

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

Reservatórios Com Parede Ondulada

UM ENFOQUE PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Eng.º ALOÍSIO ERNESTO ASSAN

CPF- 542088668-53

SÃO CARLOS, DEZEMBRO DE 1983

RESERVATÓRIOS COM PAREDE ONDULADA
UM ENFOQUE PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

ALOÍSIO ERNESTO ASSAN

Tese apresentada à ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
da UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO como parte dos requisitos
para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Orientador: **DR. WALTER SAVASSI**

SUPLENTE S

DR. ÍLIO MONTANARI
DR. WILSON S. VENTURINI
DR. JOSÉ H. ALBIERO
DR. JOÃO LIRANI

COMISSÃO EXAMINADORA

DR. WALTER SAVASSI
DR. D.A.O. MARTINELLI
DR. JOÃO B. DE HANAI
DR. DANTE QUELPA
DR. MÁRIO FRANCO

SÃO CARLOS, DEZEMBRO DE 1983

A G R A D E C I M E N T O S

Agradeço ao professor Dr. Walter Savassi, mais que um orientador, um amigo, cuja conduta tem me valido de modelo.

Agradeço ao professor M.Sc. Francisco Antonio Menezes - a frase é muito simples pela gratidão que tenho a expressar, mas qualquer outra será mero exercício de retórica - pelas sempre acertadas ponderações e pela cooperação na fase de implantação do programa, com tantos problemas, que sem sua ajuda teria sido muito difícil.

Agradeço à direção da Faculdade de Engenharia de Limeira pela aquisição do disco que permitiu a continuidade deste trabalho, ao Centro de Computação da Universidade Estadual de Campinas pela colaboração e cessão de seus equipamentos.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pelo auxílio, em forma de bolsa de pesquisa, na fase inicial deste trabalho.

Agradeço à Elisabete Miranda Gonçalves e aos desenhistas Domingos Pereira, Dalva Maria Michel Ferrari, Gilza Aparecida Calderari, Paulo Roberto Chang de Oliveira e Luis Roberto Fortunato pela dedicação e esmero na cansativa tarefa de datilografia e desenho.

R E S U M O

Este trabalho objetiva dar informações que permitam melhor compreender o funcionamento dos reservatórios com parede ondulada.

A ferramenta analítica utilizada é o método dos elementos finitos.

Cada elemento estrutural componente do reservatório (lajes superior e inferior, cascas externas e interna e as vigas) é discretizado por apropriados elementos finitos.

Apresentam-se uma descrição de cada tipo de elemento finito e um resumo da teoria básica concernente a ele, o acoplamento dos diferentes elementos finitos nas junções dos elementos estruturais, a expansão das matrizes de rigidez e vetores de cargas nodais equivalentes, as rotações e translações dos diversos sistemas de coordenadas envolvidos, um organograma do programa geral de computador, suas principais variáveis e matrizes, a descrição de cada um dos subprogramas, um manual que instrui a correta entrada dos dados, os resultados de esforços em forma de gráficos para alguns reservatórios analisados, as conclusões e as sugestões para continuidade das investigações.

O primeiro apêndice contém as deduções e as expressões explícitas das principais matrizes que constam dos programas e o segundo os programas impressos.

A B S T R A C T

This work aims to give informations wich allow a better understanding of the behaviour of the reservoirs with barrel vaulted walls.

The analytical tool here employed is the finite element method.

Each structural element component of the reservoir (the upper and lower slabs, the externals and internal shells and the beams) is discretized by appropriate finite elements.

One presents a description of each type of finite element and a summary of the basic theory relative to them, the coupling of the different finite elements in the joints of the structural elements, the expansion of the stiffness matrices and the equivalent nodal forces vectors, the rotation and translation of the several coordinate systems, an organized presentation of the general computer program, its principal variables and matrices, the description of each one of the subprograms, a manual that teaches the correct input data, grafics of the efforts for some analysed reservoirs, the conclusions and suggestions for future investigations.

In the first appendix are the principal matrices explicitly deduced and in the second the printed programs.

A Cidô, minha esposa, que permitiu, com sua paciência e seu sacrifício pessoal, que eu tivesse condições de concretizar este trabalho.

Aos meus filhos Cláudia, Roberta e Marcos.

A ciência não é um sistema de enunciados certos, bem estabelecidos; nem é um sistema que avança firmemente em direção a um estado definitivo. Nossa ciência não é um conhecimento: ela nunca pode pretender ter atingido a verdade, ou mesmo um substituto para ela, tal como a probabilidade. No entanto, a ciência tem um valor que excede a mera sobrevivência biológica. Ela não é apenas um instrumento útil. Embora não possa atingir nem a verdade nem a probabilidade, o esforço para a obtenção do conhecimento e a procura da verdade ainda são os motivos mais fortes da descoberta científica.

Karl R. Popper

ÍNDICE

I - <u>INTRODUÇÃO</u>	I.1
II - <u>ELEMENTOS FINITOS ADOTADOS</u>	II.1
II.1 - Elemento finito para casca fina.....	II.1
II.1.1 - Resumo da teoria básica.....	II.1
II.1.2 - Descrição do elemento finito adota <u>do</u>	II.4
II.2 - Elemento finito para folha plana.....	II.10
II.2.1 - Resumo da teoria básica.....	II.10
II.2.2 - Descrição do elemento finito adota <u>do</u>	II.12
II.3 - Elemento finito linear para viga.....	II.13
II.3.1 - Resumo da teoria básica.....	II.13
II.3.2 - Descrição do elemento finito adota <u>do</u>	II.14
III - <u>ACOPLAMENTO DOS ELEMENTOS FINITOS PARA O ESTUDO DO RESERVATÓRIO TÍPICO</u>	III.1
III.1 - Expansão das matrizes de rigidez e vetores das cargas nodais equivalentes para os tres tipos de elementos finitos.....	III.1
III.2 - Rotações e translações dos diversos sistemas de coordenadas envolvidos.....	III.4
IV - <u>ESTRUTURAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO EM LINGUAGEM FORTRAN</u> ..	IV.1
IV.1 - Organograma do programa geral.....	IV.2
IV.1.1 - PROGR 1.AEA	IV.2
IV.1.2 - PROGR 2.AEA	IV.3
IV.1.3 - PROGR 3.AEA	IV.5
IV.1.4 - PROGR 4.AEA	IV.11
IV.1.5 - PROGR 5.AEA	IV.13
IV.2 - Principais Variáveis	IV.16
IV.3 - Principais matrizes e vetores.....	IV.18
IV.4 - Descrição dos programas.....	IV.21
IV.4.1 - PROGR 1.AEA	IV.21
IV.4.2 - PROGR 2.AEA	IV.22
IV.4.3 - PROGR 3.AEA	IV.26

IV.4.4 - PROGR 4.AEA.....	IV.30
IV.4.5 - PROGR 5.AEA.....	IV.30
V - <u>ENTRADA DE DADOS</u>	V.1
VI - <u>ANÁLISE DO RESERVATÓRIO TÍPICO - RESULTADOS</u>	VI.1
VI.1 - Características gerais e discretização em elementos finitos.....	VI.1
VI.2 - Exemplos comparativos para reservatório com $n = 20$ e $e_c = 6\text{cm}$	VI.10
VI.2.1 - Com viga 25/40 e h_f variando de 40 a 70cm.....	VI.10
VI.2.2 - Com viga 25/20 e h_f variando de 40 a 70cm.....	VI.19
VI.2.3 - Com viga 15/10 e h_f variando de 40 a 70cm.....	VI.28
VI.3 - Exemplos comparativos para reservatório com $n = 20$ e $e_c = 4\text{cm}$	VI.37
VI.3.1 - Com viga 25/40 e h_f variando de 40 a 70cm.....	VI.37
VI.3.2 - Com viga 25/20 e h_f variando de 40 a 70cm.....	VI.46
VI.3.3 - Com viga 15/10 e h_f variando de 40 a 70cm.....	VI.55
VI.4 - Exemplos comparativos para reservatório com $n = 20$ e $e_c = 6\text{cm}$	VI.64
VI.4.1 - Laje de fundo com $h_f = 40\text{cm}$ e viga com 15/10, 25/20 e 25/40.....	VI.64
VI.4.2 - Laje de fundo com $h_f = 70\text{cm}$ e viga com 15/10, 25/20 e 25/40.....	VI.73
VI.5 - Exemplos comparativos para reservatório com $n = 20$ e $e_c = 4\text{cm}$	VI.82
VI.5.1 - Laje de fundo com $h_f = 40\text{cm}$ e viga com 15/10, 25/20 e 25/40.....	VI.82
VI.5.2 - Laje de fundo com $h_f = 70\text{cm}$ e viga com 15/20, 25/20 e 25/40.....	VI.91
VI.6 - Exemplos comparativos para reservatório com $h_f = 40\text{cm}$ e $e_c = 6\text{cm}$	VI.100
VI.6.1 - Viga 15/10 e $n = 16$ e $n = 20$	VI.100

VI.6.2 - Viga 25/20 e $n = 16$ e $n = 20$	VI.109
VI.6.3 - Viga 25/40 e $n = 16$ e $n = 20$	VI.118
VI.7 - Exemplos comparativos para reservatório com $h_f = 70\text{cm}$ e $e_c = 6\text{cm}$	VI.127
VI.7.1 - Viga 15/10 e $n = 16$ e $n = 20$	VI.127
VI.7.2 - Viga 25/20 e $n = 16$ e $n = 20$	VI.136
VI.7.3 - Viga 25/40 e $n = 16$ e $n = 20$	VI.145
VI.8 - Exemplos comparativos para reservatório com $h_f = 40\text{cm}$ e $e_c = 4\text{cm}$	VI.154
VI.8.1 - Viga 15/10 e $n = 16$ e $n = 20$	VI.154
VI.8.2 - Viga 25/20 e $n = 16$ e $n = 20$	VI.163
VI.8.3 - Viga 25/40 e $n = 16$ e $n = 20$	VI.172
VI.9 - Exemplos comparativos para reservatório com $h_f = 70\text{cm}$ e $e_c = 4\text{cm}$	VI.181
VI.9.1 - Viga 15/10 e $n = 16$ e $n = 20$	VI.181
VI.9.2 - Viga 25/20 e $n = 16$ e $n = 20$	VI.190
VI.9.3 - Viga 25/40 e $n = 16$ e $n = 20$	VI.199
VI.10 - Exemplos comparativos para reservatório com $h_f = 40\text{cm}$ e $n = 20$	VI.208
VI.10.1 - Com viga 15/10 e $e_c = 4\text{cm}$ e $e_c = 6\text{cm}$	VI.208
VI.10.2 - Com viga 25/20 e $e_c = 4\text{cm}$ e $e_c = 6\text{cm}$	VI.217
VI.10.3 - Com viga 25/40 e $e_c = 4\text{cm}$ e $e_c = 6\text{cm}$	VI.226
VI.11 - Exemplos comparativos para reservatório com $h_f = 70\text{cm}$ e $n = 20$	VI.235
VI.11.1 - Com viga 15/10 e $e_c = 4\text{cm}$ e $e_c = 6\text{cm}$	VI.235
VI.11.2 - Com viga 25/20 e $e_c = 4\text{cm}$ e $e_c = 6\text{cm}$	VI.244
VI.11.3 - Com viga 25/40 e $e_c = 4\text{cm}$ e $e_c = 6\text{cm}$	VI.253
VI.12 - Deslocamentos no plano diametral.....	VI.262
VII - <u>CONCLUSÕES E SUGESTÕES</u>	VII.1
VII.1 - Análise da laje de fundo.....	VII.1
VII.2 - Análise das abóbodas.....	VII.4

I - INTRODUÇÃO

Os reservatórios usuais de concreto, destinados a receber grandes volumes de líquidos, apresentam grandes esforços de tração que, para não provocarem fissuras com aberturas inadmissíveis nas faces em contato com o líquido, devem dispor de paredes espessas ou, então, de adequada armadura protendida, utilizando-se processos construtivos caros e nem sempre disponíveis nos locais da obra.

A fuga a esta imposição levou Marcel e André Reimbert (11)* a proporem, em 1953, uma nova concepção para reservatórios em concreto. A proposta, que permite de maneira simplificada a introdução da protensão, consiste em justapor abóbodas cilíndricas com a convexidade voltada para o líquido, repousando sobre uma base circular ou poligonal rígida. As abóbodas - que no transcorrer do texto também serão tratadas por cascas - apoiam-se em uma parede externa que equilibra os esforços de tração devidos à pressão hidrostática (conf. fig. I.1).

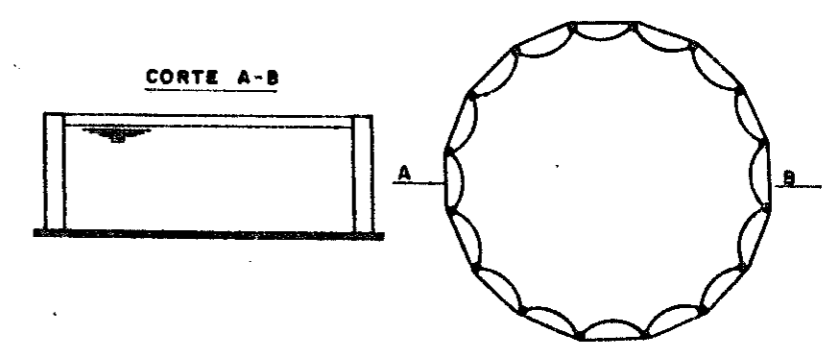


FIG. I.1

O reservatório é executado em quatro etapas (conf. fig. I.2):
1ª etapa: concretagem do fundo do reservatório, deixando no contorno uma coroa para receber o concreto da etapa seguinte.

2ª etapa: para permitir o livre movimento da parede por ocasião do enchimento, coloca-se uma camada de betume em toda a extensão da coroa prevista na primeira etapa.

Acrescenta-se, então, a camada de concreto, deixan-

* Os números entre parêntesis indicam a ordem de aparecimento da referência na Bibliografia.

VII.3 - Alguns resultados para o reservatório analisado por Hanai (6) com o processo viga-arco..... VII.7

VIII - BIBLIOGRAFIA..... VIII.1

APÊNDICE 1 - FORMULAÇÃO UTILIZADA NA PROGRAMAÇÃO.. 1.1

APÊNDICE 2 - LISTAGENS DOS PROGRAMAS..... 2.1

do a armadura de espera prevendo o acabamento da parede da terceira etapa.

3ª etapa: As abóbodas são concretadas. As paredes externas podem ser executadas seguindo um dos dois procedimentos:

1º) as armaduras estando já posicionadas, concretam-se as abóbodas, ficando a concretagem das paredes externas para a próxima etapa.

2º) as armaduras já posicionadas recebem uma pintura de betume para impedir a aderência com o concreto; efetua-se a seguir a concretagem das abóbodas e da parede externa, deixando nesta uma abertura vertical de 15 centímetros, preenchida após o estriamento da armadura.

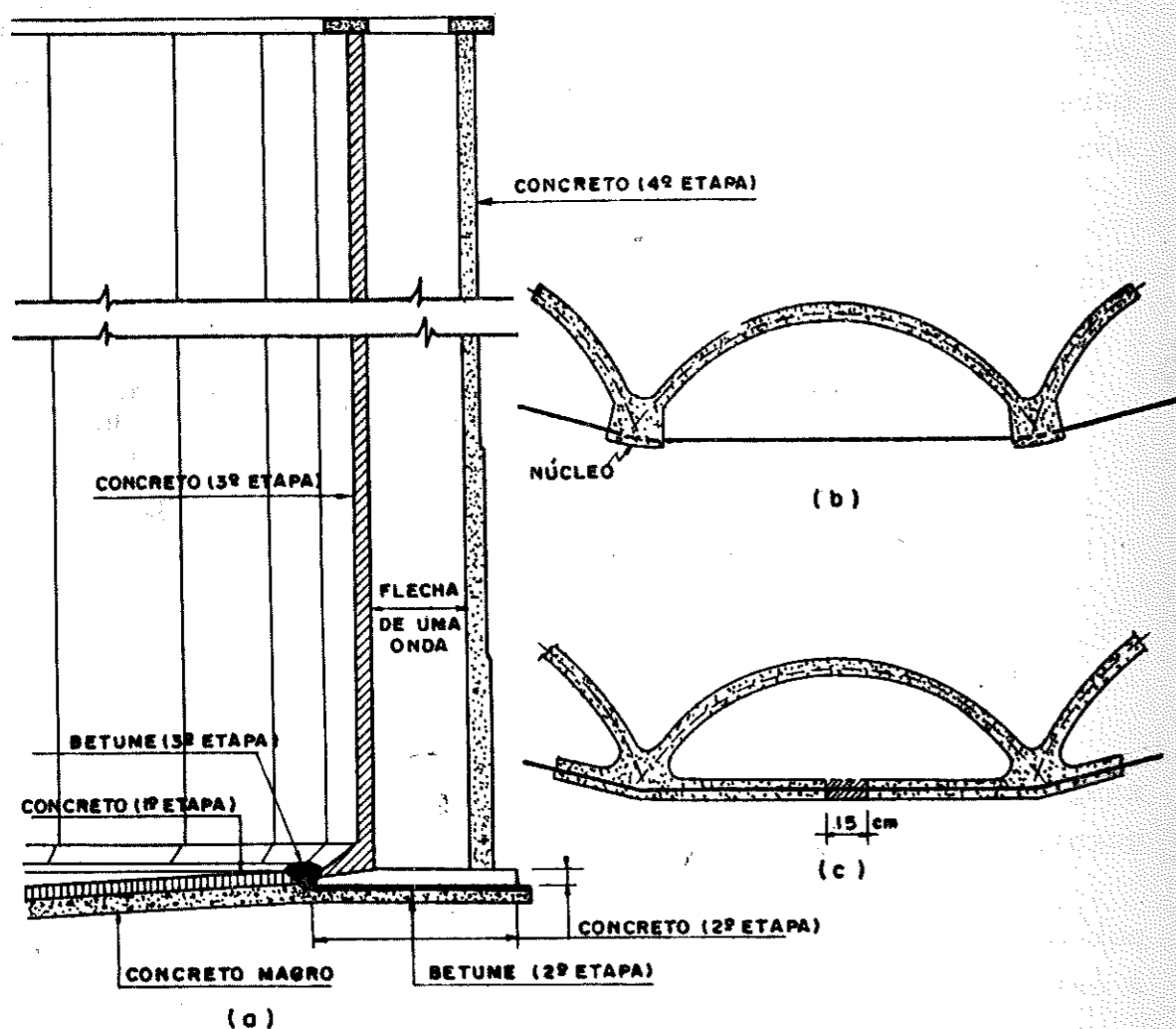


FIG. I.2

4ª etapa: Procede-se ao primeiro enchimento do reservatório, sendo, então, a armadura alongada. Completa-se a concretagem da parede externa.

Tendo o concreto adquirido uma pega adequada, esvazia-se o reservatório.

As armaduras não estando mais solicitadas a tração, pelo efeito do líquido, tendem a se encurtar, sendo impedidas pelo concreto da parede externa. Desse modo, essa parede fica "pós-tensionada".

Este reservatório, além das vantagens assinaladas no trabalho dos Reimbert, já faz emergir, pela sua peculiaridade, a idéia da adoção da pré-moldagem na construção das abóbodas.

Ampliando a idéia dos Reimbert, Martinelli e Montanari (7), projetaram, em 1972, um reservatório elevado, em Araraquara, com 1200m³ de capacidade. Posteriormente, em 1974, Martinelli e Hanai (7) projetaram outro reservatório elevado, também em Araraquara, com volume previsto para 500m³ de água (figura I.3).

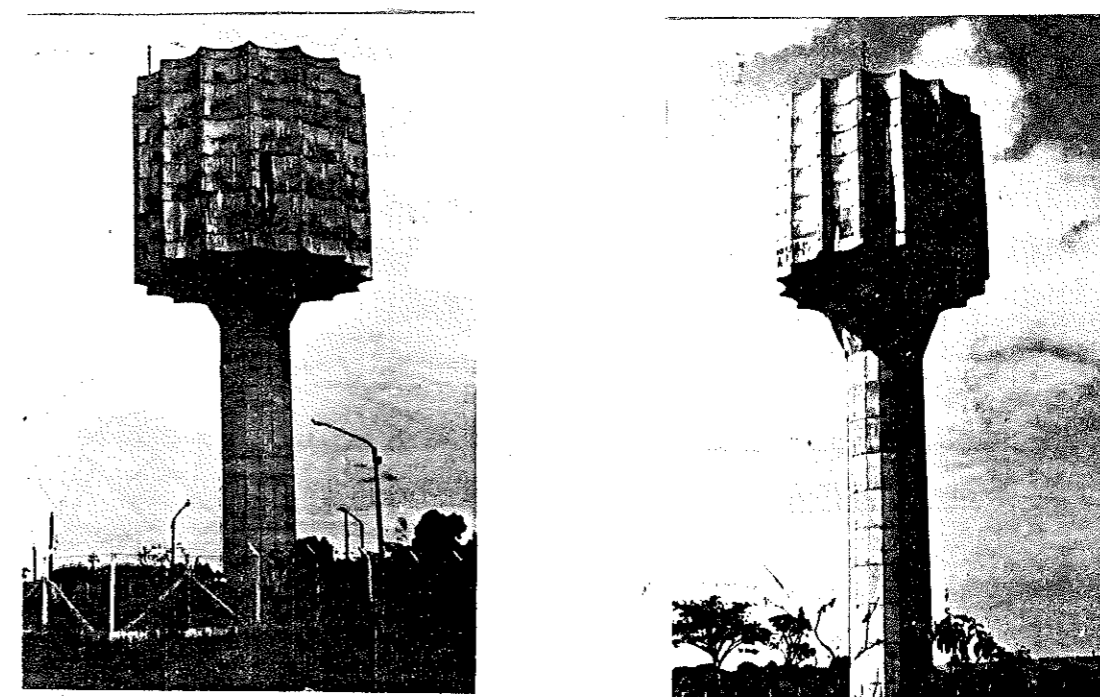


FIG. I.3 - RESERVATÓRIOS DE ARARAQUARA*

* Fotografias cedidas pelo Dr. João Bento de Hanai.

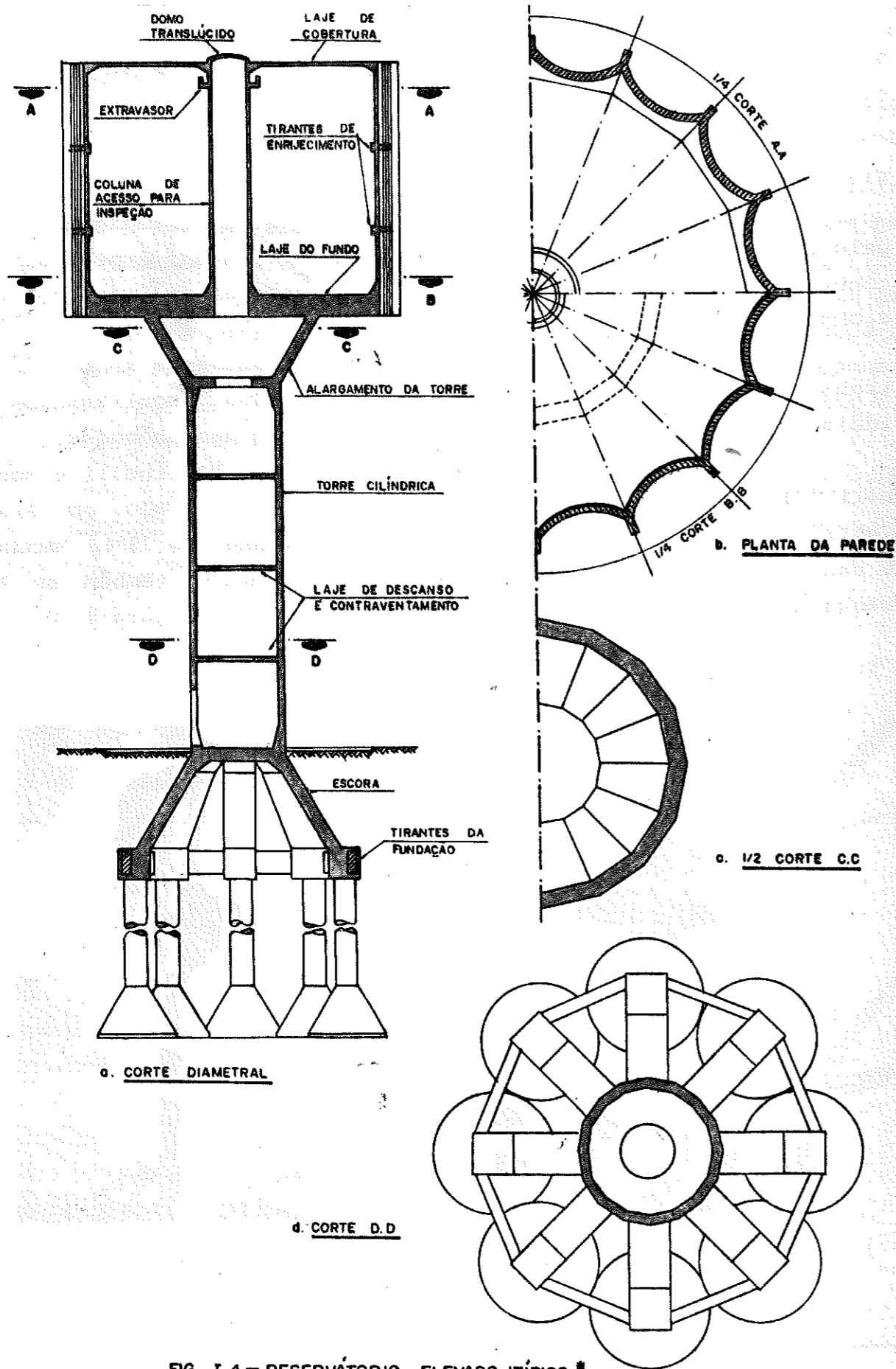


FIG. I.4 - RESERVATÓRIO ELEVADO TÍPICO *

Esses reservatórios são formados, cada um, por 16 abóbodas cilíndricas com 10cm de espessura, tendo nas suas junções vigas verticais e tirantes poligonais intermediários, constituindo apoios suplementares para essas vigas. As lajes de fundo são anulares, maciças, com 100cm de espessura para o primeiro e 60cm para o segundo. A estrutura de suporte é uma torre em casca cilíndrica que sofre um alargamento na extremidade superior, formando um tronco de cone. A infraestrutura é formada por escoras inclinadas, contadas por um tirante poligonal, apoiadas em tubulões, conforme esquemas mostrados na figura I.4.

Deve-se notar que embora Martinelli et alii tenham introduzido modificações no modelo original dos Reimbert, quais sejam: eliminação da parede externa, introdução dos tirantes intermediários internos e de vigas verticais nas junções das cascas e, principalmente, a construção de reservatório elevado, até 1974 não se havia feito qualquer experiência com pré-moldagem em parede ondulada, embora Hanai (6) já alertasse para essa possibilidade, empregando a argamassa armada em lugar do concreto armado, objetivando a obtenção de peças mais leves e melhor estanqueidade.

Isto se concretizou em 1981, com a construção de um reservatório com capacidade para 2700m³ de água, ao nível do solo, na cidade de São Carlos (8). Logo após foram construídos em Americana quatro reservatórios, semelhantes ao de São Carlos, cada um para 900m³ de água, utilizando-se a mesma técnica construtiva e argamassa armada. Estimou-se, para eles, uma economia de 20% nos custos da construção em relação aos reservatórios convencionais em concreto armado com formas deslizantes (12).

Um processo de cálculo aproximado da parede ondulada foi sistematizado por Hanai (6), tendo por base o processo viga-arco, e que se encontra detalhadamente explicado na referência (6).

Esse processo de cálculo mostrou-se satisfatório nos casos aqui apresentados; porém, quando se pretende implantar a pré-moldagem como processo construtivo, (reduzir a espessura das abóbodas e demais componentes do reservatório, diminuir o peso das peças pré-moldadas com a adoção da argamassa, além de se dar indicações das dimensões mais favoráveis para os elementos estruturais do reservatório, tendo em vista um determinado volume a ser projetado) há a necessidade de um processo de cálculo mais versátil, que

* Figura extraída da referência 8.

permita a obtenção de esforços mais precisos, além da indicação do comportamento do reservatório, do ângulo da deformabilidade como estrutura tridimensional.

Neste trabalho, que pretende dar algumas indicações para essas questões, trata-se o reservatório como estrutura tridimensional em que cada um dos elementos estruturais: lajes de fundo e cobertura, abóbodas e vigas de borda são discretizados por adequados elementos finitos, procedendo-se nas junções dos elementos estruturais, ao acoplamento desses elementos finitos.

O programa de computador desenvolvido permite analisar reservatórios de parede ondulada com quaisquer dimensões, podendo ser elevados ou não, fornecendo os valores de deslocamentos e rotações, forças normais e momentos fletores em todos os pontos da rede com a qual foi discretizado o reservatório.

Por diversos motivos só foi possível considerar os carregamentos hidrostáticos e de peso próprio, deixando os demais carregamentos ou ações, como: efeito de vento, variação de temperatura, etc., para estudo futuro.

II - ELEMENTOS FINITOS ADOTADOS

Para cada elemento estrutural constituinte do reservatório: casca, laje e viga, adota-se um particular elemento finito cujas características são abordadas a seguir, precedida por uma breve exposição da teoria básica pertinente a cada elemento estrutural. Supõe-se sempre material isotropo e homogêneo.

II.1 - Elemento finito para casca fina

II.1.1 - Resumo da teoria básica

São válidas todas as hipóteses relativas às cascas finas (9).

Seja a superfície média, de casca cilíndrica, da figura II.1.1, com espessura h e raio r constante.

Dessa superfície é retirado um elemento que tem em seu centróide o sistema triortogonal de coordenadas ξ, η, ζ , que pode ser chamado de sistema local de coordenadas, definido por: $\xi = x - x_c$ e $\eta = (\theta' - \theta'_c)r$. Estas duas coordenadas descrevem linhas de curvatura da superfície cilíndrica.

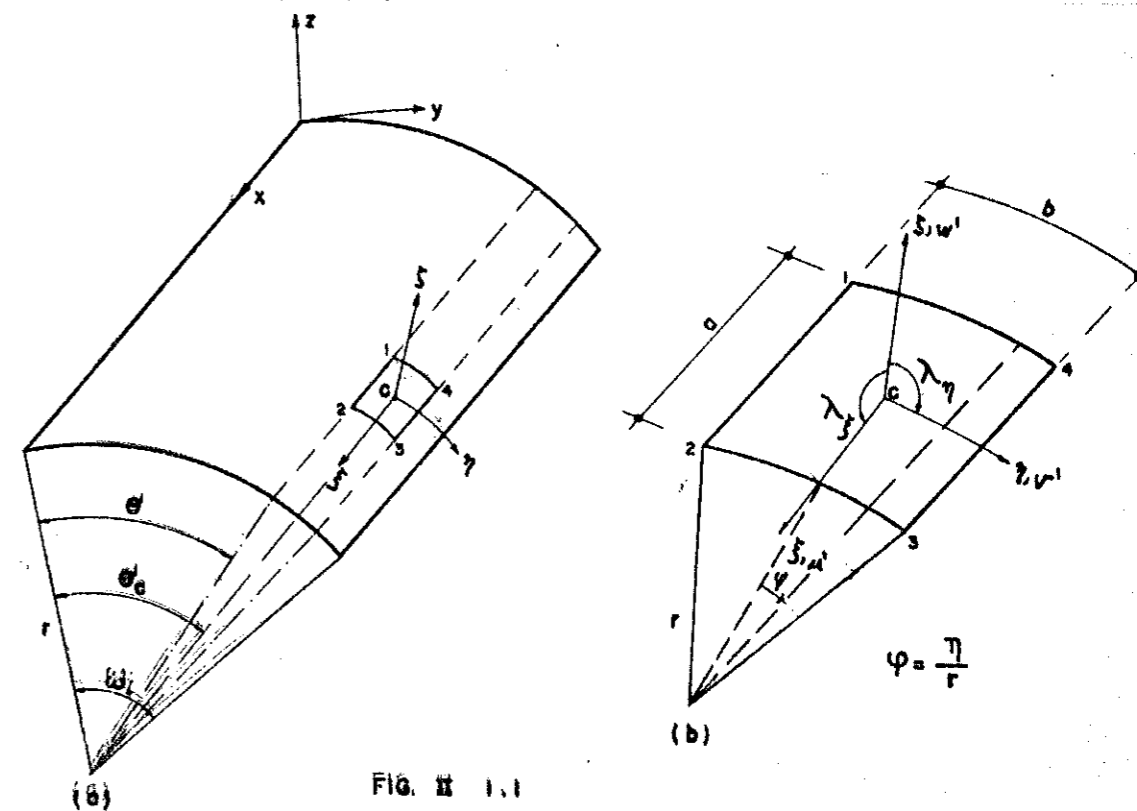


FIG. II 1.1

Os deslocamentos nas direções ξ , η e ζ são chamados de u' , v' e w' , respectivamente, e as rotações em torno dos eixos ξ e η de λ_η e λ_ξ , respectivamente, e indicadas por seus vetores. Os sentidos indicados são os positivos.

As relações de deformações-deslocamentos para o elemento de casca considerado são (3):

$$\epsilon_\xi = \frac{\partial u'}{\partial \xi} \quad \epsilon_\eta = \frac{\partial v'}{\partial \eta} + \frac{w'}{r} \quad \gamma_{\xi\eta} = \frac{\partial u'}{\partial \eta} + \frac{\partial v'}{\partial \xi} \quad \dots \text{II.1.1.a}$$

$$\chi_\xi = -\frac{\partial^2 w'}{\partial \xi^2} \quad \chi_\eta = \frac{\partial v'}{r \partial \eta} - \frac{\partial^2 w'}{\partial \eta^2} \quad \chi_{\xi\eta} = \frac{3}{2r} \cdot \frac{\partial v'}{\partial \xi} - \frac{1}{2r} \cdot \frac{\partial u'}{\partial \eta} - 2 \frac{\partial^2 w'}{\partial \xi \partial \eta} \dots \text{II.1.1.b}$$

sendo: $\lambda_\xi = -\frac{\partial w'}{\partial \xi}$ e $\lambda_\eta = \frac{v'}{r} - \frac{\partial w'}{\partial \eta}$

Estas igualdades diferem das encontradas em Timoshenko & Krieger (15), Sanders (13) e Kraus (9), entre outros, porque inclui-se a rotação em torno do eixo normal: $\omega = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v'}{\partial \xi} - \frac{\partial u'}{\partial \eta} \right)$ na expressão de $\chi_{\xi\eta}$. Adota-se esse procedimento tendo em vista a observação contida em Brebbia (3), página 224, segundo a qual a teoria proposta por Love pode levar a erro significativo quando ω for grande. Neste trabalho, como o cálculo numérico não é grandemente afetado por essa inclusão, optou-se por fazê-la, embora nos casos analisados o valor de ω seja desprezível, quando não for nulo.

As equações de compatibilidade assumem, então, as seguintes formas:

$$\frac{\partial^2 \epsilon_\xi}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 \epsilon_\eta}{\partial \xi^2} - \frac{\partial^2 \gamma_{\xi\eta}}{\partial \xi \partial \eta} + \frac{\chi_\xi}{r} = 0$$

$$\frac{\partial \chi_\xi}{\partial \eta} - \frac{\partial \chi_{\xi\eta}}{2 \partial \eta} - \frac{\partial \epsilon_\xi}{r \partial \eta} + \frac{3 \partial \gamma_{\xi\eta}}{4 r \partial \xi} = 0 \quad \dots \text{II.1.2}$$

$$\frac{\partial \chi_\eta}{\partial \xi} - \frac{\partial \chi_{\xi\eta}}{2 \partial \eta} - \frac{\partial \gamma_{\xi\eta}}{4 r \partial \eta} = 0$$

As seguintes igualdades podem ser obtidas de II.1.2:

$$\frac{\partial \epsilon_\xi}{r \partial \eta} = \frac{3 \partial \gamma_{\xi\eta}}{4 r \partial \xi}$$

$$\frac{\partial^2 \epsilon_\eta}{\partial \xi^2} = -\frac{\chi_\xi}{r}$$

$$\frac{\partial \chi_\xi}{\partial \eta} = \frac{\partial \chi_{\xi\eta}}{2 \partial \xi}$$

$$\frac{\partial \chi_\eta}{\partial \xi} = \frac{\partial \chi_{\xi\eta}}{2 \partial \eta} + \frac{\partial \gamma_{\xi\eta}}{4 r \partial \eta}$$

...II.1.3

Os esforços solicitantes, definidos como forças e momentos atuantes por unidade de comprimento da superfície média do elemento da casca, são as integrais das tensões na espessura da casca. Supondo-se, a nível do elemento, espessura constante, tem-se:

$$N_\xi = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \sigma_\xi d\zeta \quad M_\xi = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \zeta \sigma_\xi d\zeta$$

$$N_\eta = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \sigma_\eta d\zeta \quad M_\eta = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \zeta \sigma_\eta d\zeta \quad \dots \text{II.1.4}$$

$$N_{\xi\eta} = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \tau_{\xi\eta} d\zeta \quad M_{\xi\eta} = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \zeta \tau_{\xi\eta} d\zeta$$

com a convenção de sinais mostrada na figura abaixo.

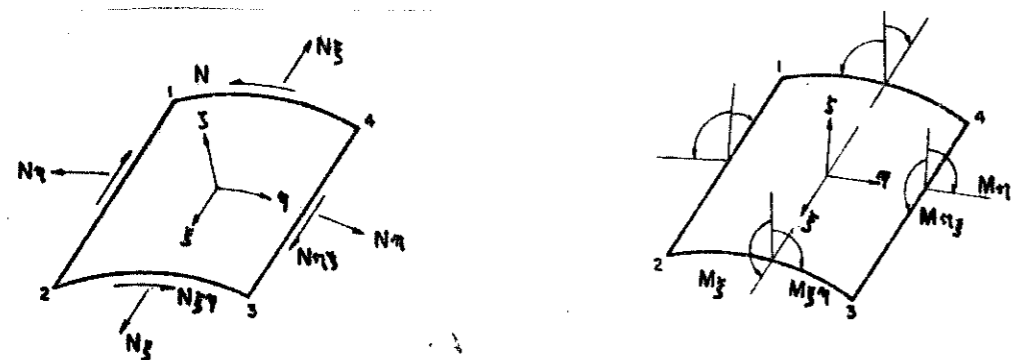


FIG. II 1.2

As expressões II.1.4, já substituindo as tensões em função das deformações e integrando, são transformadas em:

$$N_{\xi} = k(\epsilon_{\xi} + \nu\epsilon_{\eta}) \quad N_{\eta} = k(\epsilon_{\eta} + \nu\epsilon_{\xi}) \quad N_{\xi\eta} = N_{\eta\xi} = Gh\gamma_{\xi\eta}$$

$$M_{\xi} = D(\chi_{\xi} + \nu\chi_{\eta}) \quad M_{\eta} = D(\chi_{\eta} + \nu\chi_{\xi}) \quad M_{\xi\eta} = M_{\eta\xi} = \frac{Gh^3}{12}\chi_{\xi\eta}$$

...II.1.5

sendo: $k = \frac{Eh}{1 - \nu^2}$, $D = \frac{Eh^3}{12(1 - \nu^2)}$ e $G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$, onde

E = módulo de deformação longitudinal do material e ν = coeficiente de Poisson.

II.1.2 - Descrição do elemento finito adotado

O elemento desenvolvido por Ashwell & Sabir (1), adotado de maneira a considerar a rotação em torno do eixo normal à superfície média da casca, na expressão da torção, conforme exposto à página II.2, foi o escolhido. Este elemento modificado - que daqui para frente será chamado (ASS) -, assim como o elemento originalmente proposto por aqueles pesquisadores, tem cinco graus de liberdade por nó: u' , v' , w' , $\frac{\partial w'}{\partial \xi}$ e $\frac{\partial w'}{\partial \eta} - \frac{v'}{R}$ (ver fig. II.1.1b).

As funções representativas dos deslocamentos u' , v' e w' são:

$$u' = a_1 + r \cos \frac{\eta}{R} a_2 - r \sin \frac{\eta}{R} a_3 + \xi a_7 + \frac{\xi \eta}{R} a_8 + \frac{3}{4} \eta a_{11} - \frac{1}{2} r \eta^2 a_{17} + (R^2 \eta - \frac{1}{6} \eta^3) a_{19} - \frac{1}{2} R \eta a_{20}$$

$$v' = \xi \sin \frac{\eta}{R} a_2 + \xi \cos \frac{\eta}{R} a_3 + a_4 + \sin \frac{\eta}{R} a_5 + \cos \frac{\eta}{R} a_6 + \frac{1}{6R} \xi^2 a_8 + \frac{1}{4} \xi a_{11} + r \eta a_{16} + r \xi \eta a_{17} + \frac{1}{2} \eta^2 a_{18} + (\frac{1}{2} \xi \eta^2 - r^2 \xi) a_{19} + \frac{1}{2} r \xi a_{20}$$

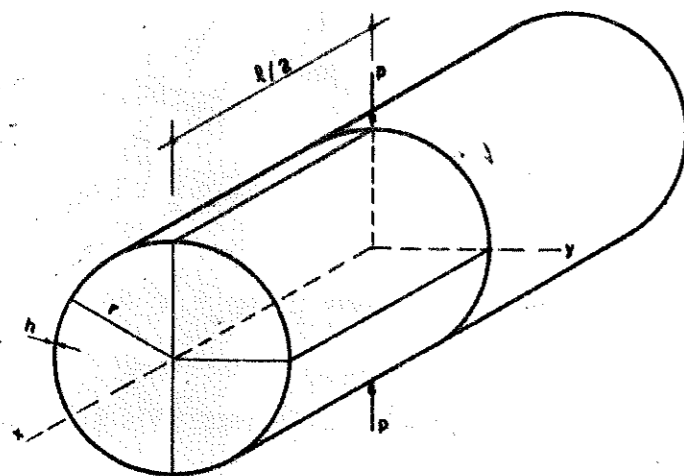
$$w' = -\xi \cos \frac{\eta}{R} a_2 + \xi \sin \frac{\eta}{R} a_3 - \cos \frac{\eta}{R} a_5 + \sin \frac{\eta}{R} a_6 + r a_9 + r \xi a_{10} - \frac{1}{2} \xi^2 a_{12} - \frac{1}{6} \xi^3 a_{13} - \frac{1}{2R} \xi^2 \eta a_{14} - \frac{1}{6R} \xi^3 \eta a_{15} - r^2 a_{16} - r^2 \xi a_{17} - r \eta a_{18} - r \xi \eta a_{19} \quad \dots II.1.6$$

Estas expansões contêm todos os deslocamentos de corpo rígido, satisfazem as condições de deformações constantes e verificam as equações II.1.2 e II.1.3.

Cabe aqui uma apresentação de quatro testes que foram feitos para aferição do desempenho desse elemento.

O primeiro teste foi com o cilindro submetido a duas cargas puntuais, de compressão, diametralmente opostas, atuantes no meio do cilindro (figura II.1.3 - "pynched cylinder"). Os resultados comparativos entre os valores do deslocamento w , em polegadas, do ponto de aplicação de uma das cargas, são mostrados nos quadros II.1e II.2. Cada quadro contém quatro colunas, sendo que as três últimas mostram, pela ordem, os valores obtidos por esse elemento modificado, pelo elemento de Ashwell & Sabir (1) através de programa elaborado pelo autor deste trabalho e os apresentados na referência (1).

As diferenças, entre as duas últimas colunas, certamente são devidas a diferenças de precisão dos computadores empregados.



UNIDADE: lbf.in

	QUADRO 1	QUADRO 2
L	10,35	10,35
r	4,935	4,935
h	0,01548	0,094
P	0,1	1,00

$E = 10,5 \times 10^6 \text{ lbf/in}^2$
 $\nu = 0,3125$

FIG. II.1.3

A análise foi limitada a apenas um octante devido à simetria geométrica e do carregamento. Rede (m x n) significa divisão em m elementos na direção longitudinal e n elementos na transversal.

Quadro II.1 - "Pinched cylinder". Espessura = 0,01548 in

Rede	Elemento modificado	Elemento original Resultados obtidos pelo autor deste trabalho	Resultados apresentados por Ashwell & Sabir (1)
1 x 1	-0,02328	-0,02324	-0,02301
2 x 2	-0,02430	-0,02426	-
1 x 4	-0,02419	-0,02425	-0,02403
2 x 4	-0,02441	-0,02441	-0,02409
4 x 4	-0,02438	-0,02449	-

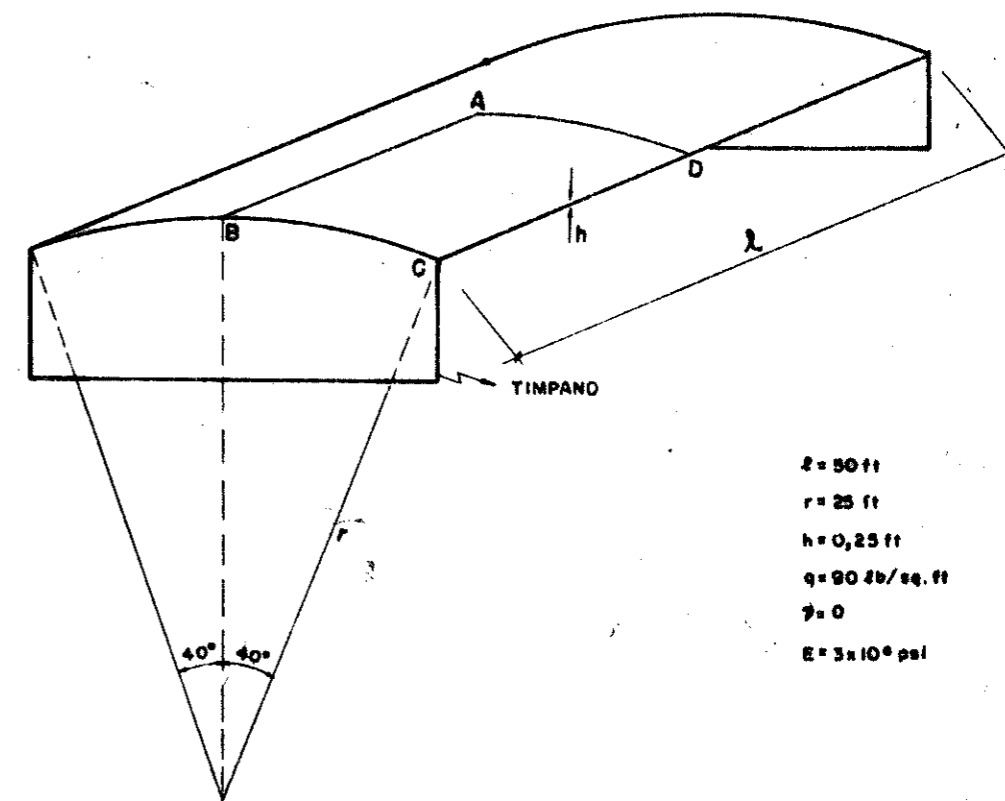
Deslocamento w' (in) do ponto de aplicação da carga P.
 Valor teórico para w' é -0,02439 in (1).

Quadro II.2 - "Pinched cylinder" - Espessura = 0,094 in.

Rede	Elemento modificado	Elemento original Resultados obtidos pelo autor deste trabalho	Resultados apresentados por Ashwell & Sabir(1)
1 x 1	-0,10404	-0,10404	-0,104
2 x 2	-0,11020	-0,11054	-0,1103
1 x 4	-0,11041	-0,11072	-0,1106
2 x 4	-0,11164	-0,11204	-0,1117
4 x 4	-0,11284	-0,11333	-0,1129

Deslocamento w' (in) do ponto de aplicação da carga P.
 Valor teórico para w' é -0,1084 in (1)

O segundo teste foi com uma cobertura cilíndrica apoiada nas extremidades curvas em tímpanos indeformáveis e com as bordas retas livres, submetida a carregamento uniformemente distribuído em sua superfície (fig. II.1.4).



$L = 50 \text{ ft}$
 $r = 25 \text{ ft}$
 $h = 0,25 \text{ ft}$
 $q = 90 \text{ lb/sq. ft}$
 $\nu = 0$
 $E = 3 \times 10^6 \text{ psi}$

FIG. II.1.4

Devido à simetria geométrica e do carregamento estudou-se apenas 1/4 da casca. Rede (m x n) significa divisão em m elementos na direção longitudinal e n elementos na direção transversal.

Quadro II.3 - Valores de w'_A , u'_C , M_{nA} , $M_{\xi D}$, $N_{\xi D}$. Unidades kips, ft

Rede	w'_A	u'_C	M_{nA}	$M_{\xi D}$	$N_{\xi D}$
5 x 8	0,03938	0,00996	1,719	- 0,5721	61,88
6 x 12	0,04051	0,01070	1,810	- 0,5918	66,21
8 x 10	0,04261	0,01123	1,911	- 0,6129	69,23
10 x 12	0,04348	0,01162	1,964	- 0,6240	71,38
12 x 15	0,04392	0,01186	1,988	- 0,6310	72,69
Valores teóricos*	0,04375	0,01261	2,056	- 0,9272	76,95

*Valores extraídos da referência 4.

O terceiro teste foi com um reservatório cilíndrico circular engastado em base infinitamente rígida e com a extremidade superior livre (fig. II.1.5)

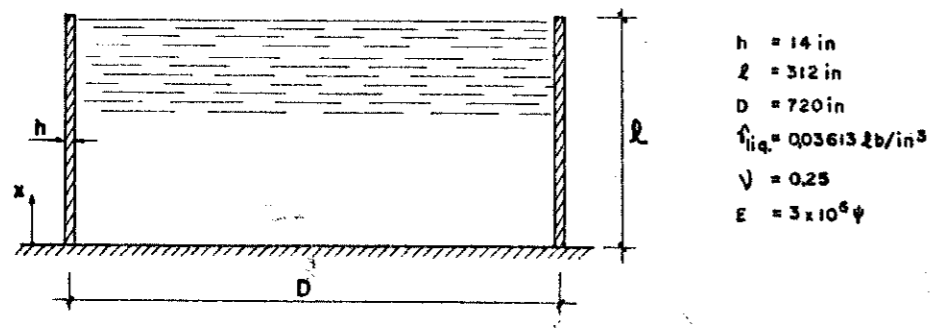


FIG. II. 1.5

Neste caso a análise limitou-se a uma faixa de altura igual à altura do reservatório e com 5° de abertura.

Quadro II.4 - Valores de M_{ξ} e w' . Unidades: lb, in

x(in)	M_{ξ}				w'			
	13 x 1	26 x 1	52 x 1	Valor Teórico	13 x 1	26 x 1	52 x 1	Valor Teórico
0	-13055,0	-13430,0	-13500,0	-13962,3	0	0	0	0
72	3513,0	3398,0	3369,0	3449,0	0,016175	0,016170	0,016170	0,016918
168	599,6	616,8	621,1	710,6	0,016490	0,016490	0,016480	0,017570
240	-109,8	-104,0	-103,1	-143,3	0,00794	0,00794	0,00794	0,00851
312	4,2	1,2	0,32	0	-0,00034	-0,00034	-0,00034	-0,000044

Obs.: Os valores teóricos foram calculados com expressões válidas para cilindros longos; portanto, neste caso, quanto mais distante da base, mais os valores teóricos fogem dos resultados reais.

Finalmente, para o quarto teste, considerou-se um reservatório cilíndrico circular, nas mesmas condições que o anterior, com altura muito maior que o raio. Para este caso fixou-se a rede com divisão em 10 elementos não uniformes. Várias tentativas foram feitas sendo que se apresenta, a seguir, apenas as duas mais significativas.

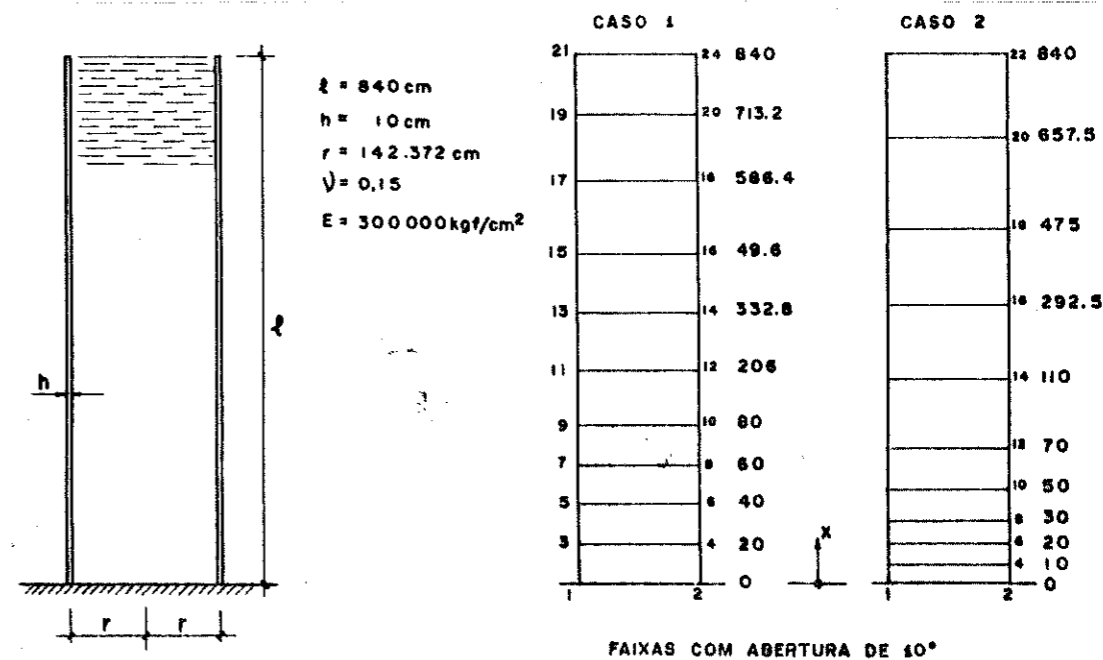


FIG. II. 1.6

Quadro II.5 - Unidade: kfg, cm

x (cm)	caso 1			caso 2			Valores teóricos		
	w'	N _n	M _ξ	w'	N _n	M _ξ	w'	N _n	M _ξ
0	0.	-.00036	-308,6	0.	-.00004	-326,7	0.	0.	-337,2
10	-	-	-	.00051	11,02	-131,7	.00051	10,90	-140,2
20	.00159	34,27	2,45	.00159	34,19	-11,96	.00160	33,89	-18,01
30	-	-	-	.00275	59,18	52,80	.00278	58,75	46,15
40	.00374	80,67	79,19	-	-	-	.00380	80,08	70,37
50	-	-	-	.00446	96,16	73,98	.00454	95,78	70,51
60	.00491	105,9	61,28	-	-	-	.00502	105,7	58,58
70	-	-	-	.00515	111,0	39,83	.00526	110,9	42,66

Observa-se que para cilindros muito longos o erro cometido no cálculo dos momentos M_ξ, na região próxima ao engastamento, é menor quando se concentra, nessa região, um número maior de elementos. Para este caso uma malha com dez elementos de mesmo tamanho leva a valores de M_ξ muito diferentes dos valores teóricos.

II.2 - Elemento finito para folha plana

II.2.1 - Resumo da teoria básica

São válidas as hipóteses referentes às placas elásticas delgadas isotrópicas (15):

Considere-se um elemento de folha plana, com espessura h, mostrado nas figuras II.2.1a e II.2.1b, com os deslocamentos \bar{u} , \bar{v} , \bar{w} nas direções x, y, z, respectivamente:

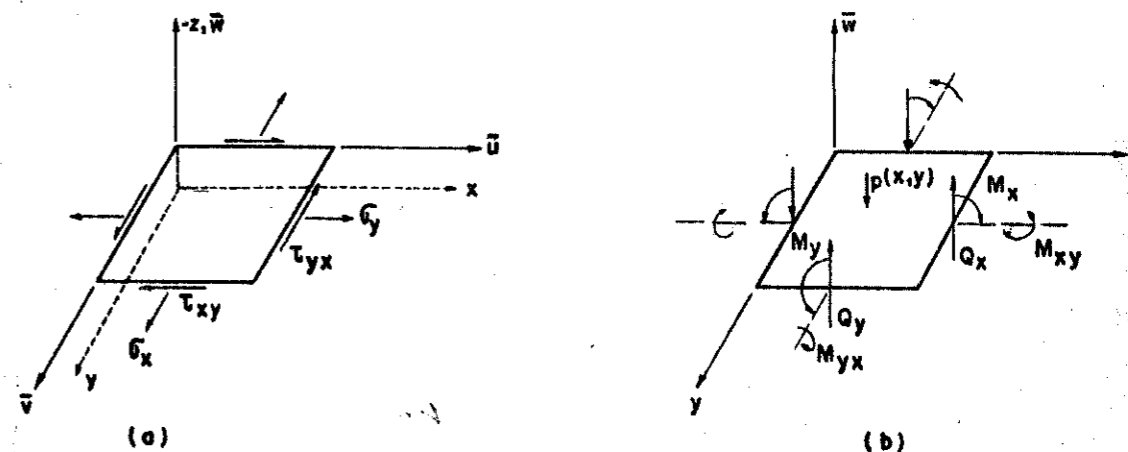


FIG. II. 2. 1

As relações deformações-deslocamentos para o elemento de folha plana considerado são, em planos paralelos a x, y:

$$\epsilon_x = \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \quad \epsilon_y = \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x}$$

Os esforços na placa, por unidade de comprimento, são:

$$M_x = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_x z dz \quad M_y = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_y z dz$$

$$M_{xy} = -M_{yx} = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{xy} z dz$$

$$Q_x = \int_{-h/2}^{h/2} \tau_{xy} dz \quad Q_y = \int_{-h/2}^{h/2} \tau_{yx} dz$$

com a convenção de sinais da figura II.2.1b.

Na chapa as tensões atuantes nas direções x e y são representadas por (z = 0):

$$\sigma_x = \frac{1}{E} (\epsilon_x - \nu \epsilon_y) \quad \sigma_y = \frac{1}{E} (\epsilon_y - \nu \epsilon_x) \quad \tau_{xy} = \frac{\gamma_{xy}}{G}$$

com $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$

Finalmente pode-se escrever os momentos em função das curvaturas e da torção como:

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial y^2} \right) \quad M_{xy} = -D \left(\frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial x^2} \right) \quad M_{xy} = -D \left(\frac{1-\nu}{2} \right) \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial x \partial y}$$

com $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$...II.2.1.1

II.2.2 - Descrição do elemento finito adotado

Adota-se como elemento finito de placa o T 18 (5). Este elemento triangular tem os seguintes graus de

liberdade por nó: \bar{w} , $\frac{\partial \bar{w}}{\partial x}$, $\frac{\partial \bar{w}}{\partial y}$, $\frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial x \partial y}$ e $\frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial y^2}$, com função interpoladora

$\bar{w}(x, y)$ representada por um polinômio de 5º grau completo, com 21 termos.

Para se considerar os deslocamentos de chapa, incorpora-se, a esse elemento, o CST(3) elemento finito triangular com aproximação linear para as componentes $\bar{u}(x, y)$ e $\bar{v}(x, y)$, ficando o novo elemento com os seguintes 8 graus de liberdade por nó: \bar{u} , \bar{v} ,

\bar{w} , $\frac{\partial \bar{w}}{\partial x}$, $\frac{\partial \bar{w}}{\partial y}$, $\frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial x \partial y}$ e $\frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial y^2}$, ($z = 0$).

Não há compatibilidade de deslocamentos na união entre os elementos finitos de folha plana e os de casca cilíndrica. Aliás, o acoplamento entre eles somente fica efetuado nos nós de vértice comum, uma vez que o elemento de folha plana tem lado reto e o ASS tem lado circular nessa região de conexão.

II.3 - Elemento finito linear para viga

II.3.1 - Resumo da teoria básica

São válidas todas as hipóteses referentes ao cálculo de vigas no regime elástico.

Considere-se no eixo de uma barra reta um elemento finito genérico (k), conforme figura II.3.1, onde ξ é a coordenada local dada por: $\xi = x - x_j$.

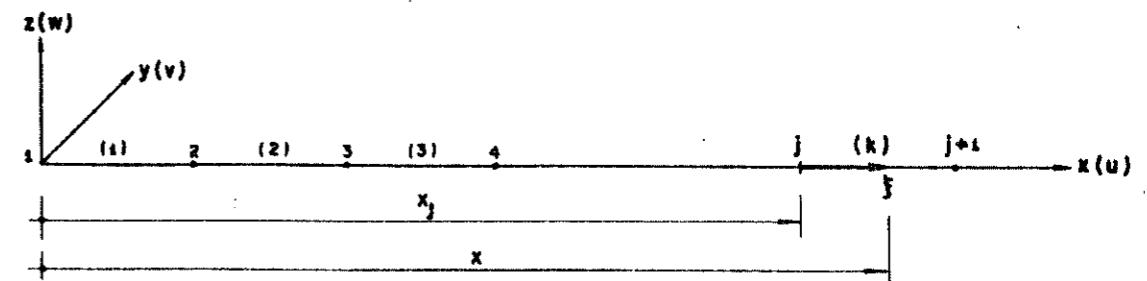


FIG. II. 3. 1

Os deslocamentos do eixo da barra, nas direções dos eixos x, y, z são u, v, w, respectivamente, positivos quando coincidentes com os sentidos positivos dos eixos, e a rotação ϕ_y , provocada pela torção, positiva quando seu vetor coincide com o sentido positivo de x.

As relações deformações-deslocamentos são dadas por:

$$\epsilon_x = \frac{du}{dx} \quad \chi_x = -\frac{d^2w}{dx^2} \quad \chi_y = \frac{d\phi_y}{dx} \quad \chi_z = -\frac{d^2v}{dx^2}$$

Os esforços na viga em função das deformações, de acordo com a convenção de sinais da figura II.3.2a, são:

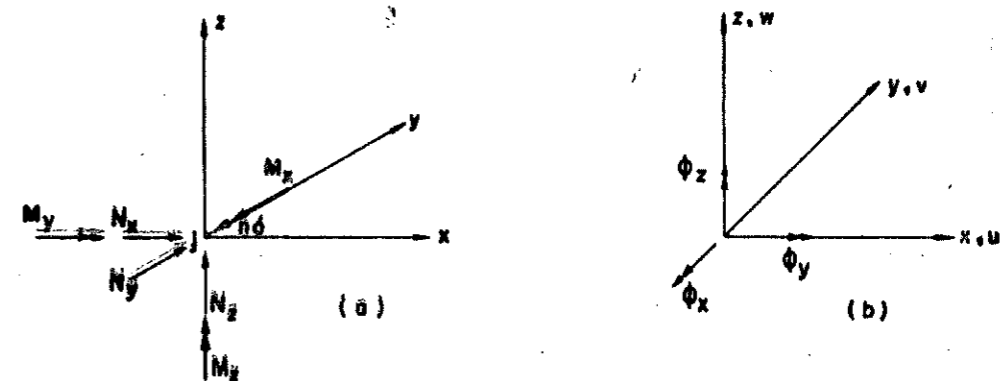


FIG. II. 3. 2

$$N_x = \epsilon_x ES \quad M_x = \chi_x EI_y \quad M_y = \chi_y GI_t \quad M_z = \chi_z EI_z \quad (y=z=0) \dots II.3.1.1$$

sendo I_y e I_z os momentos centrais de inércia em relação aos eixos y e z respectivamente, S a área da seção transversal e I_t o momento de inércia a torção, todos referidos a uma seção transversal correspondente a um nó do elemento finito.

Os esforços N_y e N_z são calculados através de equilíbrio do elemento.

II.3.2 - Descrição do elemento finito adotado

O elemento de barra reta tem 6 graus de liberdade por nó: u, v, w, ϕ_x, ϕ_y e ϕ_z , sendo: $\phi_x = \frac{dw}{dx}$ e $\phi_z = \frac{dv}{dx}$.

As seguintes expansões para os deslocamentos u, v, w e ϕ_y são consideradas:

$$\begin{aligned} u &= a_1 + \xi a_2 \\ v &= a_3 + \xi a_4 + \xi^2 a_5 + \xi^3 a_6 \\ w &= a_7 + \xi a_8 + \xi^2 a_9 + \xi^3 a_{10} \\ \phi_y &= a_{11} + \xi a_{12} \end{aligned}$$

Como observa Przemieniecki (10), e nota-se na figura II.3.2, o momento M_x e a rotação ϕ_x positivos não coincidem com o sentido positivo do eixo y .

Considera-se variação linear das dimensões das seções ao longo do elemento.

Testes realizados com este elemento mostraram que, com redes relativamente pequenas, os esforços encontrados diferem pouco dos teoricamente certos.

III - ACOPLAMENTO DOS ELEMENTOS FINITOS PARA O ESTUDO DO RESERVATÓRIO TÍPICO

III.1 - Expansão das matrizes de rigidez e vetores das cargas nodais equivalentes para os tres tipos de elementos finitos

Como já se viu no Capítulo II, cada elemento estrutural que compõe o reservatório é discretizado por um tipo particular de elemento finito com número e tipo de graus de liberdade por nó diferentes uns dos outros: o elemento de casca tem cinco graus de liberdade por nó (g. l. n.), o de viga seis, o de placa seis e o de chapa dois. Isto significa que para cada um desses elementos finitos, i soladamente, a matriz de rigidez tem ordem diferente, ou seja: elemento de casca tem matriz de rigidez (20 x 20), elemento de viga (12 x 12), elemento de placa (18 x 18) e elemento de chapa (6 x 6).

Para montar a matriz de rigidez da estrutura global, evidentemente, é necessário que haja o perfeito enlace entre os coeficientes de rigidez de mesma natureza para os diversos elementos estruturais. Uma maneira de viabilizar isso, principalmente visando a programação para computador, é fazer uma adequada expansão das matrizes de rigidez desses elementos finitos, de modo que em nós comuns a elementos finitos adjacentes os respectivos vetores expandidos de parâmetros nodais coincidam. Assim, não é difícil concluir que, para conseguir generalidade no acoplamento entre esses elementos finitos diferentes, a expansão mencionada deve ser tal que as matrizes de rigidez fiquem com a mesma ordem.

Na figura III.1.1 representam-se os trechos de uma casca e de uma viga, cada um com um elemento finito genérico e seus g. l. n.

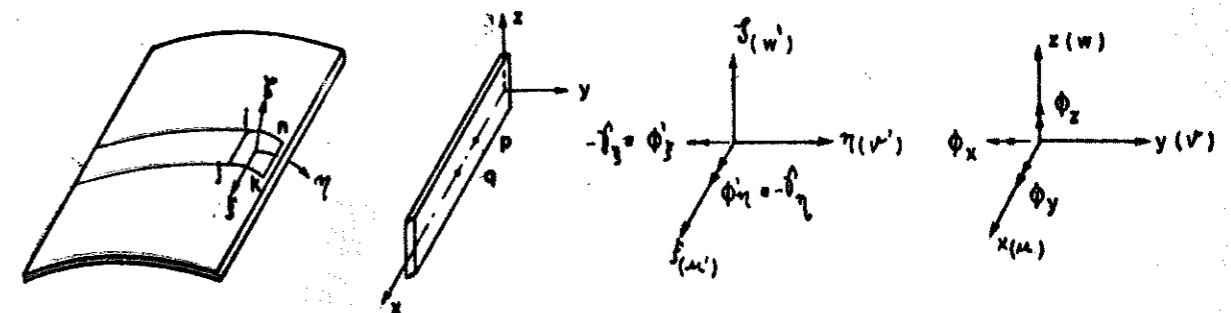


FIG. III. 1. 1

Conforme exposto no capítulo II, a ordem dos deslocamentos para cada nó da casca é: $u', v', w', \phi'_x, \phi'_y, \phi'_z$ e para cada nó da viga é: $u, v, w, \phi_x, \phi_y, \phi_z$. Como as matrizes de rigidez desses elementos finitos devem ter a mesma ordem - nesse caso em que os deslocamentos nos nós das cascas coincidem com os deslocamentos nos nós da viga -, basta acrescentar ϕ'_z ao rol de deslocamentos da casca. Assim, a matriz de rigidez do elemento finito de casca passa a ter ordem (24×24) , sendo que, como foi mostrado, as linhas e colunas correspondentes às posições 6, 12, 18 e 24 são nulas. É claro que os parâmetros dos nós da borda da casca devem ter seus respectivos coeficientes de rigidez transformados por rotação e translação de modo a coincidirem com os coeficientes de rigidez relativos aos correspondentes parâmetros dos nós dos elementos da viga onde estão conectados. Essas transformações são mostradas no final deste capítulo.

O vetor das cargas nodais equivalentes do elemento de casca também deve ter zeros acrescentados às posições 6, 12, 18 e 24, devido à mencionada expansão.

Então, para o sistema agora formado: casca-viga, pode-se dizer que os g. l. n. são: $u, v, w, \phi_x, \phi_y, \phi_z$, todos referidos a um sistema global (X, Y, Z) que coincide com o sistema implantado na viga.

A montagem do elemento de folha plana é feita adicionando-se ao conjunto de "deslocamentos" da placa os dois deslocamentos (\bar{u}, \bar{v}) correspondentes à chapa. Desse modo, a matriz de rigidez do novo elemento passa a ter ordem (24×24) e os seguintes g. l. n.: $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}, \bar{w}_{,x}, \bar{w}_{,y}, \bar{w}_{,xx}, \bar{w}_{,xy}, \bar{w}_{,yy}$, conforme figura III.1.2.

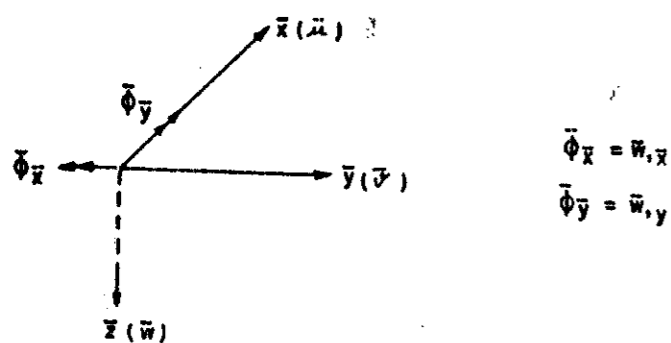


Fig. III. 1. 2.

O acoplamento dos elementos finitos que têm nós comuns aos tres tipos estruturais distintos: viga, casca e folha plana, é feito à custa de nova expansão da matriz de rigidez e do vetor das cargas nodais equivalentes de cada espécie de elemento finito, assim como de nova organização na ordem de apresentação dos graus de liberdade em cada nó.

Para maior clareza na exposição dessas alterações, deve-se observar a figura III.1.3 e o quadro de equivalência de deslocamentos a seu lado.

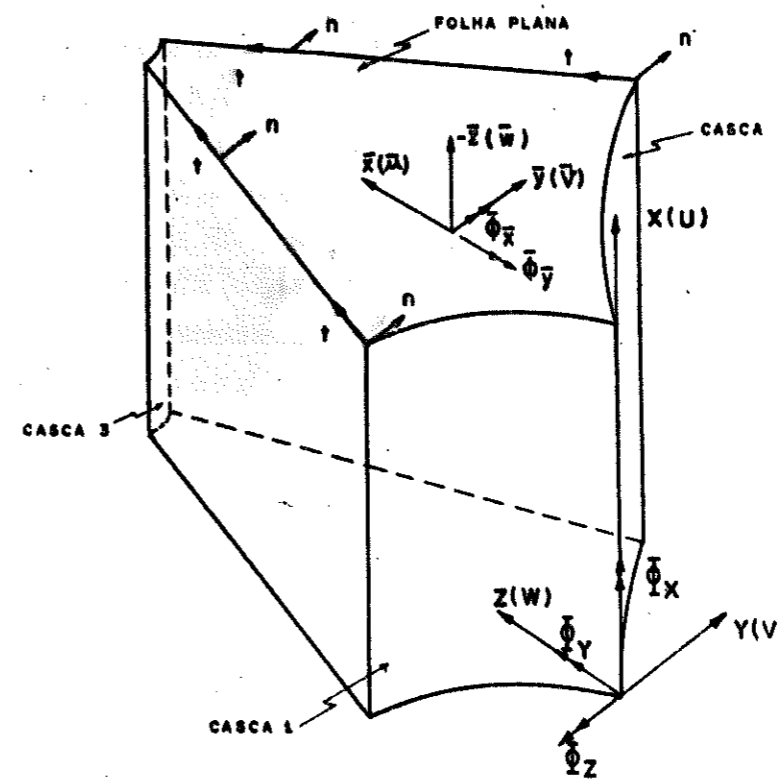


FIG. III. 1. 3

Folha plana	casca-viga	Sistema Global
\bar{w}	u	U
\bar{v}	v	V
\bar{u}	w	W
$-\bar{\phi}_{x\bar{x}}$	ϕ_x	ϕ_z
0	ϕ_y	ϕ_x
$-\bar{\phi}_{y\bar{y}}$	ϕ_z	ϕ_y
$\bar{\phi}_{x\bar{x}\bar{x}}$	0	ϕ_{zz}
$\bar{\phi}_{x\bar{x}\bar{y}}$	0	ϕ_{zy}
$\bar{\phi}_{y\bar{y}\bar{y}}$	0	ϕ_{yy}

Como se nota, a primeira alteração ocorre no sistema adotado para a folha plana, onde o deslocamento \bar{w} positivo, agora, tem sentido contrário ao do eixo \bar{z} positivo. Isso acarreta mudanças nos sinais de $\bar{\phi}_{x\bar{x}}$ e $\bar{\phi}_{y\bar{y}}$, diante das rotações ϕ_z e ϕ_y globais.

As matrizes de rigidez dos elementos finitos das cascas e das vigas são aumentadas passando de (24×24) para (36×36) , com a inclusão de zeros nas linhas e colunas relativas às posições 7, 8, 9, 16, 17, 18, 25, 26, 27, 34, 35 e 36, ocorrendo o mesmo para o vetor das cargas nodais equivalentes.

Para a folha plana devem ser acrescentados zeros nas linhas e colunas relativas às posições 5, 14 e 23, passando a matriz de rigidez da ordem (24 x 24) para (27 x 27). O mesmo procedimento se aplica ao vetor das cargas nodais equivalentes.

III.2 - Rotações e translações dos diversos sistemas de coordenadas envolvidos

Sabe-se que as operações de rotação e translação denominadas genericamente de transformações -, que envolvem mudanças de um sistema de coordenadas velho para um novo, podem ser representadas por:

$$\underline{U}_V = \underline{T} \underline{U}_N$$

onde: \underline{U}_V = conjunto de deslocamentos referidos ao sistema velho,
 \underline{U}_N = conjunto de deslocamentos referidos ao sistema novo e
 \underline{T} = matriz de transformação.

Sabe-se, também, que o relacionamento entre a matriz de rigidez (\underline{K}) referida ao sistema novo com a referida ao sistema velho, assim como a relação entre o vetor das cargas nodais equivalentes (\underline{R}) novo com o referido no sistema velho, são dados, respectivamente, por:

$$\underline{K}_N = \underline{T}^T \underline{K}_V \underline{T}$$

e

$$\underline{R}_N = \underline{T}^T \underline{R}_V$$

Com o intuito de melhor organizar o texto seguinte, expõe-se as transformações ocorrentes neste trabalho na ordem em que são executadas no programa PROGR 2. AEA.

Como já se viu anteriormente - e mostra-se de novo na figura III.2.1 - o sistema local de coordenadas para os elementos da casca é: ξ, η, ζ ; para os elementos de viga é: x, y, z .

O sinal gráfico (til) abaixo das letras indica notação matricial.

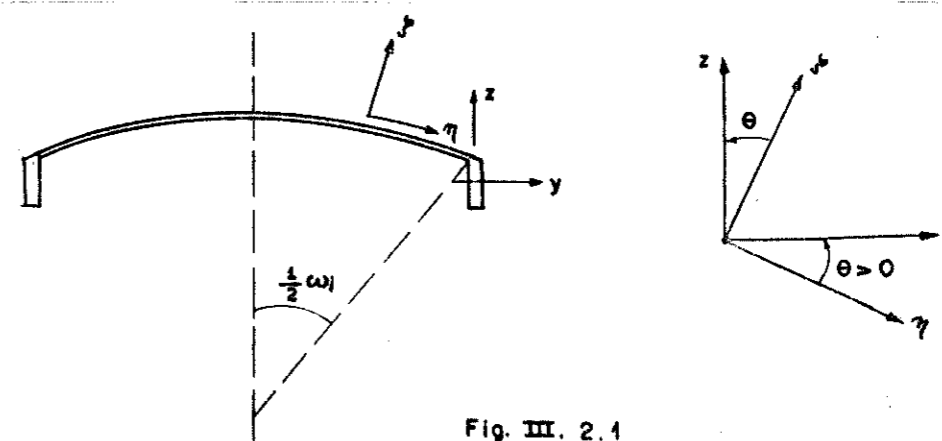


Fig. III. 2.1

Entre a casca e a viga são realizadas duas transformações nas coordenadas: a primeira é a rotação das coordenadas do sistema (η, ζ), dos nós situados na borda reta da casca, para o sistema (y, z); a segunda é a consideração da influência dos deslocamentos dos nós dos elementos da viga nos correspondentes nós dos elementos da casca. Esta operação é necessária pois os nós dos elementos da viga são supostos, para fins de obtenção dos deslocamentos, coincidentes com os nós dos elementos da casca que lhes são correlatos.

A primeira operação, tendo em vista as figuras III.1.1 e III.2.1, é representada, para cada nó i , por:

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ w' \\ \phi'_{\xi} \\ \phi'_{\eta} \\ \phi'_{\zeta} \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\theta & 0 & \sin\theta \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \\ \phi_x \\ \phi_y \\ \phi_z \end{bmatrix}_i$$

ou: $\underline{U}'_i = \underline{t}_i \underline{U}_i$

A matriz \underline{T} para o elemento é formada por:

$$\underline{T} = \begin{bmatrix} \underline{t}_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{t}_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \underline{t}_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \underline{t}_4 \end{bmatrix} \dots (III.2.1)$$

Esta transformação é efetuada apenas para elementos da casca situados nas bordas longitudinais. Se esses elementos estão acoplados a elementos de viga, somente os nós comuns a ambos são afetados pela rotação; isso significa que ora t_1 e t_2 , ora t_3 e t_4 são matrizes identidades.

O ângulo θ não é fornecido como dado inicial e, portanto, deve ser obtido a partir do valor ω_i , ângulo de abertura da casca, fornecido no PROGR 1. AEA. De acordo com a figura III.2.2a, θ será avaliado como:

$$\theta = \frac{1}{2} \omega_i$$

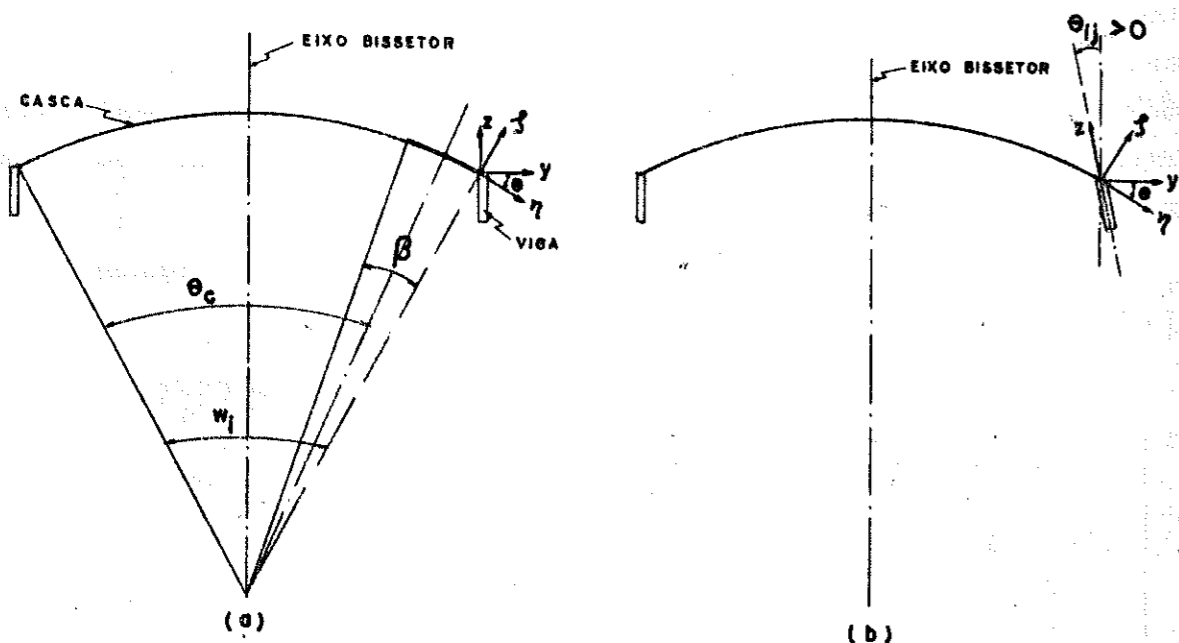


FIG. III. 2. 2

O valor de θ , assim medido, deve resultar positivo. Para os elementos adjacentes à viga situada à esquerda do eixo bisetor, o correspondente θ resulta negativo.

Pode suceder que a viga tenha seu eixo vertical z inclinado de um ângulo θ_{ij} em relação a um eixo paralelo ao eixo bisetor da casca, conforme figura III.2.2b; nesse caso o ângulo θ é dado por:

$$\theta = \frac{1}{2} \omega_i + \theta_{ij}$$

sendo θ_{ij} o ângulo formado pelo eixo z da viga j com o eixo bisetor da casca i , positivo quando sinistrogiro.

A operação seguinte consiste em supor que o nó do elemento da viga é ligado ao correspondente nó do elemento na borda da casca por um eixo rígido, conforme figura III.2.3. Assim, de acordo com a convenção adotada para os deslocamentos e reproduzida pela figura III.1.1, tem-se:

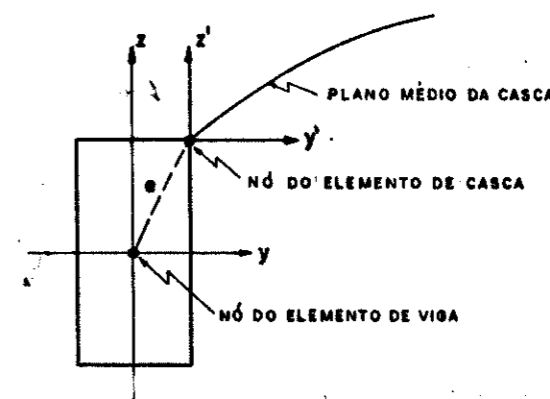


Fig. III. 2.3

$$\begin{bmatrix} u'_i \\ v'_i \\ w'_i \\ \phi'_{xi} \\ \phi'_{yi} \\ \phi'_{zi} \\ u'_j \\ v'_j \\ w'_j \\ \phi'_{xj} \\ \phi'_{yj} \\ \phi'_{zj} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -e_{w1} & 0 & -e_{v1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -e_{w1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & e_{v1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -e_{w2} & 0 & -e_{v2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -e_{w2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & e_{v2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \\ \phi_{x1} \\ \phi_{y1} \\ \phi_{z1} \\ u_2 \\ v_2 \\ w_2 \\ \phi_{x2} \\ \phi_{y2} \\ \phi_{z2} \end{bmatrix}$$

simétrica
(t'_{ij})

sendo i e j números dos nós da casca (numeração local: 1, 2, 3, 4).

As excentricidades e_{vi} , e_{wi} são medidas no sistema

de referência da viga.

A matriz de transformação \underline{T}' , assim obtida, deve ser expandida adquirindo a forma mostrada abaixo, com o intuito de se considerar os quatro nós do elemento de casca.

$$\underline{T}' = \begin{bmatrix} t'_{12} & 0 \\ 0 & t'_{34} \end{bmatrix} \dots \text{(III.2.2)}$$

Para casca à esquerda da viga os índices i e j são iguais a 3 e 4, respectivamente, e a matriz t'_{12} é unitária. Para casca à direita da viga os índices i e j são iguais a 1 e 2, respectivamente, e a matriz t'_{34} é unitária.

As matrizes \underline{T} e \underline{T}' têm ordem (24 x 24).

Nas bordas esconsas da folha plana deve-se, também, transformar os parâmetros generalizados do sistema global de coordenadas para um sistema com um dos eixos paralelo à borda esconsa a fim de se poder considerar adequadamente as condições de contorno para os nós aí estabelecidos. Dessa forma, considerando-se as relações seguintes:

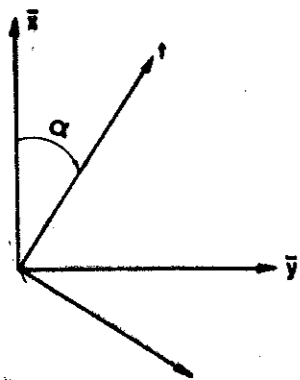


Fig. III.2.4

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \bar{x}} &= \cos \alpha = c & \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \bar{y}} &= \sin \alpha = \delta \\ \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \bar{x}} &= -\sin \alpha = -\delta & \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \bar{y}} &= \cos \alpha = c \end{aligned}$$

a matriz de transformação $\underline{\tilde{t}}_i$, para cada nó i , é dada por:

$$\begin{bmatrix} \bar{w} \\ \bar{v} \\ \bar{u} \\ \bar{\phi}_x \\ 0 \\ \bar{\phi}_y \\ \bar{\phi}_{\bar{x}\bar{x}} \\ \bar{\phi}_{\bar{x}\bar{y}} \\ \bar{\phi}_{\bar{y}\bar{y}} \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c & \delta & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\delta & c & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c & 0 & -\delta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \delta & 0 & c & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c^2 & -2sc & \delta^2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \delta c & c^2 - \delta^2 & -\delta c \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \delta^2 & 2\delta c & c^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ n \\ t \\ \phi_t \\ 0 \\ \phi_n \\ \phi_{tt} \\ \phi_{tn} \\ \phi_{nn} \end{bmatrix}_i$$

A matriz $\underline{\tilde{T}}$ para o elemento é de ordem (27 x 27), sendo representada por:

$$\underline{\tilde{T}} = \begin{bmatrix} \underline{\tilde{t}}_1 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{\tilde{t}}_2 & 0 \\ 0 & 0 & \underline{\tilde{t}}_3 \end{bmatrix}$$

onde nem todos os $\underline{\tilde{t}}_i$ têm a forma acima porque, na maioria dos casos, nem todos os três nós do triângulo estarão simultaneamente em bordas esconsas.

IV - ESTRUTURAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO EM LINGUAGEM FORTRAN

Aqui, como em Savassi (14) e em Degaspere (5), optou-se em subdividir o programa geral em cinco subprogramas interligados entre si por arquivos abertos nas unidades periféricas (discos), e processados sequencialmente, sem interrupção. Optou-se por essa divisão pelas mesmas razões expostas por aqueles autores, somadas ao grande número de cartões que constitui a programação utilizada neste trabalho que, se fossem reunidos todos em apenas um programa, tornariam seu manuseio e sua depuração extremamente difíceis.

Os programas principais: PROGR 1 . AEA, PROGR 2 . AEA, PROGR 3 . AEA, PROGR 4 . AEA e PROGR 5 . AEA e as subrotinas foram desenvolvidos em linguagem FORTRAN para o computador PDP-10 da DIGITAL. As subrotinas utilizadas no cálculo das placas foram desenvolvidas por Savassi (14) e Degaspere (5) e algumas modificadas e adaptadas para uso naqueles programas, pelo autor deste trabalho.

Deve-se observar que além da dificuldade inerente à elaboração de cada programa deparou-se, na fase de processamento dos exemplos do reservatório aqui focado, com problemas de limitação da área de uso nos discos; a solução encontrada foi a utilização em horário reservado (durante a madrugada) de um disco especial com capacidade aumentada.

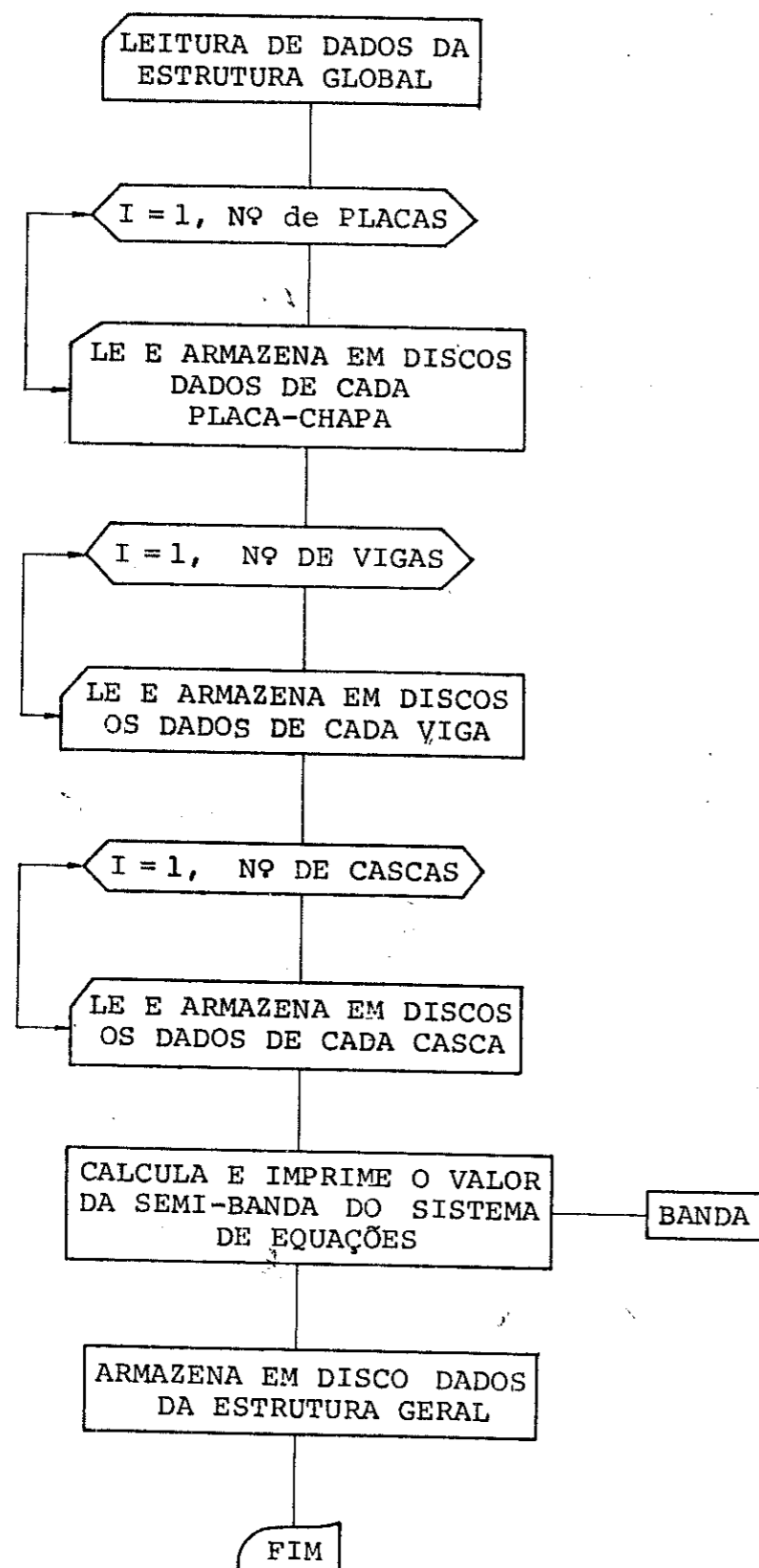
Além do reservatório típico analisado neste trabalho, os programas apresentados permitem o cálculo dos deslocamentos e esforços para as seguintes estruturas:

- reservatório com lajes flexíveis no fundo e na tampa.
- coberturas constituídas por cascas cilíndricas múltiplas com ou sem vigas nas bordas longitudinais.
- placas elásticas (conf. Degaspere (5)).

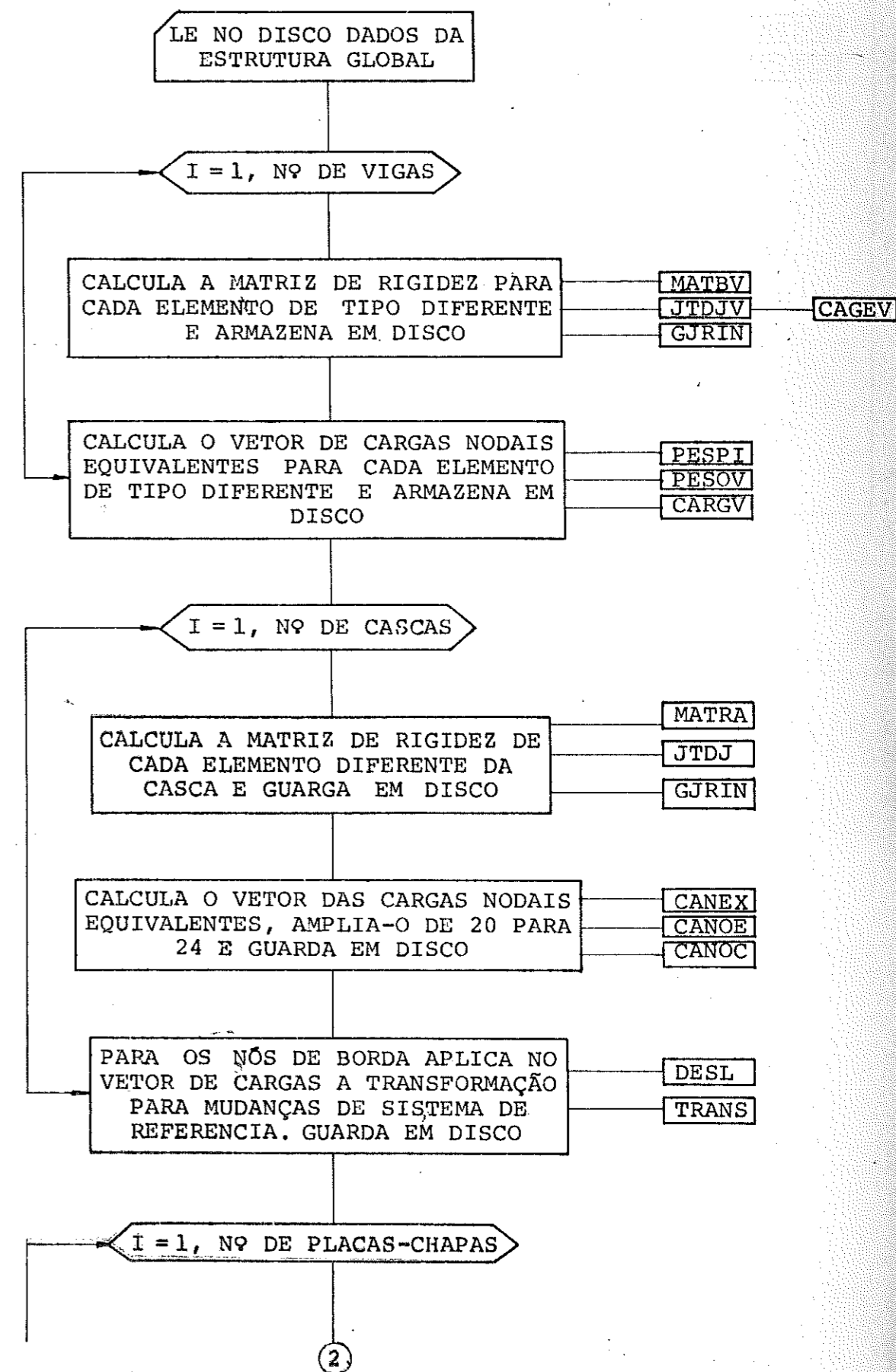
Não serão apresentados diagramas de blocos, preferindo-se mostrar um organograma da programação geral, descrever cada programa e as subrotinas que neles intervêm e apresentar as variáveis que aí se destacam.

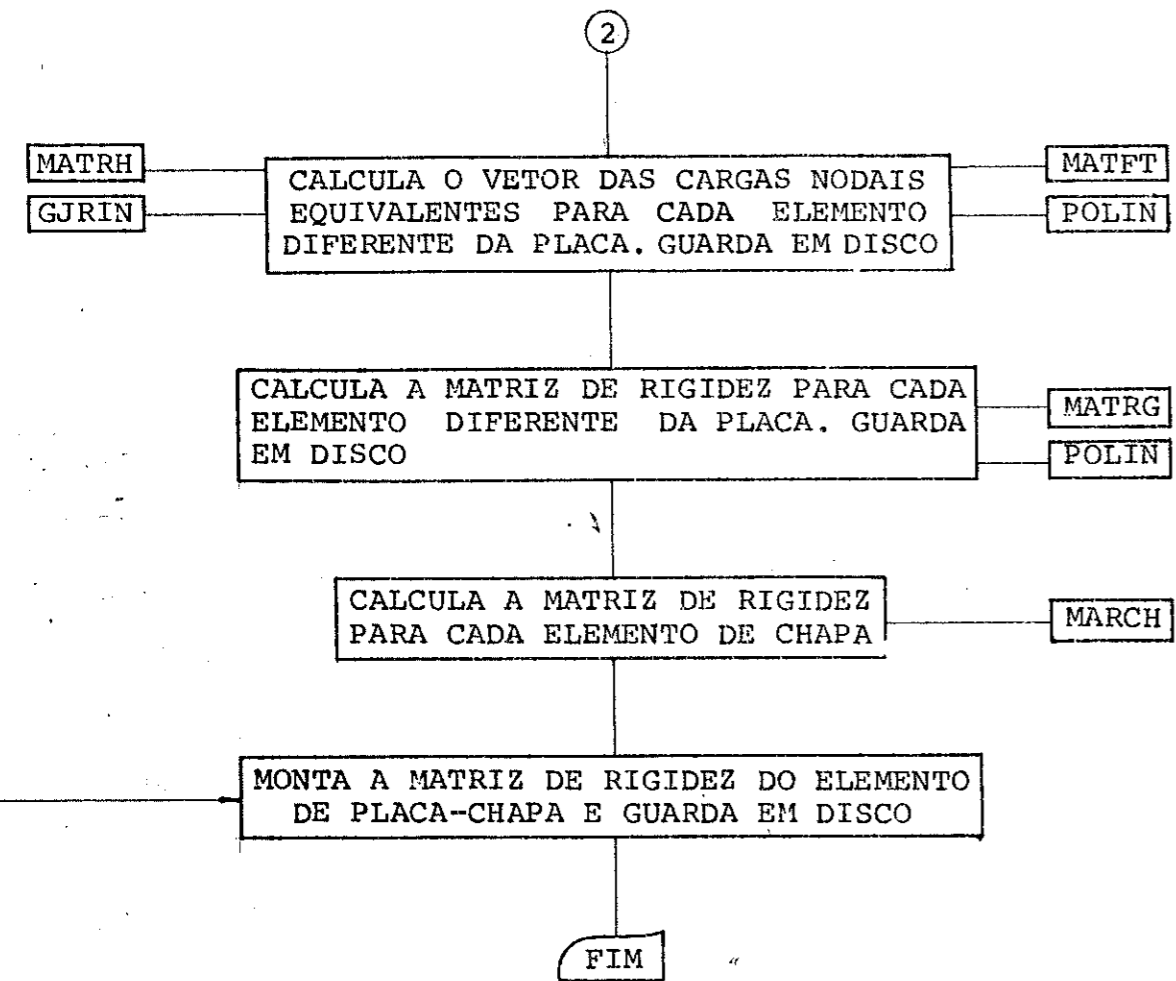
IV.1 - Organograma do programa geral

IV.1.1 - PROGRI.AEA

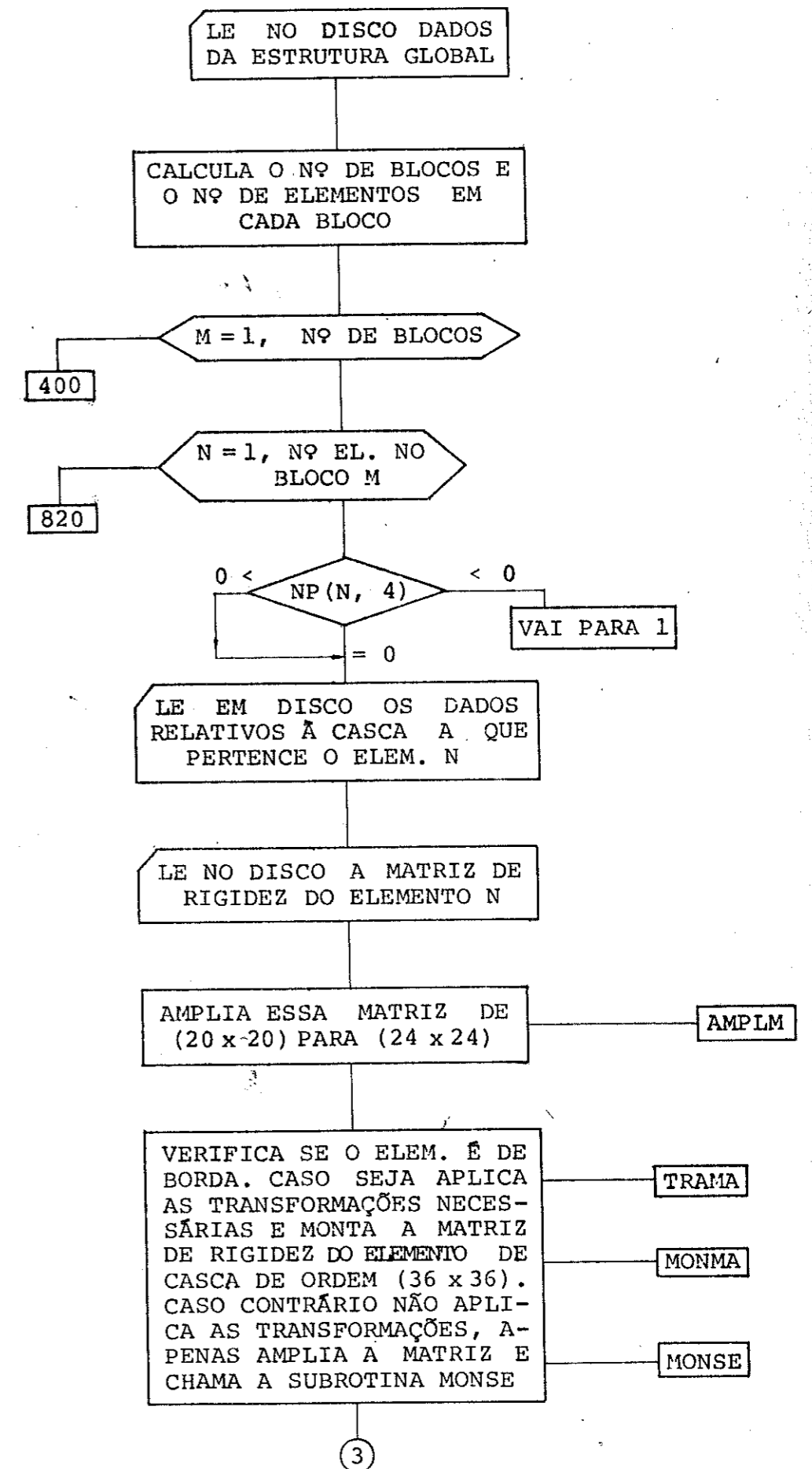


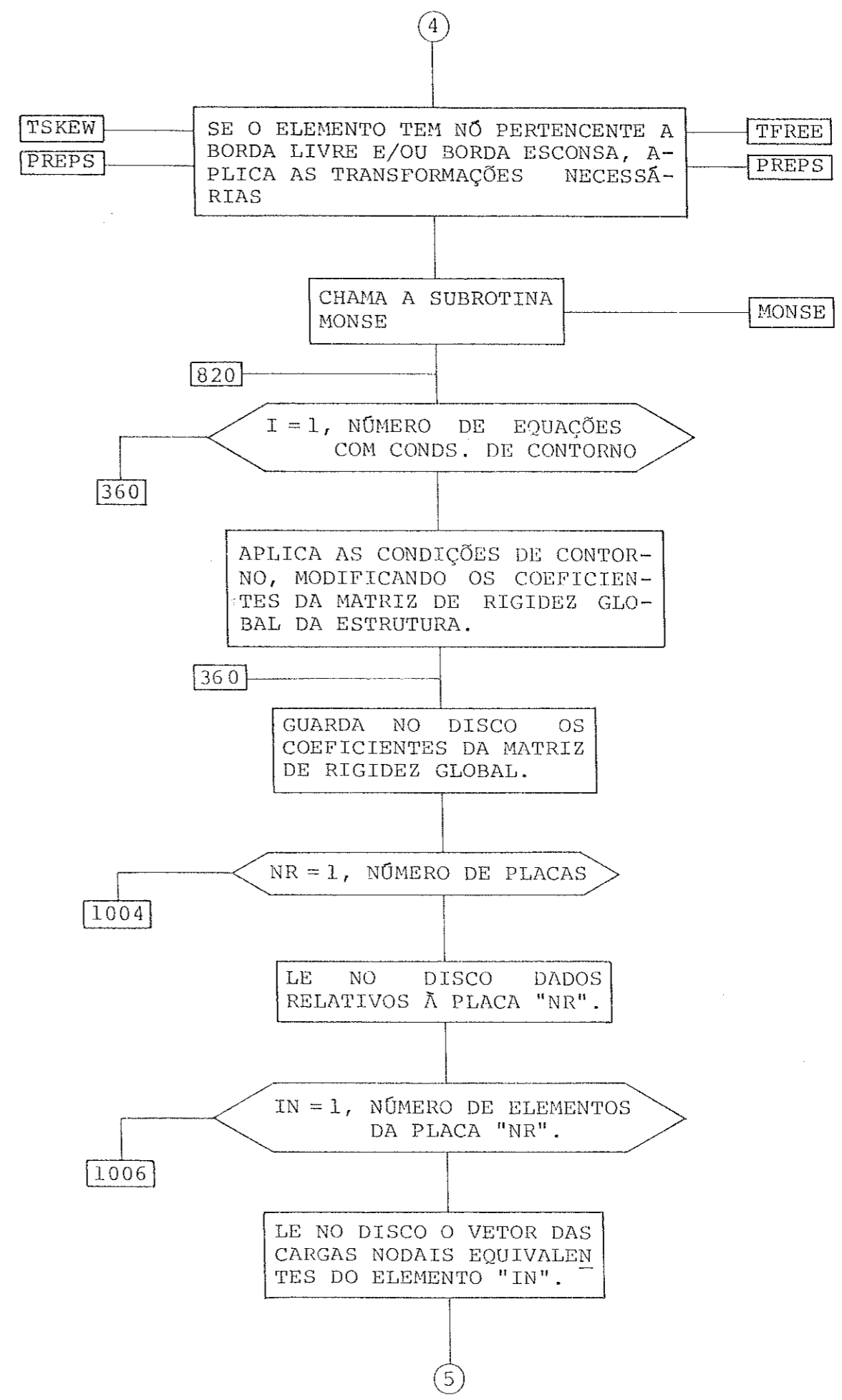
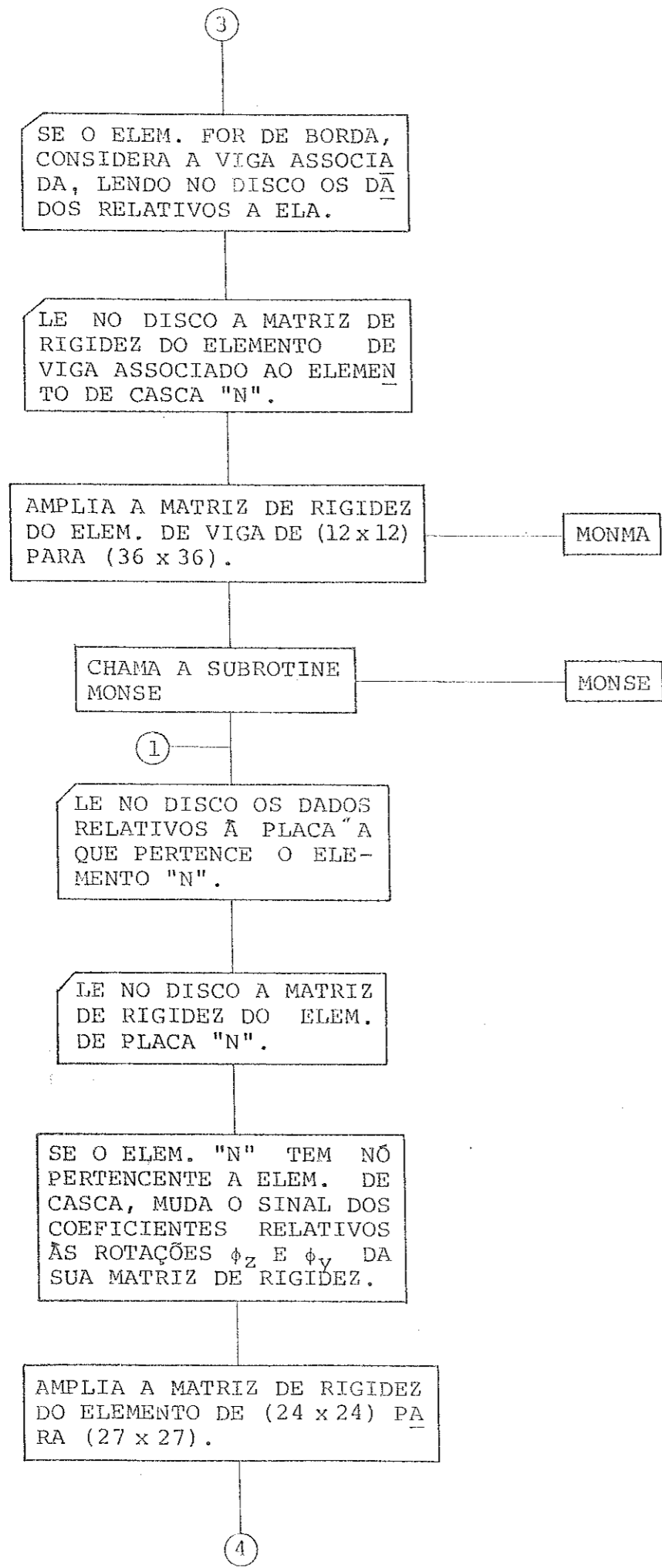
IV.1.2 - PROGR2.AEA





IV.1.3 - PROGR3.AEA





5

SE O ELEMENTO TEM NÓ PERTEN-
CENTE A ELEMENTO DE CASCA,
ALTERA O SINAL DOS COEFICI-
ENTES RELATIVOS ÀS ROTAÇÕES
 ϕ_z e ϕ_y DO VETOR DAS CARGAS

AMPLIA O VETOR DAS
CARGAS PASSANDO DE
18 PARA 27 ELEMENTOS

SE O ELEMENTO TEM NÓ PERTEN-
CENTE A BORDA ESCONSA E/OU LÍ-
VRE, APLICA AS TRANSFORMAÇÕES
NECESSÁRIAS

TSKEW

TFREE

1006

LE NO DISCO AS CARGAS APLICADAS
DIRETAMENTE NOS NÓS.

MONTA O VETOR GLOBAL DAS CARGAS
NODAIS EQUIVALENTES: "CART".

1004

NT = 1, NÚMERO DE VIGAS

1003

LE NO DISCO DADOS RE-
LATIVOS À VIGA "NT".

IN = 1, NÚMERO DE ELEMENTOS
DA VIGA.

1021

LE NO DISCO O VETOR DAS CARGAS
NODAIS EQUIVALENTES DO ELEMEN-
TO "IN".

6

6

AMPLIA O VETOR PASSANDO DE
12 COEFICIENTES PARA 18.

1021

LE NO DISCO AS CARGAS APLICADAS
DIRETAMENTE NOS NÓS.

