1,2553	np	--	--	--	265,80	--	--	0,759
14	60472,87	0,9873	laje	8,16	0,003053	0,003053	11.834,00	1.630,24	36.310,55	2.426,50	1,0716	np	--	--	--	37,90	--	--	0,108
15	34100,26	0,5568	laje	4,18	0,002386	0,003363	3.904,20	994,26	19.432,57	1.244,13	1,0406	mesa	0,2095	60,862	29707,76	-73,85	-2,299	1,877	-0,211
16	129566,04	1,2534	mesa	2,51	0,003581	0,002363	3.077,00	1.505,18	84.145,63	5.480,45	3,3217	np	--	--	--	386,94	--	--	1,106
17	82535,96	1,0449	mesa	0,80	0,003231	0,003231	24.700,00	1.976,02	52.054,66	3.776,80	1,1070	np	--	--	--	222,86	--	--	0,637
18	46182,77	0,6948	laje	6,39	0,002977	0,002977	9.727,80	1.180,30	26.375,00	1.900,00	1,0881	np	--	--	--	59,29	--	--	0,169
19	132109,02	1,2534	mesa	2,11	0,003581	0,003223	44.496,00	1.650,14	88.734,57	5.083,25	1,3876	np	--	--	--	311,98	--	--	0,891
20	82895,89	1,3534	mesa	0,62	0,004185	0,002762	22.166,00	1.413,08	51.441,25	3.590,00	1,3634	np	--	--	--	83,71	--	--	0,239
21	56309,68	0,9193	laje	8,51	0,003939	0,005092	10.600,80	1.691,70	32.057,81	2.531,25	1,0779	np	--	--	--	-30,22	--	--	-0,086
22	167491,89	1,2534	mesa	3,08	0,003581	0,003178	44.732,00	1.523,36	110.093,53	6.051,95	1,8008	np	--	--	--	374,12	--	--	1,069
23	107277,55	1,7515	mesa	1,37	0,005416	0,003575	34.050,00	1.705,08	68.459,58	4.341,20	1,2874	np	--	--	--	223,34	--	--	0,638
24	72236,32	1,1793	mesa	0,21	0,005053	0,005053	16.421,20	1.947,82	42.763,40	3.188,00	1,1042	np	--	--	--	53,63	--	--	0,153
25	193458,88	1,2534	alma	5,57	0,003581	0,003223	46.876,00	1.430,32	128.820,88	6.432,95	2,5749	np	--	--	--	465,22	--	--	1,329
26	128129,04	1,9029	mesa	1,92	0,005884	0,003883	40.124,00	1.762,22	81.176,04	4.898,00	1,3741	np	--	--	--	333,06	--	--	0,952
27	77652,42	1,0871	mesa	0,09	0,004658	0,004658	19.166,40	1.814,24	47.956,25	3.062,50	1,1040	np	--	--	--	110,51	--	--	0,316

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm, $b_{E(prev)}$ = 71,83 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) Nos modelos 8, 17, 18, 26 e 27 a viga V1 é menos resistente;

4) No modelo 7 a viga V3 é menos resistente;

5) Nos modelos 13, 16, 19, 22 e 25 a laje é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5 - RESULTADO VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA 1					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1A	53570,77	0,8747	laje	7,60	175,00	0,002499	7.875,80	1.636,06	28.108,74	2.260,25	1,0497	mesa	0,5429	84,185	46262,62	63,14	-1,544	1,905	0,18
3A	17508,46	0,2859	laje	5,24	132,70	0,001225	4.578,60	555,24	10.606,78	1.176,81	1,1739	np	--	--	--	-45,58	--	--	-0,13
7A	72523,85	0,9811	laje	8,48	175,00	0,002803	6.360,60	2.159,80	41.258,55	2.521,50	1,0229	mesa	0,3122	108,3	67547,67	417,70	1,465	0,922	1,193
9A	21403,37	0,3494	laje	4,49	132,70	0,001497	4.567,00	641,94	13.187,35	1.006,91	1,0929	np	--	--	--	6,93	--	--	0,02
19A	139731,41	1,8340	mesa	1,51	175,00	0,005240	não rodou		88.734,57	5.083,25									
21A	46802,19	0,7641	mesa	0,96	132,70	0,003274	14.826,80	1.328,66	32.057,81	2.531,25	1,1218	np	--	--	--	37,42	--	--	0,107
25A	203877,31	1,8340	mesa	2,86	175,00	0,005240	não rodou		128.820,88	6.432,95									
27A	67166,47	0,8763	mesa	1,49	132,70	0,003755	27.852,00	1.160,34	47.956,25	3.062,50	1,1883	np	--	--	--	169,86	--	--	0,485