MONTA O VETOR GLOBAL DAS CARGAS
NODAIS EQUIVALENTES: "CART".

1003

NS1 = 1, NÚMERO DE CASCAS

1002

LE NO DISCO DADOS RELATIVOS
À CASCA "NS1".

IN = 1, NÚMERO DE ELEMENTOS
DA CASCA

121

LE NO DISCO O VETOR DAS CARGAS
NODAIS EQUIVALENTES DO ELEMEN-
TO "IN".

AMPLIA O VETOR PASSANDO DE
24 COEFICIENTES PARA 36.

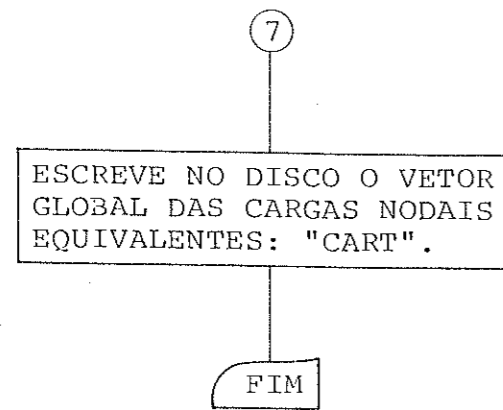
121

LE NO DISCO AS CARGAS APLI-
CADAS DIRETAMENTE NOS NÓS.

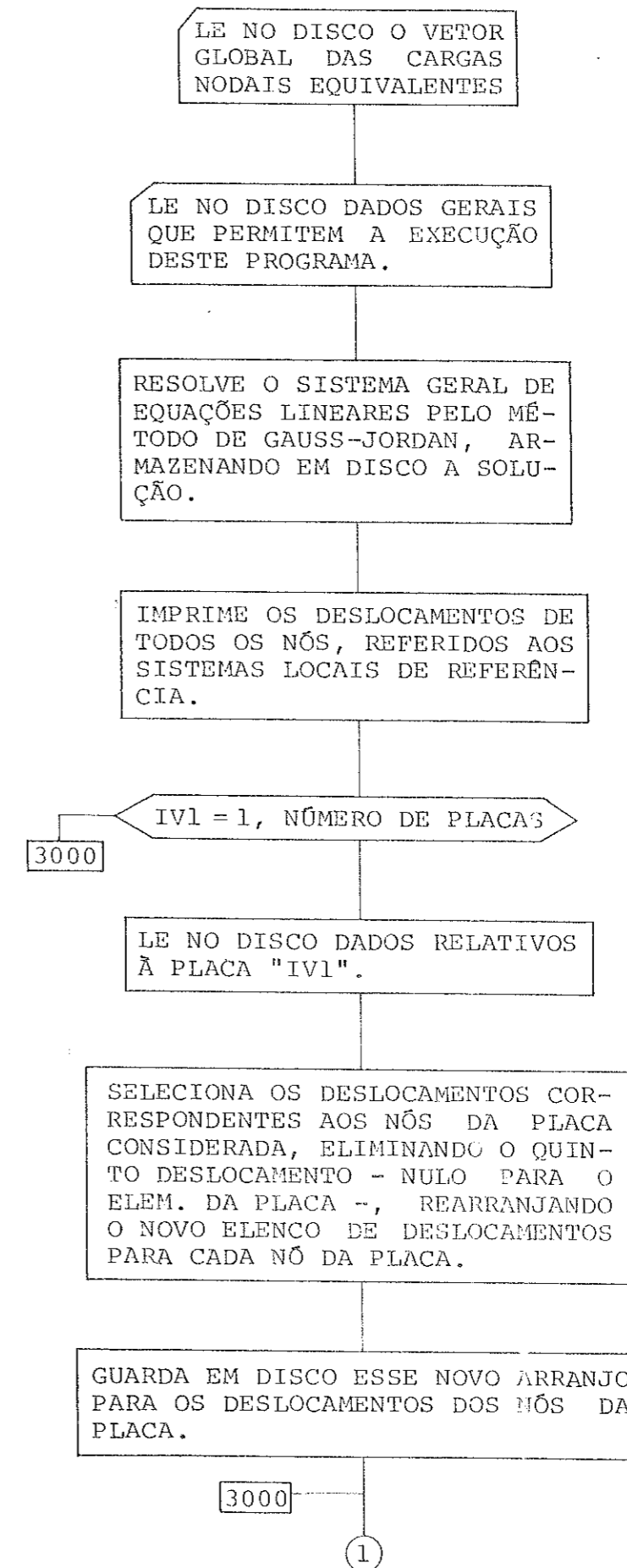
MONTA O VETOR GLOBAL DAS CARGAS
NODAIS EQUIVALENTES: "CART".

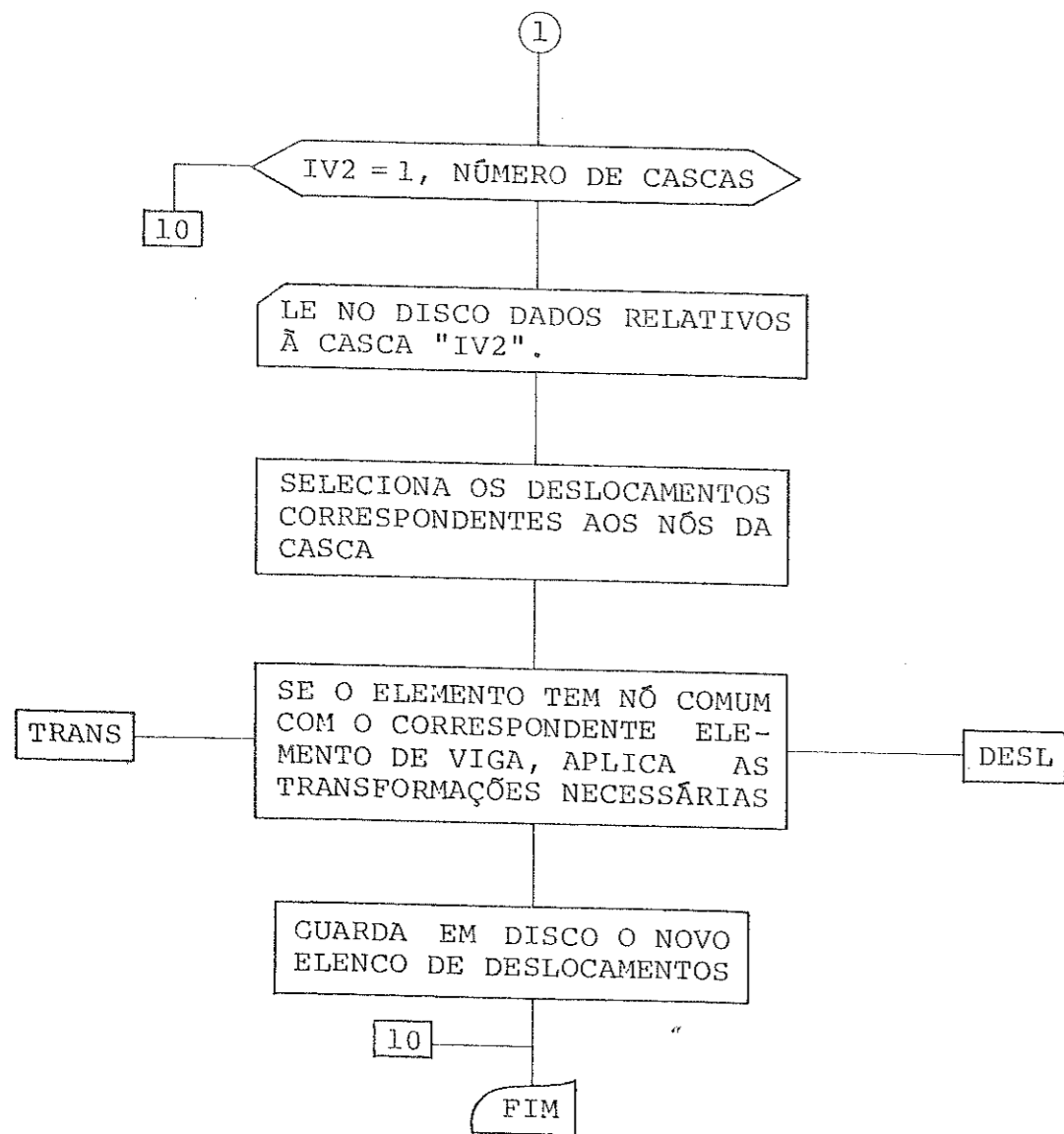
1002

7

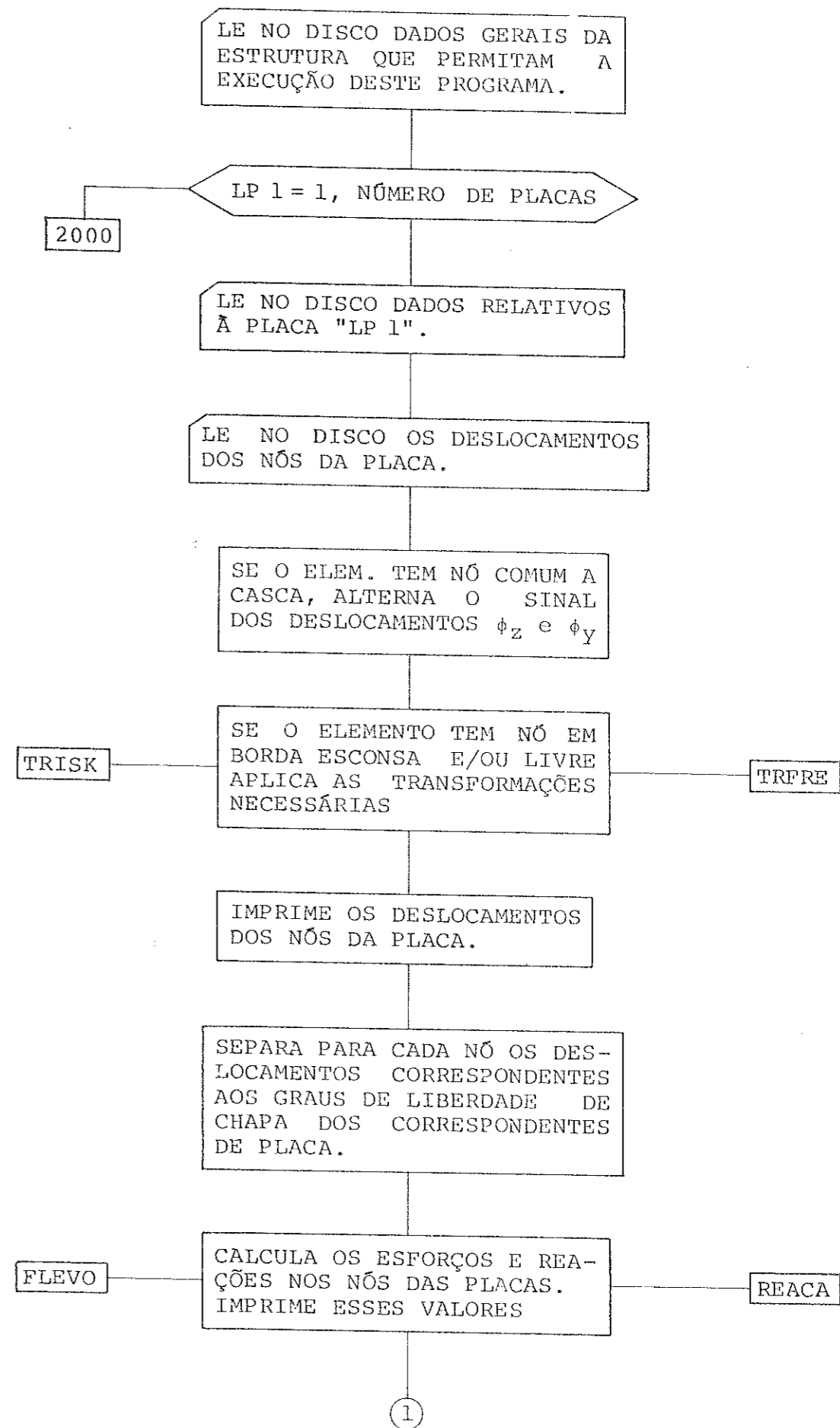


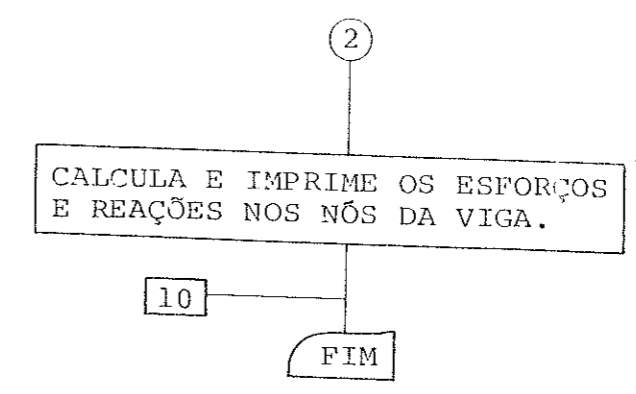
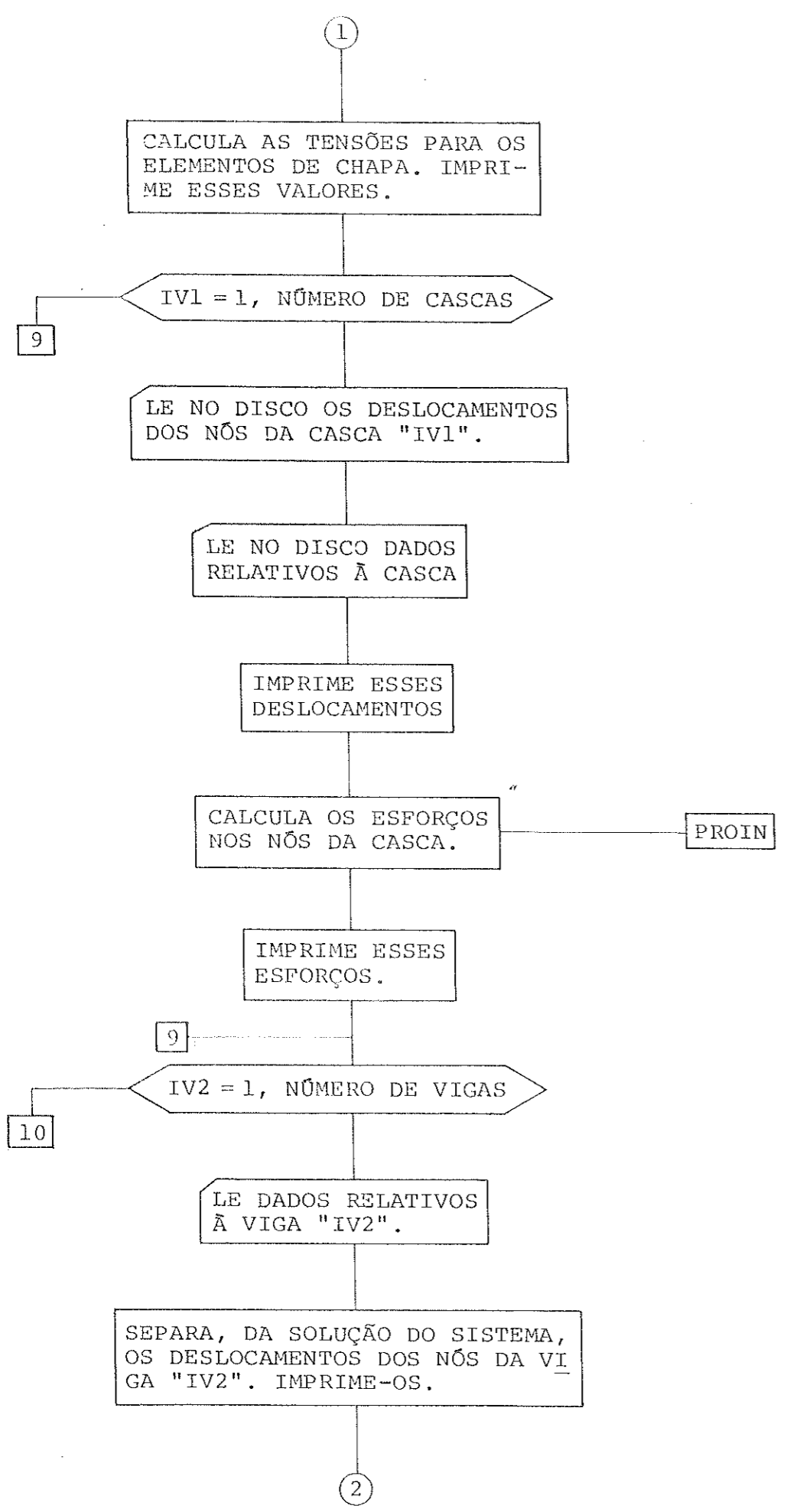
IV.1.4 - PROGR4.AEA





IV.1.5 - PROGR5.AEA





IV.2 - Principais Variáveis

A lista de variáveis apresentada tem como finalidade facilitar a leitura dos programas. Algumas estão melhor definidas na entrada de dados, que constitui o próximo capítulo.

AGATO = comprimento de cada casca.
ALTLO = altura do líquido no reservatório.
ALTTE = altura do solo no caso de reservatório enterrado.
AREA = área de cada elemento triangular.
BV1 = largura da seção transversal de cada elemento de viga.
CANOS = valor da carga uniformemente distribuída sobre a casca.
COMPR = comprimento de cada viga.
GAMLQ = peso específico do líquido
GAMTE = peso específico do solo.
HV1 = altura da seção transversal de cada elemento de viga.
IBNDW = largura da banda do sistema de equações.
IDIM = código que indica se as espessuras das cascas e dimensões das vigas são ou não variáveis (vide entrada de dados).
IDIV = código que indica se a rede deve ser gerada automaticamente (vide entrada de dados).
IENT = se o reservatório for elevado vale 1; caso contrário vale zero.
ISKEW = se a placa for esconsa vale 1; caso contrário vale zero.
ITYPE = se a estrutura analisada for reservatório vale 1, se for cobertura vale zero.
KANOS = código que indica se a carga distribuída sobre a casca é uniforme ou não.
NANGL = número de ângulos necessários para definir as bordas esconsas.
NCASC = número de cascas que compõe a estrutura global.
NELBO = número de elementos com nós nas bordas.
NEMCA = número de elementos com mesmo tipo de carregamento, no caso de cascas. Ver ITCAR.
NEMCP = número de elementos com mesmo tipo de carregamento,

no caso de placas. Ver ITCAR.
NEMOT = número de elementos de mesmo tipo, no caso de cascas. Ver ITPEL.
NEMTP = número de elementos de mesmo tipo, no caso de placas. Ver ITPEL.
NEQ = número de equações do sistema geral de equações.
NEQBC = número de equações com condições de contorno.
NMAT = número de materiais que compõem a estrutura.
NNOS = número de nós do elemento de casca. Vale quatro.
NNOV = número de nós do elemento de viga. Vale dois.
NOSBO = número de nós de cada casca que são comuns às vigas.
NPLAC = número de placas que compõem a estrutura global.
NPLD = número de nós com carga diretamente aplicada.
NPNPV = número do primeiro nó do primeiro elemento de cada viga.
NPTY = código que indica se as cascas, no caso de cobertura múltipla, apresentam simetria longitudinal.
NPTZ = código que indica se as cascas no caso de cobertura múltipla, apresentam simetria na seção transversal.
NTNP = número total de nós da estrutura global.
NTPLD = número total de nós com carga diretamente aplicada.
NUAPV = número de apoios de cada viga.
NUMEL = número de elementos de cada elemento estrutural.
NUMNP = número de nós de cada elemento estrutural.
NUMPB = número de nós com condições de contorno a impor.
NUNPV = número do último nó do último elemento de cada viga.
NUPLV = número de nós sem condições de contorno a impor.
NUTEL = número total de elementos da estrutura global.
NVARN = número de variáveis por nó no caso de elemento de casca. Vale cinco.
NVART = número total de variáveis por nó de cada elemento finito, dos diversos elementos estruturais, durante o acoplamento das matrizes de rigidez e dos vetores de cargas nodais equivalentes. Vale nove.
NVARV = número de variáveis por nó de cada elemento de viga. Vale seis.
NVICA = número de cascas adjacentes a cada nó pertencente à viga.

NVIGA = número de vigas que compõe a estrutura global.
NX = número de elementos em que foi dividida cada casca, na direção longitudinal.
NXT = número de elementos em que foi dividida a estrutura global, no caso de cobertura múltipla, na direção longitudinal.
NY = número de elementos em que foi dividida cada casca na direção transversal.
NYT = número de elementos em que foi dividida a estrutura global, no caso de cobertura múltipla, na direção transversal.
OMEGA = ângulo de abertura de cada casca.
RAY1 = raio de cada casca.
TH1 = espessura de cada casca.

IV.3 - Principais matrizes e vetores

ANGLE = ângulos que definem as bordas esconsas.
ANGVC = ângulos formados pelo eixo central de inércia vertical de cada viga com os eixos bissetores de cada casca adjacente a ela.
BV = larguras das seções transversais de cada viga, em cada nó.
CP = coeficiente de Poisson.
EV = excentricidade na direção do eixo central de inércia horizontal, de cada nó da viga, em relação ao correspondente nó de cada casca.
EW = excentricidade na direção do eixo central de inércia vertical, de cada nó da viga, em relação ao correspondente nó de cada casca.
GAMA = peso específico de cada elemento.
HV = alturas das seções transversais de cada viga, em cada nó.
ICON = código para imposição de condição de contorno em cada nó (Vide entrada de dados).
ICONH = arranjo dos ICON para a estrutura global.
ITCAR = código que indica o tipo de cada elemento (vide entrada de dados).
ITPEL = código que indica o tipo de cada elemento (vide en-

trada de dados.
KARGA = código que indica se o elemento tem ou não carga distribuída atuante.
L1 = código para imposição de condições de contorno em cada nó (vide entrada de dados).
LNOBO = código que dá indicações sobre nós situados nas bordas das placas.
MAT = tipo do material que constitui cada elemento.
MY = módulo de elasticidade longitudinal, ou módulo de Young, de cada material.
NEBC = número de cada equação com condição de contorno.
NECAP = relaciona cada elemento da placa com o número de elementos que tem o tipo de carregamento igual ao seu.
NELCA = relaciona cada elemento da casca com o número de elementos que tem o tipo de carregamento igual ao seu.
NELTC = relaciona cada elemento da placa com o número de elementos que tem o mesmo tipo do seu.
NELTP = relaciona cada elemento da casca com o número de elementos que tem o mesmo tipo do seu.
NOAP = nós que são apoios da viga.
NOBO = parâmetros relacionados com os nós das cascas que estão localizados nas bordas.
NOLIV = nós que não têm condições de contorno a ser impostas.
NP = número de cada nó de cada elemento, numeração global.
NPM = número de cada nó de cada casca, numeração local.
NPV = número de cada nó de cada viga.
NUEL = número de cada elemento de cada casca ou placa, numeração global.
NUL = relaciona cada elemento de casca com o número da casca a que pertence.
NULC = relaciona cada elemento de placa com o número da placa a que pertence.
NUY = contém numeração particular de cada casca com a finalidade de facilitar a programação.
P = valor em cada nó da carga externa distribuída sobre cada elemento estrutural.

- RAY = raio de cada elemento de casca.
- TET = ângulo que a carga distribuída sobre a viga forma com o eixo central de inércia na direção da altura da viga.
- TETA = coordenada angular de cada elemento de casca.
- TETAC = coordenada angular do baricentro de cada elemento de casca.
- THN = espessura em cada nó de cada elemento de casca ou placa.
- X = coordenada de cada nó de cada elemento de placa no sistema local de coordenadas.
- XIS = coordenada de cada nó de viga ou casca no sistema global de coordenadas.
- XISCE = coordenada do baricentro de cada elemento de casca no sistema global de coordenadas.
- XORD = coordenada de cada nó de cada elemento de placa no sistema global de coordenadas.
- Y = coordenada de cada nó de cada elemento de placa, no sistema local de coordenadas.
- YORD = coordenada de cada nó de cada elemento de placa no sistema global de coordenadas.

IV.4 - Descrição dos programas

IV.4.1 - PROGR 1. AEA

Este programa tem como finalidade precípua ler e imprimir os dados de entrada. Também gera automaticamente malhas regulares quando a estrutura em estudo é cobertura. Além disso calcula algumas variáveis de interesse posterior e armazena todos os dados, que serão utilizados pelos demais programas, em unidades de discos.

As subrotinas chamadas durante sua execução são:

NODAL = gera automaticamente os números dos nós da rede de cada casca quando a estrutura em foco é uma cobertura constituída por cascas múltiplas ou não. Atua sobre toda a estrutura numerando na direção em que se tem o menor número de elementos, conforme a figura IV.4.1.1.

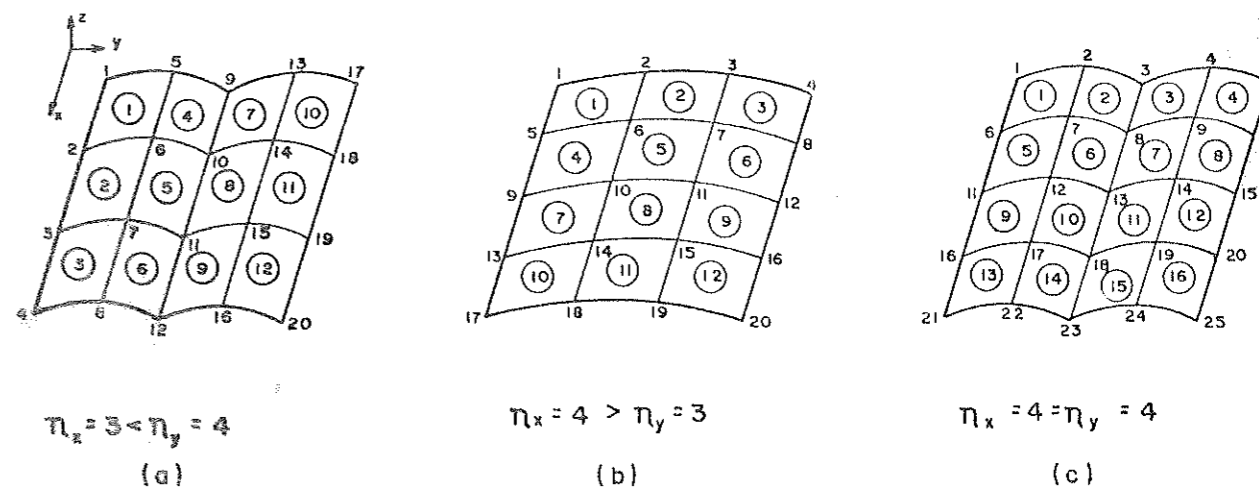


FIG.4.1.1.

COORD = calcula as coordenadas dos nós e do baricentro de cada elemento de cada casca. Intervem tantas vezes quantas forem as cascas que compõe a cobertura.

Só é acionada quando todos os elementos da casca forem do mesmo tipo.

Não é chamada no estudo do reservatório com paredes onduladas.

NOVIG = determina os números dos nós de cada elemento de viga. Intervem apenas para as coberturas com numeração sequencial dos nós.

CORDV = calcula as coordenadas dos nós de cada elemento de viga, nas mesmas condições que a subrotina NOVIG, atuando em conjunto.

AGRUP = monta para cada casca o vetor NPM, no qual são armazenados os números dos nós fornecidos pelo usuário ou obtidos automaticamente, ou seja: considere-se a estrutura da figura IV.4.1.1.b, por exemplo. Para a primeira casca (contada a partir da esquerda), o vetor NPM será formado da seguinte maneira:

NPM(1) = 1; NPM(2) = 2; NPM(3) = 3; NPM(4) = 6; NPM(5) = 7, até NPM(18) = 27.

Para a segunda casca ter-se-á:

NPM(1) = 3; NPM(2) = 4; NPM(3) = 5; NPM(4) = 8; etc.

BANDA = calcula o valor da largura da semi-banda, IBNDW, do sistema geral de equações.

IV.4.2 - PROGR 2 . AEA

Cabe, aqui, uma explanação mais detalhada do funcionamento deste programa, em que o objetivo primordial é o cálculo da matriz de rigidez e do vetor das cargas nodais equivalentes para cada elemento da estrutura. Antes, porém, são apresentadas as subrotinas aí utilizadas.

MATBV = monta a matriz B para o elemento de viga (conf. (i-4))

JTDJV = executa a integração: $\int_V \underline{J}^T \underline{D} \underline{J} dV$, para o elemento de viga (conf. (i-27)).

PESPI = monta o vetor das cargas nodais equivalentes relativo ao peso próprio para o elemento de viga, supondo-a na vertical (é o que ocorre nos reservatórios com paredes onduladas (conf. i-28)).

PESOV = monta o vetor das cargas nodais equivalentes relativo ao peso próprio para o elemento de viga, supondo-a na horizontal (é o que ocorre nas cascas, atuantes com coberturas, com vigas nas bordas (conf. (i-28))).

CARGV = monta o vetor das cargas nodais equivalentes relativo a carregamento externo distribuído ao longo da viga (conf. (i-29)).

VALME = avalia os valores do coeficiente de Poisson, módulo de Young (ou módulo de deformação longitudinal do material) e da espessura de cada elemento, a partir do relacionamento do elemento com o material que o constitui e dos valores nodais da espessura, respectivamente.

CAGEV = calcula as características geométricas da seção da viga em cada nó.

MATRA = monta a matriz B para o elemento de casca (conf. (i-4)).

JTDJ = resolve a integral $\int_V \underline{J}^T \underline{D} \underline{J} dV$ para o elemento de casca (conf. (i-17)).

CANOE = monta o vetor das cargas nodais equivalentes relativo ao peso próprio de cada elemento de casca, supondo-as na vertical (é o que ocorre com o reservatório de parede ondulada (conf. (i-20))).

CANEX = monta o vetor das cargas nodais equivalentes, relativo à atuação do líquido no reservatório, para o elemento de casca (conf. (i-22)).

CANOC = monta o vetor das cargas nodais equivalentes para o elemento de casca, relativo às seguintes hipóteses: peso próprio da casca de cobertura, carga externa distribuída sobre a casca de cobertura e pressão do solo sobre a parede do reservatório enterrado.

TRANS = monta a matriz de transformação T (conf. III.2.1).

DESL = monta a matriz de transformação T' (conf. III.2.2).

COEF = calcula os coeficientes dos monômios que aparecem quando a operação x^y é realizada, após a substituição de $x = x_1 \xi_1 + x_2 \xi_2 + x_3 \xi_3$ e $y = y_1 \xi_1 + y_2 \xi_2 + y_3 \xi_3$ (conf. Degaspere (4)).

- EXPS = calcula os expoentes dos monômios que aparecem quando a operação $x^{\gamma}y^{\delta}$ é realizada após a substituição de x e y dados acima (conf. Degaspere (5)).
- COLOC = calcula as coordenadas locais dos vértices e dos pontos médios dos lados do triângulo (conf. Degaspere (4)).
- MATFT = forma a matriz \underline{B} (conf. i-4).
- MATRH = forma a matriz \underline{H} (ver Degaspere (5), pág. 36), admitindo em princípio a validade do item (12.9), pág. 36, conforme consta em Degaspere (5); caso não haja observância daquelas desigualdades pelas coordenadas do elemento em foco, os sinais dos coeficientes de \underline{H} serão alterados convenientemente no final da rotina (conf. Degaspere (5)).
- POLIN = calcula a integral do tipo $\int_S f(x,y)x^{\gamma}y^{\delta}ds$ (conf. Degaspere (5)).
- MATRG = forma a matriz de rigidez generalizada (conf. Degaspere (5)).
- VINTA = é uma FUNCTION que calcula as integrais do tipo $\int_S \xi_1^m \xi_2^n \xi_3^q dS$ (conf. Degaspere (5)).
- GJRIN = inverte as matrizes \underline{B} pelo processo de Gauss-Jordan.
- MARCH = monta a matriz de rigidez do elemento CST (Ver, por exemplo, Brebbia (3) pág. 118).

Pode-se considerar, para efeito de explanação do conteúdo deste programa que seu início é no comando 1911 + 1. Aí são lidos, na unidade de disco número 25, os dados relativos à estrutura global. No comando 1081 + 2 lê-se, na unidade de disco número 1, no arquivo KJ, dados relacionados com a viga em foco. Do comando 1081 + 5 até o comando 37 calcula-se, para elemento de tipo diferente, a matriz de rigidez.

No comando 37 + 1 guarda-se-a na unidade de disco número 30.

Do comando número 70 até o de número 43, calcula-se, para cada elemento com tipo de carregamento diferente, o vetor das cargas nodais equivalentes. No comando número 43 + 1 guarda-se-o na unidade de disco número 21.

No comando 291 + 4 lê-se na unidade de disco número

1 dados relativos à casca que está sendo considerada.

A partir de 291 + 2 tem início o cálculo da matriz de rigidez para cada elemento de tipo diferente da casca.

Do comando 5 + 1 até o de número 6, a matriz de rigidez do elemento é transformada em um vetor contendo os elementos da diagonal mais os superiores a ela e armazenado na unidade de disco número 23.

Do comando 3 até o de número 14, calcula-se o vetor das cargas nodais equivalentes para cada elemento com tipo de carregamento diferente, de acordo com o tipo de estrutura que se está analisando, isto é, reservatório ou cobertura.

Em 7 testa-se o elemento considerado; se não for de borda armazena-se na unidade de disco número 21 o vetor das cargas já calculado. Se for elemento de borda, a partir do comando 3033 até o comando número 3053, aplicam-se as transformações descritas no capítulo III, através das subrotinas TRANS e DESL.

No comando seguinte o vetor das cargas, já modificado, é armazenado na unidade de disco número 21.

Do comando 1026 + 1 até o de número 200 são formados os coeficientes e os expoentes dos monômios que aparecem quando a operação $x^{\gamma}y^{\delta}$ é realizada, após a substituição de $x = x_1\xi_1 + x_2\xi_2 + x_3\xi_3$ e $y = y_1\xi_1 + y_2\xi_2 + y_3\xi_3$, sendo ξ_1, ξ_2 e ξ_3 as coordenadas homogêneas.

Do comando 200 + 1 até o de número 322 é calculado para elemento da placa, com tipo de carregamento diferente, o vetor das cargas nodais equivalentes. Em 288 + 1 ele é armazenado na unidade de disco número 40.

De 288 + 2 até o comando 420 é formada, para cada elemento de tipo diferente, a matriz de rigidez. De 420 + 1 até 934 essa matriz é transformada em um vetor eliminando-se a sua parte triangular inferior, excluindo a diagonal, e em seguida armazenado na unidade de disco número 23.

Do número 934 + 3 até o número 3045 + 3 é montada a matriz de rigidez do elemento triangular com graus de liberdade correspondente a chapa.

Finalmente, de 3045 + 7 até o número 3044, é montada a matriz de rigidez do elemento que pode ser impropriamente designado como de placa-chapa, pois possui os graus de liberdade correspondentes a elemento de placa e de chapa. Em seguida reduz-se a

nova matriz de rigidez a um vetor nos moldes já descritos acima e armazenar-se-ã na unidade de disco número 28.

IV.4.3 - PROGR 3 . AEA

As subrotinas envolvidas são:

- MONSE = monta a matriz de rigidez da estrutura a partir das matrizes de rigidez dos diversos elementos. A matriz é criada em forma de vetor e armazenada na unidade de disco por blocos.
- MONMA = através desta rotina as matrizes de rigidez do elemento de casca (24 x 24) e do elemento de viga (12 x 12) são ampliadas para (36 x 36).
- AMPLM = amplia a matriz de rigidez do elemento de folha plana (27 x 27) para (36 x 36).
- TRAMA = executa as transformações contidas nas subrotinas TRANS e DESL.
- TSKEW = transformação que atua nos nós situados nas bordas inclinadas das placas. Visa transformar os parâmetros nodais relacionados aos eixos z e y, em parâmetros nodais relacionados aos eixos t e n. Esta transformação tem por objetivo o tratamento das condições de contorno em bordas esconsas (conf. Degaspारे (5)).
- TFREE = transformação que atua nos nós situados em bordas das placas onde haja a necessidade de alterar os parâmetros nodais originais em parâmetros nodais modificados para tratamento direto das condições de contorno que envolvam curvaturas (através dos momentos fletores) (conf. Degaspारे (5)).
- PREPS = executa as transformações preparadas nas subrotinas TSKEW e TFREE (conf. Degaspारे (5)).

Além dessas, aparecem as subrotinas DESL e TRANS já expostas.

O PROGR 3 . AEA tem início no comando 1911 + 1 onde são retiradas da unidade de disco número 25 os dados relacionados com a estrutura geral.

Do comando 1 + 1 até o de número 1 + 9 é calculado o número de blocos (NB) necessários para conter os elementos da matriz de rigidez da estrutura global, que será gerada adiante. De 120 + 1 até o comando 140 são determinados o número de elementos em cada bloco (NEB) e catalogados os números dos elementos que pertencem a cada bloco (NE).

A partir do "DO" 400 até o comando número 180, são determinados: o número de elementos (LL) do bloco M, os números do primeiro e do último pontos nodais (nós) do bloco M, o número de equações do bloco M (NEQB) e os números da primeira e última equações do bloco M. O "DO" 820 considera cada elemento N do bloco M.

No comando 3121 + 1 é testado o NP(N, 4). Se for nulo, o elemento N pertence a uma das placas e o programa é desviado para o número 1072; caso contrário, o elemento N pertence a uma das cascas e o programa tem sequência selecionando qual a casca a que pertence o elemento N (comando número 1071).

Em seguida são lidos na unidade de disco número 1 os dados pertinentes à casca que contém o elemento N.

No comando 1071 + 5, e seguintes, é lido na unidade de disco número 23 o vetor RIG que contém os coeficientes de rigidez da matriz triangular superior e expandida para a forma original (matriz quadrada). Em seguida, a matriz de rigidez de ordem (20 x 20) é expandida, pela subrotina AMPLM, para (24 x 24).

Se o elemento N tiver nós em comum com viga de borda, para esses nós são aplicadas as transformações descritas no ítem III.2 e realizadas pela subrotina TRAMA; caso contrário esse procedimento é evitado, continuando o programa com a expansão da matriz de rigidez - alterada ou não com essas transformações - de ordem (24 x 24) para (36 x 36) pela subrotina MONMA.

A seguir, com a subrotina MONSE, efetiva-se a colaboração do elemento N na montagem da matriz de rigidez da estrutura.

Do comando número 1074 até o comando número 1075 verifica-se se o elemento N tem nó comum a elemento de viga. Se não houver recomeça-se o "DO" 820 com outro elemento; caso contrário é necessário saber se os nós do elemento de casca em comum com o elemento de viga são os dois primeiros ou os dois últimos, correspondendo-se, respectivamente, a elemento de casca com viga à sua esquerda ou à sua direita. Este procedimento se passa do comando nú-

mero 1077 até o 1078.

Se os nós do elemento N em comum com os nós de elemento de viga forem os dois primeiros, toma-se $KND = 2$ e se forem os dois últimos, toma-se $KND = 3$. Isto permitirá identificar qual o número do elemento da viga que tem os nós coincidentes com os nós do elemento N. Com esse número pode-se buscar na unidade de disco número 30 a matriz de rigidez do elemento de viga. Em $1978 + 1$, com a subrotina MONMA, é elevada a ordem da matriz VK de (12×12) para (36×36) e acrescentada à matriz de rigidez da estrutura, com o auxílio da subrotina MONSE.

Se o elemento N não pertencer a uma das cascas, mas a uma das folhas planas, no número $1072 + 1$ identifica-se a qual folha plana pertence esse elemento. Lê-se, em seguida, na unidade de disco número 25 os dados relativos à folha plana selecionada e na unidade de disco número 28 o vetor RIGID que contém os coeficientes de rigidez do elemento N.

Esse vetor é transformado na matriz quadrada (24×24) , GK, matriz de rigidez do elemento N.

Do número $9999 + 1$ até o número 2306 é constatado se o elemento N tem nó comum a elemento de casca. Se tiver deve-se alterar os sinais dos coeficientes da matriz de rigidez nas posições influenciadas pelas rotações ϕ_z e ϕ_y , do sistema global de equações (ver item III.1).

A seguir, com a subrotina AMPLM, amplia-se essa matriz de modo a ficar com ordem (27×27) .

Do comando $2306 + 1$ até o de número $909 + 3$, aplicam-se as transformações contidas nas subrotinas TSKEN e TFREE, uma vez verificado que o elemento N pertence a borda esconsa e há a necessidade de se transformar os parâmetros generalizados para a aplicação das condições de contorno.

O passo seguinte é acrescentar essa matriz à matriz de rigidez da estrutura com a subrotina MONSE.

Este ciclo é repetido tantas vezes quantas forem os blocos (NB) formados.

Do comando $840 + 1$ até o 360 são consideradas as condições de contorno, alterando-se os coeficientes da matriz de rigidez da estrutura, correspondentes às equações que têm condições de contorno impostas, através da técnica de se substituir o valor do coeficiente de rigidez da diagonal por 1 e anular os de-

mais valores da mesma linha e mesma coluna se o correspondente deslocamento for nulo, ou multiplicar o coeficiente da diagonal por um número muito grande (10^{18} , por exemplo) se o deslocamento correspondente não for nulo, no primeiro caso o elemento do vetor das cargas nodais equivalentes correspondentes à linha anulada deve também ser nulo, enquanto que no segundo caso esse elemento deve ser substituído pelo valor do deslocamento conhecido multiplicado pelo mesmo número muito grande (10^{18} , por exemplo) e pelo valor do coeficiente diagonal.

Do número $360 + 1$ até o 400 o vetor que contém os elementos da matriz de rigidez da estrutura são armazenados na unidade de disco número 22.

No "DO" 1004 tem início com cada folha plana a montagem do vetor de cargas nodais equivalentes da estrutura.

Lê-se na unidade de disco número 25 os dados relativos a cada folha plana. A seguir é lido para cada elemento da folha plana o seu vetor das cargas nodais equivalentes (S18). Se o elemento tem nó em comum com elemento de casca, é feita a mudança de sinal nas posições correspondentes às duas rotações ϕ_z e ϕ_y (conforme já explicado).

Do comando $1919 + 1$ até o 9110, o vetor S18 é ampliado passando de (18×1) para (27×1) .

A partir do número $9110 + 1$ até o 9111 verifica-se se o elemento considerado tem nó situado em borda esconsa; caso tenha, as transformações contidas nas subrotinas TSKEW e TFREE serão executadas.

Se houver carga concentrada em algum nó da rede em que foi dividida a folha plana, então, para cada nó nessa condição é lido na unidade de disco número 26 o valor da casca e adicionada ao vetor global já formado.

No comando número $1801 + 2$ lê-se para cada viga os dados guardados na unidade de disco número 1. A seguir lê-se na unidade número 21 o vetor das cargas nodais equivalentes para cada elemento da viga.

De $1887 + 1$ até 1902 o referido vetor é ampliado passando de (12×1) para (18×1) . Nas sete linhas seguintes esse vetor é adicionado ao vetor das cargas nodais equivalentes da estrutura. Se houver carga concentrada nos nós da viga, então os 9 comandos seguintes são executados.

A seguir, no comando 1003 + 4 são lidos na unidade de disco número 1 os dados de cada casca.

Para o elemento da casca é retirado da unidade de disco número 21 o correspondente vetor de cargas. Do comando 1889 + 1 até o 1901, esse vetor é ampliado passando de (24 x 1) para (36 x 1). Nas oito linhas seguintes ele é adicionado ao vetor das cargas nodais equivalentes da estrutura. Do número 36 até o 1002 é verificado se há nó da casca com carga diretamente aplicada; se houver, ela é adicionada ao vetor já formado.

Do comando 1002 + 1 até o 40 + 1 é realizada a operação de armazenamento, na unidade de disco número 20, do vetor das cargas nodais equivalentes da estrutura.

IV.4.4 - PROGR 4 . AEA

Neste programa é resolvido o sistema global de equações. Tem início no comando 1911 + 1 onde recupera-se da unidade de disco número 21 o vetor das cargas nodais equivalentes da estrutura. No comando seguinte, da unidade de disco número 25, são lidos os dados gerais da estrutura.

Do comando seguinte até o de número 11 é resolvido o sistema de equações pelo método de Gauss-Jordan. A solução é guardada na unidade de disco número 20.

Do comando 6 + 7 até o de número 3010, são separados, para cada folha plana, os deslocamentos relativos a cada nó da rede. Esses deslocamentos - já eliminando a rotação ϕ_x , nula para a folha plana -, são guardados no vetor X e armazenados na unidade de disco número 20.

Do comando 3050 + 2 até o de número 1022 são separados do rol de deslocamentos os correspondentes aos nós de cada casca. Do comando 2021 até o comando 7 procede-se à execução das transformações contidas nas subrotinas TRANS e DESL para os nós das cascas comuns às vigas. O conjunto de deslocamentos dos nós de cada casca é armazenado na unidade de disco número 26.

IV.4.5 - PROGR 5 . AEA

Aqui são calculados os esforços e reações em todos os nós de cada elemento estrutural.

As subrotinas que compõem este programa são:

- THMED = calcula para cada nó da placa os valores médios das seguintes grandezas: espessura, módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson e rigidez à flexão da placa (conf. Degaspere (5)).
- TRISK = efetua as transformações em nós pertencentes a borda esconsa da placa. O vetor solução obtido está referido aos eixos inclinados t, n. Esta subrotina transforma o vetor solução de modo que a impressão dos deslocamentos seja relativa aos eixos Z e Y (conf. Degaspere (5)).
- TRFRE = atua em bordas da placa onde houve a necessidade de se modificar os parâmetros nodais, de nós nela contidos (ver subrotina TFREE). O vetor solução referenciado em relação aos parâmetros modificados, por esta subrotina é transformada de modo a ficar referenciado em relação aos parâmetros originais (conf. Degaspere (5)).
- FLEVO = calcula e imprime para cada nó da placa os momentos fletores e volvente e os momentos nodais principais e suas direções (conf. Degaspere (5)).
- REACA = calcula para cada nó da placa situado na borda a reação vertical, se existir (conf. Degaspere (5)).
- CARCH = calcula para cada elemento da chapa as tensões σ_z , σ_y e τ_{zy} no baricentro do elemento.
- VALME = calcula para cada nó da casca os valores médios das seguintes grandezas, módulo de elasticidade ou de Young e coeficiente de Poisson.
- PROIN = gera, para cada nó da casca, a matriz P_{-1} , necessária para o cálculo dos esforços nodais em cada casca (conf. (i-23)).

Como nos programas anteriores, os cálculos são realizados para cada elemento estrutural em separado; assim, após o comando 1391 + 1, em que foram lidos na unidade de disco número 25 os dados relativos à estrutura global, tem início, para cada nó das folhas planas, o cálculo dos esforços.

No comando 1391 + 9, da unidade de disco número 25

são recuperados os dados correspondentes à folha plana em foco. No comando seguinte são calculados os valores médios nodais de grandeza como: espessura, módulo de Young e coeficiente de Poisson com a subrotina THMED e, a seguir, recupera-se da unidade de disco número 20 os parâmetros nodais da placa-chapa.

Se há nós comuns às cascas, de 1413 + 1 até 2110, são feitas as alterações nos sinais dos parâmetros nodais ϕ_z e ϕ_y , considerando-os referidos ao sistema de coordenadas da folha plana. Em seguida, se há nós nas bordas esconsas, são efetuadas as transformações contidas nas subrotinas TRISK e TRFRE, conforme já comentada durante a apresentação de cada subrotina.

Do comando 1318 + 1 até o 1316 são preparados os oito parâmetros nodais para impressão, o que é realizado na linha seguinte.

Do comando número 1317 + 1 até o 2001 são separados, dos oito parâmetros nodais, os seis correspondentes aos graus de liberdade em cada nó do elemento de folha plana; os outros dois parâmetros correspondem a deslocamentos no plano da chapa e não constam como parâmetros nodais no elemento de placa.

A seguir são acionadas as subrotinas FLEVO, para cálculo dos elementos fletores e volvente nos nós da placa, e a subrotina REACA para cálculo das reações em nós apoiados.

No comando 2006 + 1 são separados os dois parâmetros nodais relativos ao elemento de chapa. No comando seguinte é acionada a subrotina MARCH.

Do comando 2008 + 4 até 2007 são calculados os valores das tensões principais e suas direções.

A partir do comando 1203 + 1 é realizado o cálculo dos esforços nos nós das cascas.

Na unidade de disco número 26 são lidos os parâmetros nodais que correspondem aos deslocamentos nos nós das cascas. Em seguida, na unidade de disco número 1 são recuperados os dados relativos a cada casca.

No "DO" 3020 são separados e impressos os seis deslocamentos em cada nó da casca, relativos ao sistema de coordenadas da casca.

Do comando 45 + 1 até o comando 1021 são calculados os esforços em cada nó da casca.

No comando número 82 é recuperada da unidade de dis

co número 20 a solução do sistema geral de equações. Quatro linhas abaixo são lidos na unidade de disco número 1 os dados relativos a cada viga.

De 88 + 1 até 121 são separados os parâmetros nodais correspondentes aos nós da viga considerada.

Em 988 + 2 lê-se na unidade de disco número 21 o vetor das cargas nodais equivalentes do elemento de viga a no segundo comando seguinte a matriz de rigidez do elemento de viga, utilizados, respectivamente, no cálculo das reações nodais, se existirem, e no cálculo dos esforços nodais, que são os últimos passos deste programa. Os esforços nodais estão relacionados no vetor SIGMV e as reações no vetor REAC.

V - ENTRADA DE DADOS

Como já se viu anteriormente, a entrada de dados é toda realizada no PROGR 1. AEA.

Foi organizada de modo a fornecer inicialmente os dados gerais da estrutura global e posteriormente de cada elemento estrutural separadamente. Se a estrutura que se pretende examinar deixar de apresentar alguns dos elementos estruturais, estes deverão ser fornecidos como nulos e os desvios instalados nos programas encarregar-se-ão de conduzir o cálculo corretamente. Por exemplo: pretende-se calcular os esforços em uma placa apoiada no contorno; neste caso não há cascas nem vigas, devendo no cartão correspondente à quantidade desses elementos constar valores nulos.

A sequência de entrada dos dados é a seguinte:

DADOS GERAIS DA ESTRUTURA GLOBAL

Primeira leitura: em um único cartão.

NVIGA = quantidade de vigas.

NCASC = quantidade de cascas.

NPLAC = quantidade de placas.

ITYPE = código que indica o tipo de estrutura que será analisada. Se for reservatório, fornecer 1; se for cobertura, fornecer zero.

Se a estrutura em estudo não apresentar um ou mais dos tres elementos estruturais, introduzir zero nas posições correspondentes.

Se não houver placas, passar para a décima segunda leitura.

Segunda leitura: em apenas um cartão.

NUTEL = número total de elementos em que foi dividida a estrutura global.

NTNP = número total de nós da estrutura global.

NUMPB = número de nós com condições de contorno a impor.

Terceira leitura: tantos cartões quantos forem os NUTEL.

K = número do elemento

NP(K,J), J = 1, ..., 4: número de cada nó. Para os nós dos elementos das placas fornecer NP(K, 4) = 0. A numeração deverá ser no sentido eixo Z positivo para eixo Y positivo nas placas e eixo X positivo para eixo Y positivo nas cascas de modo a se ter a menor rotação.

Quarta leitura: tantos cartões quantos forem os NUMPB.

M = número do nó.

L1(M,I), I = 1, 2, ..., 9: L1(M,I) = 0 indica que o deslocamento é desconhecido e não há condição de borda a impor. Nesse caso ICON(M,I)=0. L1(M,I) = 1 indica que o deslocamento é conhecido; há condição de borda a impor.

ICON(M,I), I = 1, 2, ..., 9: Se L1(M,I) = 1 pode corresponder: ICON(M,I) = 0 se o deslocamento conhecido é nulo. ICON(M,I) = 1 se o deslocamento conhecido não é nulo.

Deve-se manter para os eixos (t, n) a orientação fixada na figura III.1.3.

DADOS RELATIVOS ÀS FOLHAS PLANAS

As próxima sete leituras deverão ser repetidas tantas vezes quantas forem as placas.

Quinta leitura: em apenas um cartão.

- NUMEL = número de elementos da placa.
- NUMNP = número de nós da placa.
- NMAT = número de materiais que constituem a placa.
- NELBO = número de elementos da placa situados na borda.
- ISKEW = código que indica se a placa tem borda esconsa, ISKEW=1 ou não, ISKEW = 0.
- NANGL = número de ângulos que definem as bordas esconsas. (ângulos α das páginas VI.3, VI.4 e VI.5).
- NPLD = número de nós da placa com carga concentrada.

Sexta leitura: tantos cartões quantos forem os NMAT.

I = número do material.

CP(I) = coeficiente de Poisson do material.

MY(I) = módulo de elasticidade longitudinal do material, ou módulo de Young.

GAMA(I) = peso específico do material.

Sétima leitura: tantos cartões quantos forem os NELBO.

- LNOBO(K,1) = número do elemento situado na borda.
- LNOBO(K,2) } número dos nós do elemento. Fornecer na mesma
- LNOBO(K,3) } = ordem em que foram dados os NP(I,1), NP(I,2) e
- LNOBO(K,4) } NP(I,3).
- LNOBO(K,5) } indicam os endereços dos ângulos necessários pa
- LNOBO(K,6) } = ra as transformações de coordenadas. (ângulos α
- LNOBO(K,7) } das páginas VI.3, VI.4 e VI.5).
- LNOBO(K,8) } código que indica o tipo de parâmetros nodais
- LNOBO(K,9) } = que convêm aos nós (*).
- LNOBO(K,10) }
- LNOBO(K,11) } código que indica se o nó do elemento da placa
- LNOBO(K,12) } = é comum a elemento de casca; Se for: LNOBO = 1;
- LNOBO(K,13) } caso contrário LNOBO = 0.

(* Se o código indicar LNOBO = 0 os parâmetros nodais serão do tipo A; caso o código indicar LNOBO = 1 os parâmetros nodais serão do tipo B (conf. Degaspere (5), págs. 40, 41 e 57):

$$\begin{bmatrix} U \\ V \\ W \\ \phi_z \\ \phi_x \\ \phi_y \\ \phi_{zz} \\ \phi_{zy} \\ \phi_{yy} \end{bmatrix}$$

tipo A

$$\begin{bmatrix} U \\ V \\ W \\ \phi_z \\ \phi_x \\ \phi_y \\ \phi_{zz} + \nu\phi_{yy} \\ \phi_{zy} \\ \phi_{yy} + \nu\phi_{zz} \end{bmatrix}$$

tipo B

Oitava leitura: tantos cartões quantos forem os NANGL.

ANGLE(NA) = valor de cada ângulo para transformação de coordenadas em graus.

Nona leitura: tantos cartões quantos forem os NUMEL.

NN = número do elemento.

MAT(NN) = número do material do elemento NN.

ITPEL(NN) = número que identifica a que tipo pertence cada elemento, em termos de dimensões, forma, orientação, etc.

ITCAR(NN) = número que identifica a que tipo pertence cada elemento, em termos de dimensões, forma, orientação, carregamento distribuído, etc.

KARGA(NN) = código que indica se há carga distribuída (KARGA=1) ou não (KARGA = 0) sobre o elemento.

P(NN,L), L = 1, 2, 3: valor da carga distribuída em cada nó do elemento.

THN(NN,K), K = 1, 2, 3: valor da espessura da placa em cada nó do elemento.

Décima leitura: tantos cartões quantos forem os NUMNP.

J = número do nó do elemento.

XORD(J) = coordenada Z.

YORD(J) = coordenada Y.

Décima primeira leitura: tantos cartões quantos forem os NPLD.

Se NPLD = 0 essa leitura não é efetuada.

N = número do nó carregado.

NOLD(J), J = 1, 2, ..., 9: valor da carga aplicada.

SE FOR COBERTURA LER OS CARTÕES SEGUINTE

Se NPLAC = 0, indica que a estrutura em foco é cobertura e as seguintes leituras deverão ser realizadas (em caso contrário deverão ser evitadas):

Décima segunda leitura: em um único cartão.

NXT = número de elementos em que foi dividida a estrutura na direção do eixo x.

NYT = número de elementos em que foi dividida a estrutura na direção do eixo y.

NUMPB = número de nós com condições de contorno a impor.

NUPLV = número de nós sem condições de contorno a impor.

NPTY = se houver simetria geométrica em relação ao eixo x, e pretende-se analisar metade da estrutura, então NPTY = 2; caso contrário NPTY = 1.

Décima terceira leitura: fornecer um cartão para cada conjunto de 20 NUPLV.

NOLIV(J) = número de cada nó.

Décima quarta leitura: em tantos cartões quantos forem os NUMPB.

M = número do nó.

L1(I), I = 1, 2, ..., 6: vide quarta leitura.

ICON(I), I = 1, 2, ..., 6: vide quarta leitura.

DADOS RELATIVOS ÀS VIGAS

As próximas doze leituras deverão ser repetidas tantas vezes quantas forem as vigas (NVIGA).

Décima quinta leitura: em apenas um cartão.

NUMEL = número de elementos em que foi dividida a viga.

NPLD = número de nós com cargas diretamente aplicadas.

NMAT = número de materiais diferentes que constituem a viga.

NVICA = número de cascas adjacentes à viga.

Décima sexta leitura: em apenas um cartão.

IDIM = código que indica: se a viga tem seção constante IDIM = 0; caso contrário IDIM = 1.

IDIV = código que indica: se a divisão em elementos for regular: IDIV = 0; caso contrário IDIV = 1.

NUAPV = número de nós onde há apoio para a viga.

COMPR = comprimento total da viga.

Décima sétima leitura: em apenas um cartão.

KAE = número da casca a esquerda da viga considerada (vide exemplo abaixo).

KAD = número da casca a direita da viga considerada (vide exemplo abaixo).

ANGVC(2 x KAE + 1) = ângulo que o eixo central de inércia na direção da altura da viga (z) forma com o eixo bisetor da casca (z') situada a sua esquerda. Positivo quando gira no sentido anti-horário de z' para z.

ANGVC(KAD x 2) = ângulo que o eixo central de inércia na direção da altura da viga (z) forma com o eixo bisetor da casca (z') situada a sua direita.

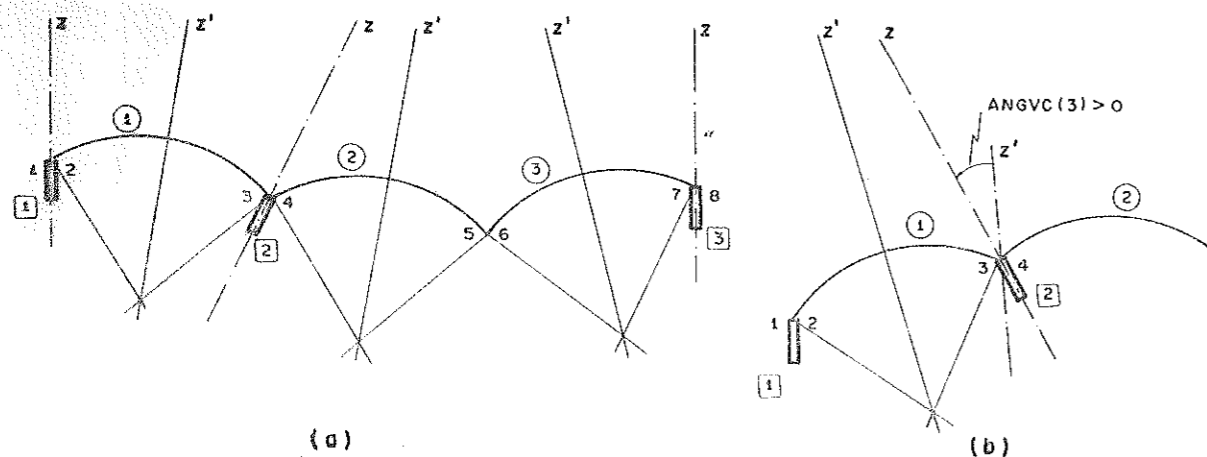


FIG. V. 1

⓪ = número da casca (i = 1, 2, 3)

Ⓜ = número da viga (j = 1, 2, 3)

K = 1, 2, 3, ..., 7, 8 = ANGVC(k)

Se a viga não possui apoios que possam gerar reações, o cartão seguinte deverá ser evitado.

Décima oitava leitura: fornecer um cartão para cada conjunto de 20 NUAPV.

NOAP(I) = número dos nós apoiados.

Se IDIV = 1 os dois cartões seguintes não serão lidos.

Décima nona leitura: em apenas um cartão.

NPNPV = número do primeiro nó da viga.

NUNPV = número do último nó da viga

Vigésima leitura: tantos cartões quantos forem os NUMEL.

K = número do elemento

NPV(K,1) = número do primeiro nó do elemento.

NPV(K,2) = número do segundo nó do elemento.

Vigésima primeira leitura: tantos cartões quantos forem os NUNPV.

J = número do nó.

XIS(J) = coordenada Z do nó.

Se IDIM = 1 o cartão seguinte não deverá ser considerado.

Vigésima segunda leitura: em apenas um cartão.

BV1 = largura da seção transversal da viga (conf. figura abaixo).

HV1 = altura da seção transversal da viga (conf. figura abaixo).

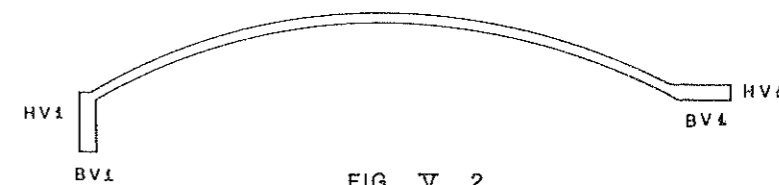


FIG. V. 2

Vigésima terceira leitura: tantos cartões quantos forem os NUNPV.

KK = número do nó.

BV(KK) = largura da seção transversal da viga no nó KK.

HV(KK) = altura da seção transversal da viga no nó KK.

Vigésima quarta leitura: tantos cartões quantos forem os NMAT.

I = número do material.

CP(I) = coeficiente de Poisson do material.

MY(I) = módulo de elasticidade longitudinal do material.

GAMA(I) = peso específico do material.

Vigésima quinta leitura: tantos cartões quantos forem os NUMEL.

J = número do elemento.

ITPEL(J) = número que identifica a que tipo pertence cada elemento em termos de dimensões.

ITCAR(J) = número que identifica a que tipo pertence cada elemento em termos de carregamento.

MAT(J) = número do material do elemento J.

KARGA(J) = código que indica se há carga distribuída atuante no elemento, KARGA = 1, ou se não há, KARGA = 0. No caso de reservatório KARGA = 0.

Se KARGA = 0, a leitura seguinte não deverá ser considerada.

Vigésima sexta leitura: em tantos "cartões quantos forem os elementos com carga distribuída.

K = número do elemento solicitado.

P(K,L), L = 1, 2: valor da carga em cada nó.

TET(K) = ângulo que a carga forma com o eixo central de inércia (z) na direção da altura da seção transversal da viga, em cada nó (conf. viga abaixo). Se a linha de ação da carga não passar pelo baricentro da seção, introduzir o momento torçor correspondente como carga externa.

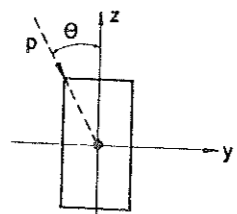


FIG V. 3

Se não houver carga diretamente aplicada no nó, a leitura seguinte não deverá ser considerada.

Vigésima sétima leitura: tantos cartões quantos forem os NPLD.

N = número do nó carregado.

NOLD(J) = valor da carga na direção J.

DADOS RELATIVOS ÀS CASCAS

As próximas dezessete leituras deverão ser repetidas tantas vezes quantas forem as cascas (NCASC).

Vigésima oitava leitura: em apenas um cartão.

KANOS = código que indica se a sobrecarga varia de nó para nó da casca. Em caso afirmativo KANOS = 1. Em caso contrário KANOS = 0. No caso dos reservatórios KANOS = 1.

NPLD = número de nós com cargas concentradas.

NMAT = número de materiais diferentes constituintes da casca.

NELBO = número de elementos na borda, isto é, na junção com a viga.

Vigésima nona leitura: em apenas um cartão.

IDIV = código que indica se a divisão da rede é regular, IDIV = 0 ou irregular, IDIV = 1. Aqui, entende-se por rede regular a formada por elementos do mesmo tipo (vide ITPEL).

IDIM = código que indica se a casca tem espessura constante IDIM = 0; caso contrário IDIM = 1.

Trigésima leitura: em apenas um cartão.

OMEGA = ângulo de abertura da casca.

AGATO = comprimento total da casca.

Trigésima primeira leitura:

NX = número de elementos da malha na direção X.

NY = número de elementos da malha na direção Y.

NPTZ = código indicativo de simetria em relação ao eixo bis-setor, conforme ilustração abaixo.

NOSBO = número de nós comuns à casca e à viga de borda. Se não houver viga NOSBO = 0.

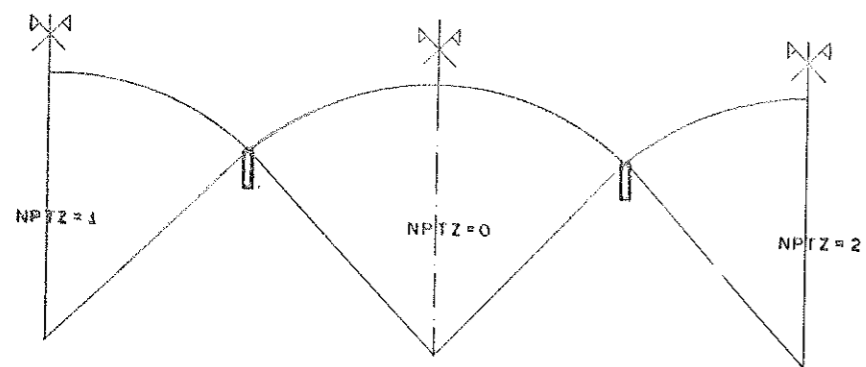


FIG. V. 4

Trigésima segunda leitura: em tantos cartões quantos forem os NMAT.

I = número do material.

CP(I) = coeficiente de Poisson do material.

MY(I) = módulo de elasticidade longitudinal do material.

GAMA(I) = peso específico do material.

O próximo cartão será lido somente se a estrutura em análise for reservatório.

Trigésima terceira leitura: em apenas um cartão.

IENT = código que indica se o reservatório é elevado, IENT=1, ou não, IENT = 0.

GAMLQ = peso específico do líquido. Deverá ser fornecido com sinal negativo quando o eixo Z positivo estiver do lado do côncavo da casca.

ALTLO = altura do líquido no reservatório. Para que a carga devida à ação do líquido seja calculada automaticamente, ALTLO deverá ser igual à altura do reservatório; caso contrário a carga devida à ação do líquido deverá ser fornecida, como carga externa negativa, em cada nó.

Se o reservatório for elevado a próxima leitura ficará sem efeito.

Trigésima quarta leitura: em apenas um cartão.

ALTTE = altura do solo. Vale a mesma observação para ALTLO.

GAMTE = peso específico do solo.

Trigésima quinta leitura: em tantos cartões quantos forem os NELBO.

NOBO(1,JP) = número do elemento de borda.

NOBO(2,JP) = número de cada nó da borda. Como cada casca apresenta apenas 2 nós em cada borda, os outros

NOBO(3,JP) = dois valores de NOBO deverão ser fornecidos nulos. A sequência de numeração é a mesma utilizada para NP. (Vide terceira leitura).

NOBO(4,JP) =

NOBO(5,JP) =

Se a estrutura analisada não for reservatório, o comando seguinte deverá ser evitado.

Trigésima sexta leitura: fornecer um cartão para cada conjunto de 20 NUMEL.

NUEL(IV,J) = número de cada elemento da casca na numeração global.

Se NMAT = 1, a próxima leitura deverá ser evitada.

Trigésima sétima leitura: tantos cartões quantos forem os NUMEL.

JJ = número do elemento

MAT(JJ) = número do material.

Se IDIM = 1, o próximo cartão não será considerado.

Trigésima oitava leitura: em apenas um cartão.

TH1 = espessura da casca.

RAY1 = raio da casca.

Trigésima nona leitura: em tantos cartões quantos forem os NUMEL.

JJ = número do elemento.

RAY(JJ) = raio do elemento da casca.

THN(JJ,I), I = 1,2,3,4: espessura da casca em cada nó do elemento.

Se IDIV = 0, as duas leituras seguintes não deverão ser consideradas.

Quadragésima leitura: em tantos cartões quantos forem os NUMEL.

II = número do elemento.

XISCE(II) = coordenada X do baricentro do elemento.

TETAC(II) = coordenada angular (em graus) do baricentro do elemento, conforme ilustração abaixo.

ITPEL(II) = número que identifica o tipo de elemento quanto às dimensões. Elementos iguais serão do mesmo tipo.

ITCAR(II) = número que identifica o tipo de elemento quanto ao carregamento. Elementos com carregamentos iguais serão do mesmo tipo.

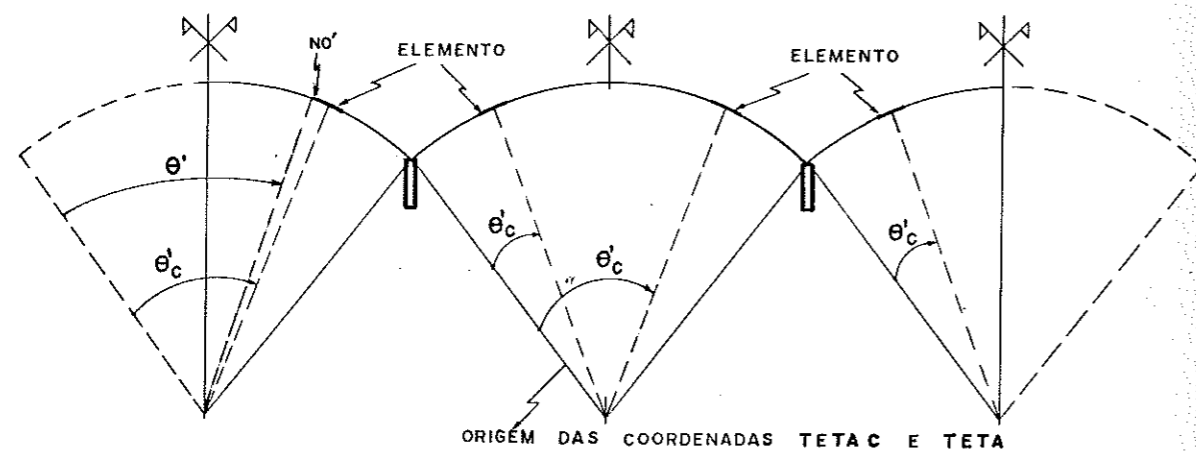


FIG. V. 5

Quadragésima primeira leitura: em tantos cartões quantos forem os NUMNP.

JJ = número do nó.

XIS(JJ) = coordenada X do nó.

TETA(JJ) = coordenada angular (em graus) do nó. (Vide ilustração acima).

Se NOSBO = 0 a próxima leitura não deverá ser realizada.

Quadragésima segunda leitura: em tantos cartões quantos forem os NOSBO.

K = número do nó.

EV(K) = coordenada do baricentro da seção da viga na direção do eixo Y (conf. figura abaixo).

EW(K) = coordenada do baricentro da seção da viga na direção do eixo Z (conf. figura abaixo).

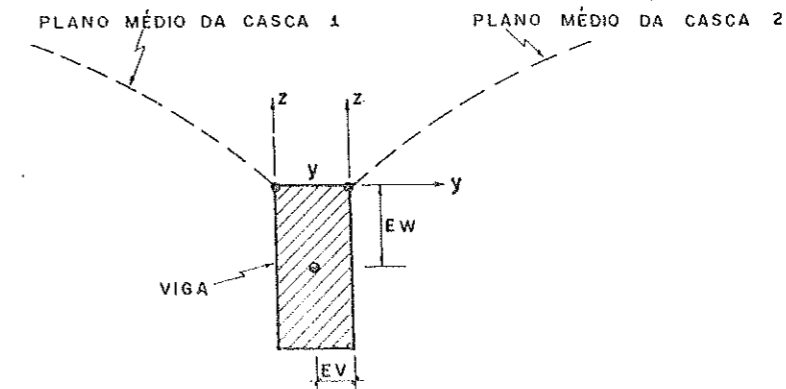


FIG. V. 6

Para a casca 1 ter-se-á: $EV > 0$ e $EW < 0$. Para a casca 2 ter-se-á $EV < 0$ e $EW < 0$.

Se KANOS = 1, a próxima leitura não deverá ser executada.

Quadragésima terceira leitura: em apenas um cartão.

CANOS = valor da carga uniformemente distribuída sobre a casca. Será positiva quando o eixo Z positivo estiver do lado convexo da casca.

Se não houver carga concentrada nos nós (NPLD = 0), a leitura seguinte não deverá ser considerada.

Quadragésima quarta leitura: em tantos cartões quantos forem os NPLD.

NO = número do nó carregado.

NOLD(J), J = 1,2,...,9: valor da carga aplicada.

VI - ANÁLISE DO RESERVATÓRIO TÍPICO. RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se alguns resultados para reservatórios cujas características são dadas às páginas VI.8 e VI.9.

No capítulo seguinte mostram-se algumas conclusões obtidas com o programa de computador aqui proposto, para um reservatório analisado por Hanai (6), pelo processo viga-arco.

VI.1 - Características Gerais e Discretização em Elementos Finitos

A discretização em elementos finitos do reservatório, para cada caso analisado, é a mesma, conforme consta das figuras VI.2 a VI.5. Essa rede genérica tem por objetivo facilitar a geração dos arquivos de dados a serem processados.

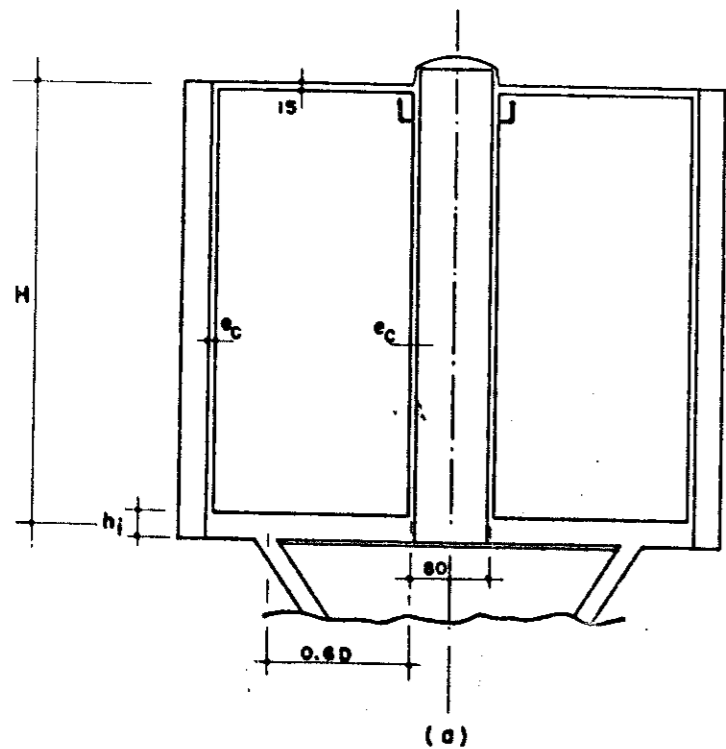
Dentro das limitações impostas pelo sistema computacional, principalmente pelo tempo de execução de cada exemplo, e com base em estudos preliminares, realizados com estruturas afins, chegou-se a essa rede. Deve-se ressaltar também que a largura da banda do sistema geral de equações é reduzida - considerando-se o tipo de estrutura -, graças à numeração irregular dos nós, podendo-se com outra proposta de numeração diminuí-la um pouco mais.

Apenas para ilustrar o que foi dito no parágrafo anterior, para essa rede tem-se: 366 elementos, 340 nós e 3060 equações com largura da semi-banda igual a 207. Em um dos processamentos realizados durante a madrugada, com disco especial, o tempo real de processamento ultrapassou seis horas.

A figura VI.1 representa cortes esquemáticos do reservatório típico. Nas figuras VI.2 e VI.3 apresentam-se as lajes superior e inferior, respectivamente, divididas em elementos finitos, aparecendo, também, as coordenadas lineares e angulares dos nós. As ampliações dos detalhes dessas redes encontram-se nas figuras VI.4.

As discretizações das abóbodas (casca) ①, ② e ③ são mostradas na figura VI.5, assim como as coordenadas angulares e lineares de seus nós.

CORTE LONGITUDINAL DO RESERVATÓRIO TÍPICO



1/4 DA PLANTA DO RESERVATÓRIO TÍPICO

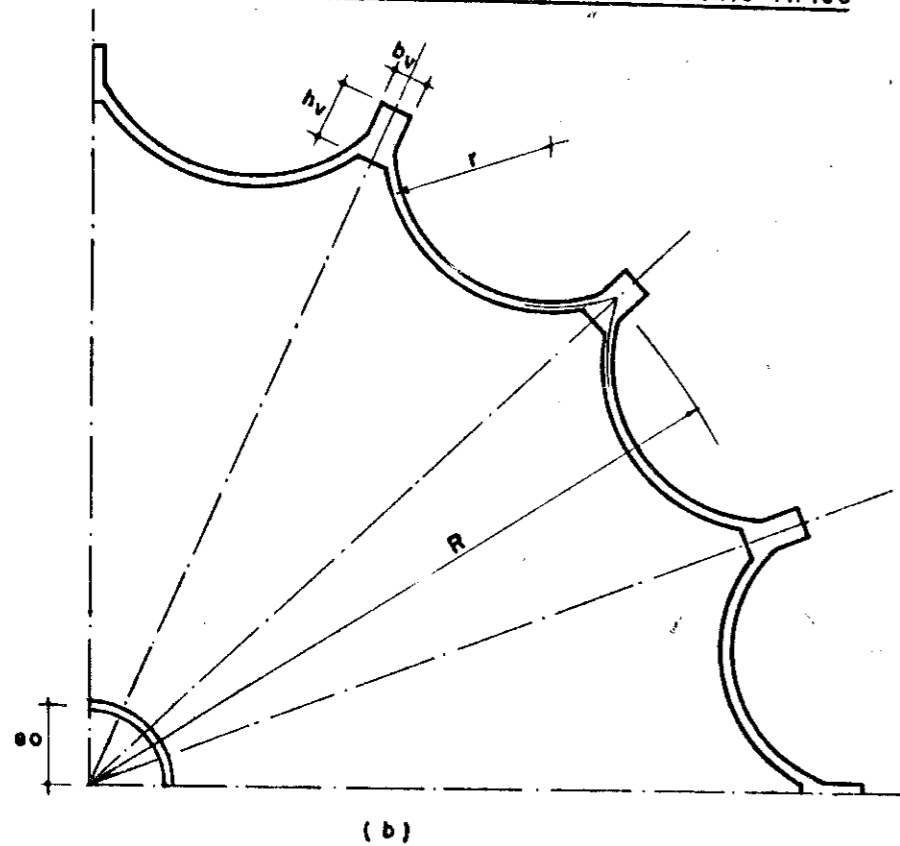
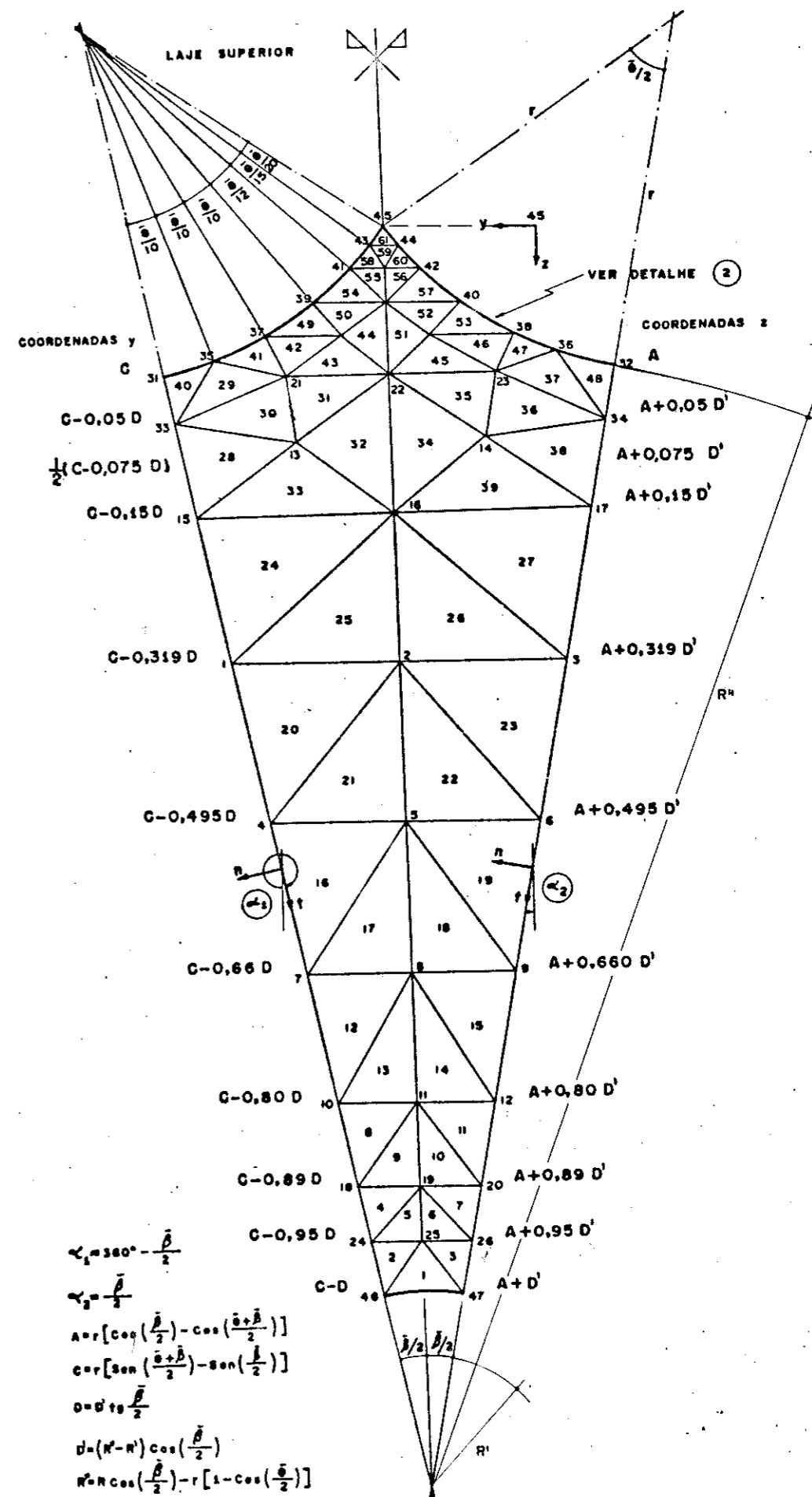


FIG. VI. 1



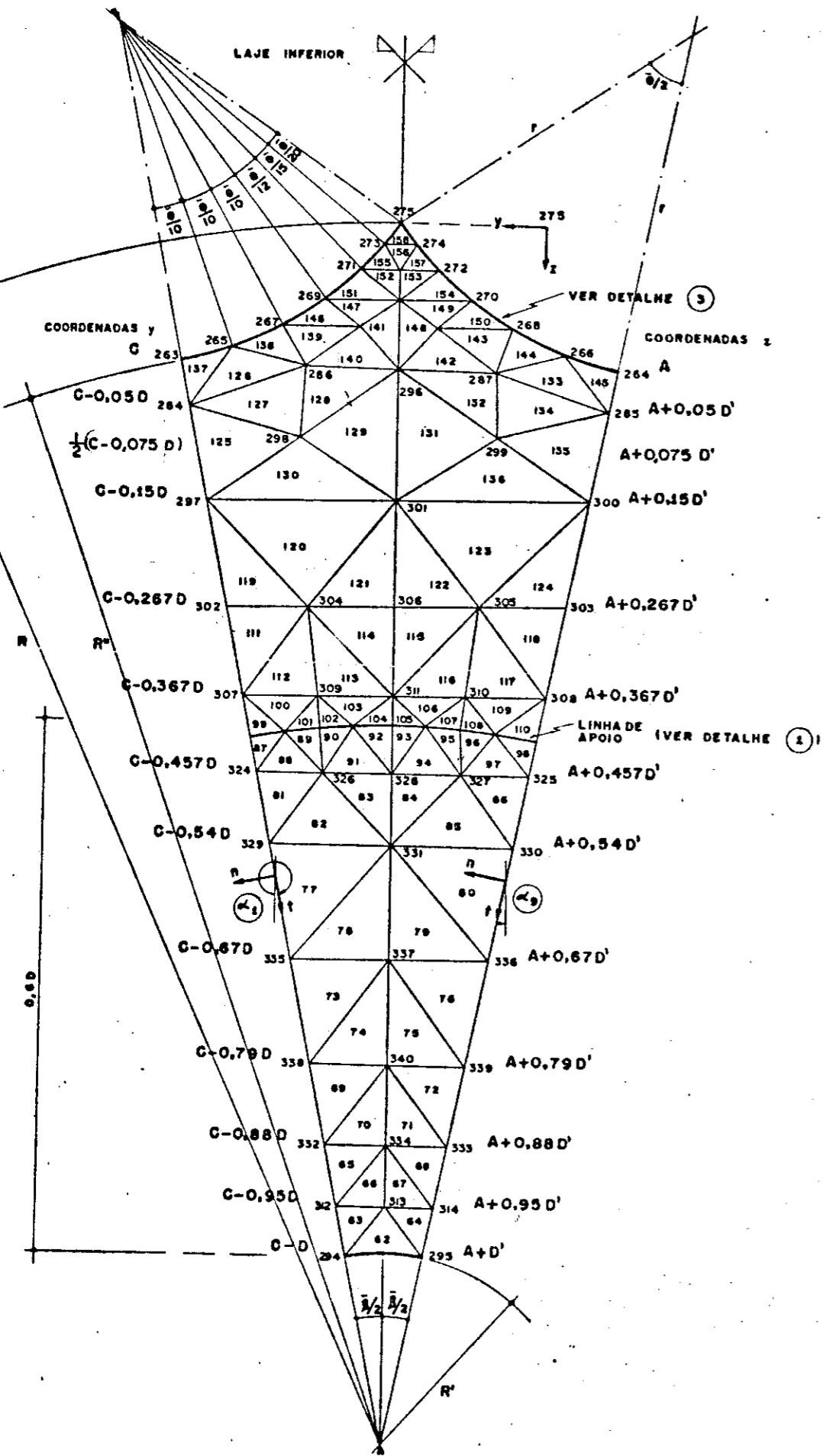


FIG. VI.3

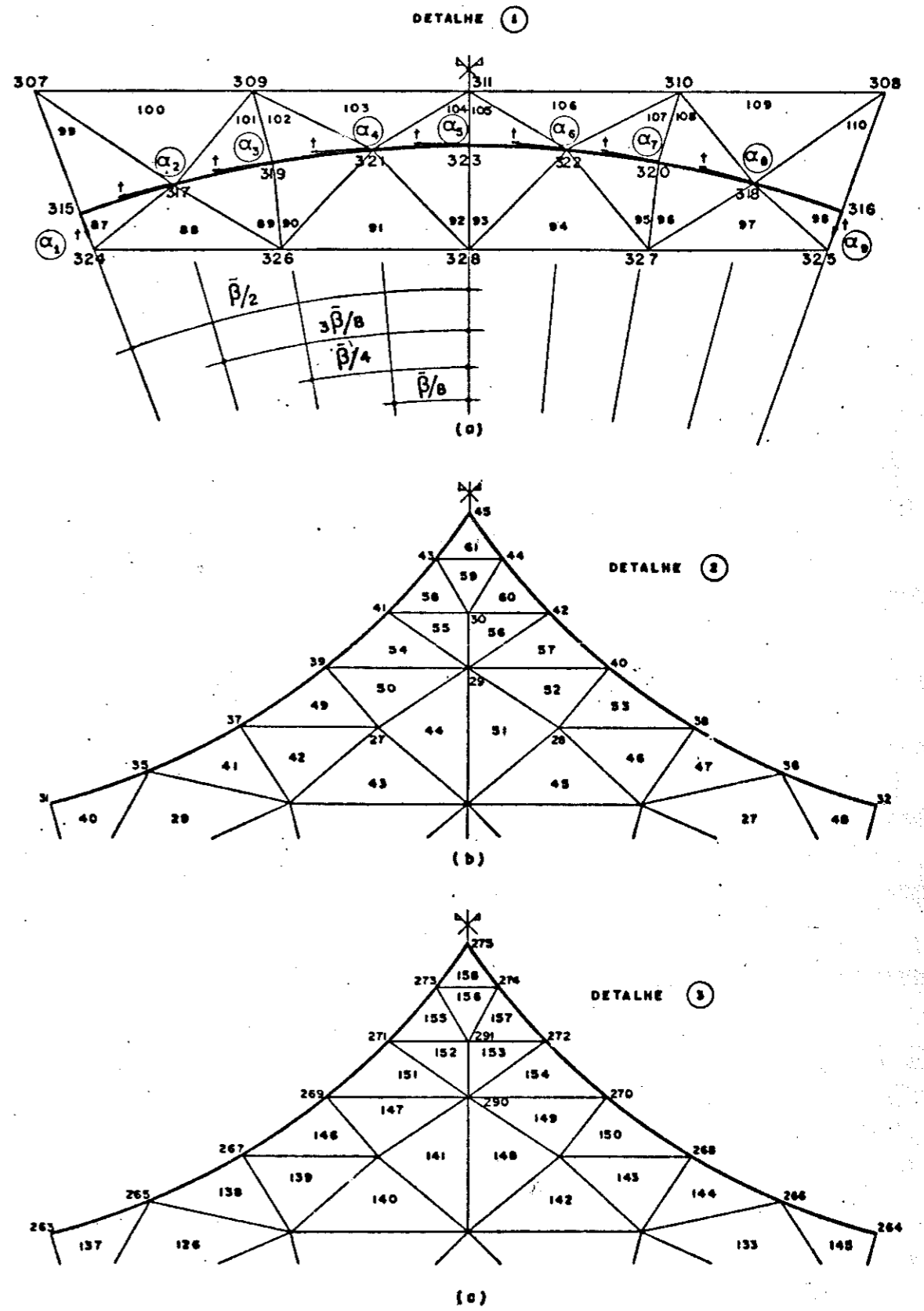


FIG. VI.4

CASCA (3)

VIGA

CASCA (2)

CASCA (1)

0.0025m

0.0075m

0.0125m

0.0175m

0.035m

0.065m

0.115m

0.225m

0.400m

0.60m

0.7675m

0.885m

0.960m

0.9875m

0.9925m

0.9975m

FIG. VI. 5

As coordenadas Y e Z dos nós da laje inferior (LI) e da laje superior (LS) que não constam das figuras VI.2, VI.3 e VI.4 estão na tabela abaixo.

NÓS		COORDENADAS	
LI	LS	Y	Z
21	286	$r \left[\text{sen} \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) - \cos \left(\frac{\bar{\beta}}{2} \right) \text{tg} \left(\frac{\bar{\theta}}{5} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) \right]$	A
27	288	$r \left[\text{sen} \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) - \cos \left(\frac{\bar{\theta}}{5} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) \text{tg} \left(\frac{3\bar{\theta}}{10} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) \right]$	$r \left[\cos \left(\frac{\bar{\theta}}{5} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) - \cos \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) \right]$
35	265	$r \left[\text{sen} \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) - \text{sen} \left(\frac{\bar{\theta}}{10} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) \right]$	$r \left[\cos \left(\frac{\bar{\theta}}{10} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) - \cos \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) \right]$
37	267	$r \left[\text{sen} \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) - \text{sen} \left(\frac{\bar{\theta}}{5} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) \right]$	$r \left[\cos \left(\frac{\bar{\theta}}{5} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) - \cos \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) \right]$
39	269	$r \left[\text{sen} \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) - \text{sen} \left(\frac{3\bar{\theta}}{10} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) \right]$	$r \left[\cos \left(\frac{3\bar{\theta}}{10} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) - \cos \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) \right]$
41	271	$r \left[\text{sen} \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) - \text{sen} \left(\frac{23\bar{\theta}}{60} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) \right]$	$r \left[\cos \left(\frac{23\bar{\theta}}{60} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) - \cos \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) \right]$
43	273	$r \left[\text{sen} \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) - \text{sen} \left(\frac{9\bar{\theta}}{20} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) \right]$	$r \left[\cos \left(\frac{9\bar{\theta}}{20} + \frac{\bar{\beta}}{2} \right) - \cos \left(\frac{\bar{\theta} + \bar{\beta}}{2} \right) \right]$
-	304	(C - 0,267 D)/2	A + 0,267 D'
-	309	(C - 0,367 D)/2	A + 0,367 D'
-	326	(C - 0,457 D)/2	A + 0,457 D'
-	315	$\left[R' \cos \left(\frac{\bar{\beta}}{2} \right) + 0,6 D' \right] \text{sen} \left(\frac{\bar{\beta}}{2} \right)$	$\left[1 - \cos \left(\frac{\bar{\beta}}{2} \right) \right] F + A + 0,4 D'$
-	317	$\left[R' \cos \left(\frac{\bar{\beta}}{2} \right) + 0,6 D' \right] \text{sen} \left(\frac{3\bar{\beta}}{8} \right)$	$\left[1 - \cos \left(\frac{3\bar{\beta}}{8} \right) \right] F + A + 0,4 D'$
-	319	$\left[R' \cos \left(\frac{\bar{\beta}}{2} \right) + 0,6 D' \right] \text{sen} \left(\frac{\bar{\beta}}{4} \right)$	$\left[1 - \cos \left(\frac{\bar{\beta}}{4} \right) \right] F + A + 0,4 D'$
-	321	$\left[R' \cos \left(\frac{\bar{\beta}}{2} \right) + 0,6 D' \right] \text{sen} \left(\frac{\bar{\beta}}{8} \right)$	$\left[1 - \cos \left(\frac{\bar{\beta}}{8} \right) \right] F + A + 0,4 D'$
-	323	0	0,4 D' + A

sendo: $F = R' \cos \left(\frac{\bar{\beta}}{2} \right) + 0,6 D'$

Os ângulos α_i ($i = 1, \dots, 9$) da figura VI.4.a são dados por (em relação a z):

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 360^\circ - \frac{\bar{\beta}}{2} & \alpha_4 &= 360^\circ - \frac{\bar{\beta}}{8} & \alpha_7 &= 90^\circ + \frac{\bar{\beta}}{4} \\ \alpha_2 &= 90^\circ - \frac{3\bar{\beta}}{8} & \alpha_5 &= 90^\circ & \alpha_8 &= 90^\circ + \frac{3\bar{\beta}}{8} \\ \alpha_3 &= 90^\circ - \frac{\bar{\beta}}{4} & \alpha_6 &= 90^\circ + \frac{\bar{\beta}}{8} & \alpha_9 &= \frac{\bar{\beta}}{2} \end{aligned}$$

A seguir são apresentados os resultados confrontados para dois reservatórios típicos básicos, cada um com volume aproximado de $550m^3$. A diferença fundamental entre eles é o número de abóbodas externas (n); para um tem-se $n = 20$ e para o outro $n = 16$.

Em ambos, os parâmetros fixos são: $R = 700cm$, espessura da laje superior igual a $15cm$ e raio da abóboda interna igual a $80cm$.

Para o reservatório com $n = 20$, o raio das abóbodas externas (r) é igual a $150cm$ e com $n = 16$ é igual a $180cm$. Com esses valores a relação flecha/raio da abóboda (f/r) para o primeiro caso é $0,32$ e para o segundo é $0,35$. Estudos anteriores permitiram concluir que relações f/r maiores que $0,3$ geram momentos M_x menores, podendo os momentos M_y aumentarem quando essa relação avançar além de $0,4$. Porém, para f/r maior que $0,3$ as variações para os esforços de flexão são pequenas, levando a acreditar que f/r igual a $0,32$ e a $0,35$ são valores perfeitamente aceitáveis.

As grandezas variáveis para os dois casos são: largura (b_v) e altura (h_v) da viga de borda, espessura da laje de fundo (h_f) e espessura das abóbodas (e_c), conforme figura VI.1. As várias combinações estudadas estão sintetizadas no quadro a seguir.

Quadro VI.1.1 - Unidades: centímetros

h_f	b_v/h_v	25/40	25/20	15/10
40	e_c	6 4	6 4	6 4
50	e_c	6 4	6 4	6 4
60	e_c	6 4	6 4	6 4
70	e_c	6 4	6 4	6 4

As dimensões dos diversos elementos estruturais que formam o reservatório foram assumidas procurando seguir os valores adotados por Hanai (6) nos vários reservatórios por ele apresentados.

A relação b_v/h_v igual a $15/10$ procura representar a viga de borda restrita apenas à junção das duas cascas, isto é, como se não houvesse viga na ligação das abóbodas.

Os esforços: momentos fletores M_z e M_y para a laje inferior são mostrados ao longo das arestas definidas pelos nós 263 a 294 e 275 a 313.

Para a casca ① os momentos M_x são dados ao longo das geratrizes definidas pelos nós 32 a 264 e 44 a 274 e os momentos M_y ao longo das geratrizes pelos nós 44 a 274 e 45 a 275. Para a casca 3 os momentos M_x e M_y são apresentados ao longo da geratriz dada pelos nós 46 a 294.

Convém lembrar que na laje de fundo o momento M_z é o momento radial e o momento M_y é o momento tangencial, ambos positivos quando tracionam a face da laje em contacto com a água.

Na casca ① o momento M_x é o momento longitudinal e M_y o momento transversal, ambos positivos quando tracionam a parte convexa da casca (que está em contacto com a água).

Na casca ③ os momentos M_x e M_y são, respectivamente, longitudinal e transversal, positivos quando tracionam o lado côncavo da casca (não em contacto com a água).

Os gráficos apresentados procuram evidenciar, em posições características dos reservatórios as variações que os principais esforços exibem para cada caso tratado, sem a pretensão de dar valores para cálculo.

VI.2 - Exemplos comparativos para reservatórios com $n = 20$ e $e_c = 6\text{cm}$

VI.2.1 - Com viga 25/40 e h_f variando de 40cm a 70cm

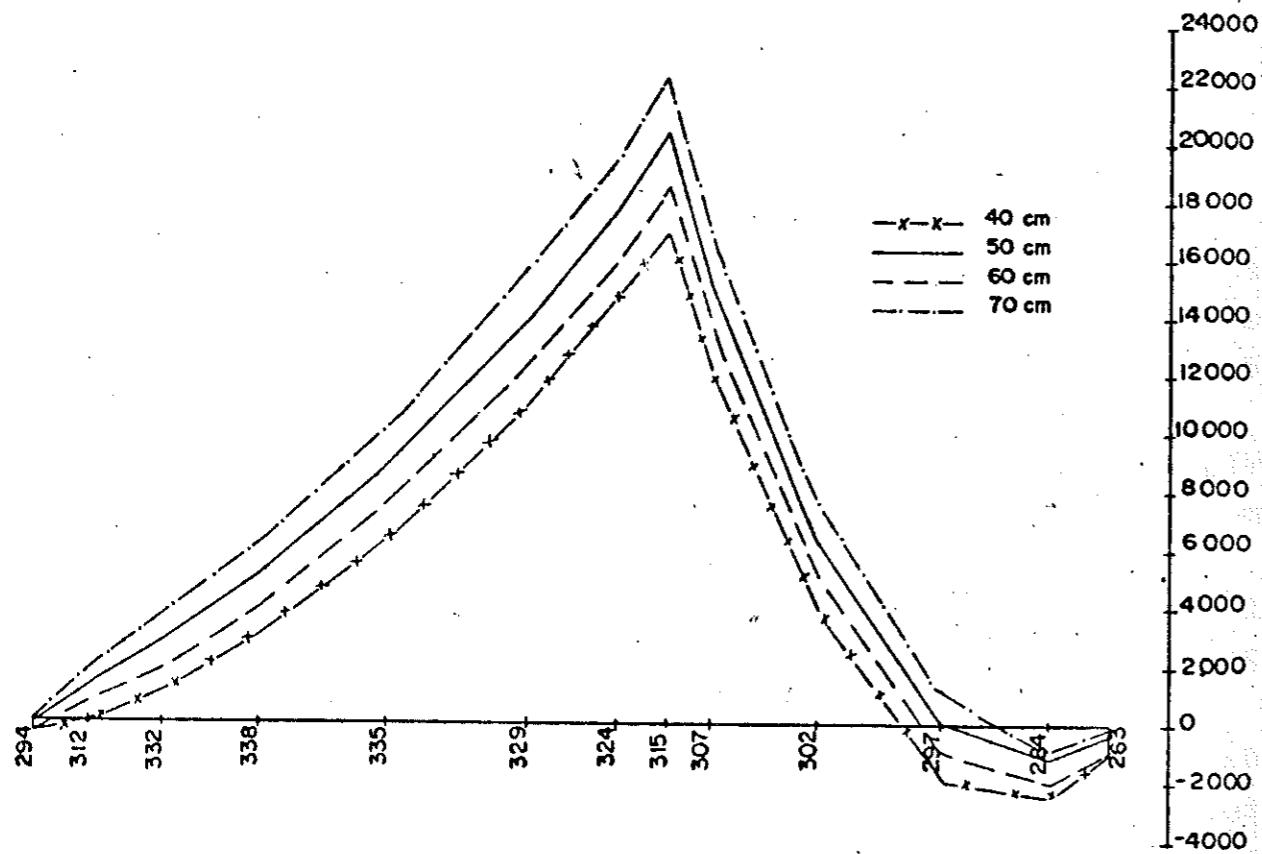


FIG.VI 2.1.1- MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

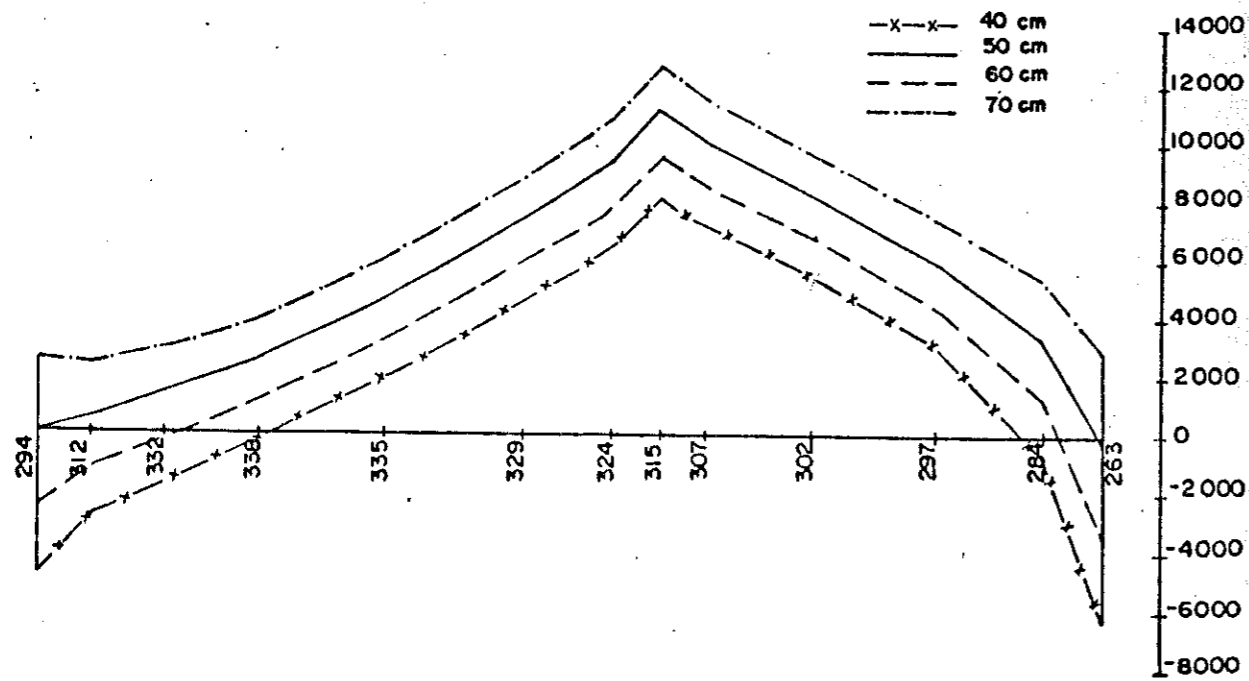


FIG.VI 2.1.2- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

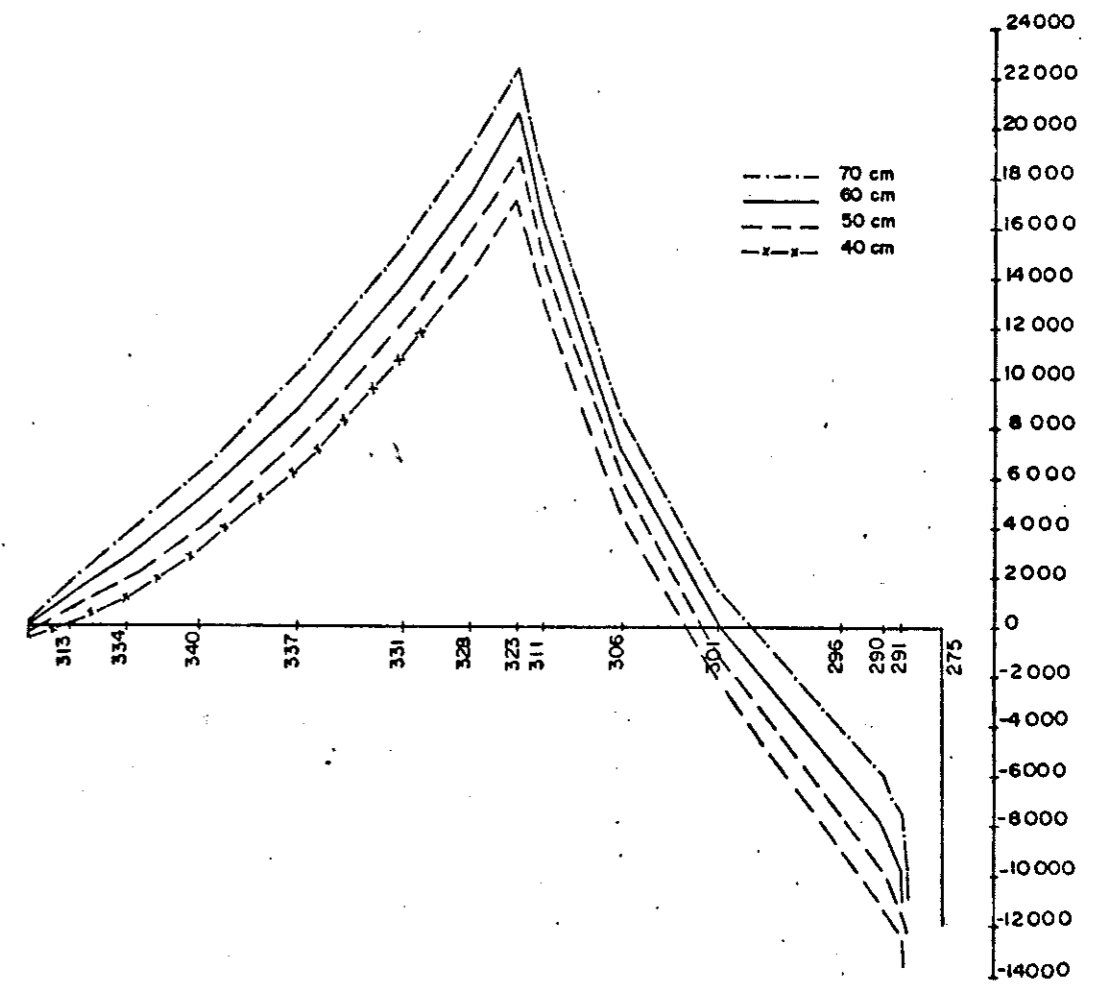


FIG.VI 2.1.3- MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

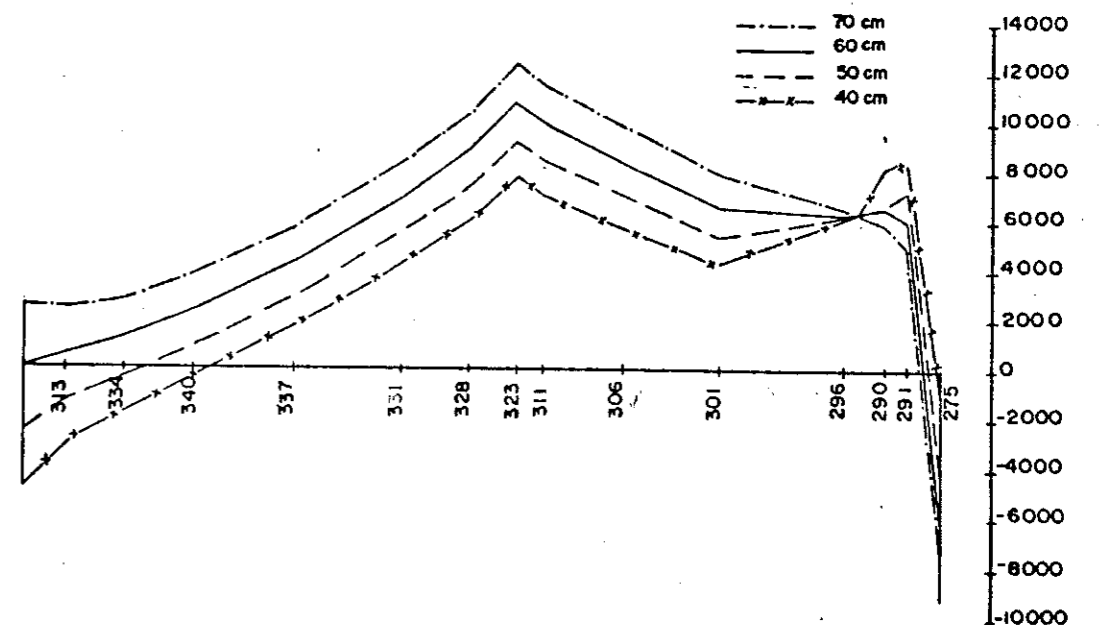


FIG.VI 2.1.4- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

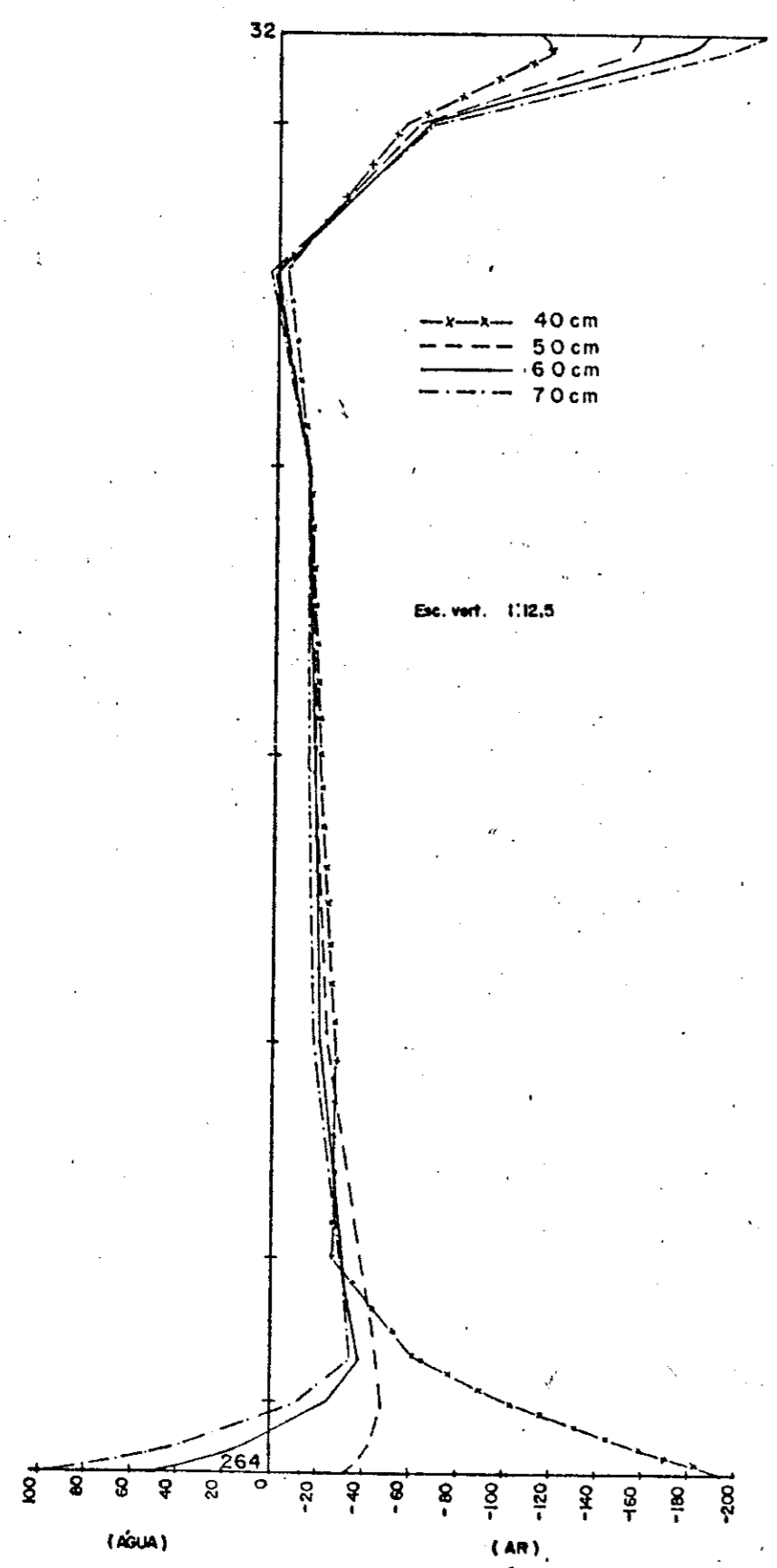


FIG.VI 2.1.5- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

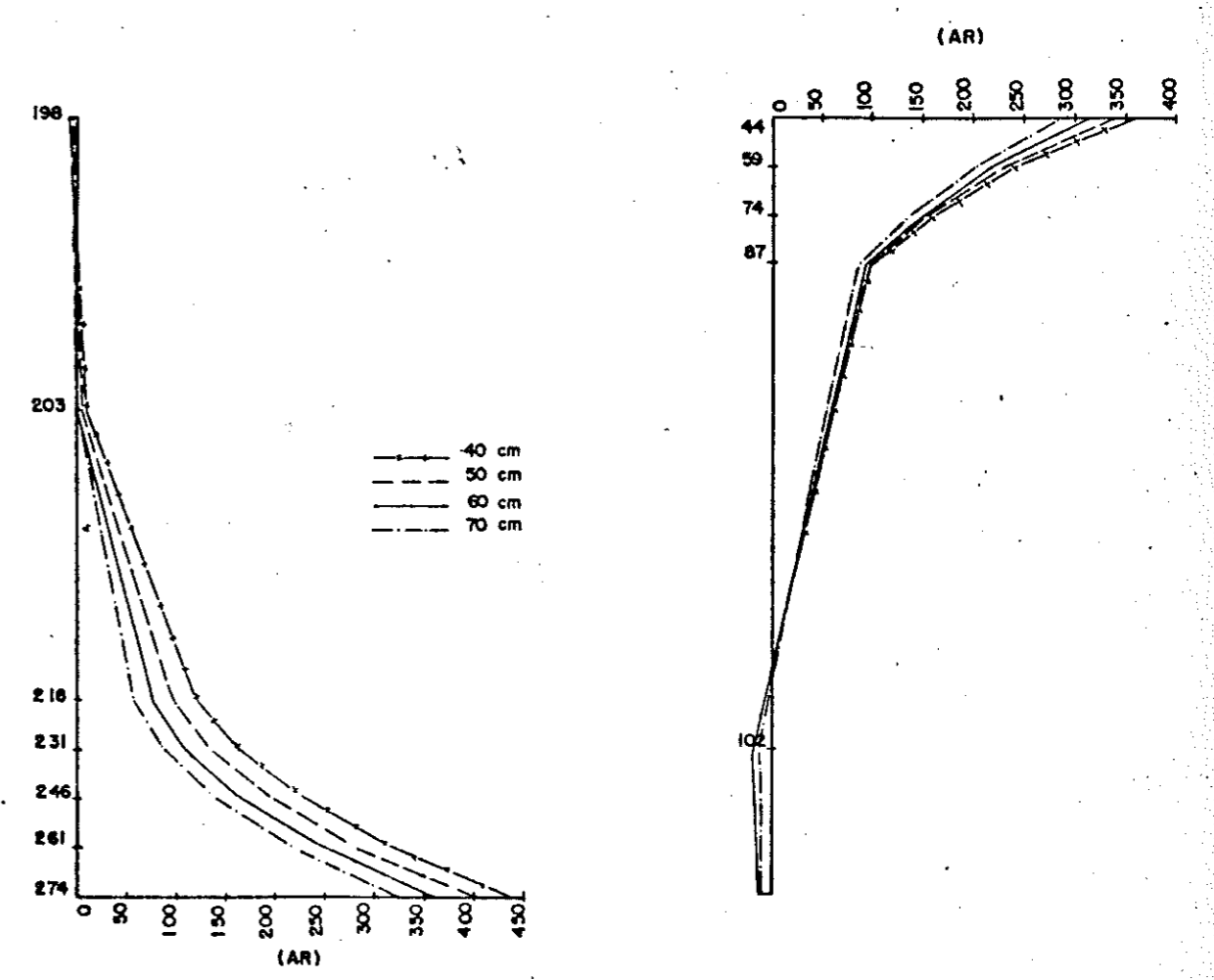


FIG.VI 2.1.6- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

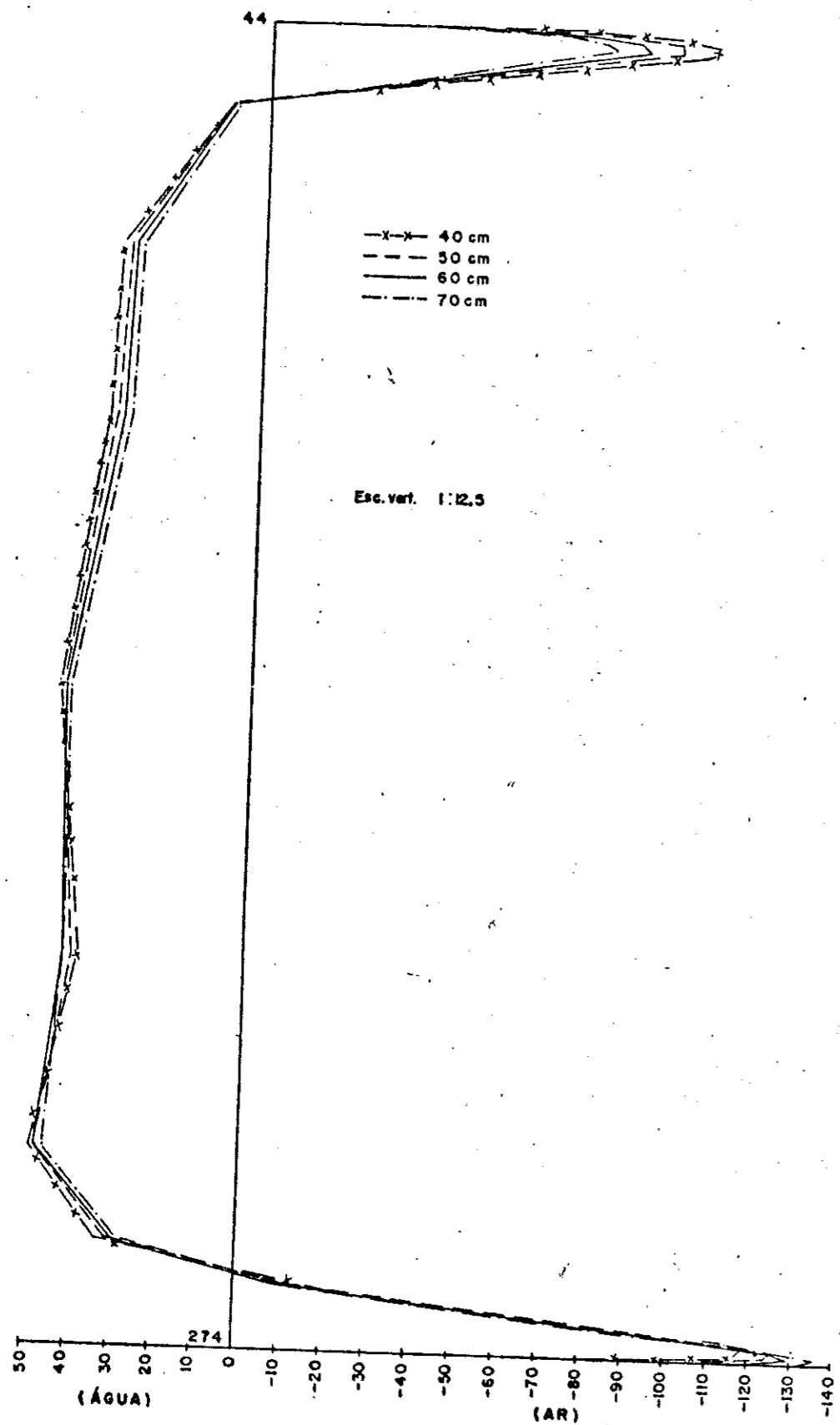


FIG.VI 2.1.7- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

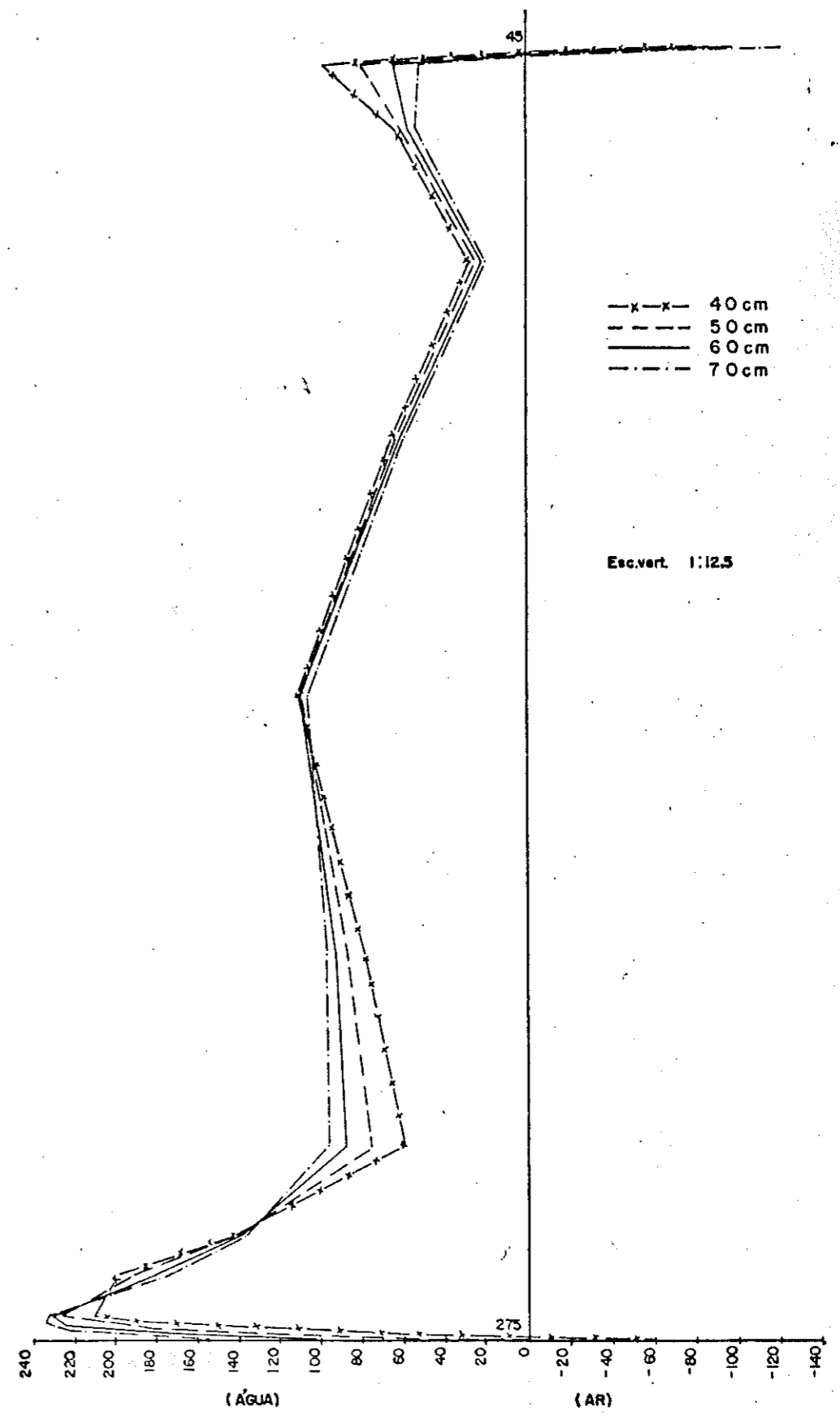


FIG.VI 2.1.8- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

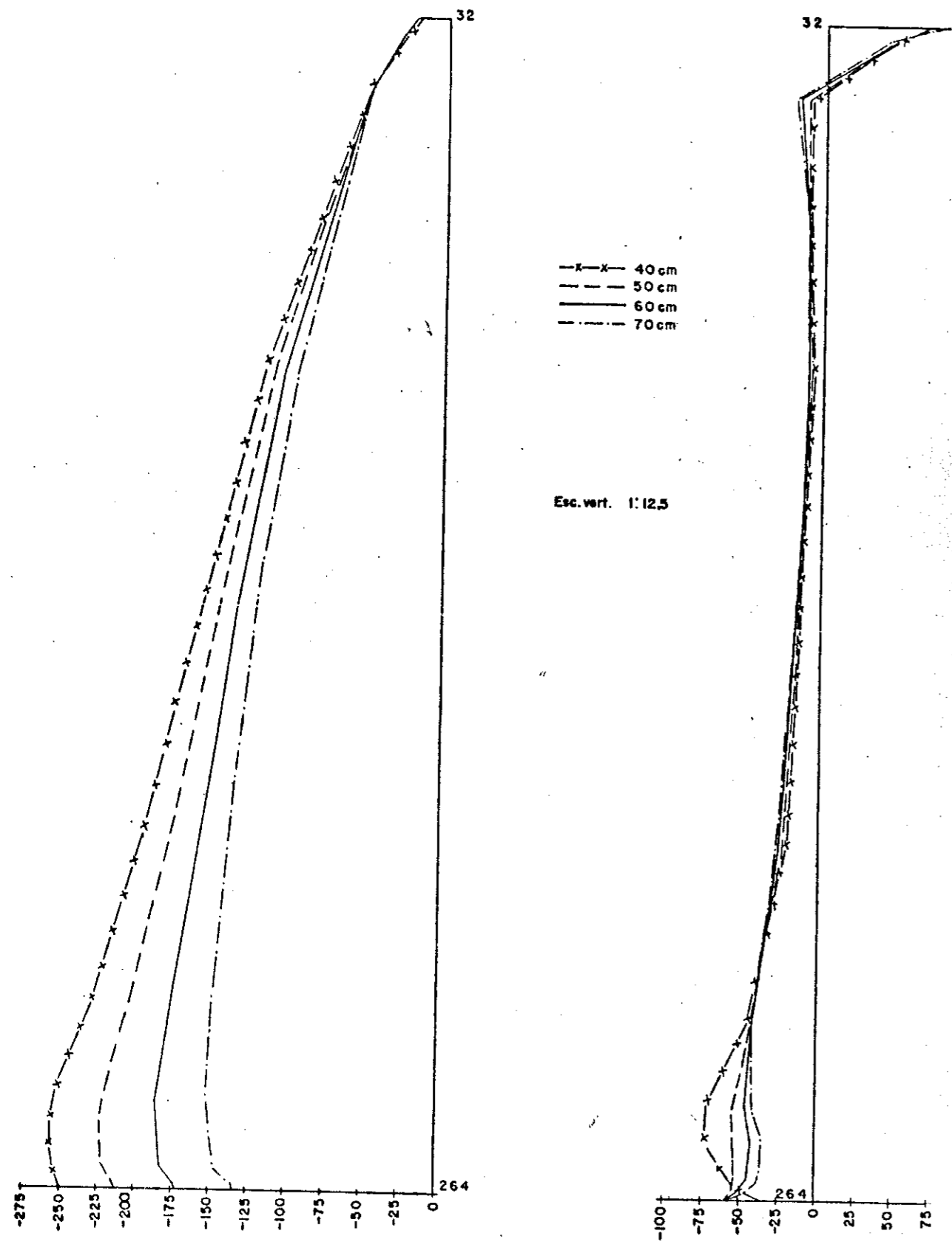


FIG.VI 2.1.9 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 2.1.10 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

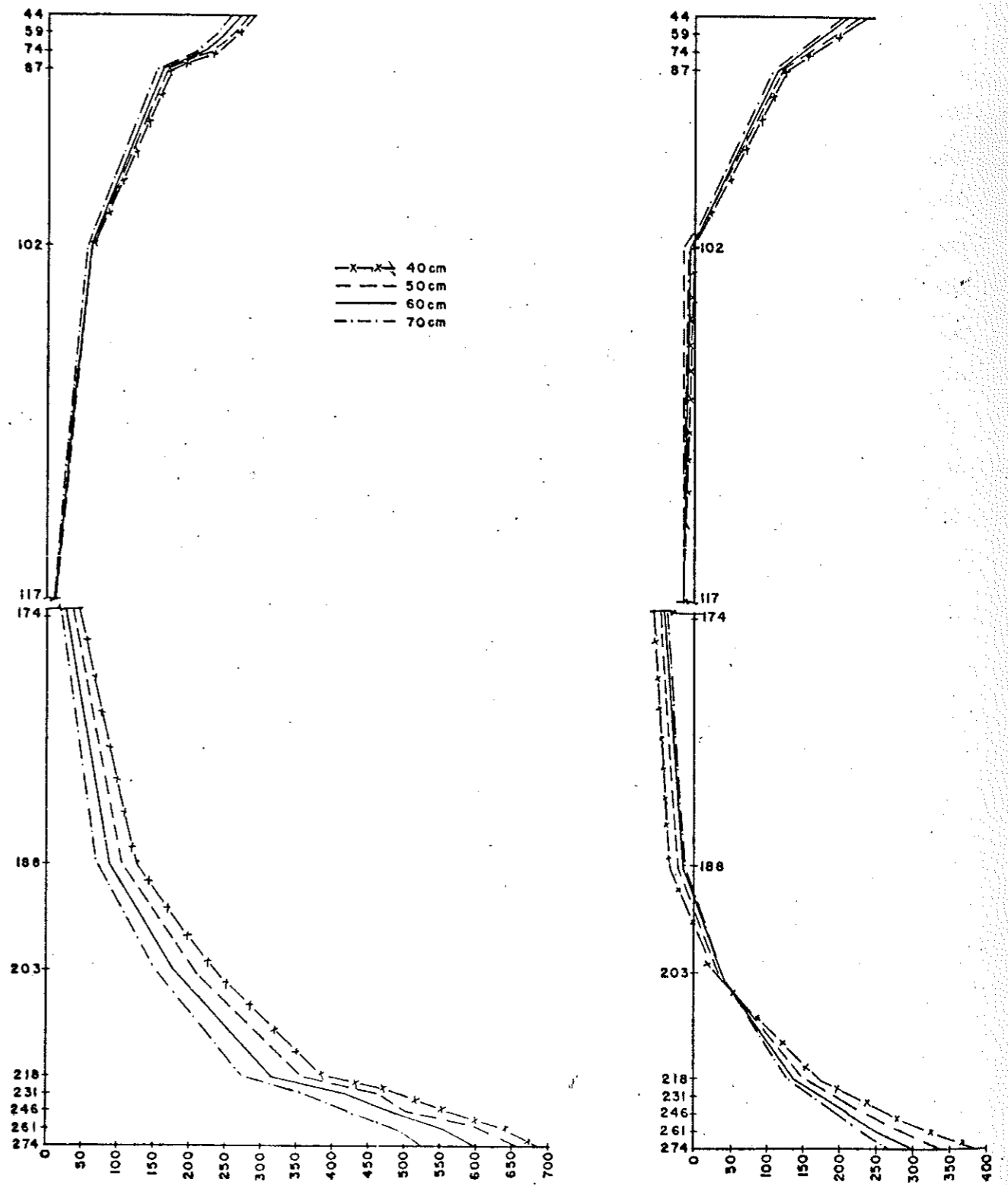
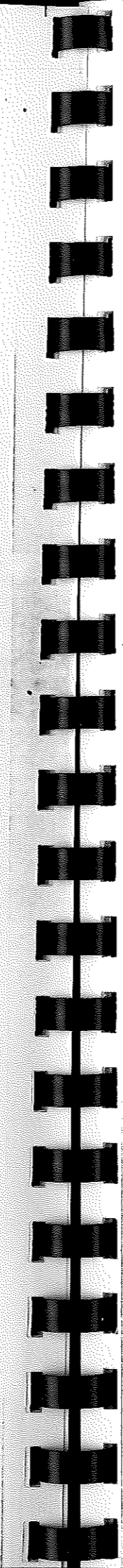


FIG.VI 2.1.11 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 2.1.12 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①



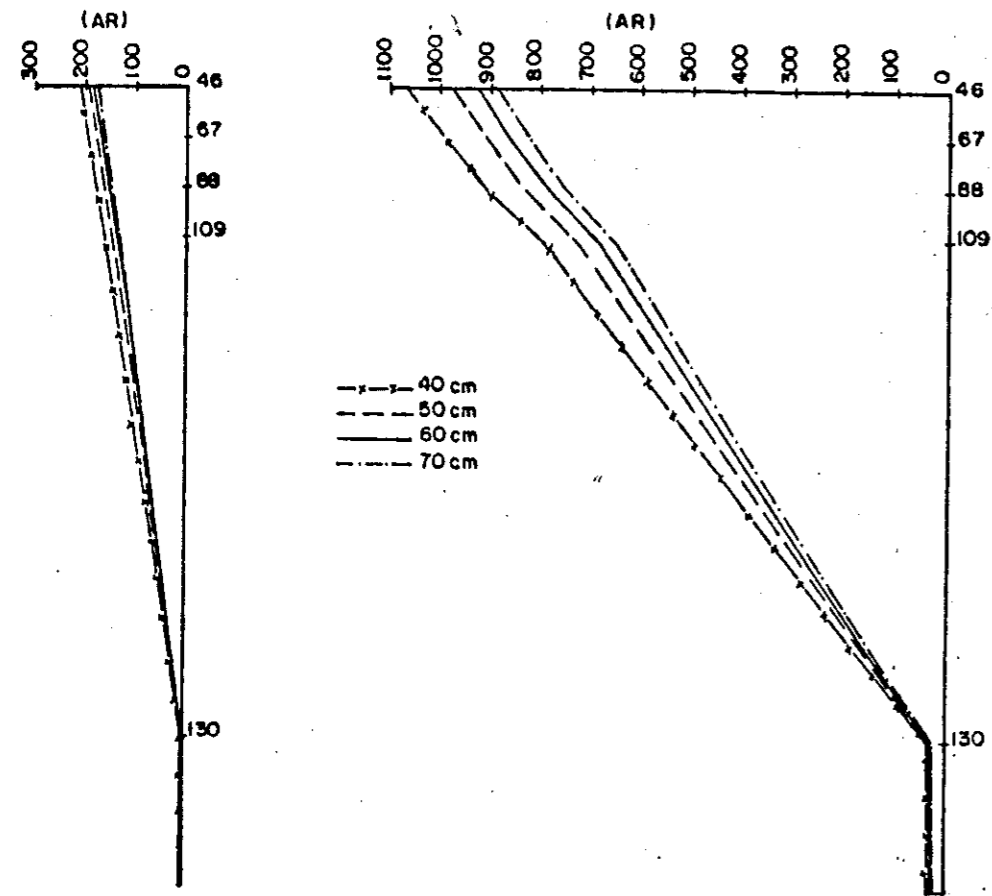


FIG.VI 2.1.13- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③ FIG.VI 2.1.14- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.2.2 - Com viga 25/20 e h_f variando de 40cm a 70cm

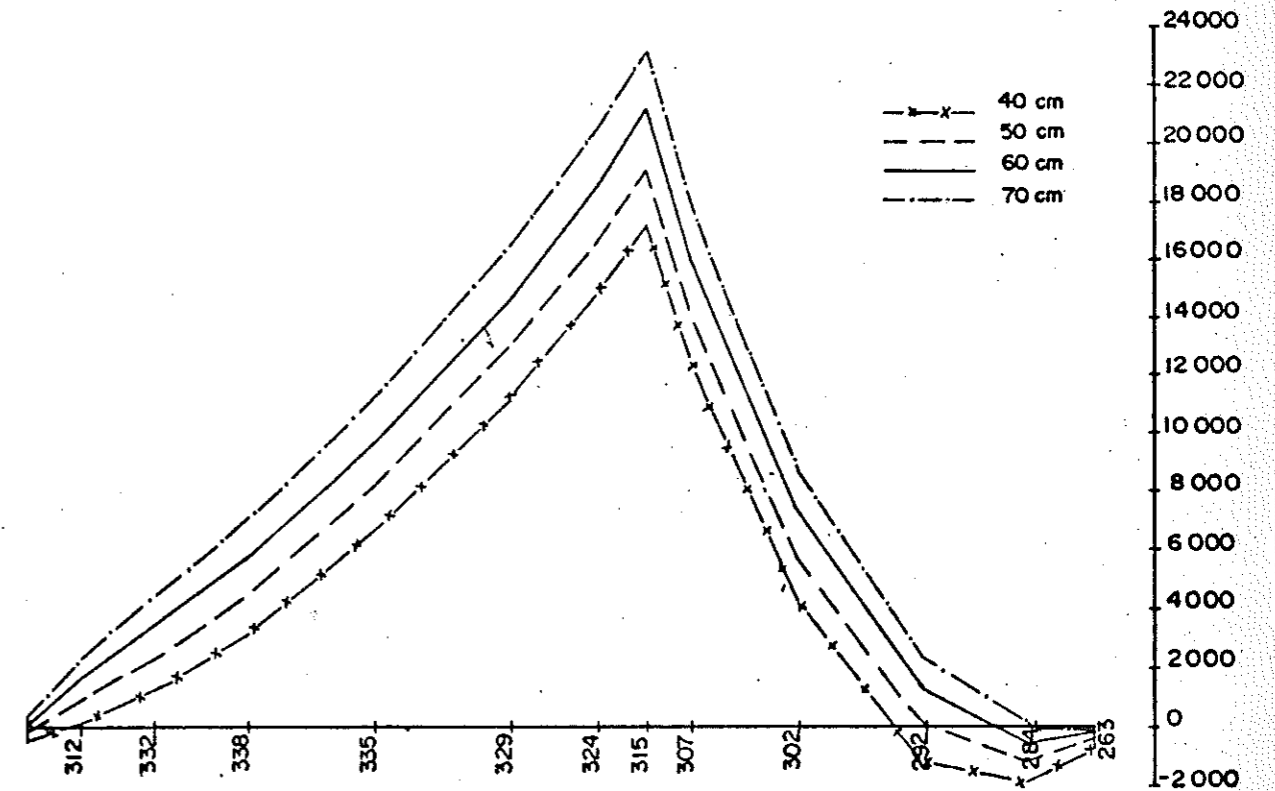


FIG.VI 2.2.1- MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

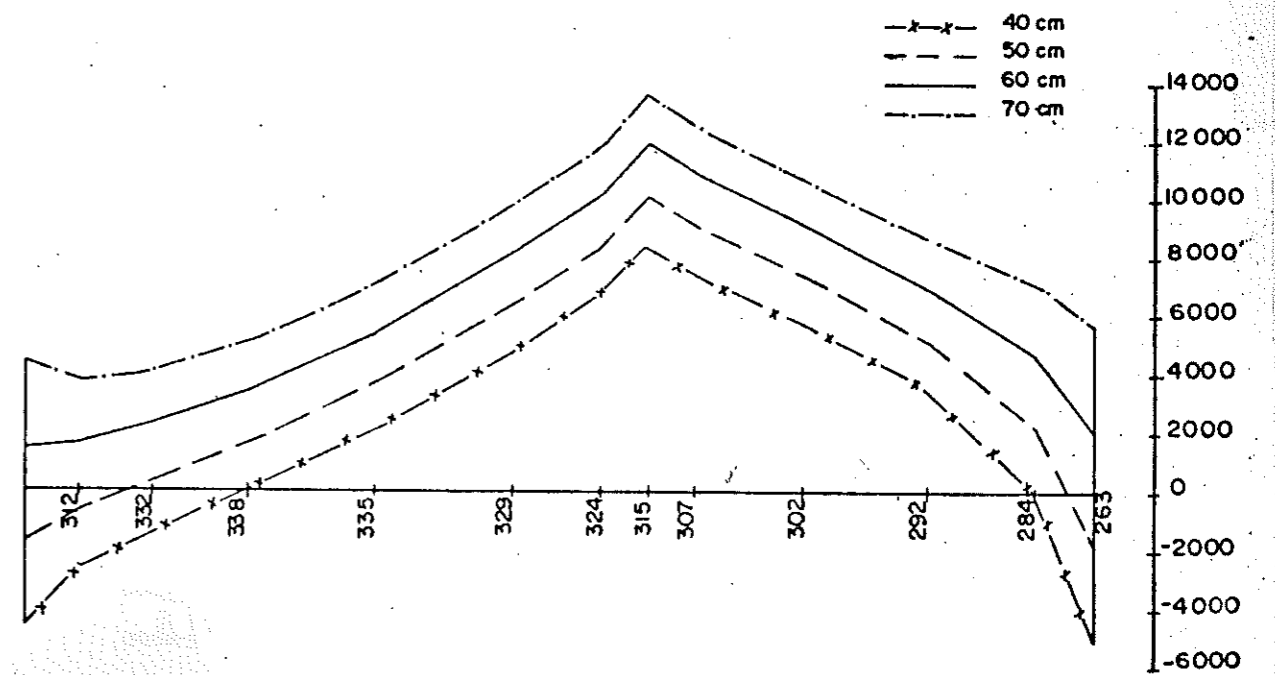


FIG.VI 2.2.2- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

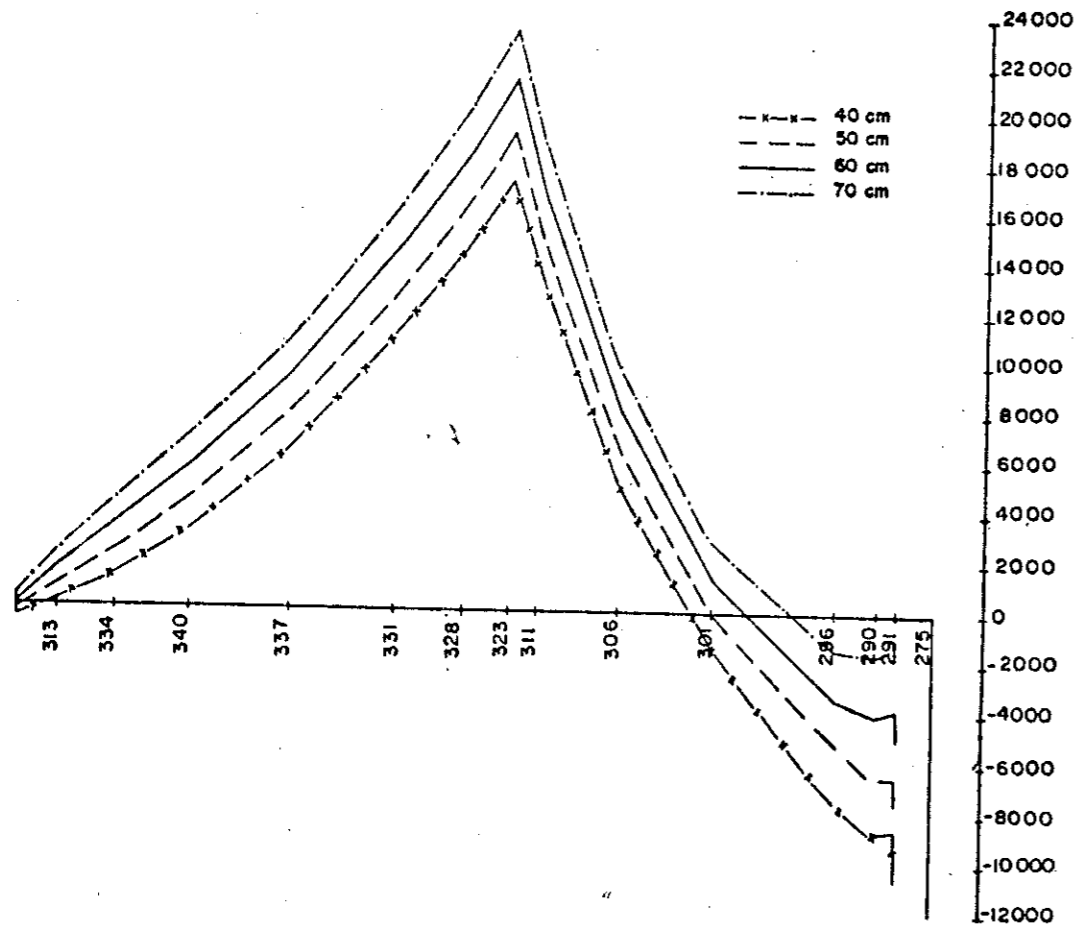


FIG.VI 2.2.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

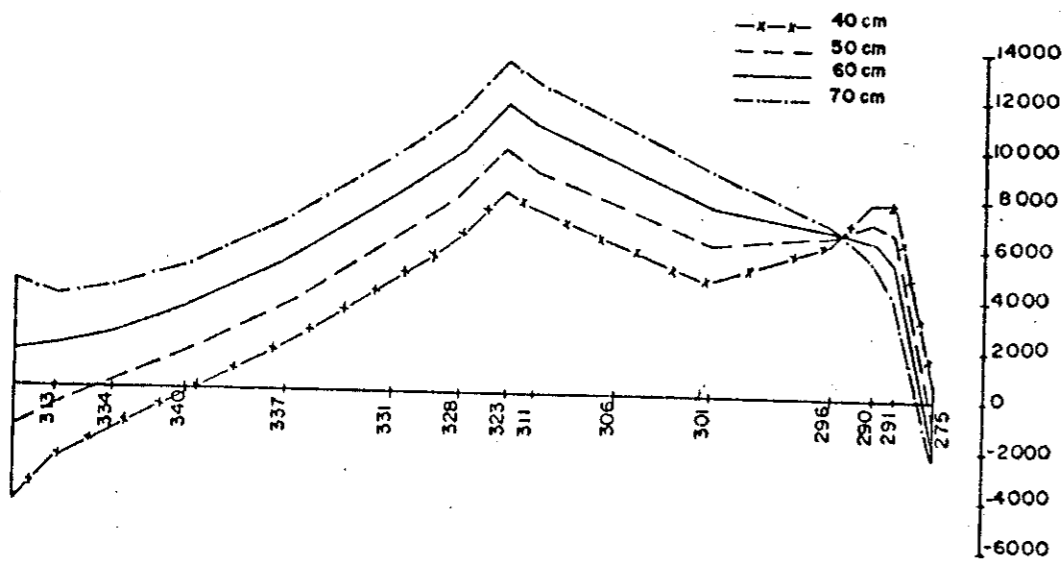


FIG.VI 2.2.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

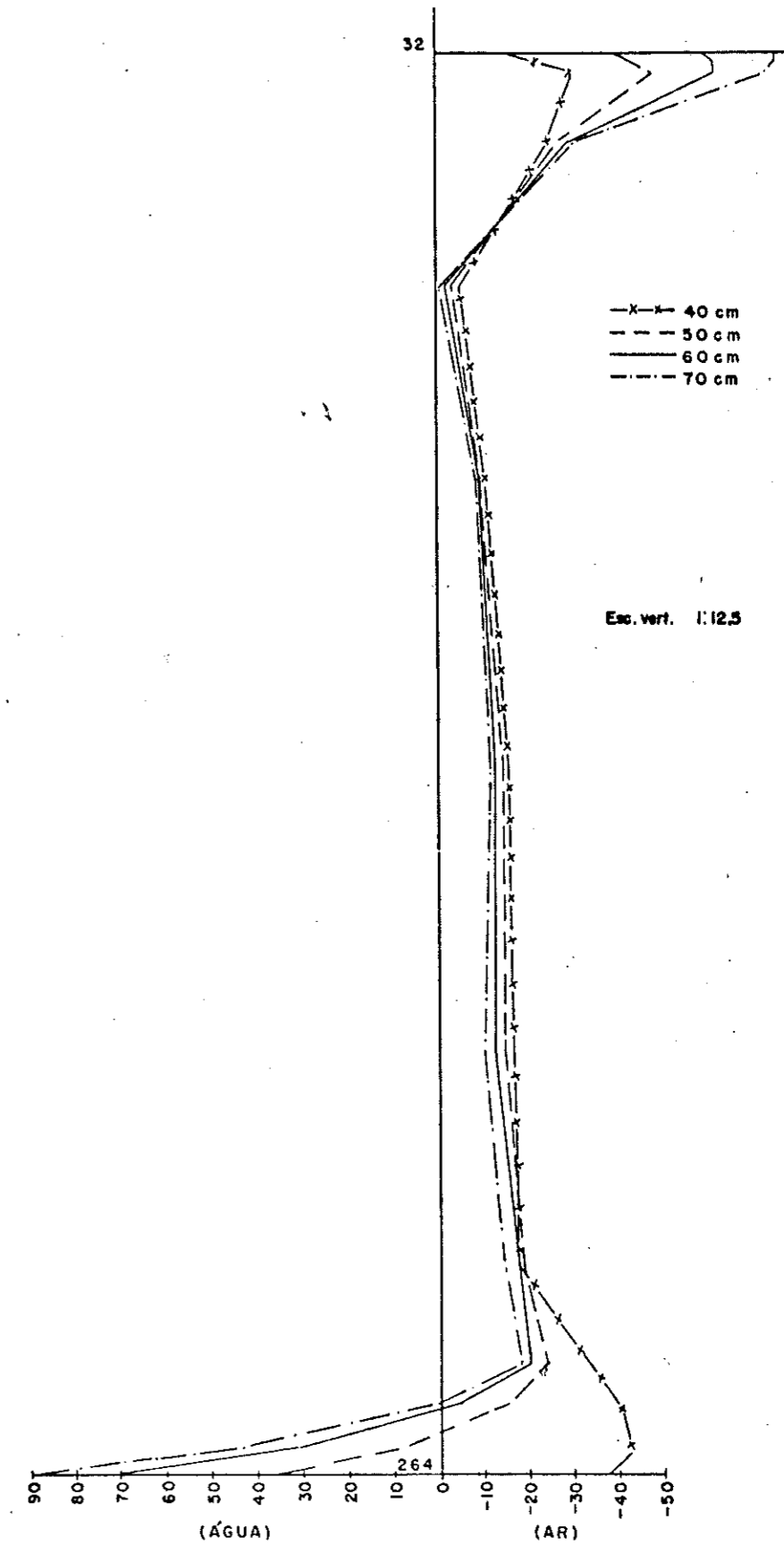


FIG.VI 2.2.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

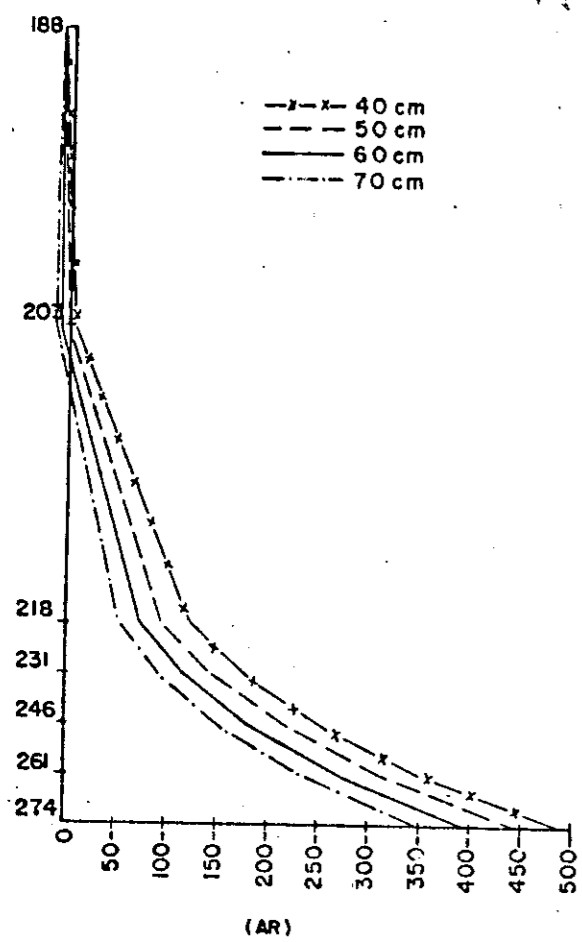


FIG.VI 2.2.6 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

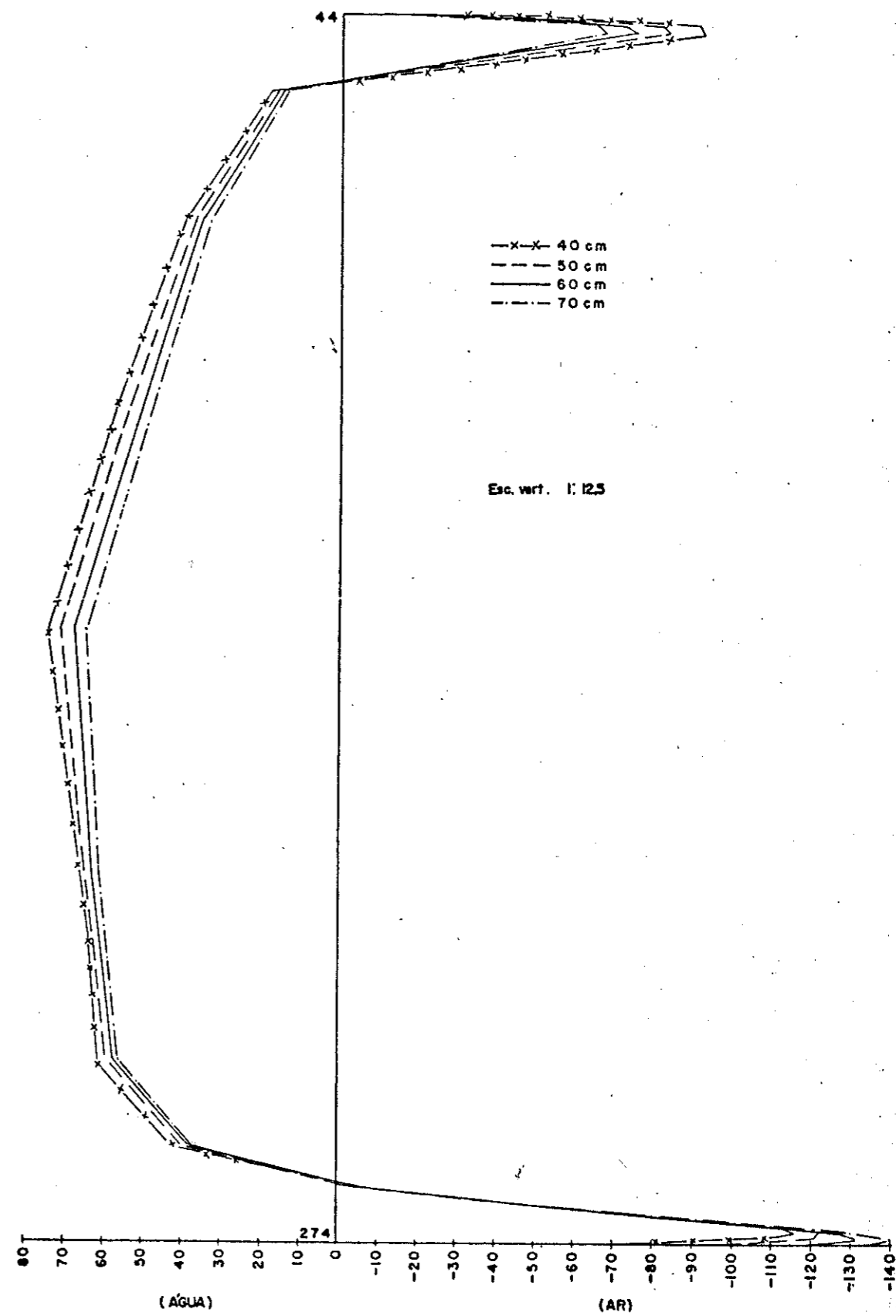
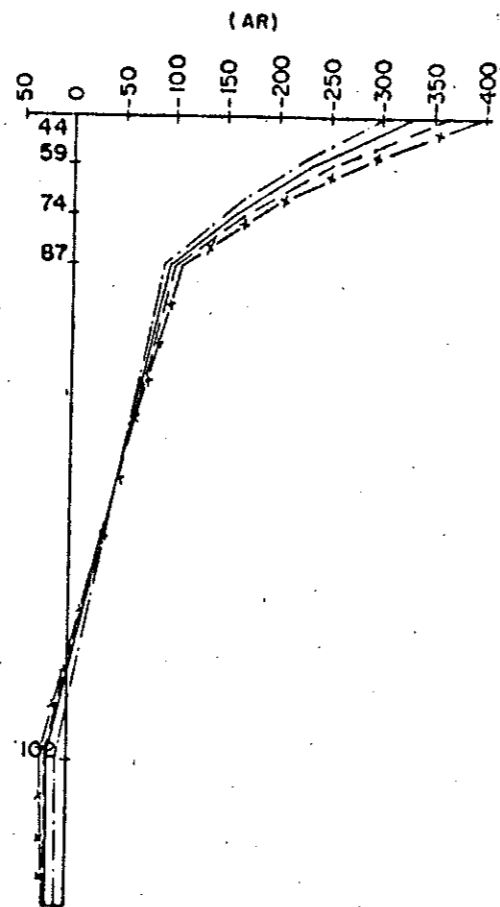


FIG.VI 2.2.7 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

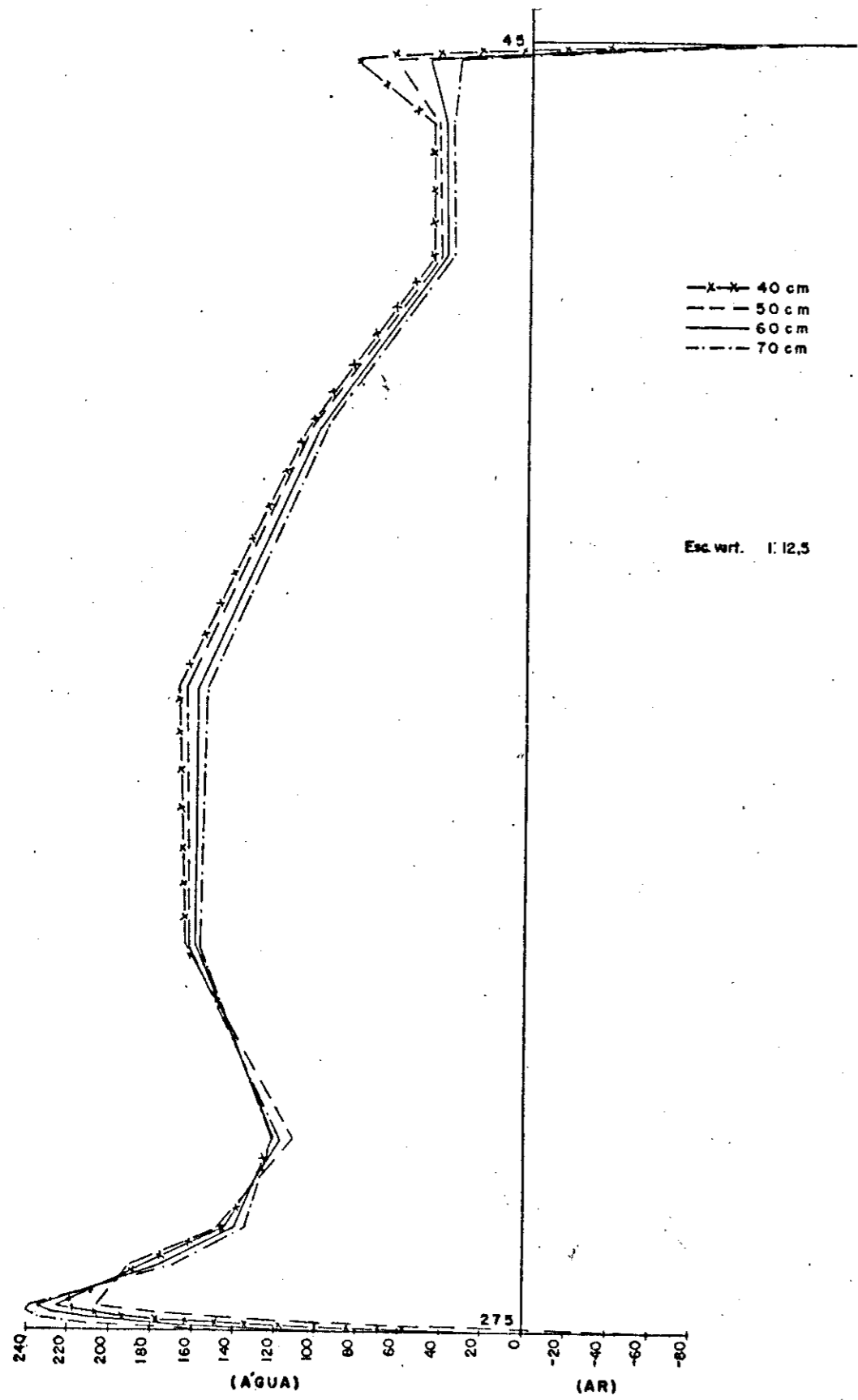


FIG.VI 2.2.8 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

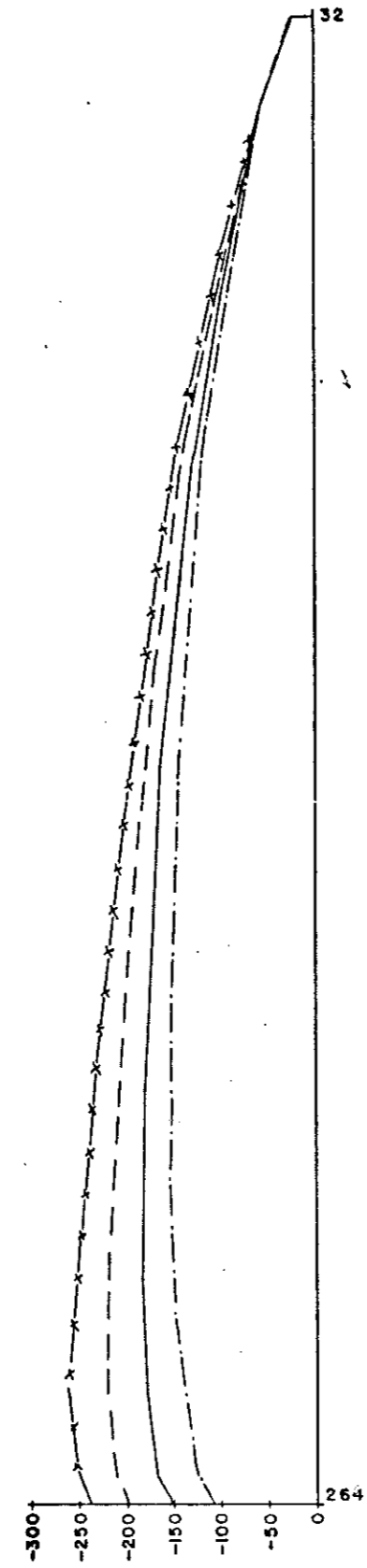


FIG.VI 2.2.9 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

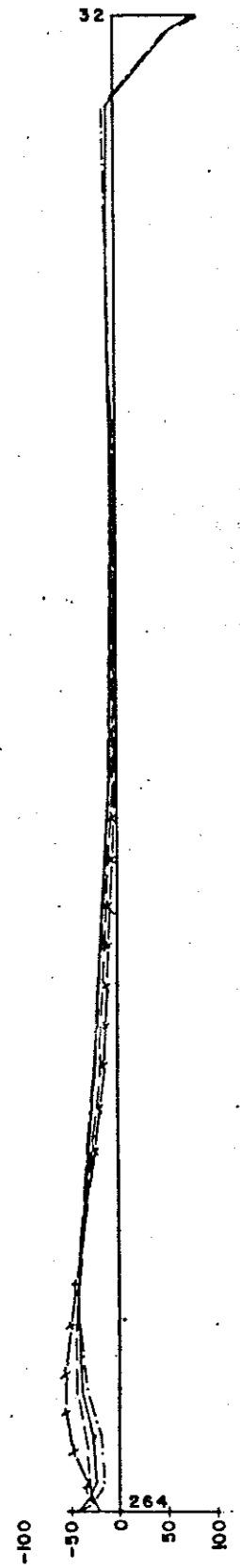


FIG.VI 2.2.10 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

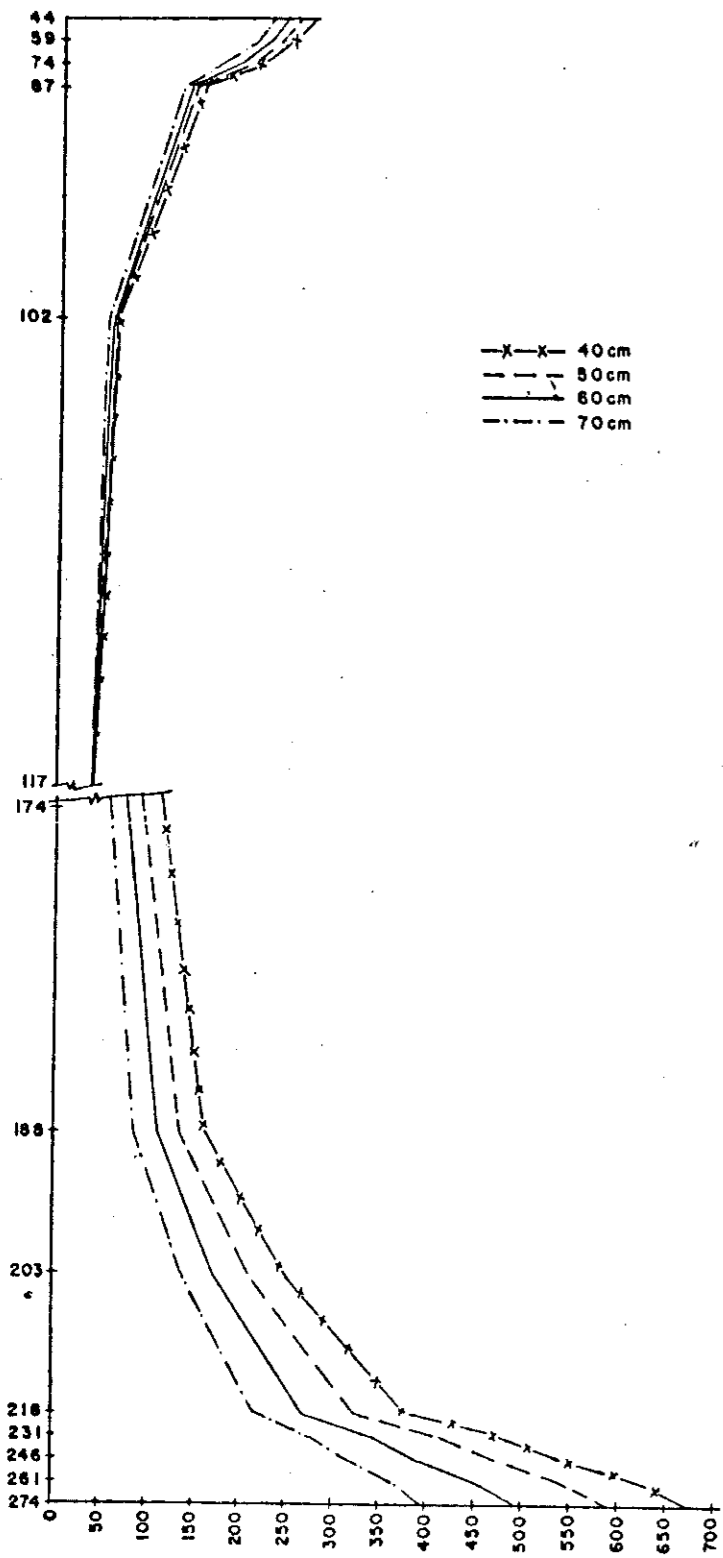


FIG.VI 2.2.11 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

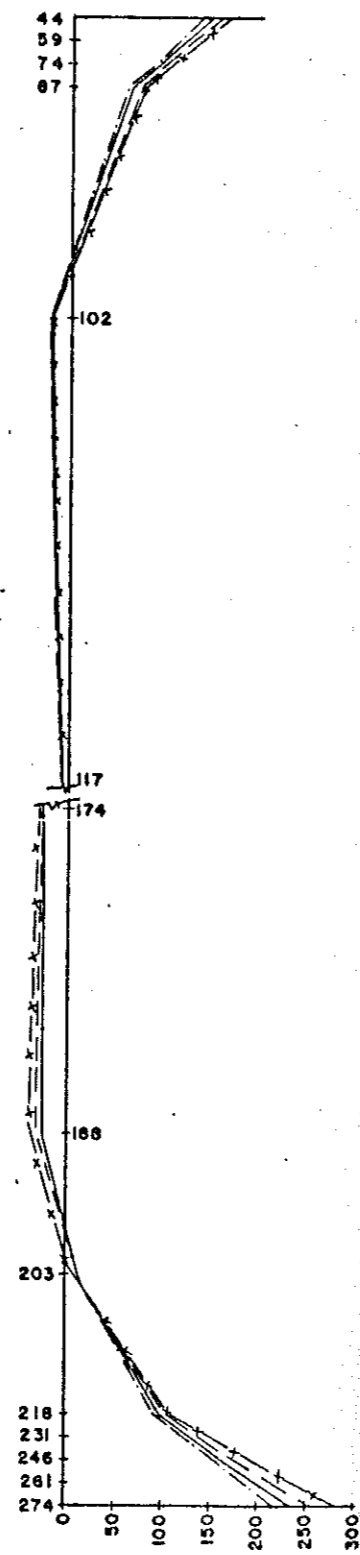


FIG.VI 2.2.12 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

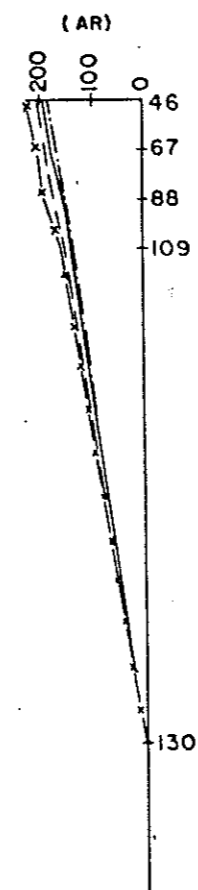


FIG.VI 2.2.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

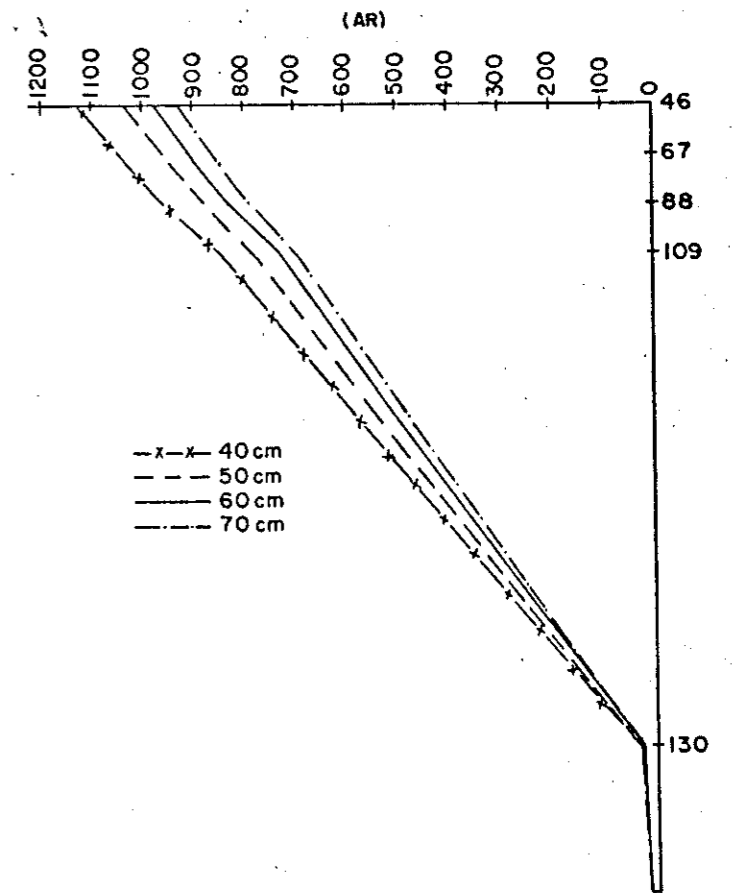


FIG.VI 2.2.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.2.3 - Com viga 15/10 e h_f variando de 40cm a 70cm

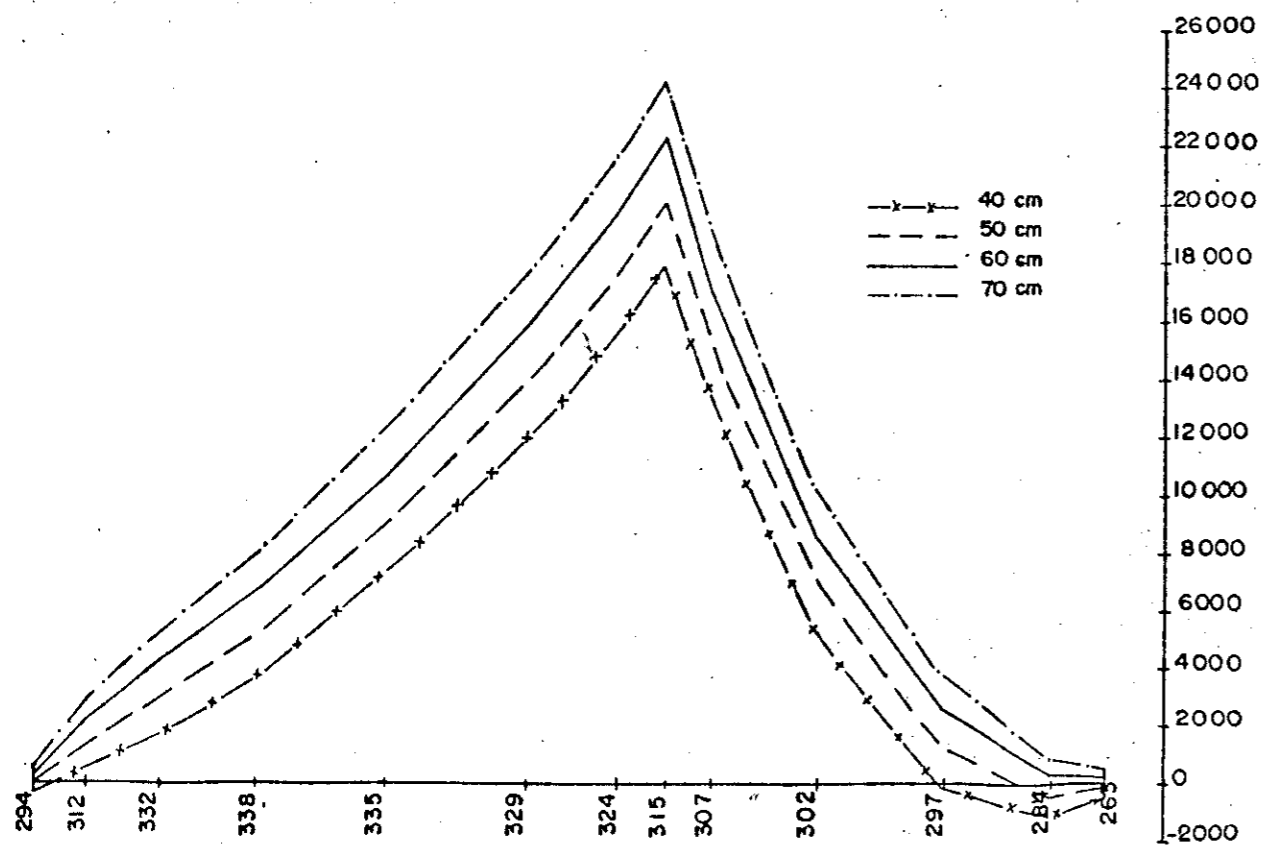


FIG.VI 2.3.1 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

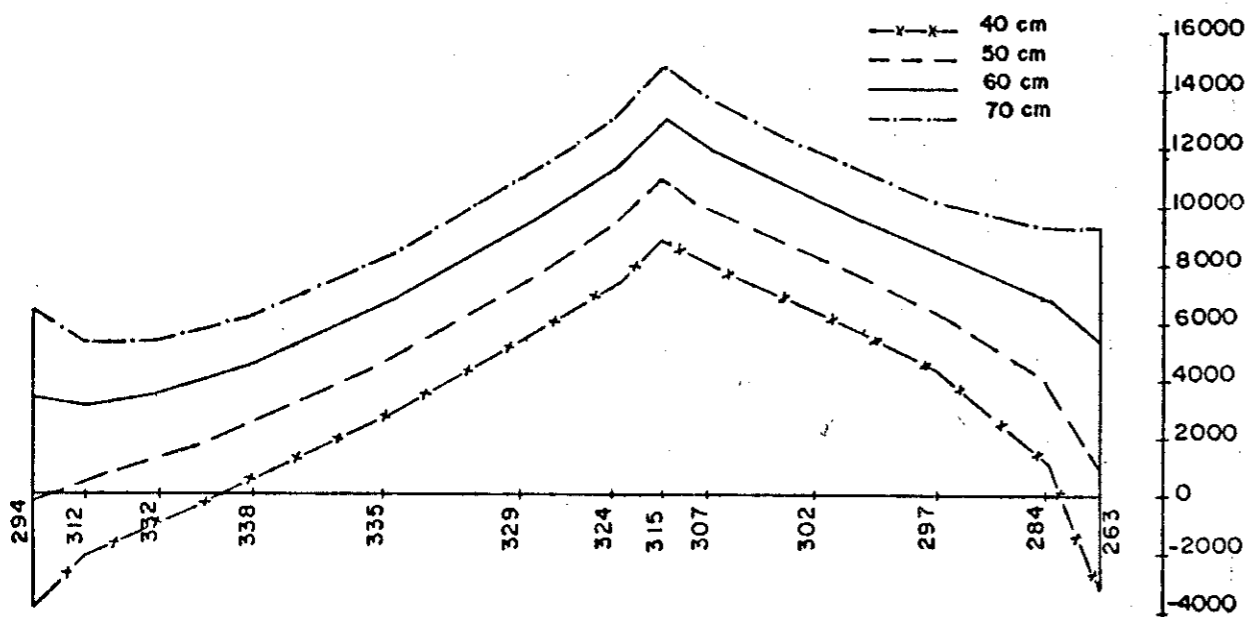


FIG.VI 2.3.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

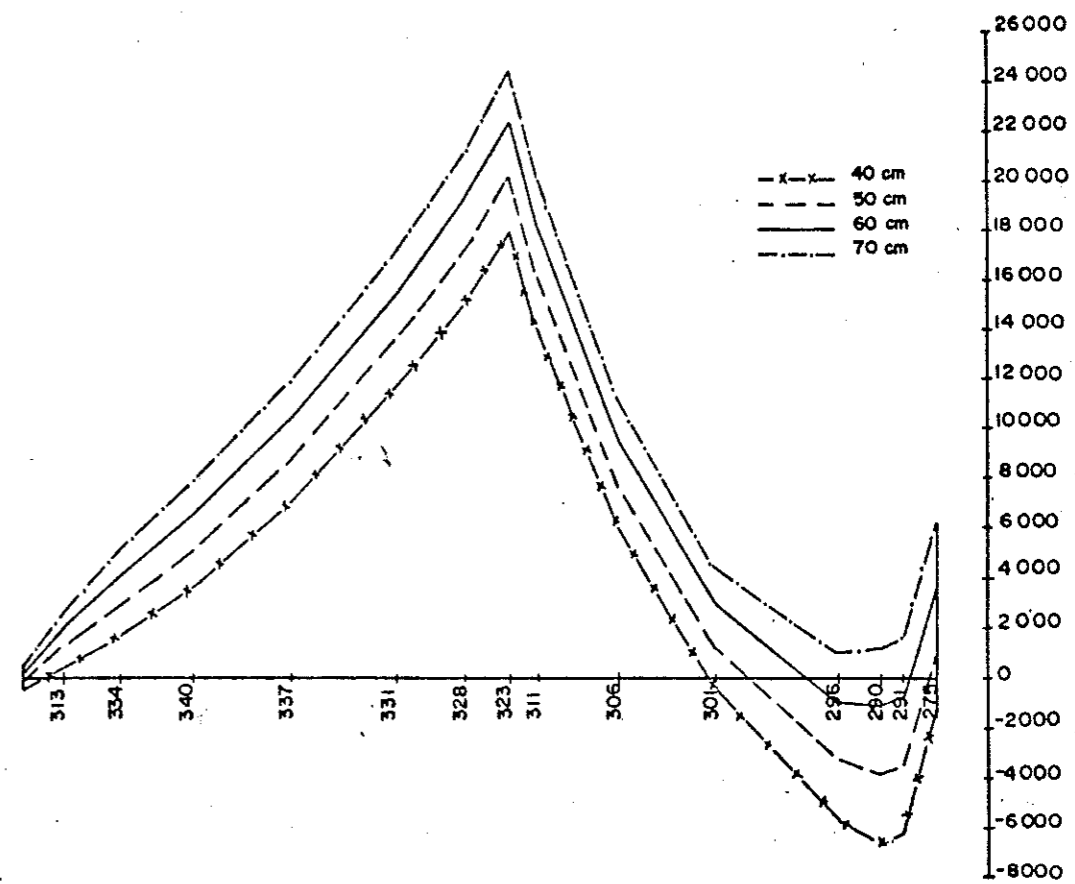


FIG.VI 2.3.3 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

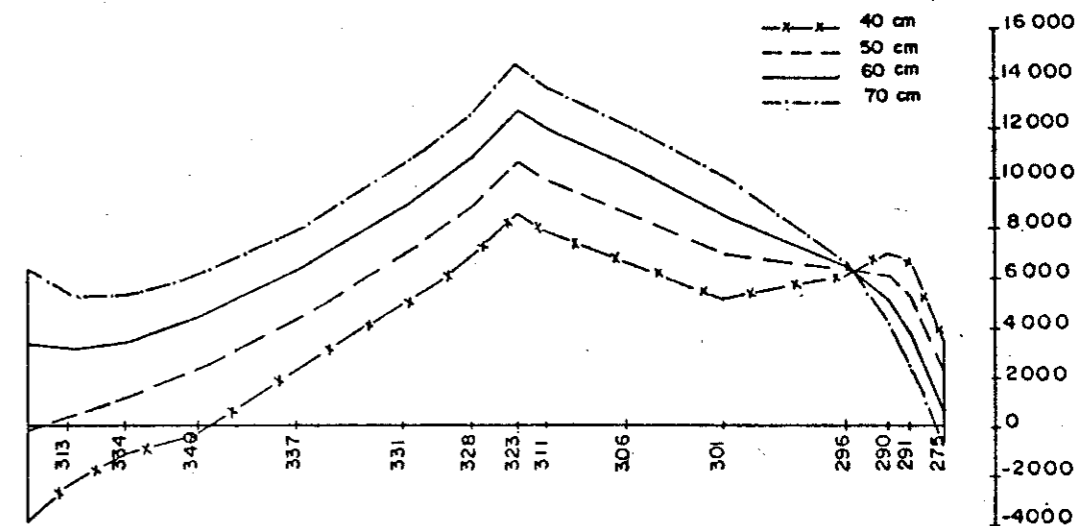


FIG.VI 2.3.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

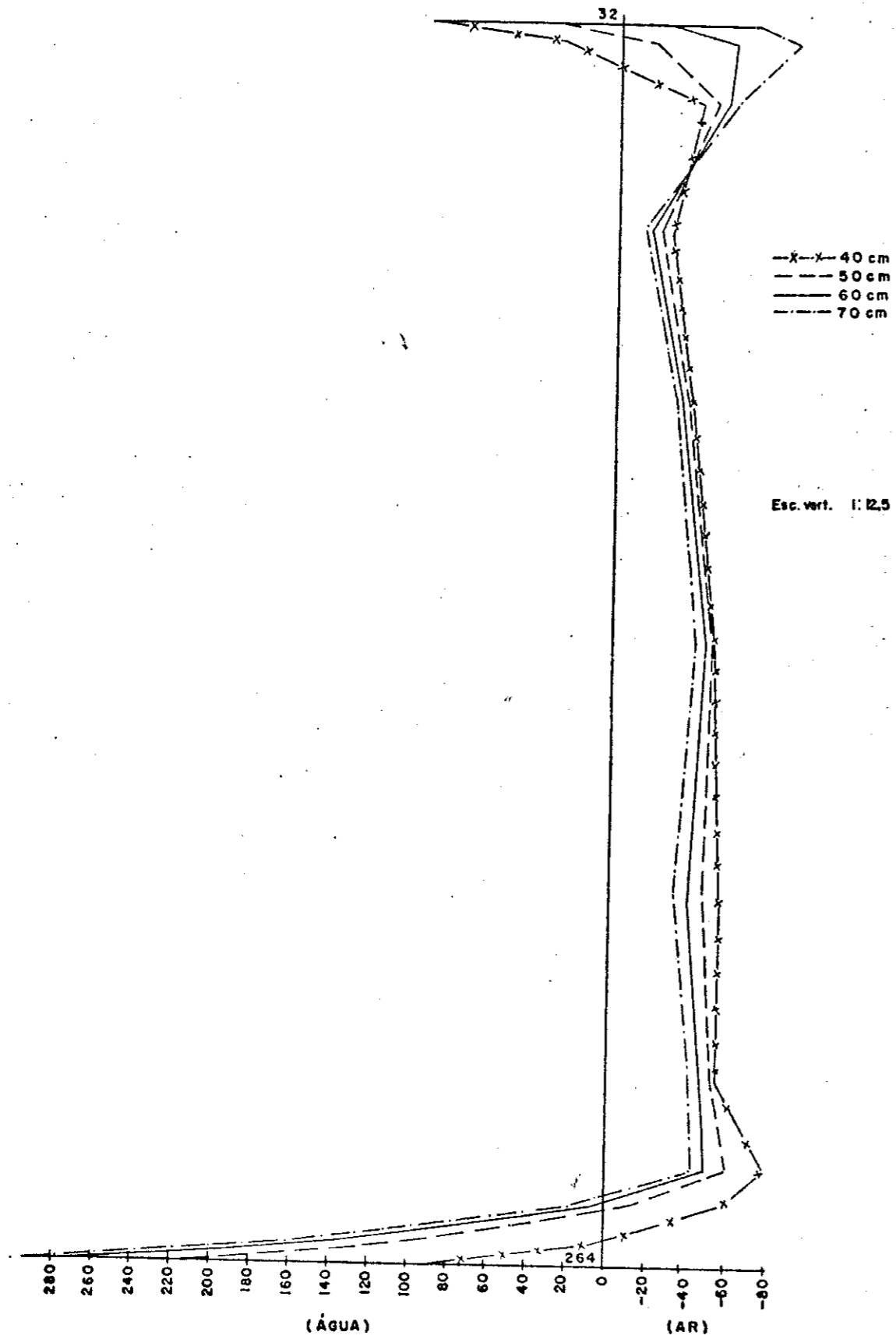


FIG.VI 2.3.5- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

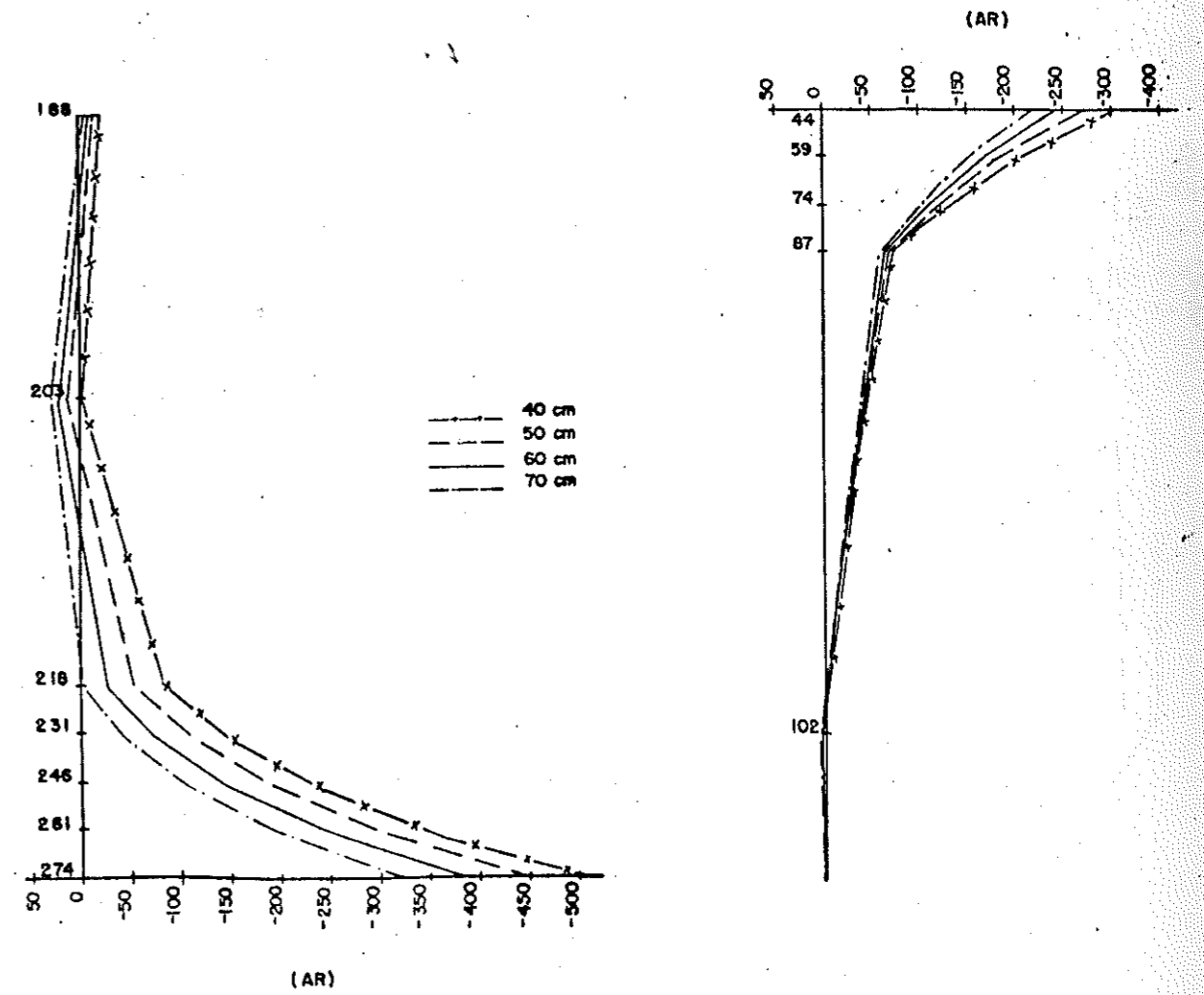


FIG.VI 2.3.6- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

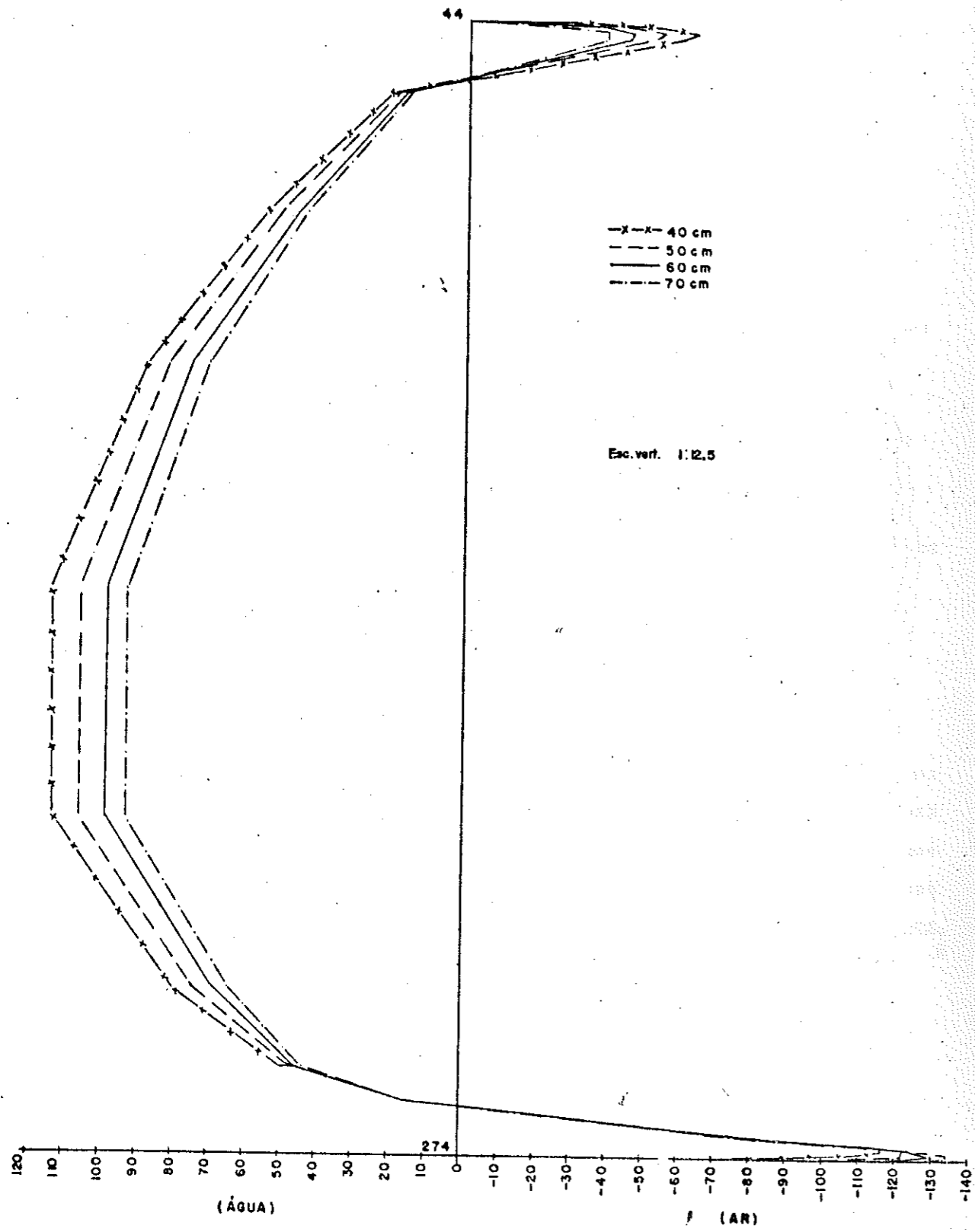


FIG.VI 2.3.7- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

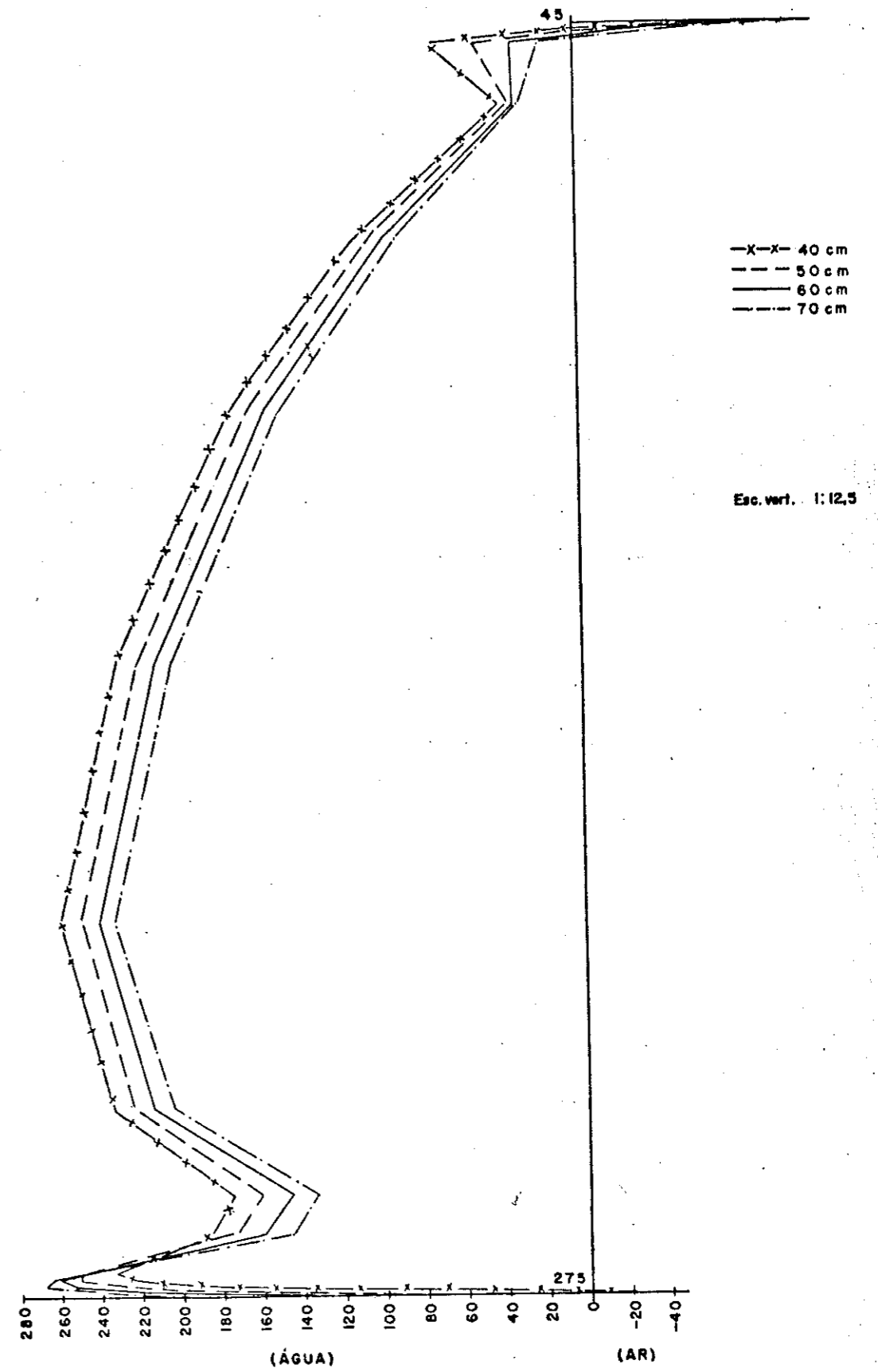


FIG.VI 2.3.8 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

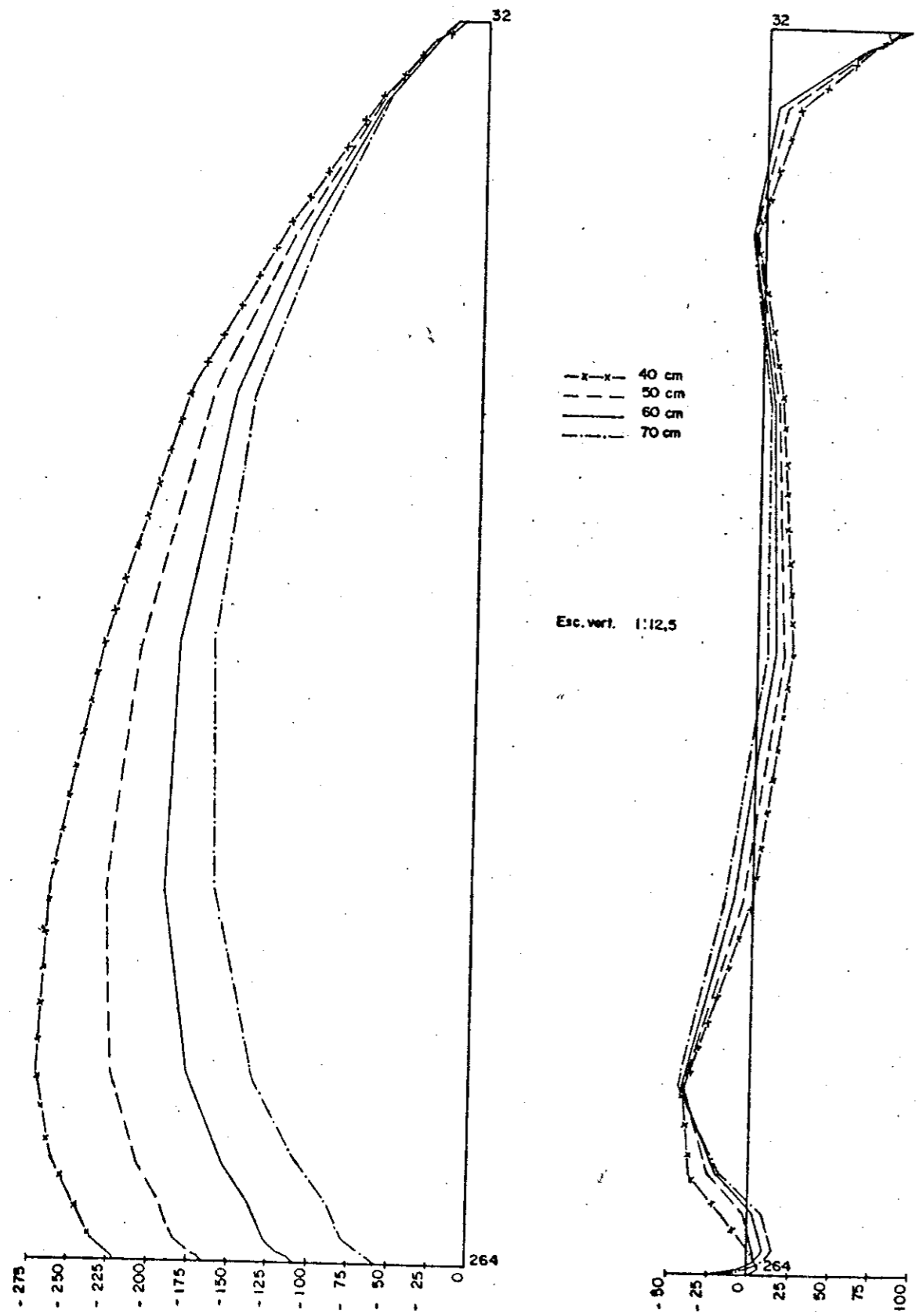


FIG.VI 2.3.9 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 2.3.10- NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

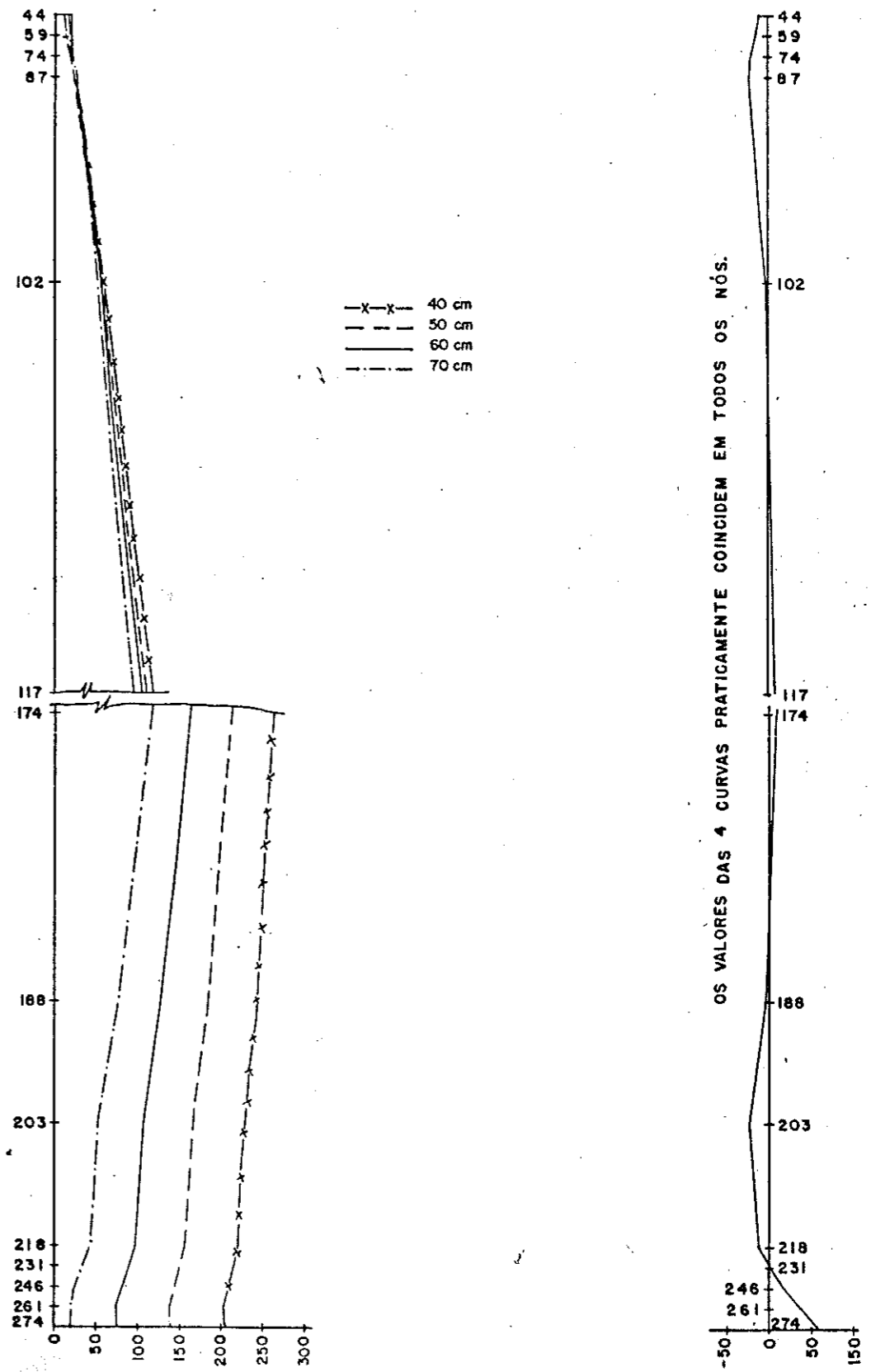


FIG.VI 2.3.11 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 2.3.12- NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

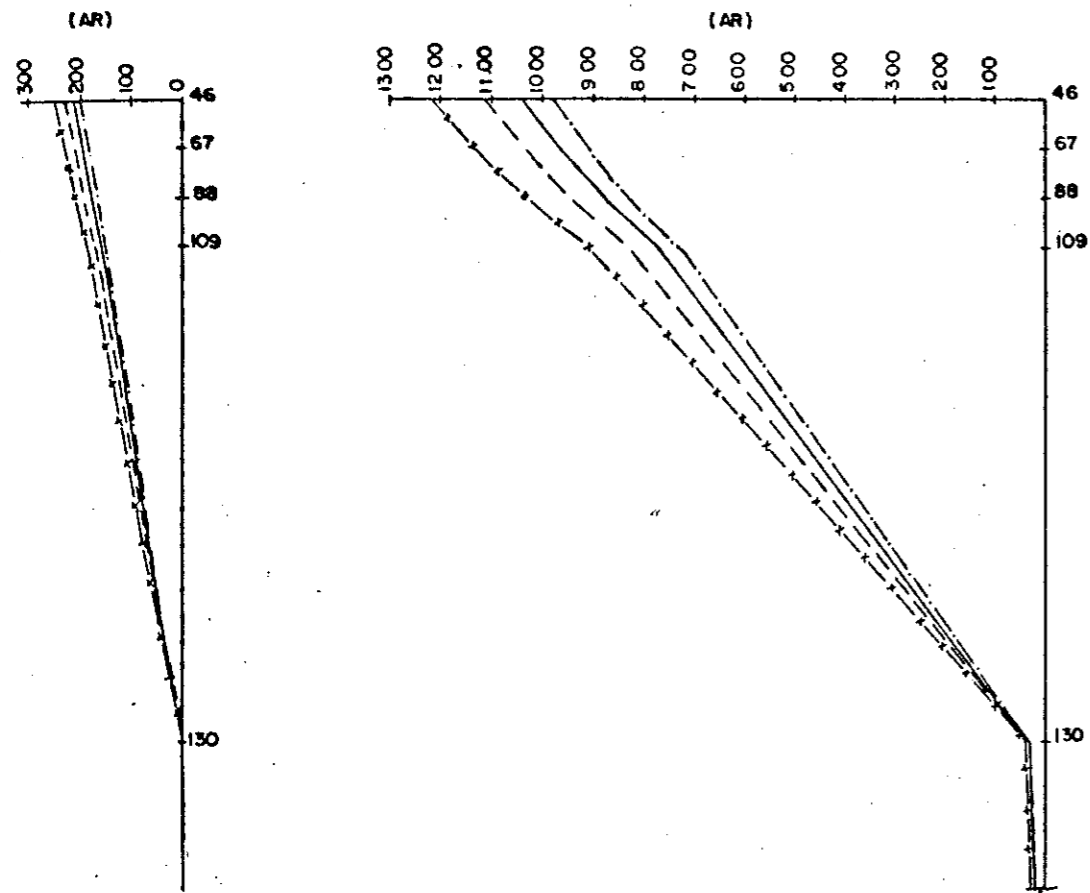


FIG. VI 2.3.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

FIG. VI 2.3.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.3 - Exemplos comparativos para reservatórios com $n = 20$ e $\frac{e_c}{e} = 4$ cm

VI.3.1 - Com viga 25/40 e h_f variando de 40cm a 70cm

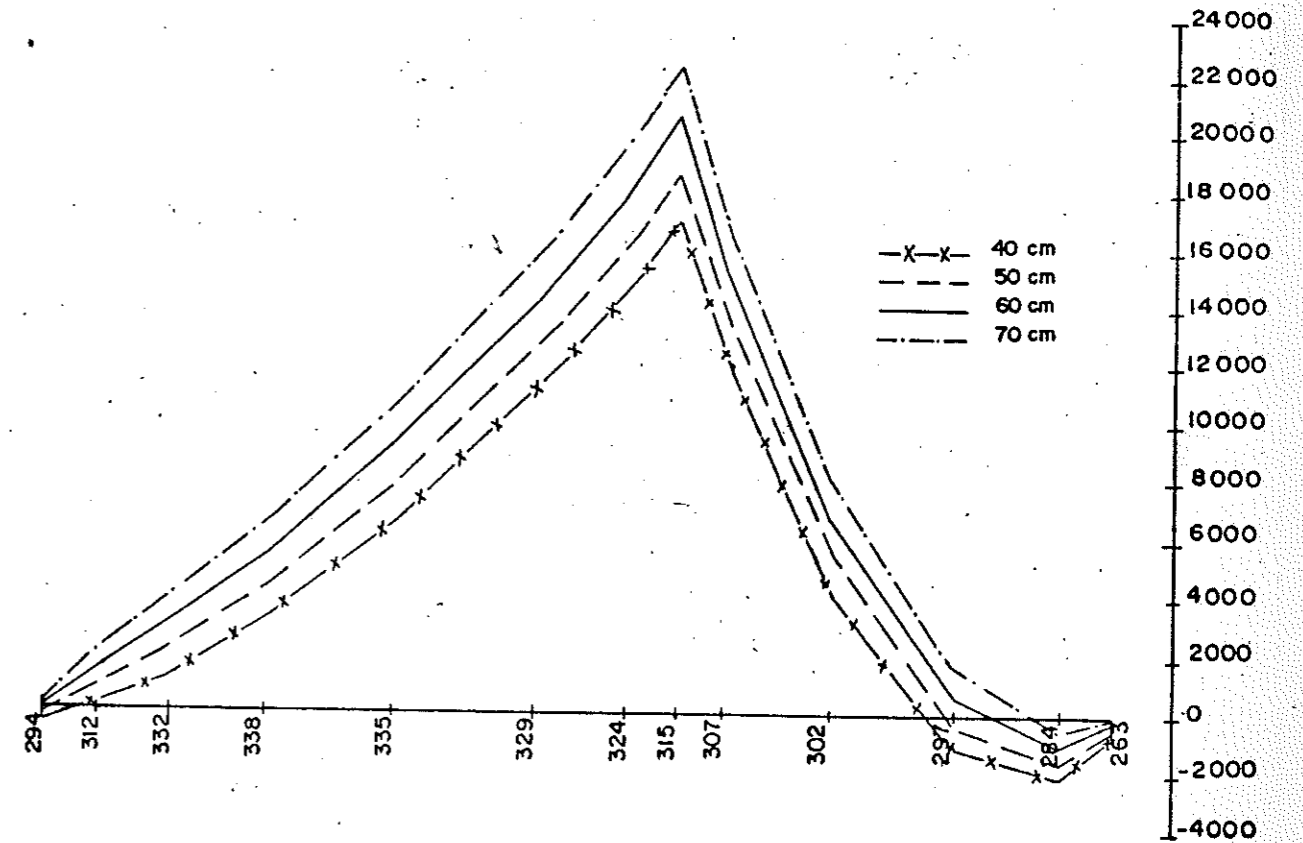


FIG. VI 3.1.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

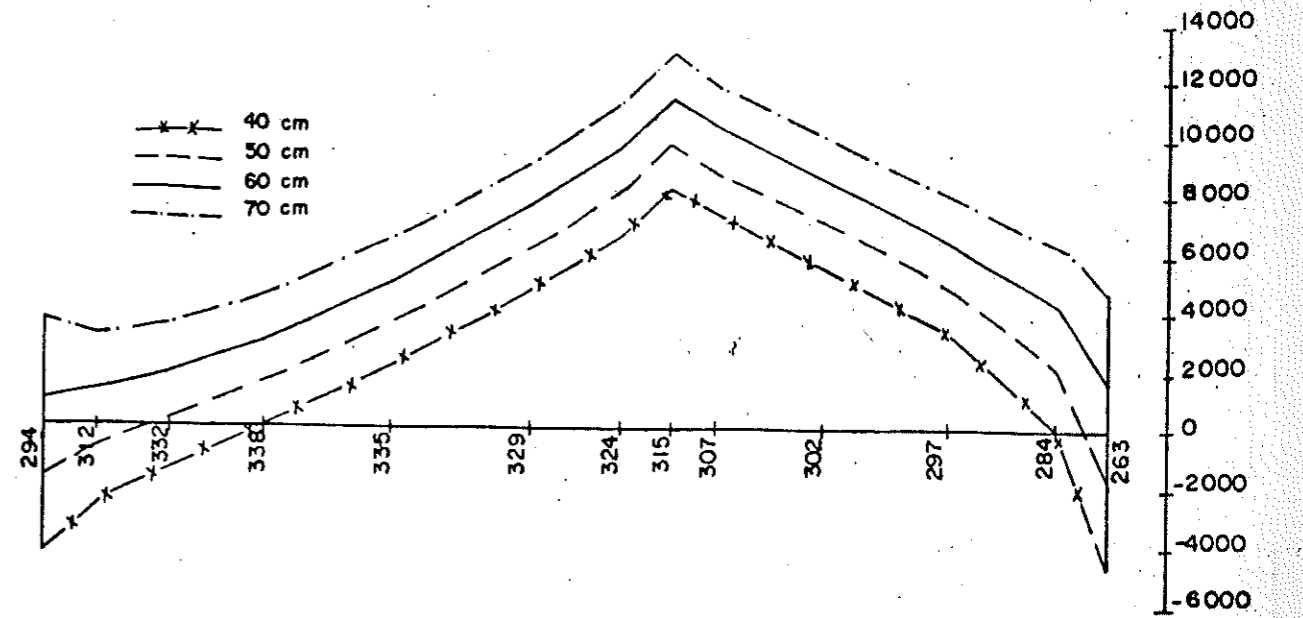


FIG. VI 3.1.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

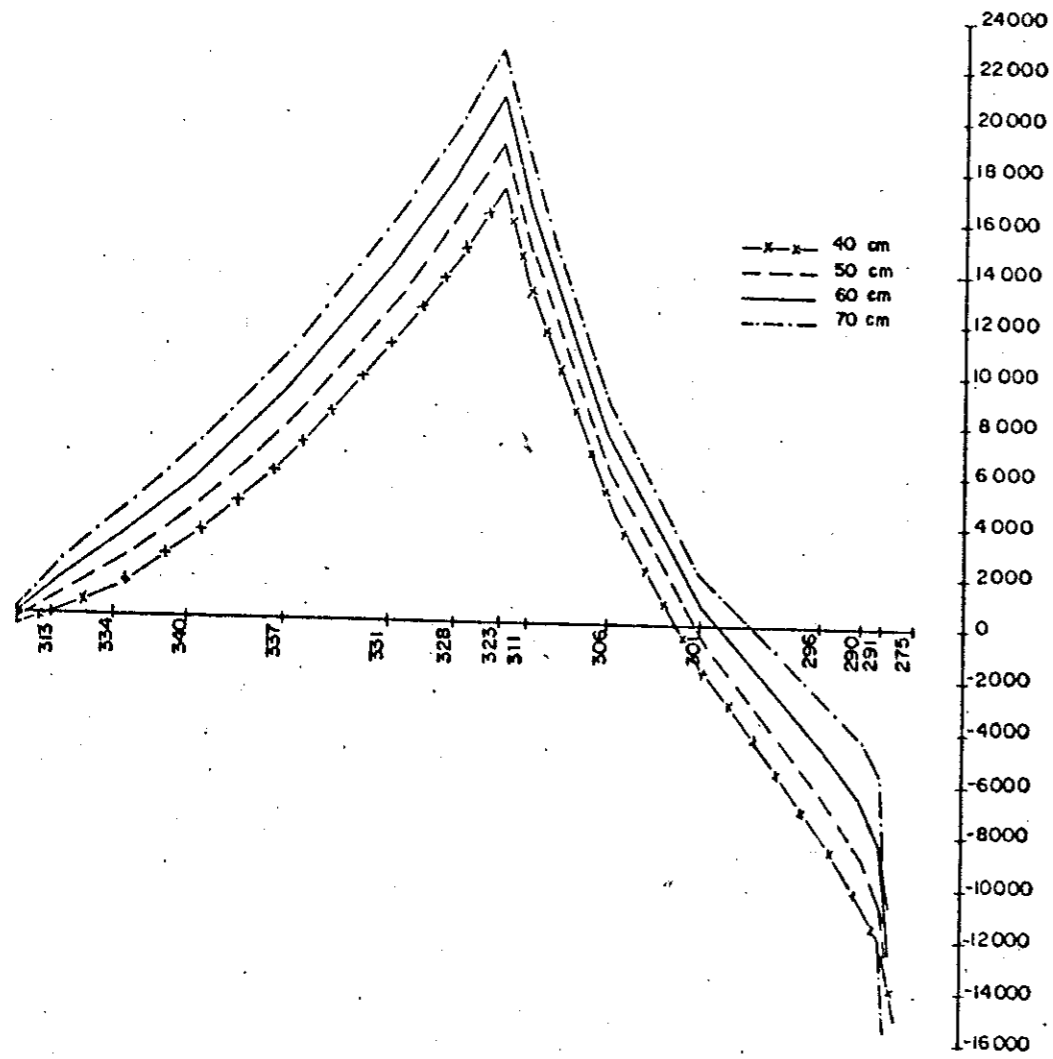


FIG.VI 3.1.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

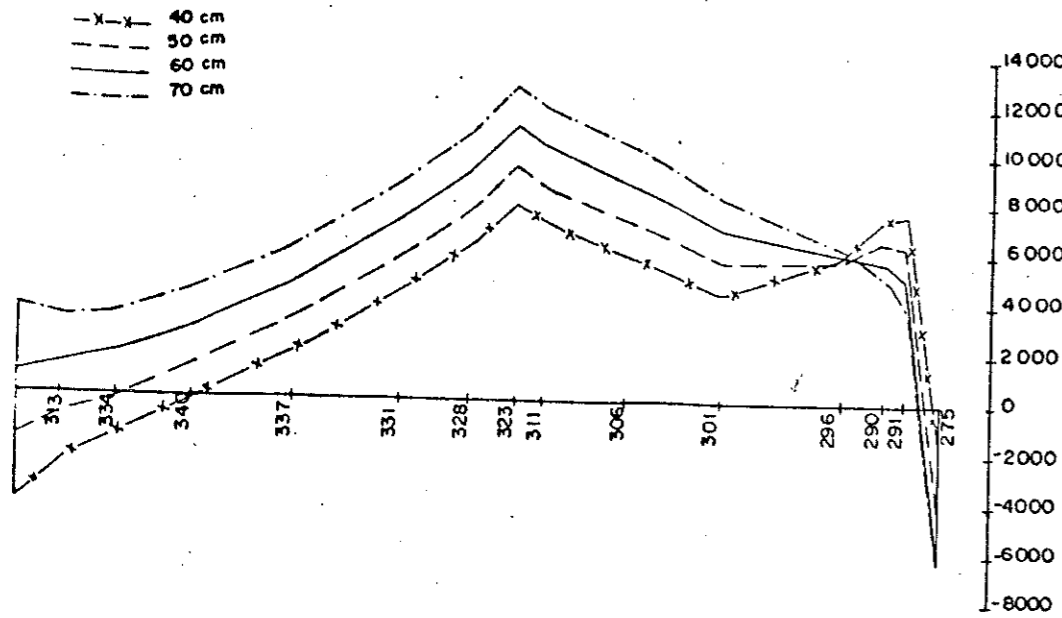


FIG.VI 3.1.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

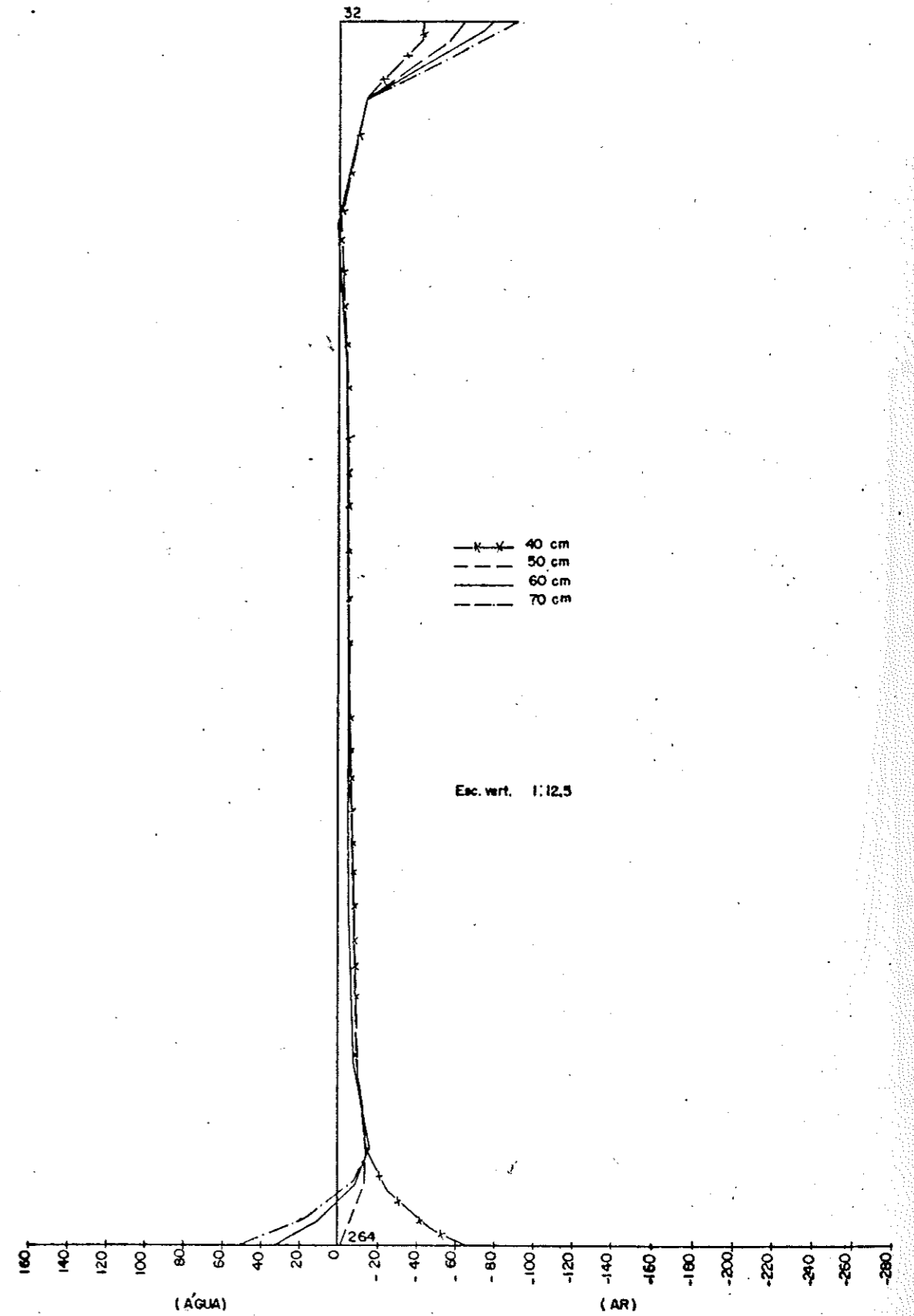


FIG.VI 3.1.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

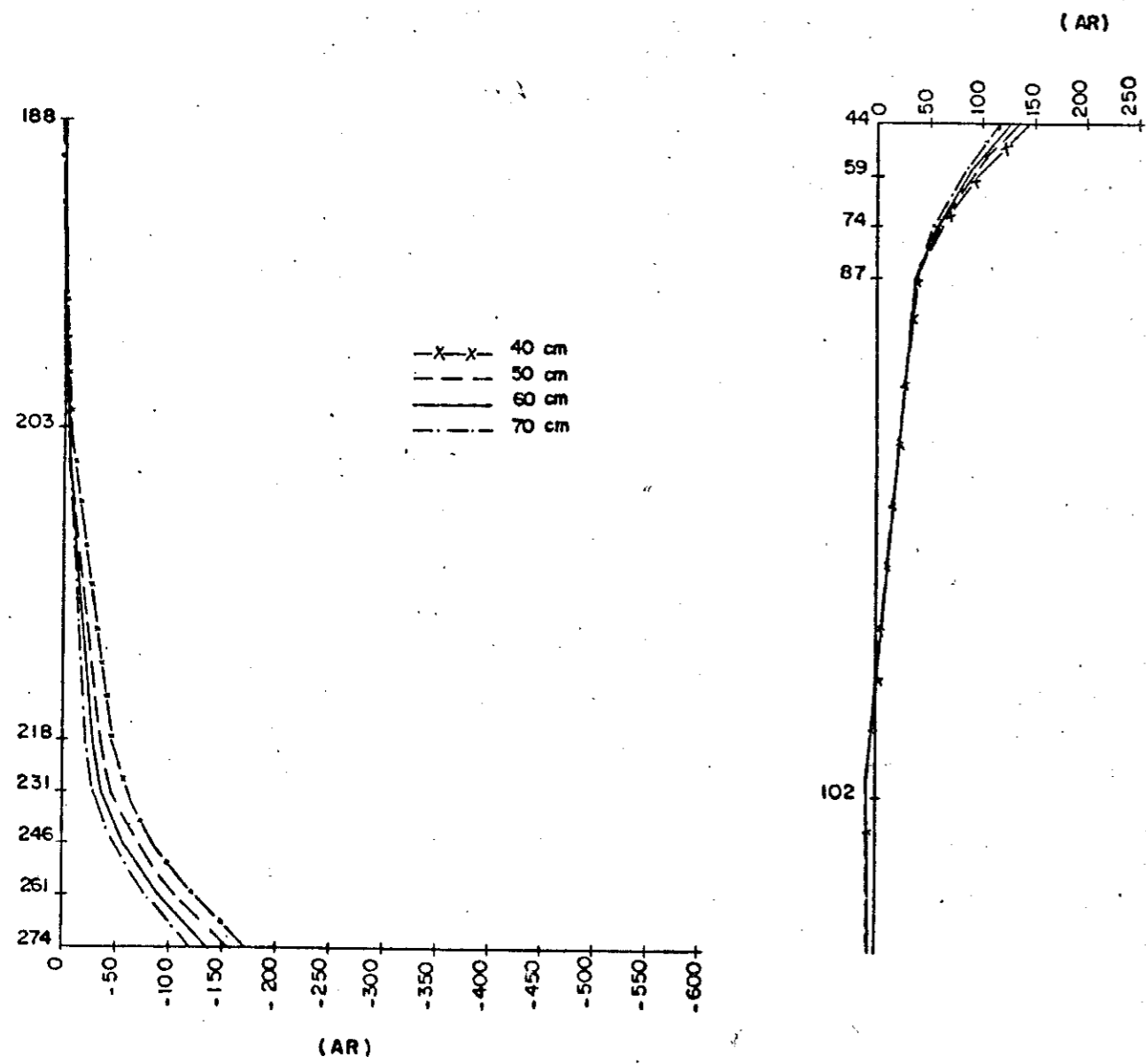


FIG.VI 3.1.6 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA (I)