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm^2, f_y = 25 kN/cm^2;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 27 a viga V1 é menos resistente;

4) No modelo 7A a viga V3 é menos resistente;

5) Nos modelos 19A e 25A a laje é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5 - RESULTADO VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V2					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1A	53570,77	0,8747	laje	7,60	175,00	0,002499	0,002905	4.467,00	1.931,78	28.108,74	2.260,25	1,0169	mesa	0,2959	96,293	48188,50	41,16	-1,89	2,125	0,118
3A	17508,46	0,2859	laje	5,24	132,70	0,001225	0,002166	1.810,04	988,86	10.606,78	1.176,81	1,0121	mesa	0,176	84,106	16328,10	100,53	0,349	0,225	0,287
7A	72523,85	0,9811	laje	8,48	175,00	0,002803	0,002803	6.360,60	2.159,80	41.258,55	2.521,50	1,0229	mesa	0,3122	108,3	67547,67	417,70	1,465	0,922	1,193
9A	21403,37	0,3494	laje	4,49	132,70	0,001497	0,001740	2.884,40	785,74	13.187,35	1.006,91	1,0472	mesa	0,1841	69,145	19645,84	-15,87	-1,144	1,053	-0,045
19A	139731,41	1,8340	mesa	1,51	175,00	0,005240	0,003458	39.832,00	1.862,10	88.734,57	5.083,25	1,3919	np	--	--	--	300,16	--	--	0,858
21A	46802,19	0,7641	mesa	0,96	132,70	0,003274	0,003274	14.826,80	1.328,66	32.057,81	2.531,25	1,1218	np	--	--	--	37,42	--	--	0,107
25A	203877,31	1,8340	mesa	2,86	175,00	0,005240	0,004454	60.582,00	2.022,20	128.820,88	6.432,95	1,5172	np	--	--	--	646,68	--	--	1,848
27A	67166,47	0,8763	mesa	1,49	132,70	0,003755	0,003380	27.852,00	1.160,34	47.956,25	3.062,50	1,1883	np	--	--	--	169,86	--	--	0,485

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm^2, f_y = 25 kN/cm^2;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 27 a viga V1 é menos resistente;

4) No modelo 7A a viga V3 é menos resistente;

5) Nos modelos 19A e 25A a laje é menos resistente;

6) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

7) unidades: kN e cm.

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6 - RESULTADOS VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA PREVISTA