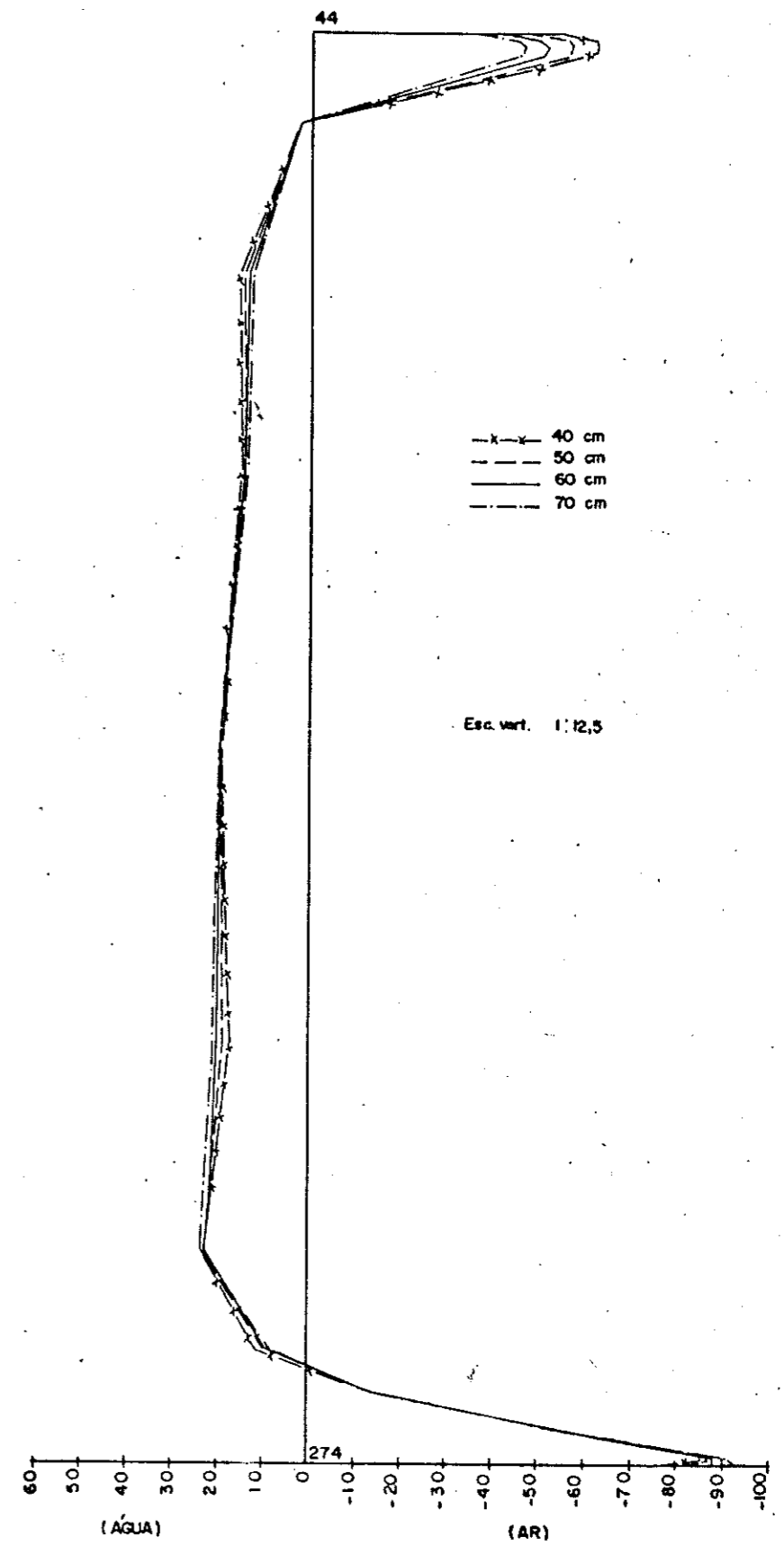


FIG.VI 3.1.7 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA (I)

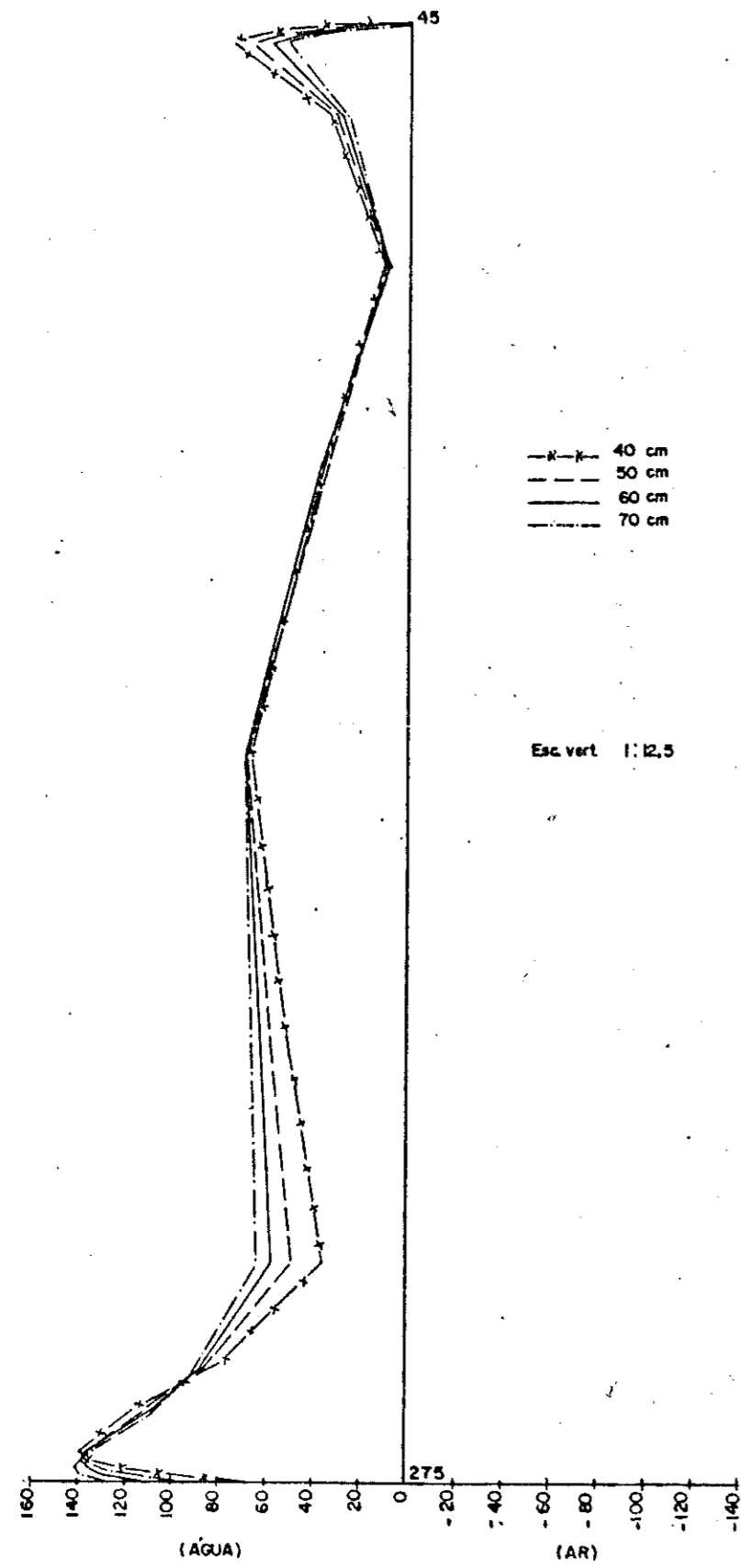


FIG.VI 3.1.8 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

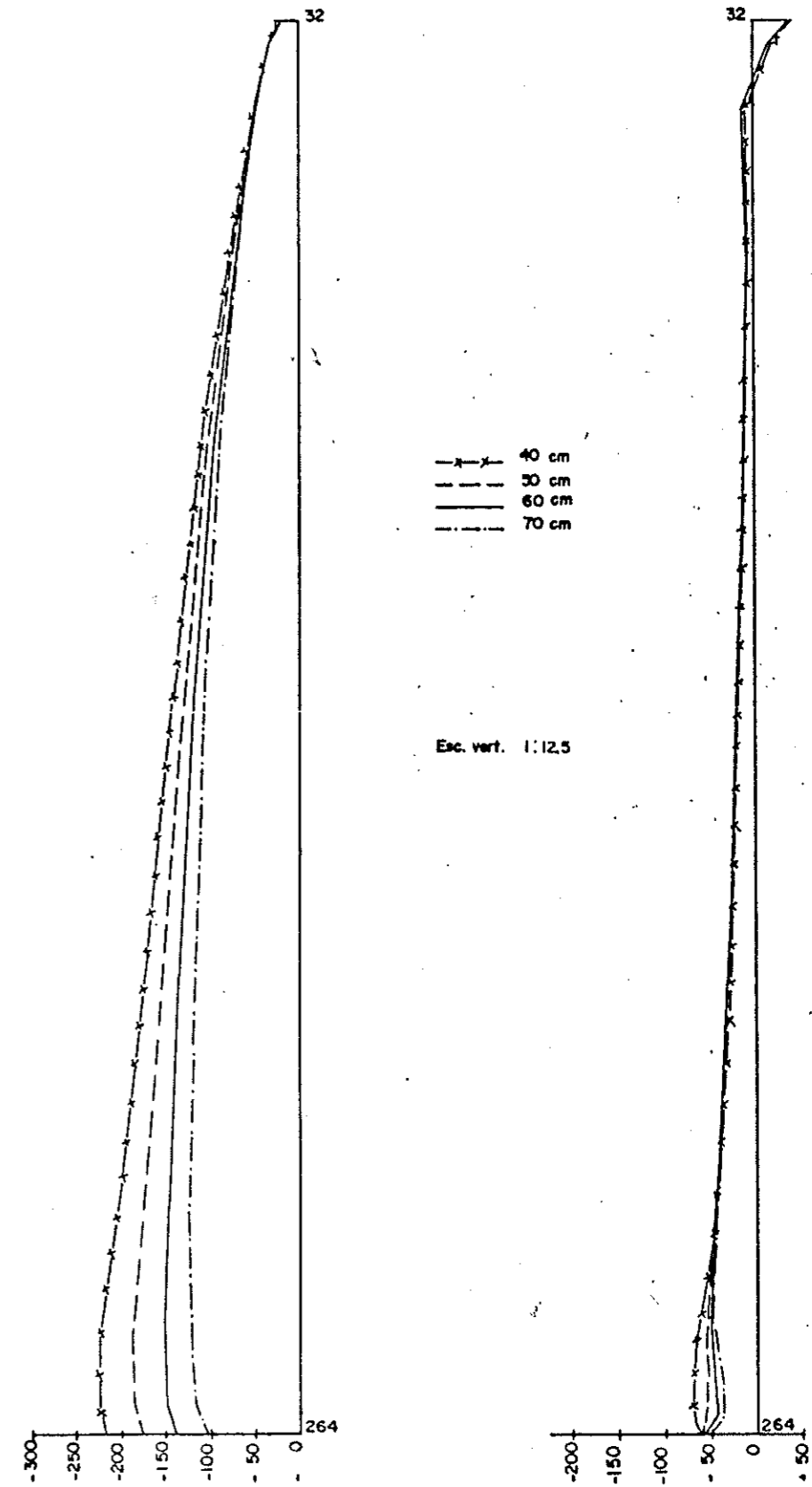


FIG.VI 3.1.9 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 3.1.10 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

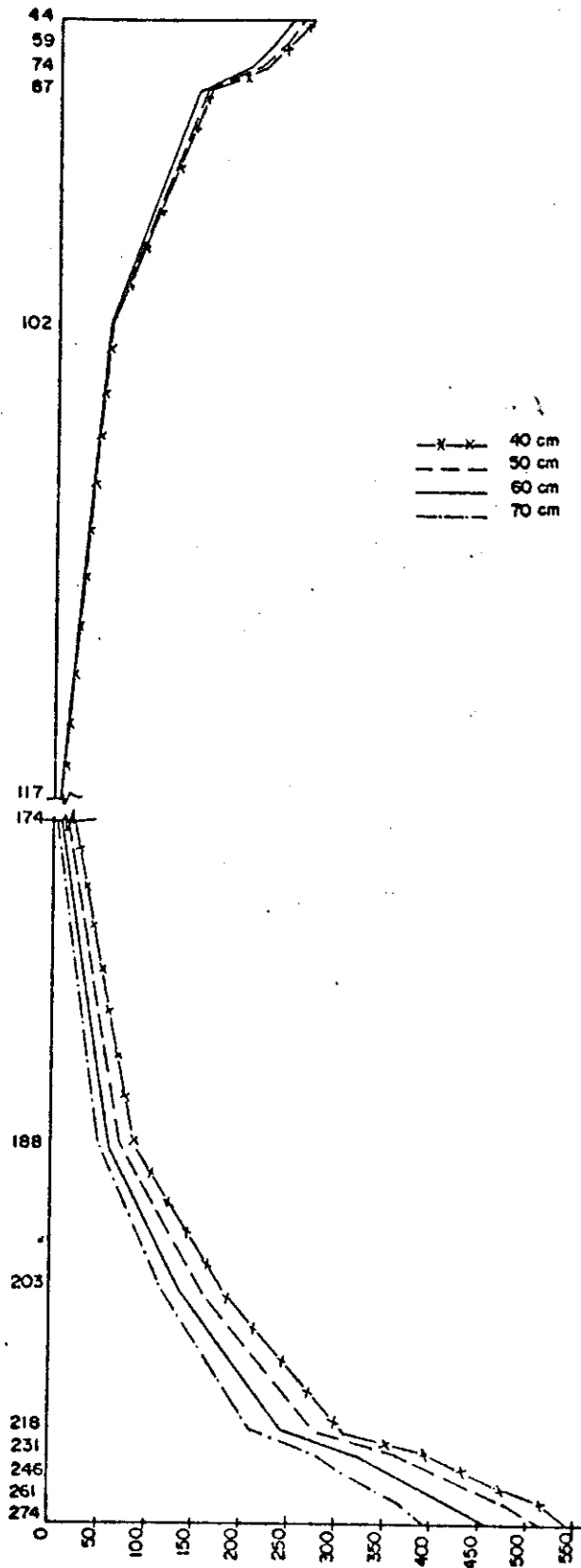


FIG.VI 3.1.11 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

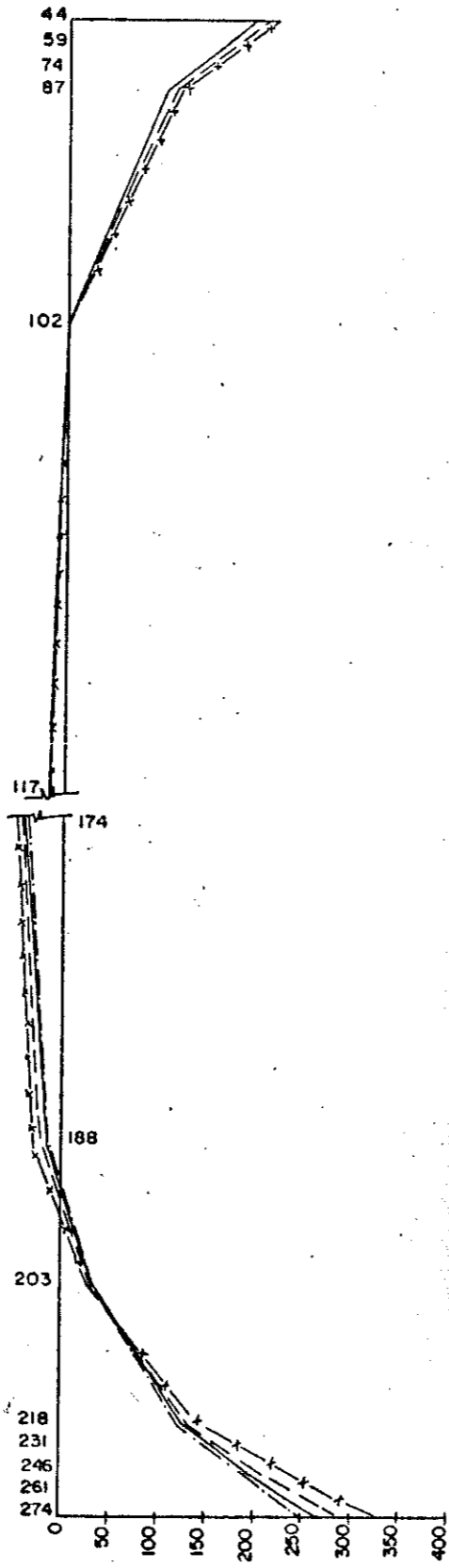


FIG.VI 3.1.12 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

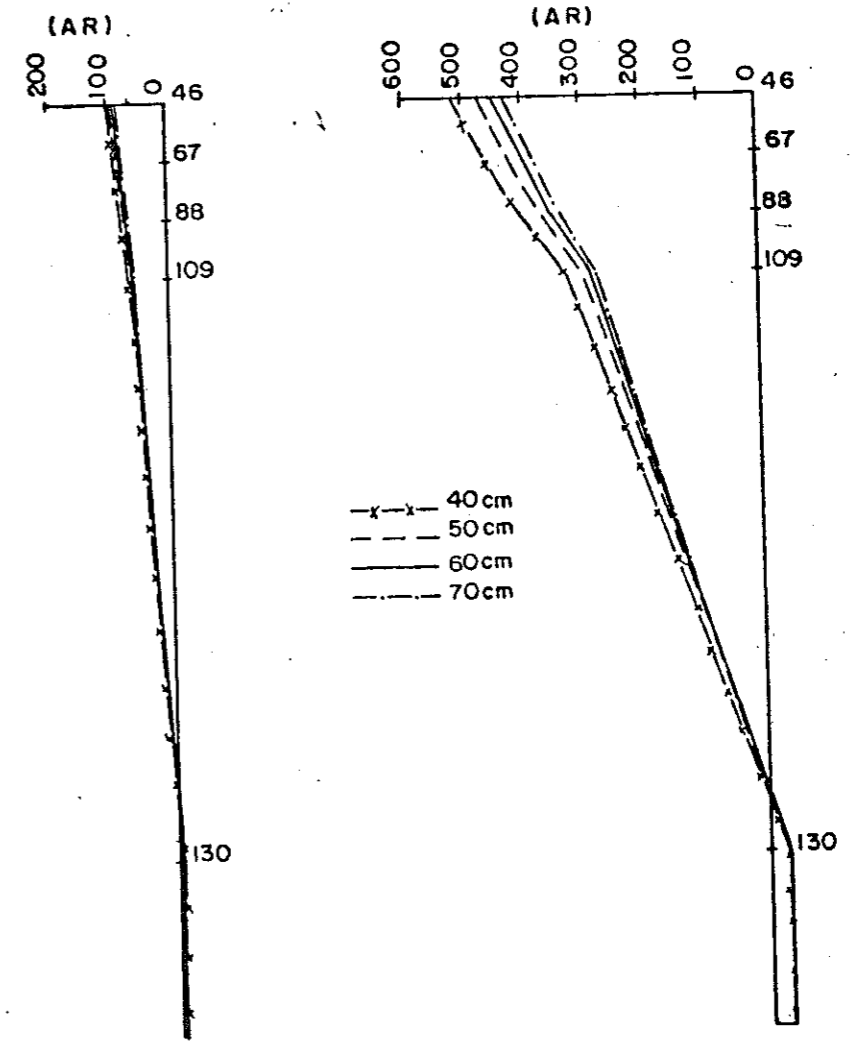


FIG.VI 3.1.13 MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

FIG.VI 3.1.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.3.2 - Com viga 25/20 e h_f variando de 40cm a 70cm

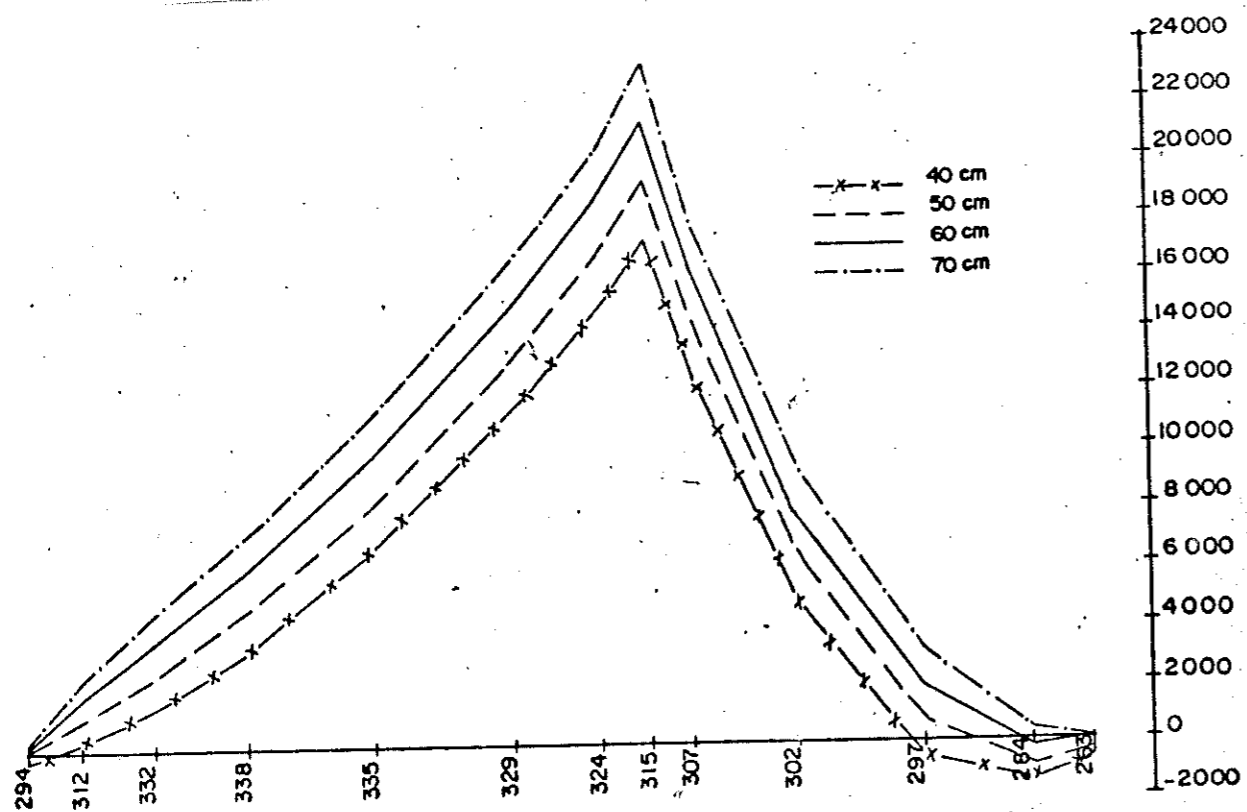


FIG.VI 3.2.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

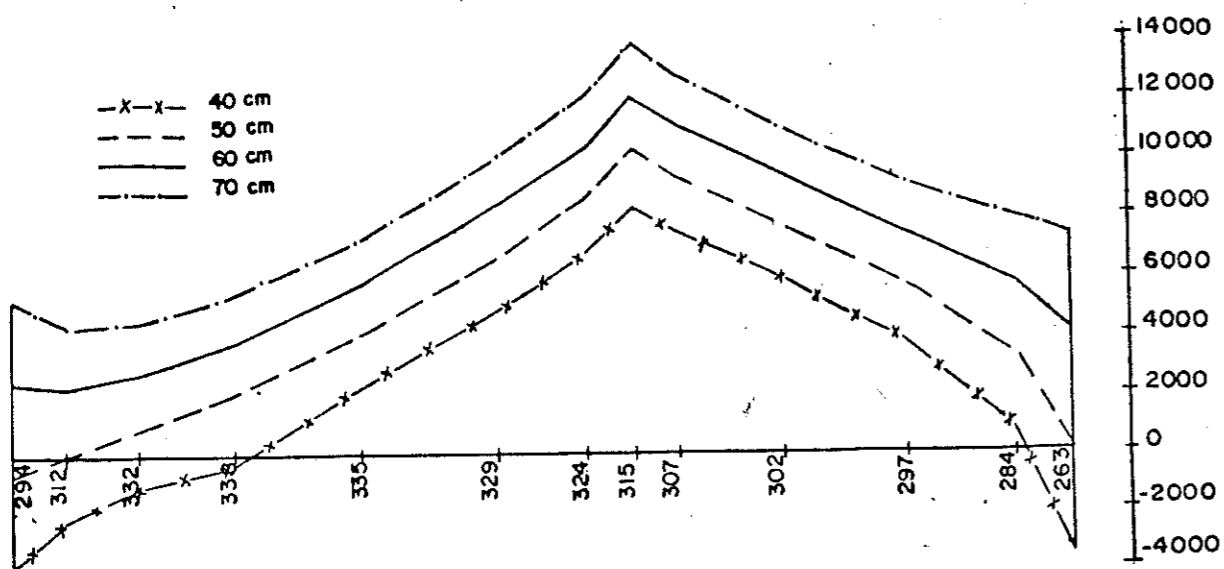


FIG.VI 3.2.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

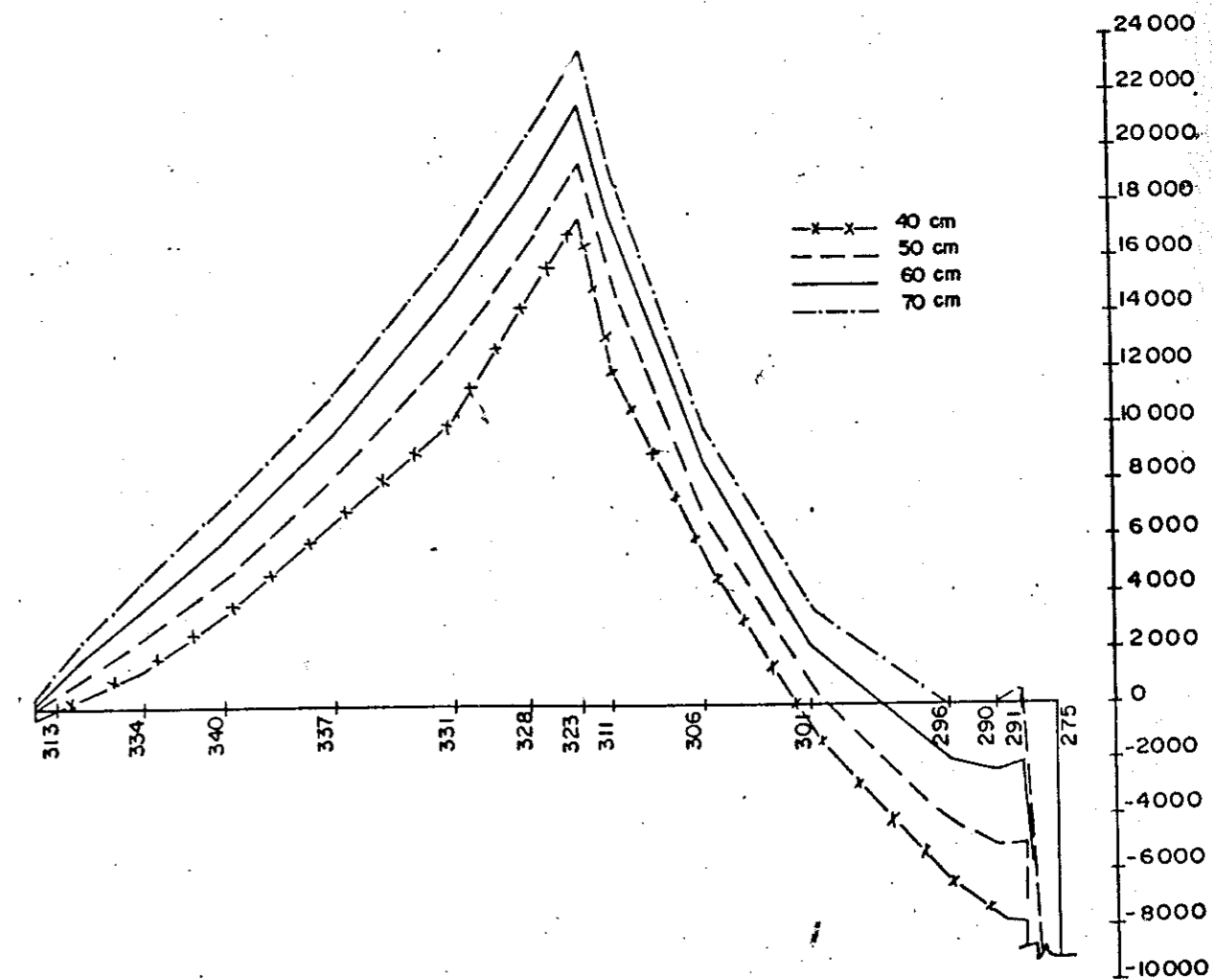


FIG.VI 3.2.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

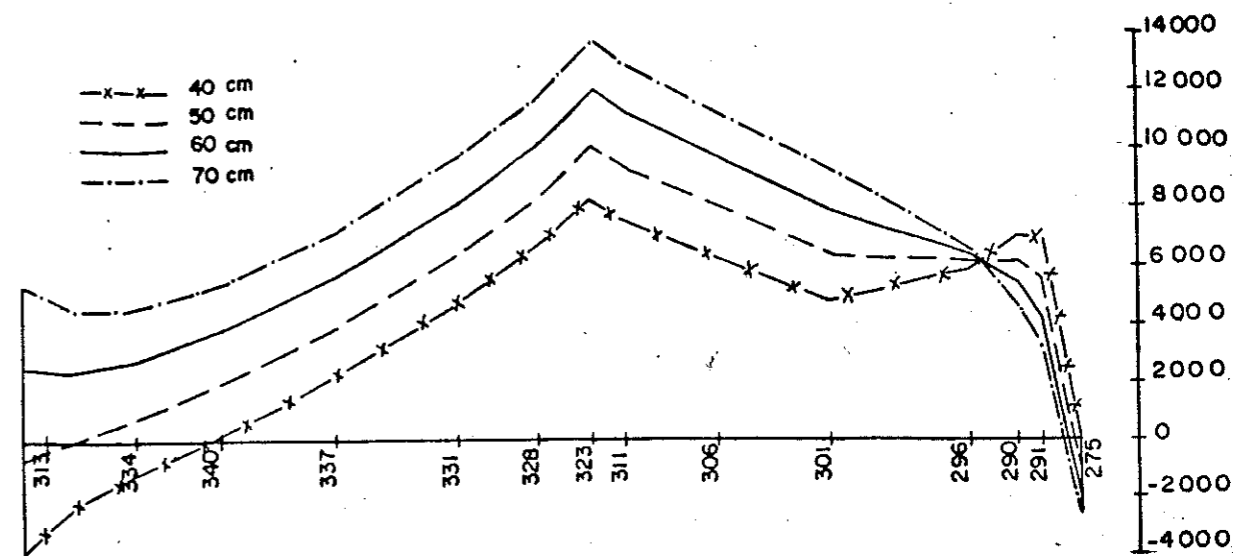


FIG.VI 3.2.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

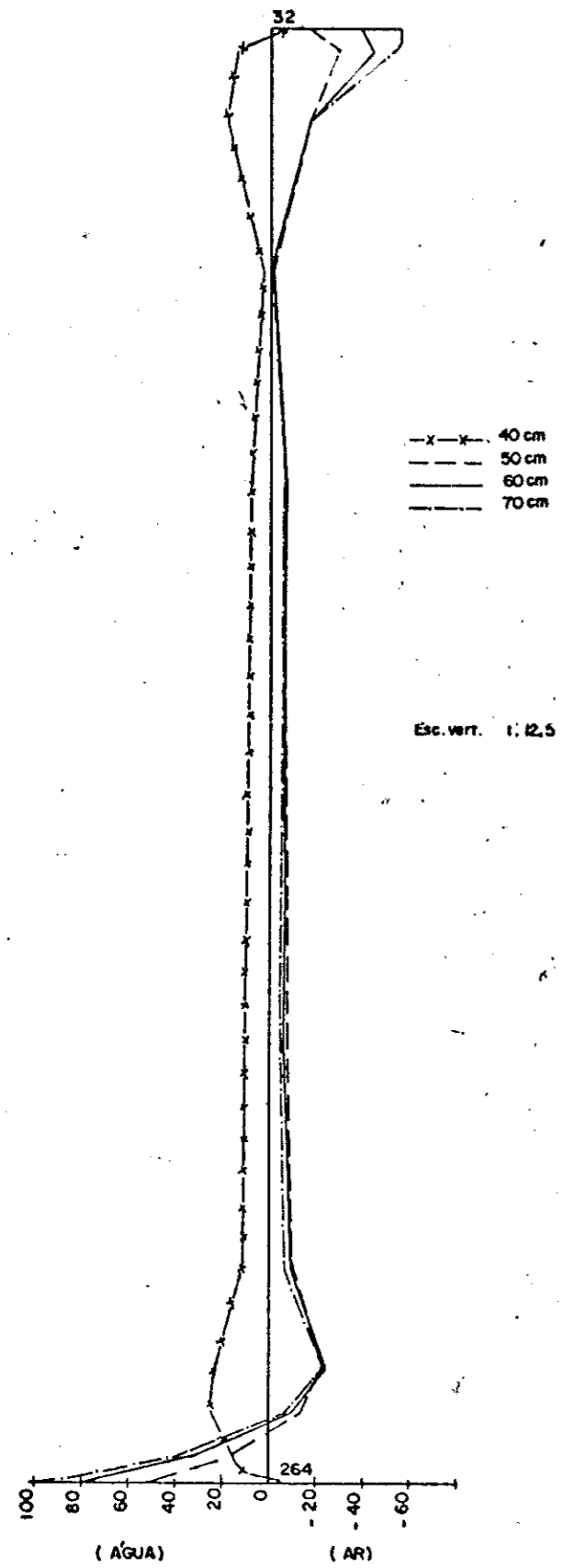


FIG.VI 3.2.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

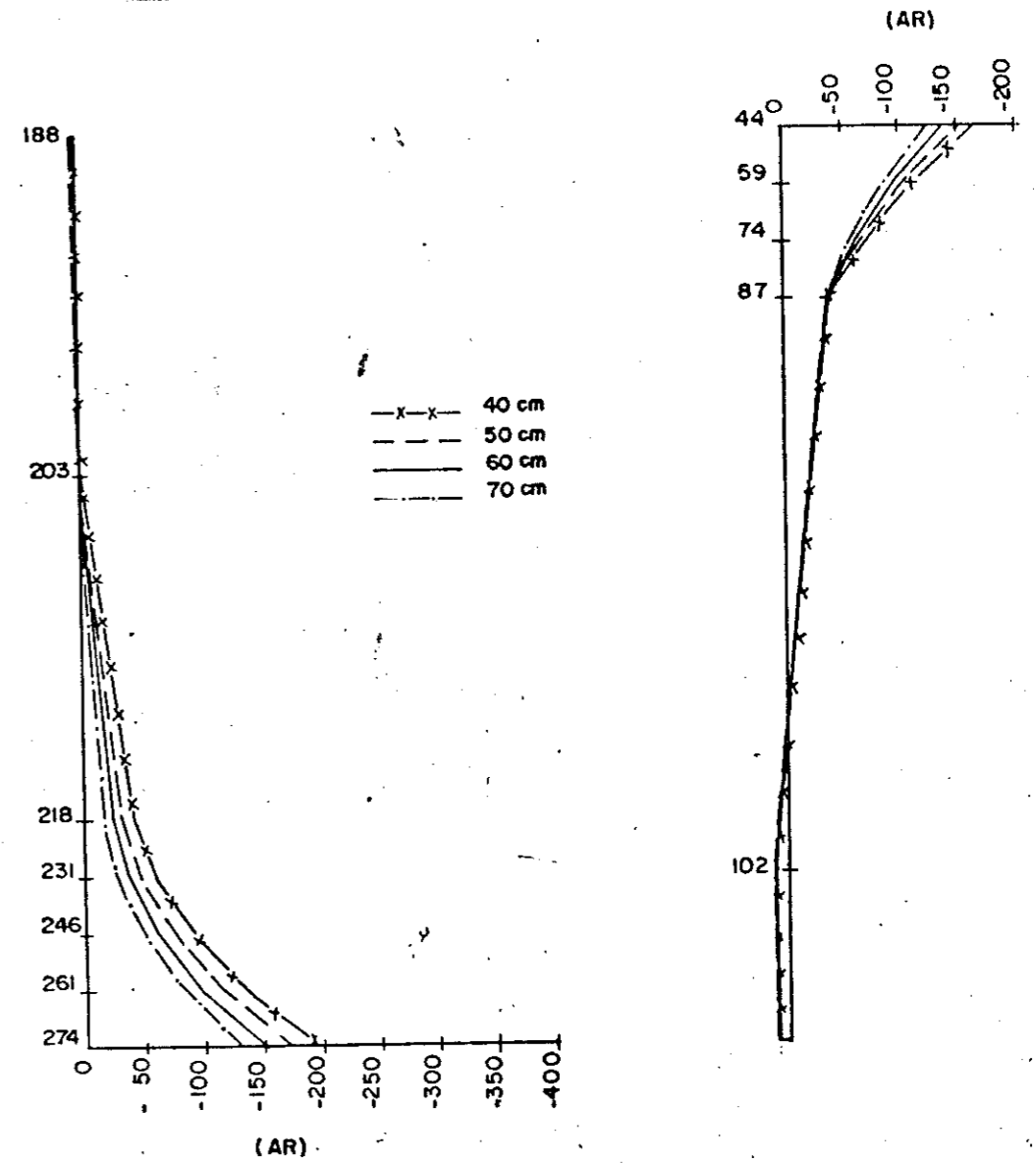


FIG.VI 3.2.6 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

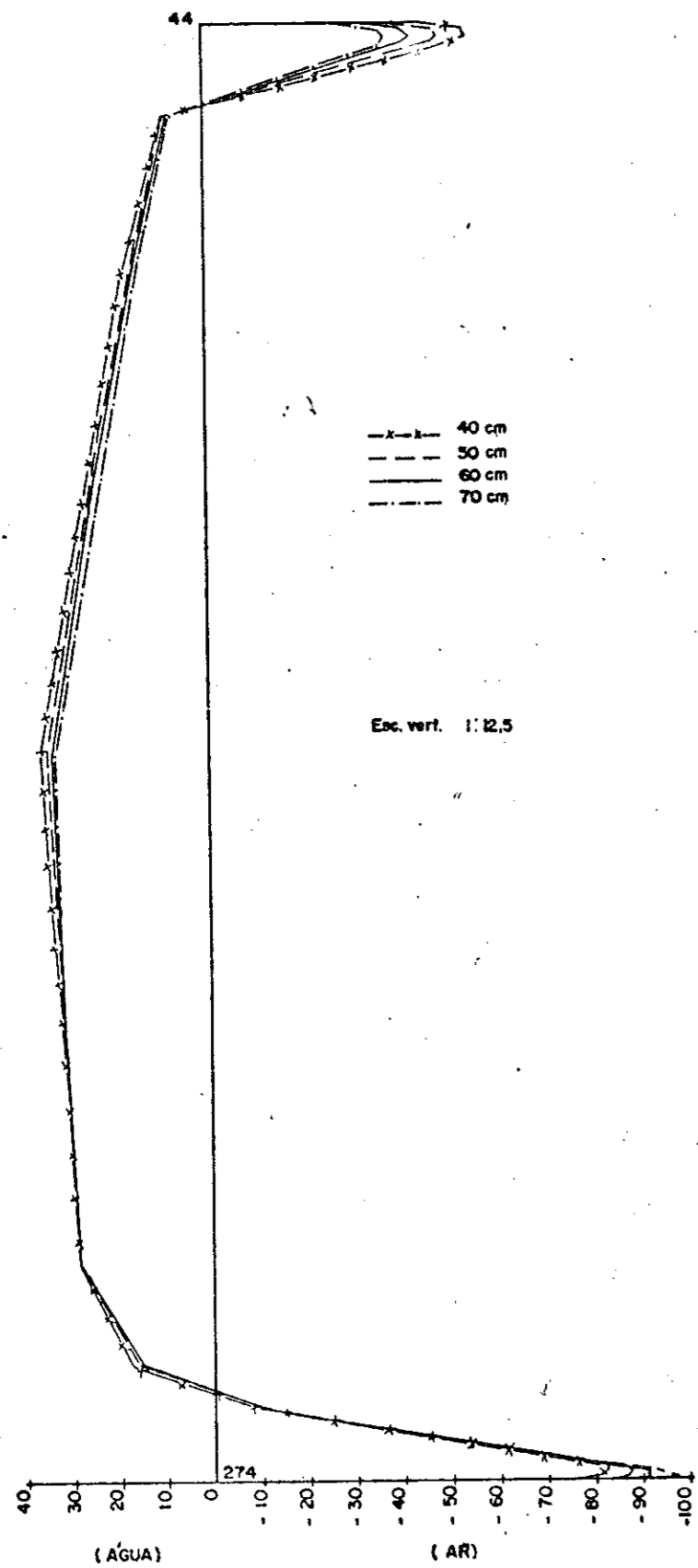


FIG. VI 3.2.7 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

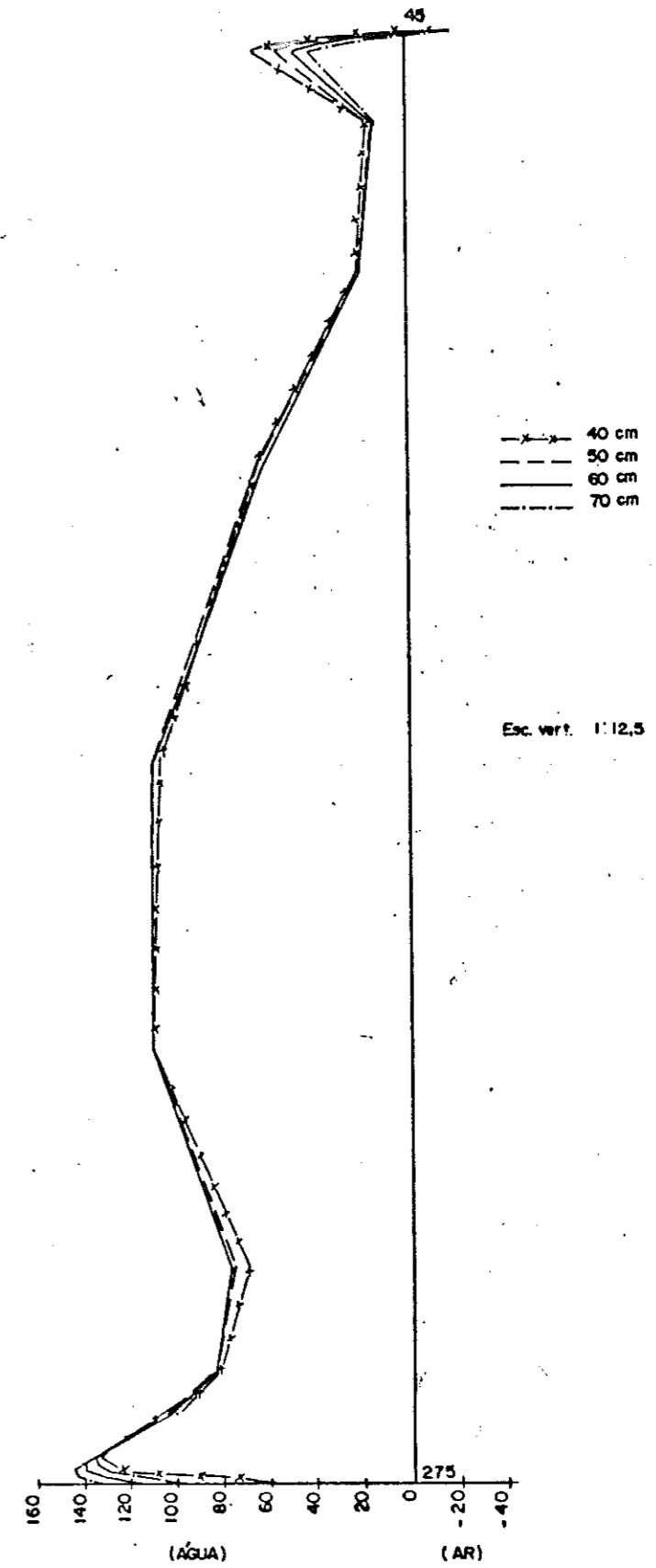


FIG. VI 3.2.8 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

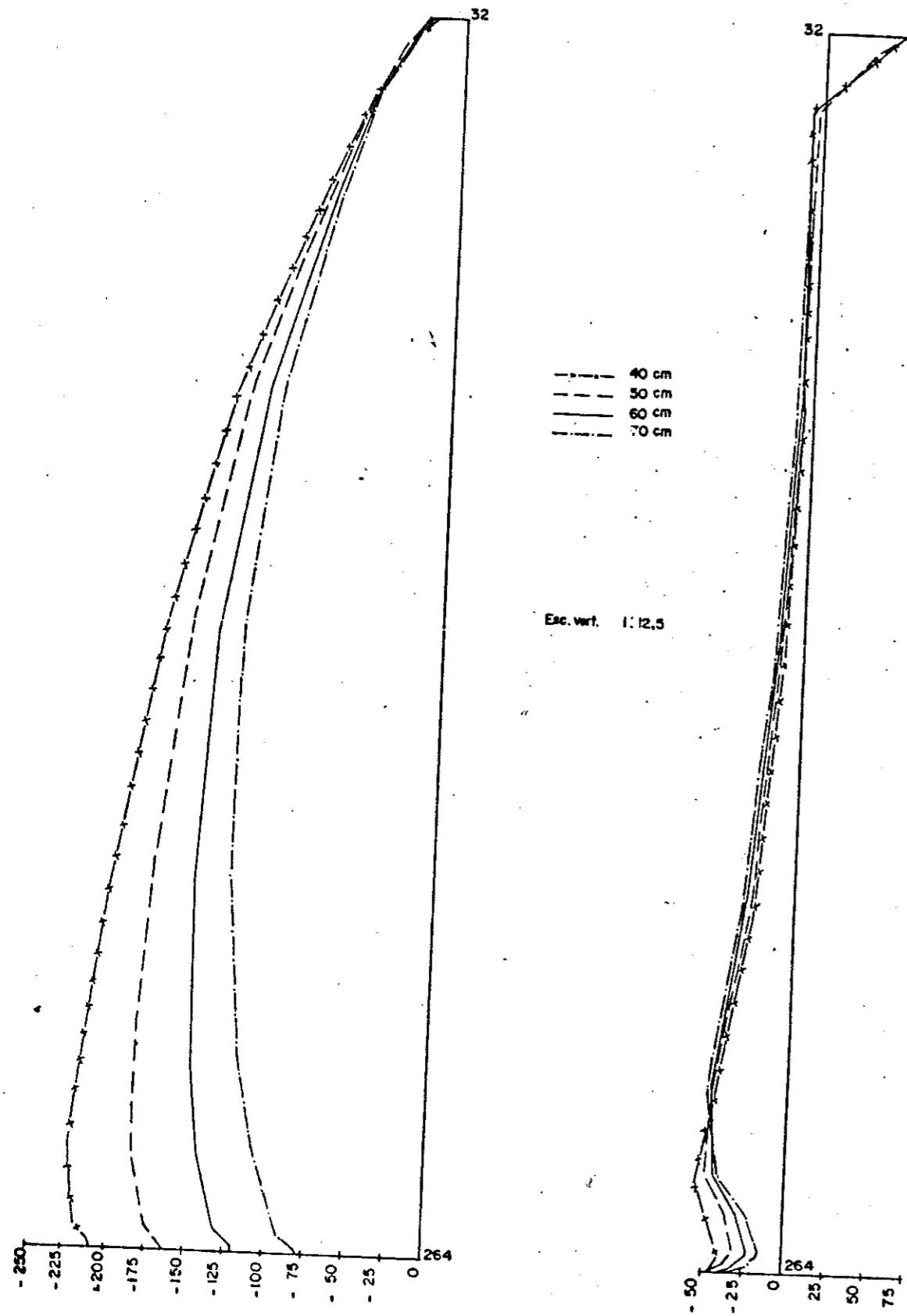


FIG.VI 3.2.9 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 3.2.10- NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

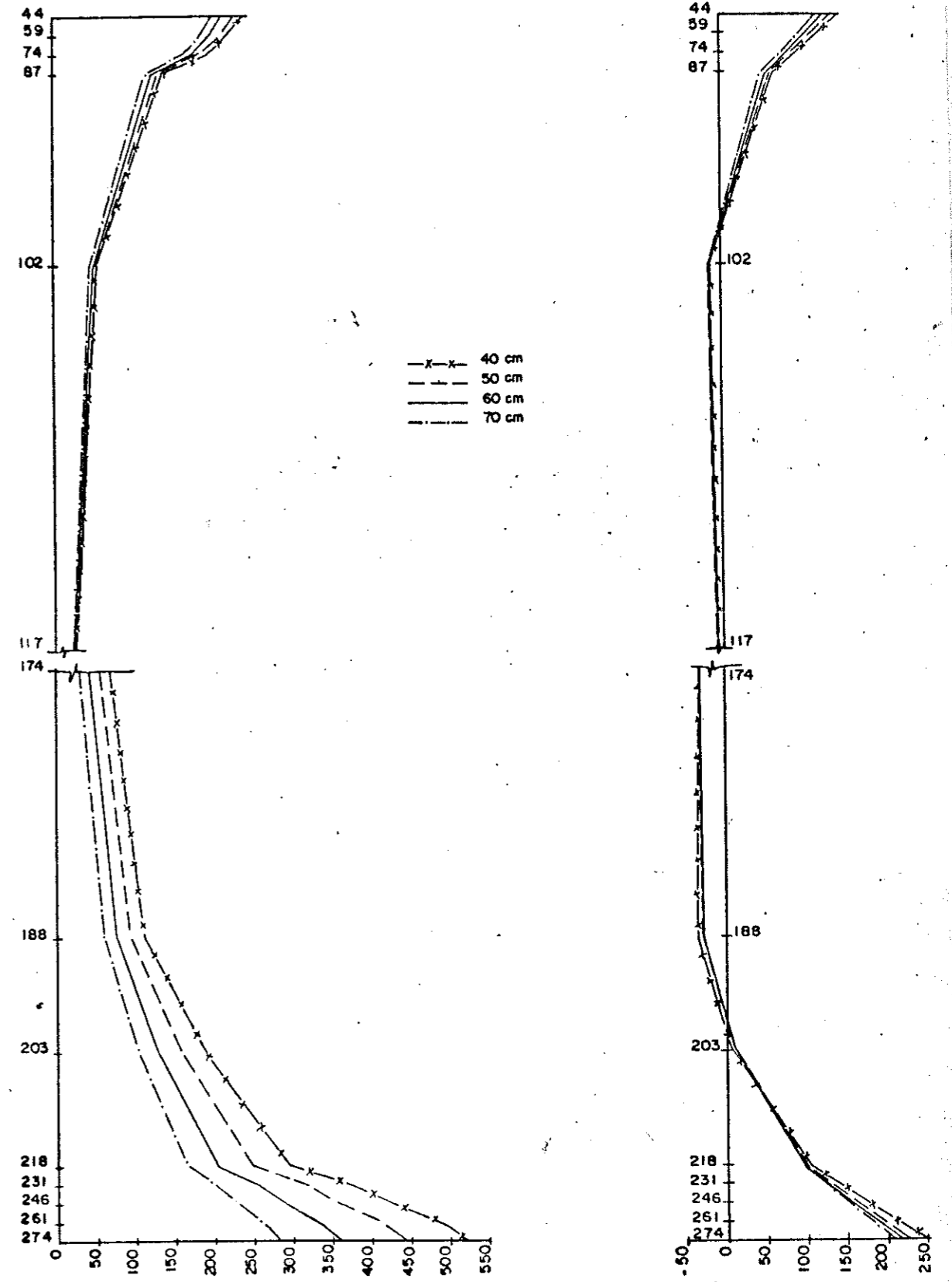


FIG.VI 3.2.11 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 3.2.12- NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

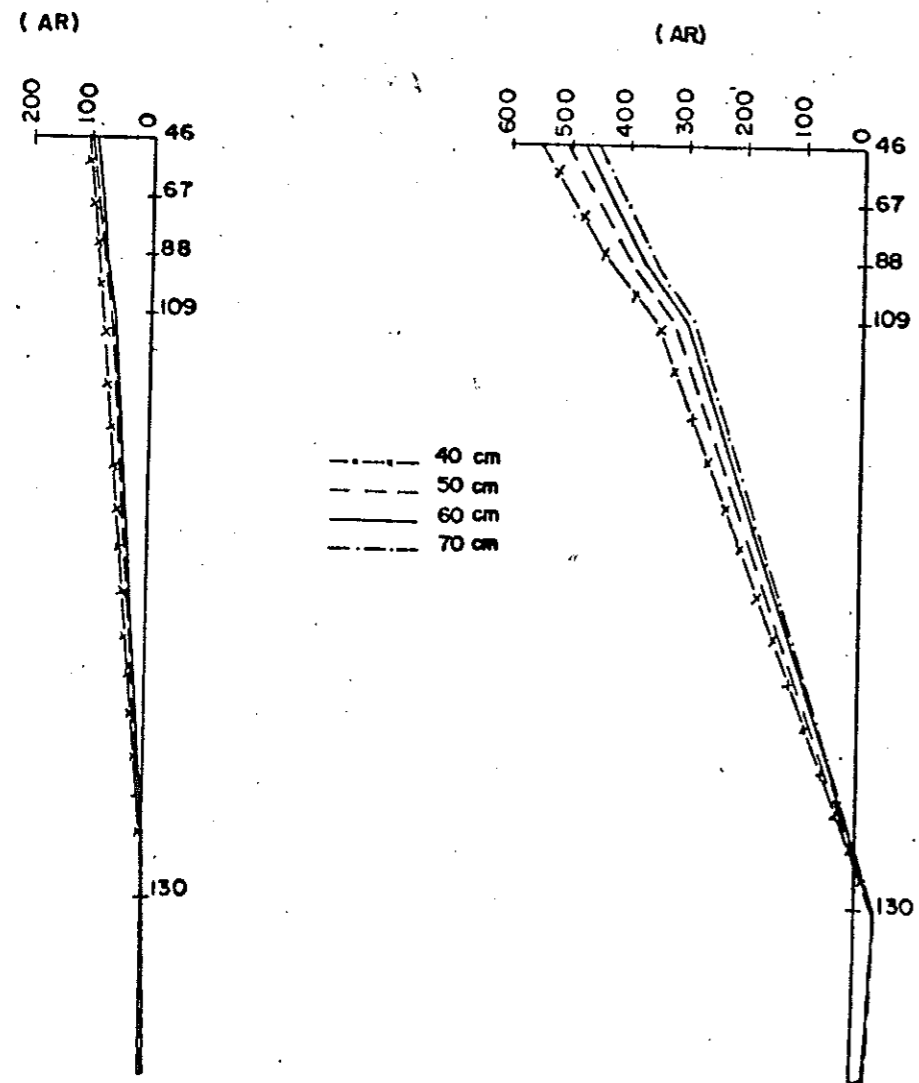


FIG. VI 3.2.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

FIG. VI 3.2.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.3.3 - Com viga 15/10 e h_f variando de 40cm a 70cm

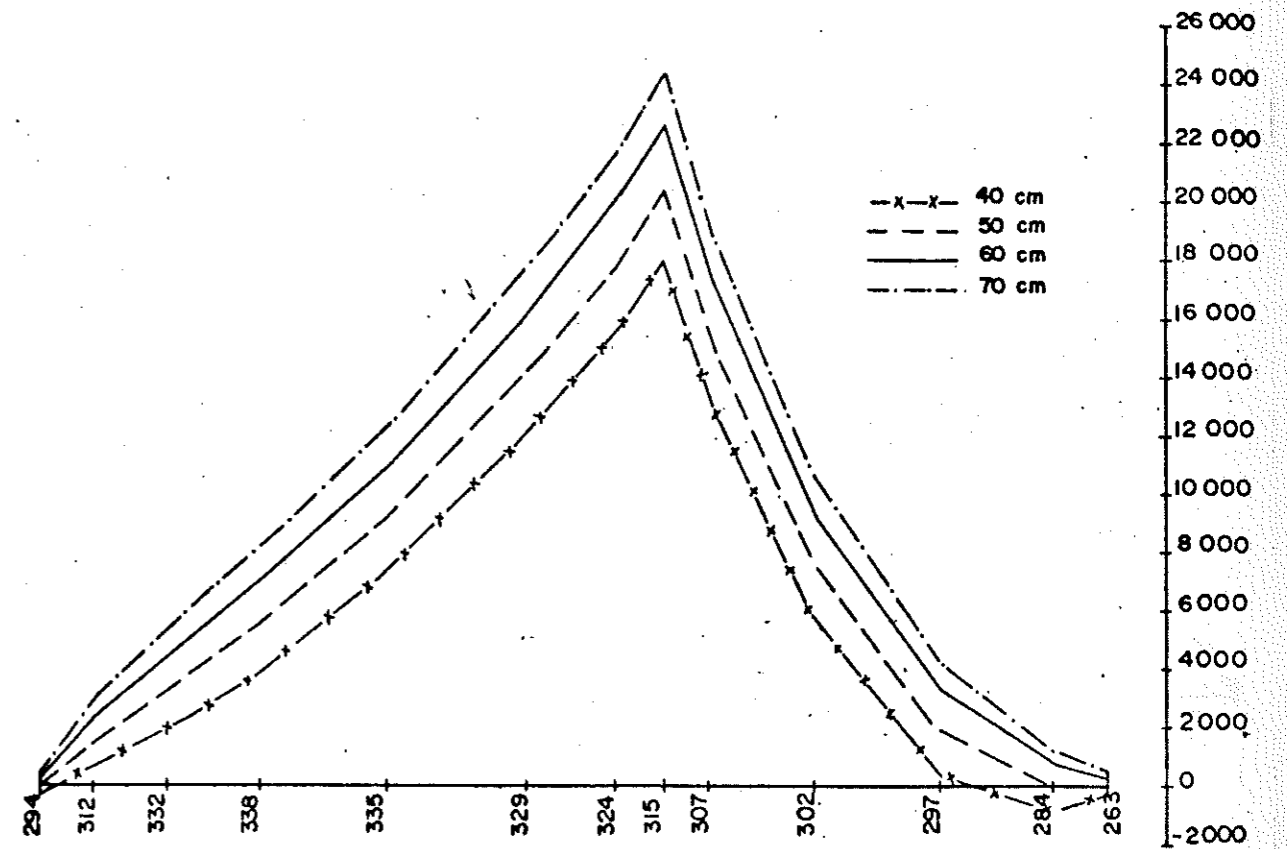


FIG. VI 3.3.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

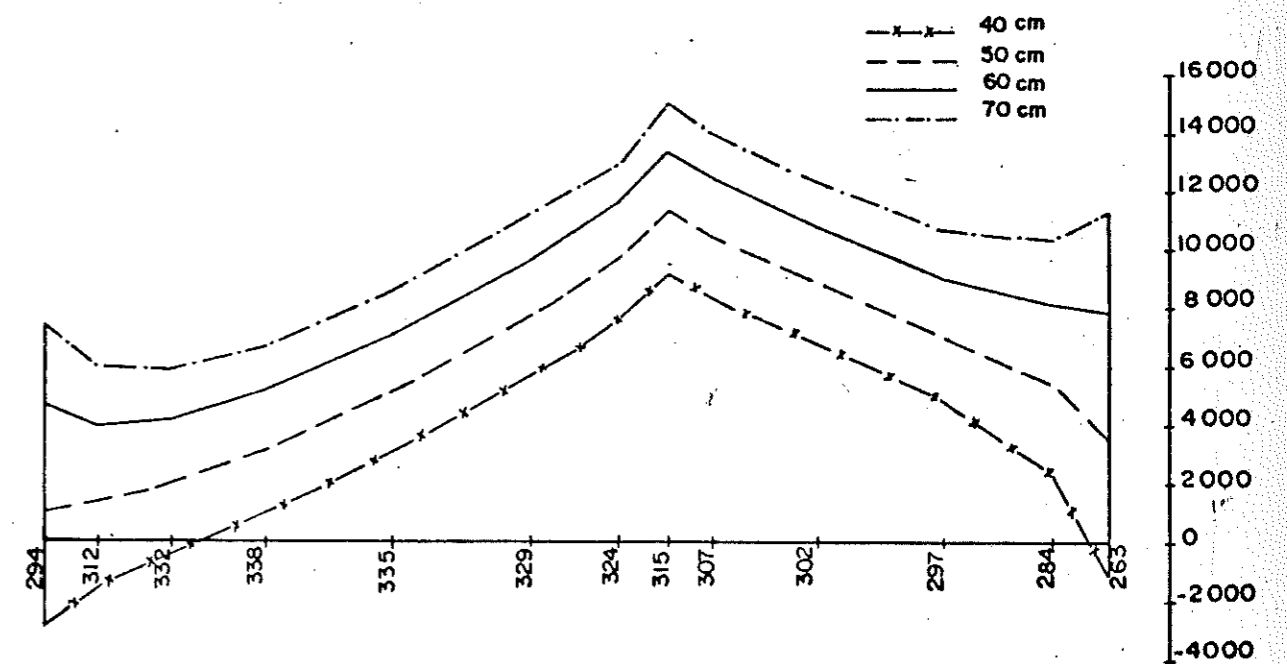


FIG. VI 3.3.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

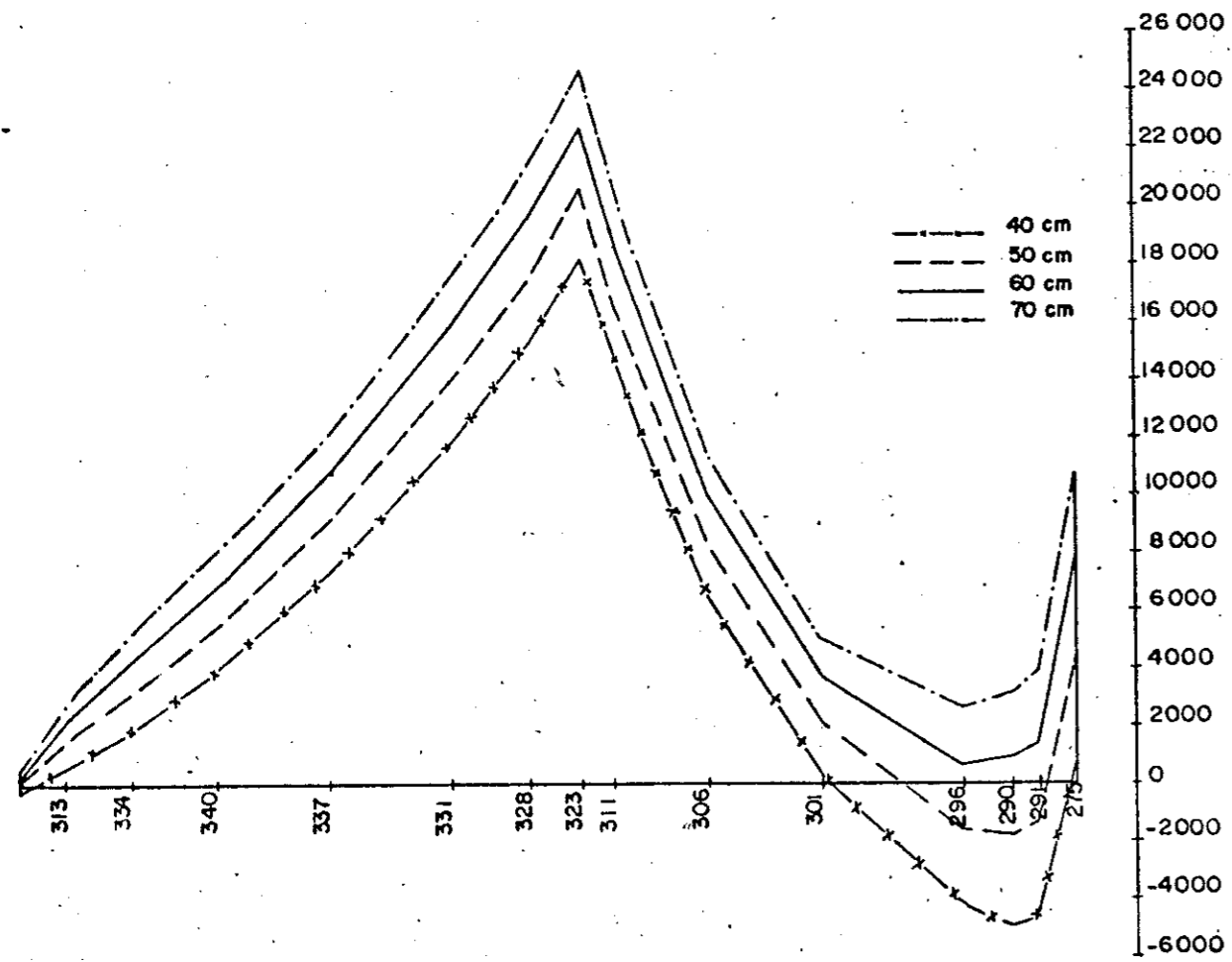


FIG.VI 3.3.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

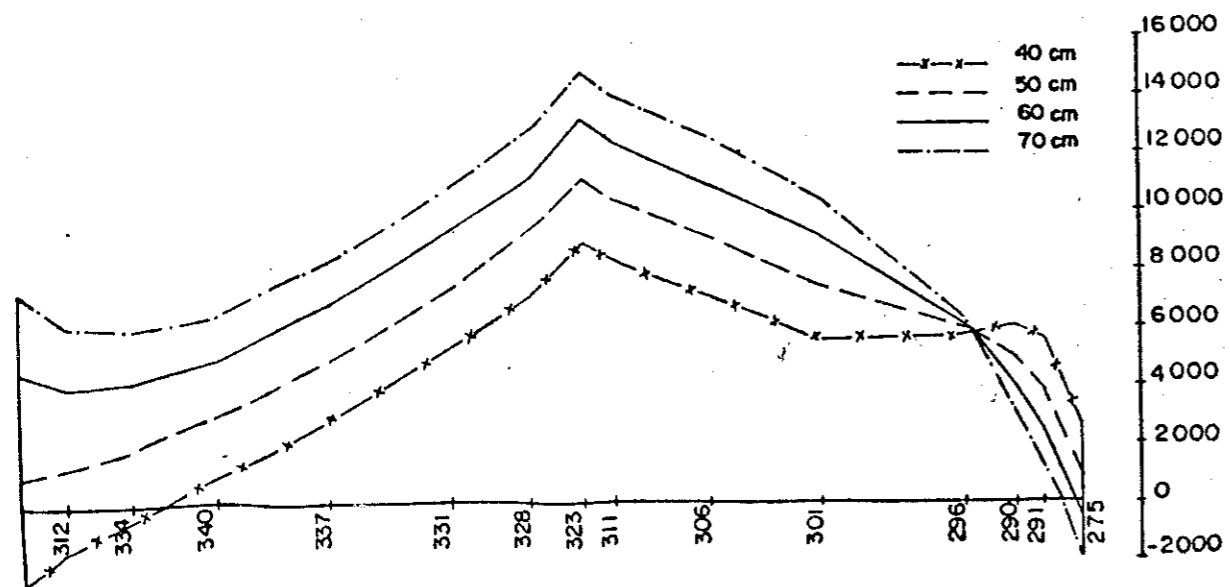


FIG.VI 3.3.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

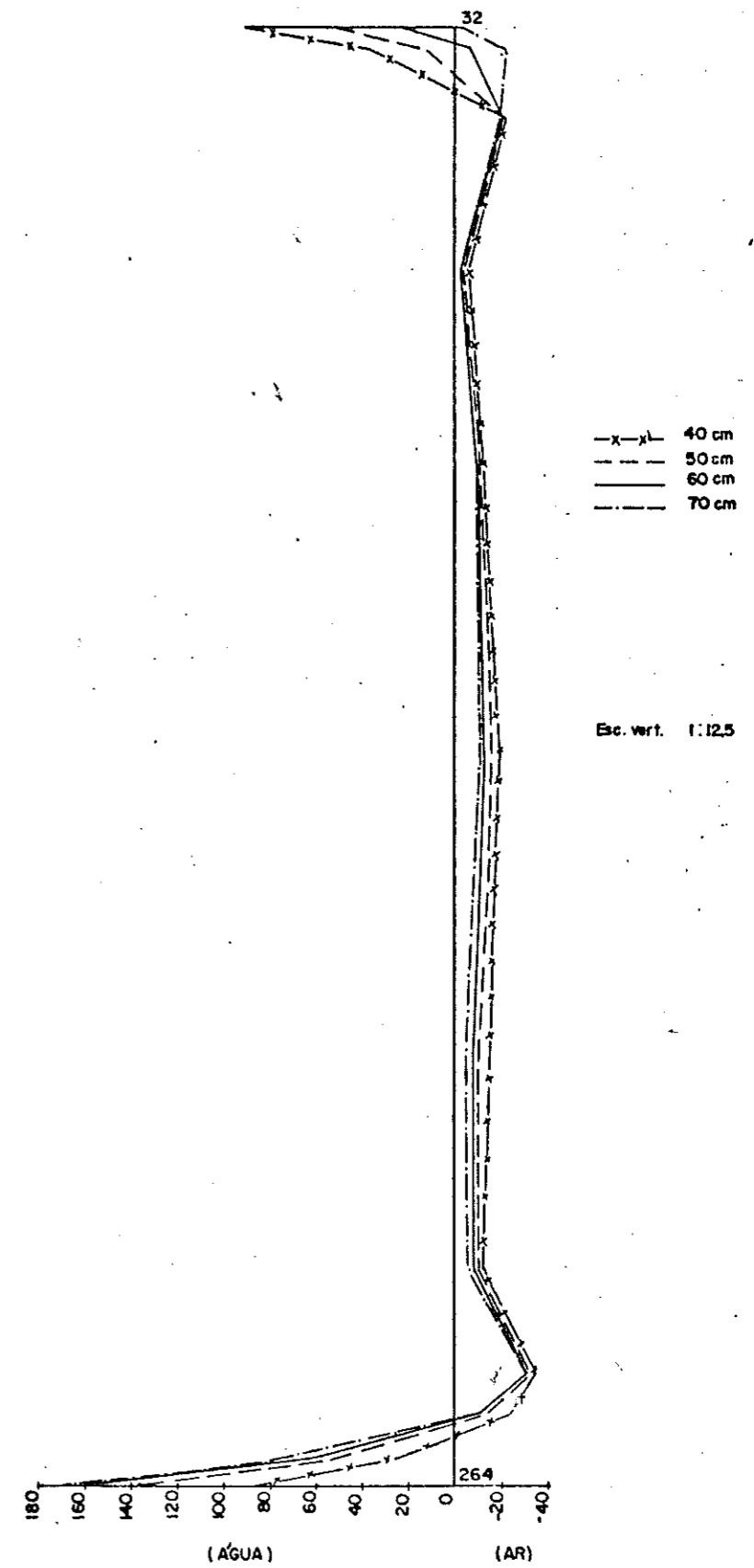


FIG.VI 3.3.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

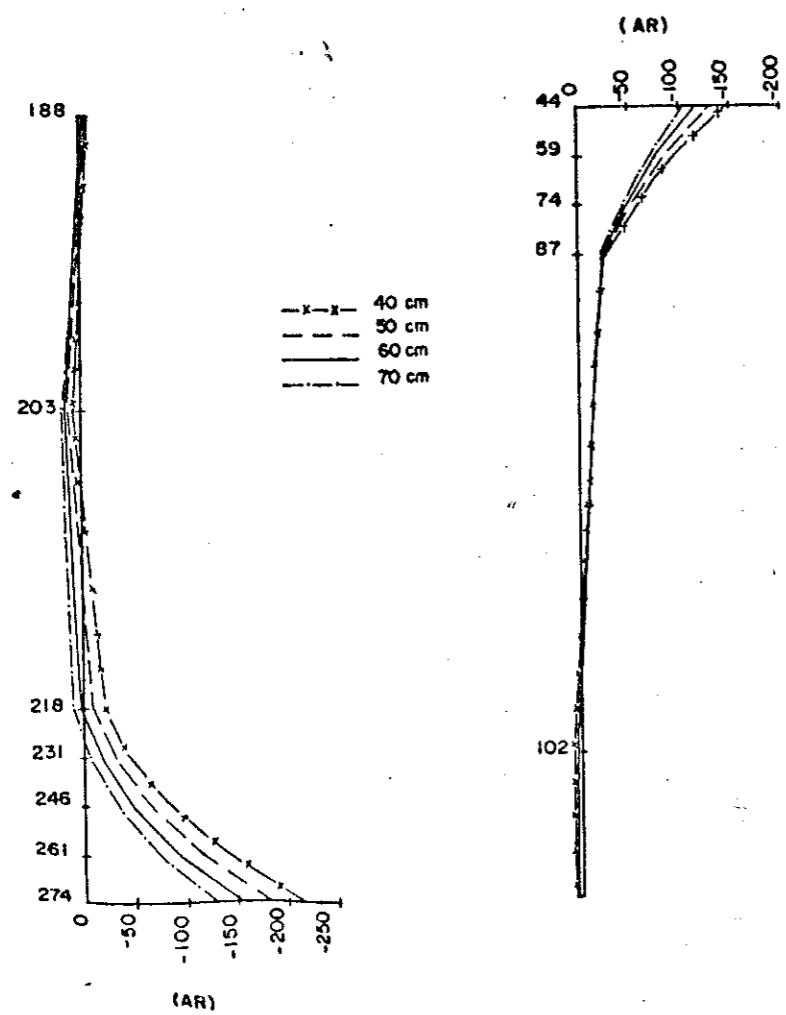


FIG.VI 3.3.6 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

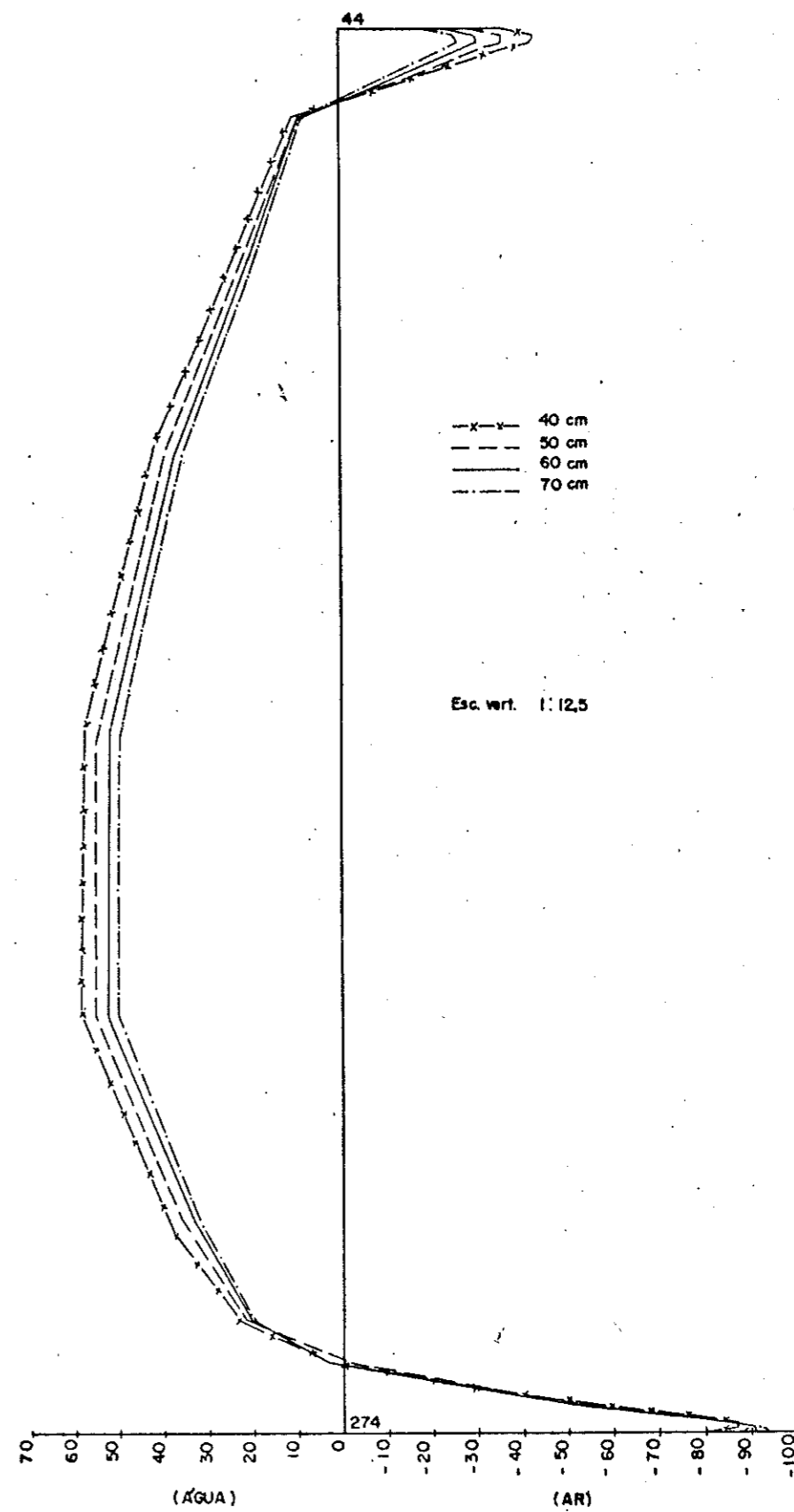


FIG.VI 3.3.7 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

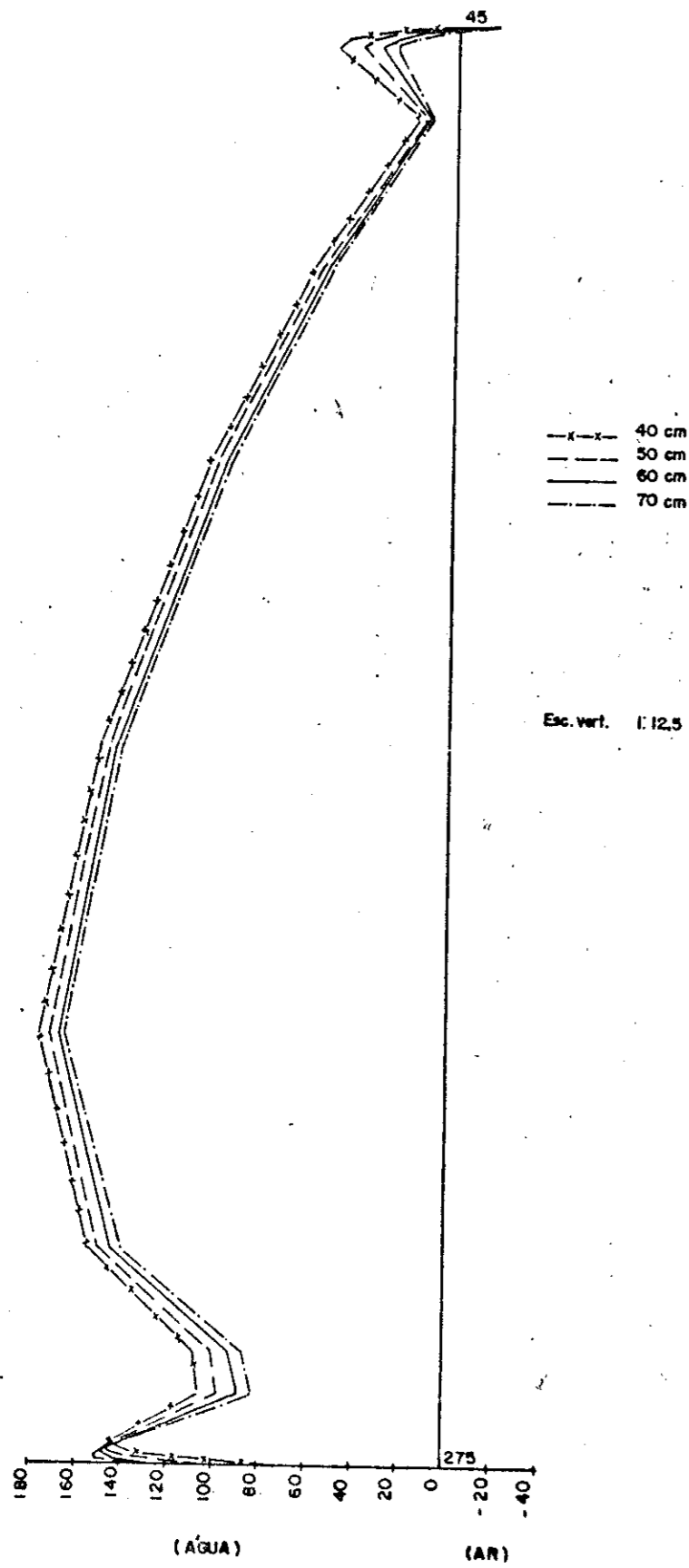


FIG.VI 3.3.8 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

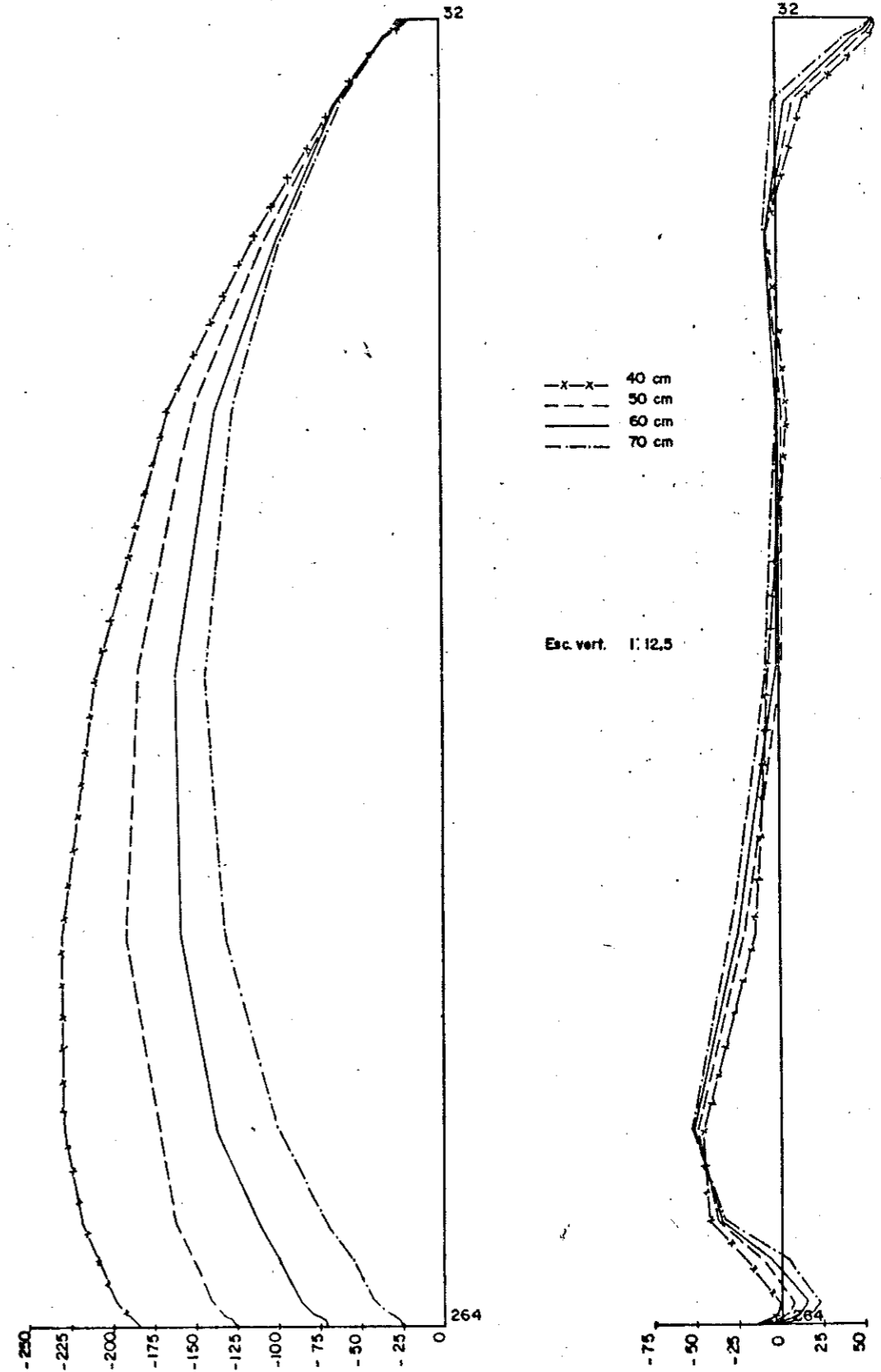


FIG.VI 3.3.9 - NORMAL N_x (kg/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 3.3.10 - NORMAL N_y (kg/cm) NA CASCA ①