	PREVISTO PARA VIGA V2					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS		RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1B	90192,56	1,2737	mesa	1,52	175,00	0,003639	NÃO RODOU		61.465,41	9.439,25									
1C	23312,85	0,3805	laje	2,13	165,00	0,001087	5.364,40	368,92	14.502,96	598,80	1,0885	np	--	--	--	1,0860	--	--	0,0031
3B	38836,64	0,6341	mesa	0,48	175,00	0,002717	6.260,60	1.669,84	19.388,83	4.883,38	1,6314	np	--	--	--	-44,4020	--	--	-0,1269
3C	10565,43	0,1725	laje	1,24	165,00	0,000739	1.723,00	124,17	5.980,19	347,78	1,6775	np	--	--	--	-19,7394	--	--	-0,0564
9B	46590,60	0,4775	mesa	0,19	175,00	0,002046	8.595,60	1.284,10	25.426,31	3.739,85	1,6114	np	--	--	--	78,7780	--	--	0,2251
9C	11751,53	0,1918	laje	0,99	165,00	0,000822	3.080,60	145,43	7.073,25	276,46	1,1548	np	--	--	--	17,5378	--	--	0,0501
21B	105273,33	1,7188	alma	4,64	175,00	0,007365	47.950,00	2.954,80	74.446,85	11.850,50	1,3319	np	--	--	--	181,3280	--	--	0,5181
21C	25005,04	0,4082	laje	2,13	165,00	0,001749	7.185,00	301,26	15.961,13	596,25	1,1414	np	--	--	--	-18,8596	--	--	-0,0539
27B	77652,42	1,2677	mesa	0,09	175,00	0,005432	18.583,60	1.857,02	47.956,25	3.062,50	1,0990	np	--	--	--	118,7800	--	--	0,3394
27C	77652,42	0,5064	mesa	0,09	175,00	0,002170	12.877,20	763,76	47.956,25	3.062,50	2,1654	np	--	--	--	71,0440	--	--	0,203

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 1b a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 9B e 27C a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades: kN e cm.

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6 - RESULTADOS VIGA V2 - ANSYS COM CARGA ÚLTIMA OBTIDA

	PREVISTO PARA VIGA V2					PREV. PARA ELEMENTO MAIS FRACO	RESULTADO DO ANSYS			RESISTÊNCIA DO PERFIL METÁLICO		OBTIDO A PARTIR DOS RESULTADOS DO ANSYS								
mod	M_p	q_v	LNP	x	b_E	Q_u	Q_u	M	N	Zf_y	Af_y	α	LNP	x (*)	b_E	M_p	R	q_a	q_b	q_v
1B	90192,56	1,2737	mesa	1,52	175,00	0,003639	0,0024017	27.138,00	2.505,40	61.465,41	9.439,25	1,5839	np	--	--	--	149,84	--	--	0,4281
1C	23312,85	0,3805	laje	2,13	165,00	0,001087	0,0021224	144,20	610,88	14.502,96	598,80	1,0000	laje	2,1348	165	23312,85	162,87	0,7195	0,2112	0,4653
3B	38836,64	0,6341	mesa	0,48	175,00	0,002717	0,0035124	9.449,00	2.535,60	19.388,83	4.883,38	1,0773	np	--	--	--	-39,36	--	--	-0,1125
3C	10565,43	0,1725	laje	1,24	165,00	0,000739	0,0029098	35,00	352,28	5.980,19	347,78	1,0000	laje	1,2398	165	10565,43	-143,82	-2,1612	1,3393	-0,4109
9B	46590,60	0,4775	mesa	0,19	175,00	0,002046	0,003290	8.810,40	2.422,20	25.426,31	3.739,85	1,0758	np	--	--	--	109,562	--	--	0,313
9C	11751,53	0,1918	laje	0,99	165,00	0,000822	0,002363	63,80	280,26	7.073,25	276,46	1,0000	laje	0,9856	165	11751,53	229,16	2,0434	-0,7339	0,6547
21B	105273,33	1,7188	alma	4,64	175,00	0,007365	0,006629	47.950,00	2.954,80	74.446,85	11.850,50	1,3319	np	--	--	--	181,33	--	--	0,5181
21C	25005,04	0,4082	laje	2,13	165,00	0,001749	0,004373	982,82	570,50	15.961,13	596,25	0,9932	mesa	0,1185	33,33	22882,53	-144,50	-2,7722	1,9465	-0,4129
27B	77652,42	1,2677	mesa	0,09	175,00	0,005432	0,005432	18.583,60	1.857,02	47.956,25	3.062,50	1,0990	np	--	--	--	118,78	--	--	0,3394
27C	77652,42	0,5064	mesa	0,09	175,00	0,002170	0,004114	19.390,80	1.799,30	47.956,25	3.062,50	1,1053	np	--	--	--	95,75	--	--	0,2736

Obs.:

1) vão da viga = 700 cm, f_{ck} = 2 kN/cm², f_y = 25 kN/cm², t_c = 10 cm;

2) x = distância da linha neutra da seção plastificada até a face superior da viga de aço, quando a LNP estiver na laje, x = espessura comprimida da laje;

3) No modelo 1b a laje é menos resistente;

4) Nos modelos 9B e 27C a viga V1 é menos resistente;

5) Nos demais modelos a viga V2 é menos resistente;

6) Unidades: kN e cm.

APÊNDICE 4

SISTEMA 1 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V1
(1ª hipótese: regime elástico na laje e plástico nas vigas)

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 57, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77 e 78
			> prevista	Não OK	4, 8 E 24
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	18, 19, 38, 39, 54, 58, 59, 79 e 80
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	36 e 55
			> prevista	Não OK	20
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	14, 40, 56 e 60
			> prevista	Não OK	17
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	

Obs.:

Tolerância de 10% em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última da laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 1 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V2
(1ª hipótese: regime elástico na laje e plástico nas vigas)

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	13, 14, 17, 18, 25, 29, 33, 37, 38, 39, 41, 45, 49, 53, 54, 57, 58, 59, 61, 65, 66, 69, 70, 73, 74, 75, 77, 78, 79 e 80
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	2, 3, 4, 6, 7, 8, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 35, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 51, 62, 63, 64, 67, 68, 71 e 72
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	19, 40, 56, 60
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	1, 5, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 21, 34, 36 e 52
			> prevista	não OK	20
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	55 e 76
			> prevista	Não OK	

Obs.:

Tolerância de 10% em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última da laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 1 - CONCLUSÕES SOBRE A LAJE
(1ª hipótese: regime elástico na laje e plástico nas vigas)

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9		
CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA PREVISTA NO PISO	**CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DO CÁLCULO USUAL**	**MODELOS**
Valor de qv aproximadamente igual ao esperado em ambas as vigas	OK	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79 e 80
qualquer outra hipótese	Não OK	

Obs.:

Tolerância de 20 % na carga distribuida na laje e 10% na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 1 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V1
2ª hipótese: Regime Plástico na laje e nas vigas

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 57, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77 e 78
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	18, 19, 35, 38, 39, 54, 58, 59, 79 e 80
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	14, 36, 40, 55, 56 e 60
			> prevista	Não OK	17 e 20
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	

Obs.:

Tolerância de 10% em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última da laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 1 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V2
2ª hipótese: Regime Plástico na laje e nas vigas

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	13, 25, 29, 33, 35, 37, 41, 45, 49, 53, 57, 61, 65, 66, 69, 70, 73, 74, 75, 77 e 78
			> prevista	Não OK	14, 17, 18, 35, 38, 39, 54, 58, 59, 79 e 80
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	2, 3, 4, 6, 7, 8, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 51, 62, 63, 64, 67, 68, 71 e 72
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	36 e 21
			> prevista	Não OK	19, 40, 55, 56, 60 e 76
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	1, 10, 11, 12, 15, 16 e 52
			> prevista	não OK	20
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	5, 9 e 34
			> prevista	Não OK	

Obs.:

Tolerância de 10% em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última da laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 1 - CONCLUSÕES SOBRE A LAJE
2ª hipótese: Regime Plástico na laje e nas vigas

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9		
CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA PREVISTA NO PISO	**CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DO CÁLCULO USUAL**	**MODELOS**
Valor de qv aproximadamente igual ao esperado em ambas as vigas	OK	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 57, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77 e 78
qualquer outra hipótese	Não OK	14, 17, 18, 19, 20, 22, 35, 36, 38, 39, 40, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 79 e 80

Obs.:

Tolerância de 10% em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última da laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 2 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V1