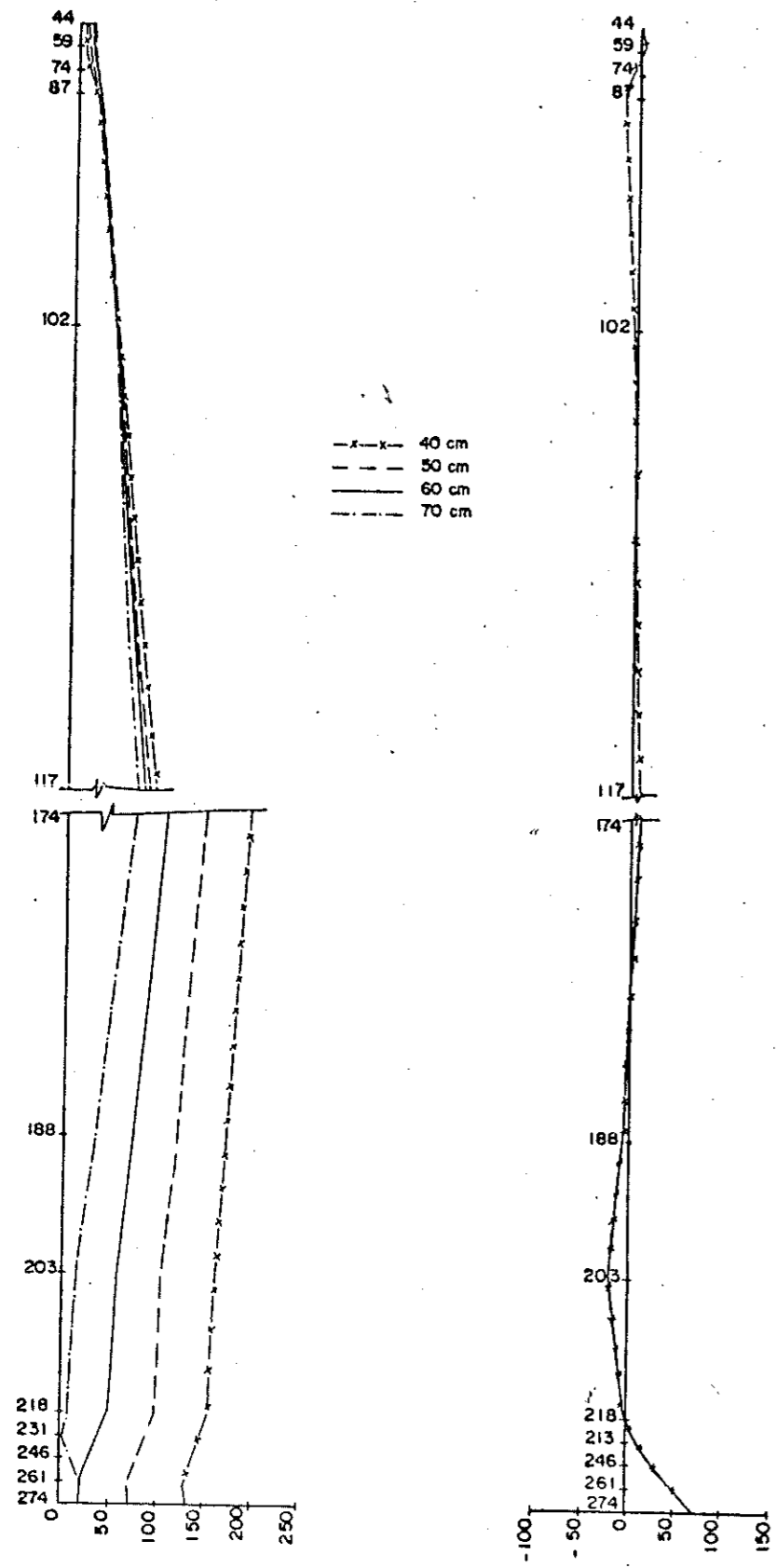


FIG.VI 3.3.11 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

FIG.VI 3.3.12-NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

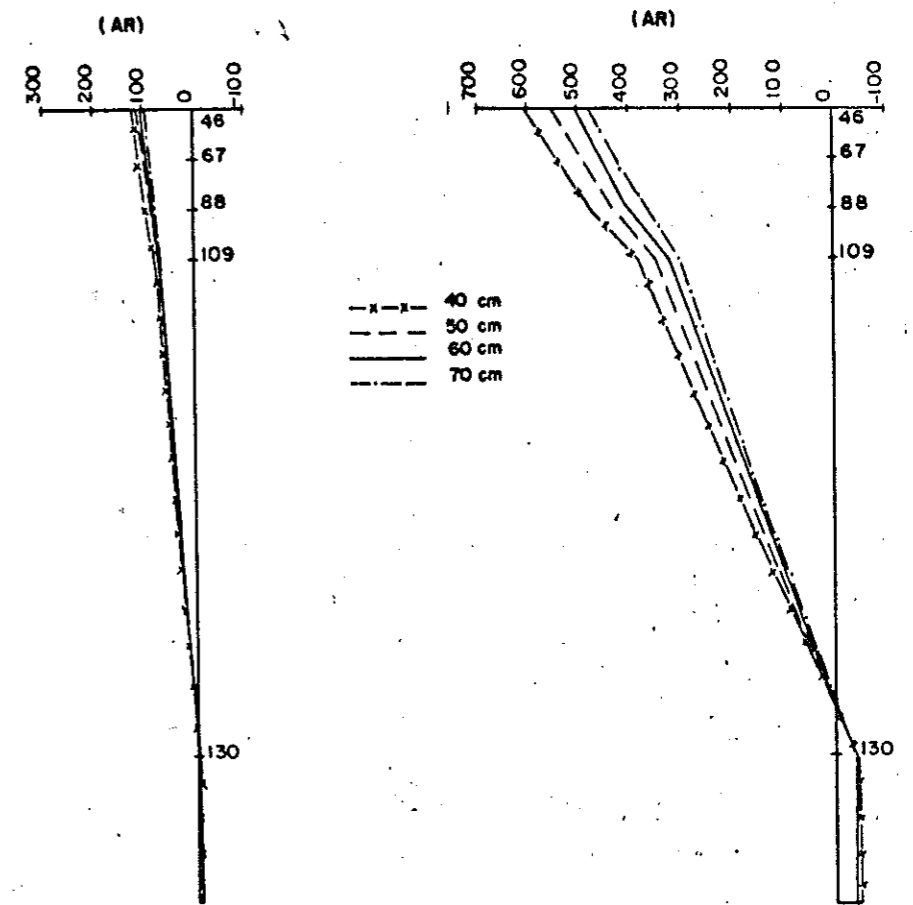


FIG.VI 3.3.13-MOMENTO M_y (kgf cm/cm)NA CASCA ③

FIG.VI 3.3.14-MOMENTO M_x (kgf cm/cm)NA CASCA ③

VI.4 - Exemplos comparativos para reservatório com $n = 20$ e $e_c = 6\text{cm}$

VI.4.1 - Laje de fundo com $h_f = 40\text{cm}$ e viga com 15/10; 25/20 e 25/40

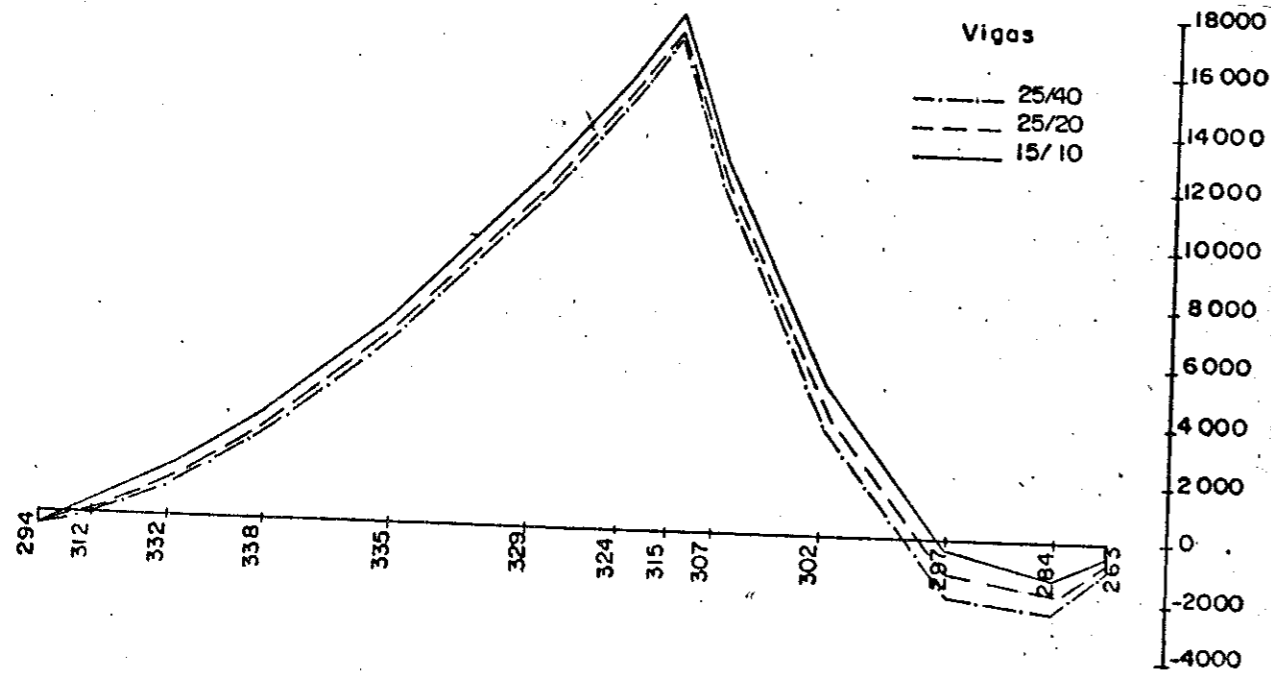


FIG.VI 4.1.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

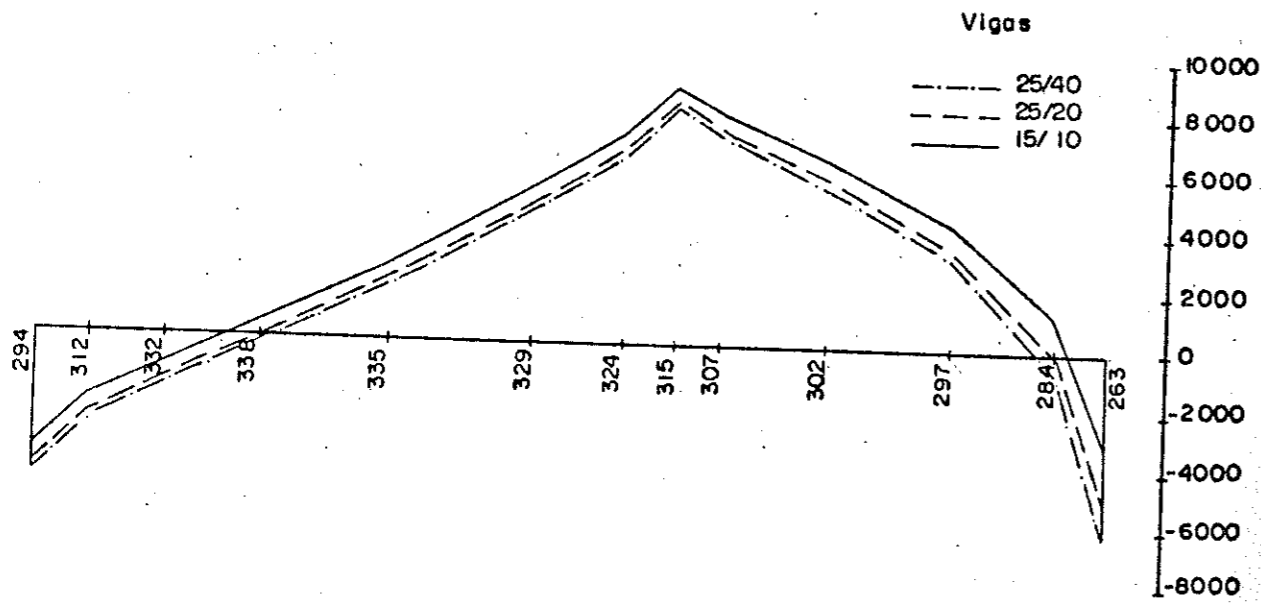


FIG.VI 4.1.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

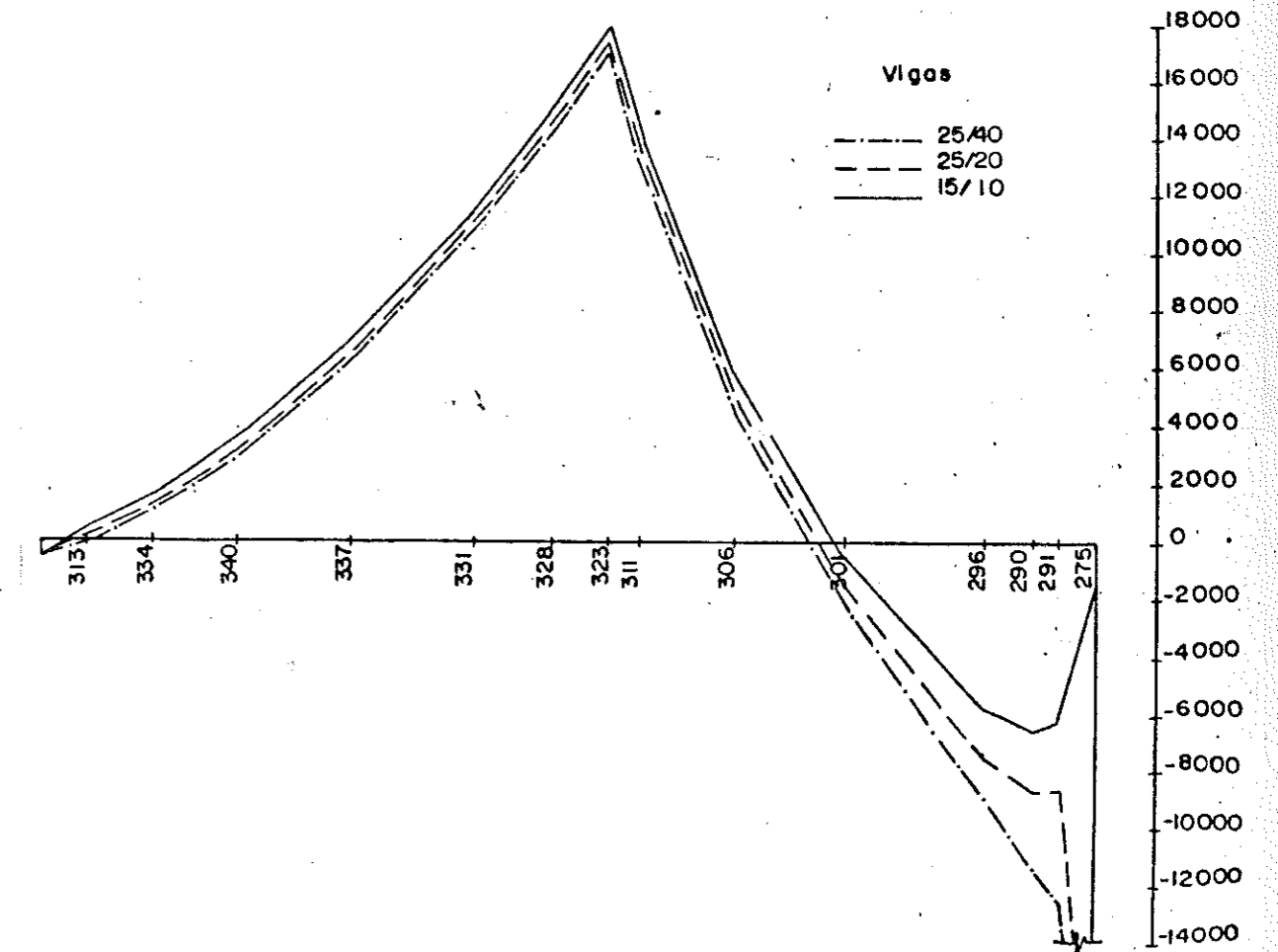


FIG.VI 4.1.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

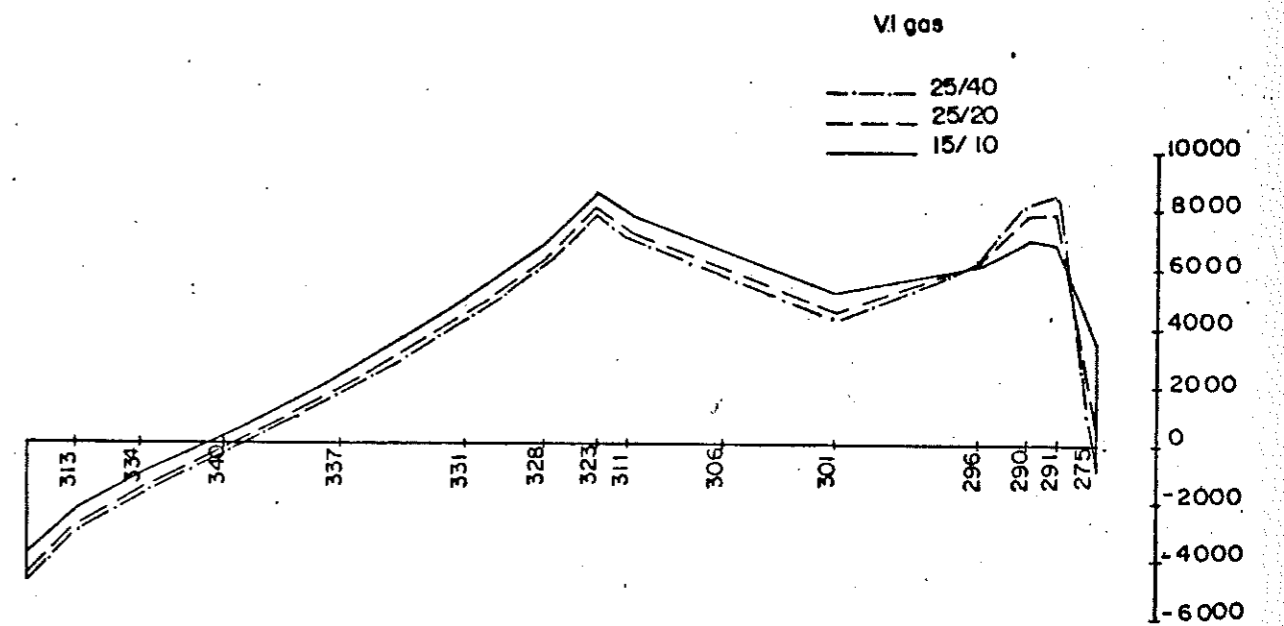


FIG.VI 4.1.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

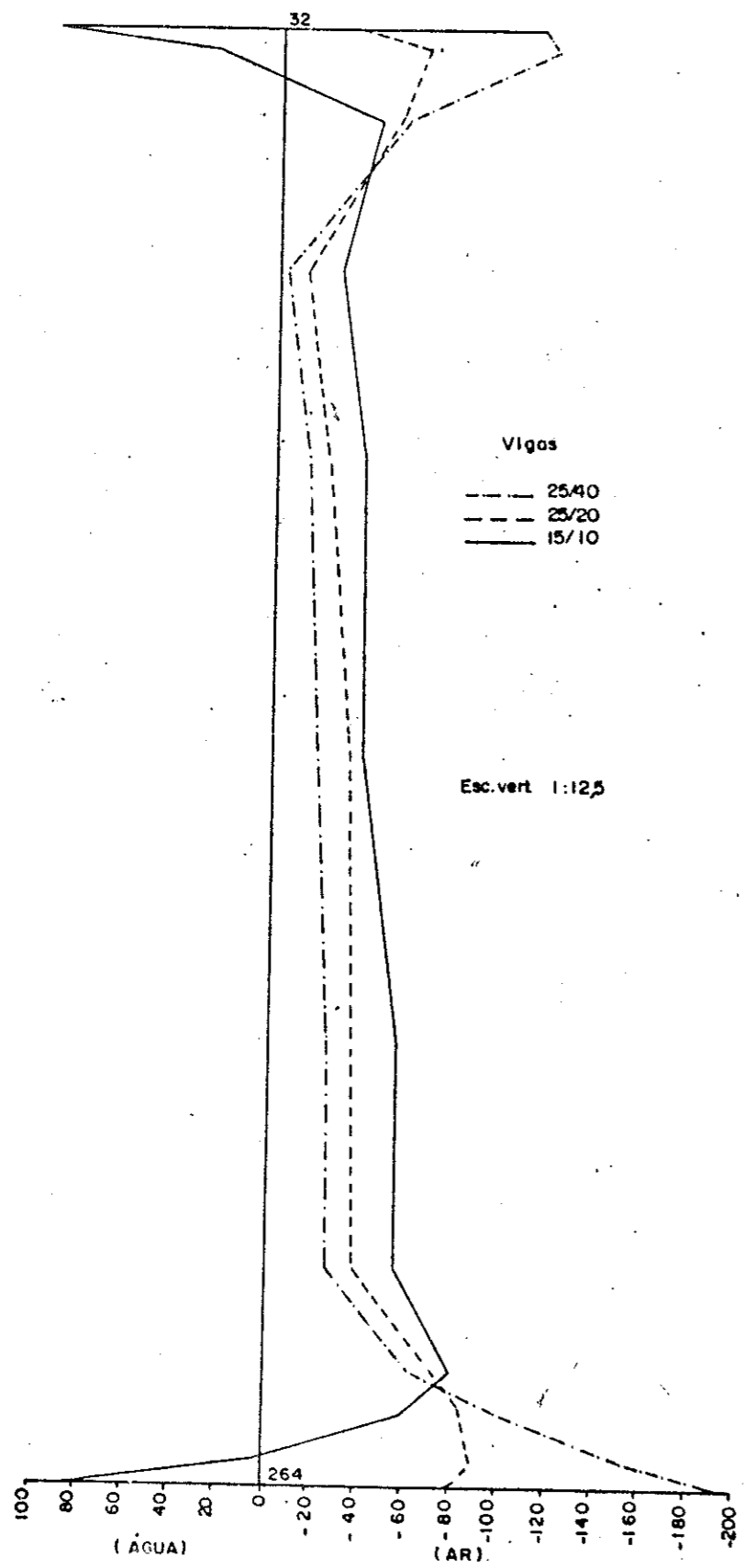


FIG.VI 4.1.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

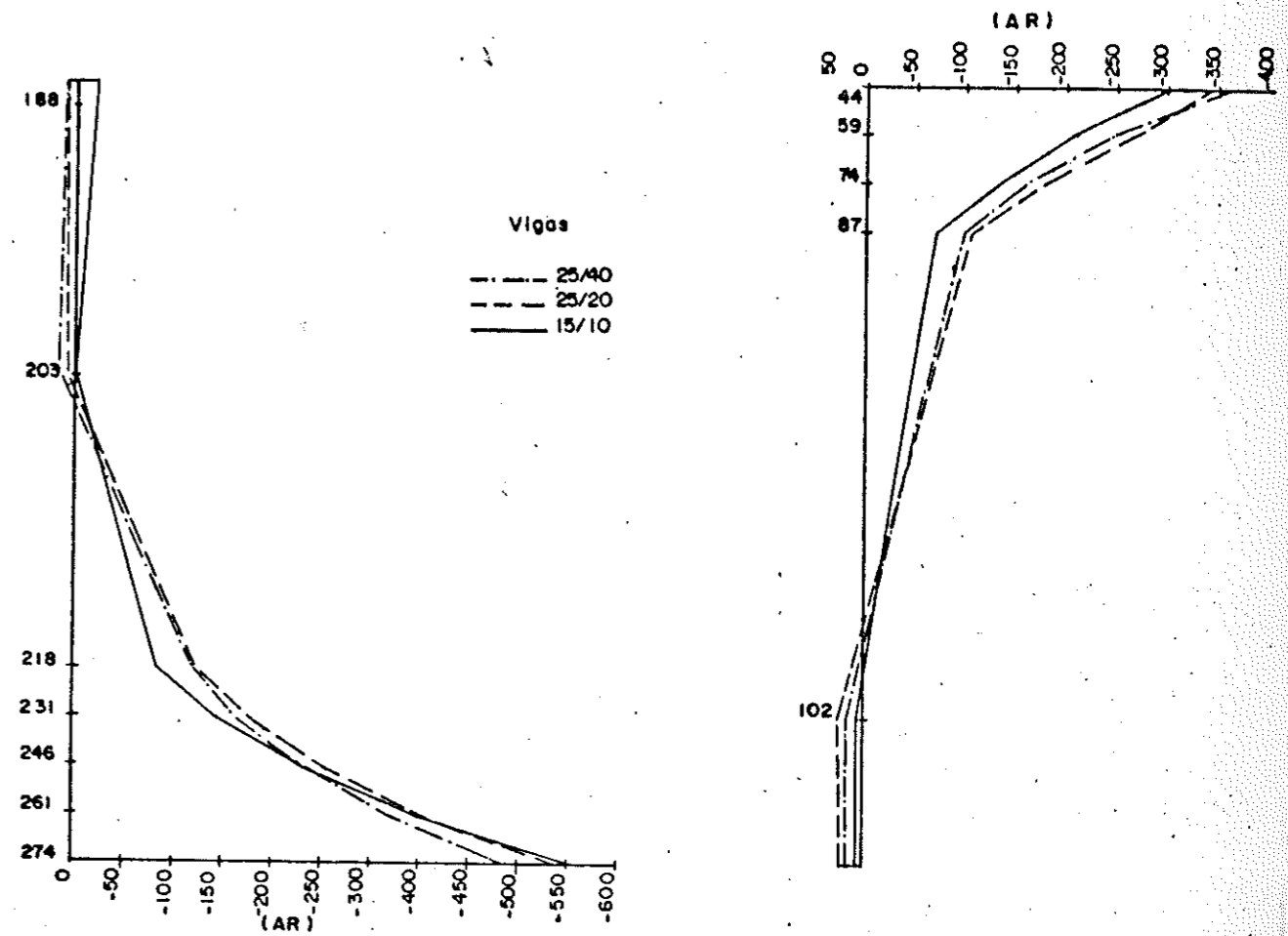


FIG.VI 4.1.6 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

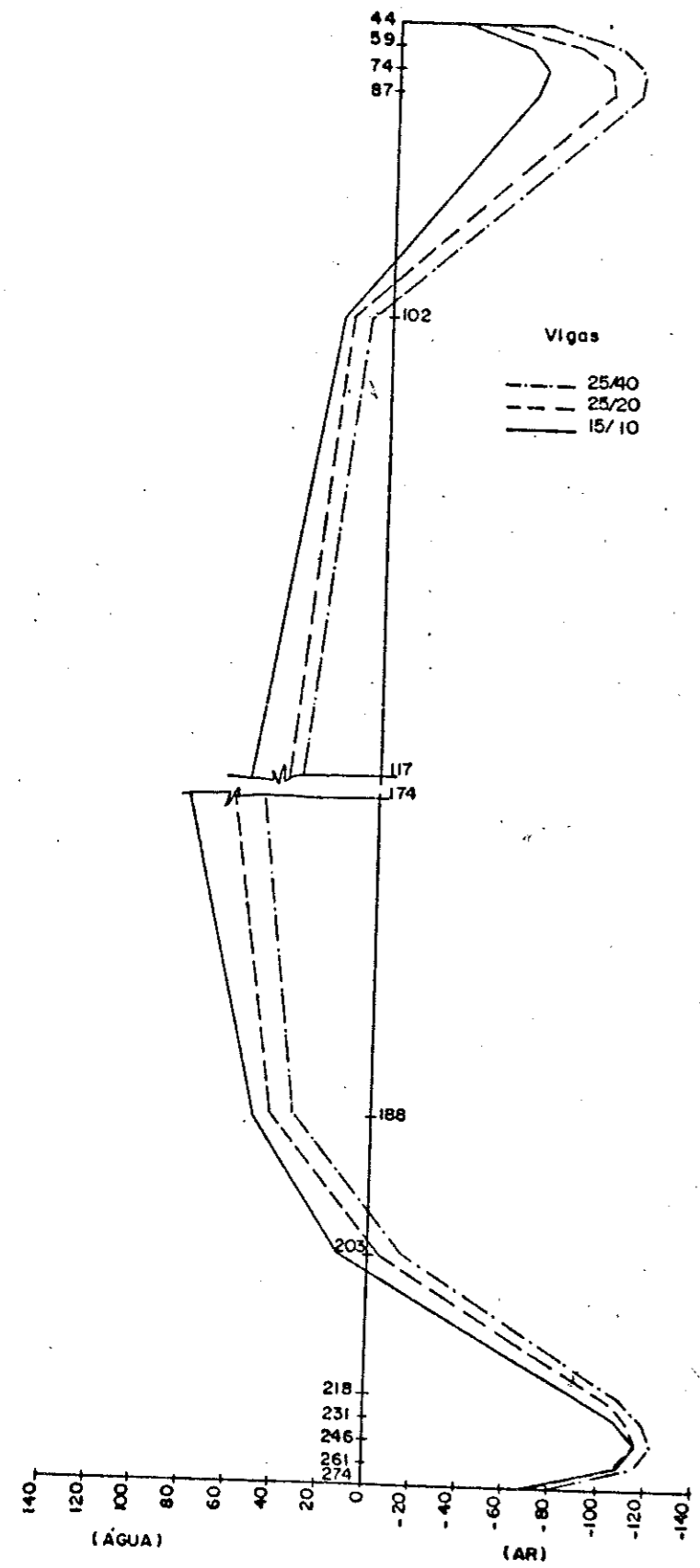


FIG.VI 4.1.7- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

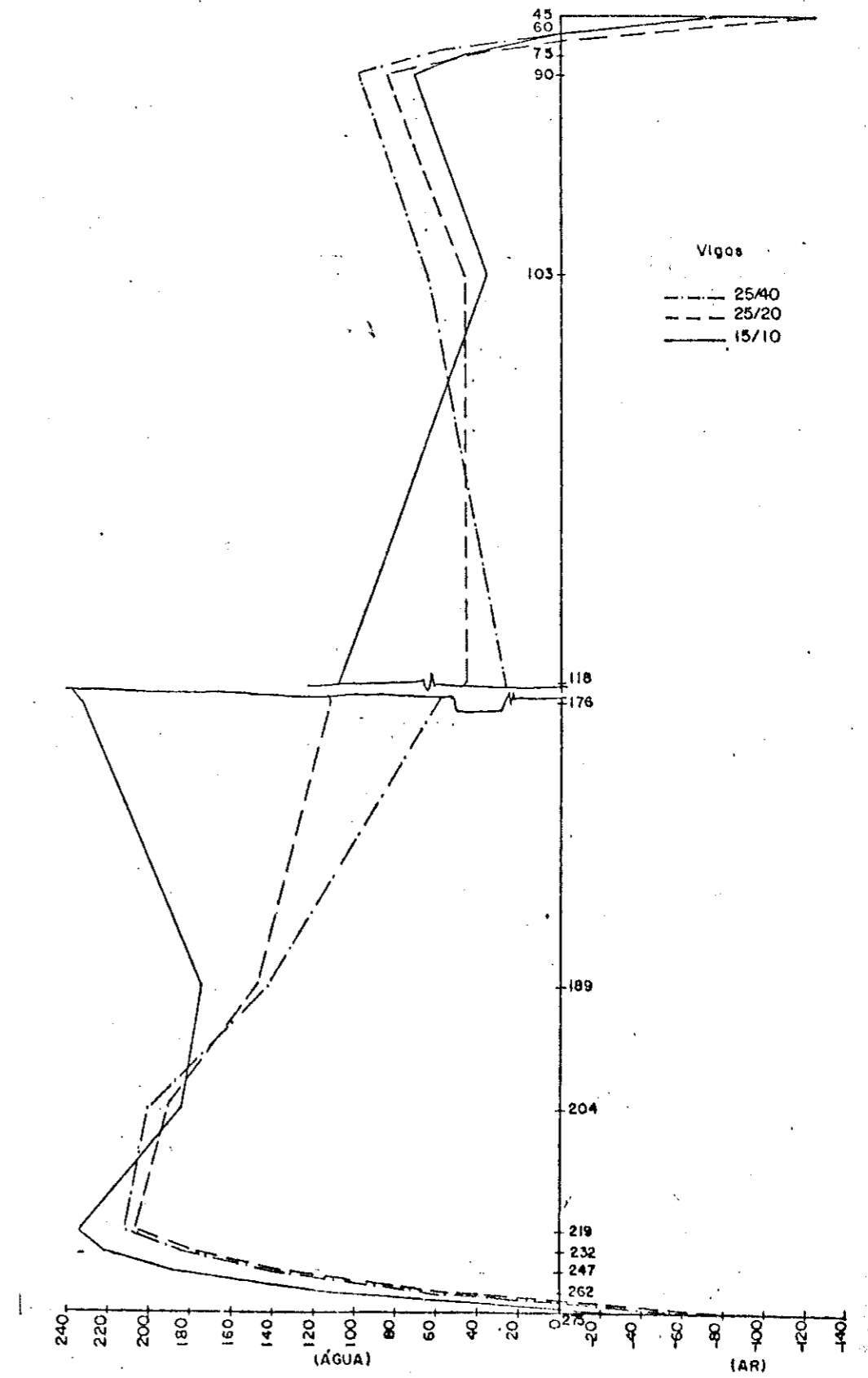


FIG.VI 4.1.8- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

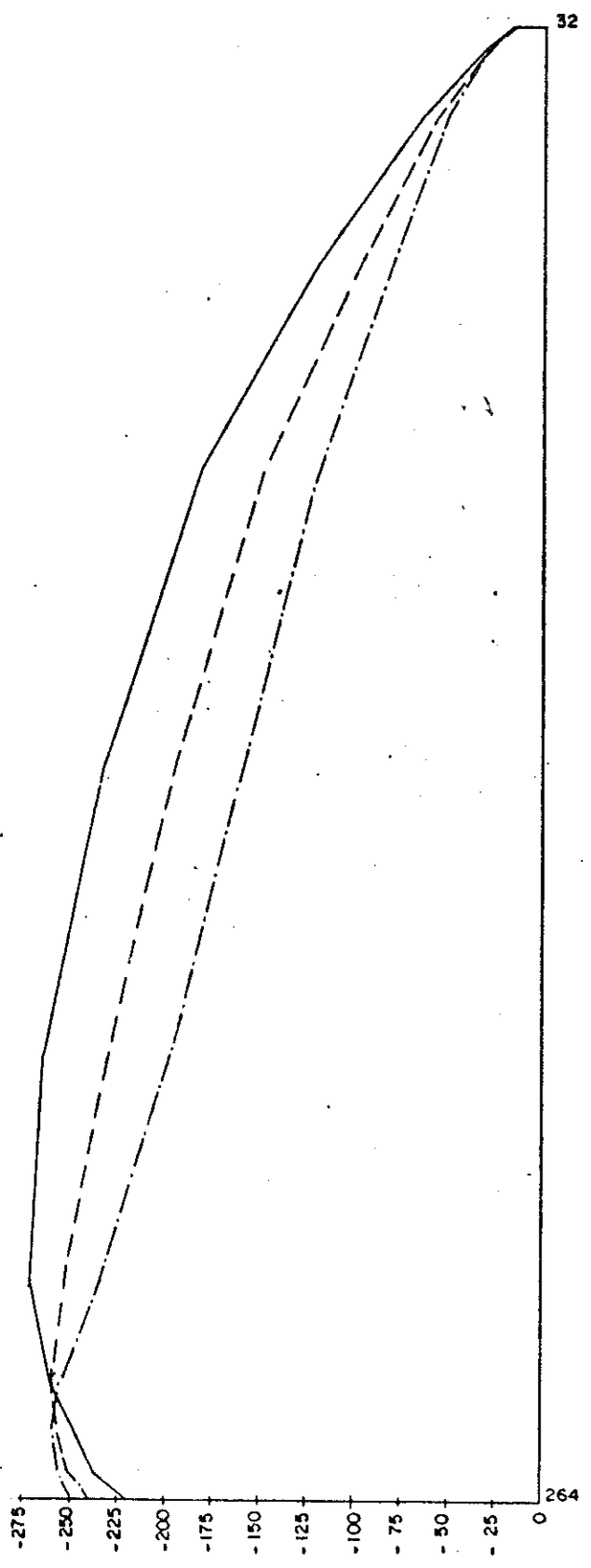


FIG.VI 4.1.9 - NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

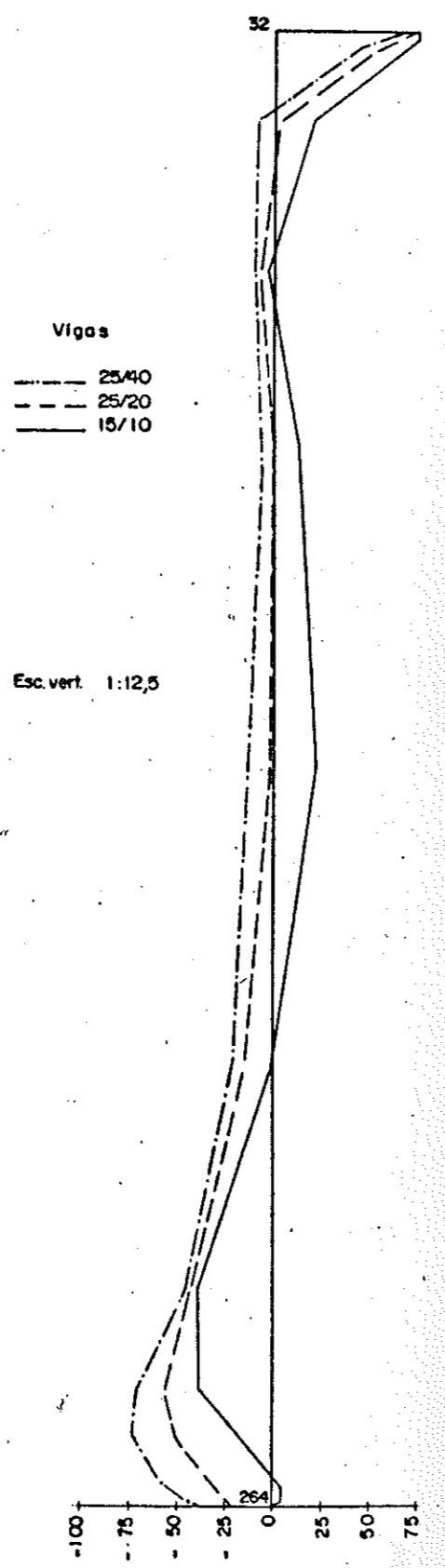


FIG.VI 4.1.10- NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

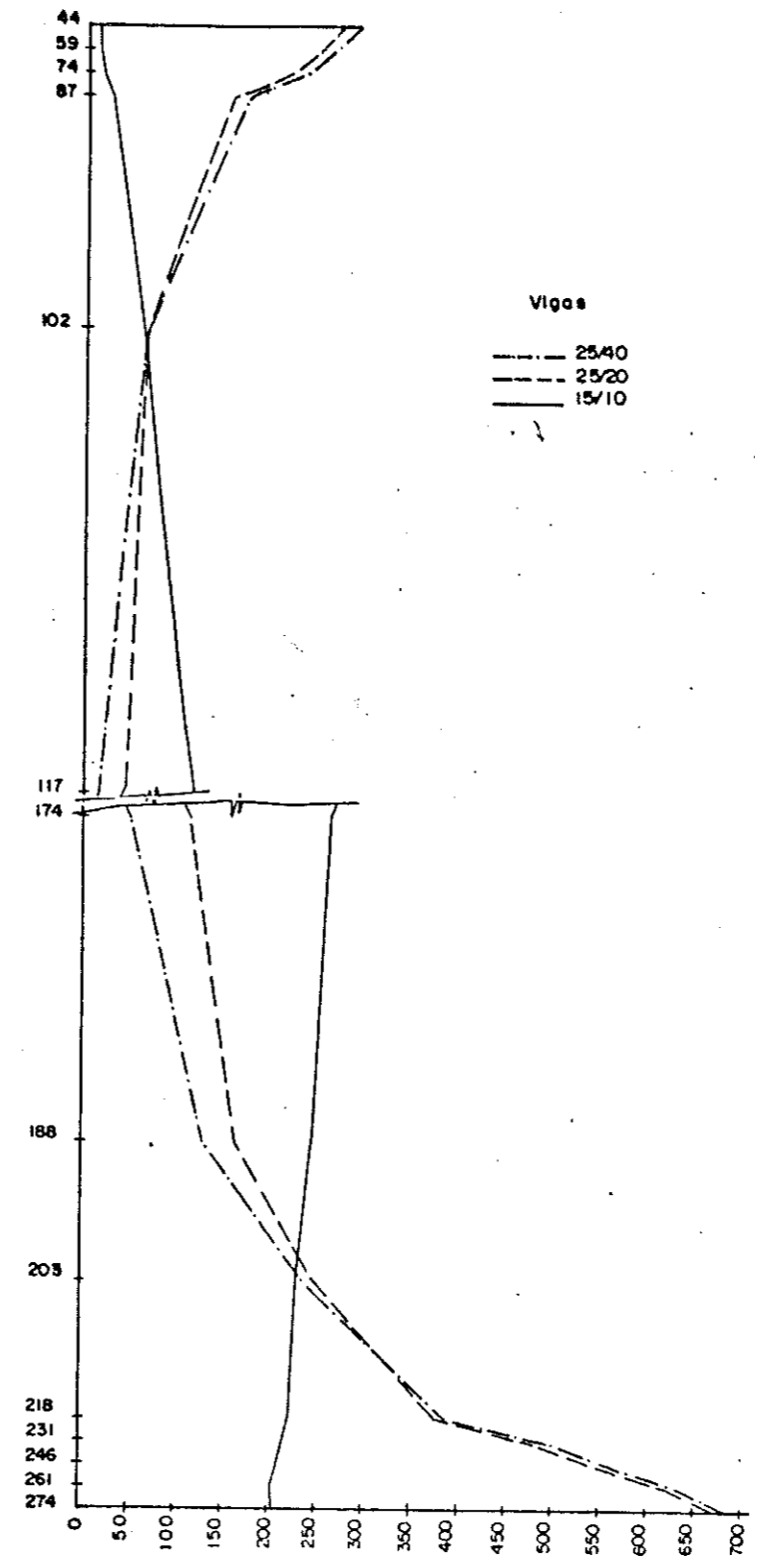


FIG.VI 4.1.11 - NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

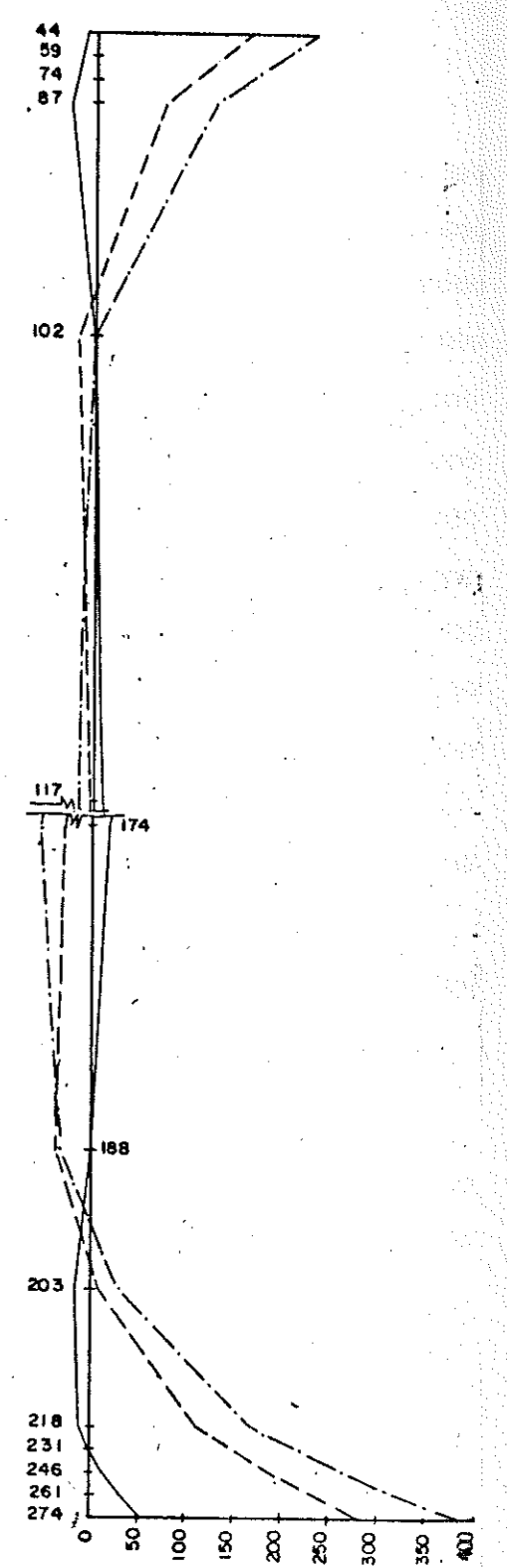


FIG.VI 4.1.12- NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

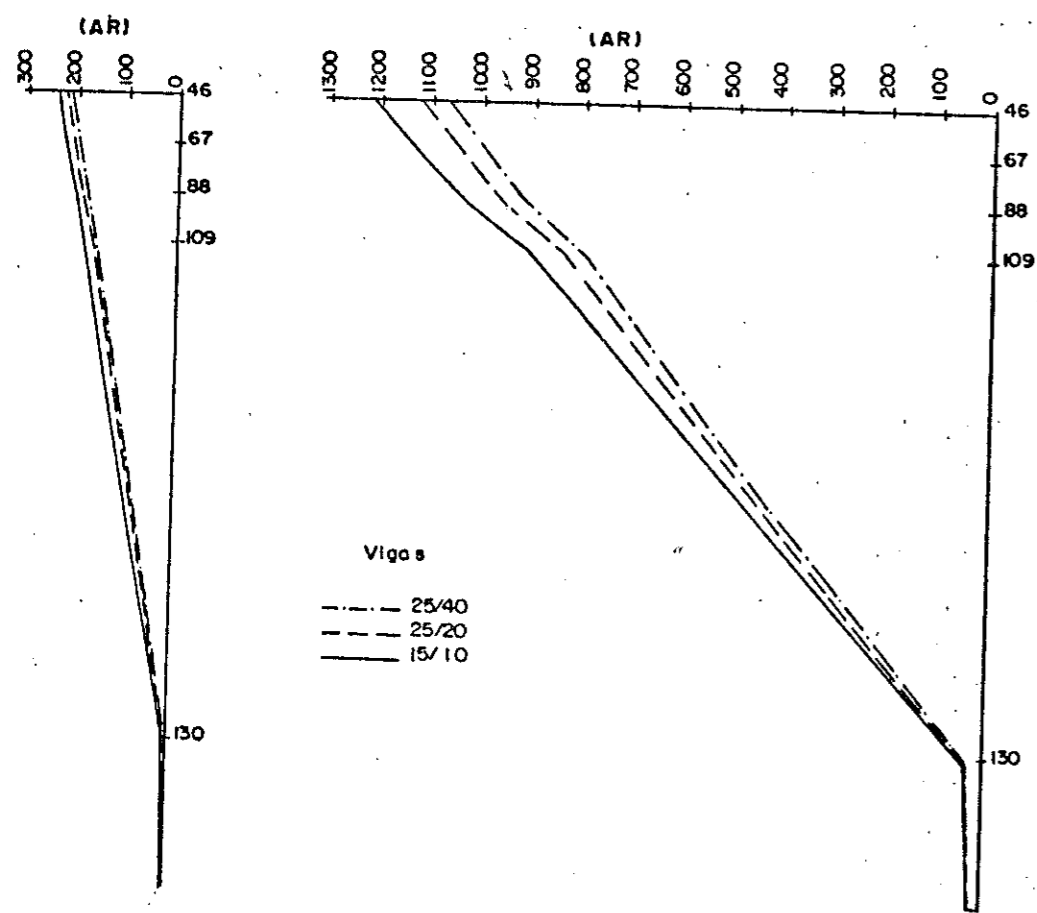


FIG.VI 4.1.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

FIG.VI 4.1.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.4.2 - Laje de fundo com $h_f = 70$ cm e viga com 15/10; 25/20 e 25/40.

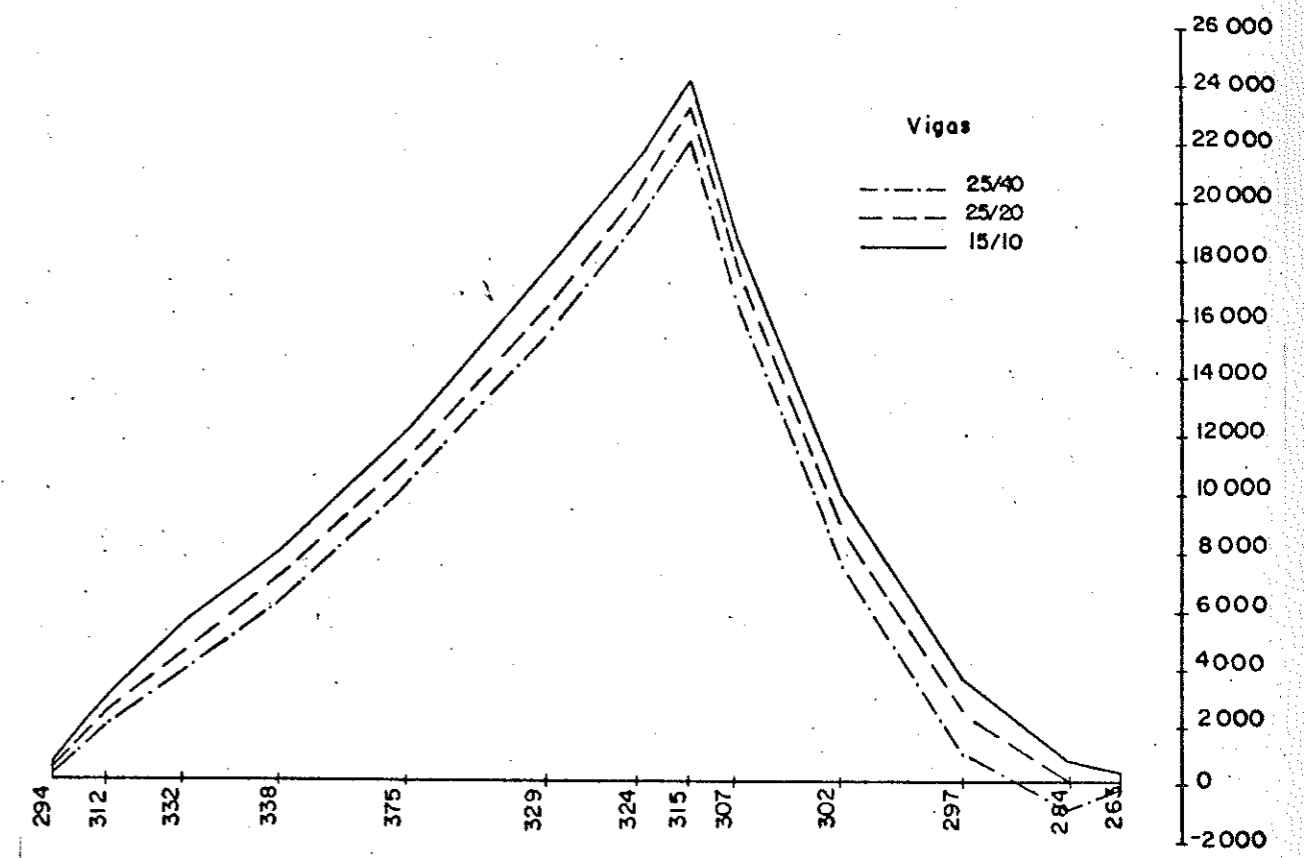


FIG.VI 4.2.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

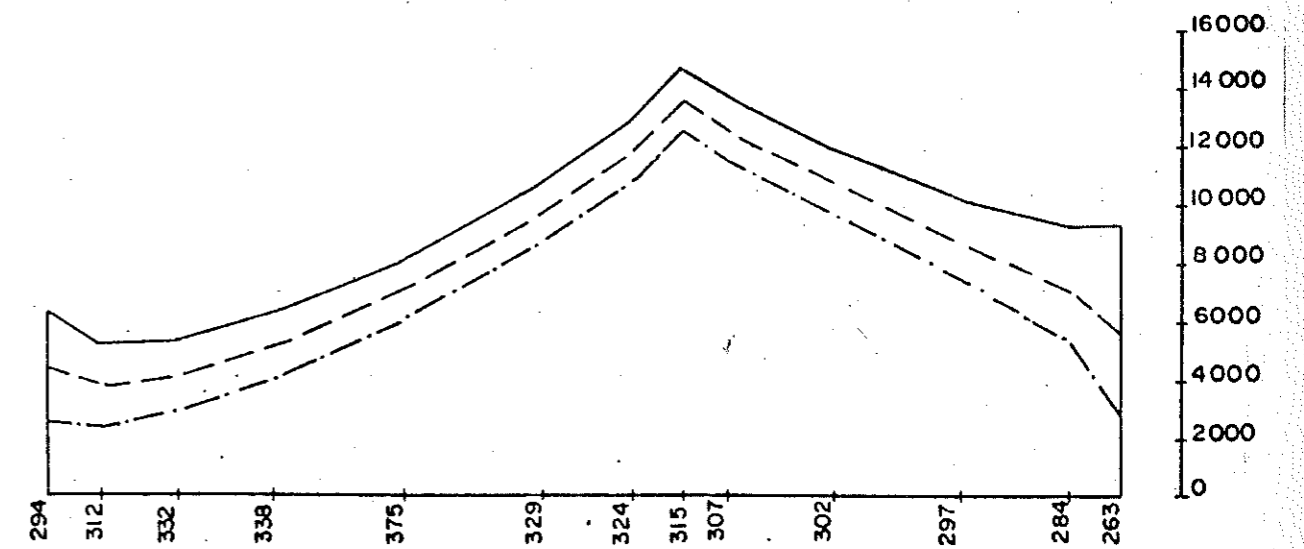


FIG.VI 4.2.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

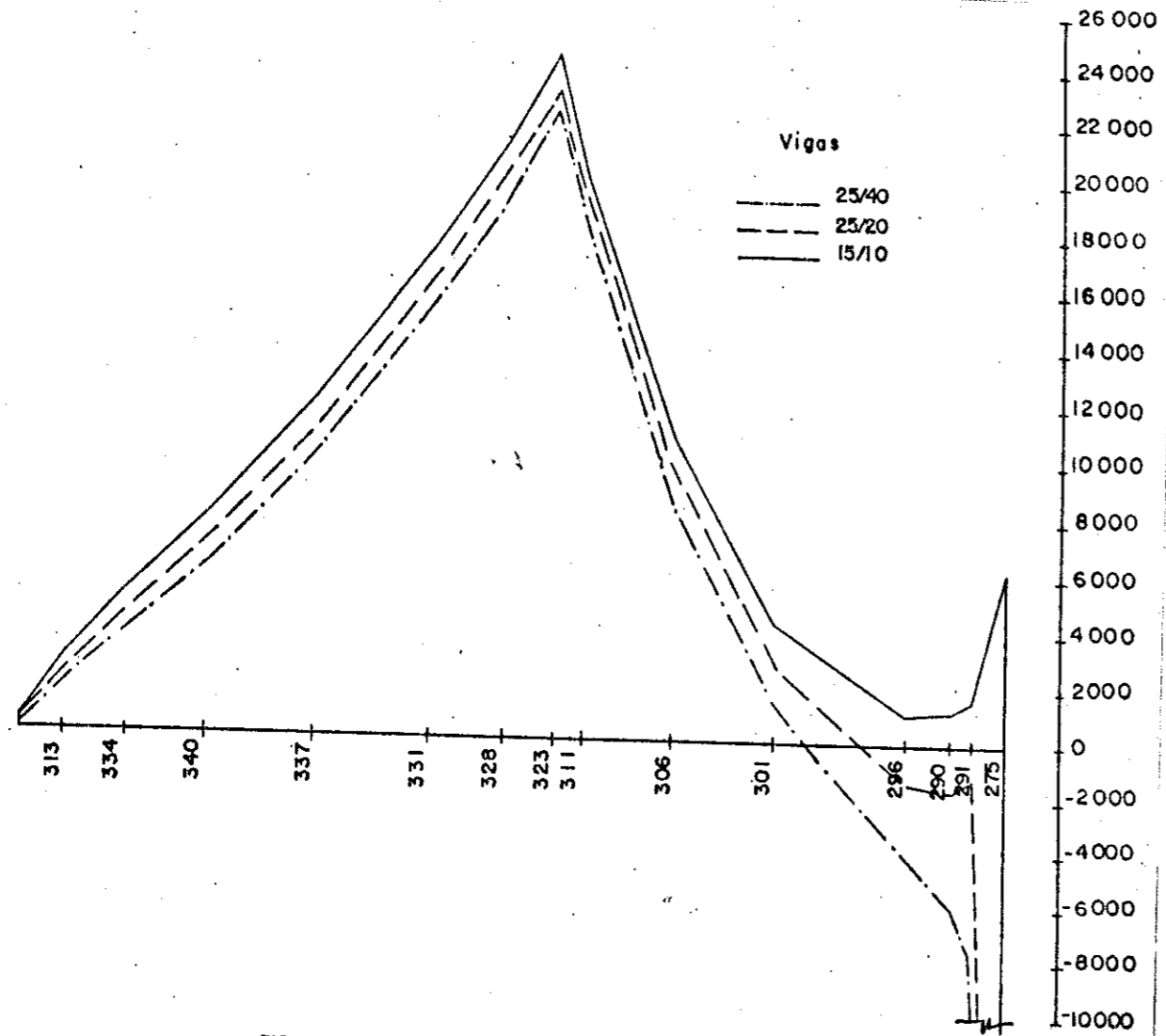


FIG.VI 4.2.3- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

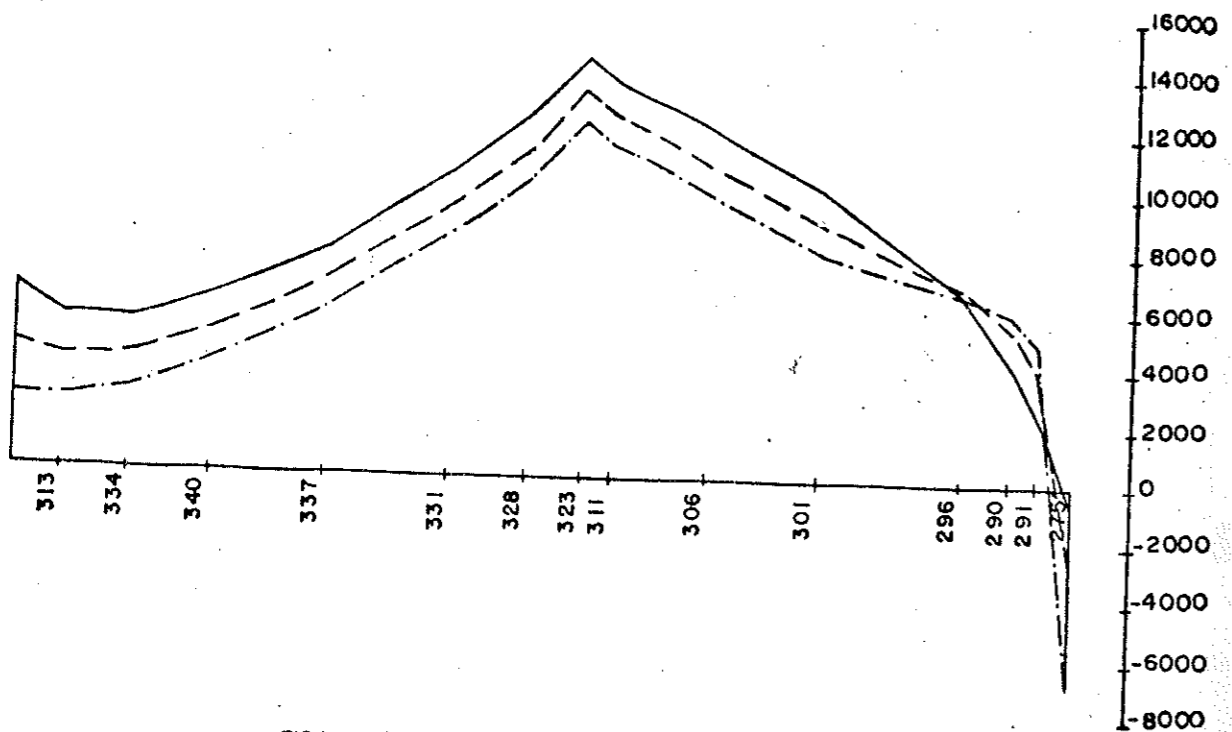


FIG.VI 4.2.4- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

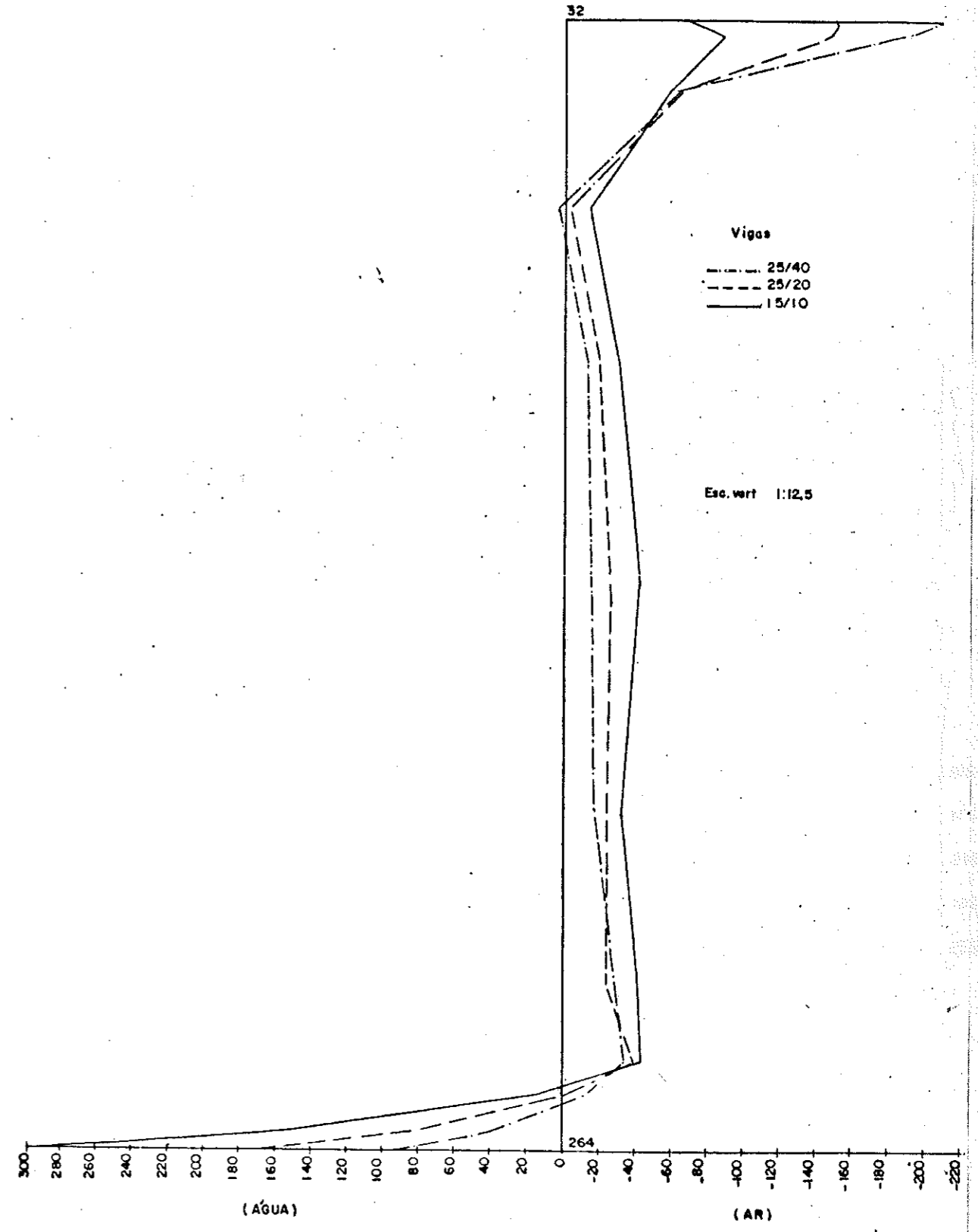


FIG.VI 4.2.5- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

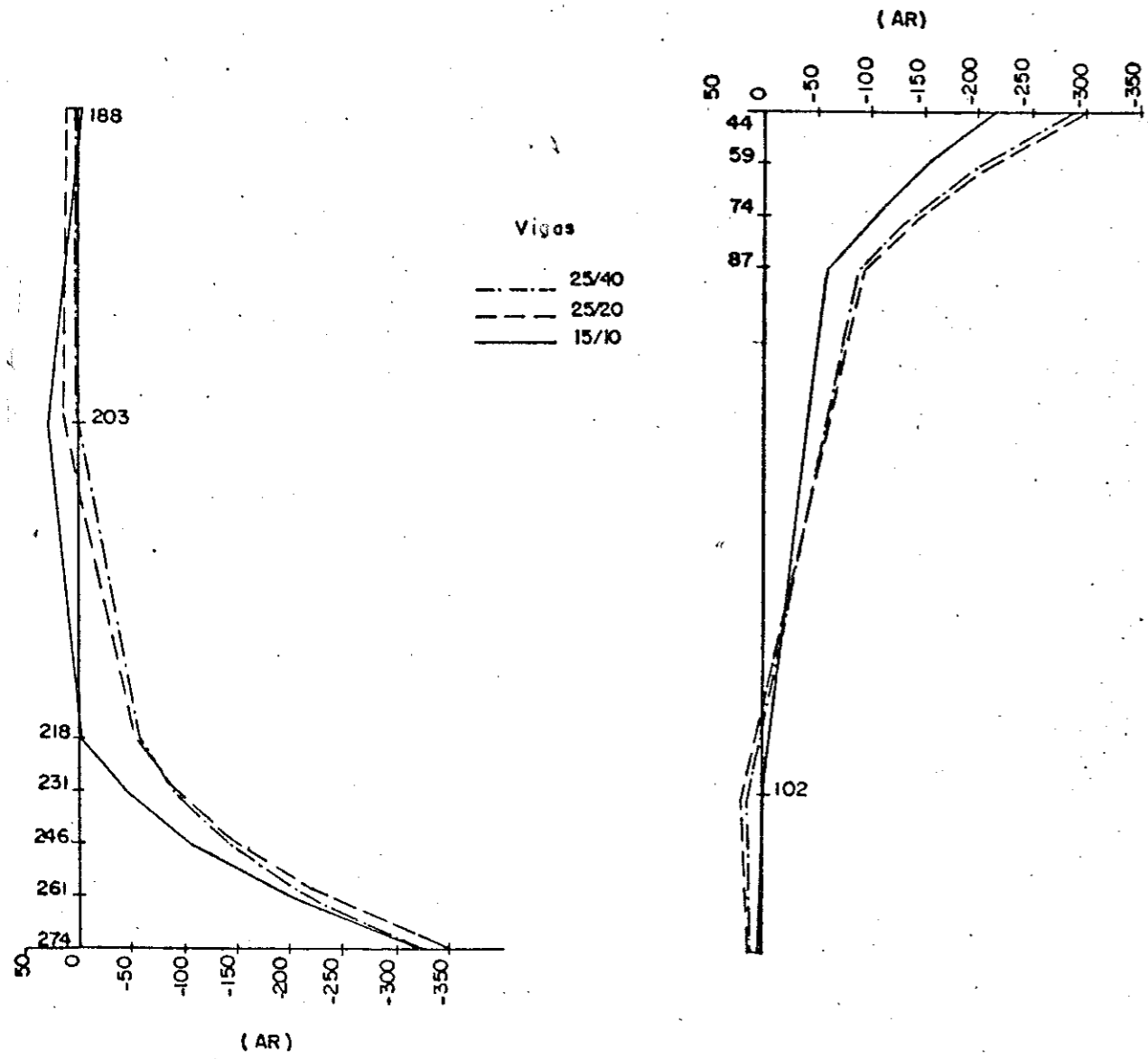


FIG.VI 4.2.6 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

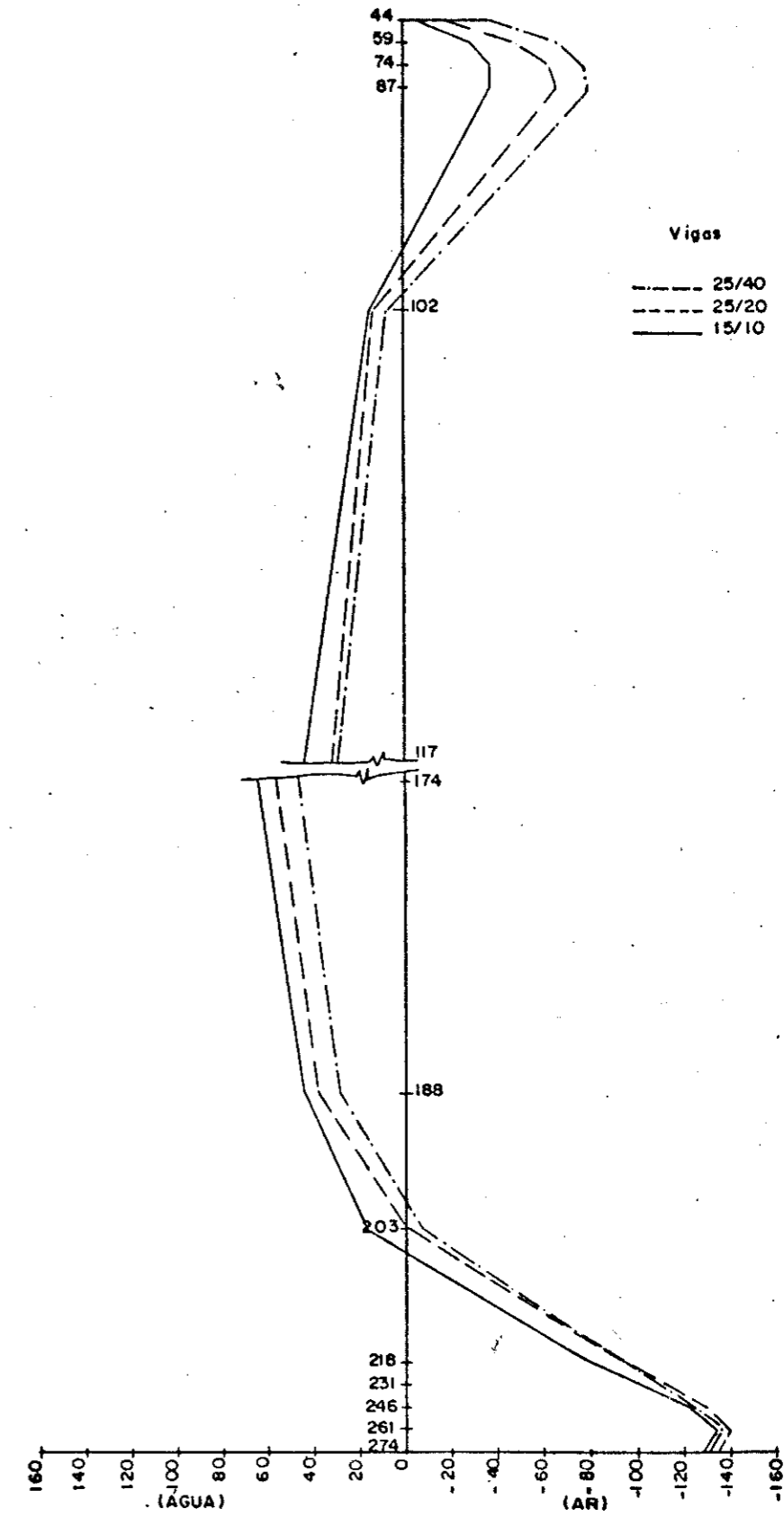


FIG.VI 4.2.7 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

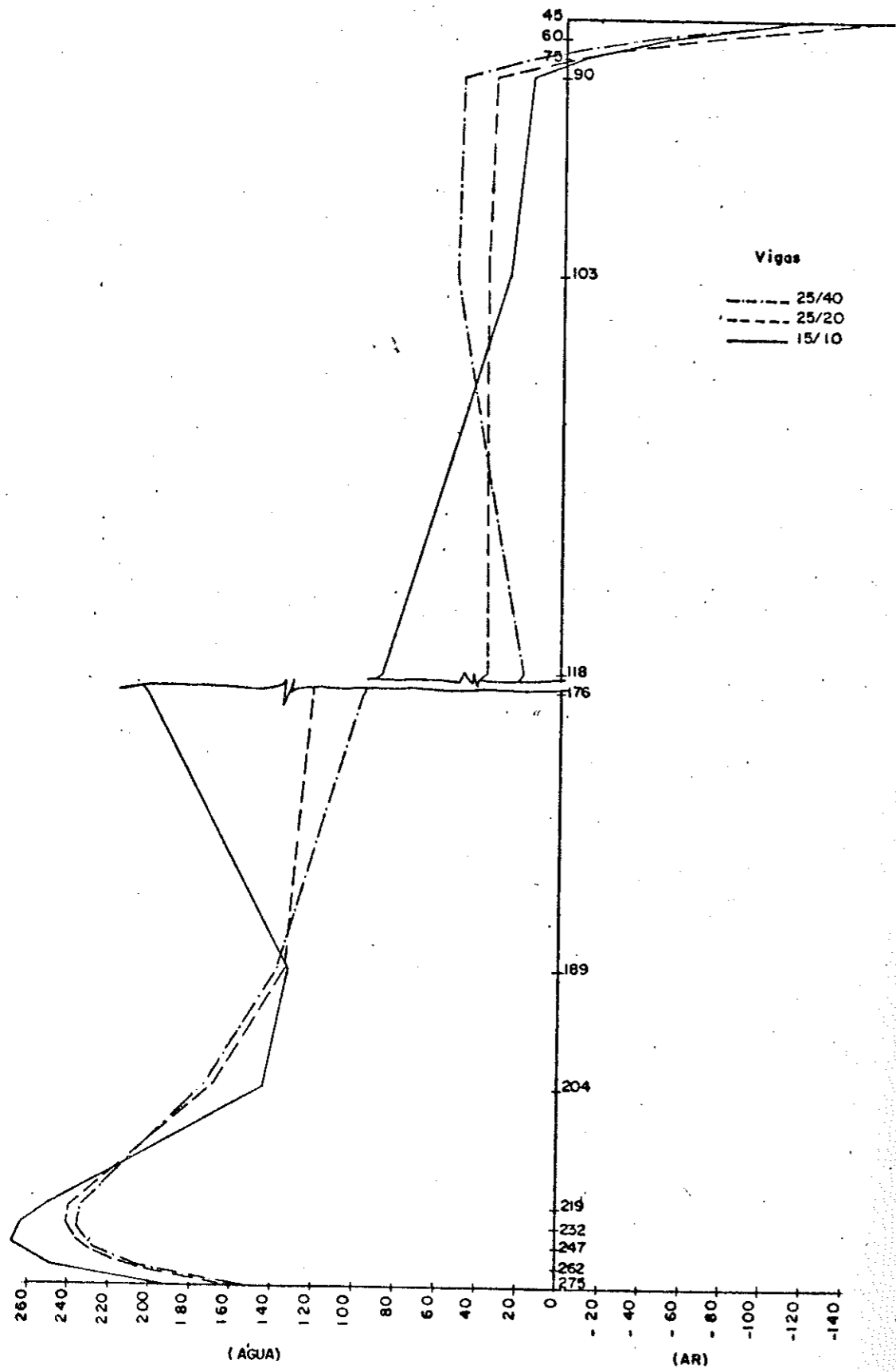


FIG.VI 4.2.8- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

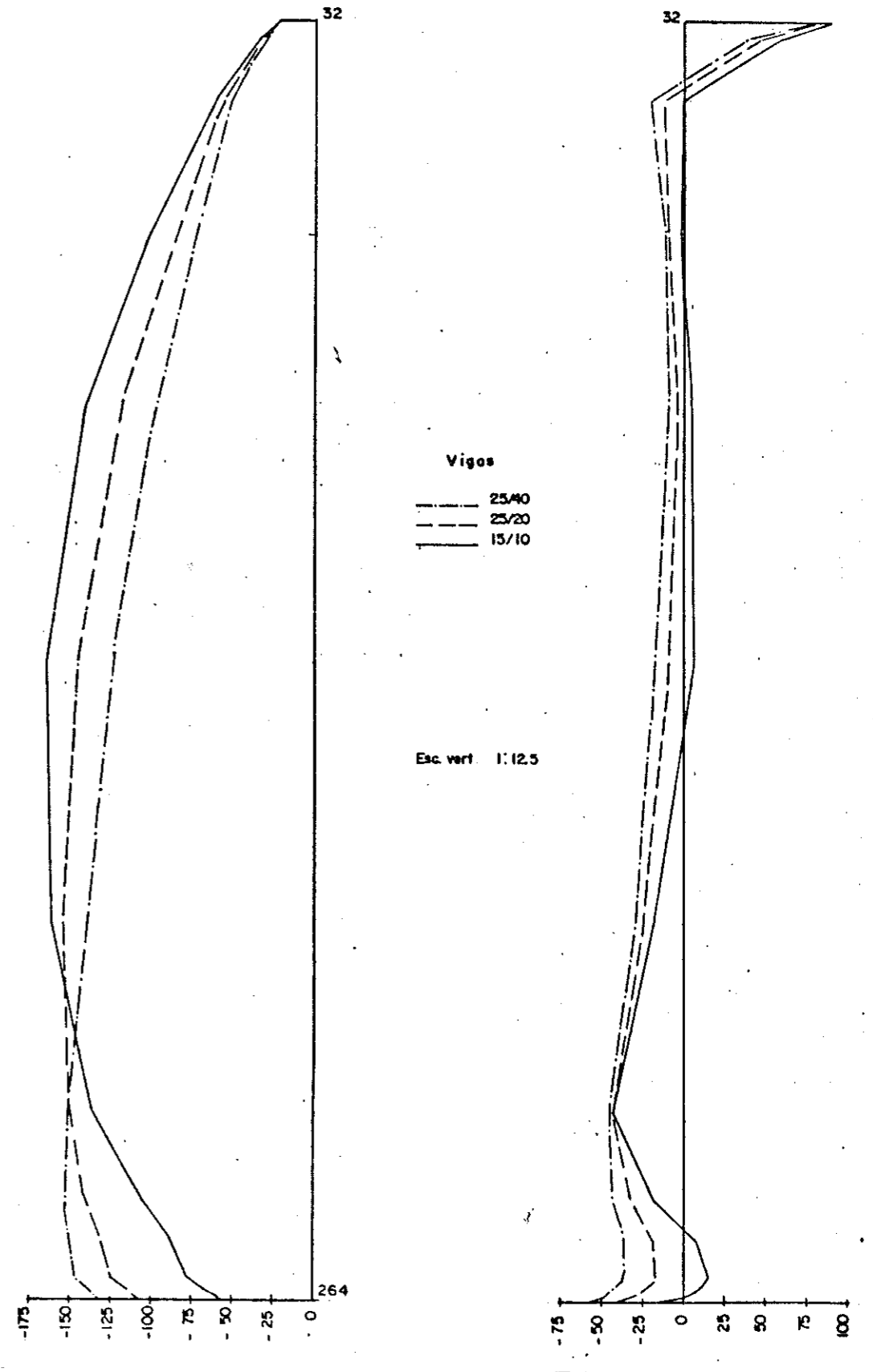


FIG.VI 4.2.9 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 4.2.10- NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

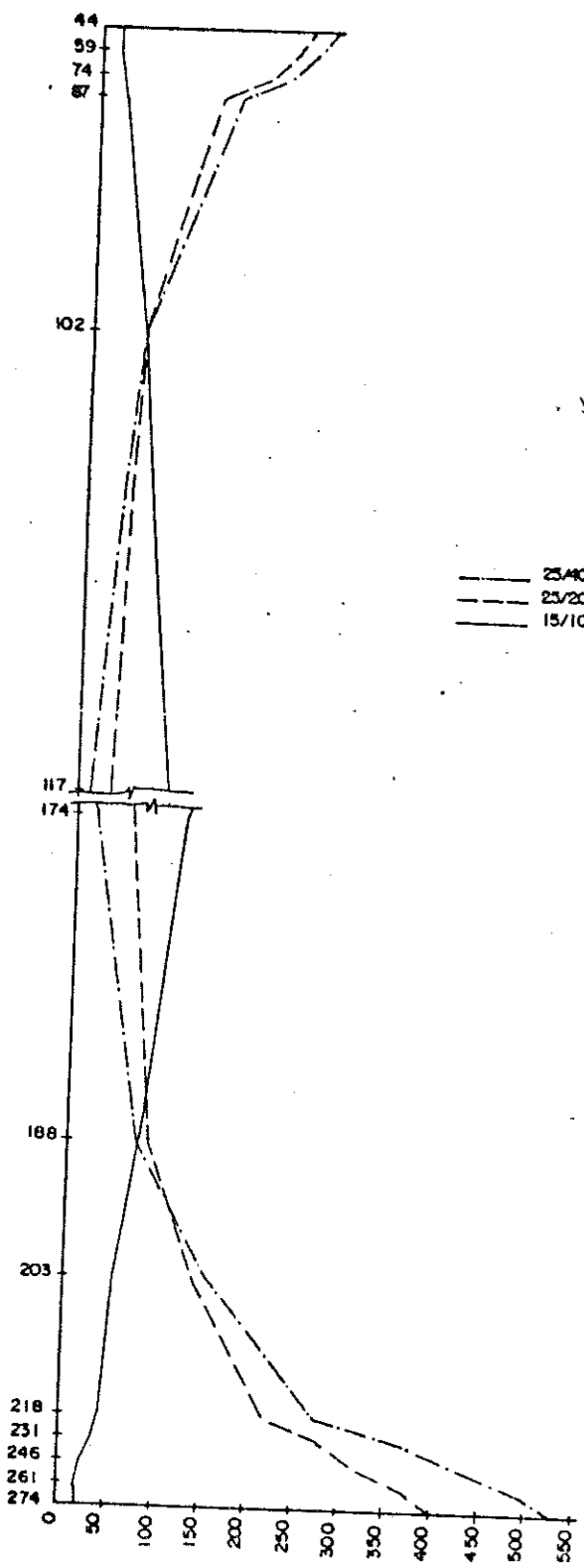


FIG.VI 4.2.11 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

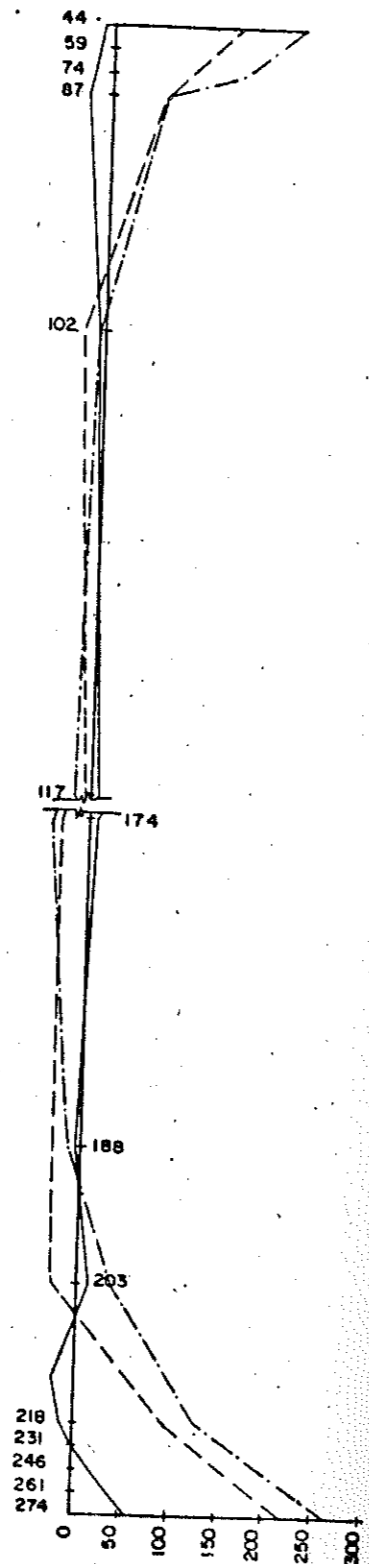


FIG.VI 4.2.12 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

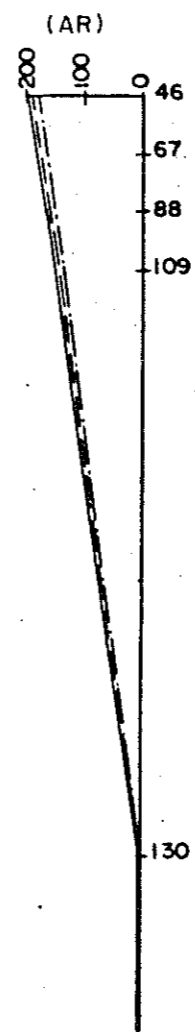


FIG.VI 4.2.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

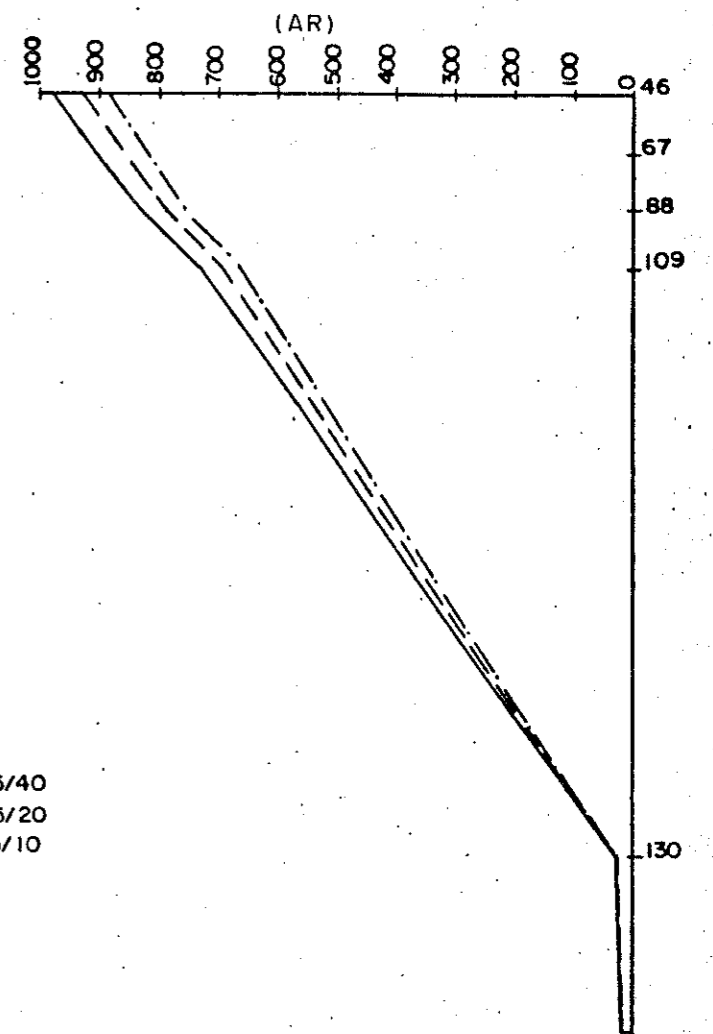


FIG.VI 4.2.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.5 - Exemplos comparativos para reservatório com $n = 20$ e $e_c = 4\text{cm}$

VI.5.1 - Laje de fundo com $h_f = 40\text{cm}$ e viga com 15/10; 25/20 e 25/40

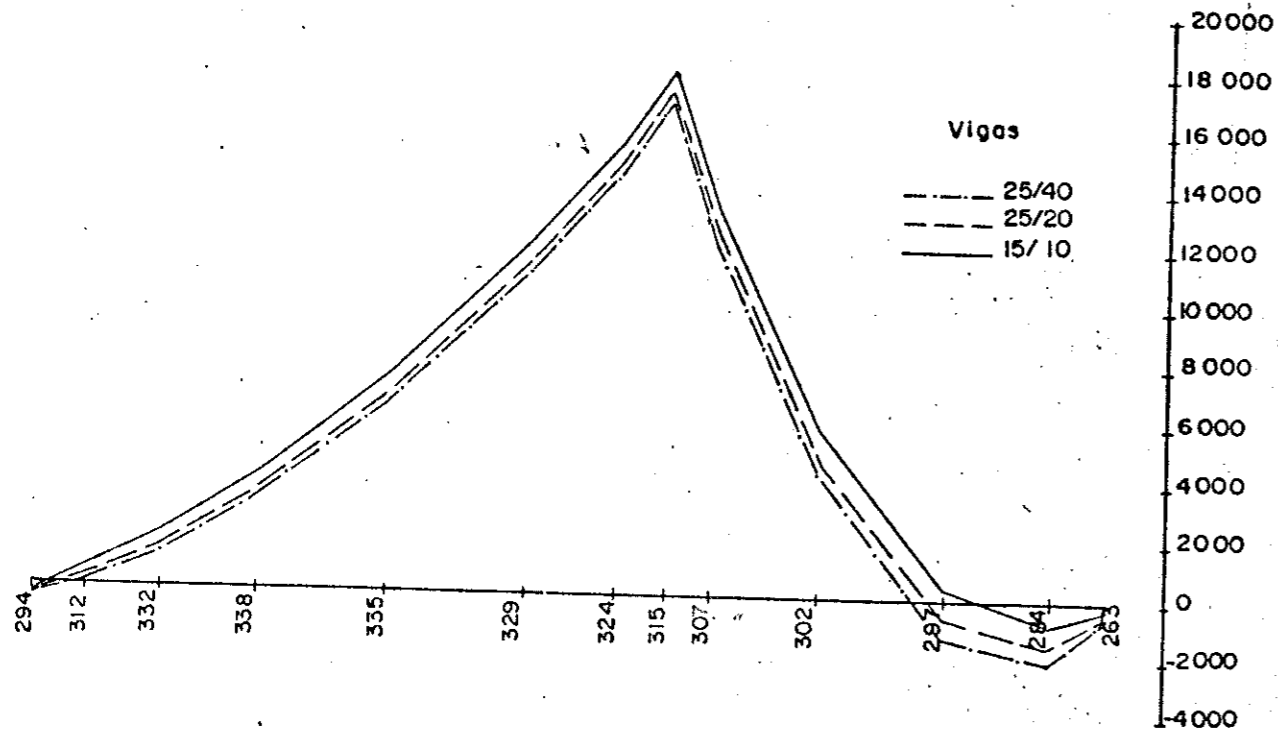


FIG.VI 5.1.1- MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

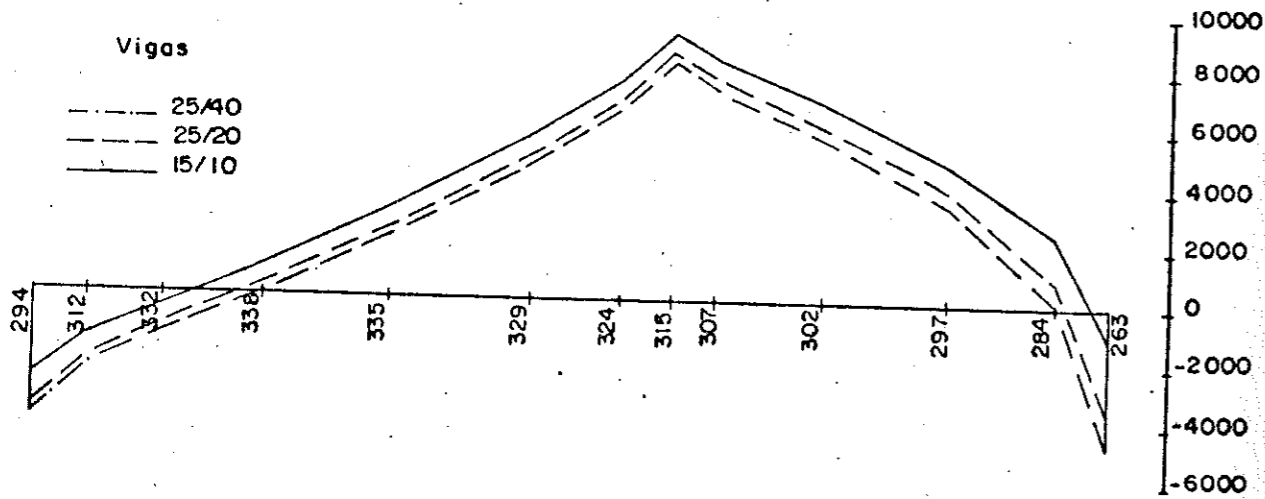


FIG.VI 5.1.2- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

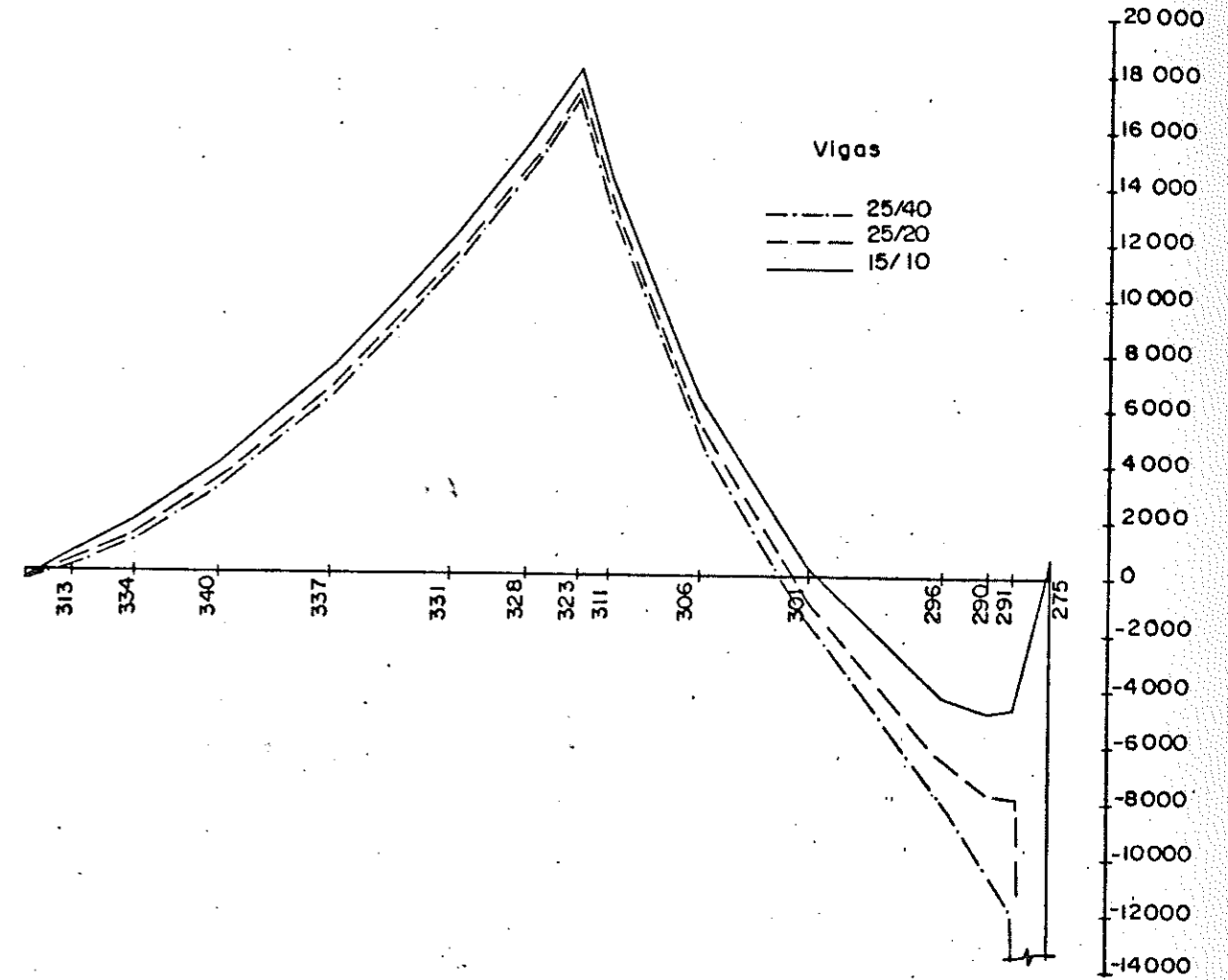


FIG.VI 5.1.3- MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

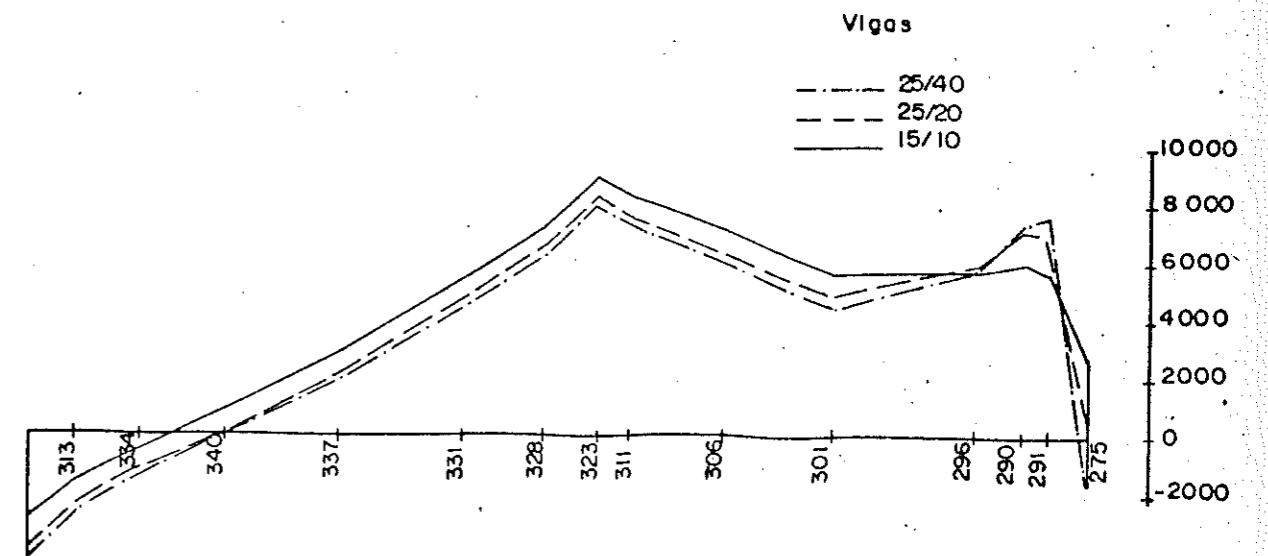


FIG.VI 5.1.4- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

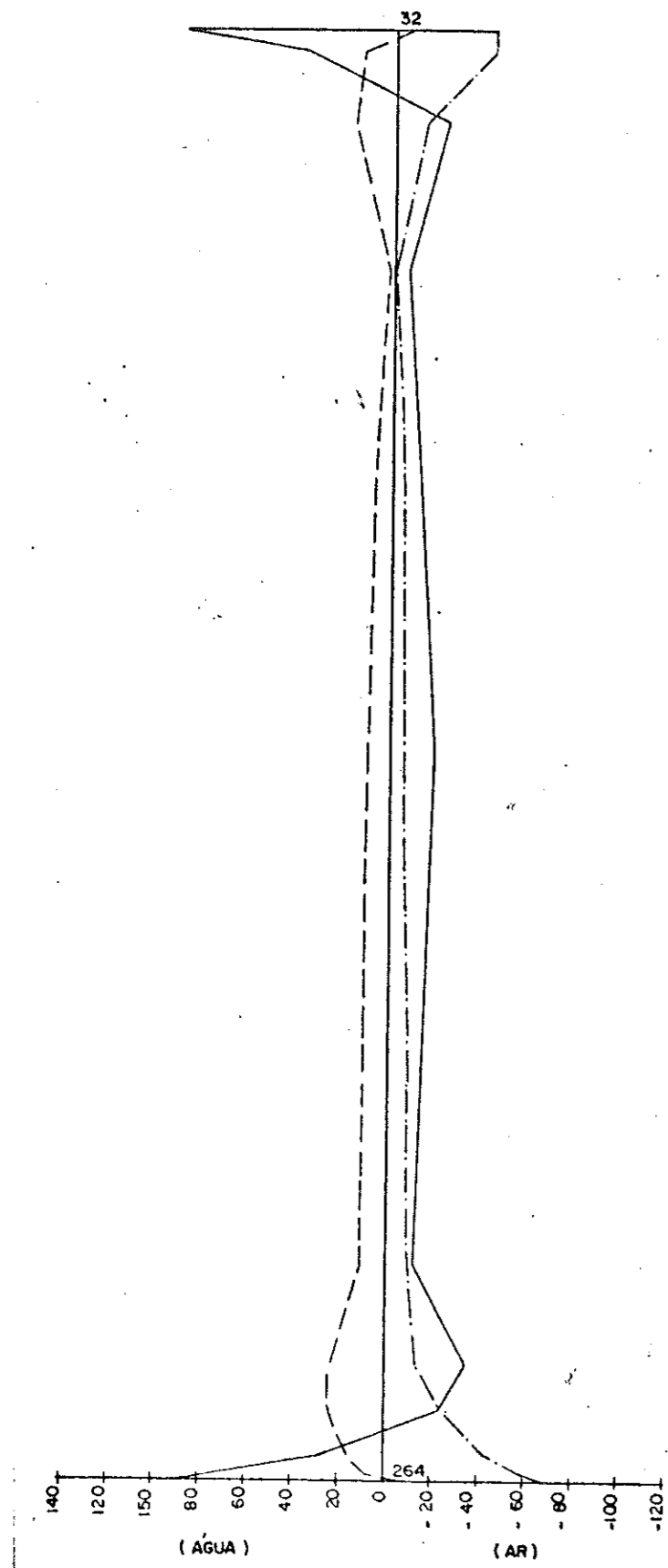


FIG.VI 5.1.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

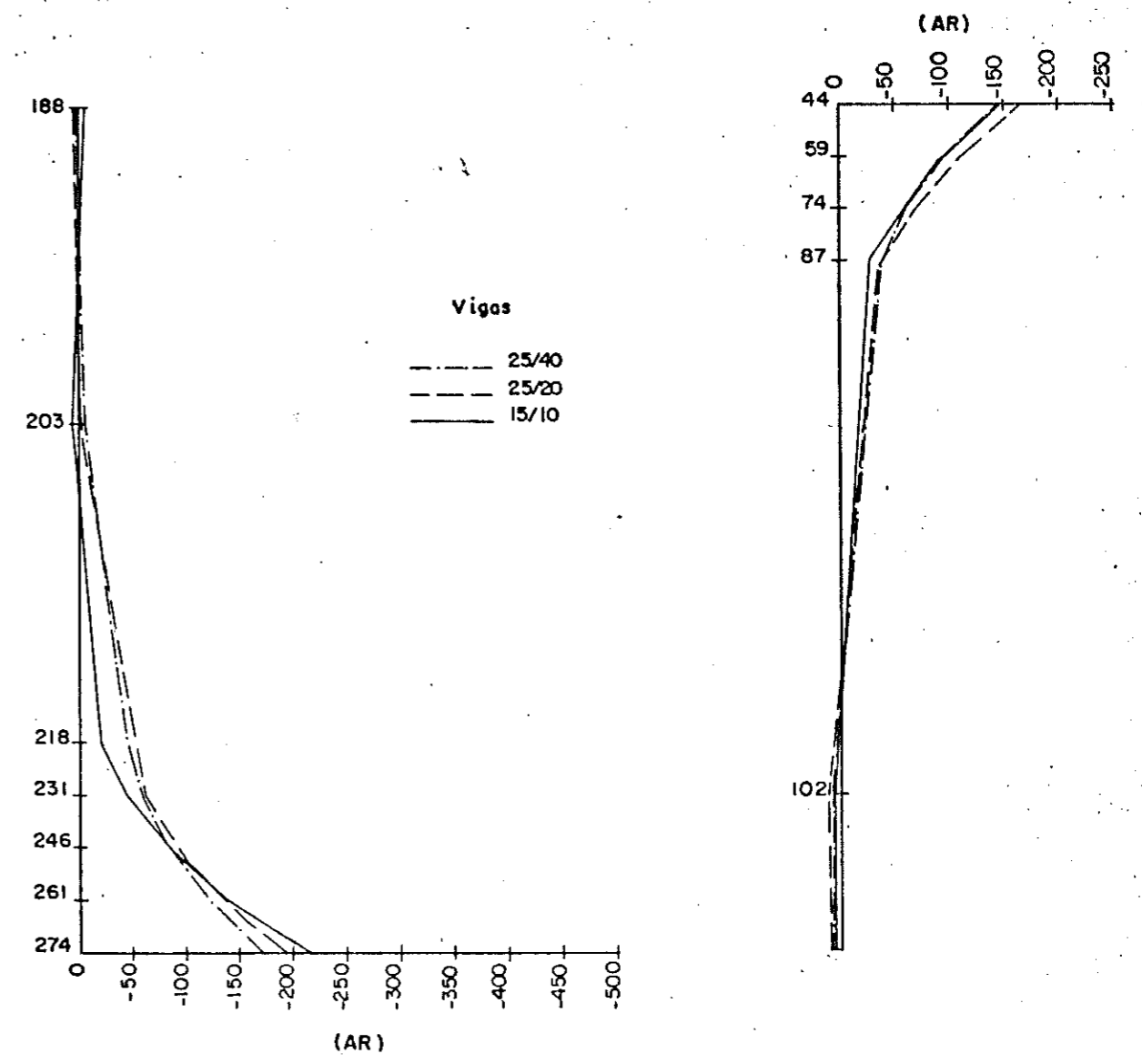


FIG.VI 5.1.6 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

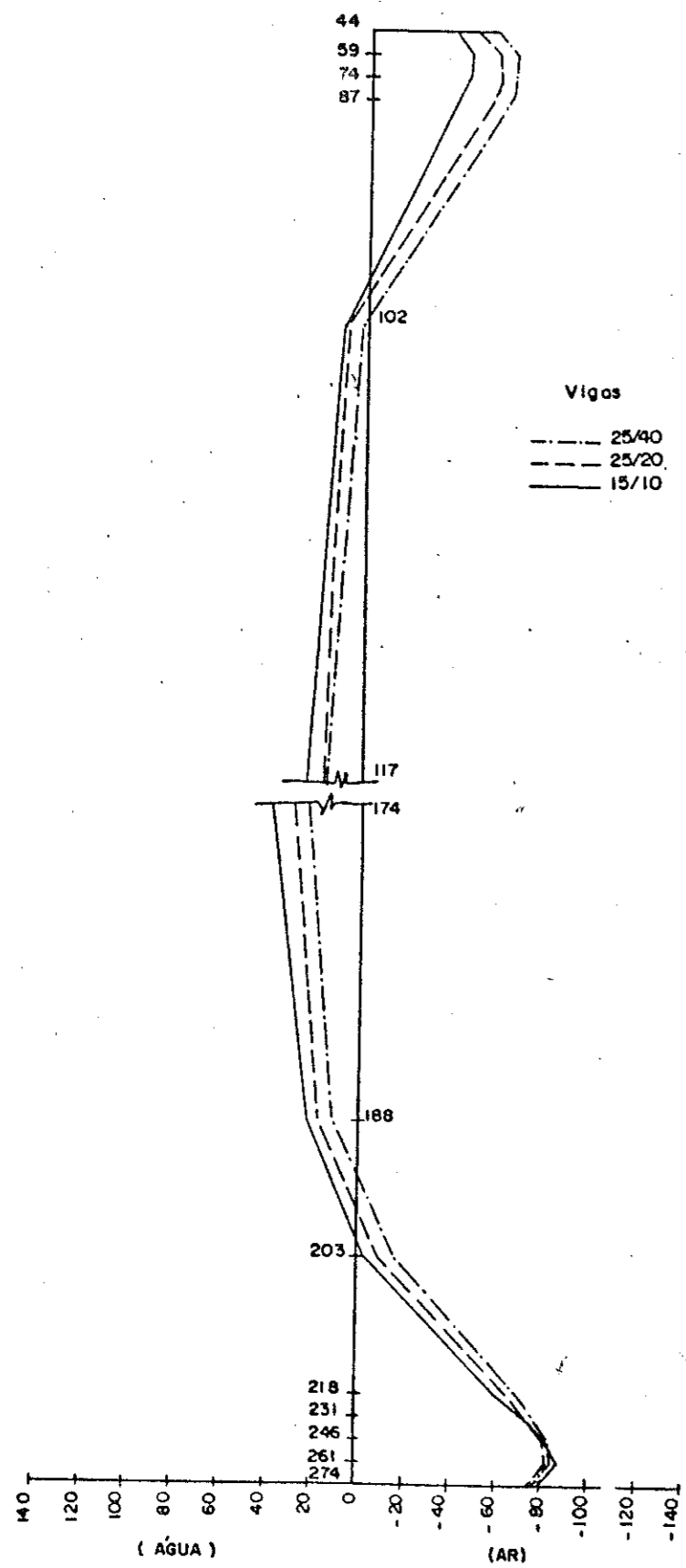


FIG. VI 5.1.7 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

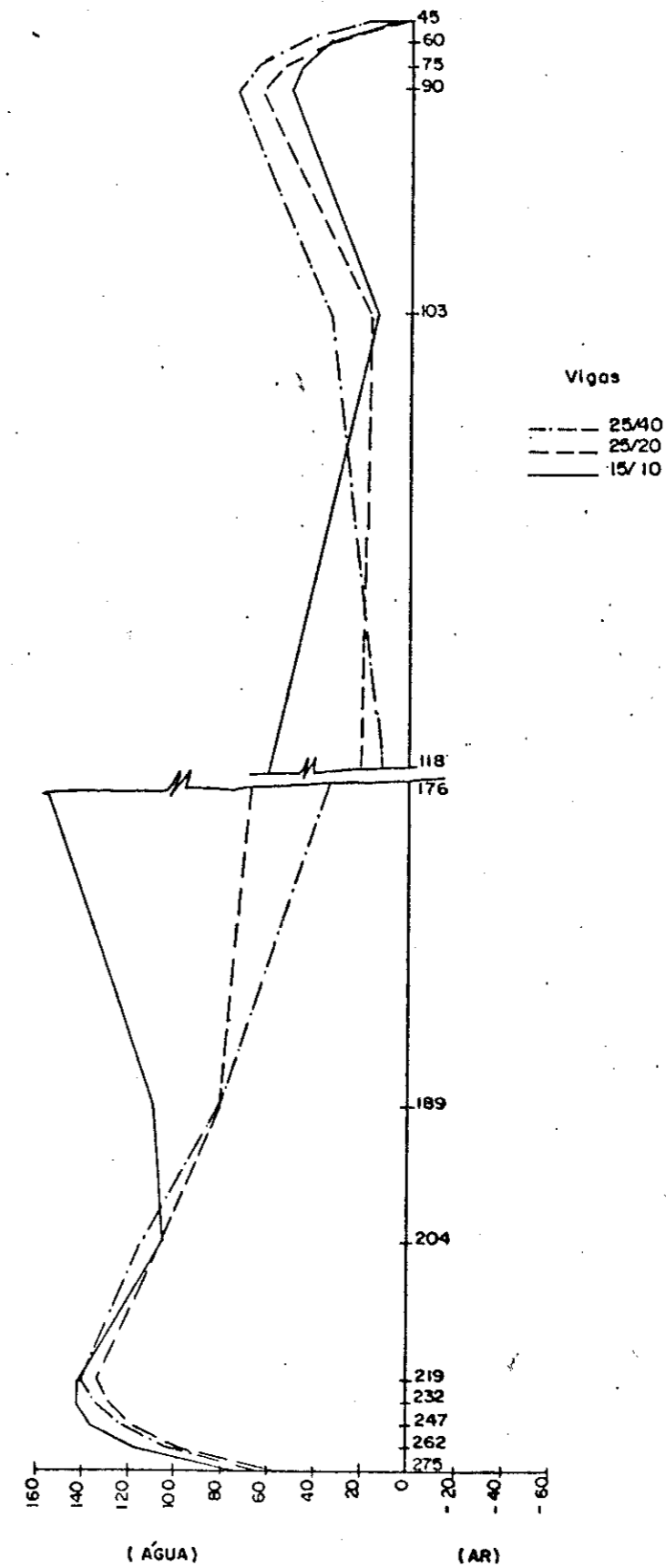


FIG. VI 5.1.8 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

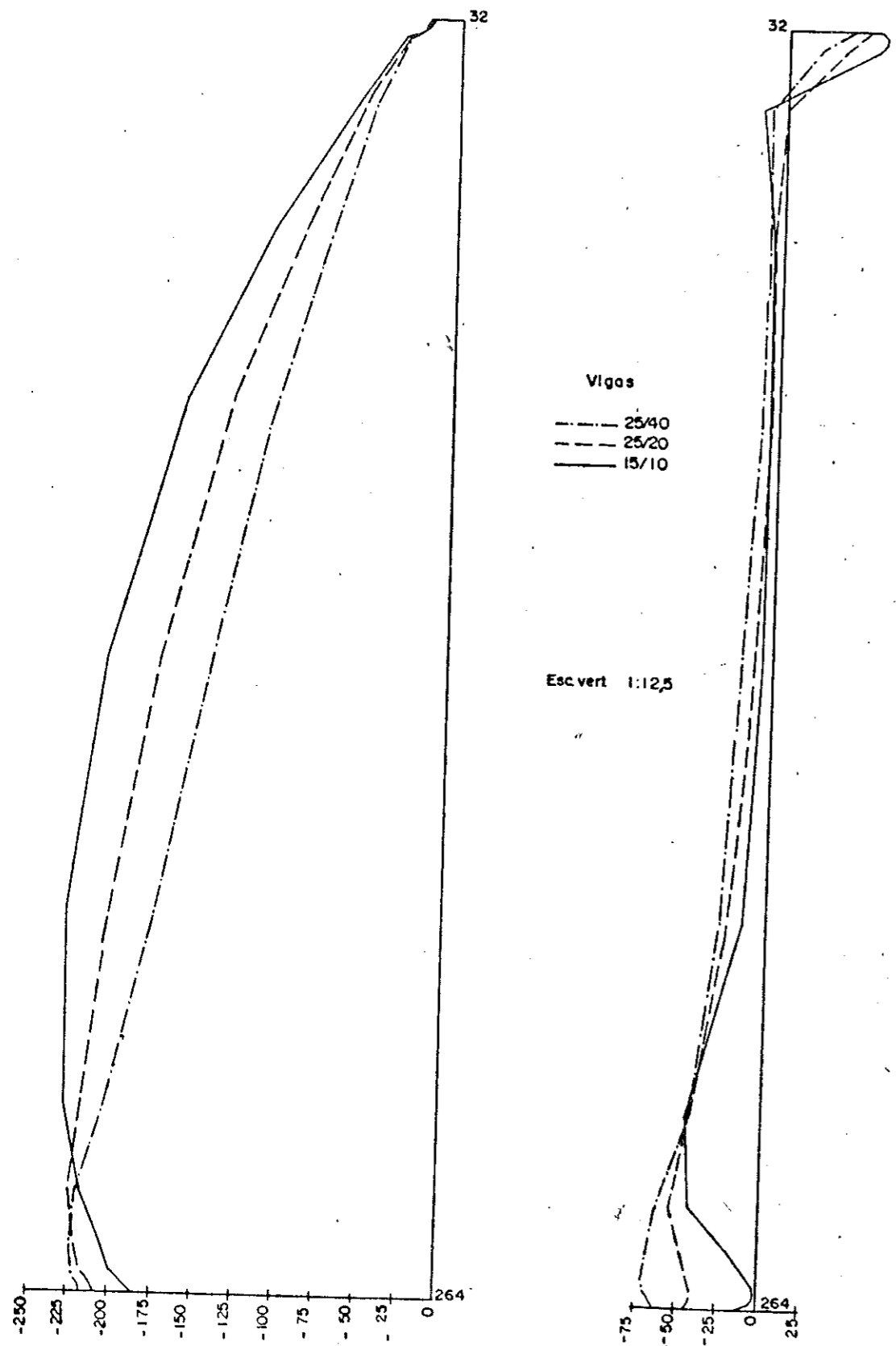


FIG.VI 5.1.9 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 5.1.10 -NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

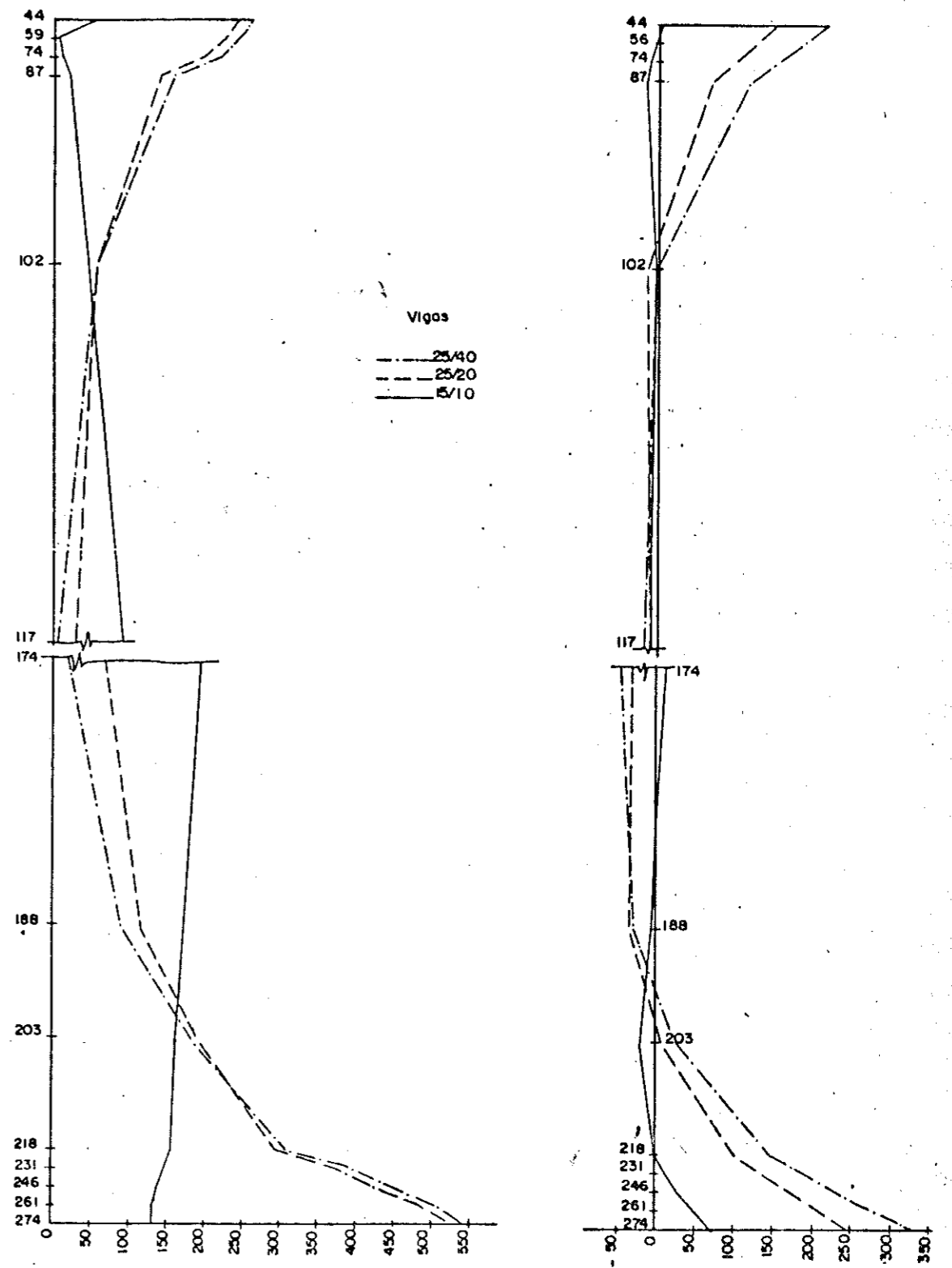


FIG.VI 5.1.11 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 5.1.12 -NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

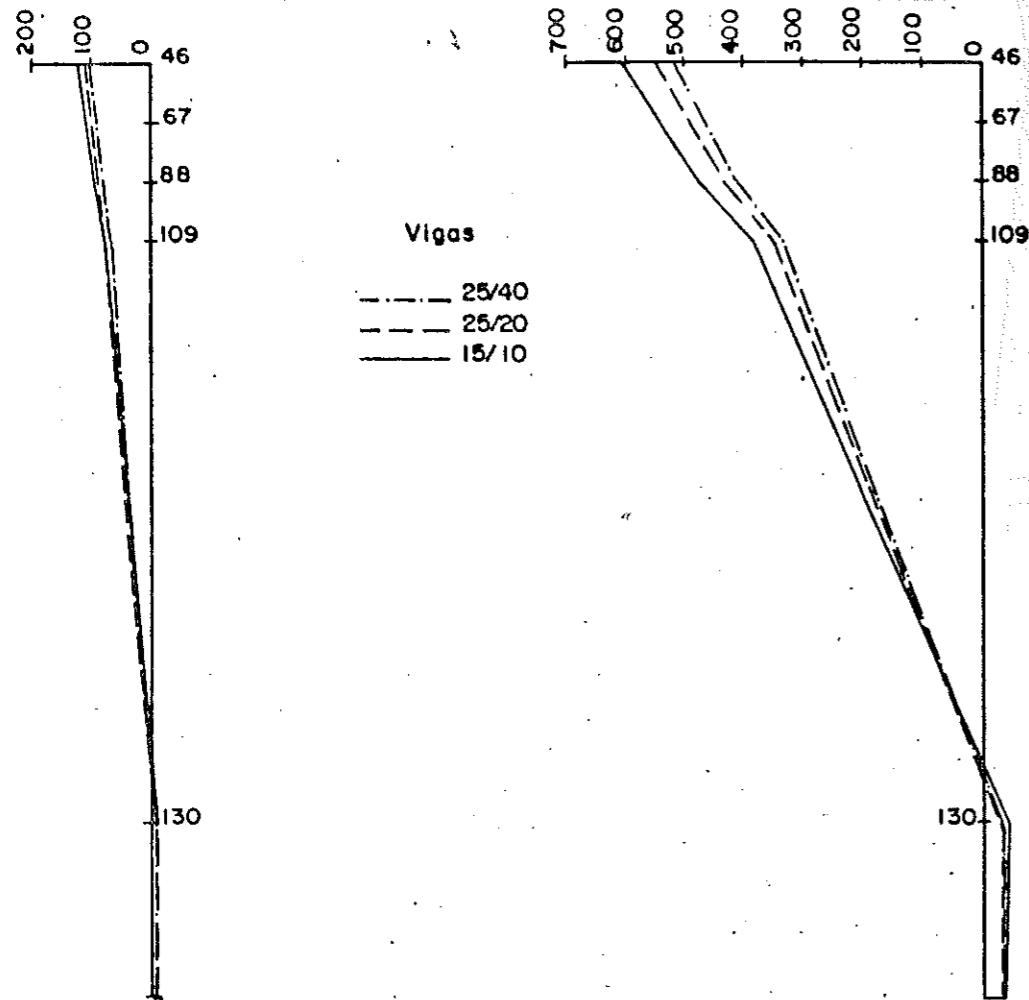


FIG. VI 5.1.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

FIG. VI 5.1.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.5.2 - Laje de fundo com $h_f = 70$ cm e viga com 15/10; 25/20 e 25/40.