1º CASO : CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	1, 7, 9, 11, 19, 21, 23, 27, 29, 37, 38, 39, 43, 44, 47, 48 e 49
			> prevista	Não OK	2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 20, 22, 24, 28, 30, 32, 41 e 42
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	53 e 54
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	17
			> prevista	Não OK	18
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	15, 35 e 36
			> prevista	Não OK	16
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	13, 33 e 34
			> prevista	Não OK	

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO PARA RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**MODELOS**
0,85	não ocorre	inconclusivo	
	ocorre	não OK	
0,66	não ocorre	inconclusivo	25, 26, 31, 40, 45, 46, 50, 51 e 52
	ocorre	não OK	

Obs.:

Tolerância de 10 % em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 2 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V2

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	53 e 54
			> prevista	Não OK	14, 15, 16, 32, 33, 34, 37, 38, 43 e 44
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	3, 5, 6, 9, 11, 12, 21, 22, 23, 24, 29, 30, 39, 41, 42, 47 e 48
			> prevista	Não OK	10 e 49
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	35 e 36
			> prevista	Não OK	13
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	4, 17 e 18
			> prevista	não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	1, 7, 19, 20, 27 e 28
			> prevista	Não OK	2 e 8

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO PARA RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**MODELOS**
0,85	não ocorre	inconclusivo	
	ocorre	não OK	
0,66	não ocorre	inconclusivo	25, 26, 31, 40, 45, 46, 50, 51 e 52
	ocorre	não OK	

Obs.:

Tolerância de 10 % em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 2 - CONCLUSÕES SOBRE A LAJE

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9		
CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA PREVISTA NO PISO	**CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DO CÁLCULO USUAL**	**MODELOS**
Valor de qv aproximadamente igual ao esperado em ambas as vigas	OK	7, 9, 17, 18, 20, 27, 28, 30, 33, 35, 36, 48 e 54
qualquer outra hipótese	Não OK	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 21, 22, 23, 24, 29, 32, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 47, 49 e 53

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DE CÁLCULO**	**MODELOS**
0,85	Carga na viga ≈ 0,85 esperado	inconclusivo	
	qualquer outra hipótese	não OK	
0,66	Carga na viga ≈ 0,66 esperado	inconclusivo	40, 45 e 51
	qualquer outra hipótese	não OK	25, 26, 31, 46, 50, e 52

Obs.:

Tolerância de 20 % na carga distribuida na laje e 10% na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V1

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	1A
			> prevista	Não OK	5A e 41A
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	17A
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	13A
			> prevista	Não OK	

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO PARA RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**MODELOS**
0,85	não ocorre	inconclusivo	53A
	ocorre	não OK	
0,66	não ocorre	inconclusivo	37A e 49A
	ocorre	não OK	

Obs.:

Tolerância de 10 % em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V2

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	1A, 5A e 41A
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	13A
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	17A
			> prevista	não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO PARA RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**MODELOS**
0,85	não ocorre	inconclusivo	53A
	ocorre	não OK	
0,66	não ocorre	inconclusivo	37A e 49A
	ocorre	não OK	

Obs.:Tolerância de 10 % em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5 - CONCLUSÕES SOBRE A LAJE

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9		
CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA PREVISTA NO PISO	**CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DO CÁLCULO USUAL**	**MODELOS**
Valor de qv aproximadamente igual ao esperado em ambas as vigas	OK	1A e 17A
qualquer outra hipótese	Não OK	5A, 13A e 41A

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DE CÁLCULO**	**MODELOS**
0,85	Carga na viga ≈ 0,85 esperado	inconclusivo	
	qualquer outra hipótese	não OK	53A
0,66	Carga na viga ≈ 0,66 esperado	inconclusivo	37A
	qualquer outra hipótese	não OK	49A

Obs.:

Tolerância de 20 % na carga distribuida na laje e 10% na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V1

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	1C, 5B e 17C
			> prevista	Não OK	5C e 41C
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	13C, 17B e 53C
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO PARA RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**MODELOS**
0,85	não ocorre	inconclusivo	
	ocorre	não OK	
0,66	não ocorre	inconclusivo	1B, 13B, 41B e 53b
	ocorre	não OK	

Obs.:

Tolerância de 10 % em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6- CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V2

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	53C
			> prevista	Não OK	13C e 17B
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	1C, 5B, 5C, 17C e 41C
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO PARA RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**MODELOS**
0,85	não ocorre	inconclusivo	
	ocorre	não OK	
0,66	não ocorre	inconclusivo	1B, 13B, 41B e 53B
	ocorre	não OK	

Obs.:

Tolerância de 10 % em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 2 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6- CONCLUSÕES SOBRE A LAJE

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9		
CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA PREVISTA NO PISO	**CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DO CÁLCULO USUAL**	**MODELOS**
Valor de qv aproximadamente igual ao esperado em ambas as vigas	OK	17B e 17C
qualquer outra hipótese	Não OK	1C, 5B, 5C, 13C, 41C e 53C

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DE CÁLCULO**	**MODELOS**
0,85	Carga na viga ≈ 0,85 esperado	inconclusivo	
	qualquer outra hipótese	não OK	
0,66	Carga na viga ≈ 0,66 esperado	inconclusivo	
	qualquer outra hipótese	não OK	1B, 13B, 41B e 53B

Obs.:

Tolerância de 20 % na carga distribuida na laje e 10% na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 3 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V1

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 14, 15, 19, 21, 22, 24 e 25
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	8, 18 e 27
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	17
			> prevista	Não OK	

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO PARA RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**MODELOS**
0,85	não ocorre	inconclusivo	
	ocorre	não OK	
0,66	não ocorre	inconclusivo	7, 10, 13, 16, 20, 23 e 26
	ocorre	não OK	

Obs.:

Tolerância de 10 % em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 3 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V2

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	8, 17, 18, 19, 22, 25 e 27
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	1, 2, 3, 5, 6, 9, 11, 12, 14, 15, 21, 24
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	não OK	
	Ocorrer $M_{p,pr} \leq M_{p,an}$	OK	≤ prevista	OK	4
			> prevista	Não OK	

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO PARA RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**MODELOS**
0,85	não ocorre	inconclusivo	
	ocorre	não OK	
0,66	não ocorre	inconclusivo	7, 10, 13, 16, 20, 23, 26
	ocorre	não OK	

Obs.:

Tolerância de 10 % em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 3 - CONCLUSÕES SOBRE A LAJE

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9		
CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA PREVISTA NO PISO	**CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DO CÁLCULO USUAL**	**MODELOS**
Valor de qv aproximadamente igual ao esperado em ambas as vigas	OK	
qualquer outra hipótese	Não OK	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 27

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DE CÁLCULO**	**MODELOS**
0,85	Carga na viga ≈ 0,85 esperado	inconclusivo	
	qualquer outra hipótese	não OK	
0,66	Carga na viga ≈ 0,66 esperado	inconclusivo	
	qualquer outra hipótese	não OK	7, 10, 13, 16, 20, 23, 26

Obs.:

Tolerância de 20 % na carga distribuida na laje e 10% na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V1

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	1A, 3A, 9A e 21A
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	27A
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	7A
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO PARA RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**MODELOS**
0,85	não ocorre	inconclusivo	25A
	ocorre	não OK	
0,66	não ocorre	inconclusivo	19A
	ocorre	não OK	

Obs.:

Tolerância de 10 % em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V2

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	27A
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	3A, 9A e 21A
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	7A
	ocorrer $M_{p,pr} < M_{p,an}$	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	não OK	
	Ocorrer $M_{p,pr} \geq M_{p,an}$	OK	≤ prevista	OK	1A
			> prevista	Não OK	