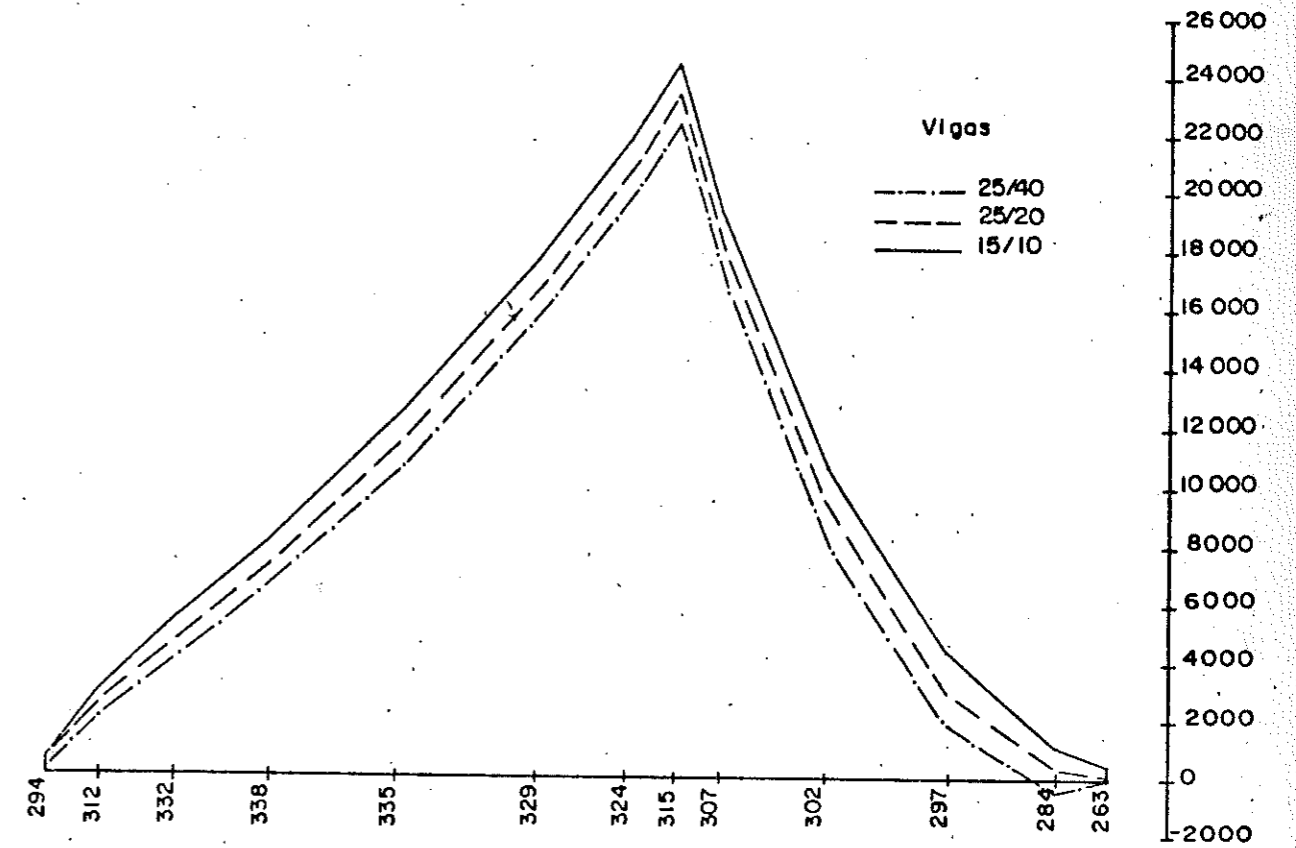


FIG. VI 5.2.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

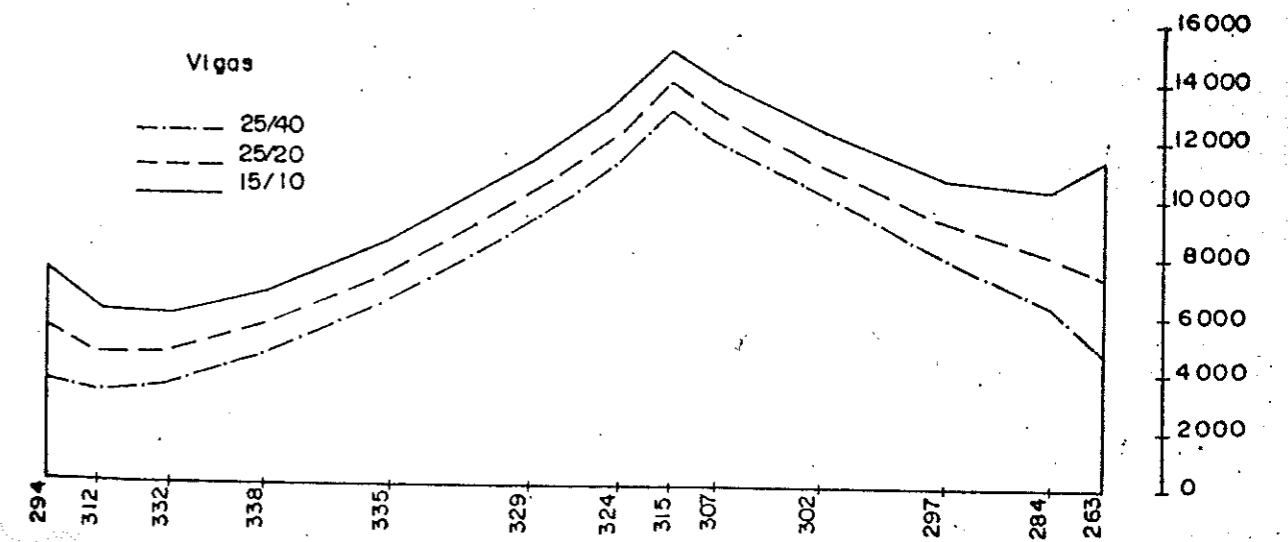


FIG. VI 5.2.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

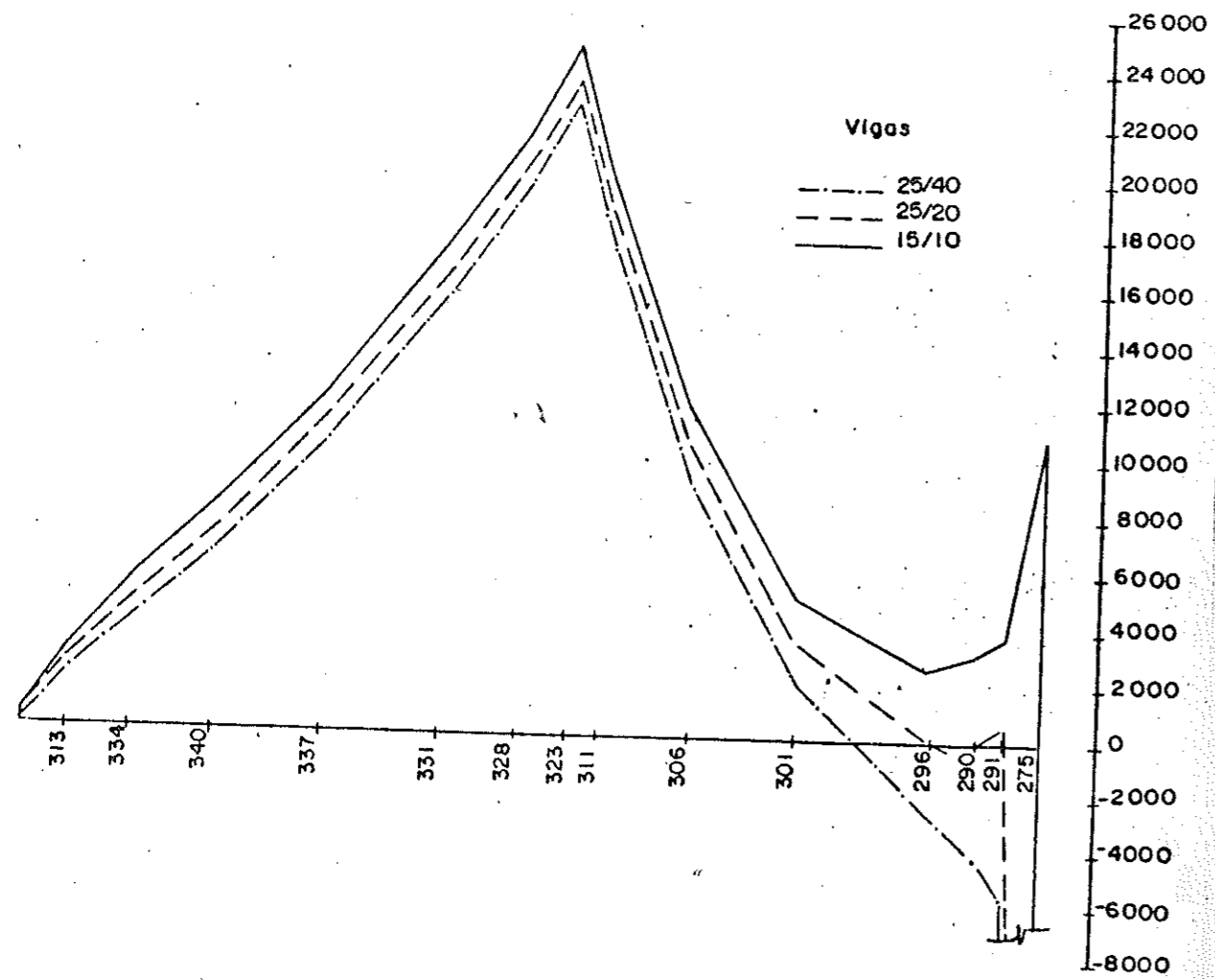


FIG.VI 5.2.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

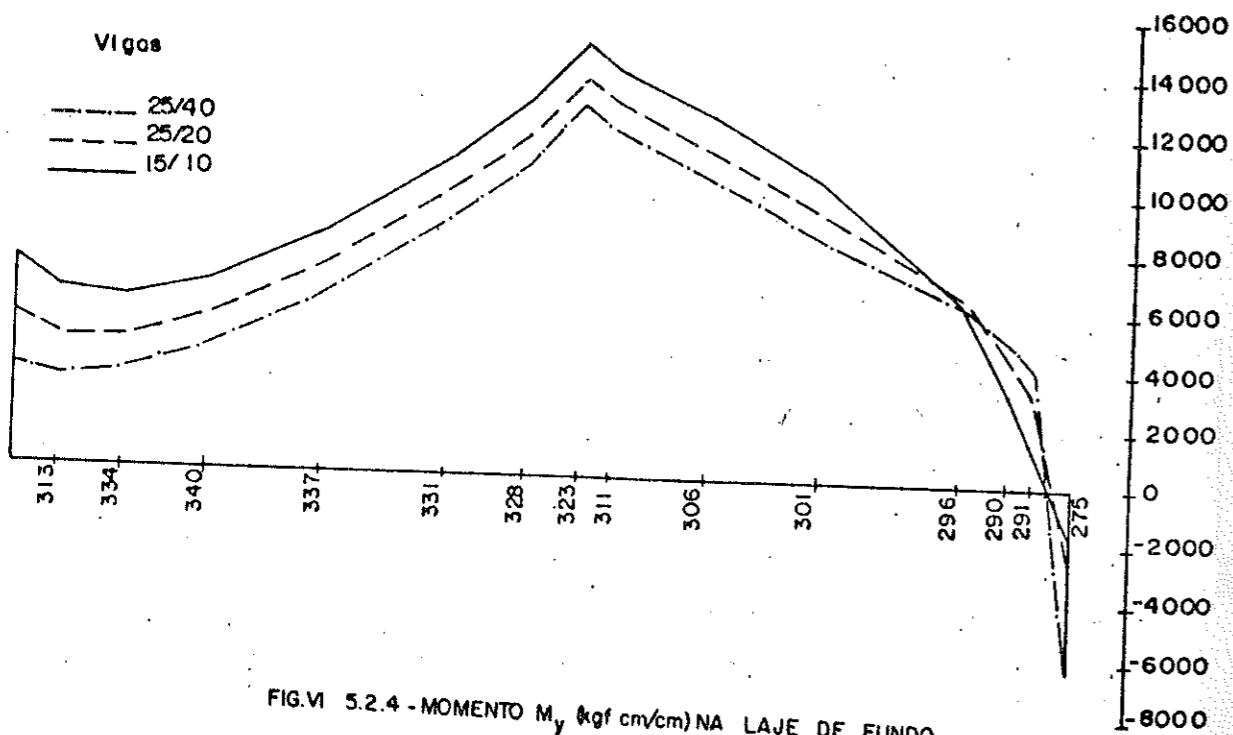


FIG.VI 5.2.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

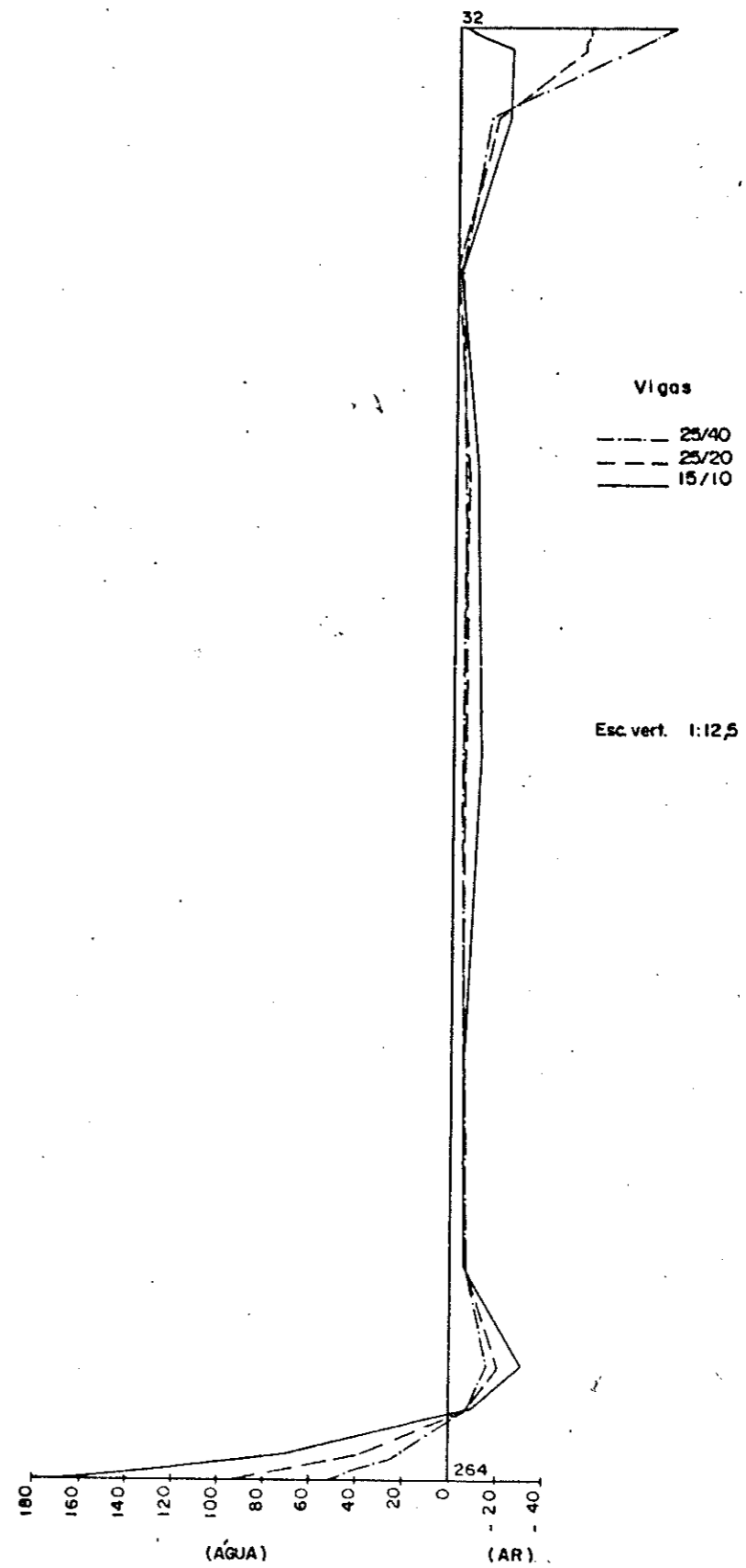


FIG.VI 5.2.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

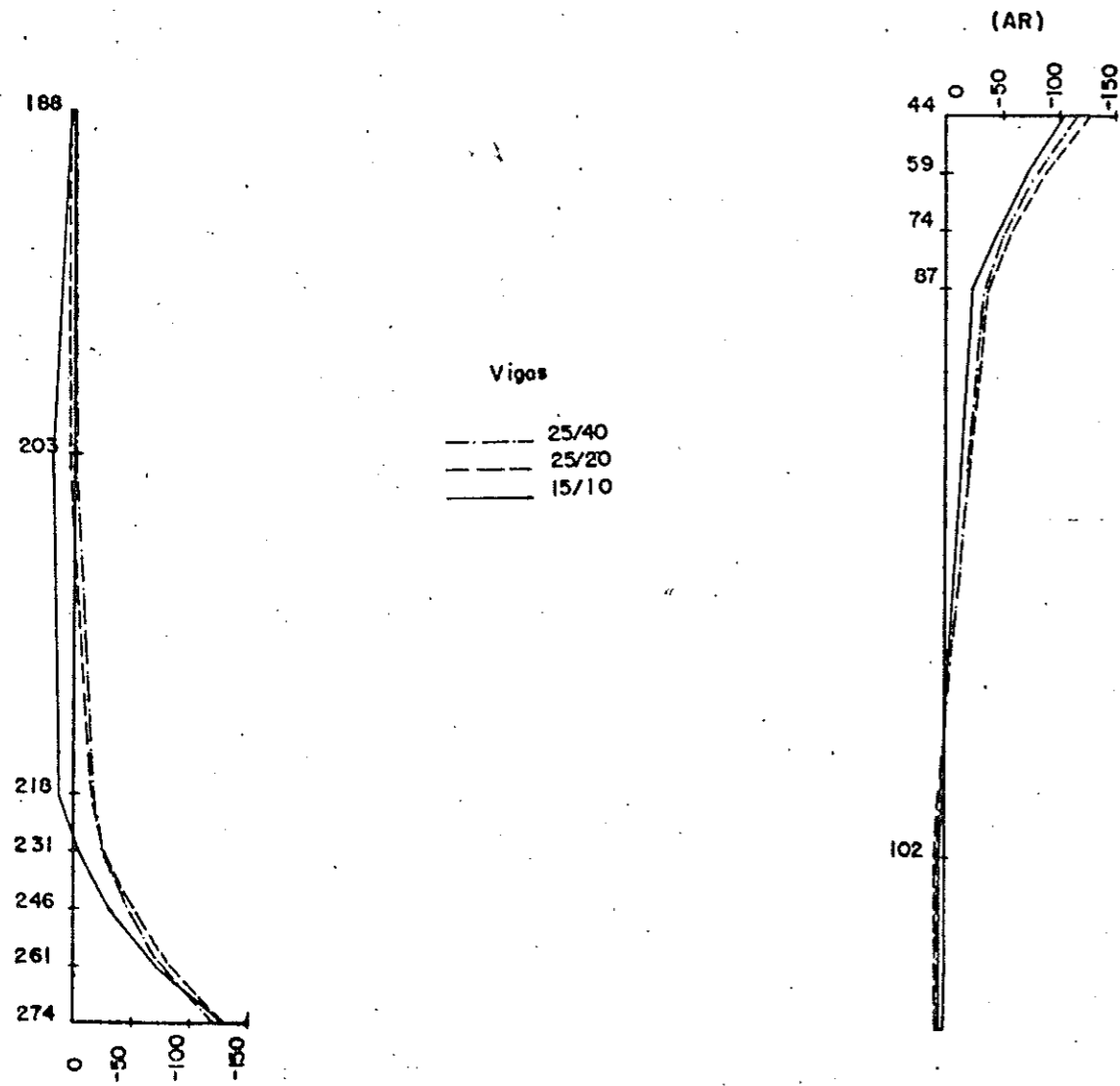


FIG. VI 5.2.6 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

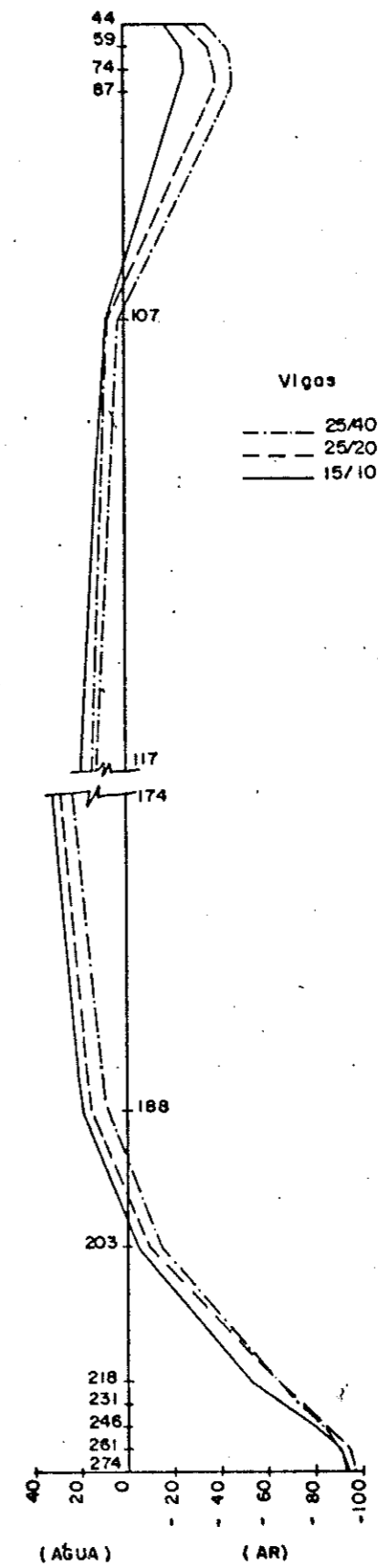


FIG. VI 5.2.7 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

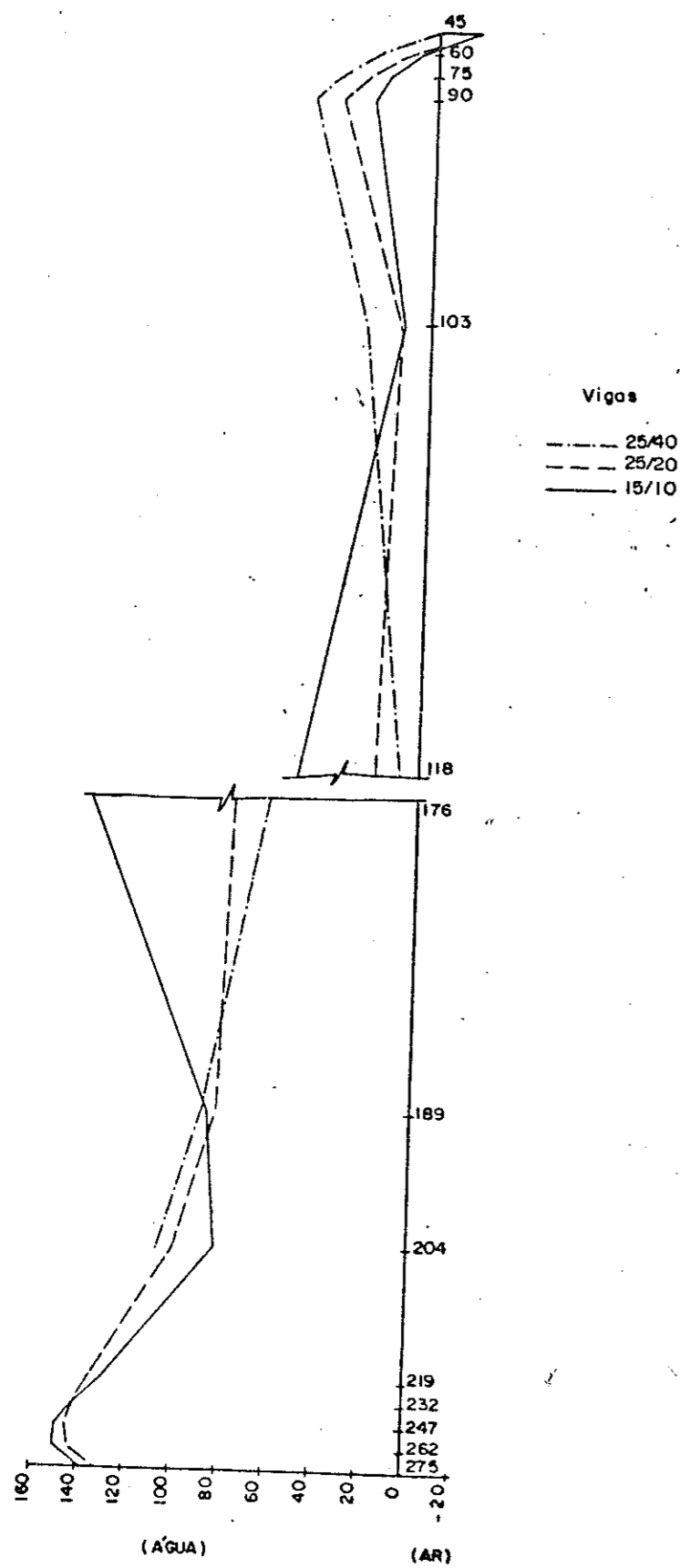


FIG.VI 5.2.8 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

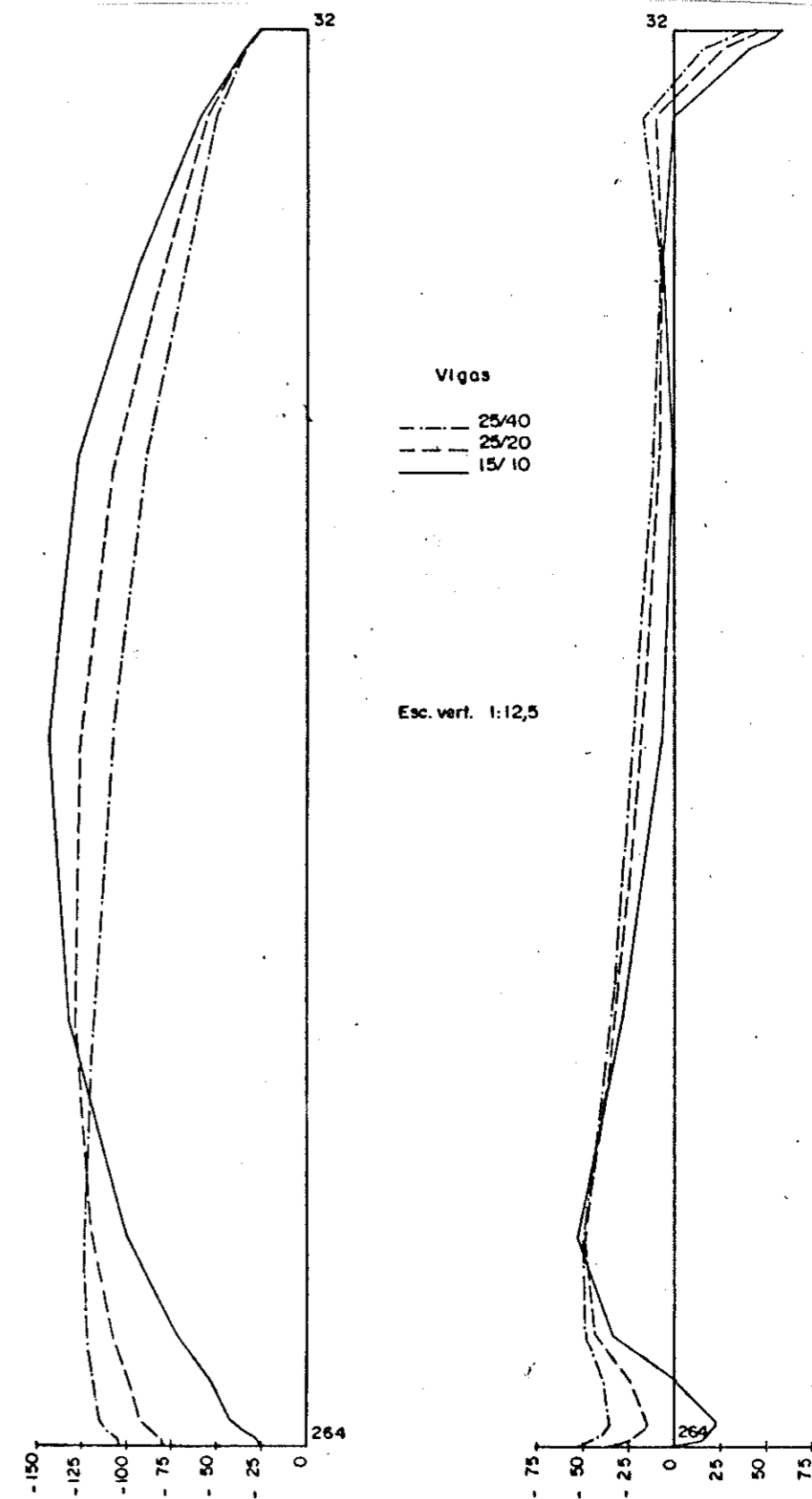


FIG.VI 5.2.9 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 5.2.10 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

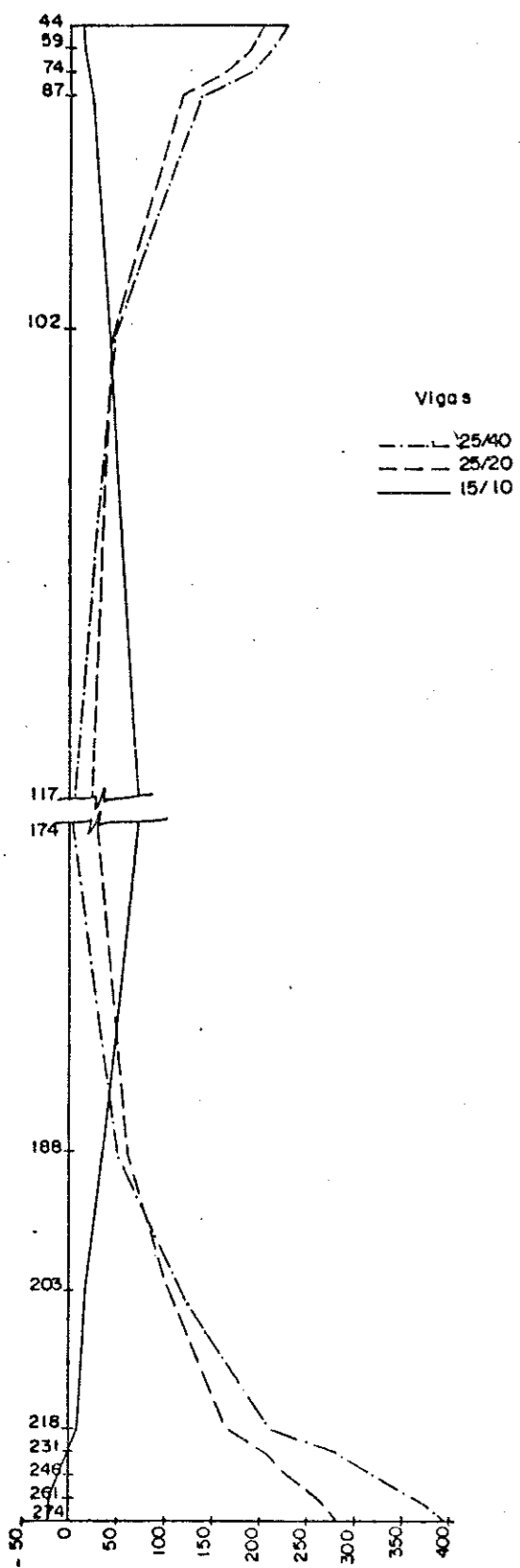


FIG.VI 5.2.11 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

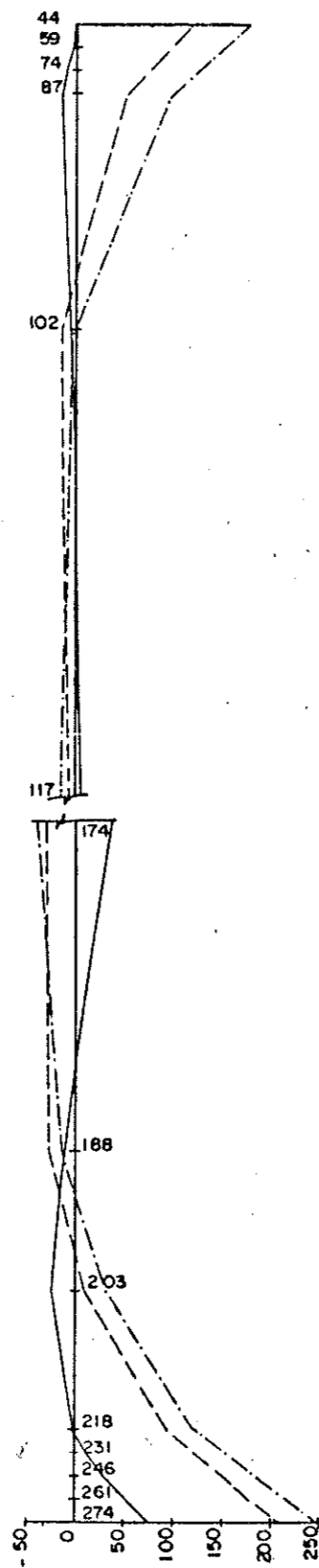


FIG.VI 5.2.12 -NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

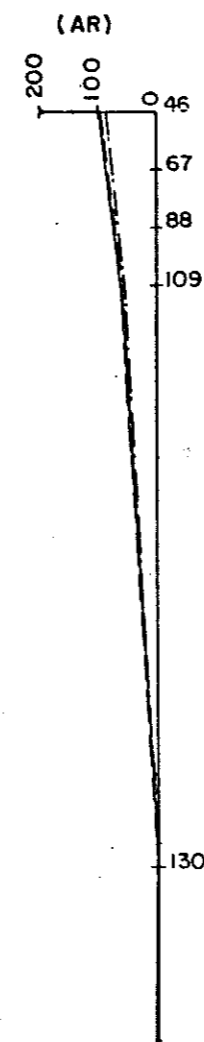
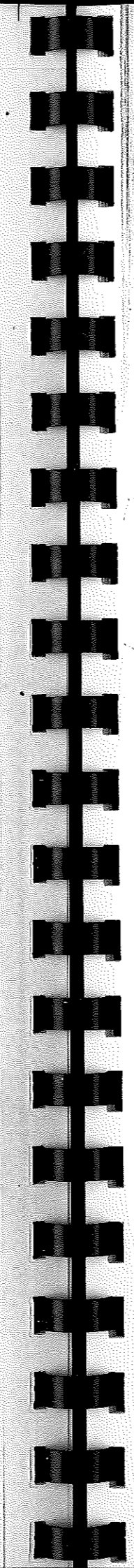


FIG.VI 5.2.13 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm)NA CASCA ③

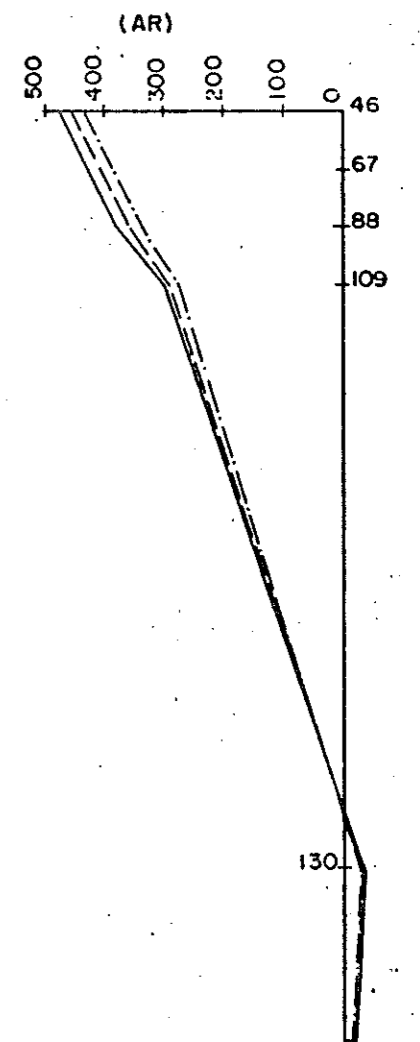


FIG.VI 5.2.14 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm)NA CASCA ③

VI.6 - Exemplos comparativos para reservatório com $h_f = 40\text{cm}$
 e $e_c = 6\text{cm}$

VI.6.1 - Viga 15/10 e $n = 16$ e $n = 20$

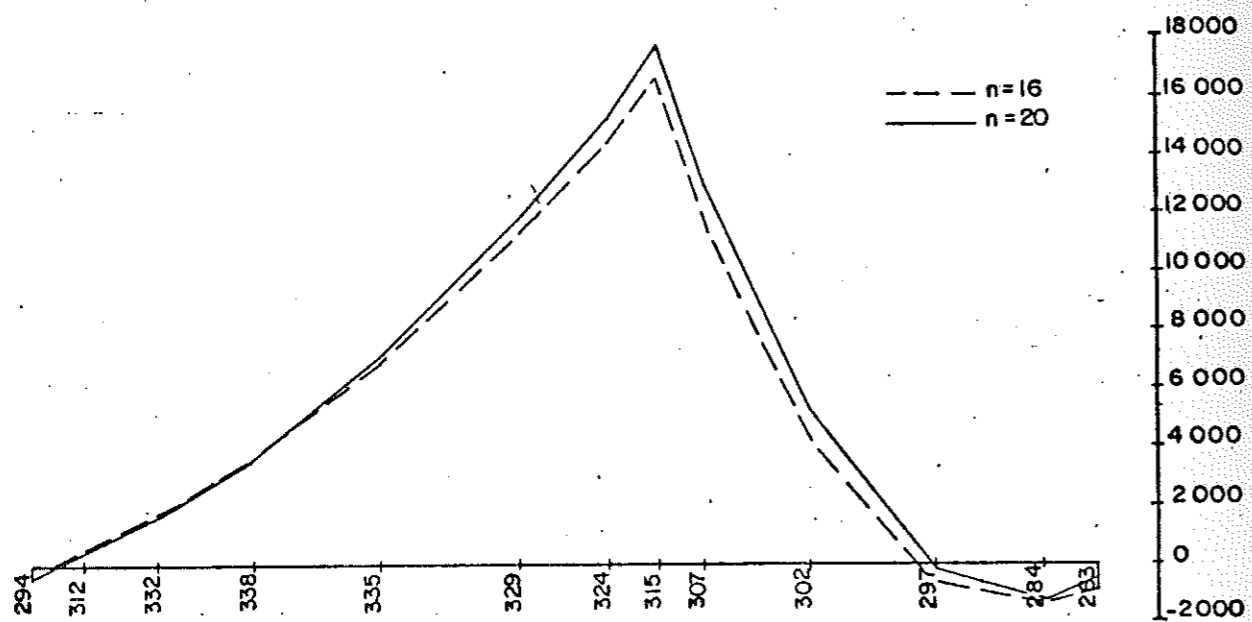


FIG.VI 6.1.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

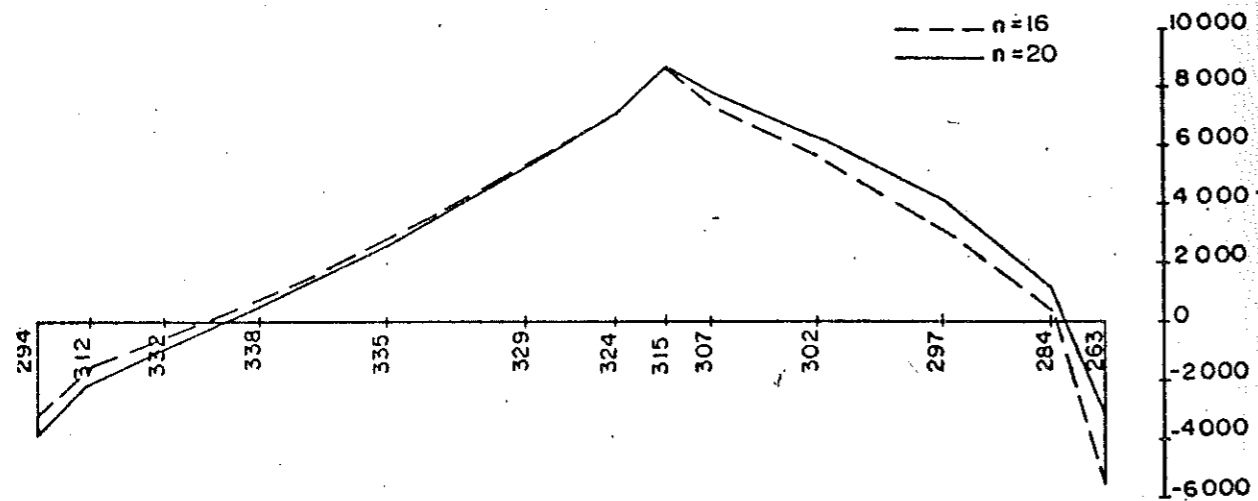


FIG.VI 6.1.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

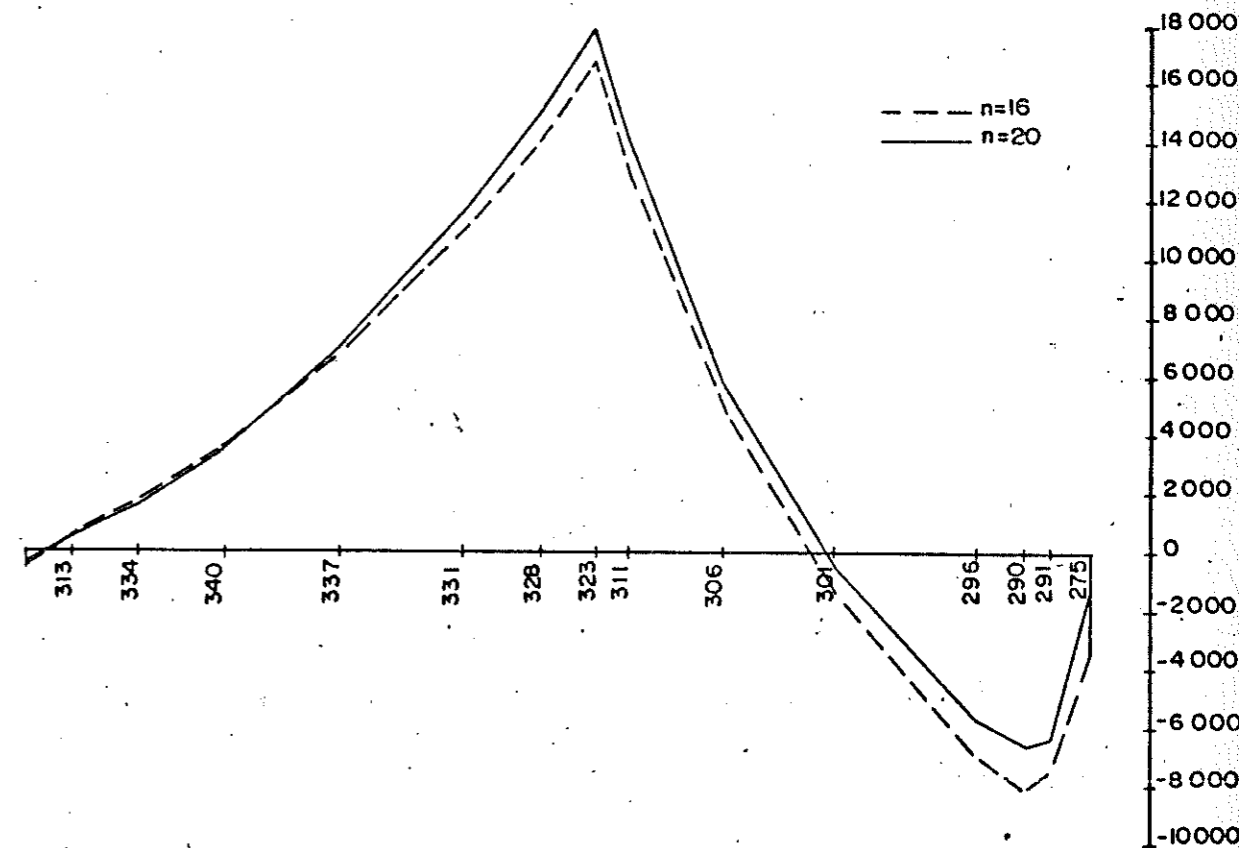


FIG.VI 6.1.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

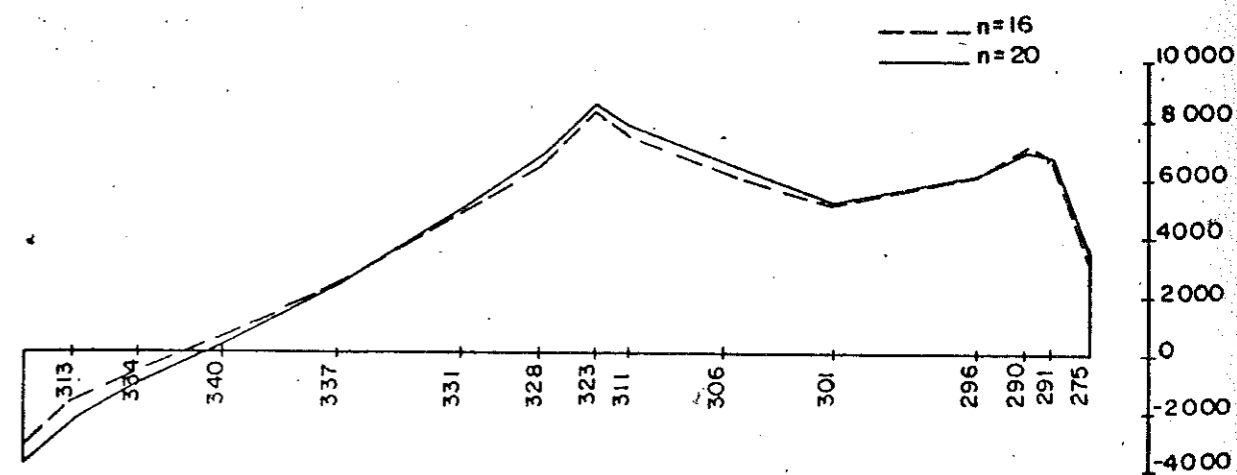


FIG.VI 6.1.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

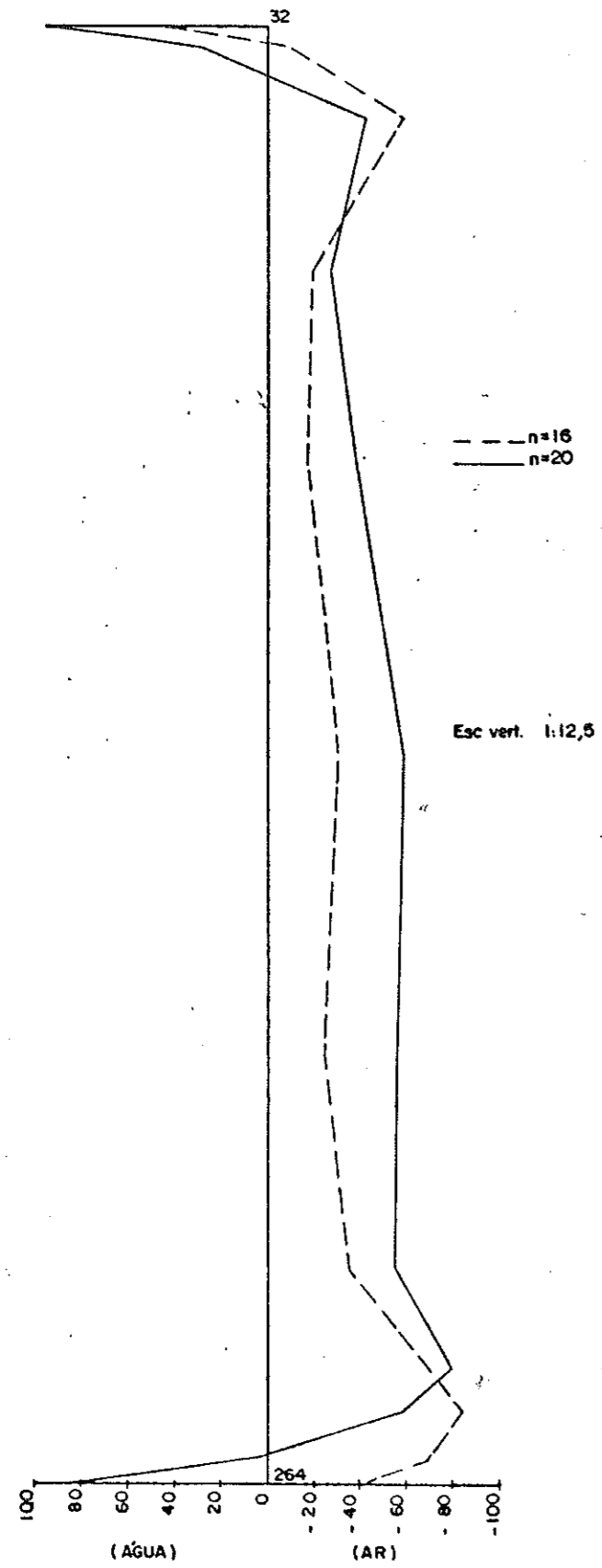


FIG.VI 6.1.5 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm)NA CASCA ①

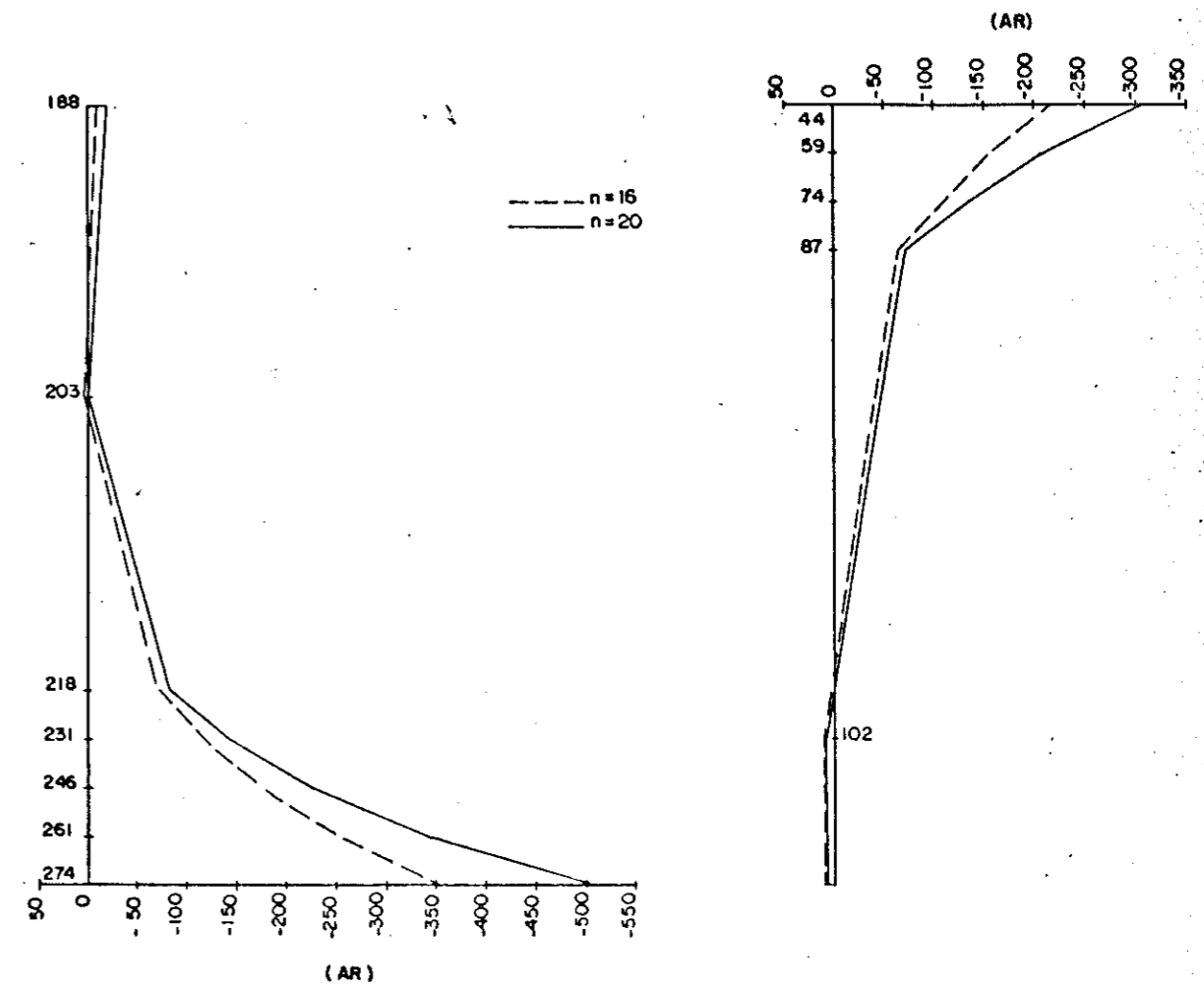


FIG.VI 6.1.6 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm)NA CASCA ①

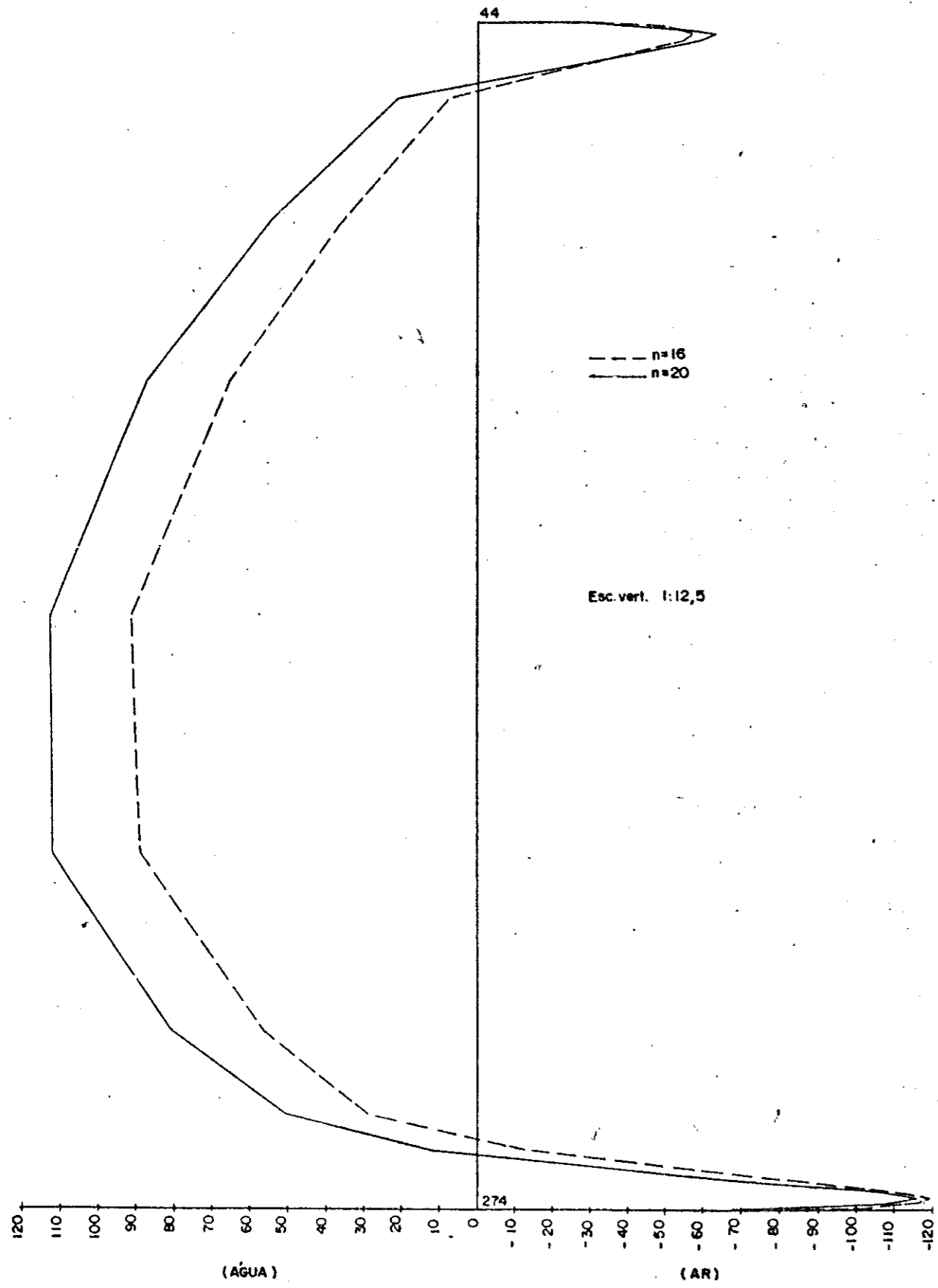


FIG.VI 6.1.7 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

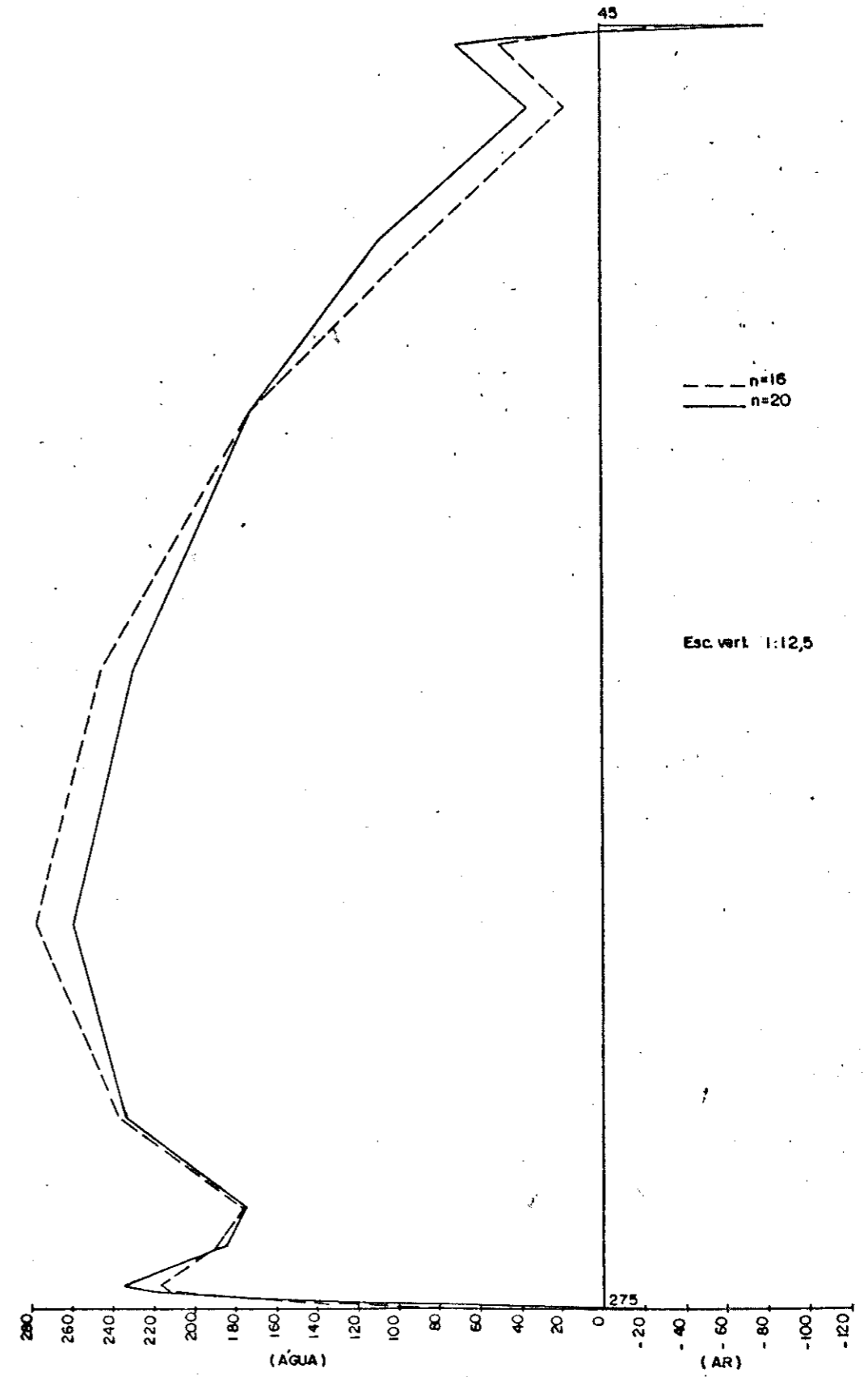


FIG.VI 6.1.8 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

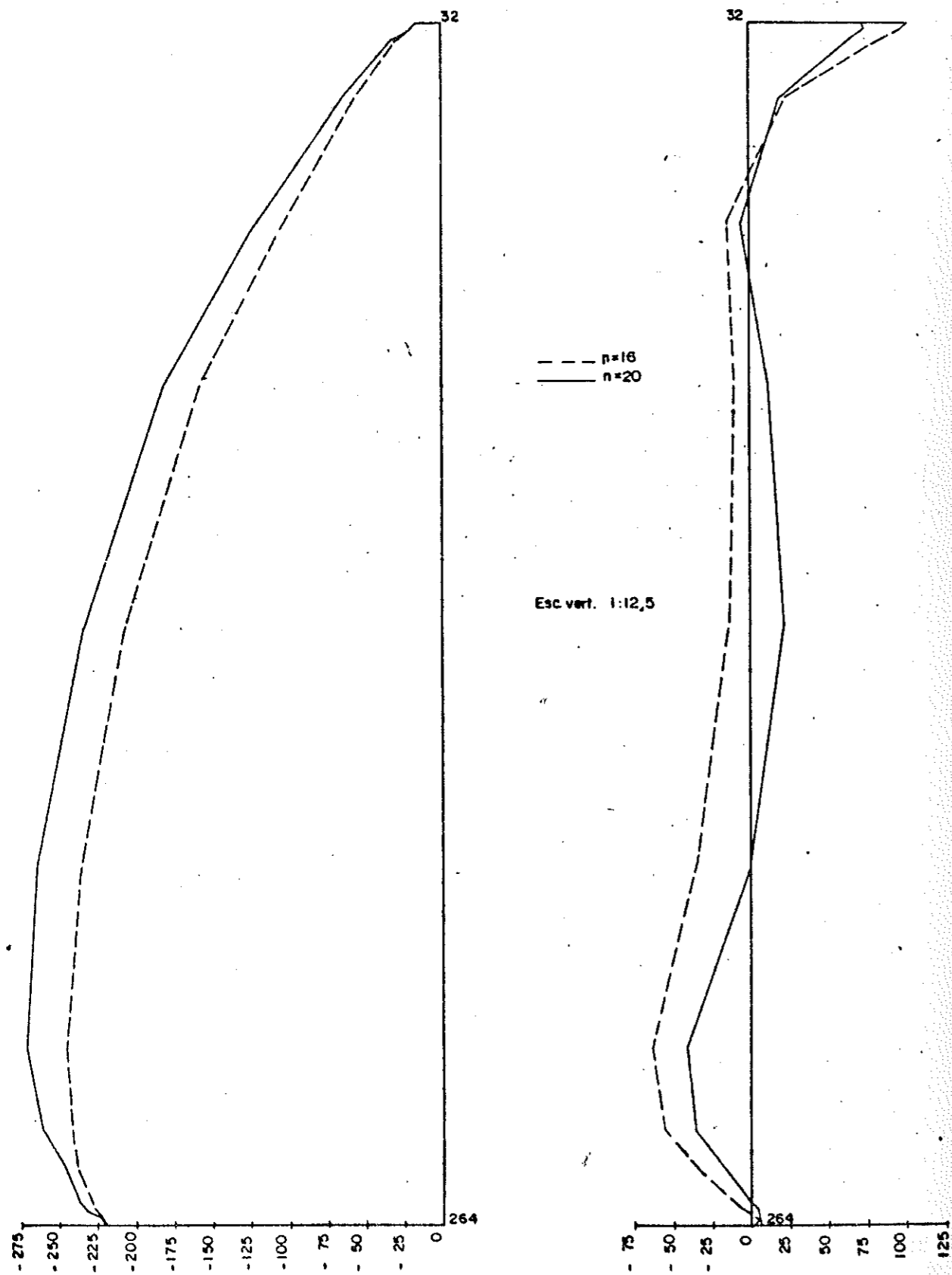


FIG.VI 6.1.9 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 6.1.10 -NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

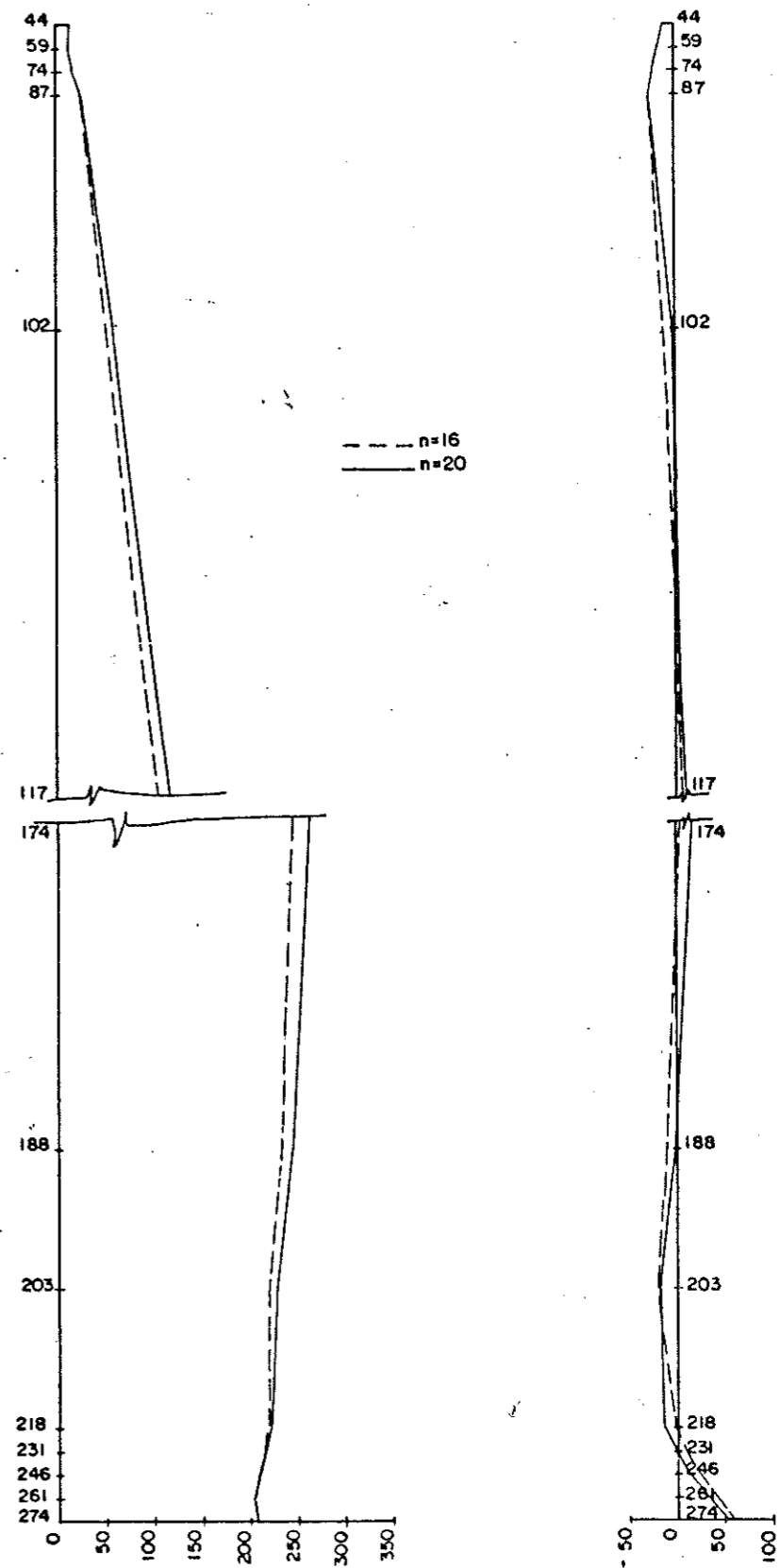
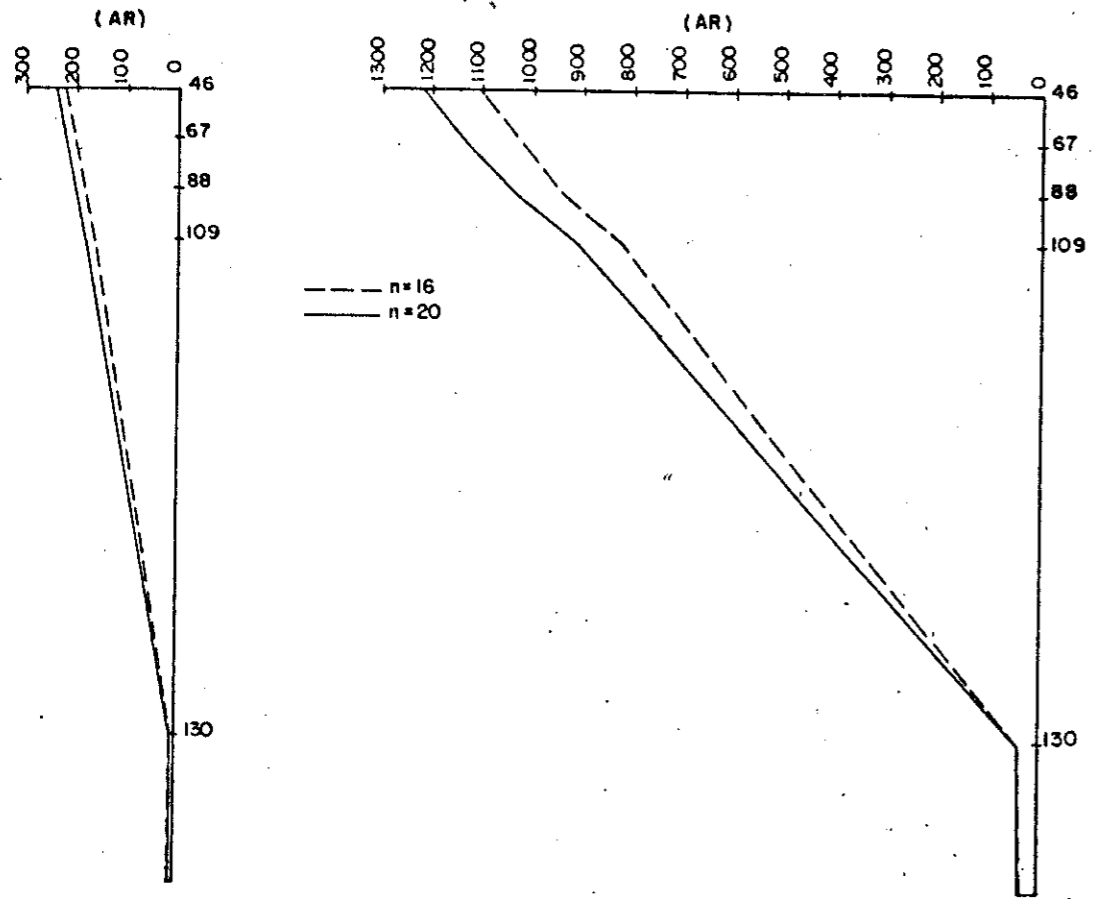


FIG.VI 6.1.11 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 6.1.12 -NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①



VI.6.2 - Viga 25/20 e n = 16 e n = 20

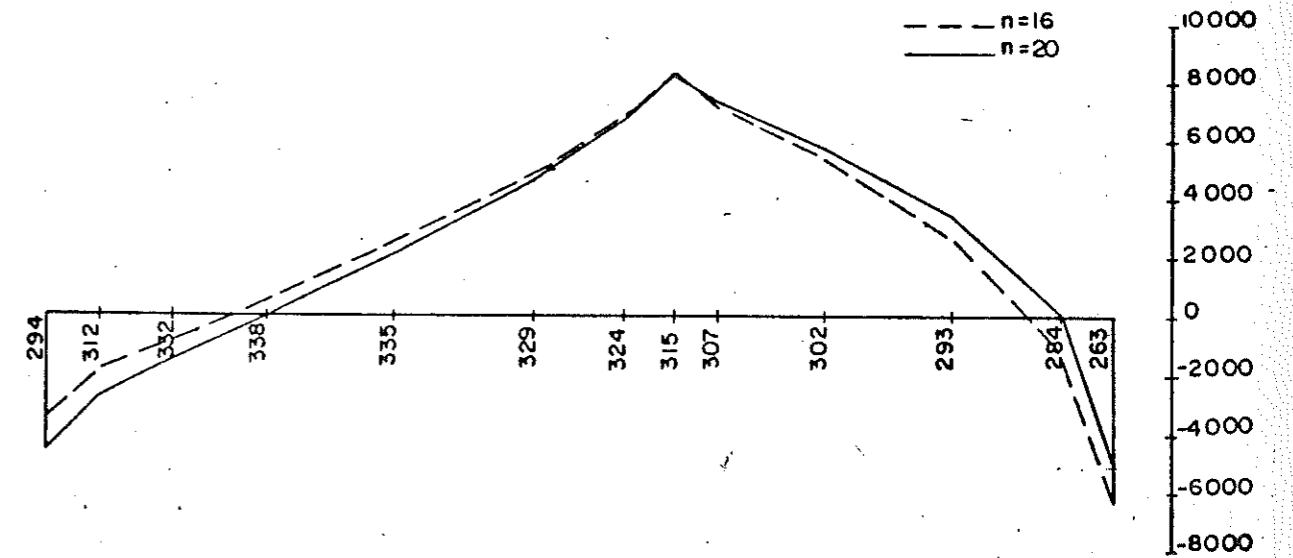
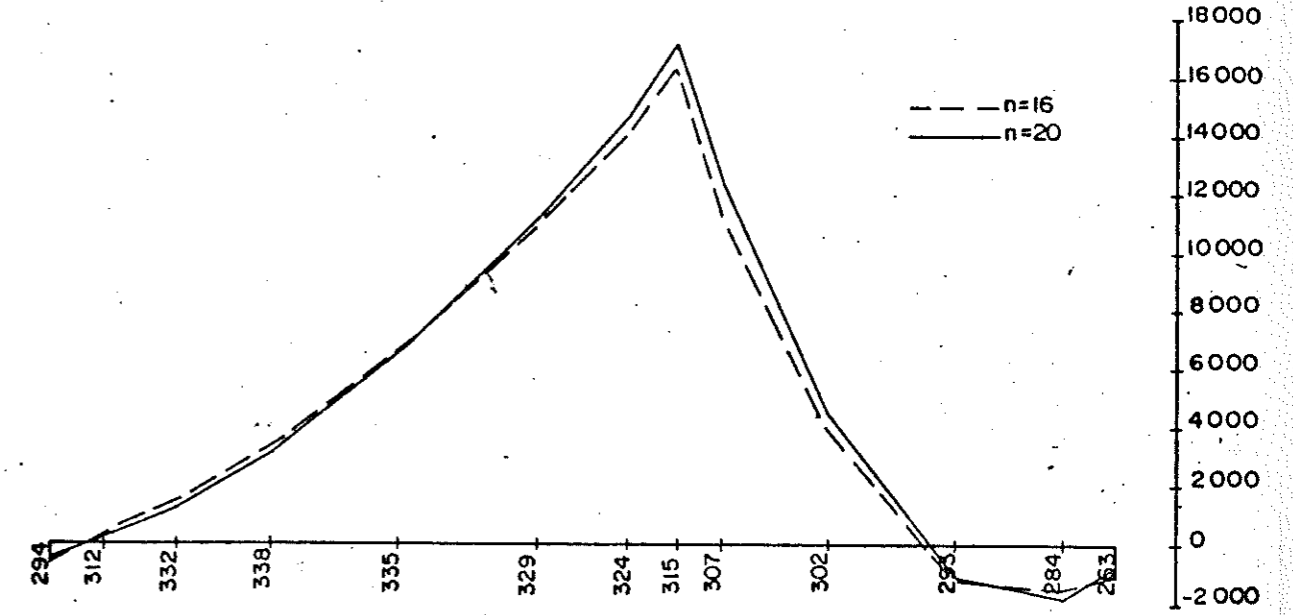


FIG. VI 6.2.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

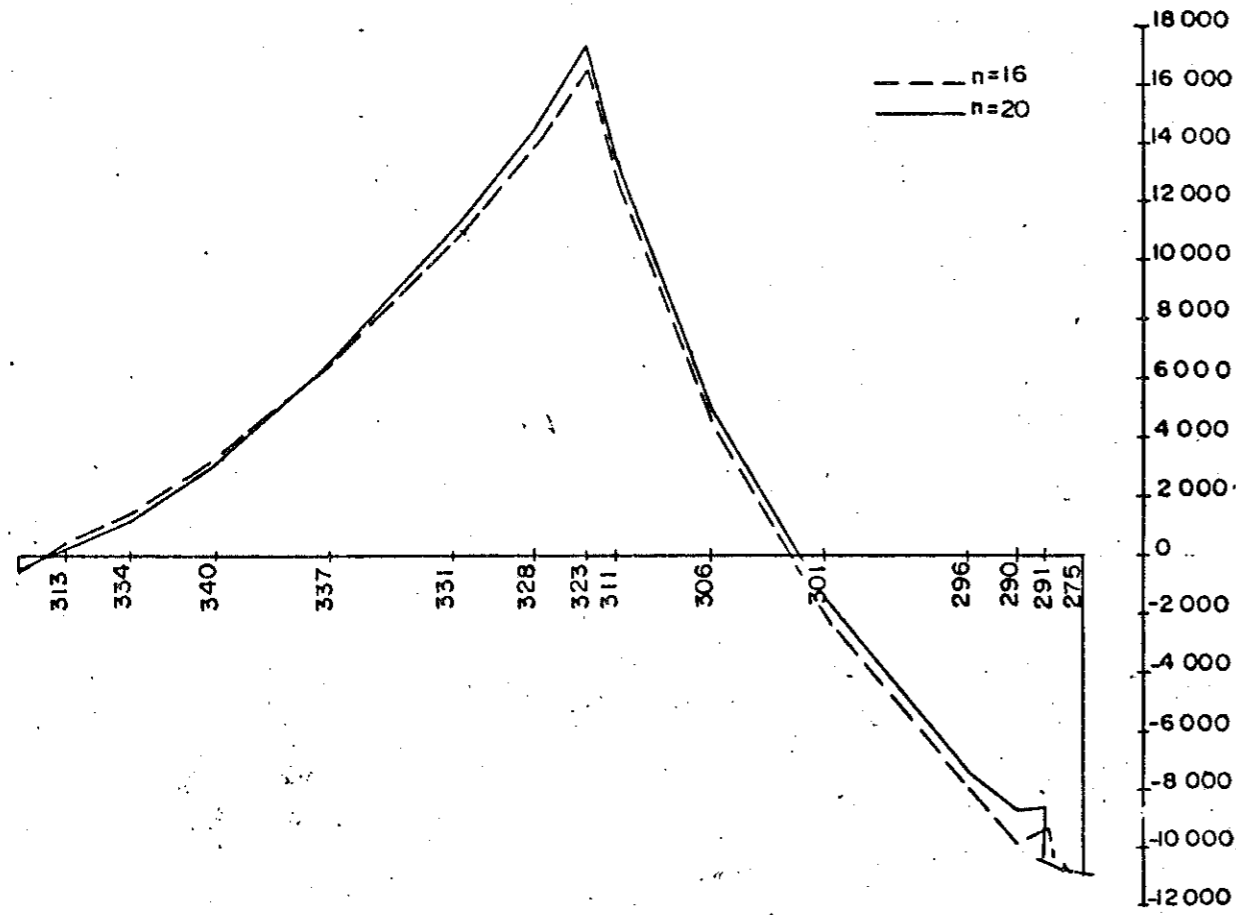


FIG. VI 6.2.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

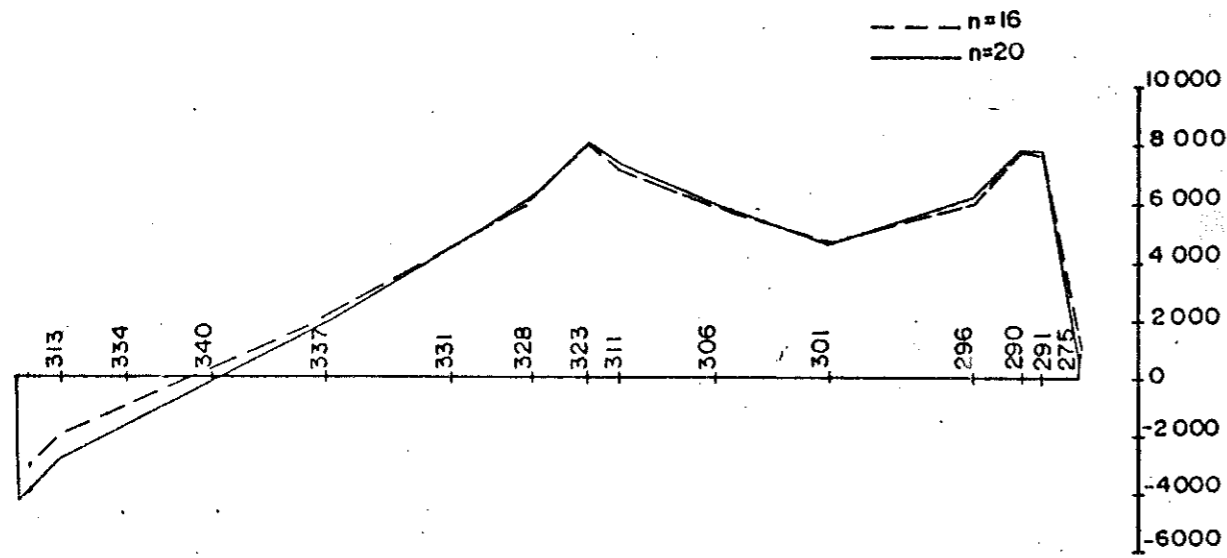


FIG. VI 6.2.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

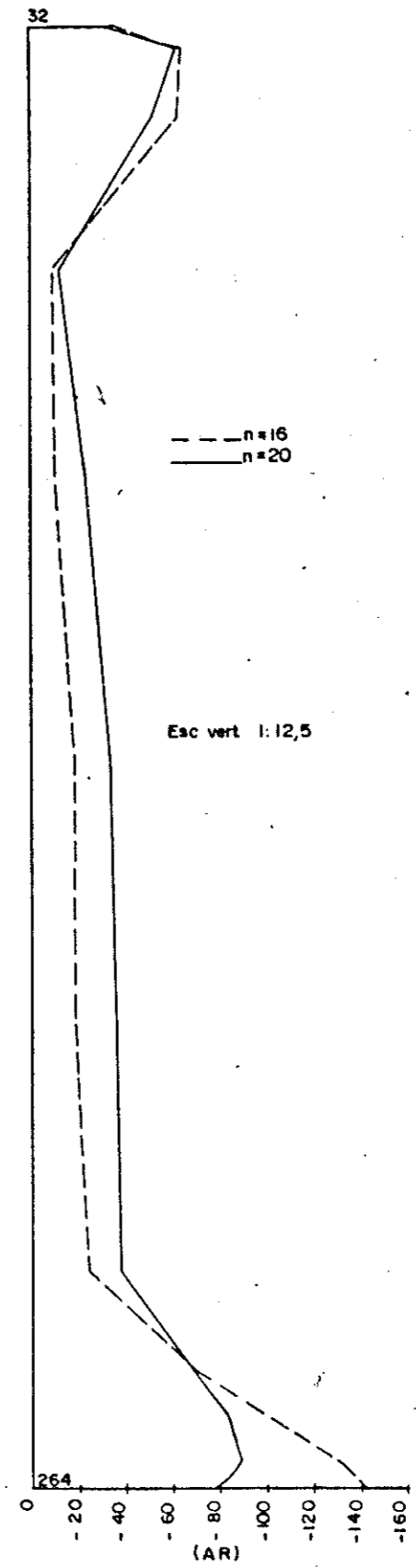
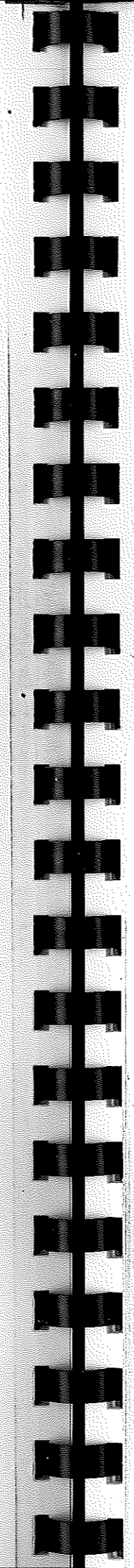


FIG. VI 6.2.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA (I)

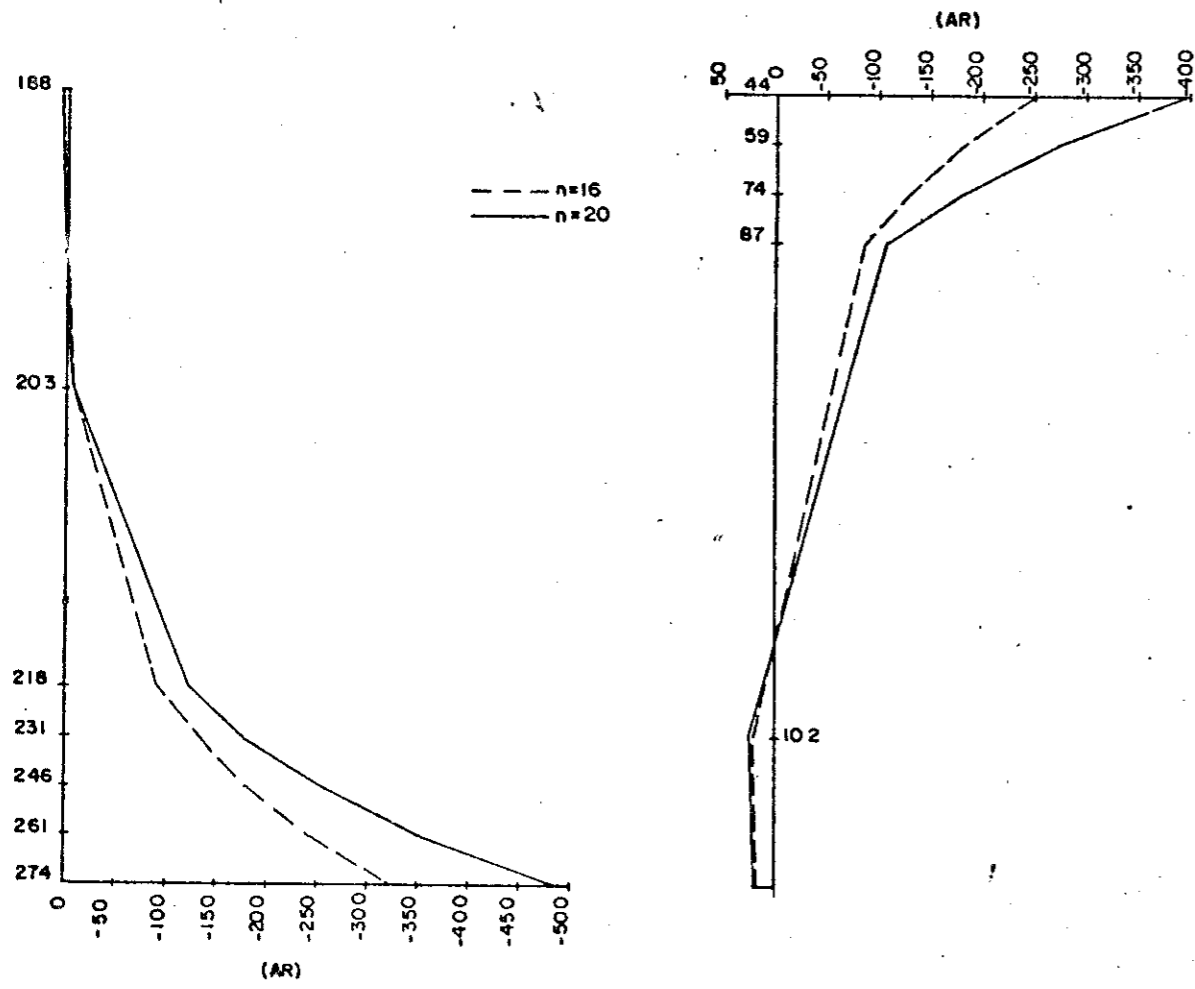


FIG. VI 6.2.6 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA (I)

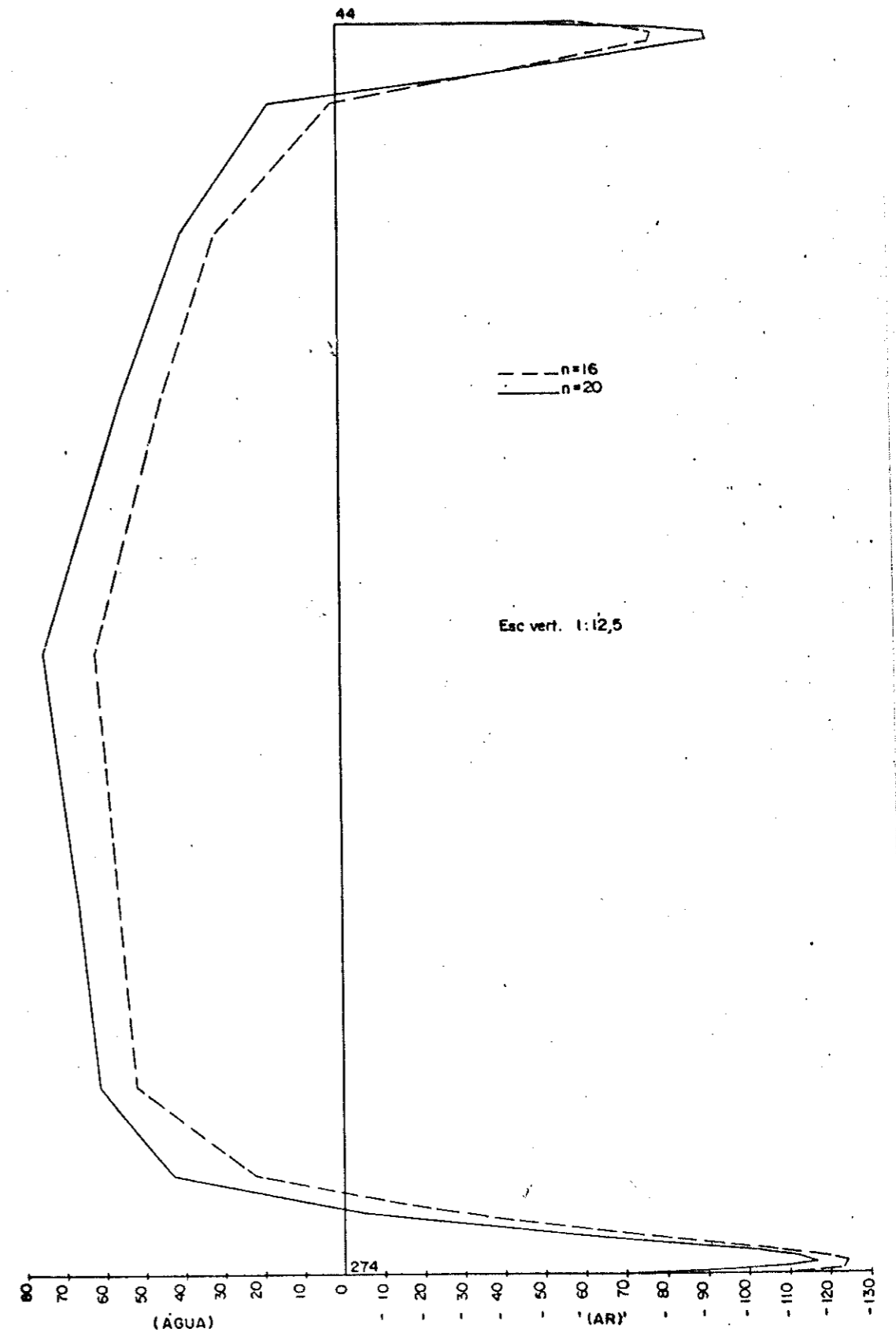


FIG. VI 6.2.7 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA (I)

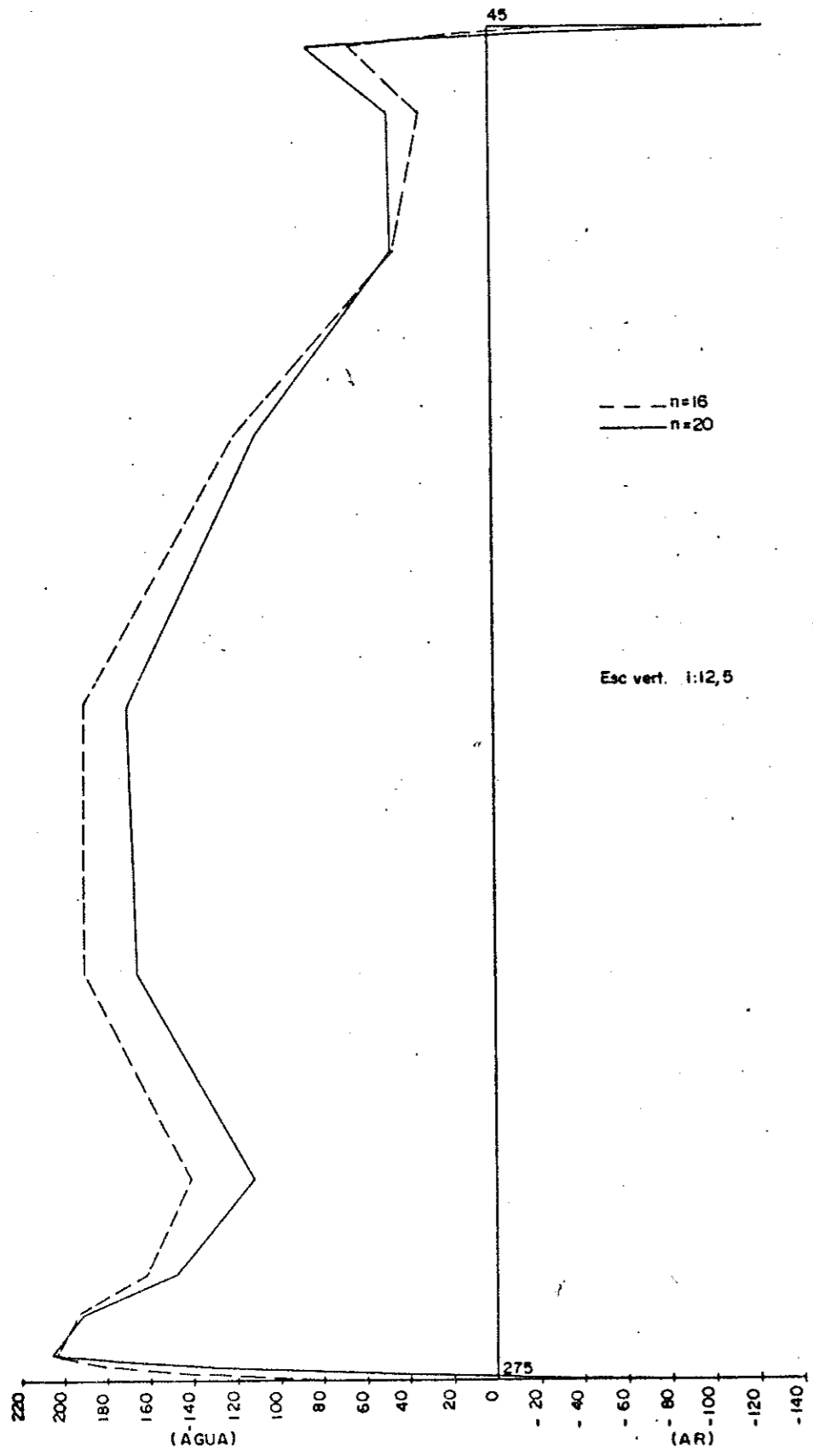


FIG.VI 6.2.8 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

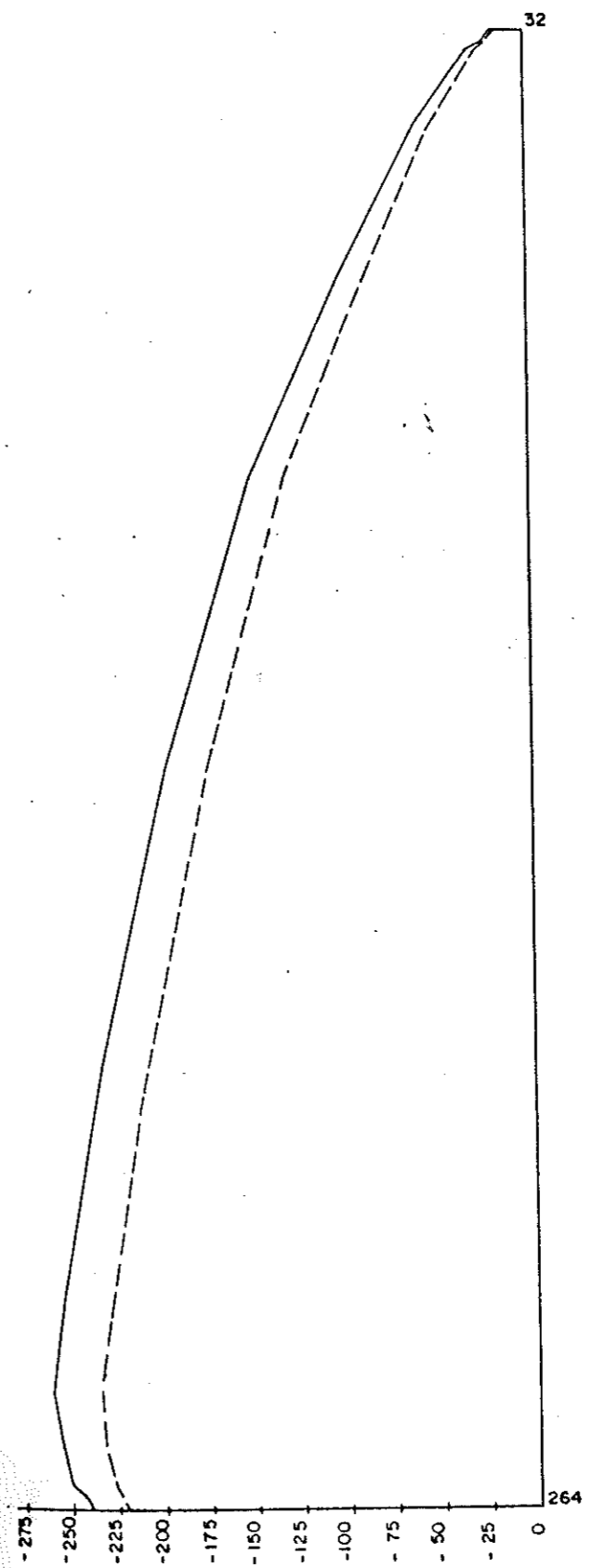


FIG.VI 6.2.9 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

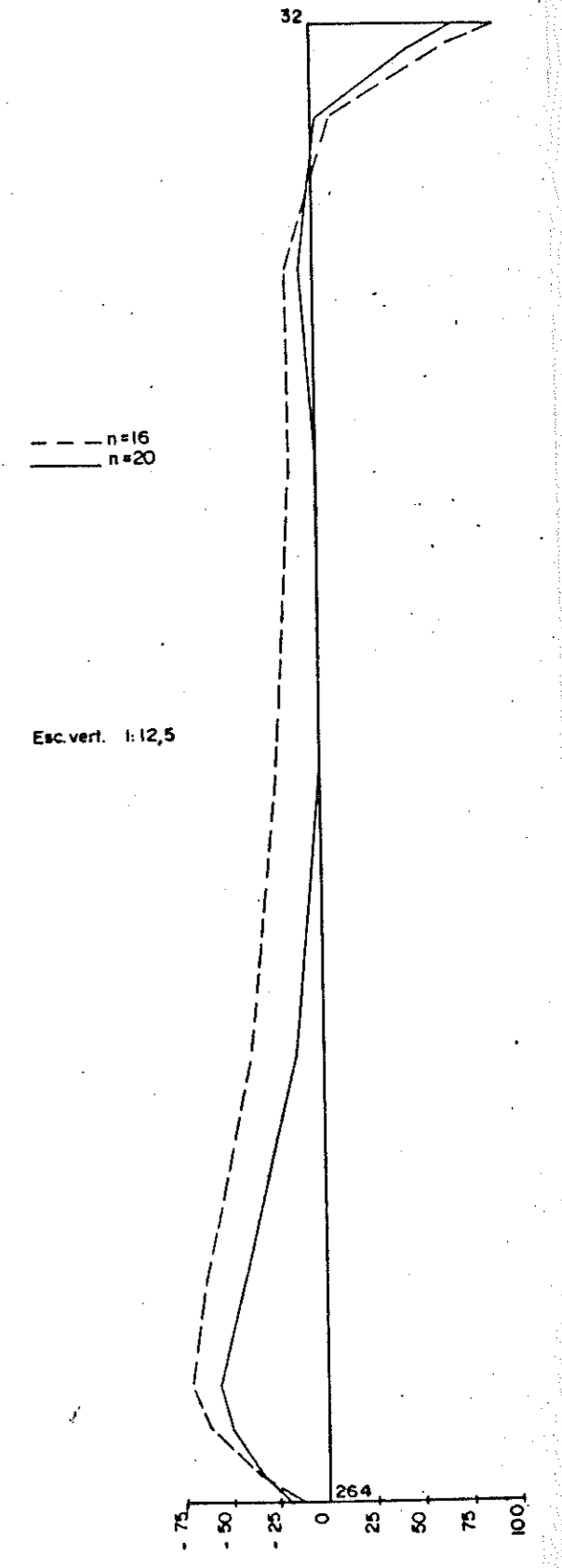


FIG.VI 6.2.10 -NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

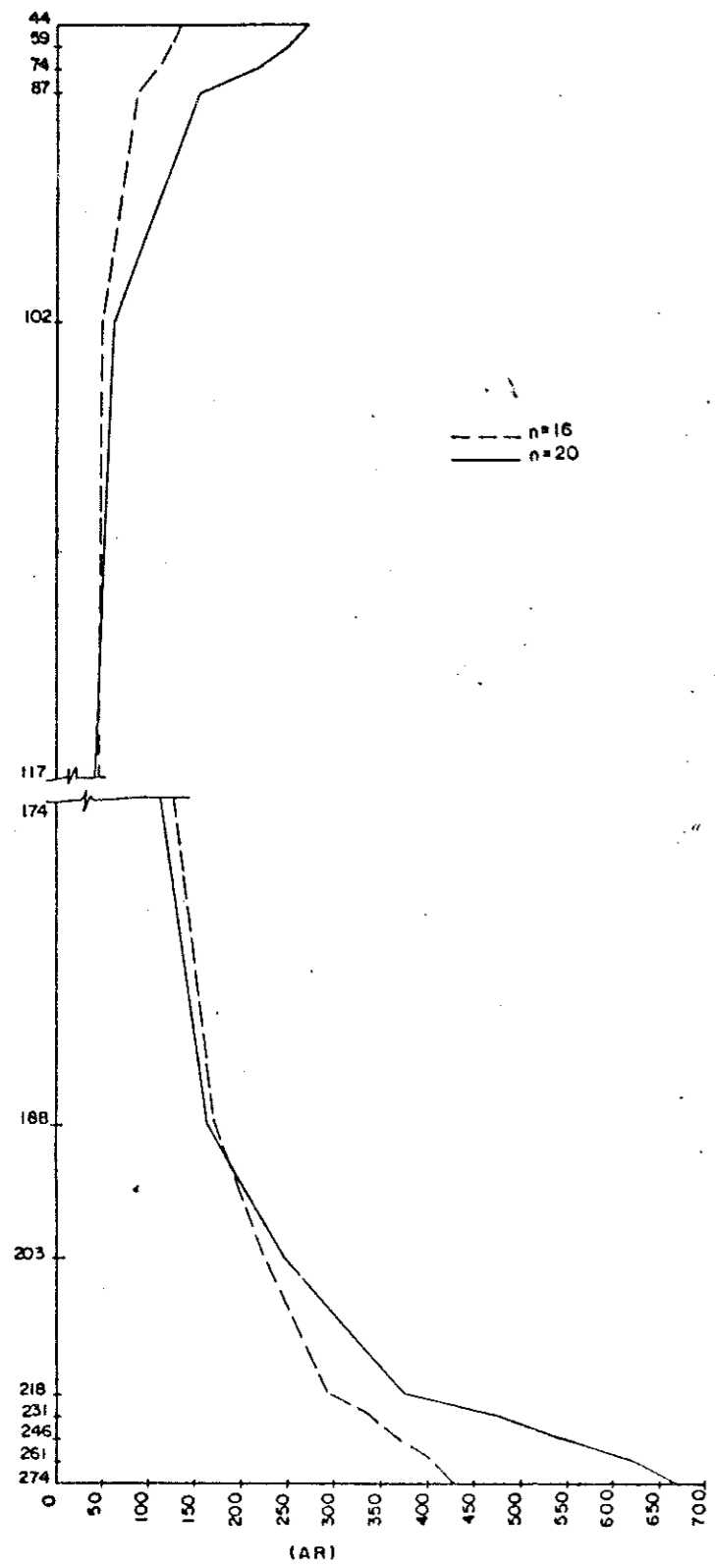


FIG.VI 6.2.11 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

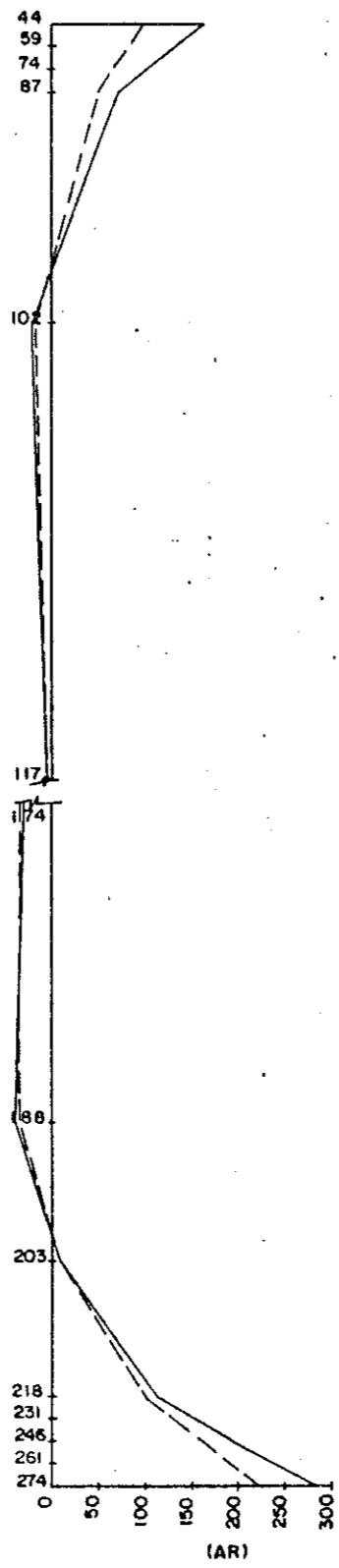


FIG.VI 6.2.12 -NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

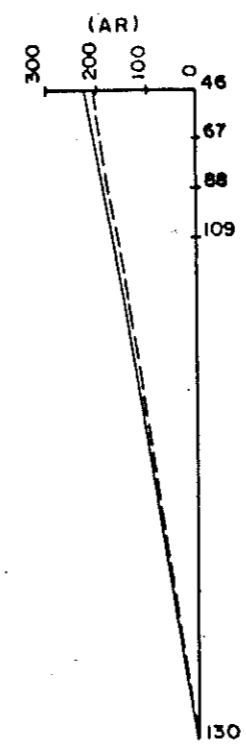


FIG.VI 6.2.13 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm)NA CASCA ③

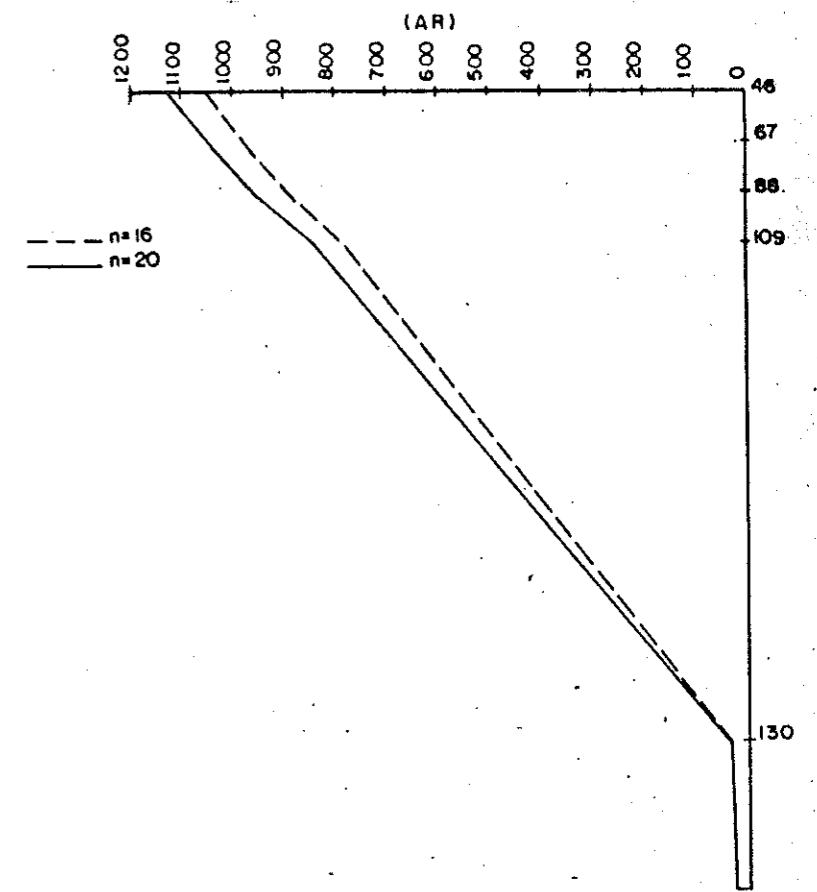


FIG.VI 6.2.14 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm)NA CASCA ③

VI.6.3 - Viga 25/40 e n = 16 e n = 20

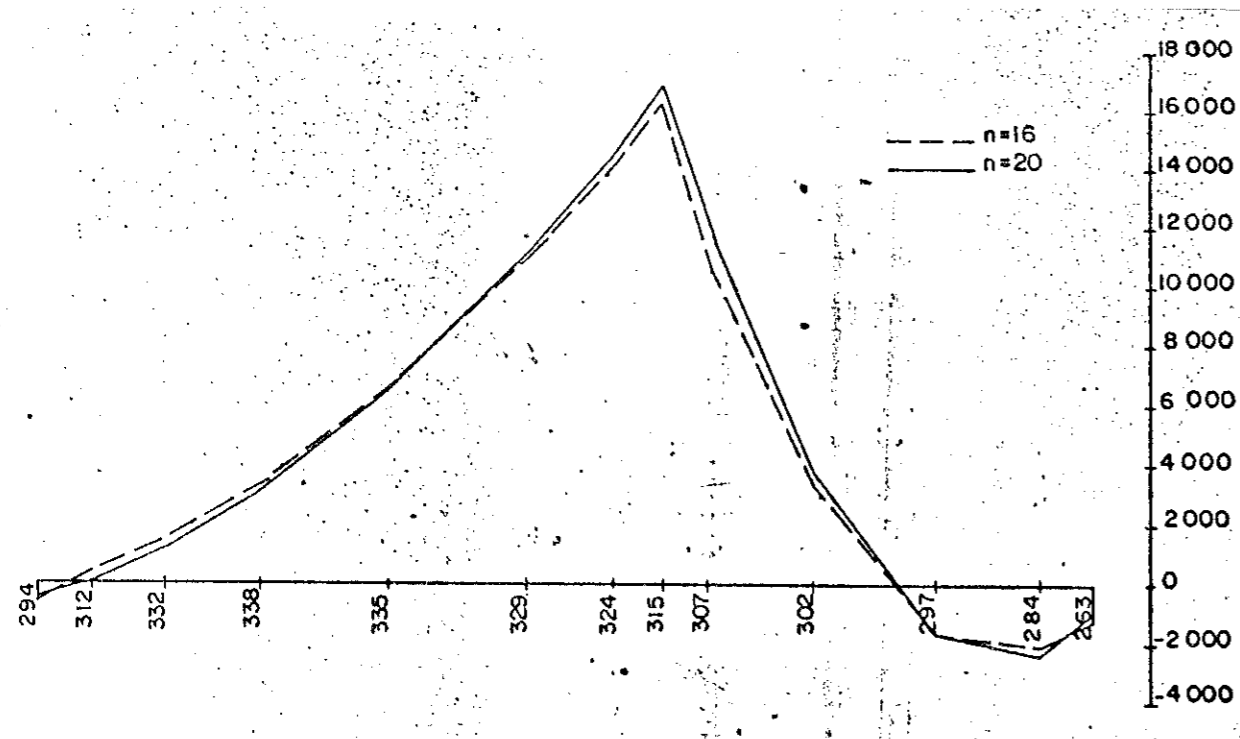


FIG.VI 6.3.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

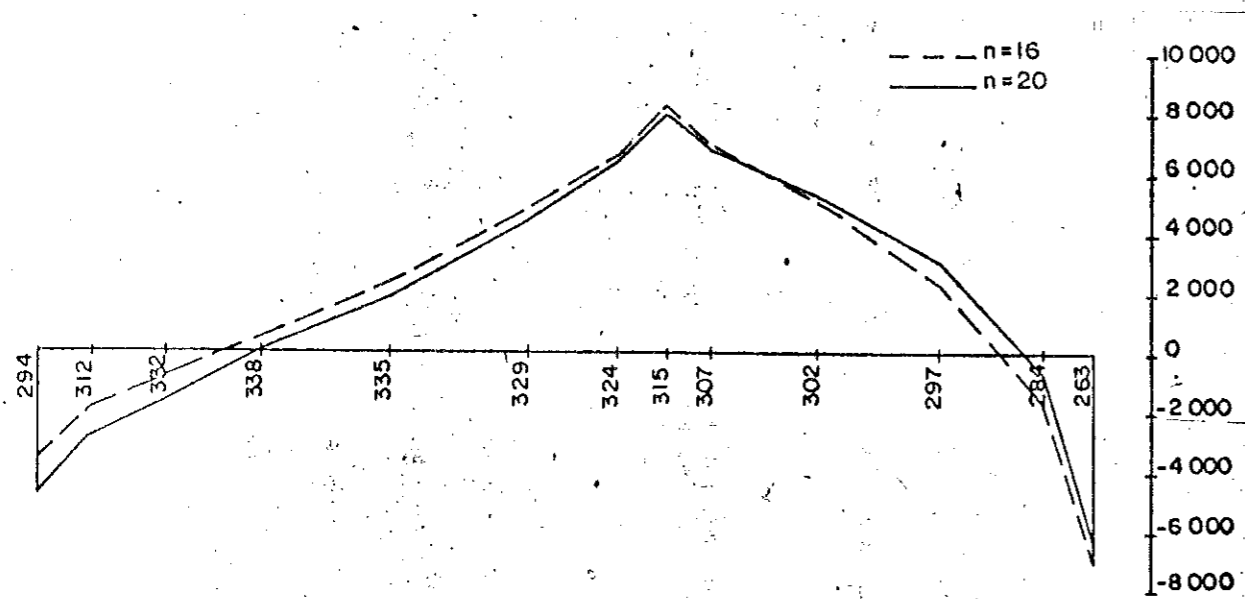


FIG.VI 6.3.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

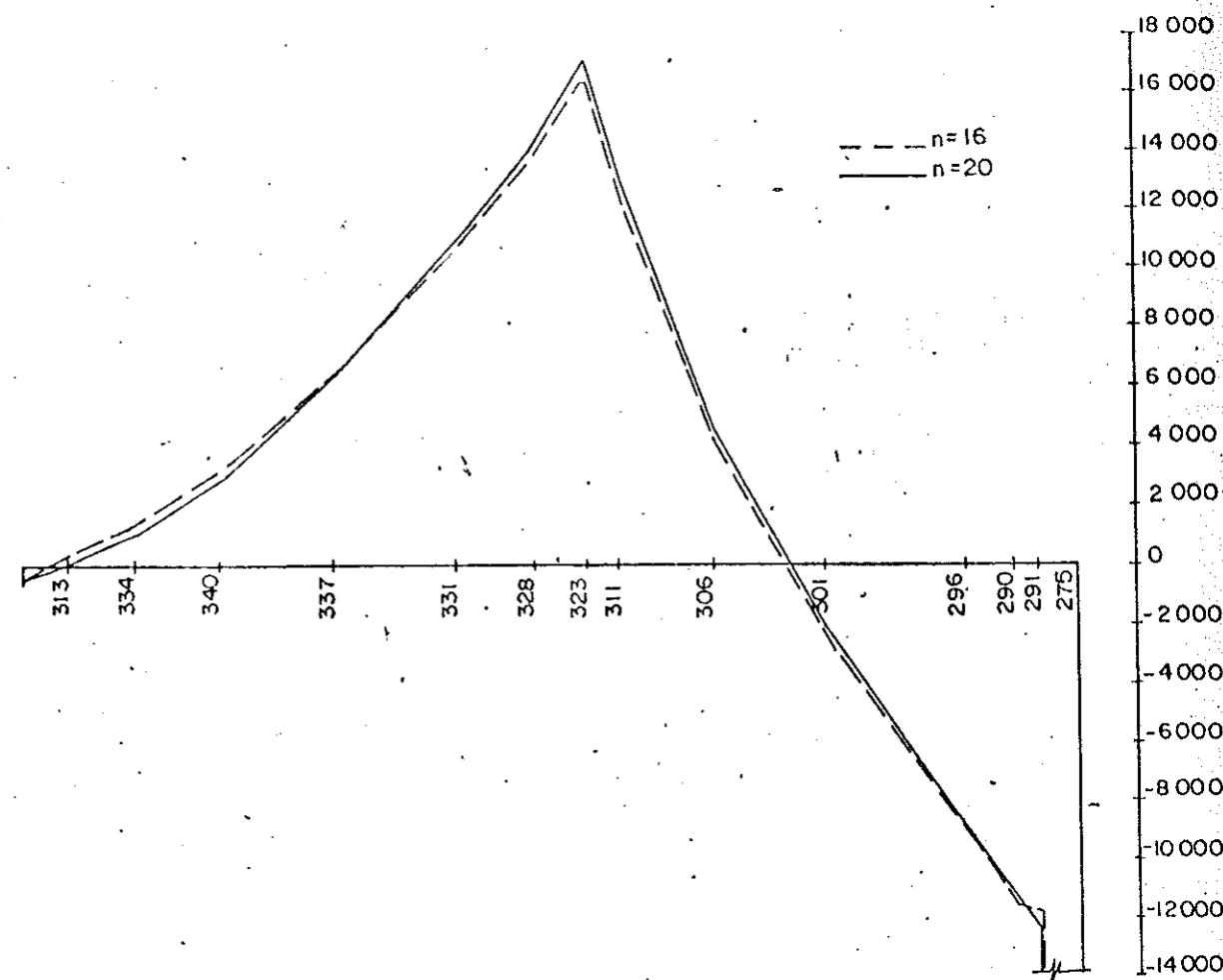


FIG.VI 6.3.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

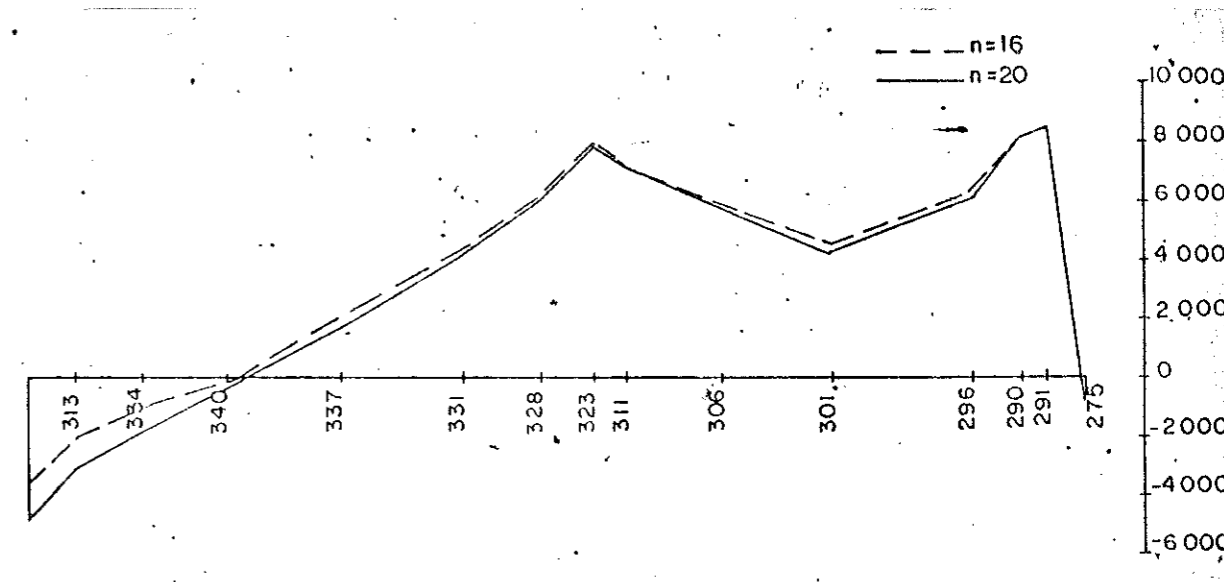


FIG.VI 6.3.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

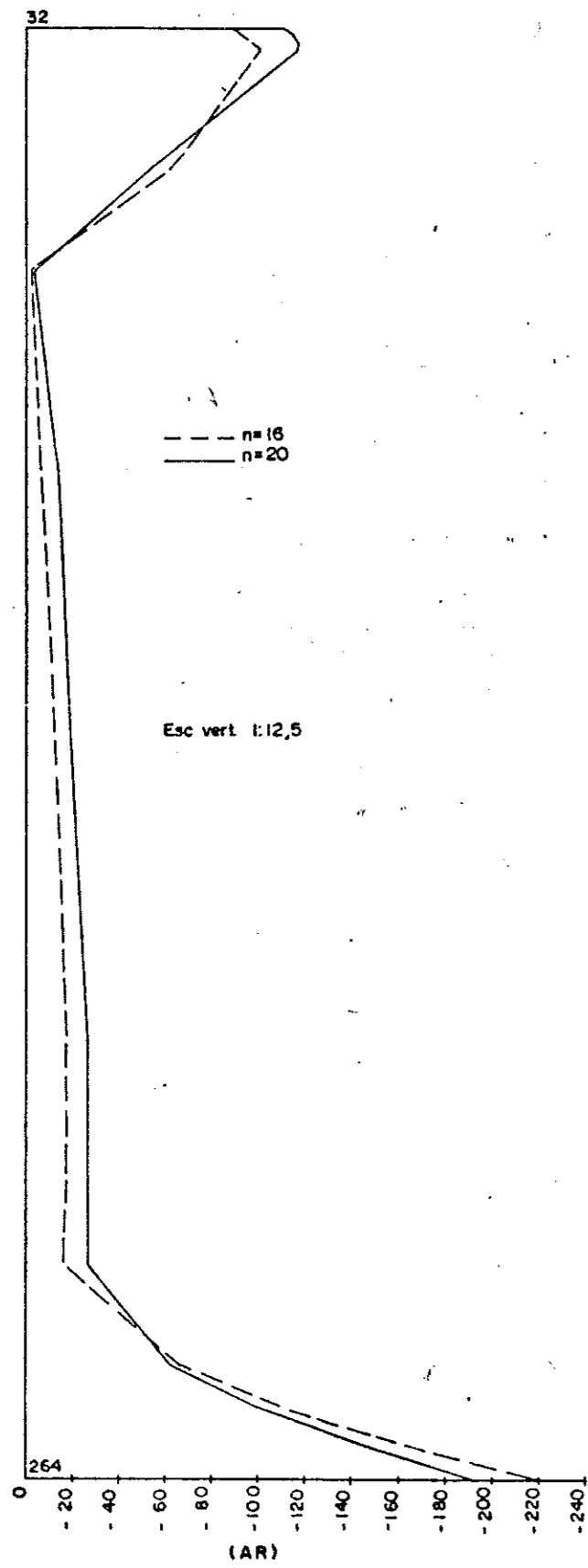


FIG.VI 6.3.5 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

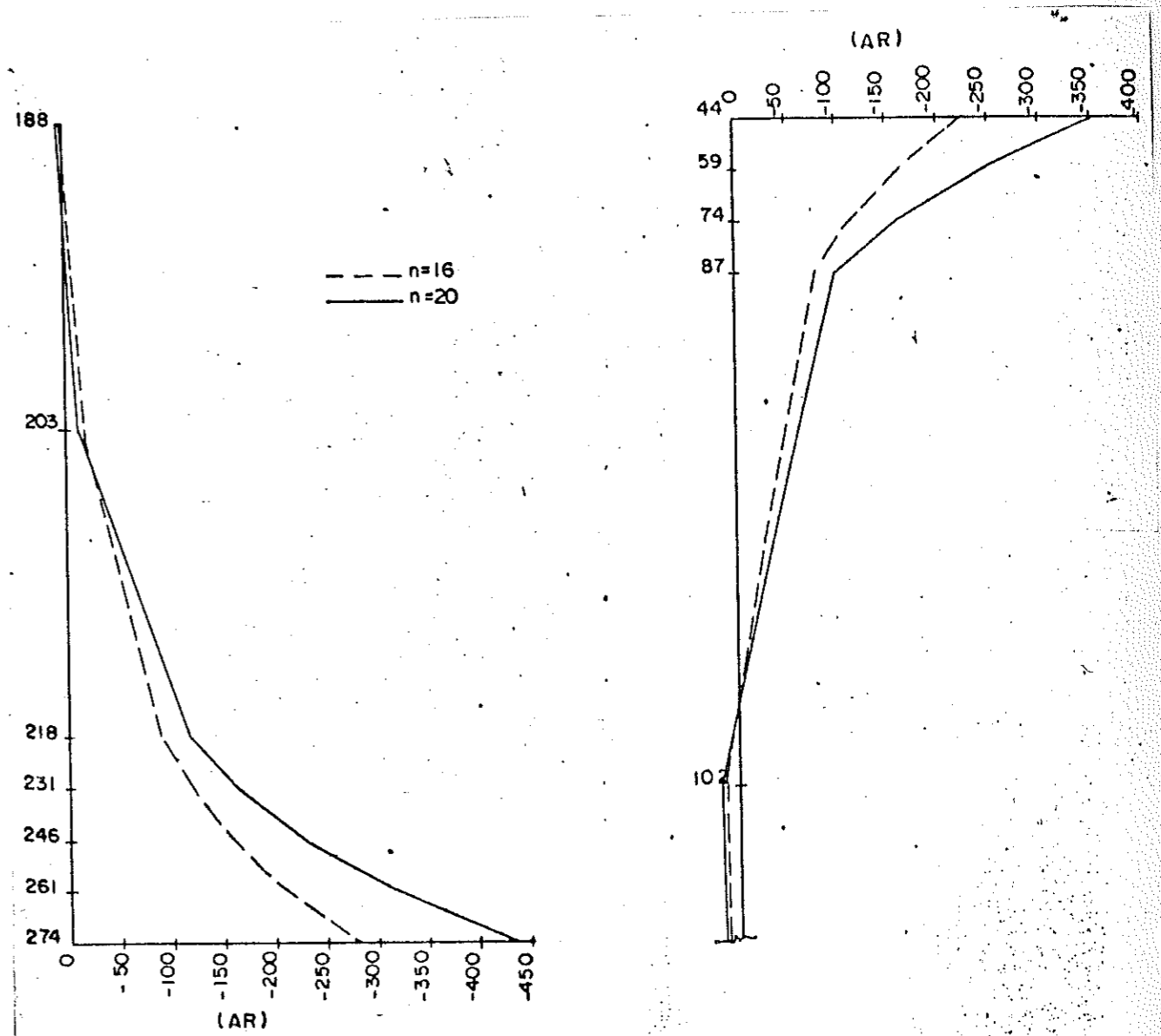


FIG.VI 6.3.6 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

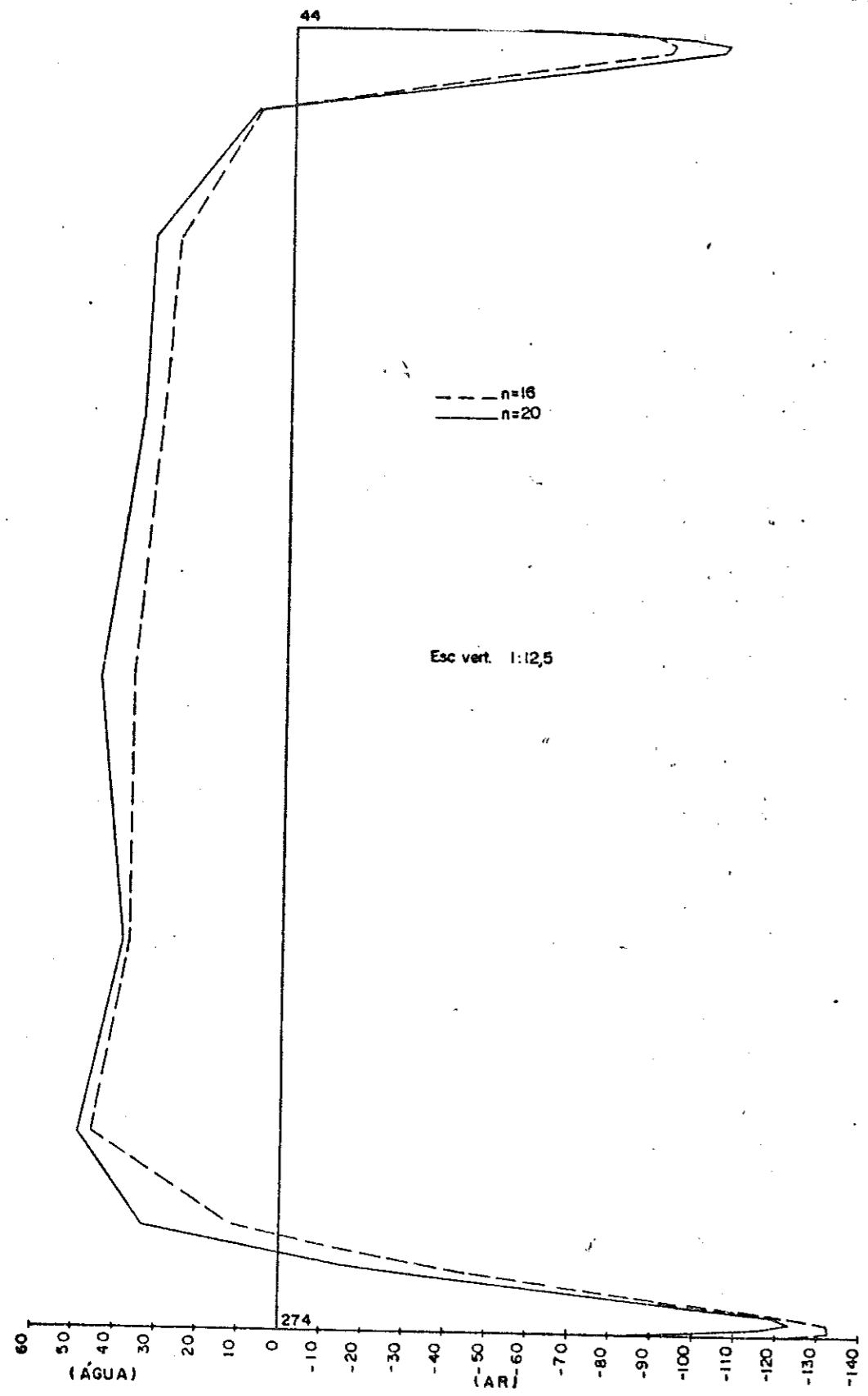


FIG.VI 6.3.7 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm)NA CASCA ①

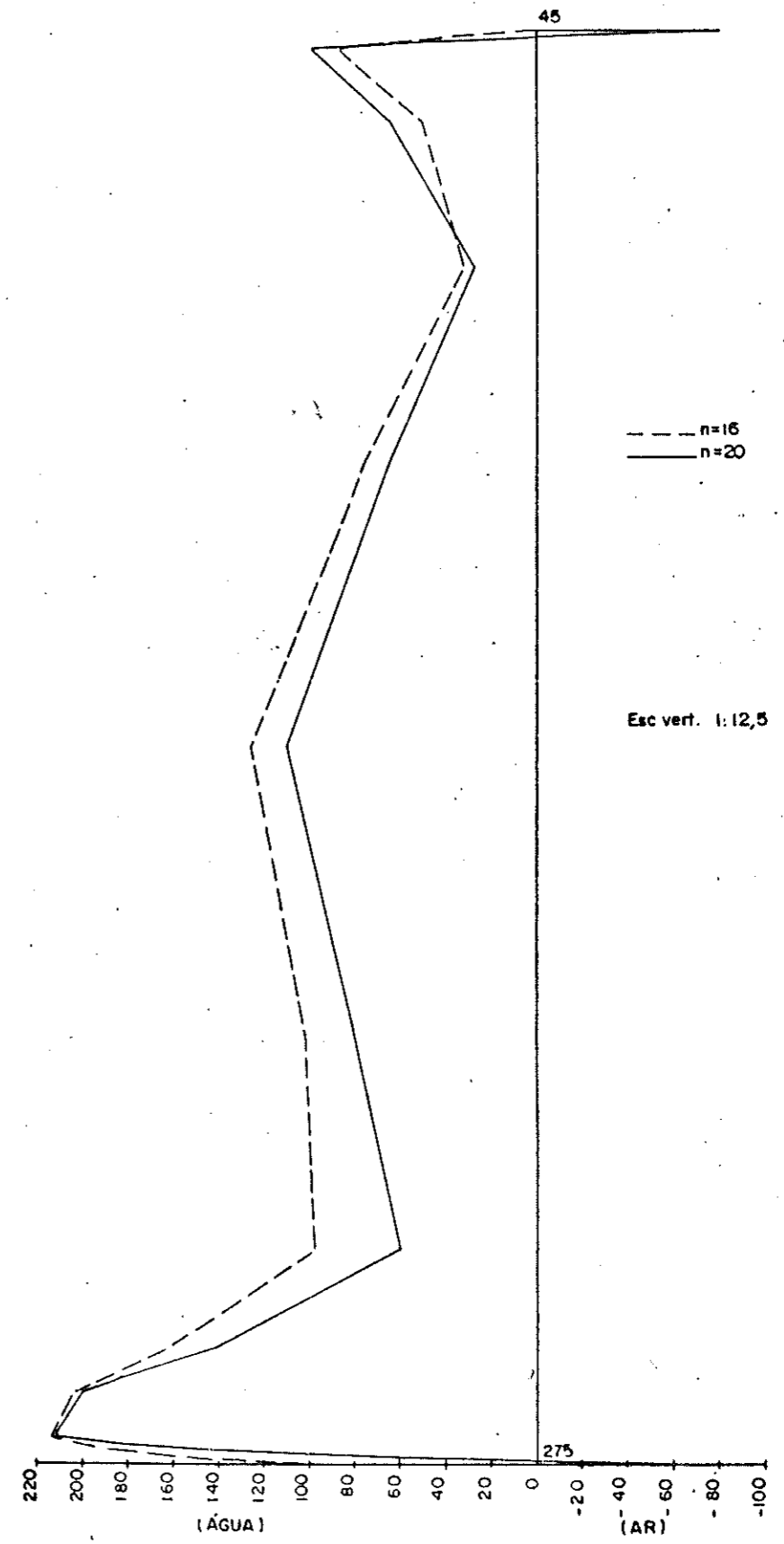


FIG.VI 6.3.8 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm)NA CASCA ①

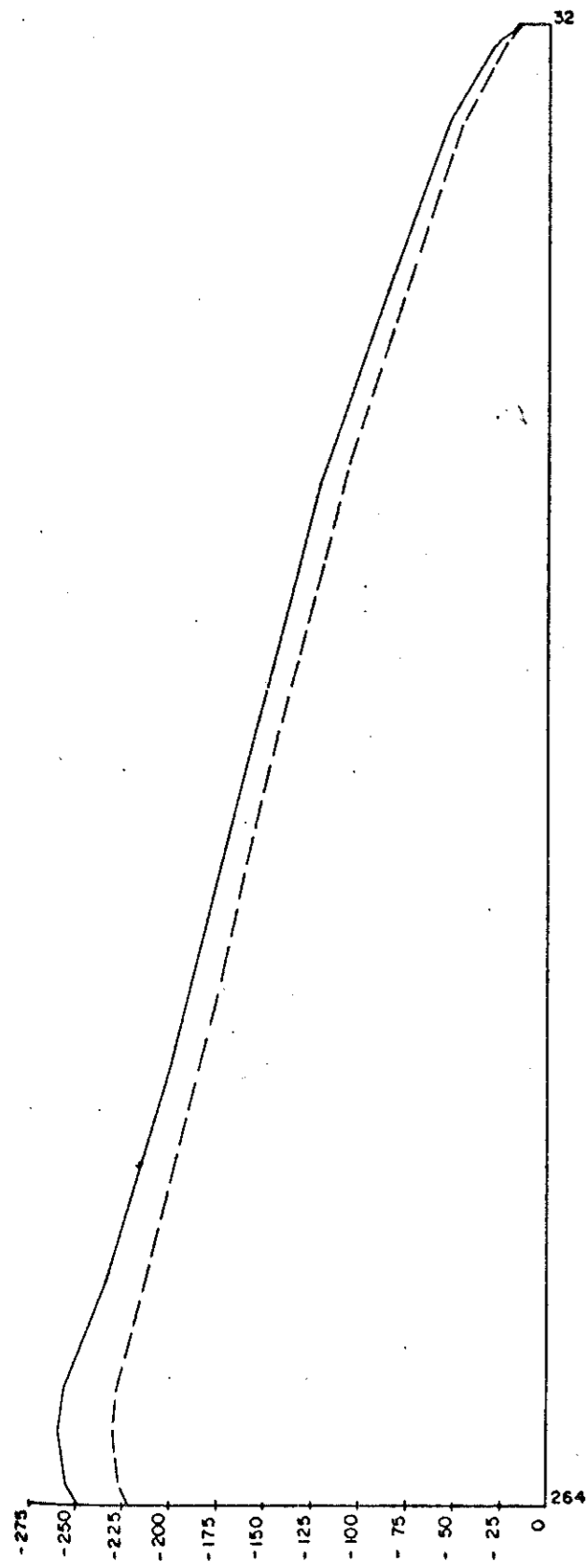


FIG.VI 6.3.9-NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

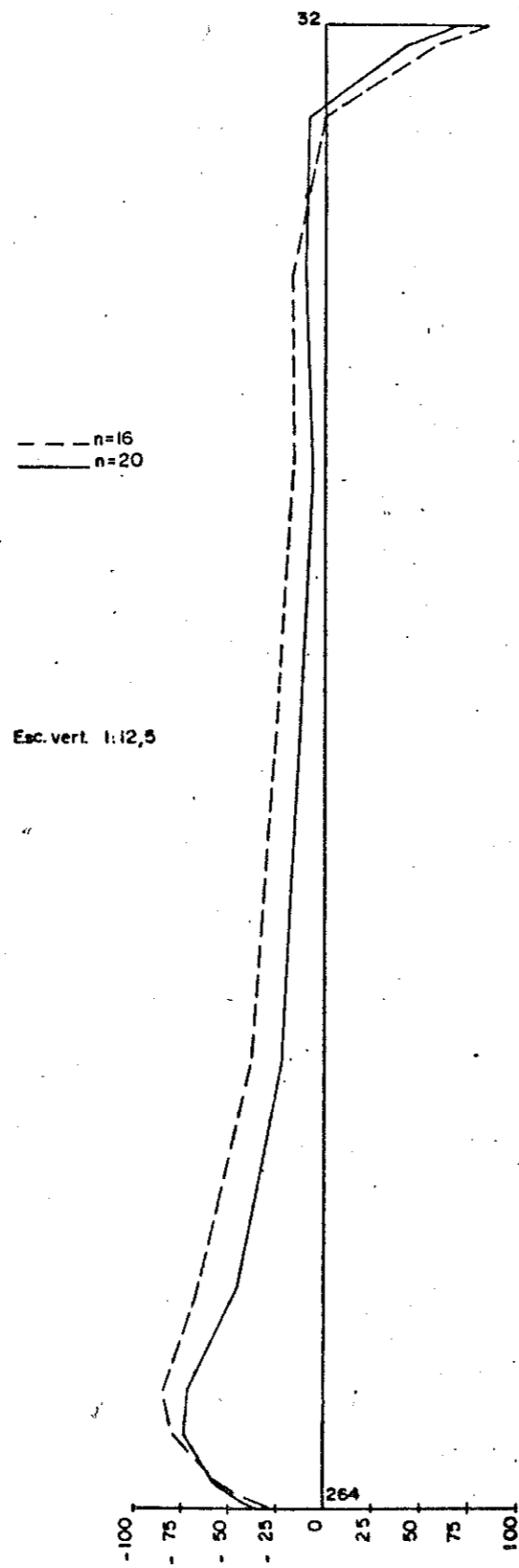


FIG.VI 6.3.10-NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

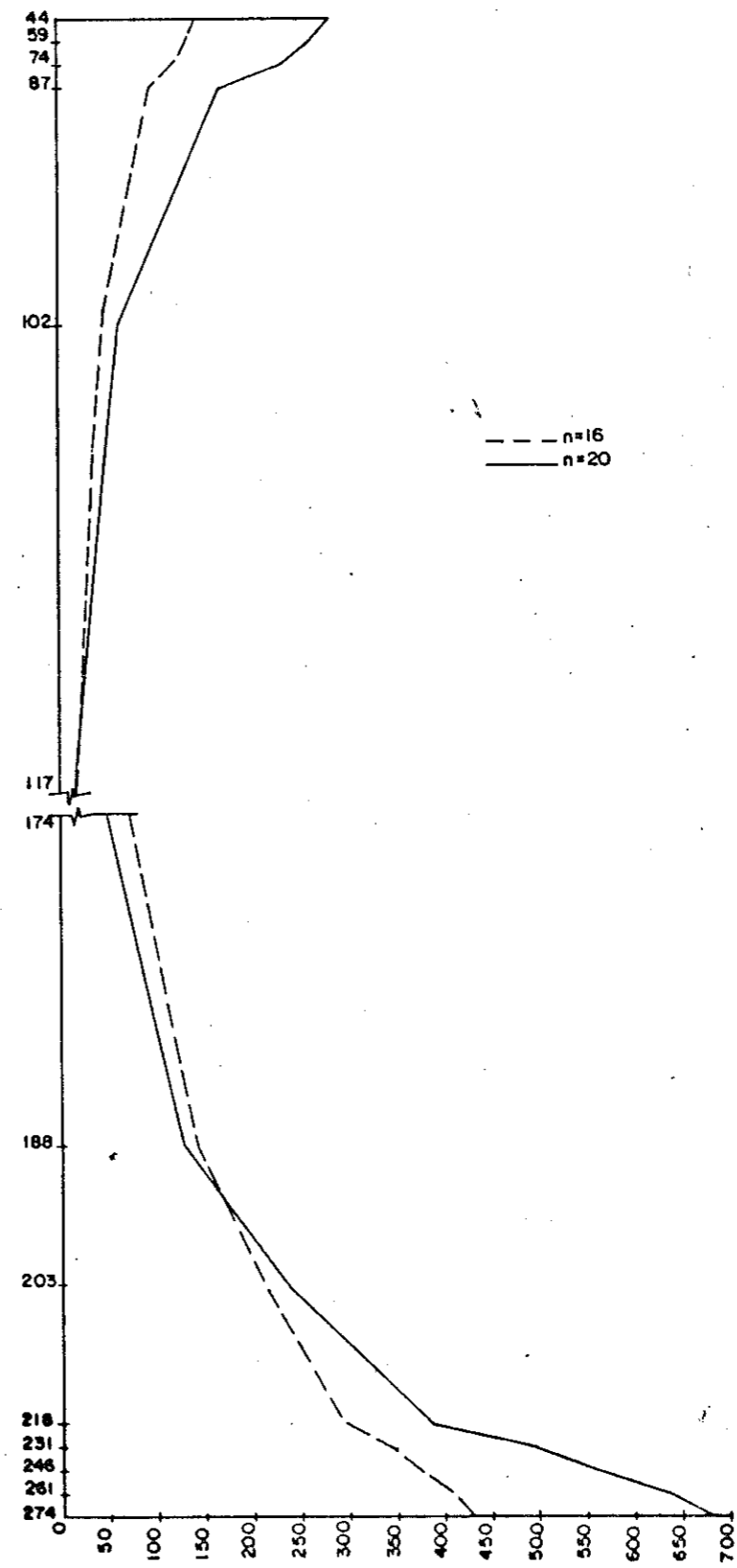


FIG.VI 6.3.11-NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

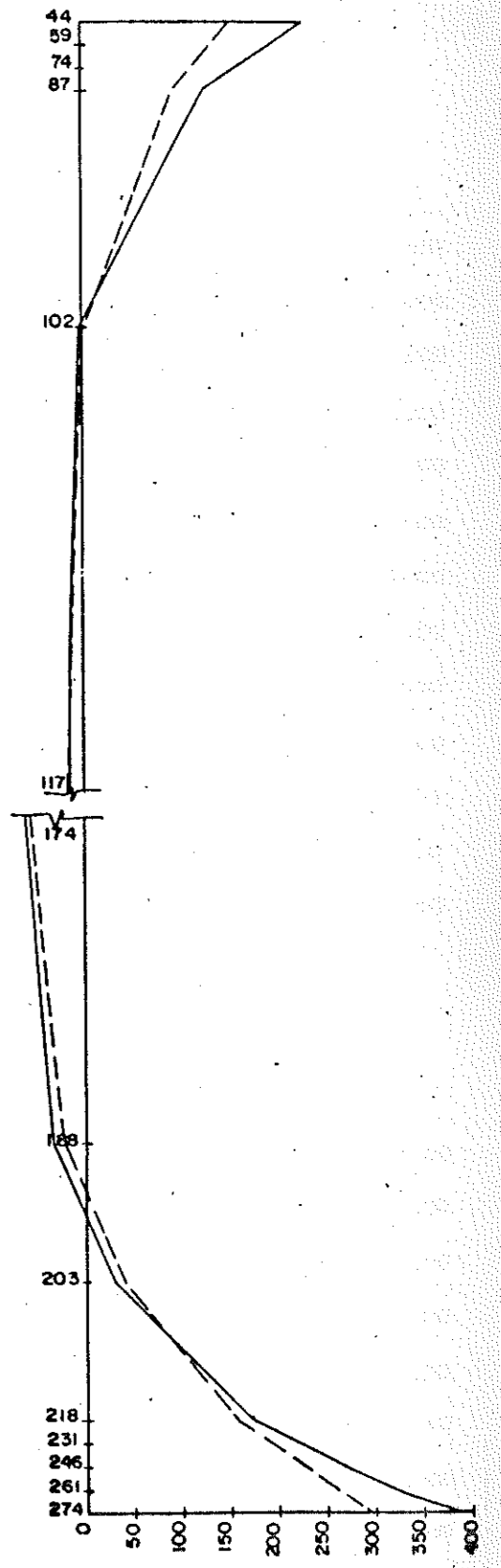


FIG.VI 6.3.12-NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

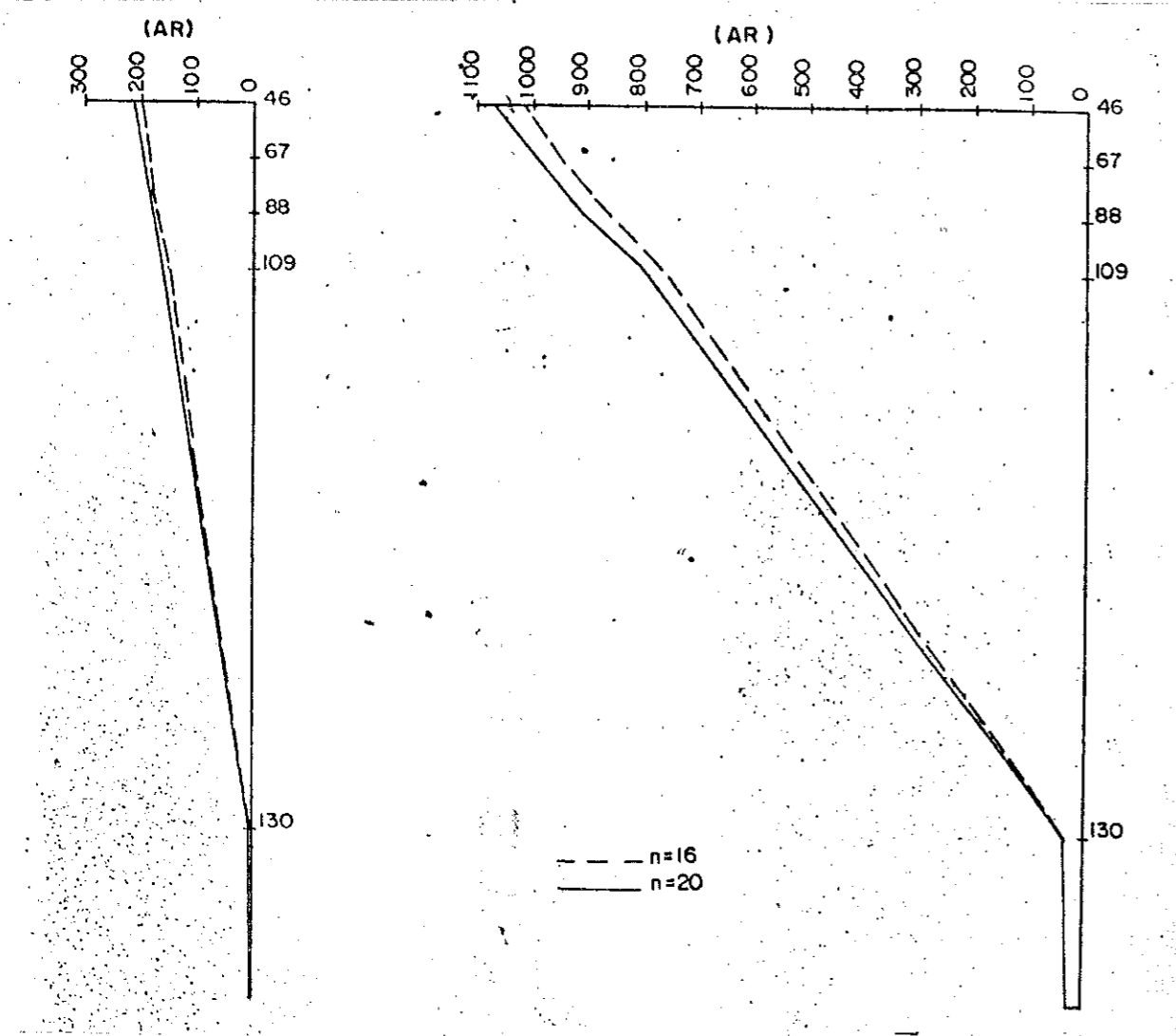


FIG.VI 6.3.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

FIG.VI 6.3.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.7 - Exemplos comparativos para reservatório com $h_f = 70$ cm e $e_c = 6$ cm

VI.7.1 - Viga 15/10 e $n = 16$ e $n = 20$.

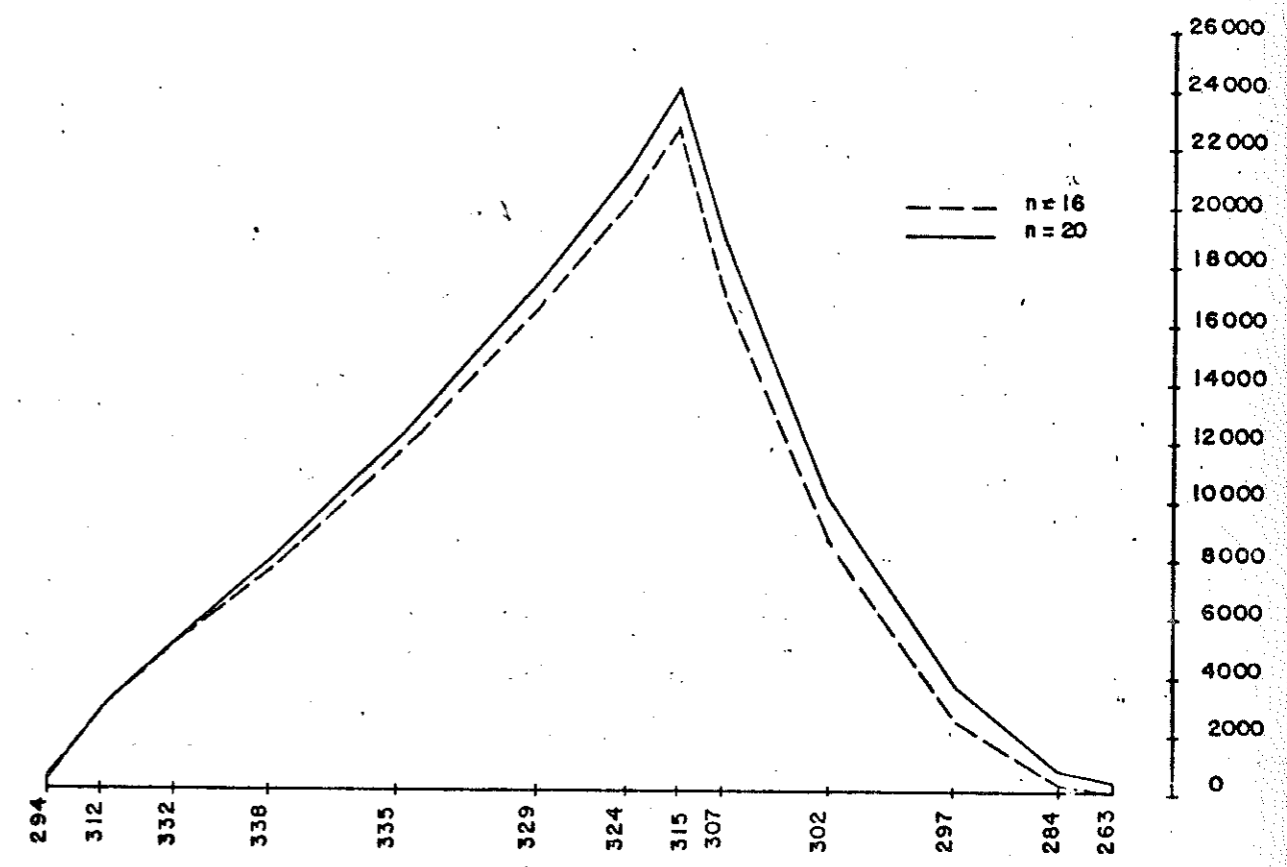


FIG.VI 7.1.1 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

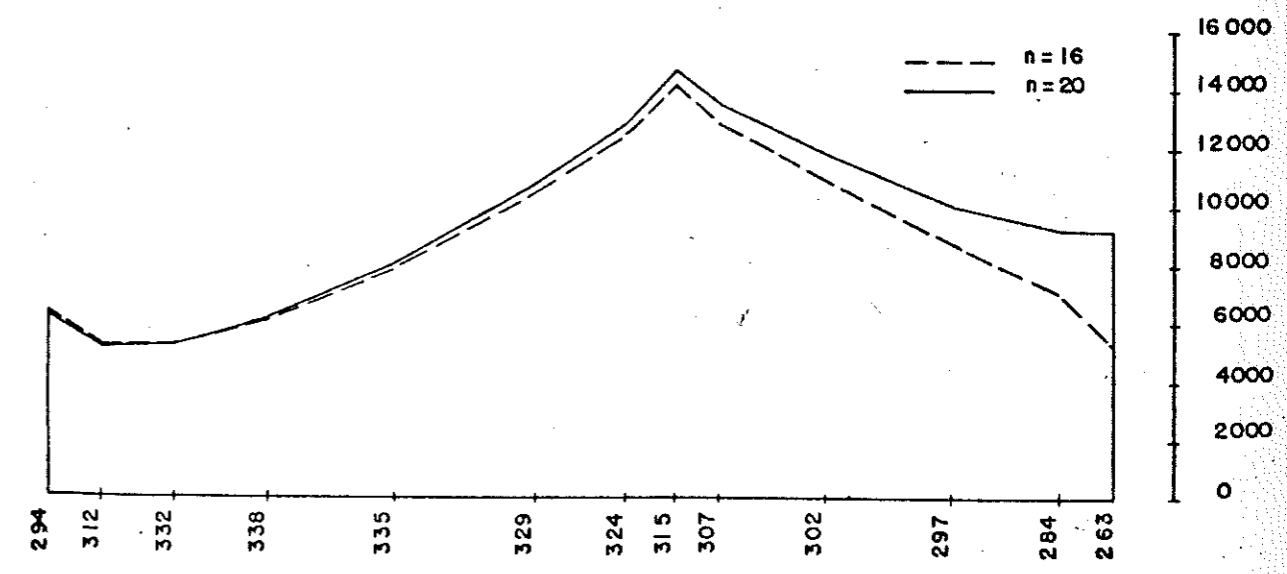


FIG.VI 7.1.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

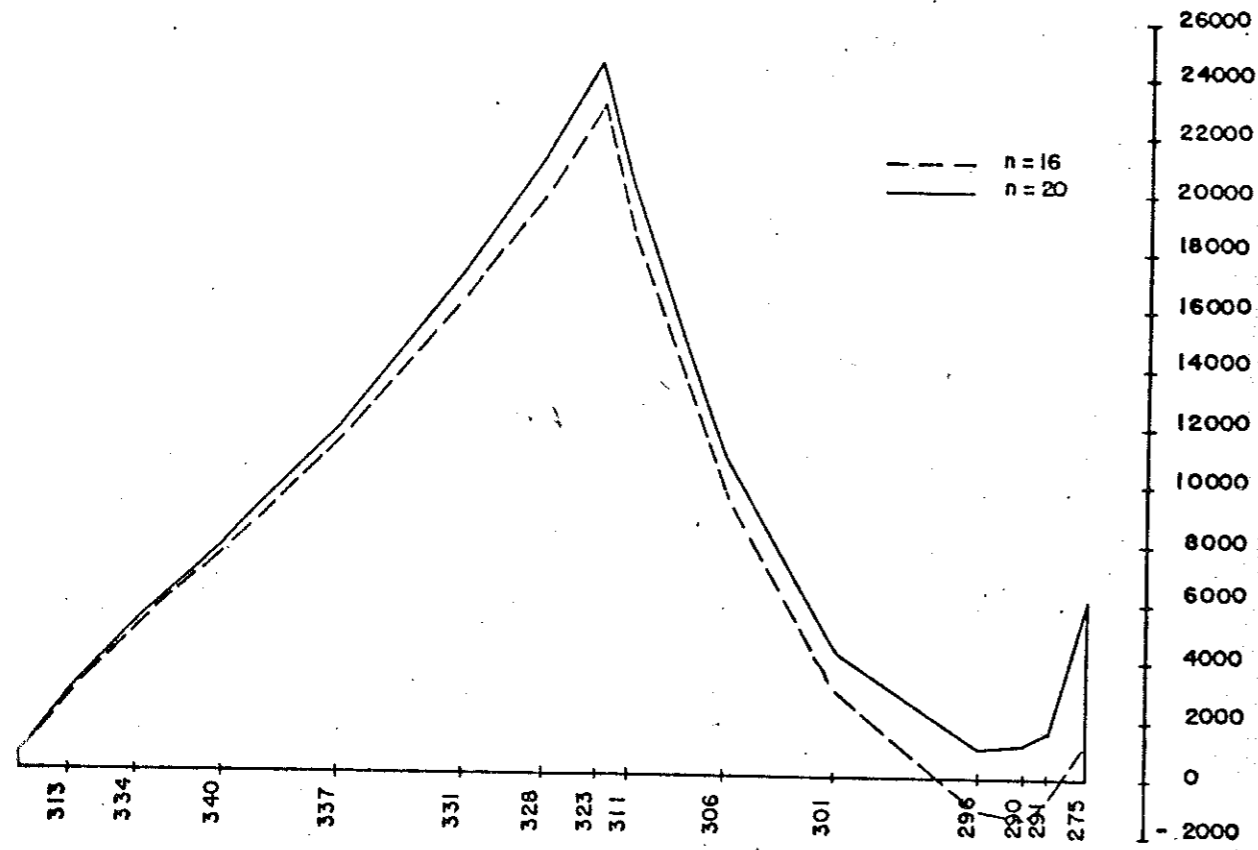


FIG.VI 7.1.3 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

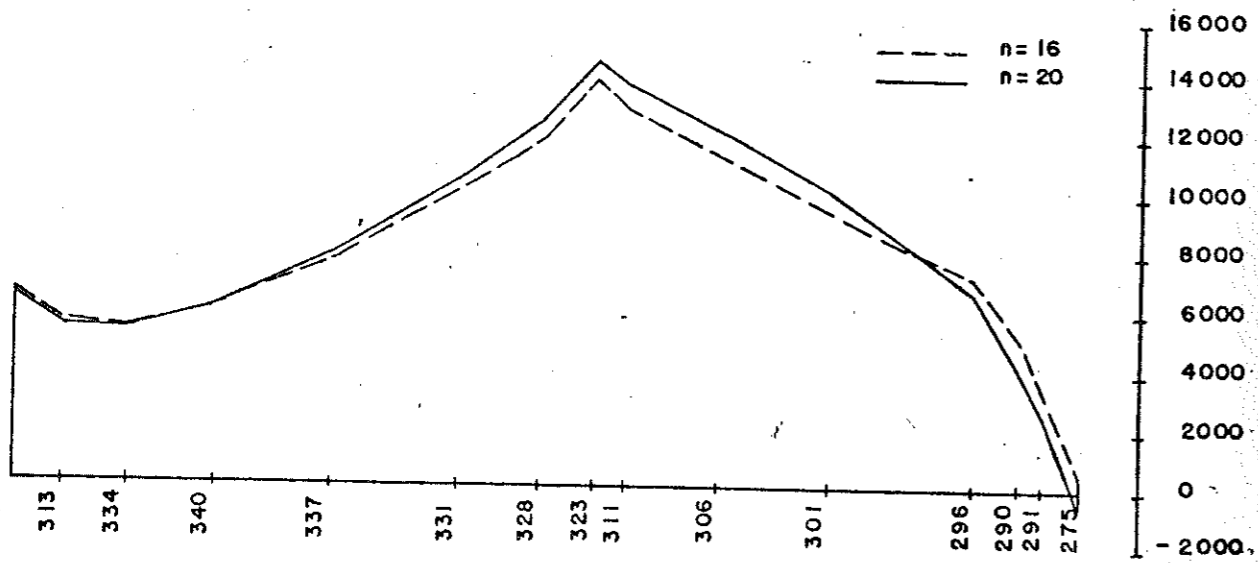


FIG.VI 7.1.4 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

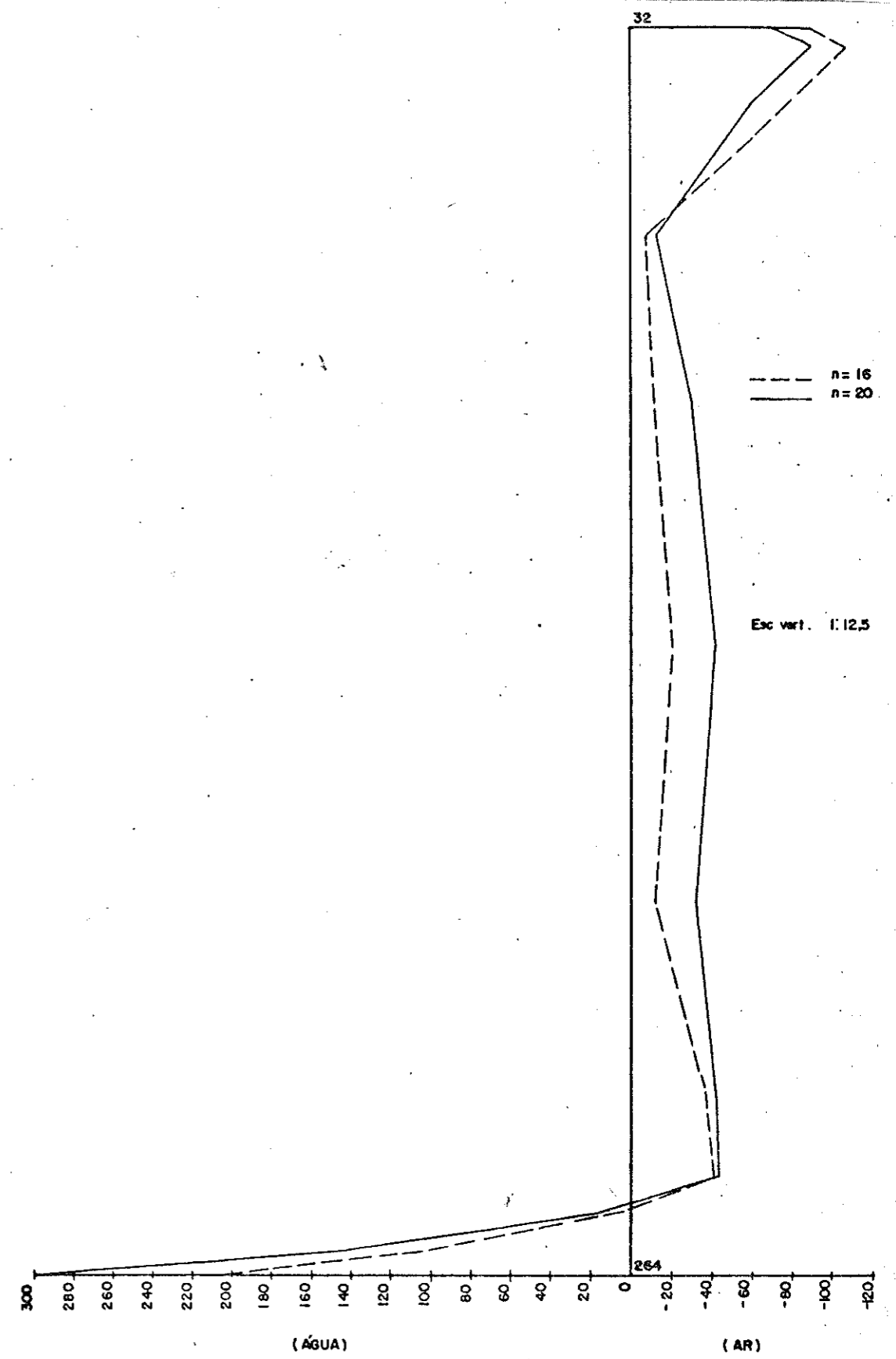


FIG.VI 7.1.5 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA (I)

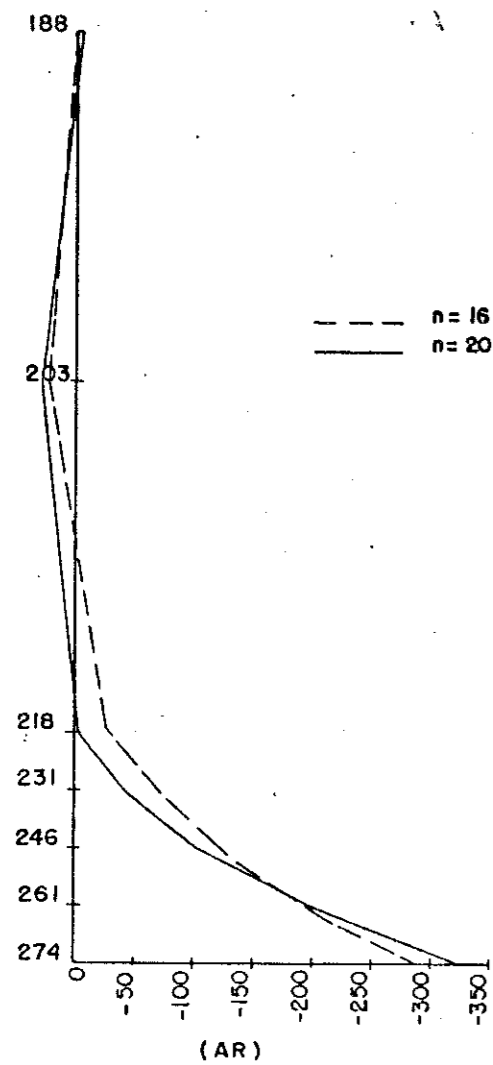


FIG.VI 7.1.6 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

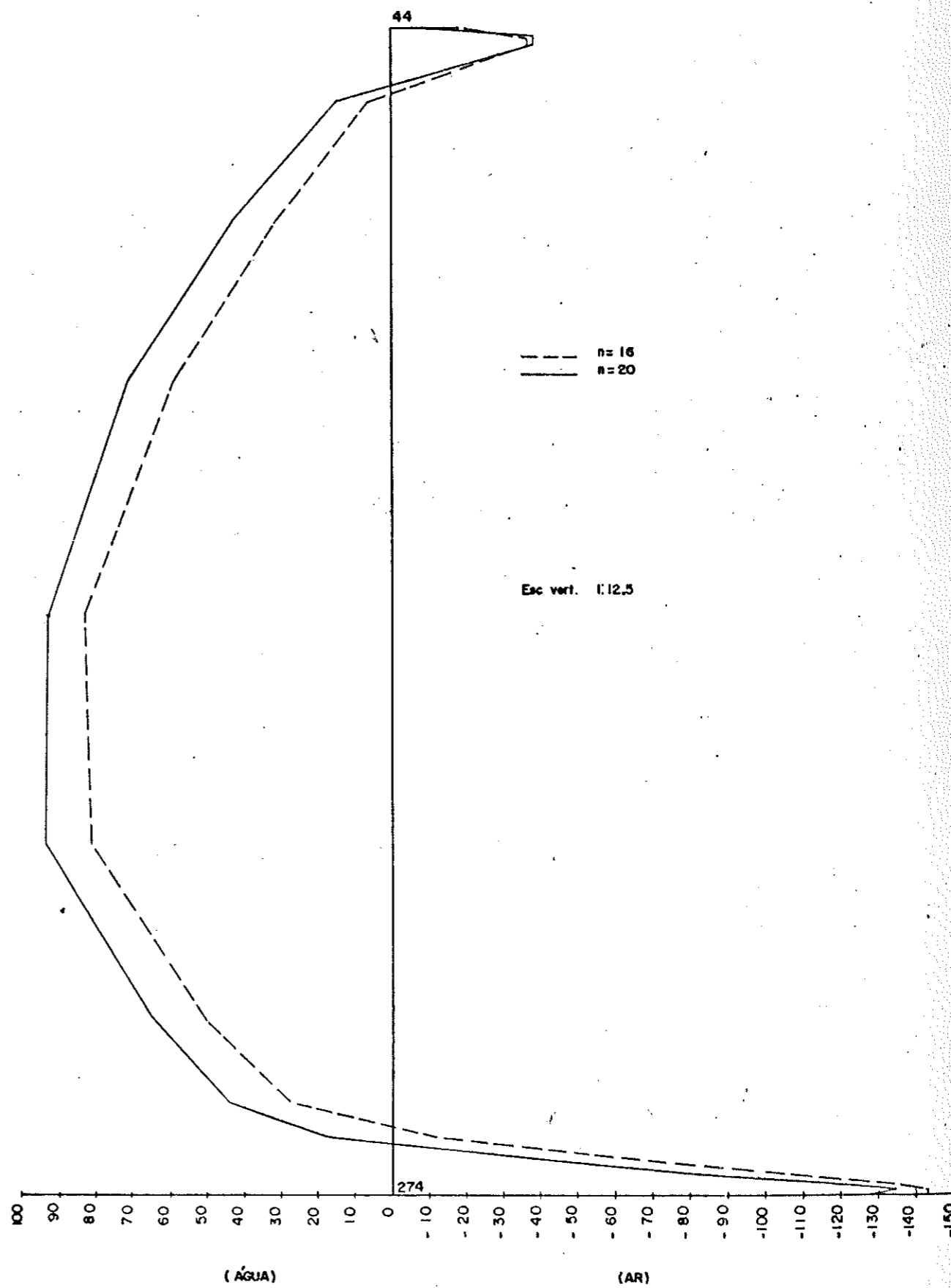
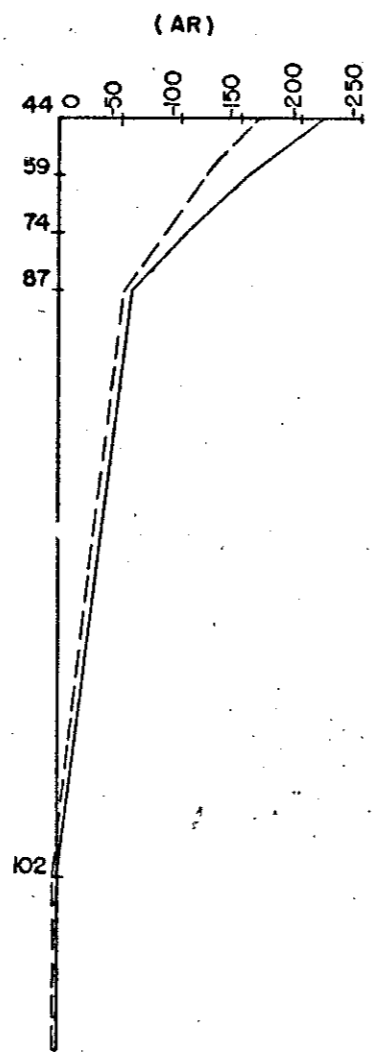


FIG.VI 7.1.7 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

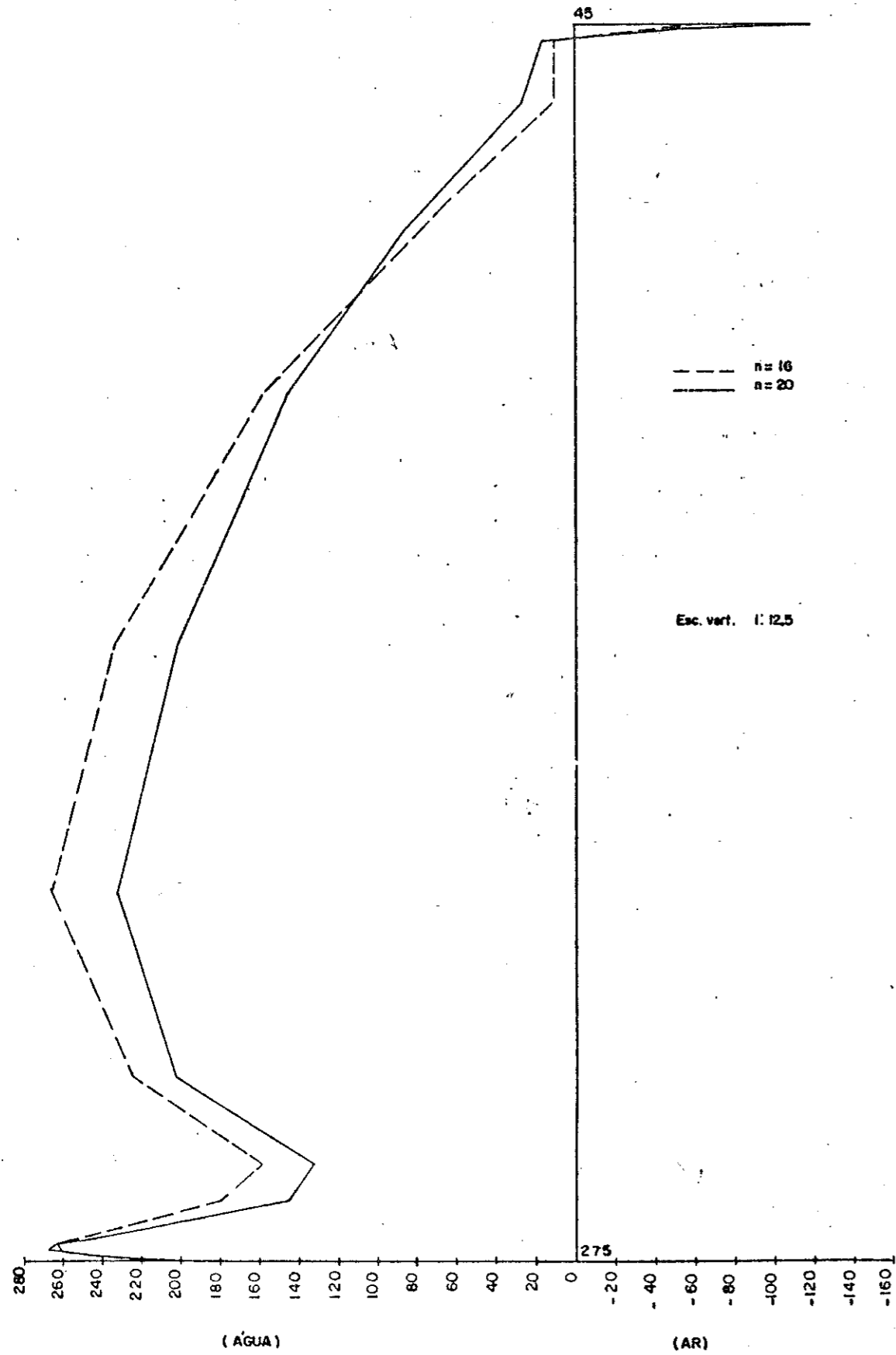


FIG.VI 7.1.8 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm)NA CASCA ①

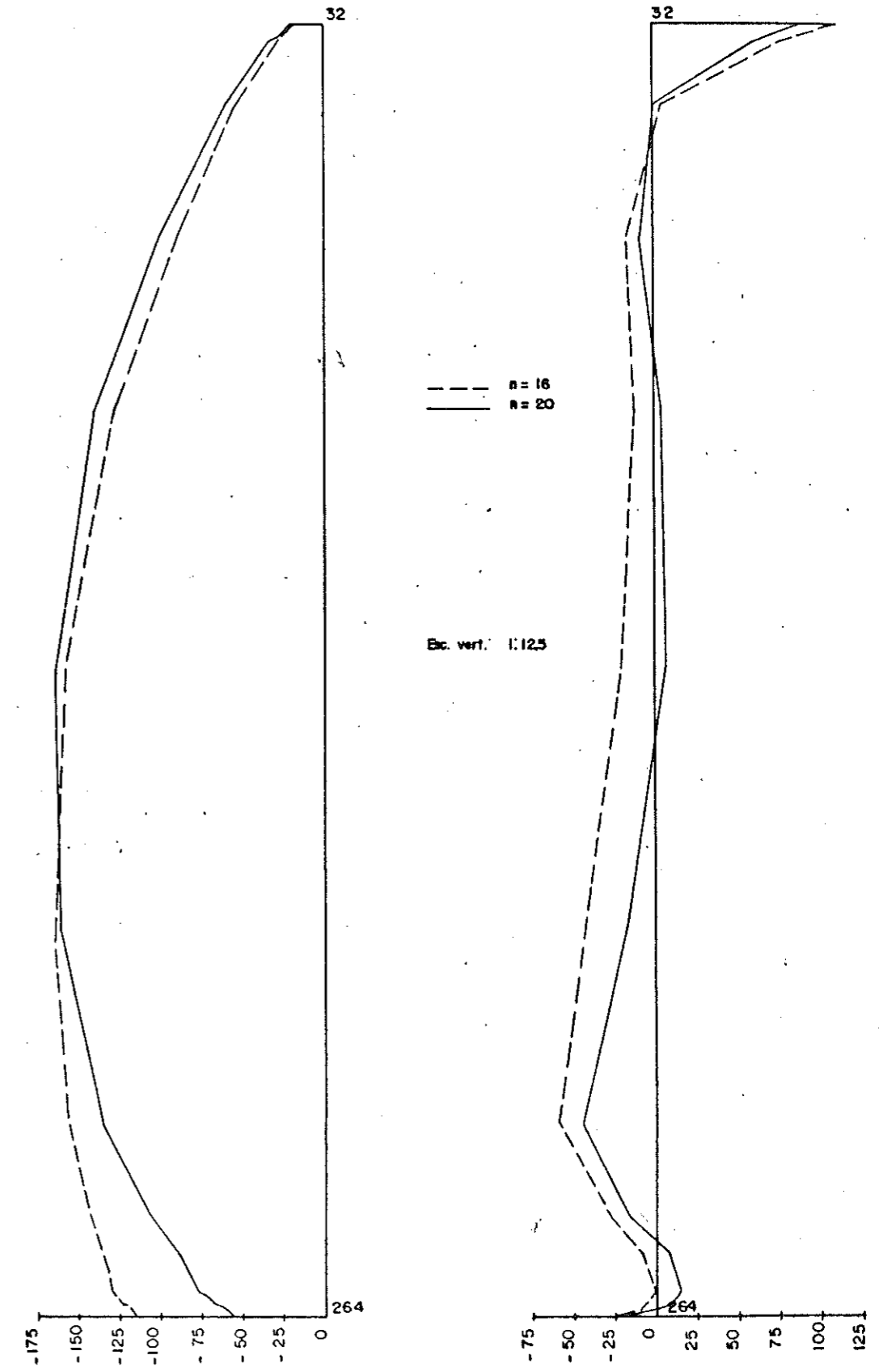


FIG.VI 7.1.9 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

FIG.VI 7.1.10 -NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

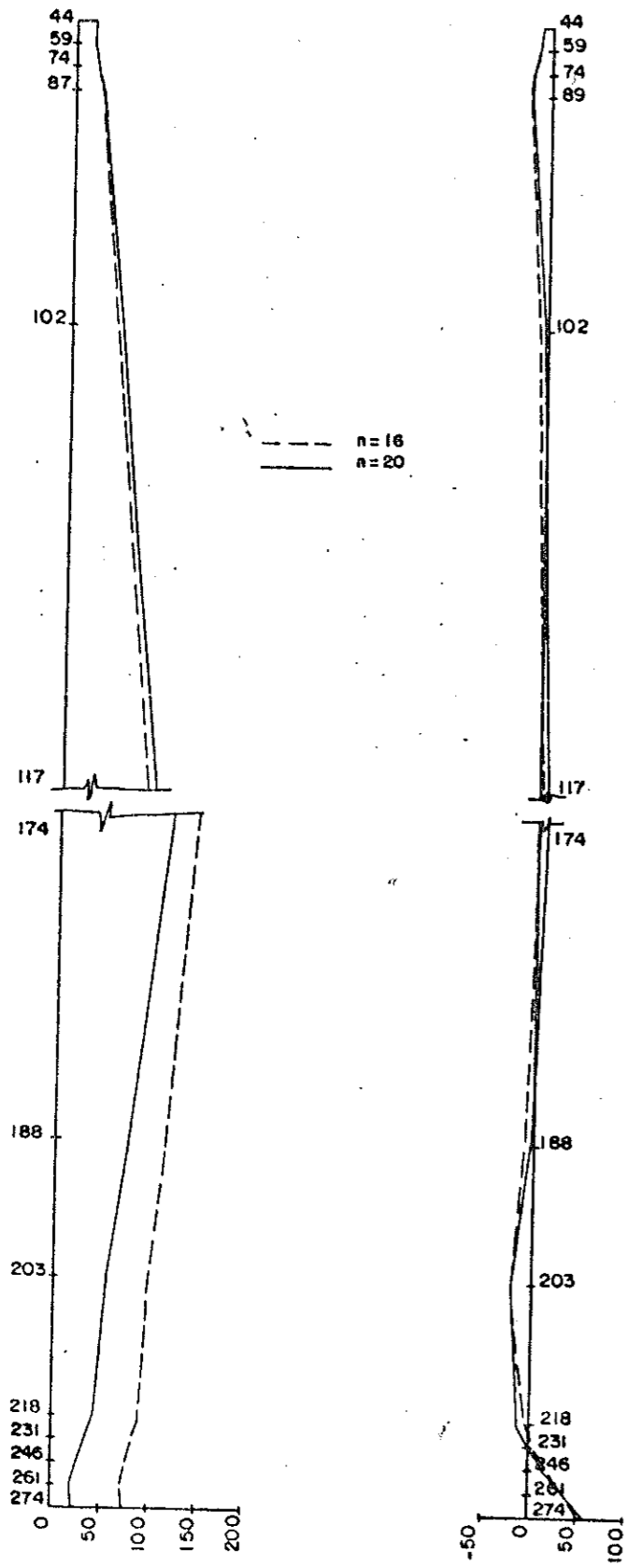


FIG.VI 7.1.11 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

FIG.VI 7.1.12 -NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

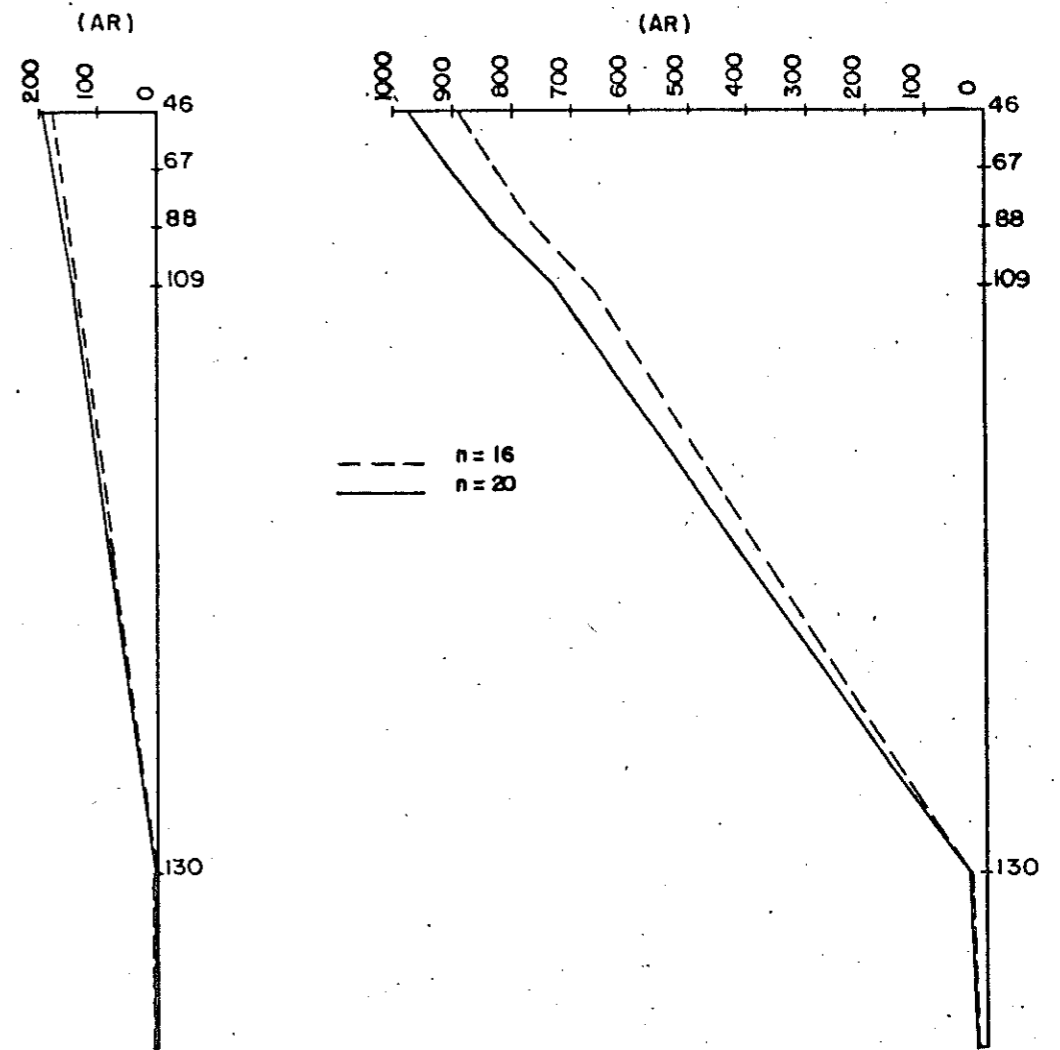


FIG.VI 7.1.13 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm)NA CASCA ③

FIG.VI 7.1.14 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.7.2 - Viga 25/20 e n = 16 e n = 20.

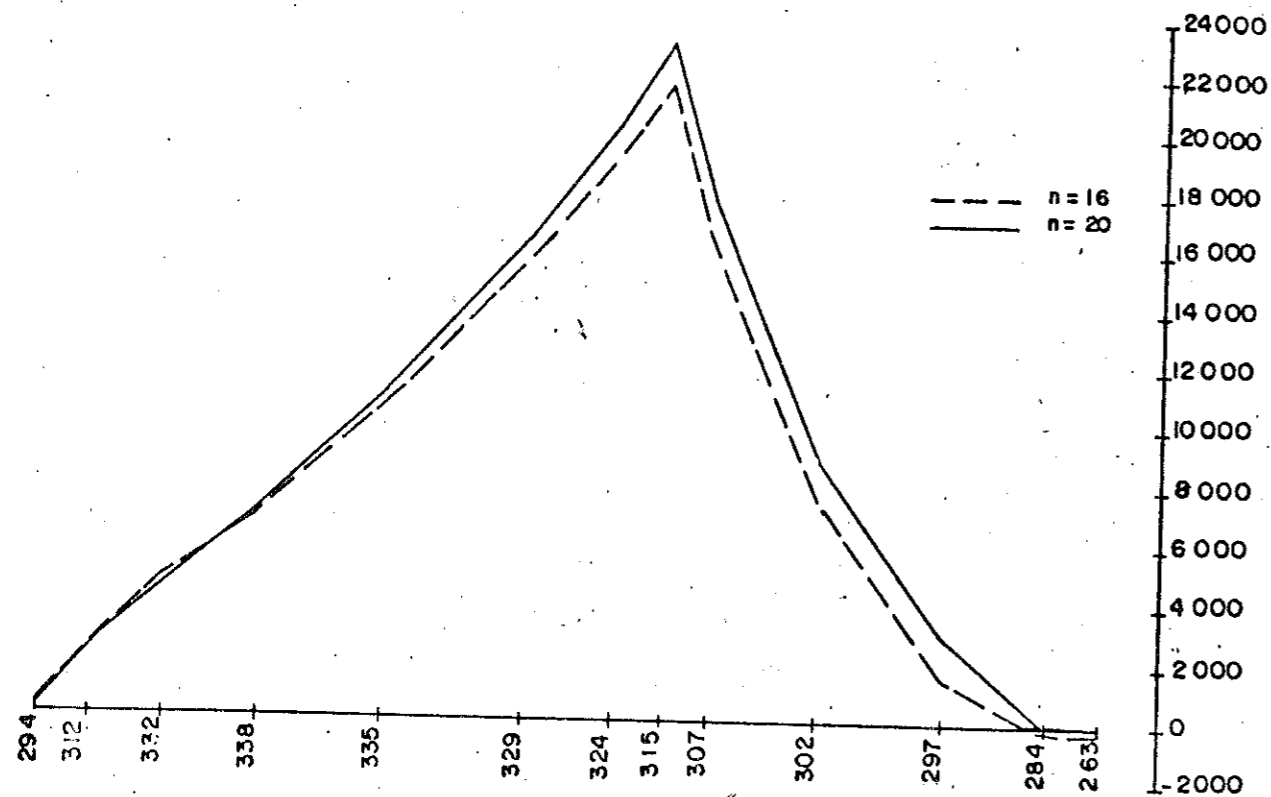


FIG.VI 7.2.1 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

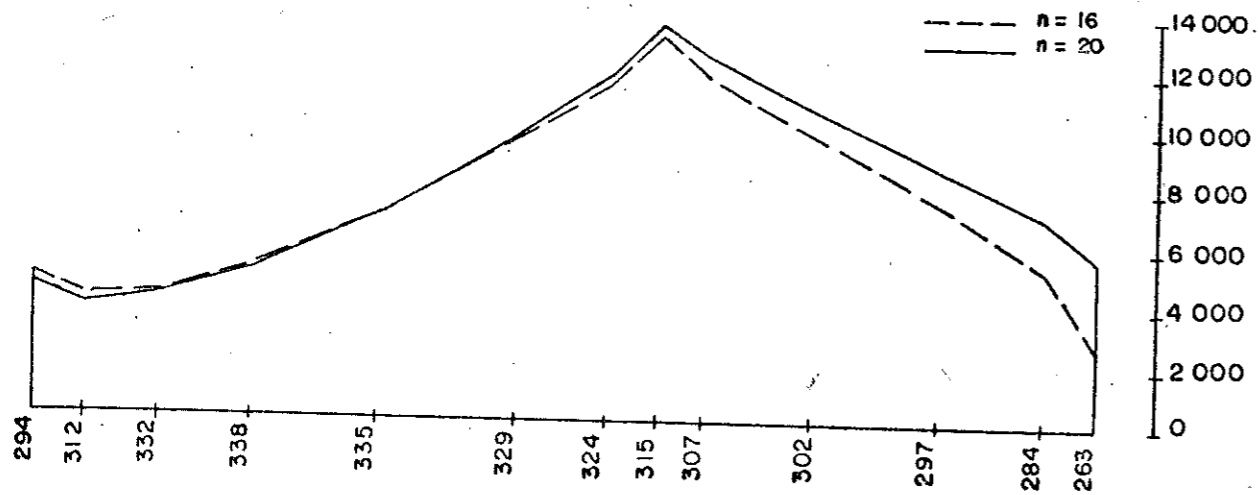


FIG.VI 7.2.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

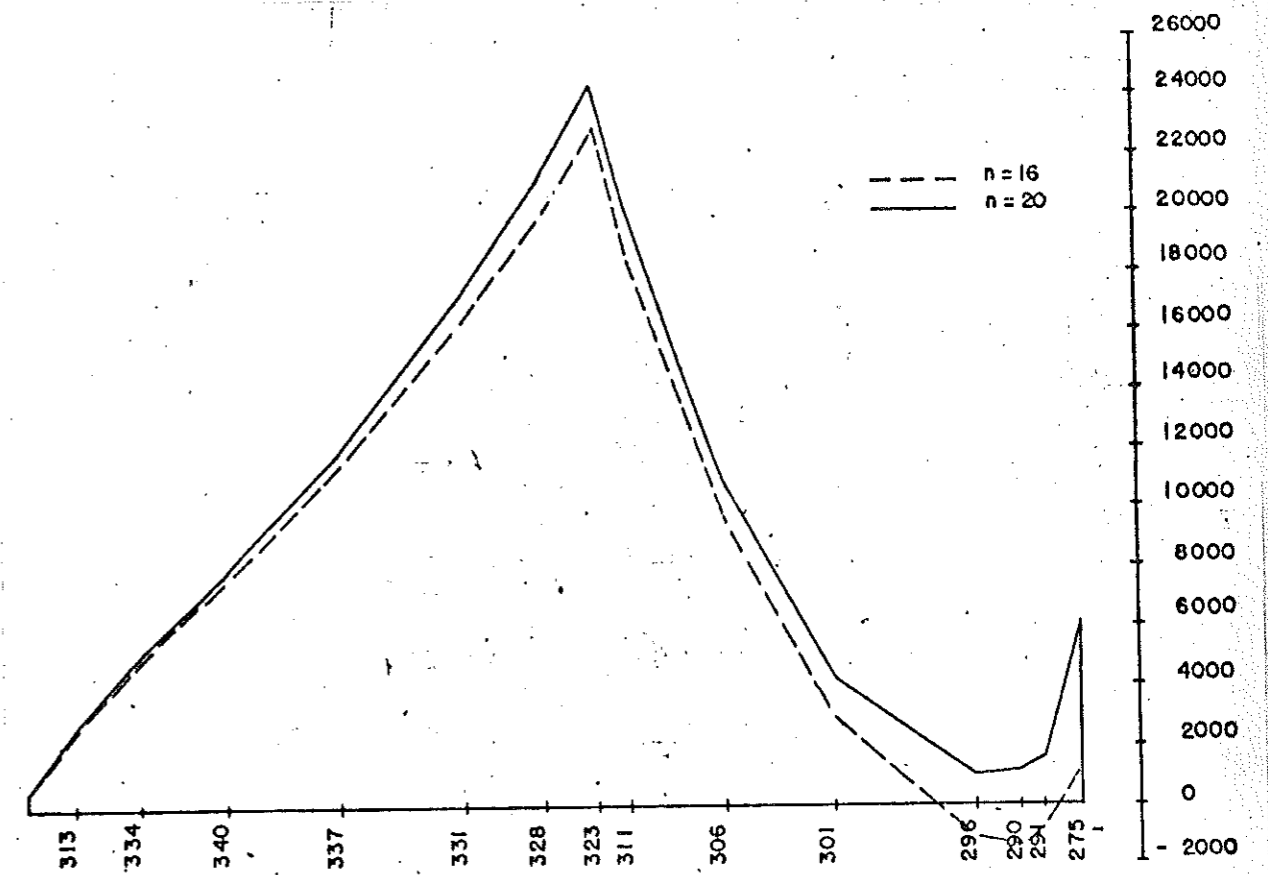


FIG.VI 7.2.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

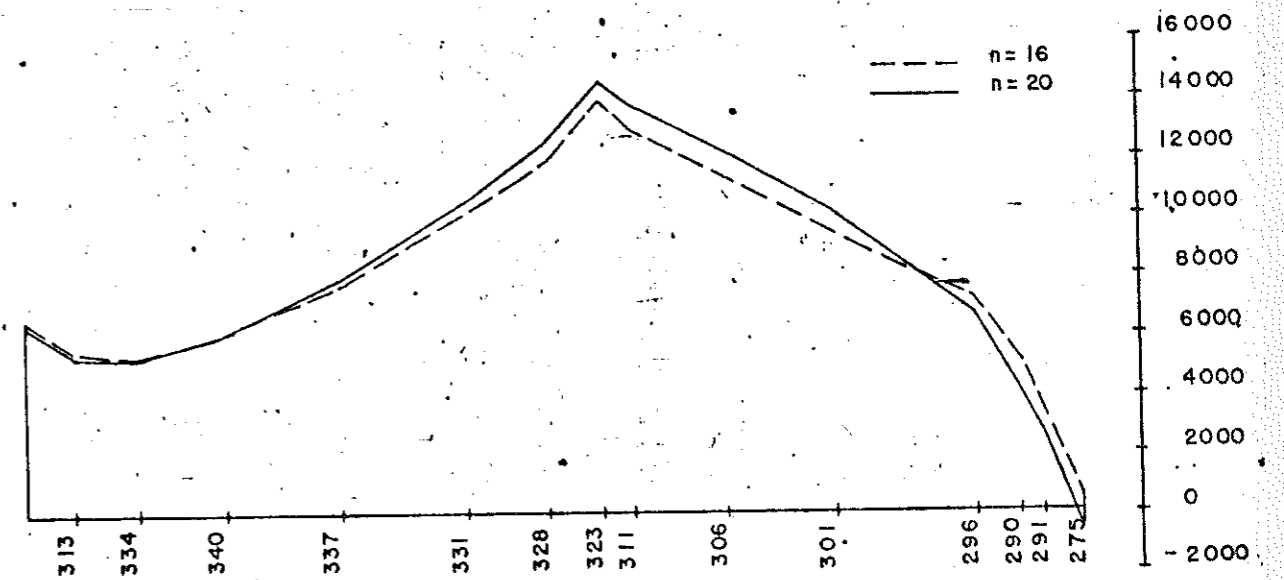


FIG.VI 7.2.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

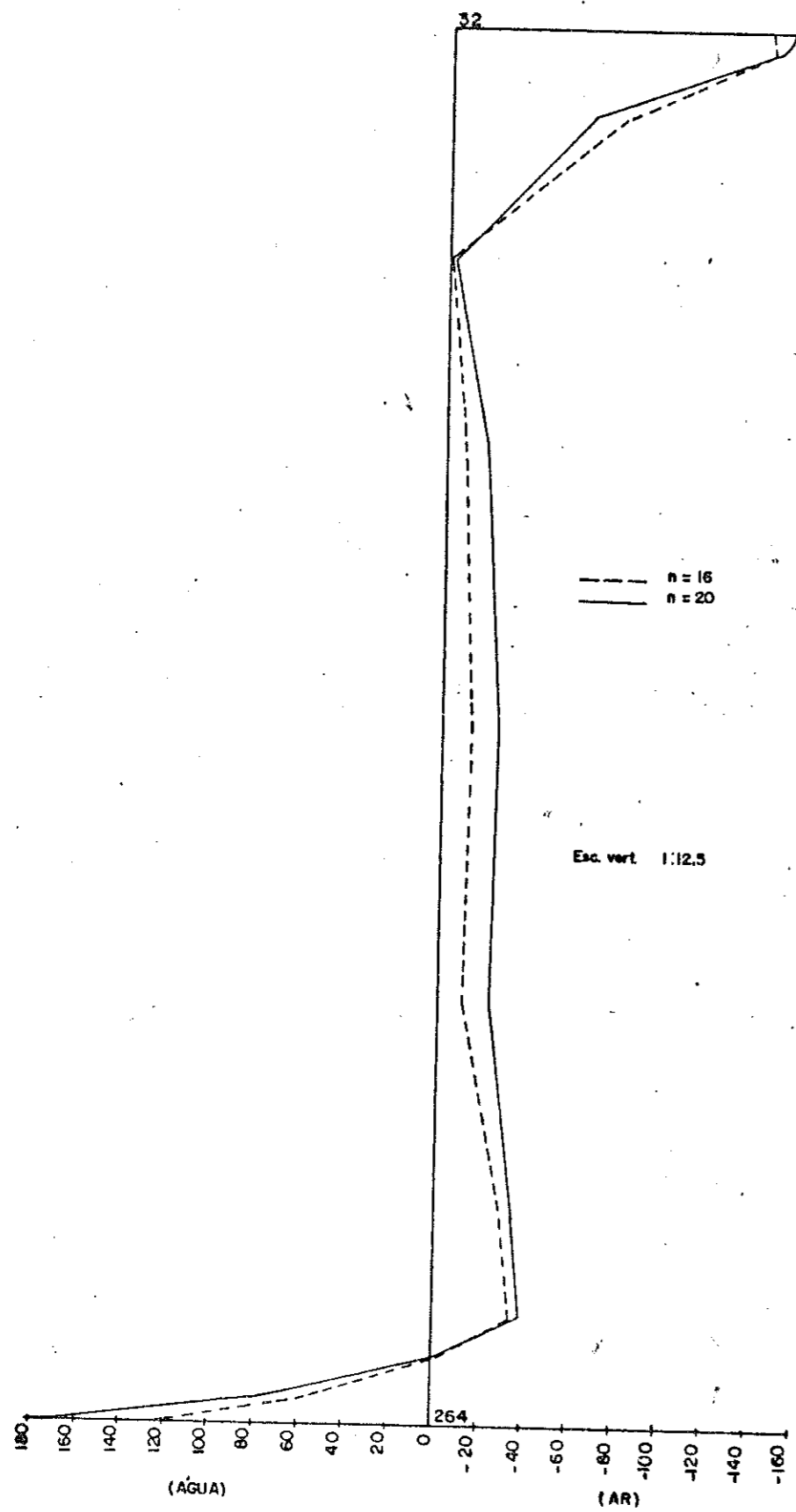


FIG.VI 7.2.5 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

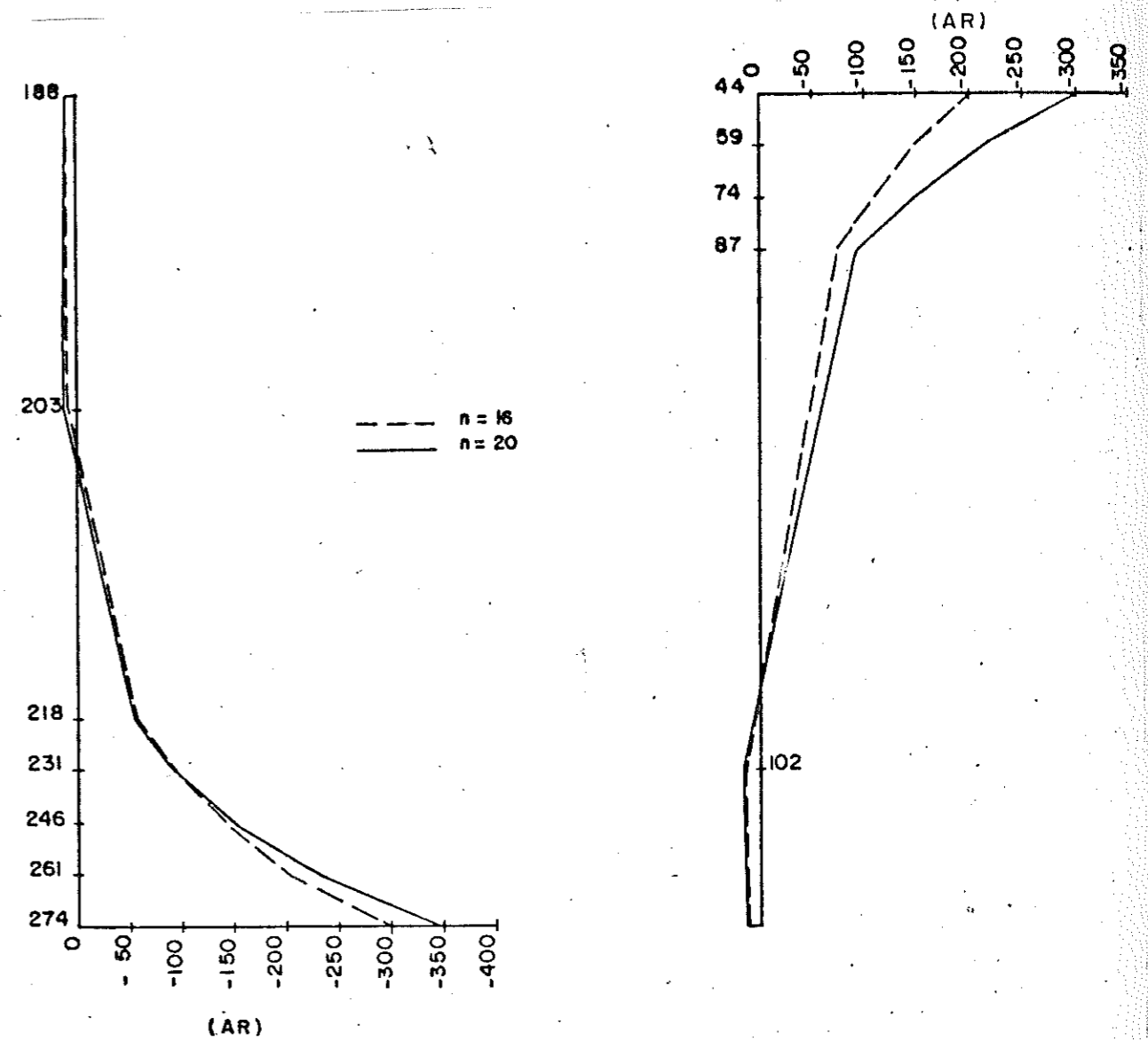


FIG.VI 7.2.6 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

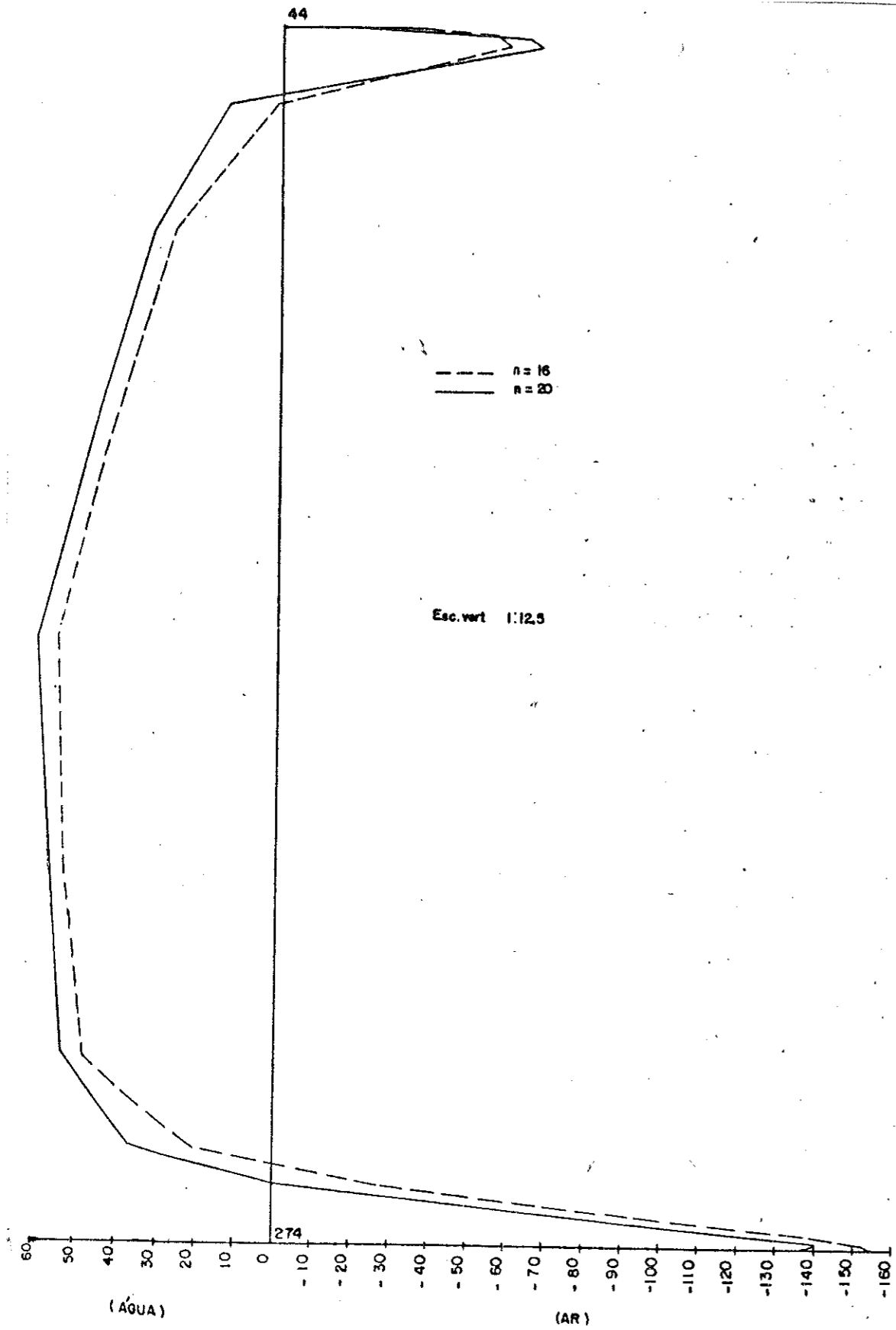


FIG.VI 7.2.7 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

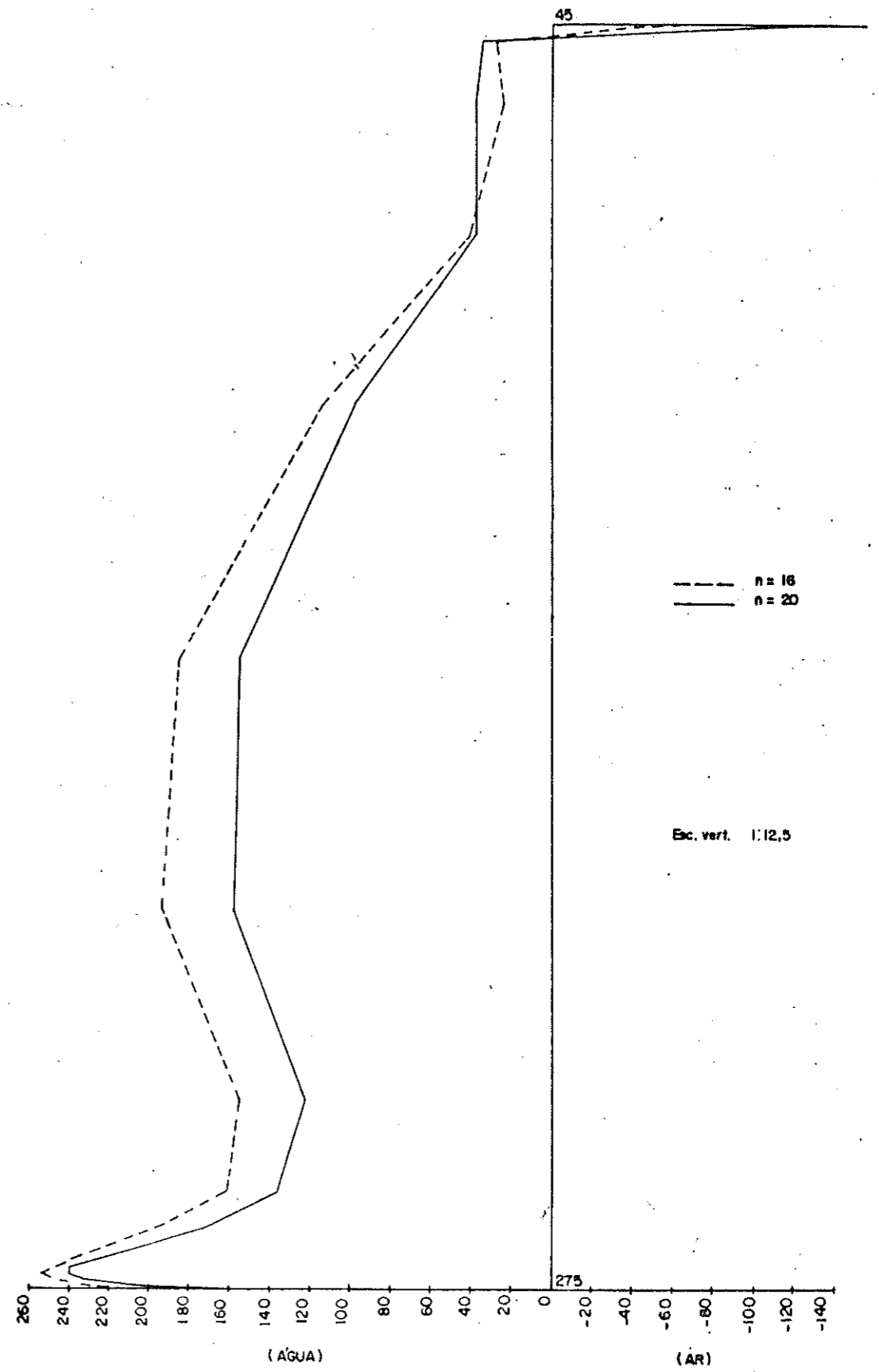


FIG.VI 7.2.8 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

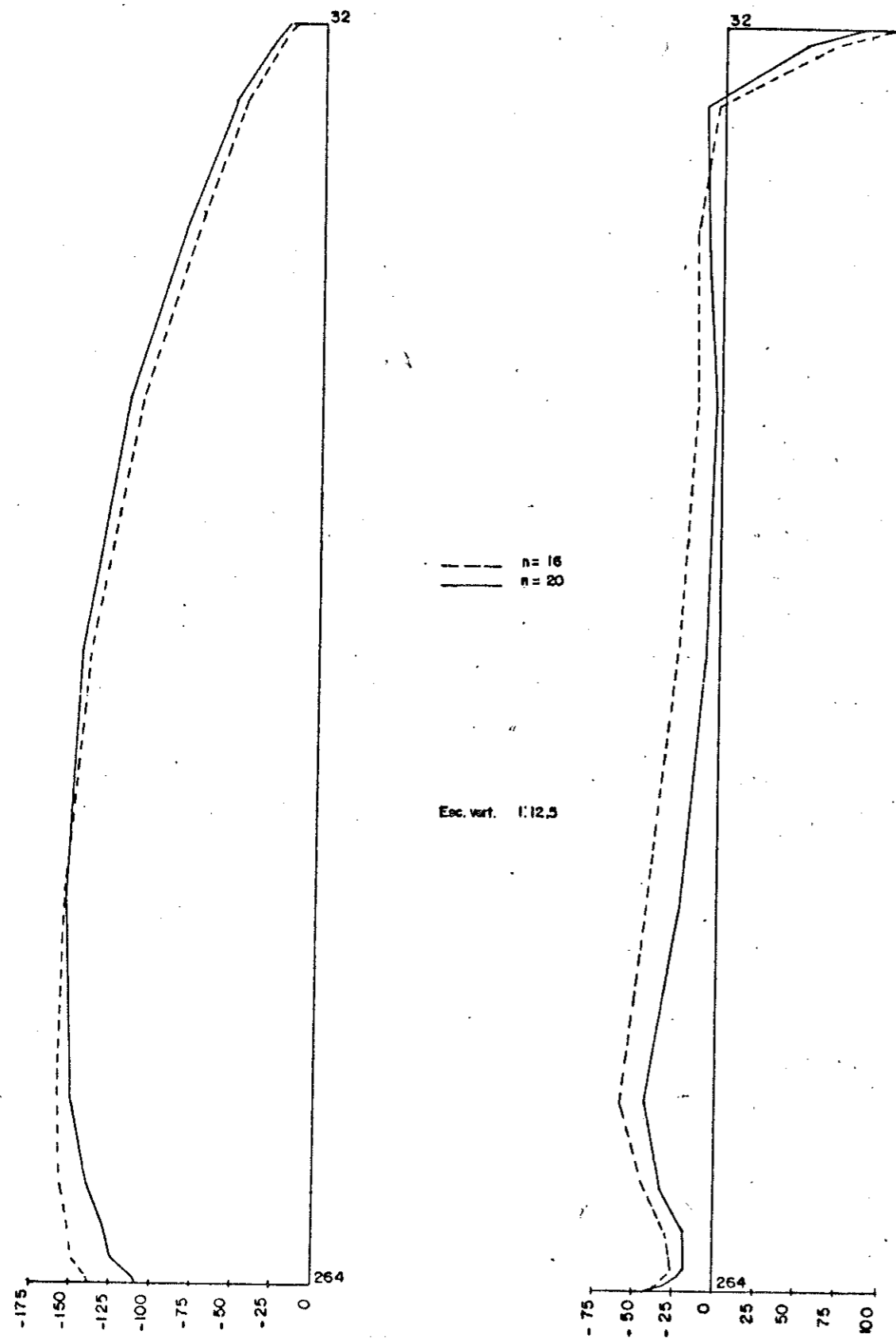


FIG.VI 7.2.9 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

FIG.VI 7.2.10 -NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

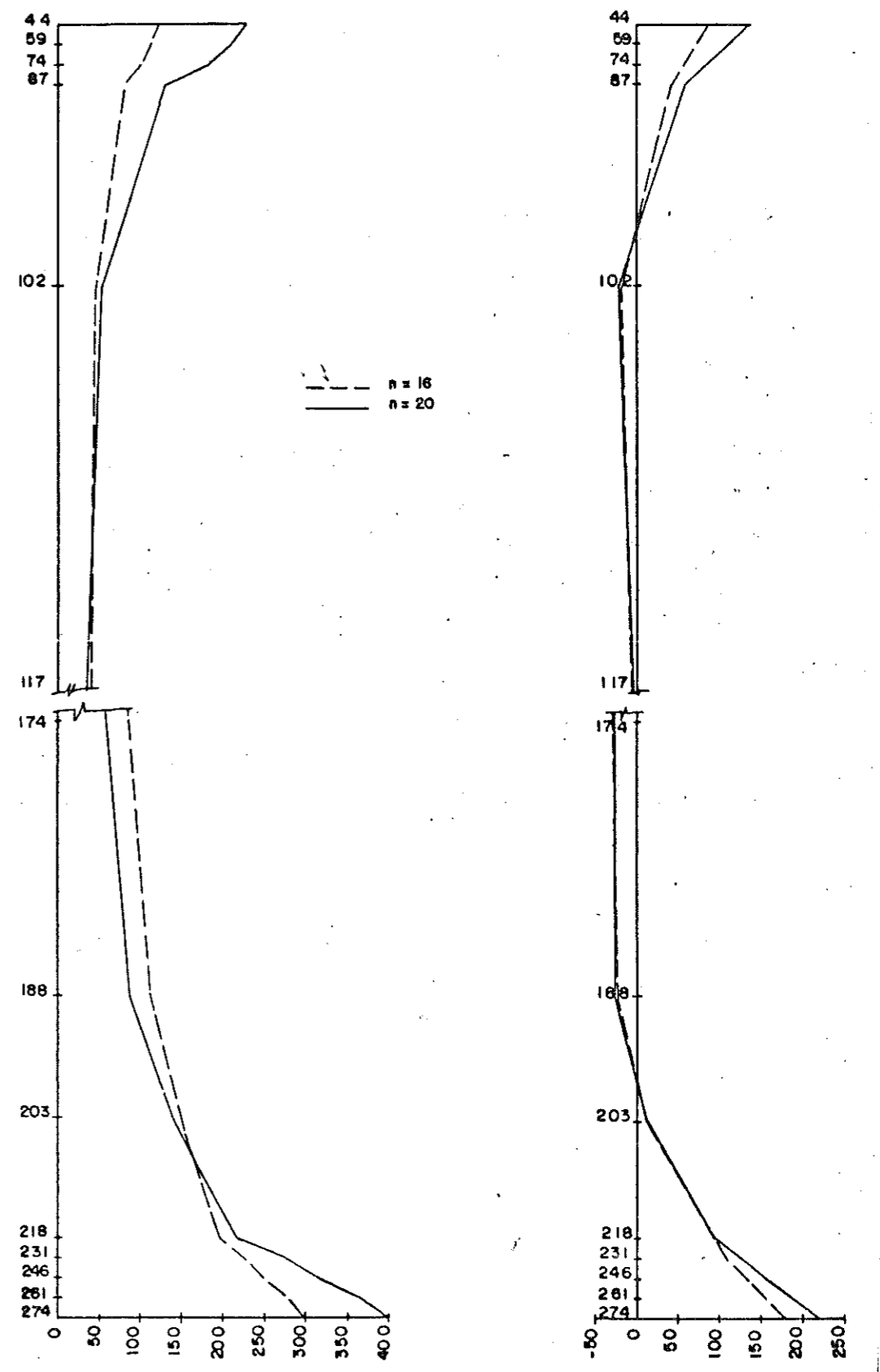


FIG.VI 7.2.11 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

FIG.VI 7.2.12 -NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

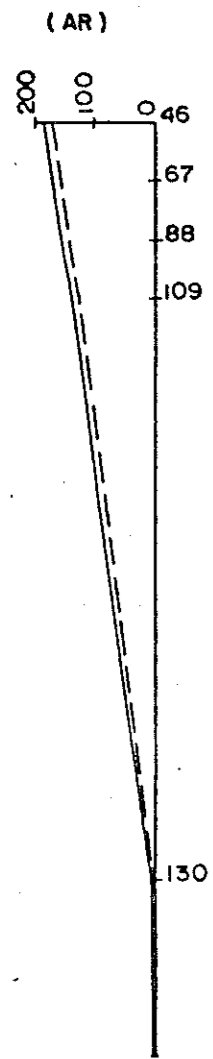


FIG.VI 7.2.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

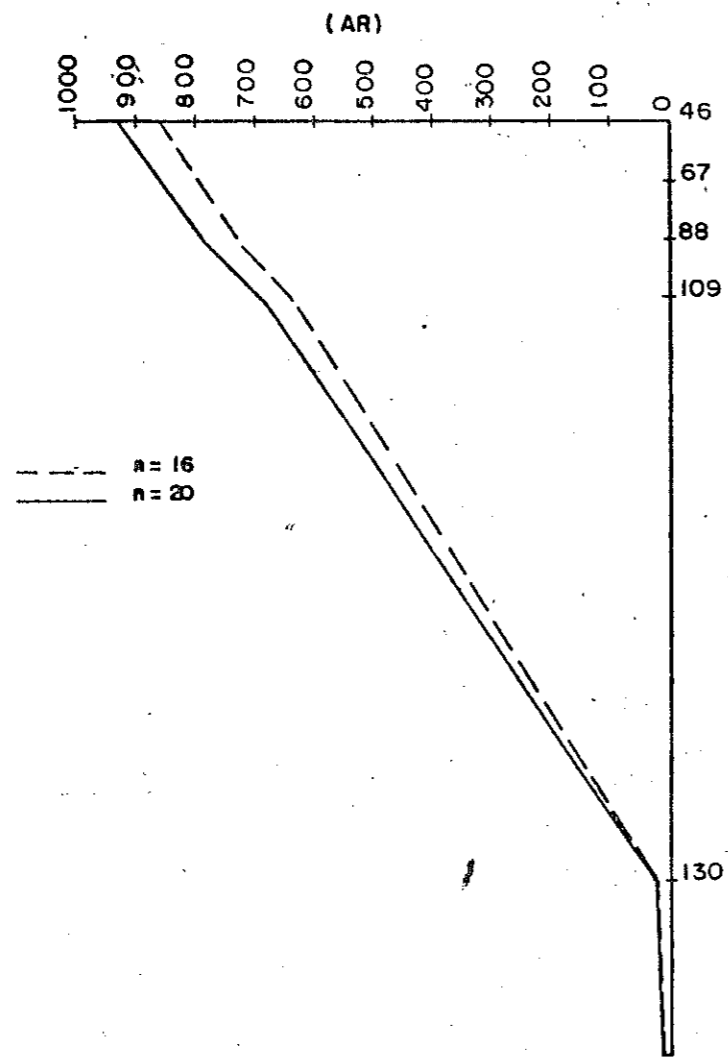


FIG.VI 7.2.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.7.3 - Viga 25/40 e n = 16 e n = 20.