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO PARA RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**MODELOS**
0,85	não ocorre	inconclusivo	25A
	ocorre	não OK	
0,66	não ocorre	inconclusivo	19A
	ocorre	não OK	

Obs.:

Tolerância de 10 % em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k5 - CONCLUSÕES SOBRE A LAJE

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9		
CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA PREVISTA NO PISO	CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DO CÁLCULO USUAL	MODELOS
Valor de qv aproximadamente igual ao esperado em ambas as vigas	OK	
qualquer outra hipótese	Não OK	1A, 3A, 7A , 9A, 21A e 27A

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS	CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DE CÁLCULO	MODELOS
0,85	Carga na viga ≈ 0,85 esperado	inconclusivo	
	qualquer outra hipótese	não OK	25A
0,66	Carga na viga ≈ 0,66 esperado	inconclusivo	
	qualquer outra hipótese	não OK	19A

Obs.:

Tolerância de 20 % na carga distribuida na laje e 10% na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6 - CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V1

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	1C, 3B, 3C, 9C, 21B, 21C e 27B
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	9B e 27C
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO PARA RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**MODELOS**
0,85	não ocorre	inconclusivo	
	ocorre	não OK	
0,66	não ocorre	inconclusivo	1B
	ocorre	não OK	

Obs.:

Tolerância de 10 % em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6 -CONCLUSÕES SOBRE A VIGA V2

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9					
PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA PREVISTA	**PREVISÃO DE PLASTIFICAÇÃO**	**CONCLUSÃO SOBRE RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**CARGA DISTRIBUIDA**	**CONCLUSÃO SOBRE A REAÇÃO DE APOIO**	**MODELOS**
Não ocorre	Não ocorrer	OK	≤ prevista	OK	9B e 27C
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer	OK	≤ prevista	OK	1C, 3B, 3C, 9C, 21B, 21C e 27B
			> prevista	Não OK	
Ocorre $M_{p,an}$	Não ocorrer	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} > M_{p,an}$)	Não OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	não OK	
	Ocorrer ($M_{p,pr} \leq M_{p,an}$)	OK	≤ prevista	OK	
			> prevista	Não OK	

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**PLASTIFICAÇÃO DA VIGA MISTA PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO PARA RESISTÊNCIA ÚLTIMA**	**MODELOS**
0,85	não ocorre	inconclusivo	
	ocorre	não OK	
0,66	não ocorre	inconclusivo	1B
	ocorre	não OK	

Obs.:

Tolerância de 10 % em $M_{p,an}$, na carga distribuida na viga e na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).

SISTEMA 3 COM VARIAÇÃO DO PARÂMETRO k6 - CONCLUSÕES SOBRE A LAJE

1º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≥ 0,9		
CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA PREVISTA NO PISO	**CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DO CÁLCULO USUAL**	**MODELOS**
Valor de qv aproximadamente igual ao esperado em ambas as vigas	OK	
qualquer outra hipótese	Não OK	1C, 3B, 3C, 9B, 9C, 21B, 21C, 27B e 27C

2º CASO: CARGA ÚLTIMA ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA ≈ 0,85 ou 0,66			
CARGA ÚLTIMA DO ANSYS / CARGA ÚLTIMA PREVISTA	**CARGA NA VIGA 1 E NA VIGA 2 PARA CARGA ÚLTIMA DO ANSYS**	**CONCLUSÃO SOBRE A SEGURANÇA DE CÁLCULO**	**MODELOS**
0,85	Carga na viga ≈ 0,85 esperado	inconclusivo	
	qualquer outra hipótese	não OK	
0,66	Carga na viga ≈ 0,66 esperado	inconclusivo	
	qualquer outra hipótese	não OK	1B

Obs.:

Tolerância de 20 % na carga distribuida na laje e 10% na carga última na laje;
Todas as previsões correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do elemento menos resistente (laje ou uma das vigas);
Todas os resultados obtidos (ansys) correspondem à carga última da laje que provoca o colapso do sistema (piso).