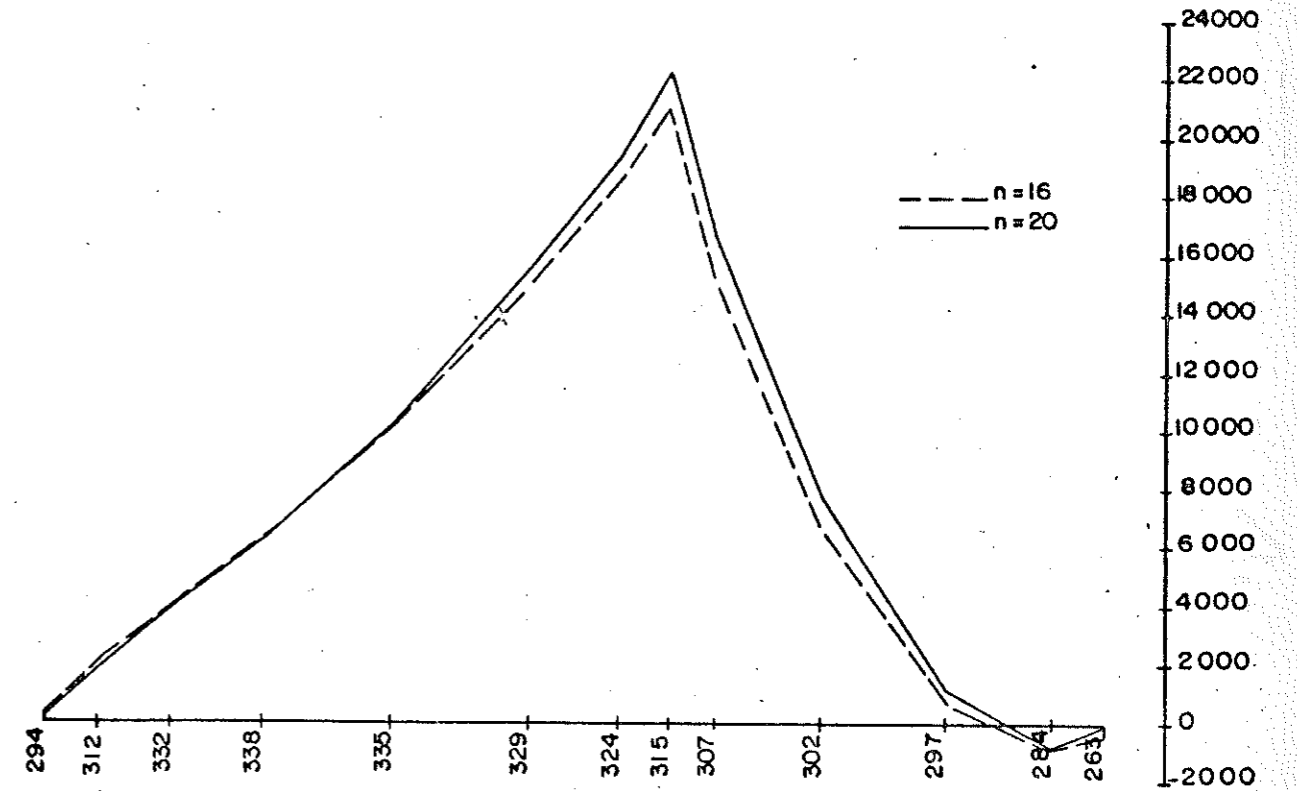


FIG.VI 7.3.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

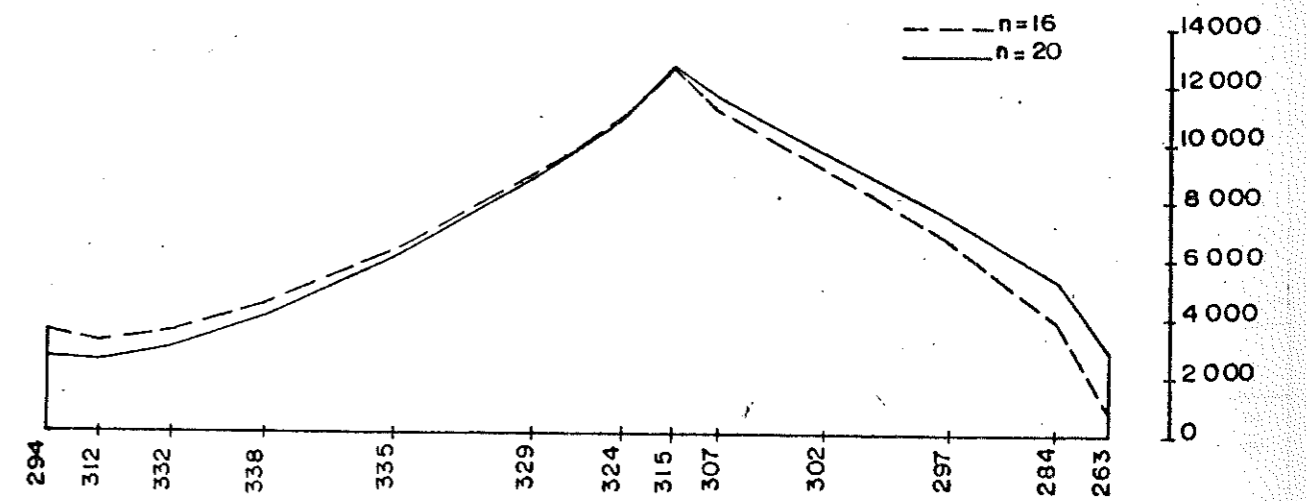


FIG.VI 7.3.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

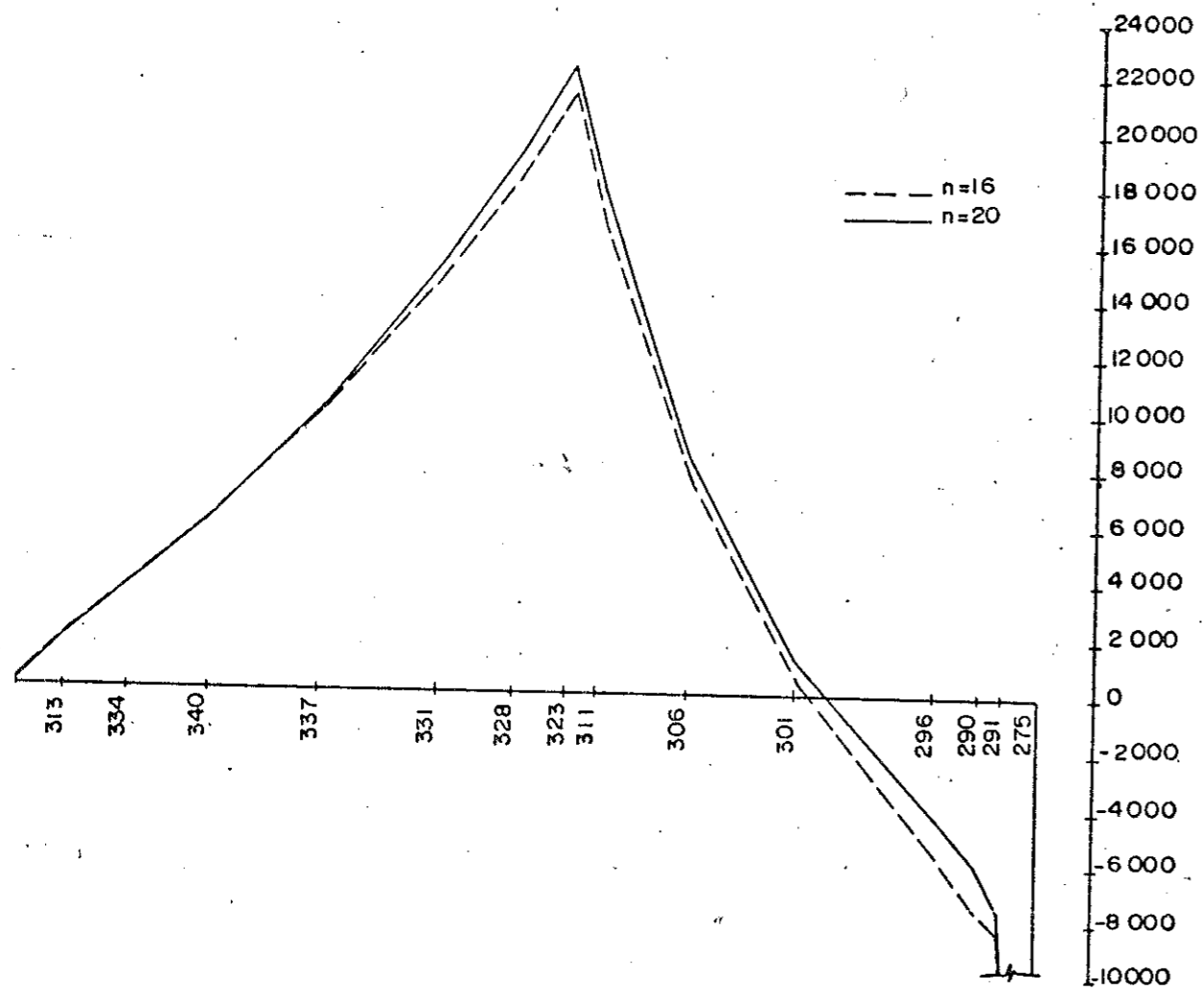


FIG. VI 7.3.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

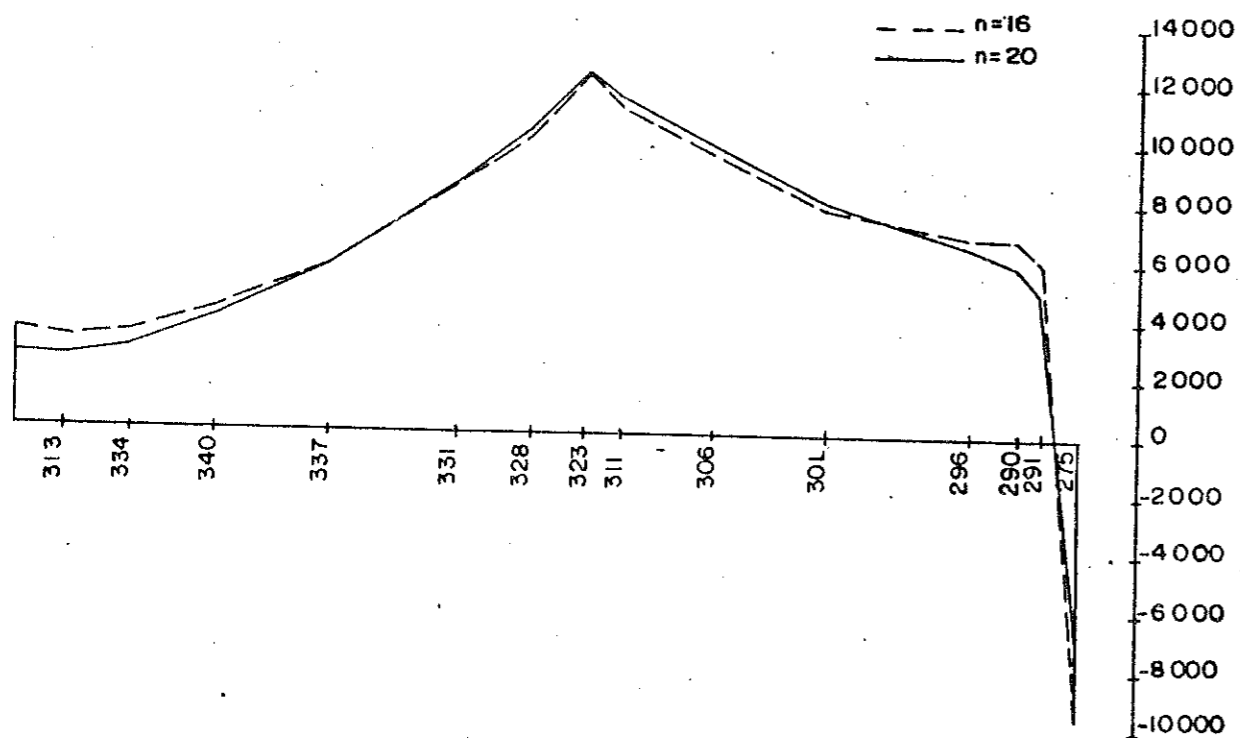


FIG. VI 7.3.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

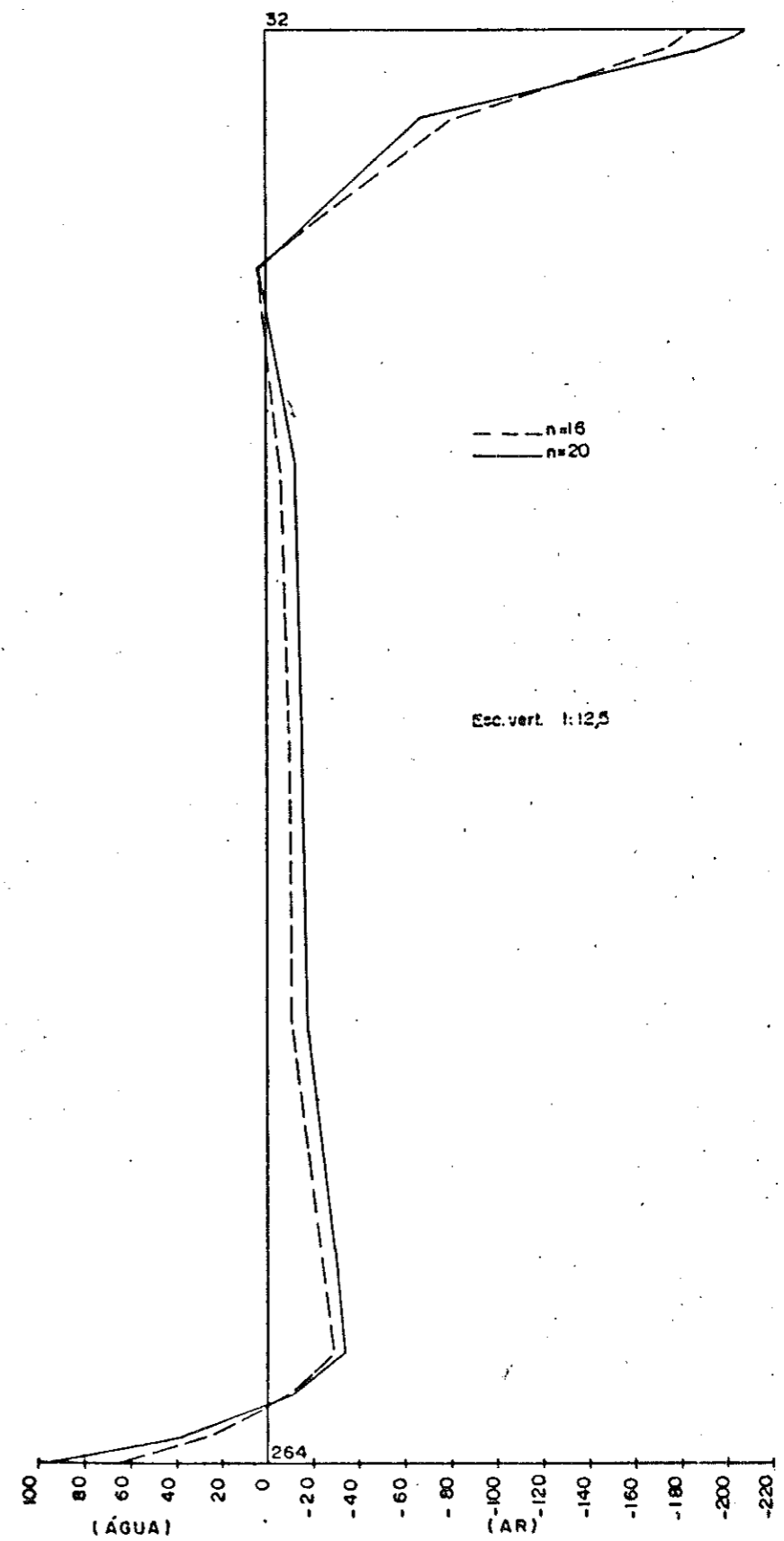


FIG. VI 7.3.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA (I)

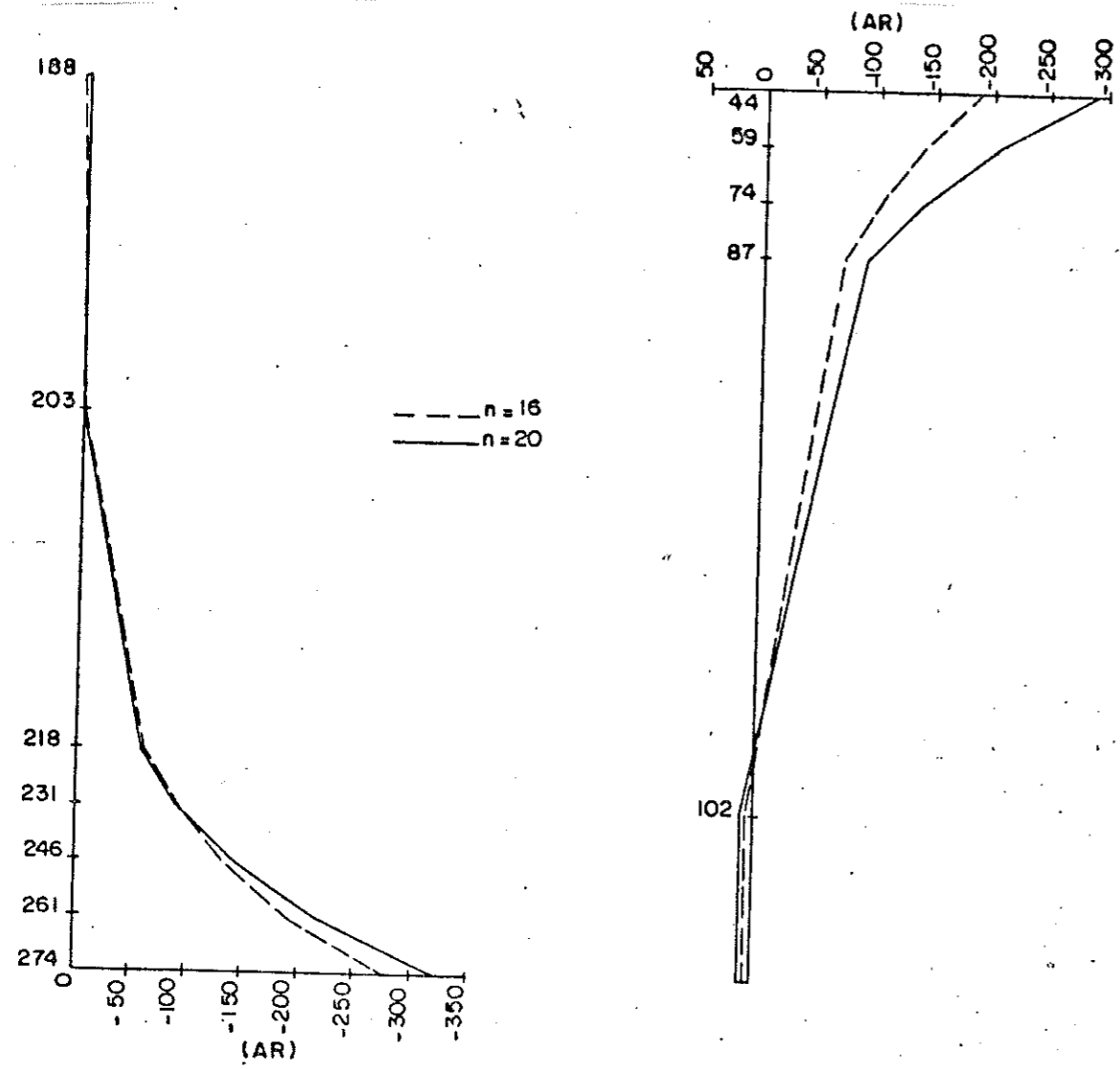


FIG.VI 7.3.6 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

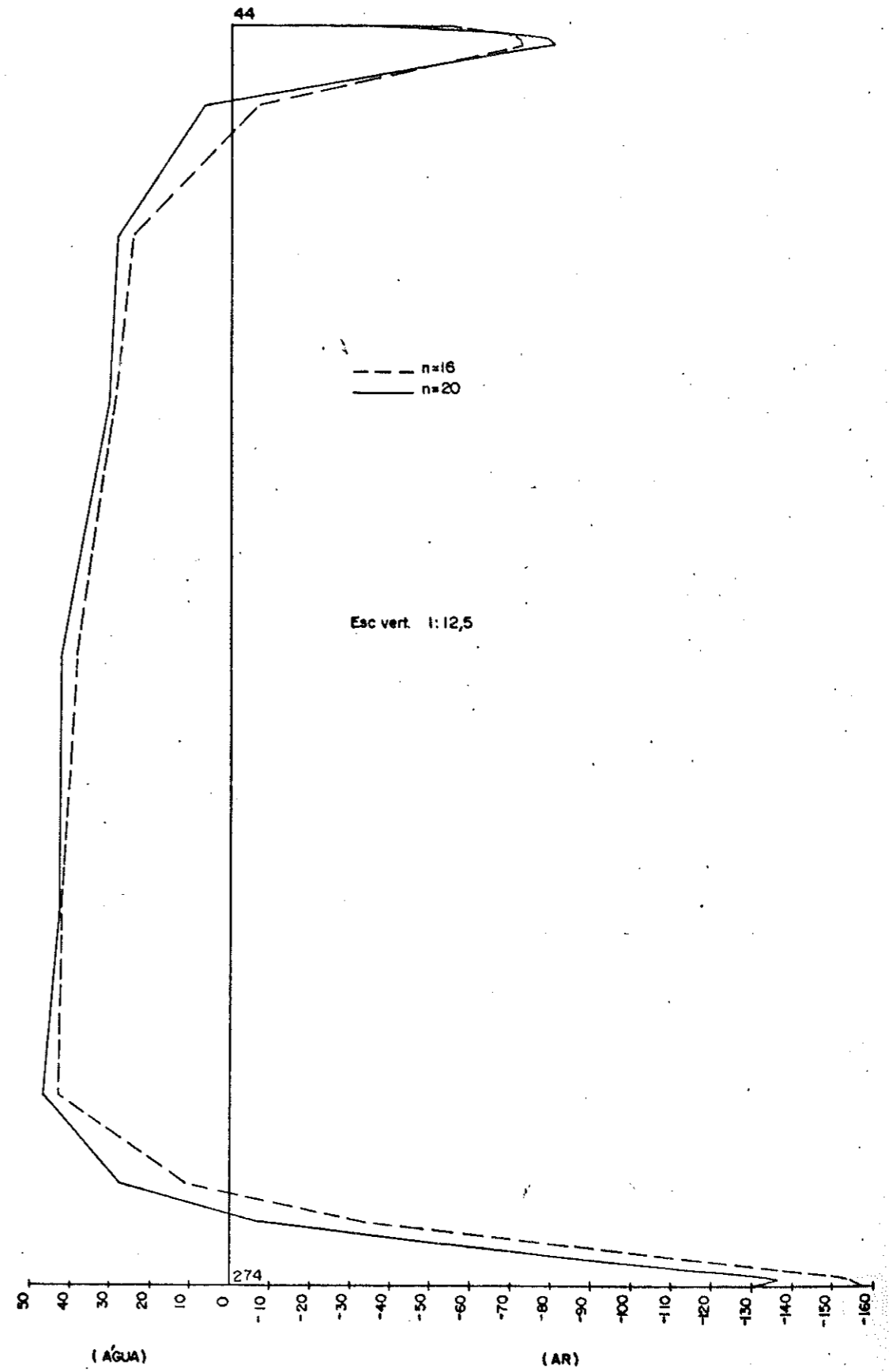


FIG.VI 7.3.7 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

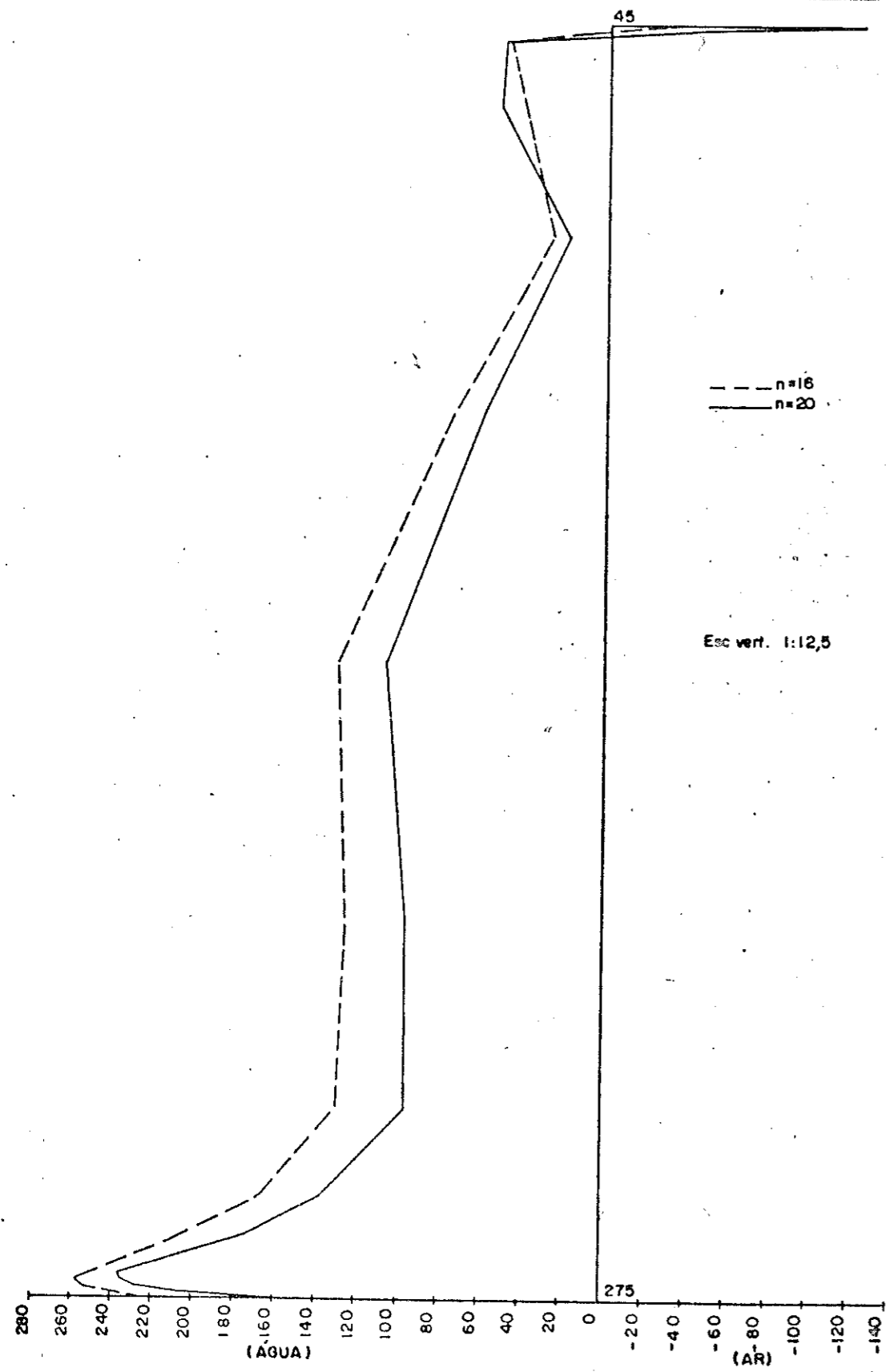


FIG VI 7.3.8 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

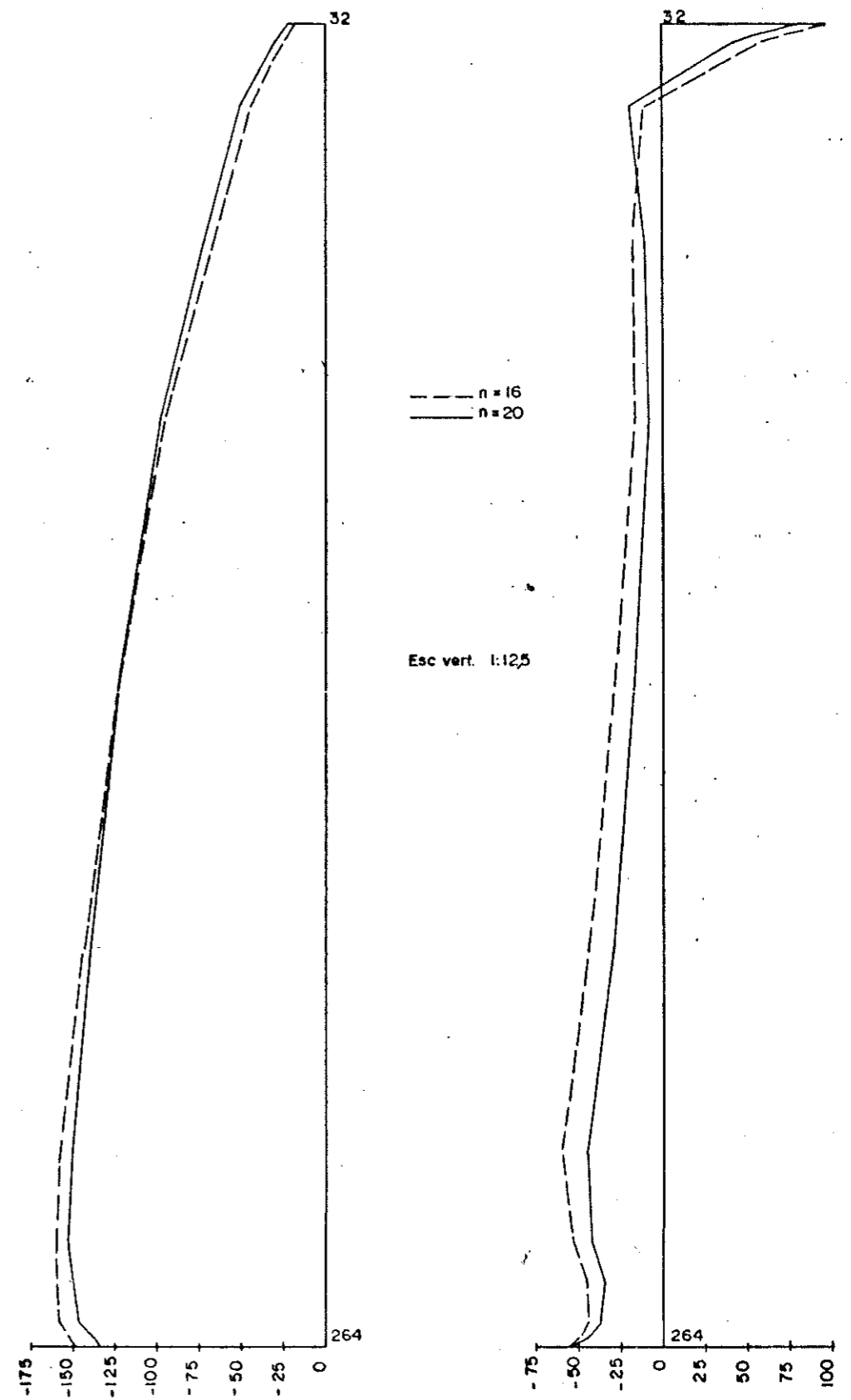


FIG.VI 7.3.9 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 7.3.10 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

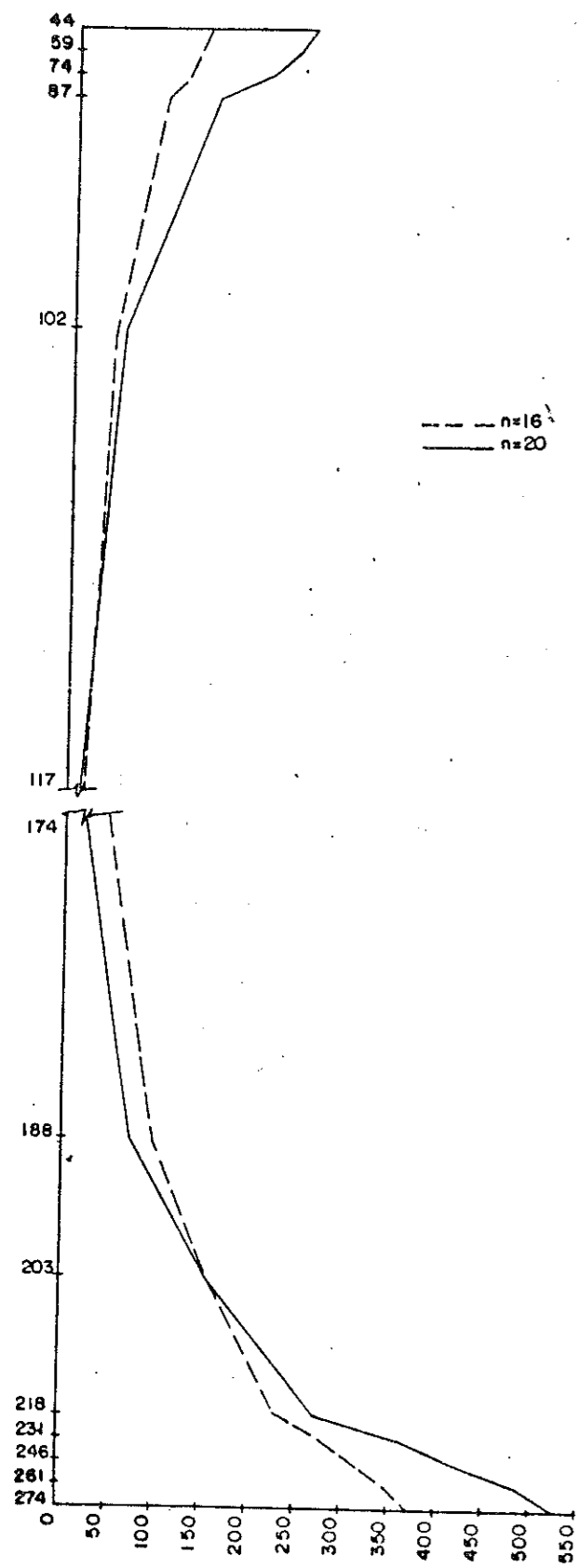


FIG.VI 7.3.11 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

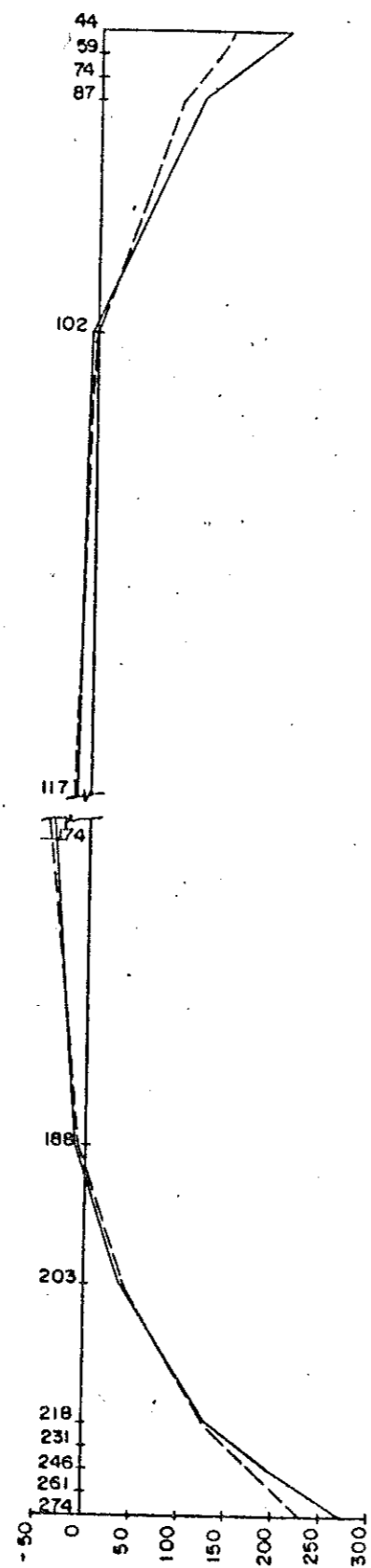


FIG.VI 7.3.12 -NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

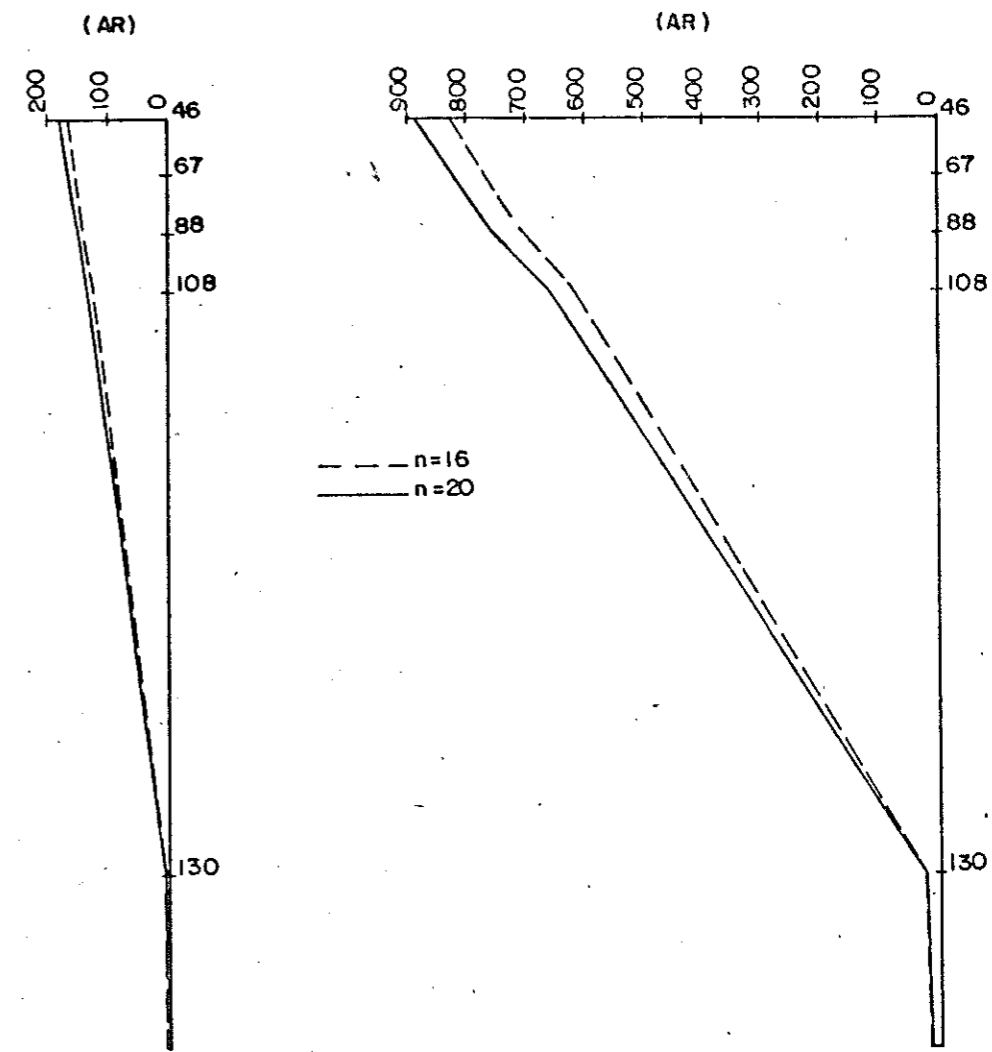


FIG.VI 7.3.13 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm)NA CASCA ③

FIG.VI 7.3.14 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm)NA CASCA ③

VI.8 - Exemplos comparativos para reservatório com $h_f = 40\text{cm}$
 $e e_c = 4\text{cm}$

VI.8.1 - Viga 15/10 e $n = 16$ e $n = 20$.

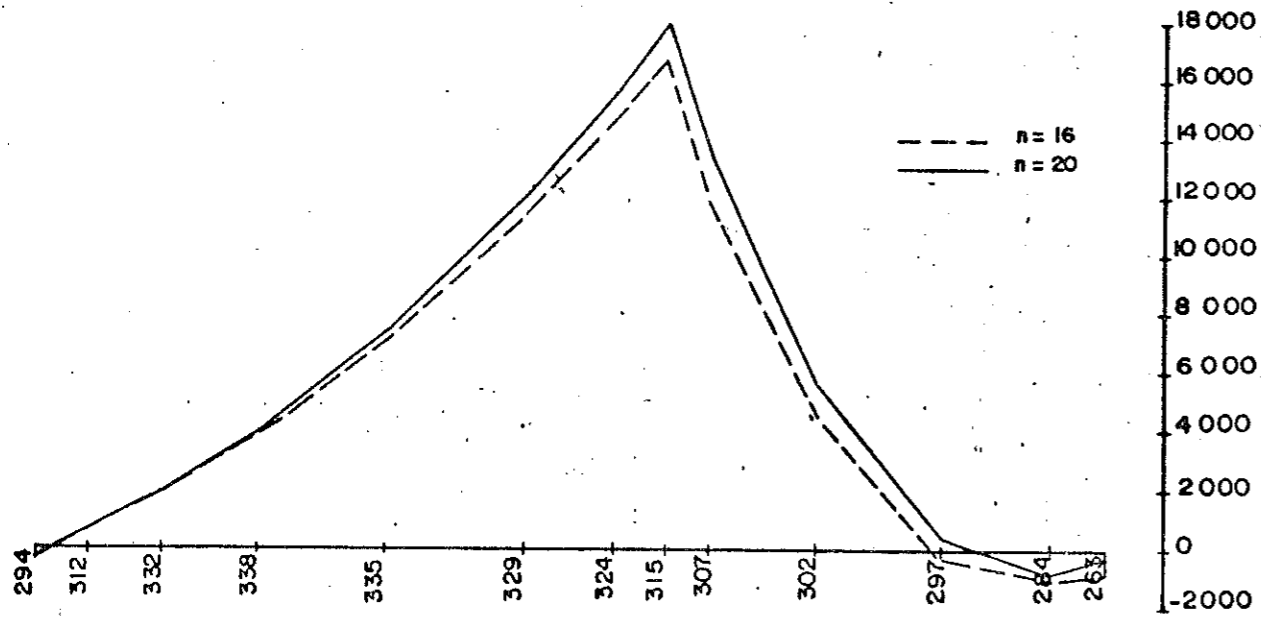


FIG.VI 8.1.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

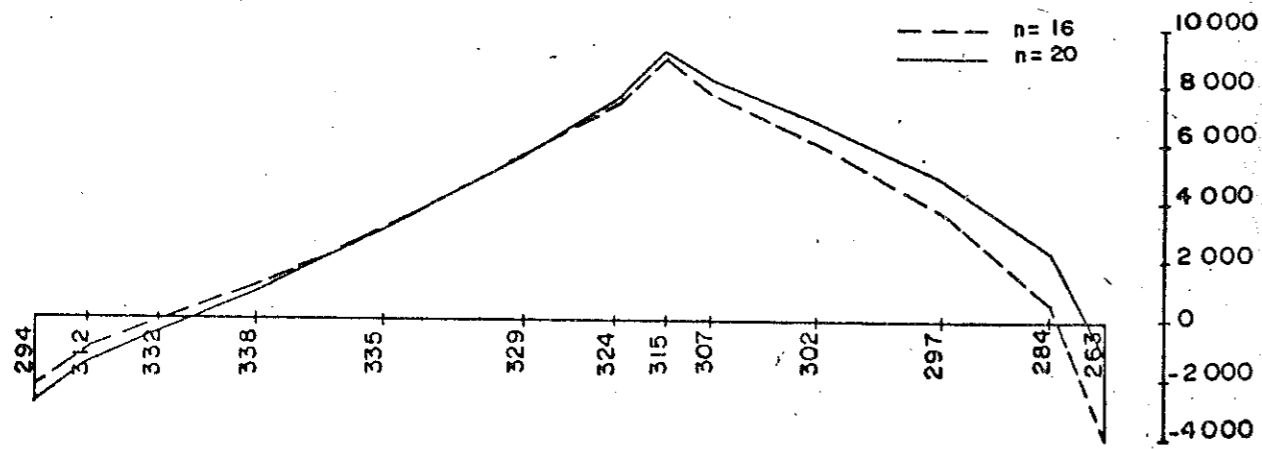


FIG.VI 8.1.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

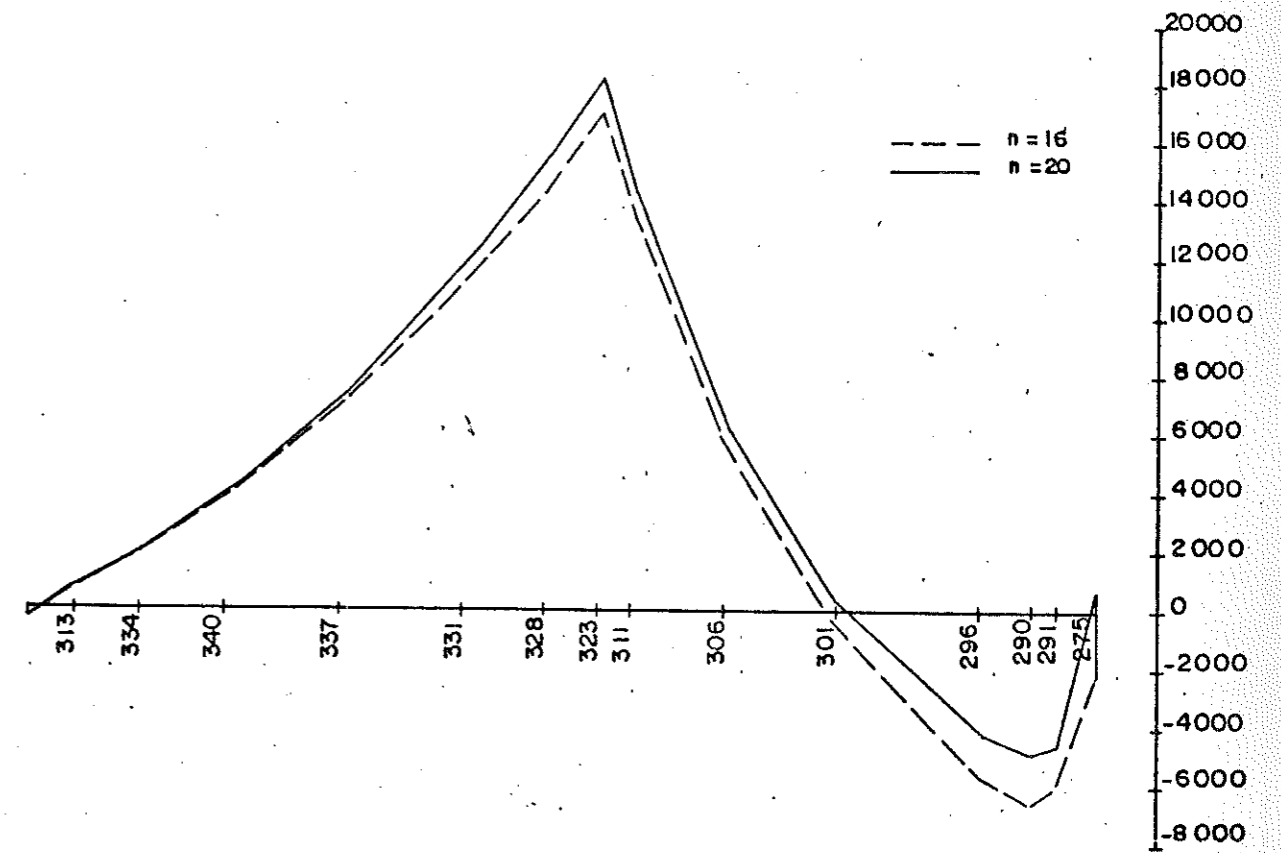


FIG.VI 8.1.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

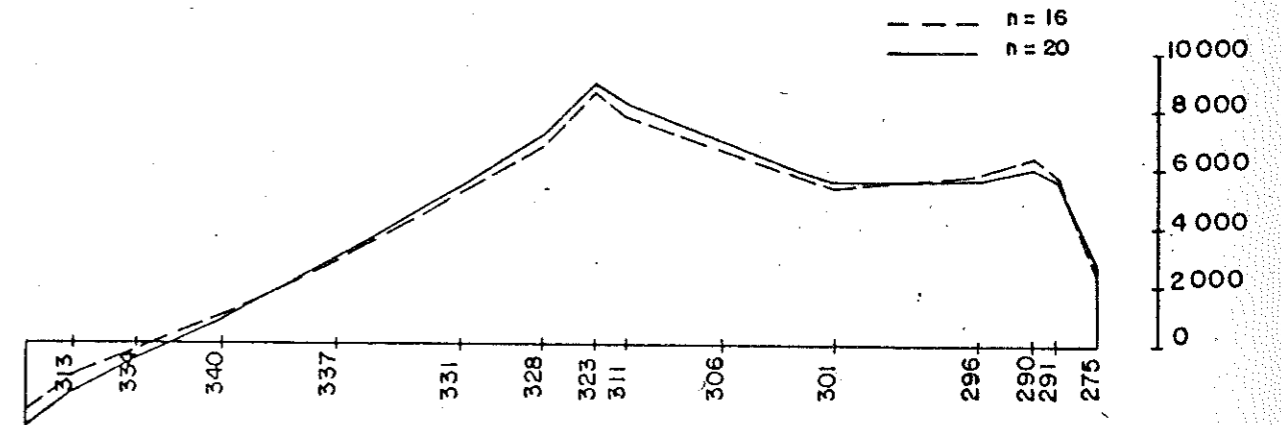


FIG.VI 8.1.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

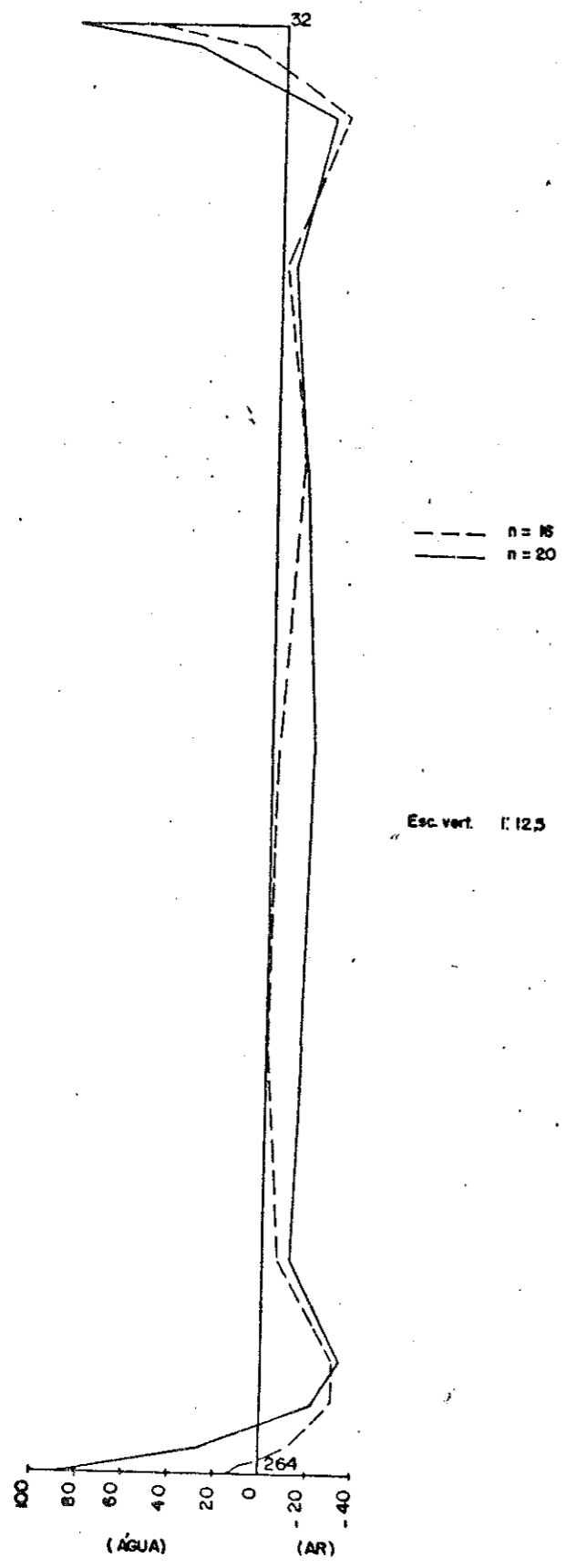


FIG. VI 8.1.5 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

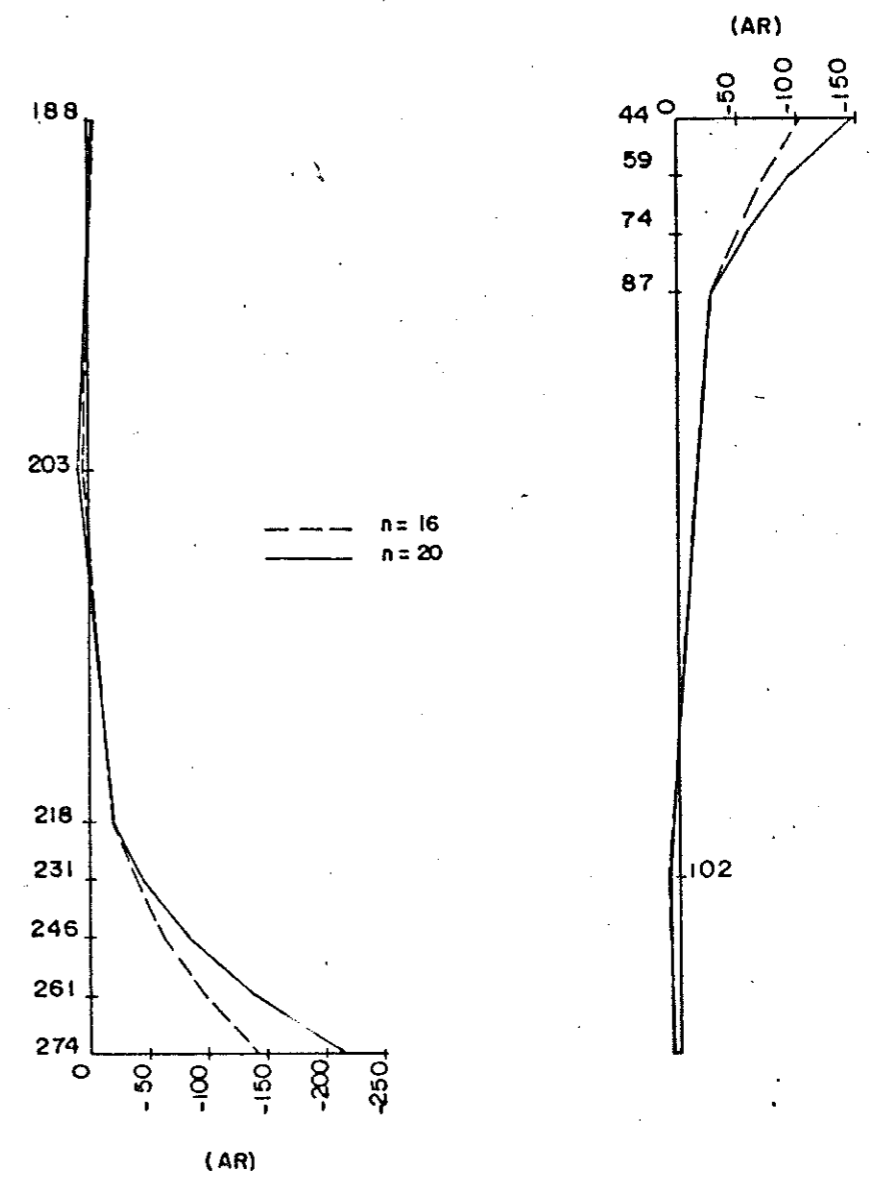


FIG. VI 8.1.6 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

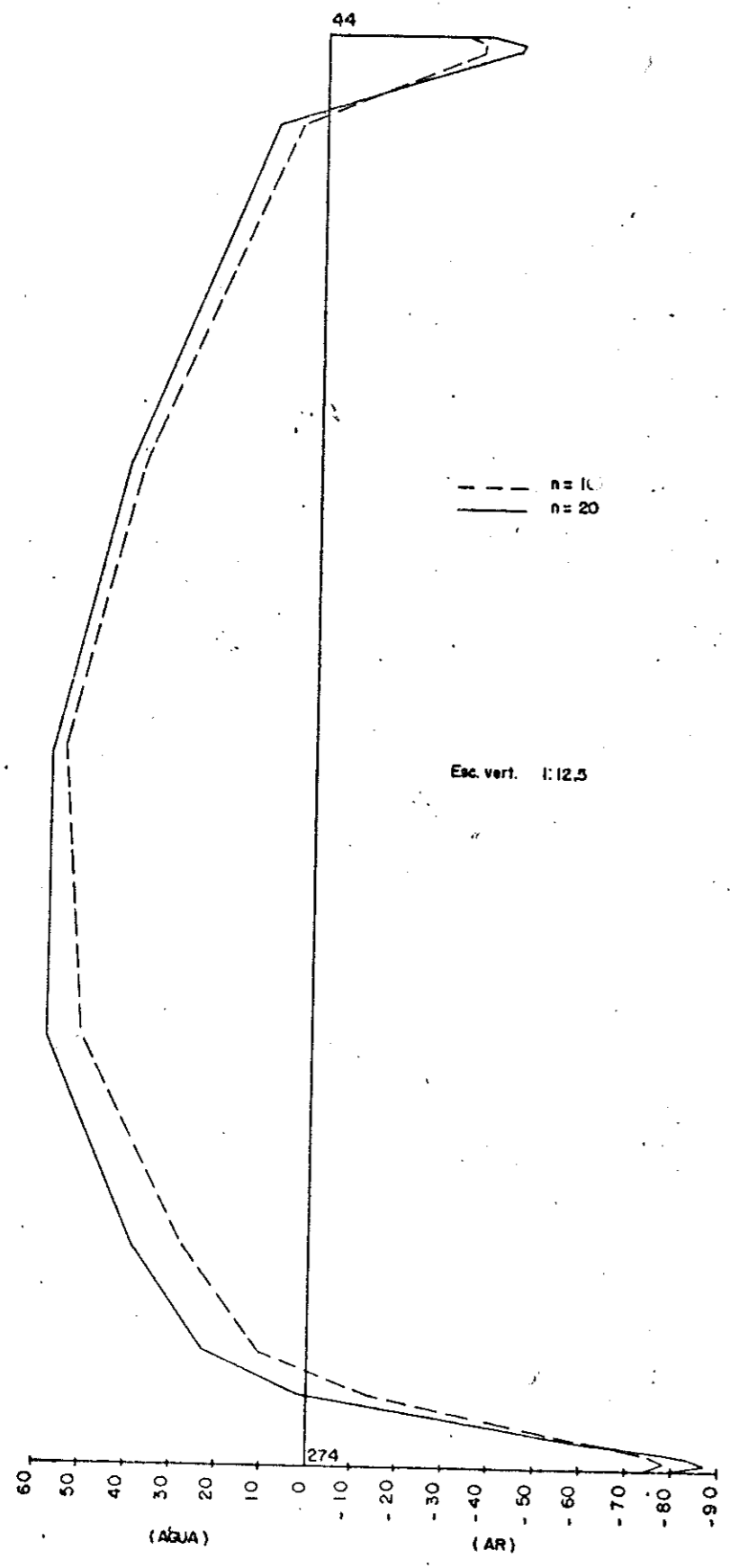


FIG.VI 8.1.7 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

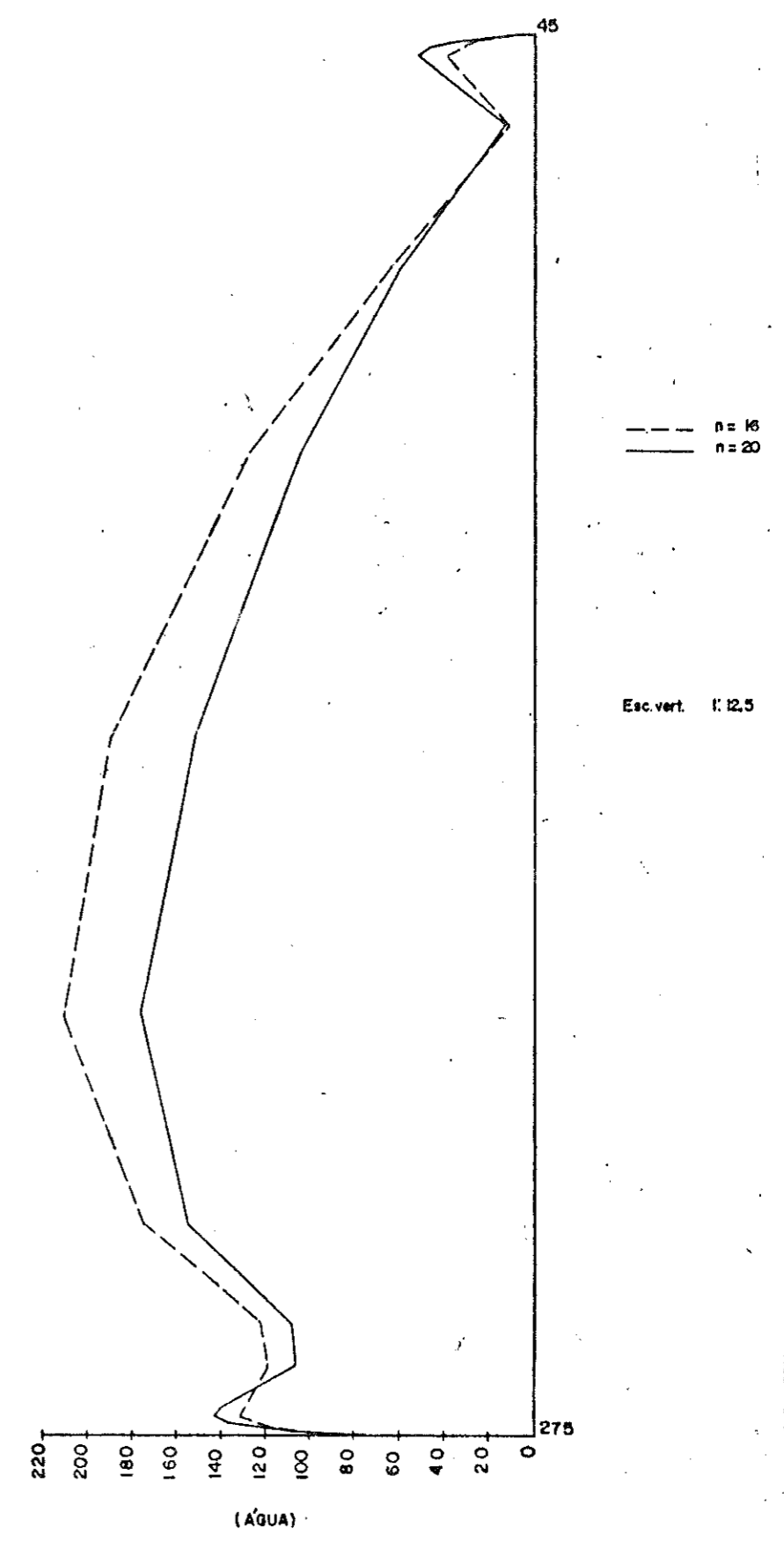


FIG.VI 8.1.8 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

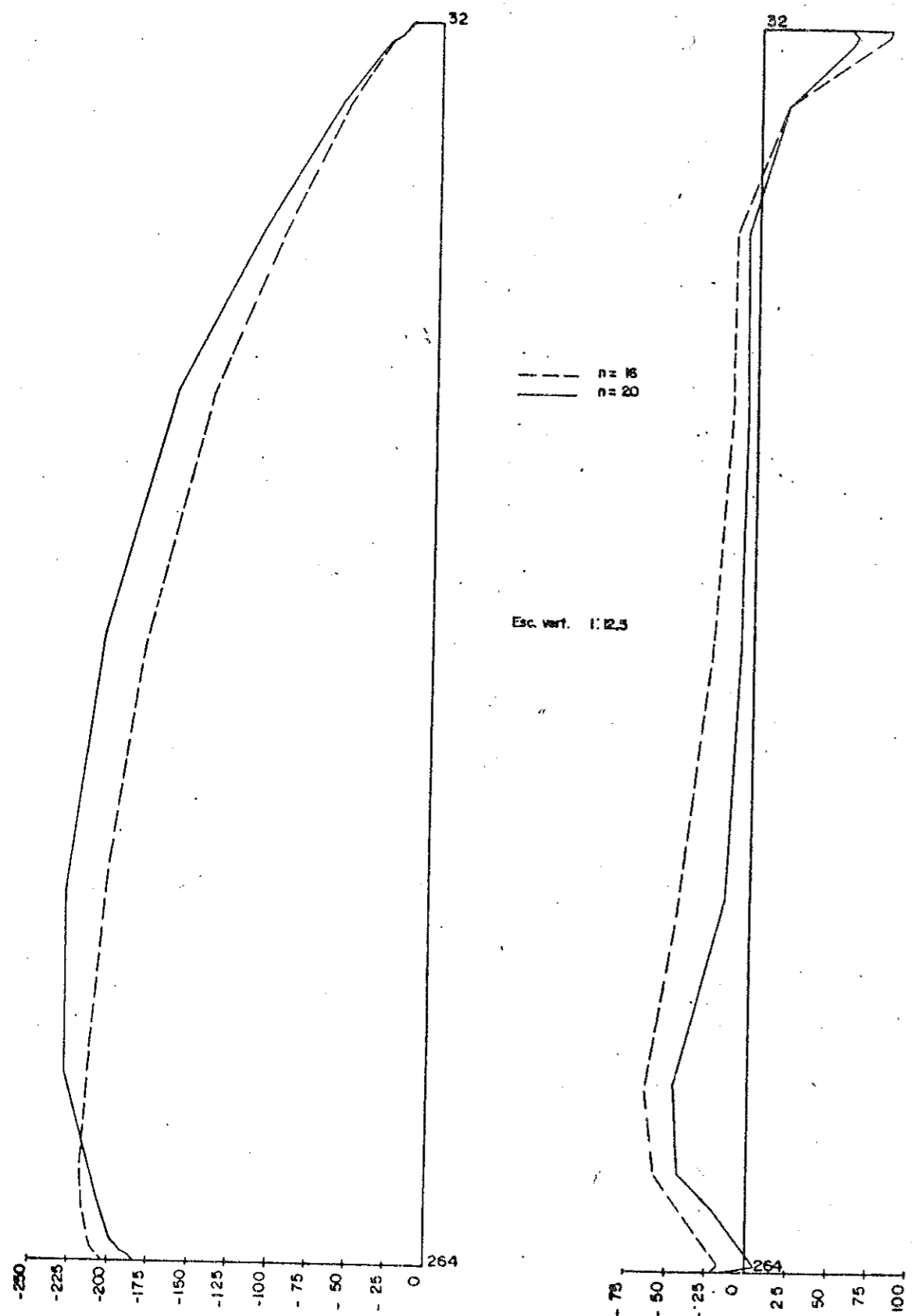


FIG.VI 8.1.9 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA (1)

FIG.VI 8.1.10-NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA (1)

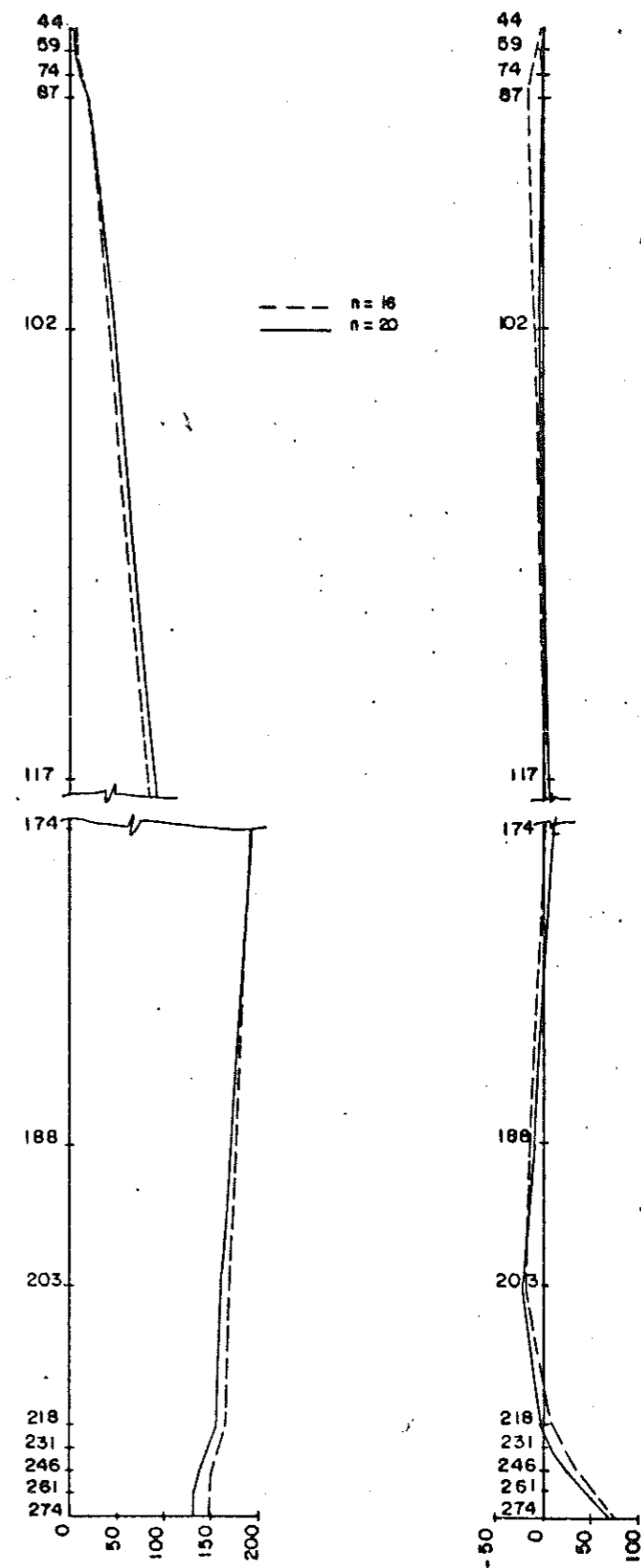


FIG.VI 8.1.11 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA (1)

FIG.VI 8.1.12 -NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA (1)

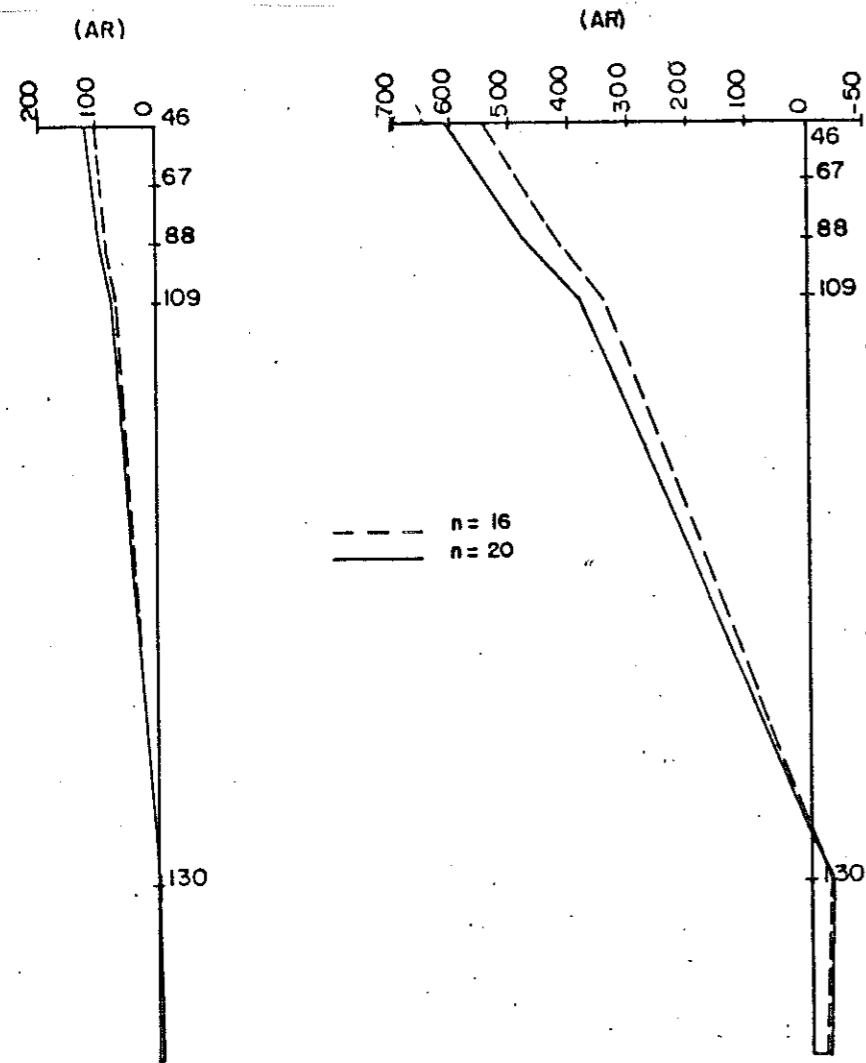


FIG.VI 8.1.13 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

FIG.VI 8.1.14 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.8.2 - Viga 25/20 e $n = 16$ e $n = 20$.

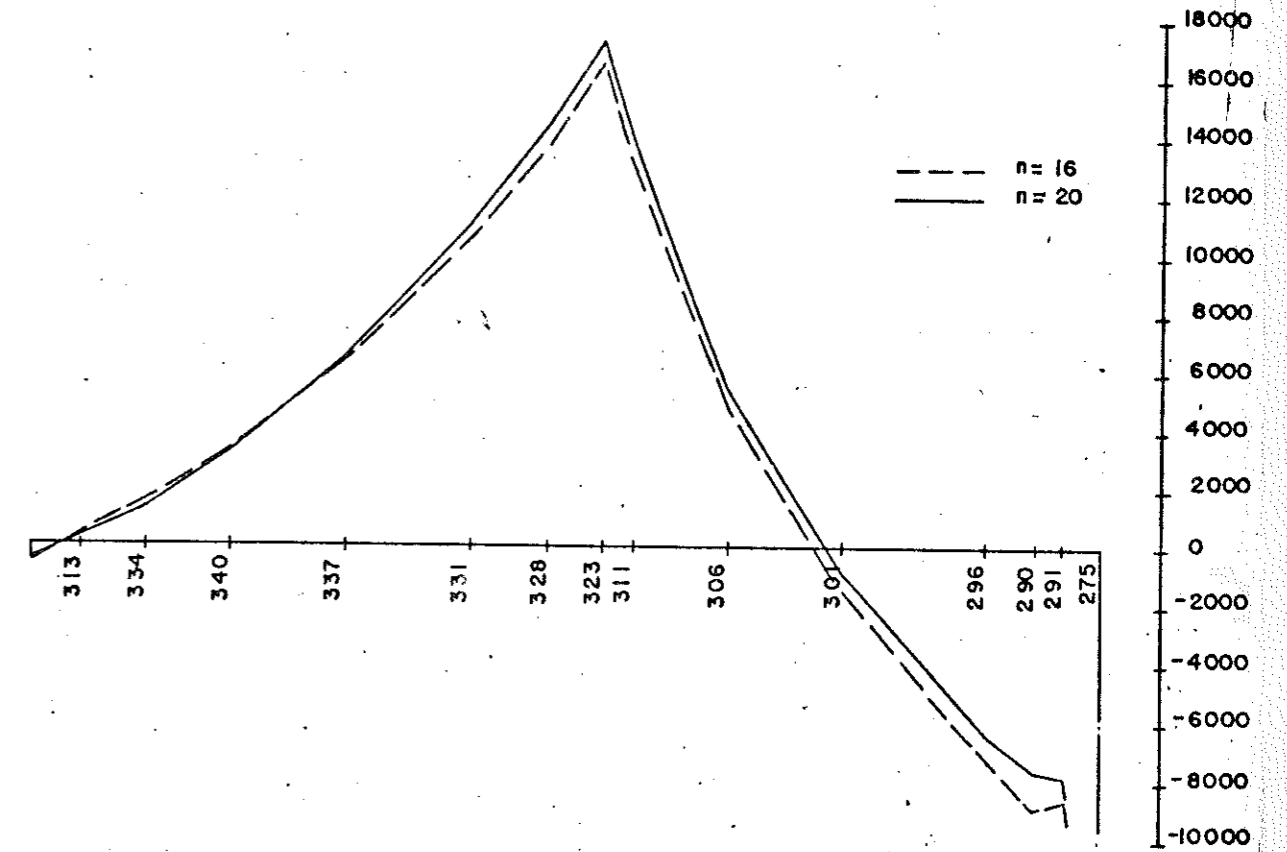


FIG.VI 8.2.1 -MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

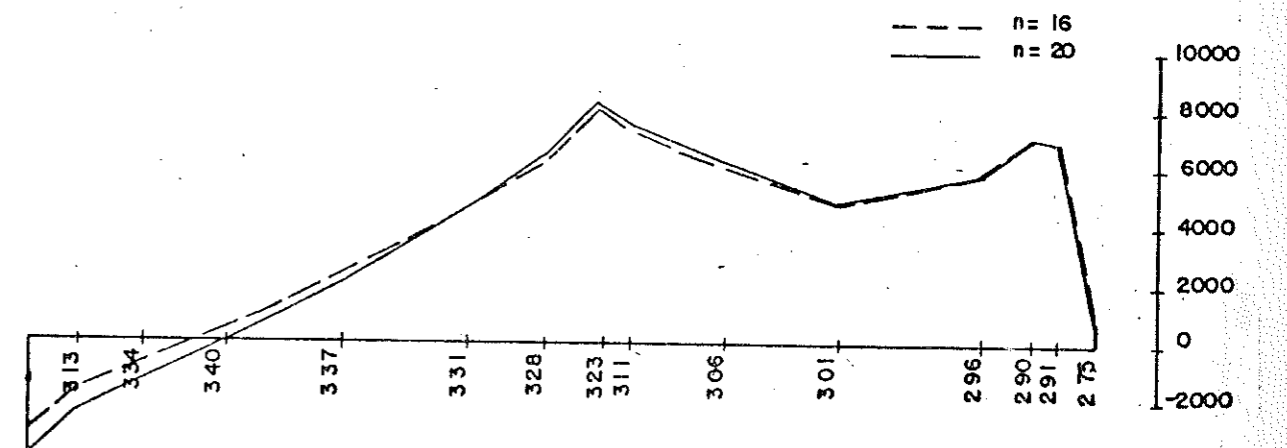


FIG.VI 8.2.2 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

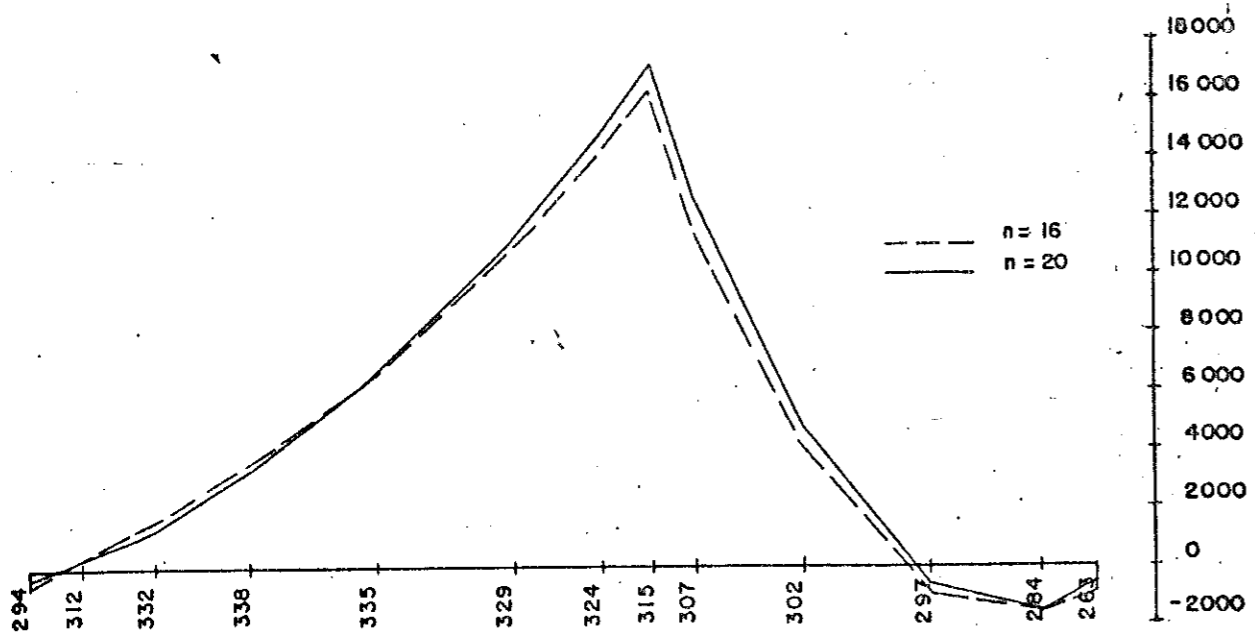


FIG.VI 8.2.3 -MOMENTO M_z (kgf cm/cm)NA LAJE DE FUNDO

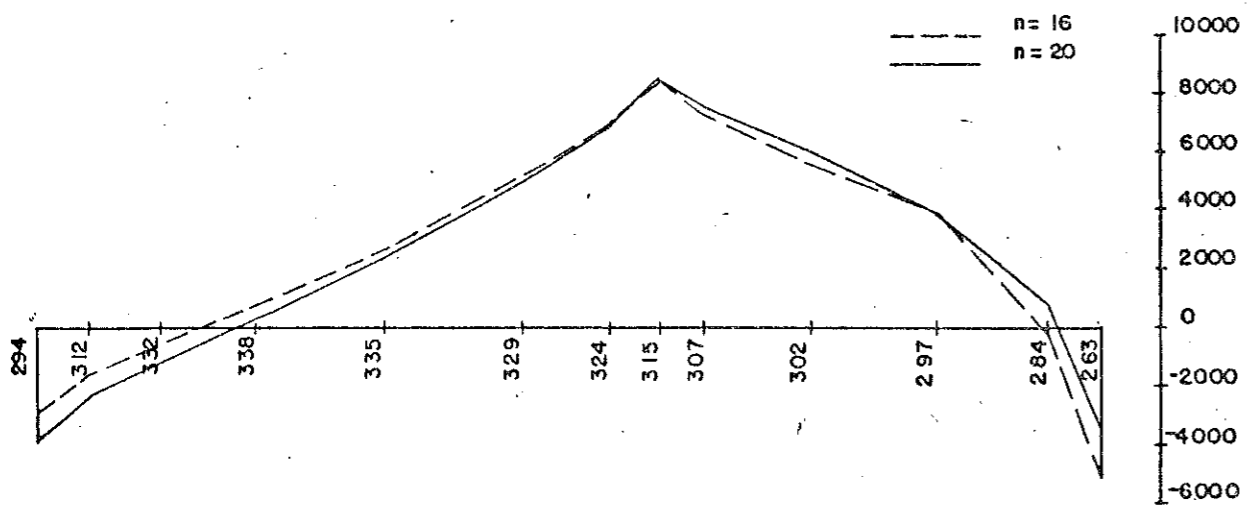


FIG.VI 8.2.4 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm)NA LAJE DE FUNDO

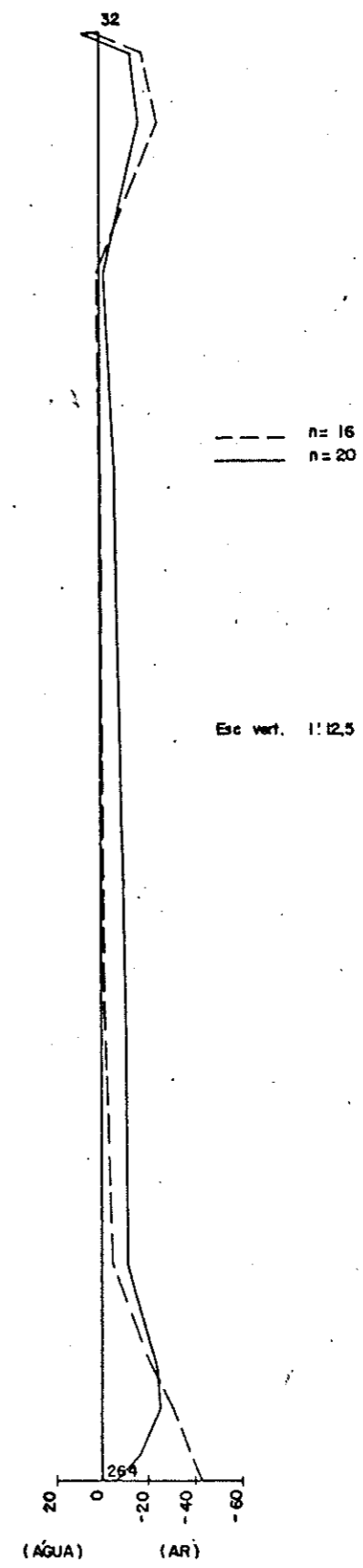
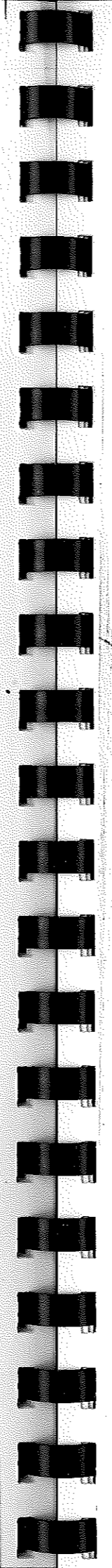


FIG.VI 8.2.5 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm)NA CASCA ①



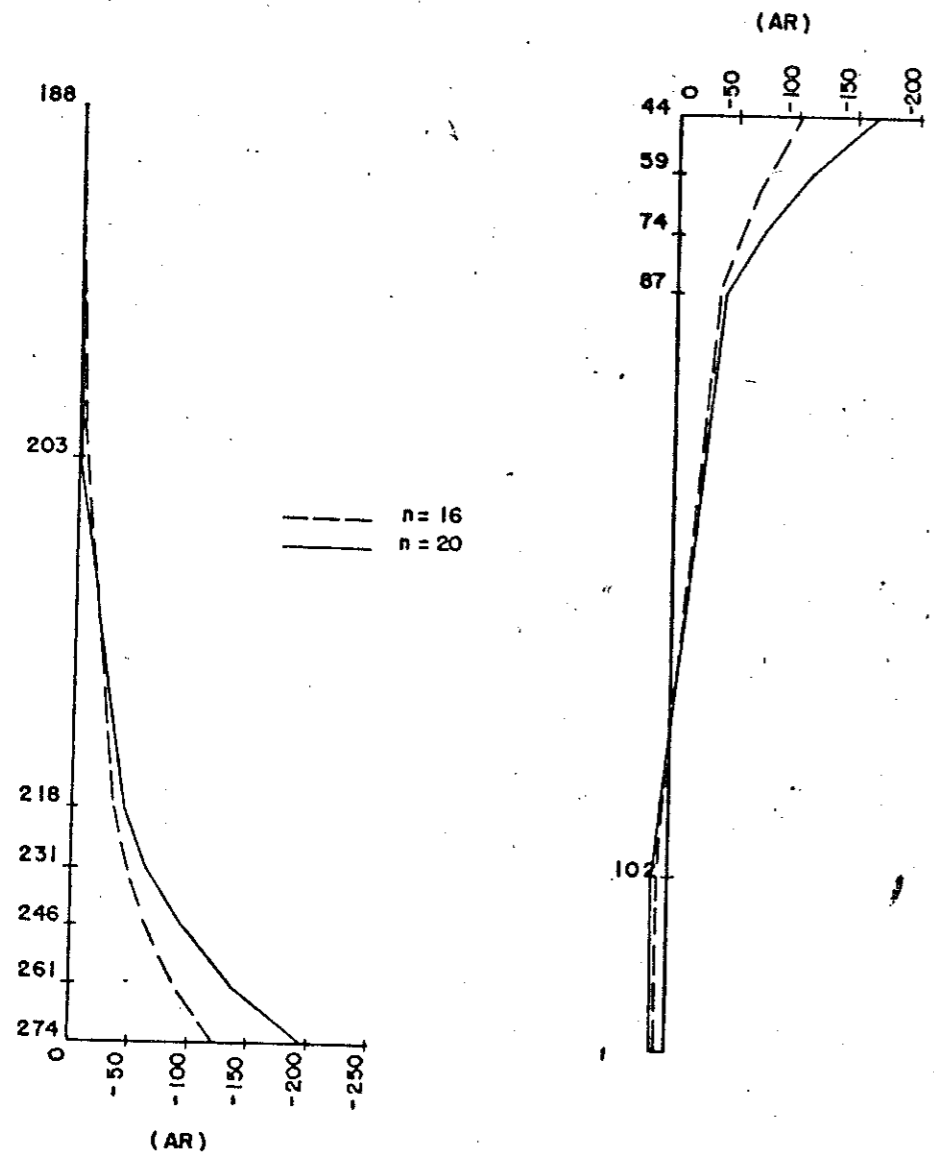


FIG.VI 8.2.6 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm)NA CASCA ①

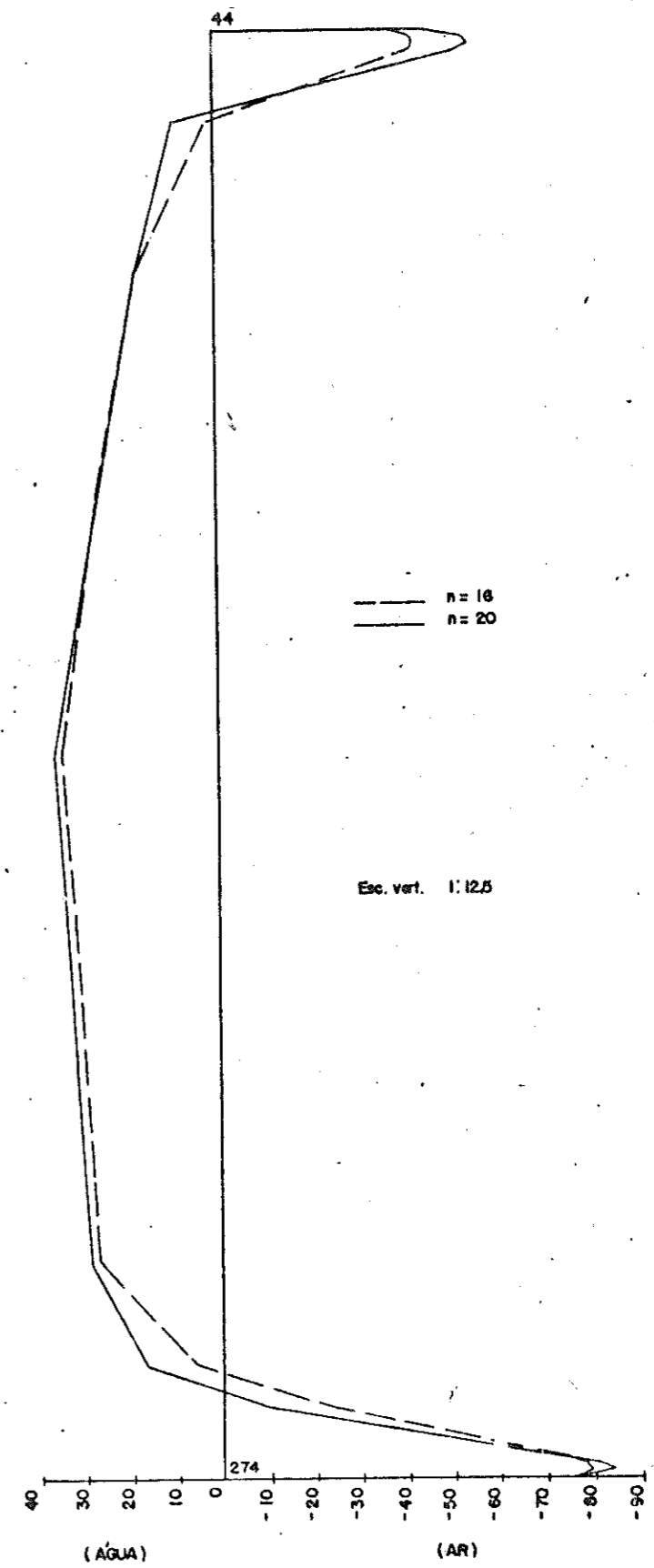


FIG.VI 8.2.7 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm)NA CASCA ①

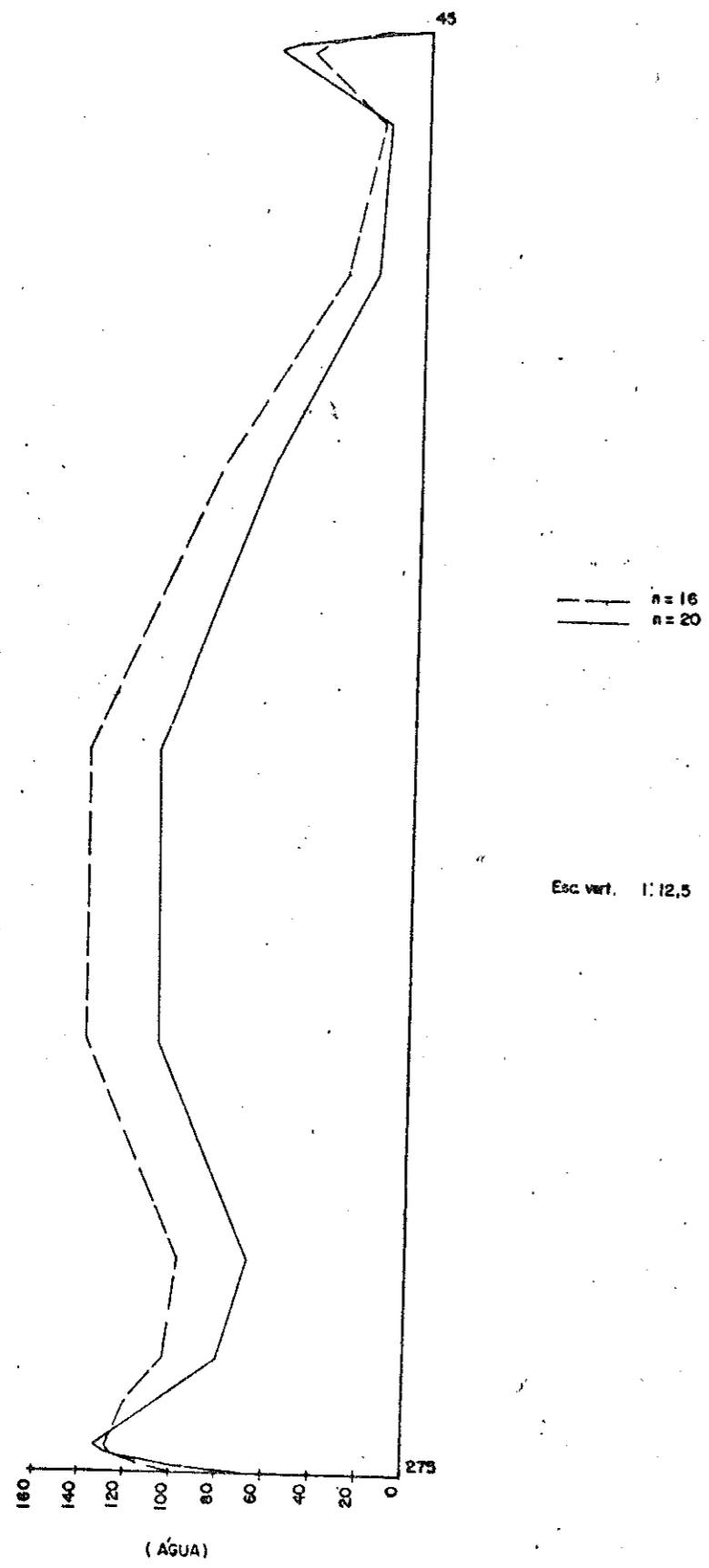


FIG.VI 8.2.8 -MOMENTO M_y (kgf/cm) NA CASCA ①

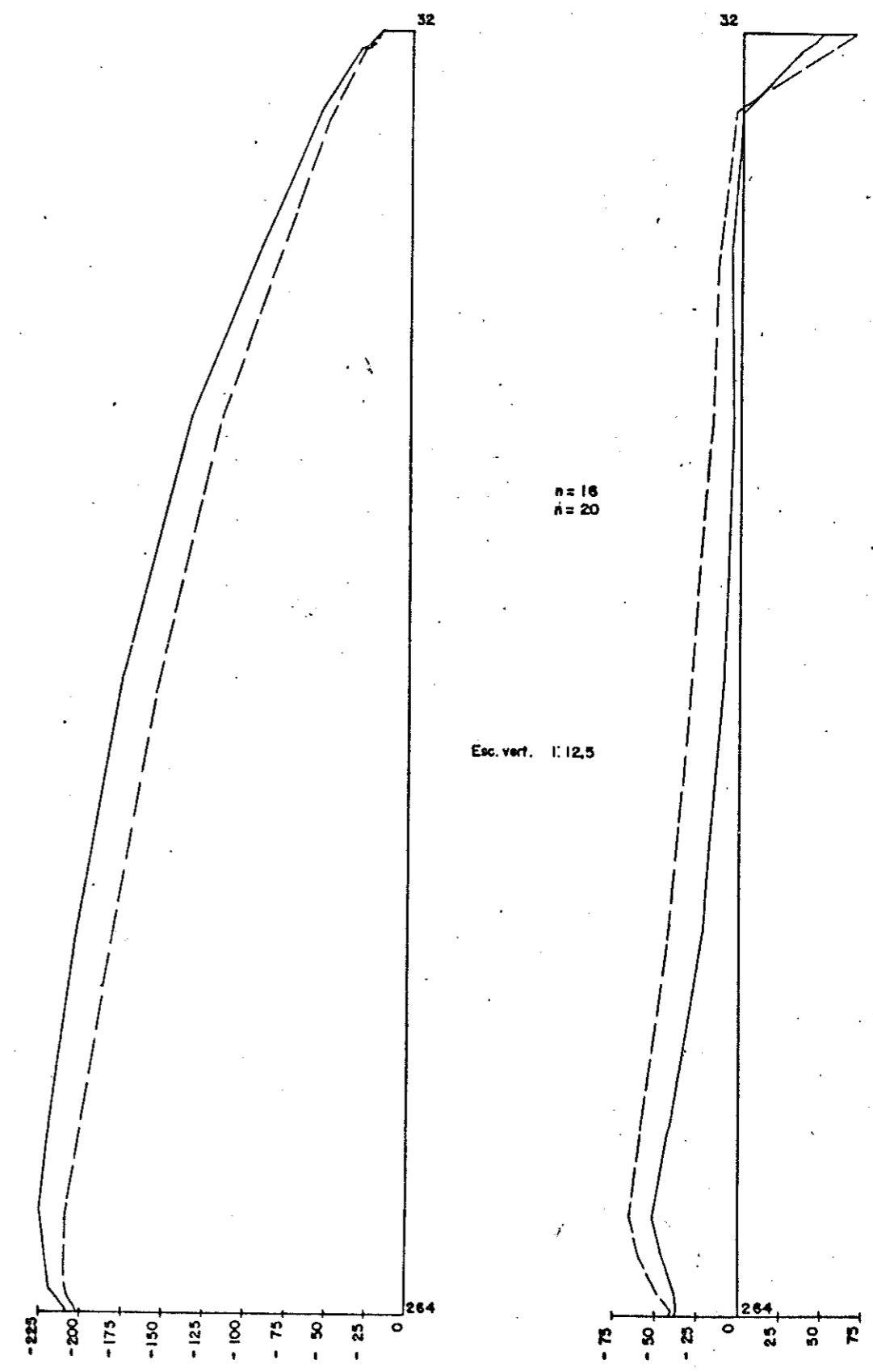


FIG.VI 8.2.9 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 8.2.10 -NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

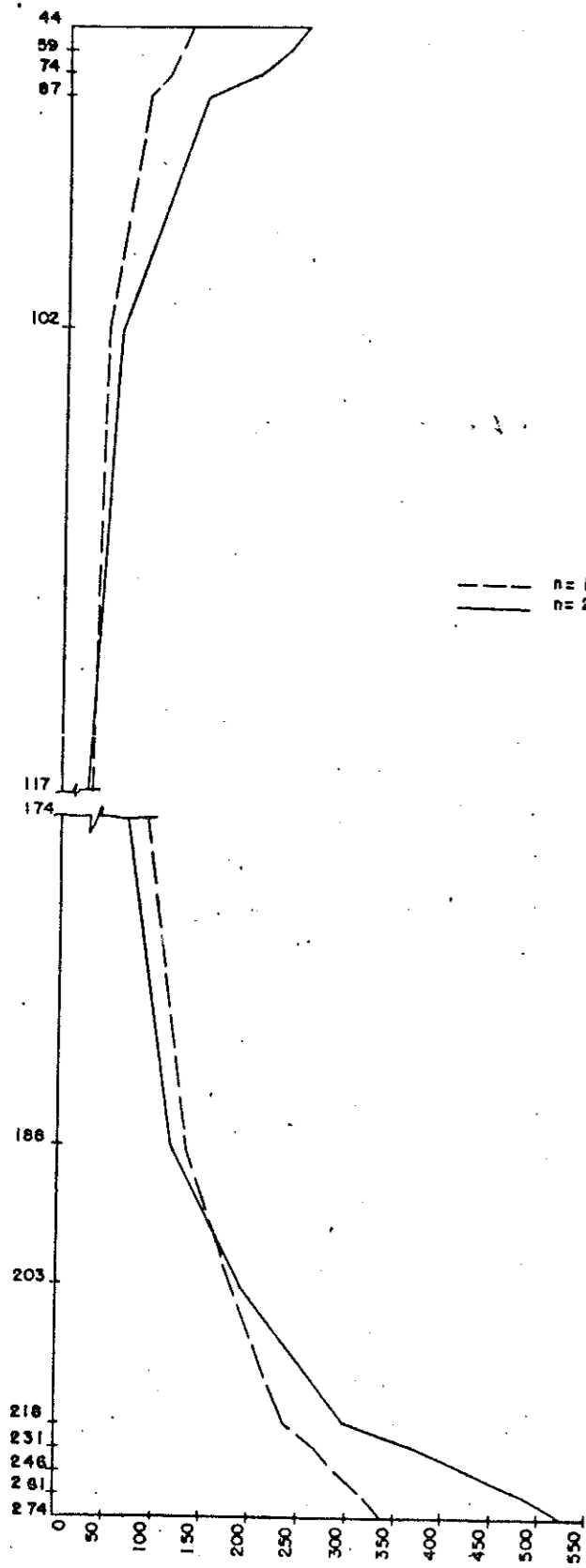


FIG.VI 8.2.11 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

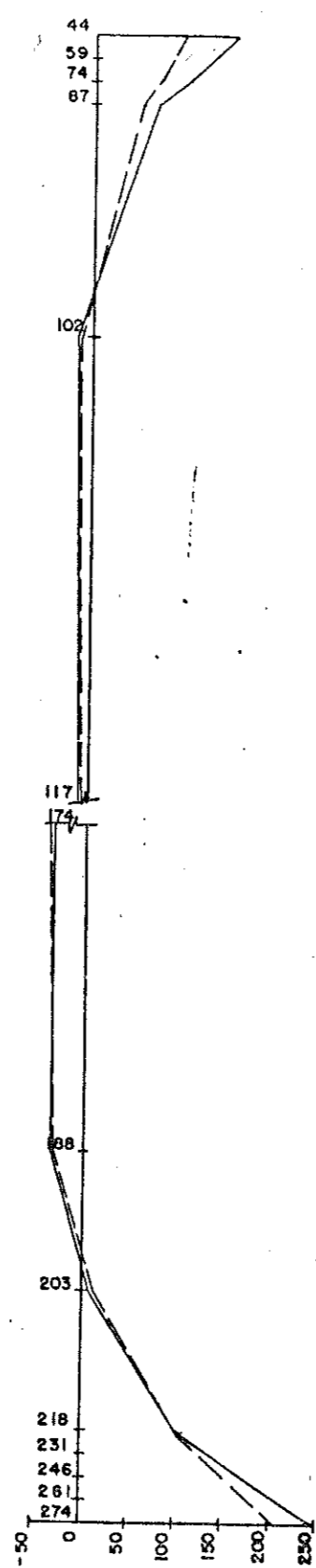


FIG.VI 8.2.12 -NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

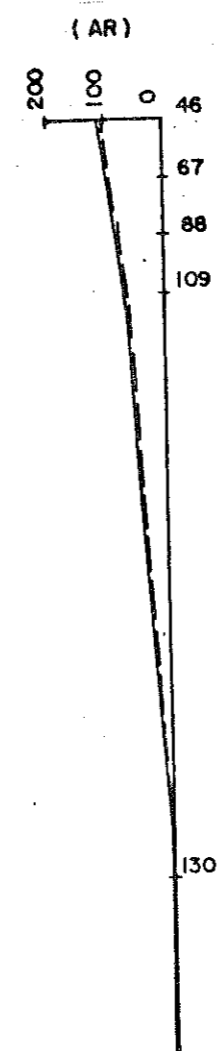


FIG.VI 8.2.13 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

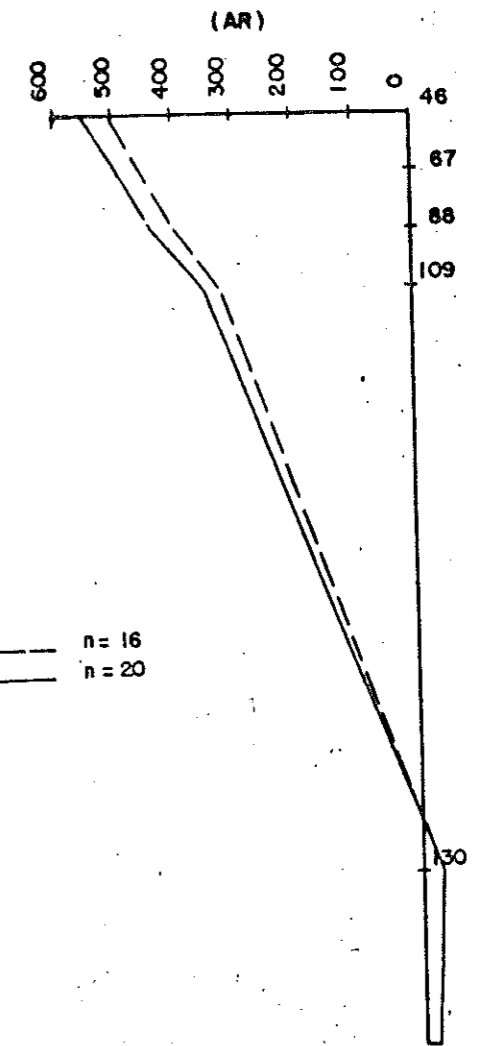


FIG.VI 8.2.14 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.8.3 - Viga 25/40 e n = 16 e n = 20.

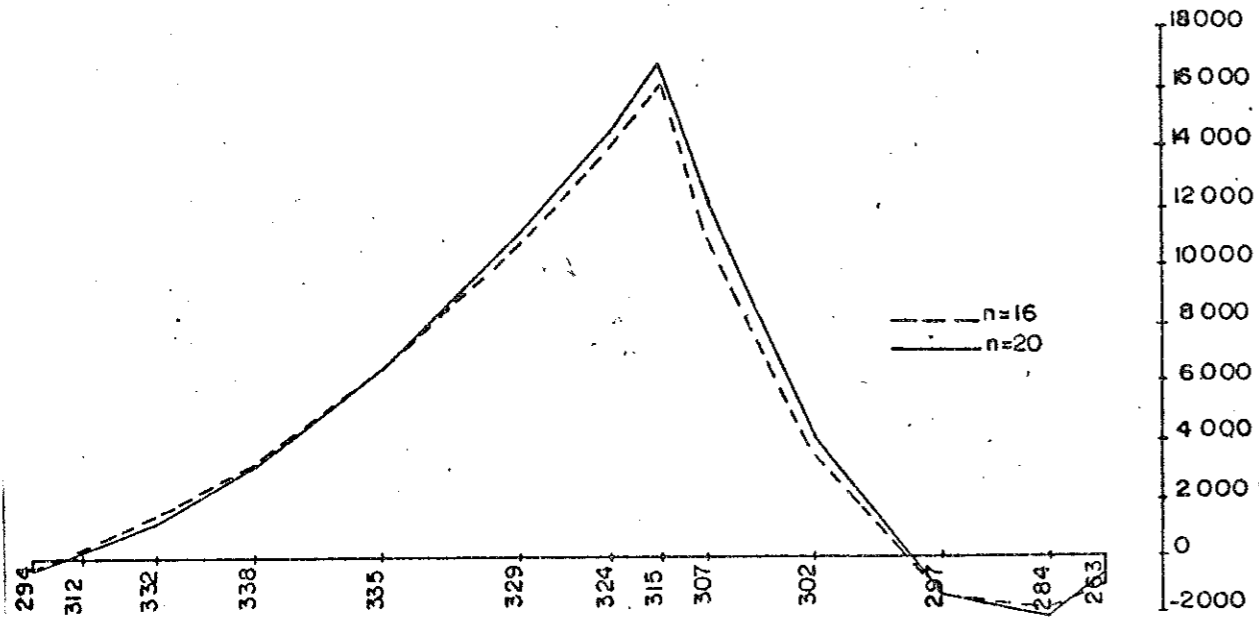


FIG. VI 8.3.1 -MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

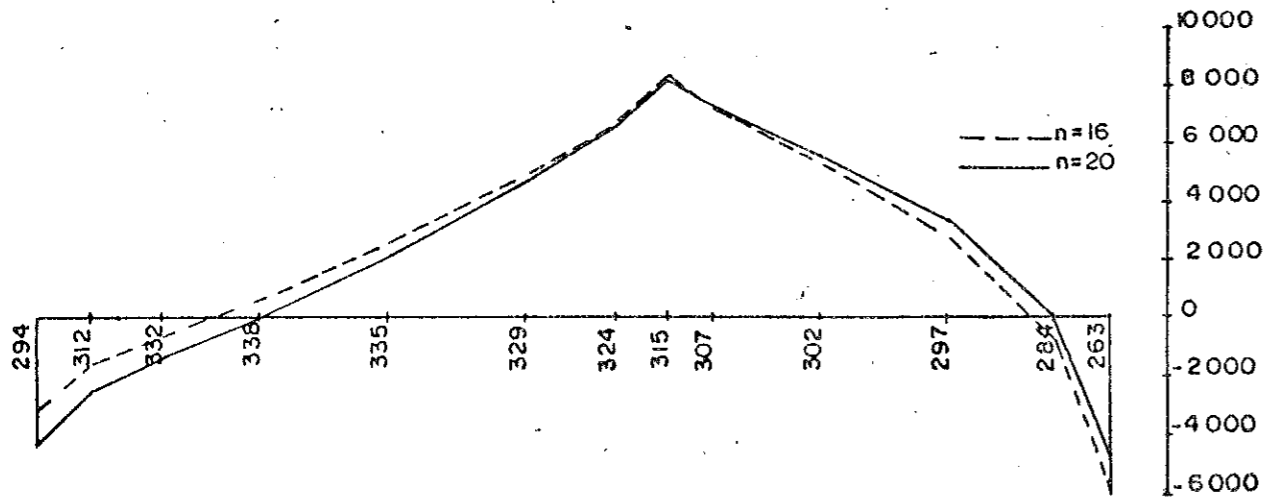


FIG. VI 8.3.2 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

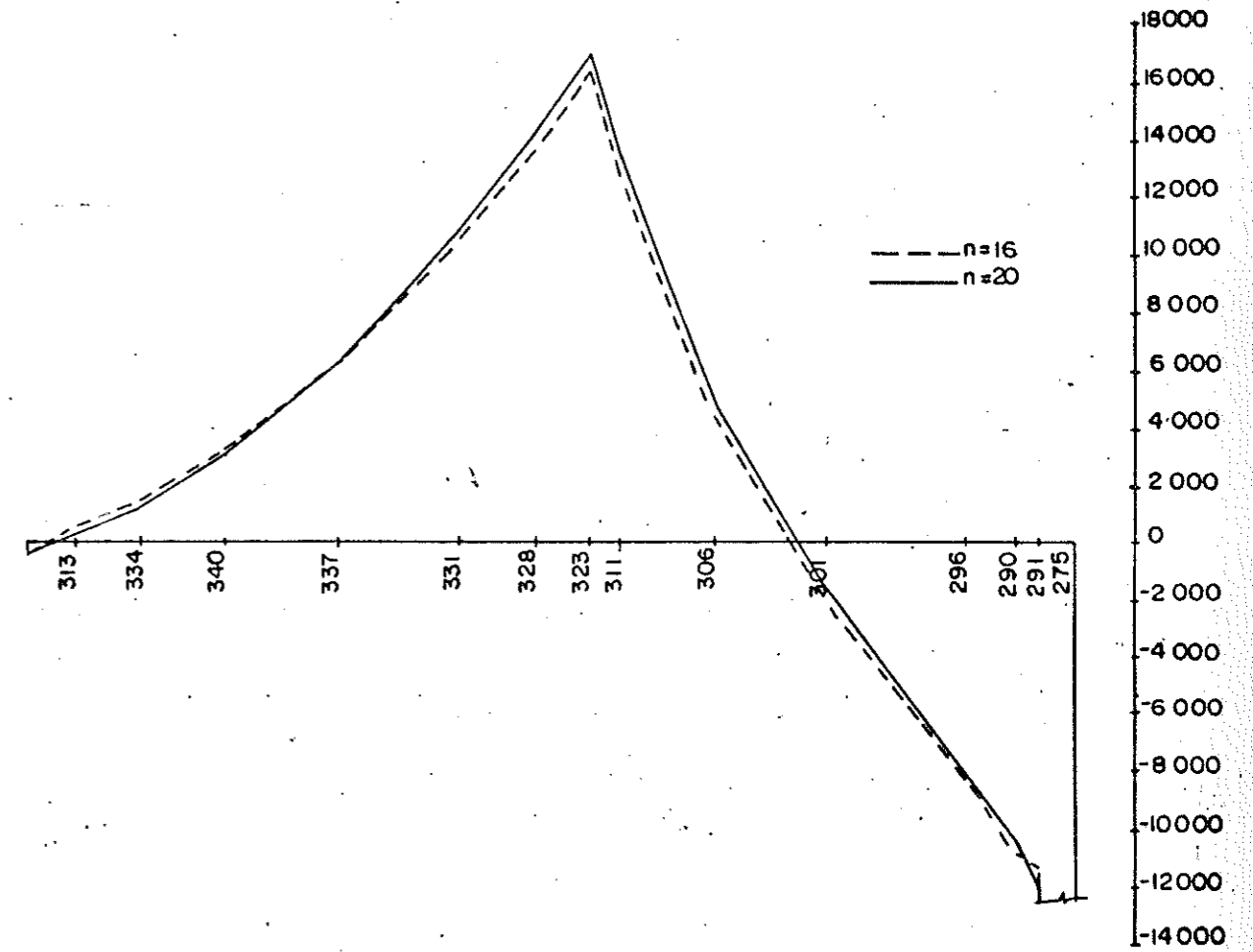


FIG. VI 8.3.3 -MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

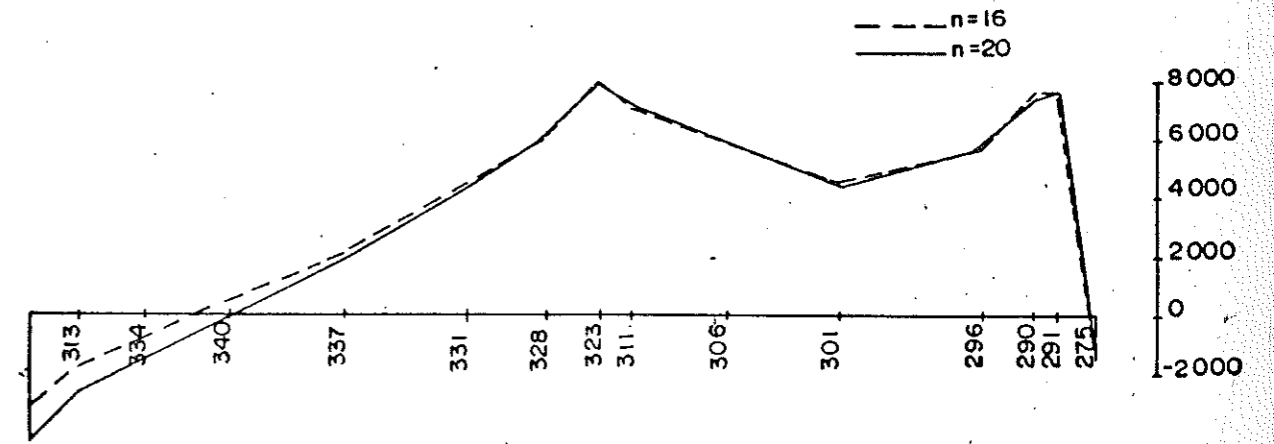


FIG. VI 8.3.4 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

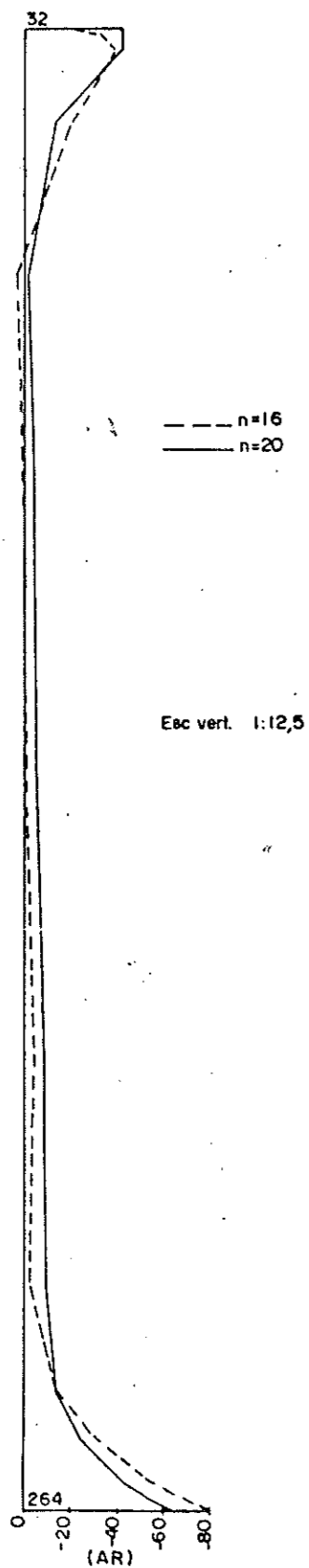


FIG. VI 8.3.5 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

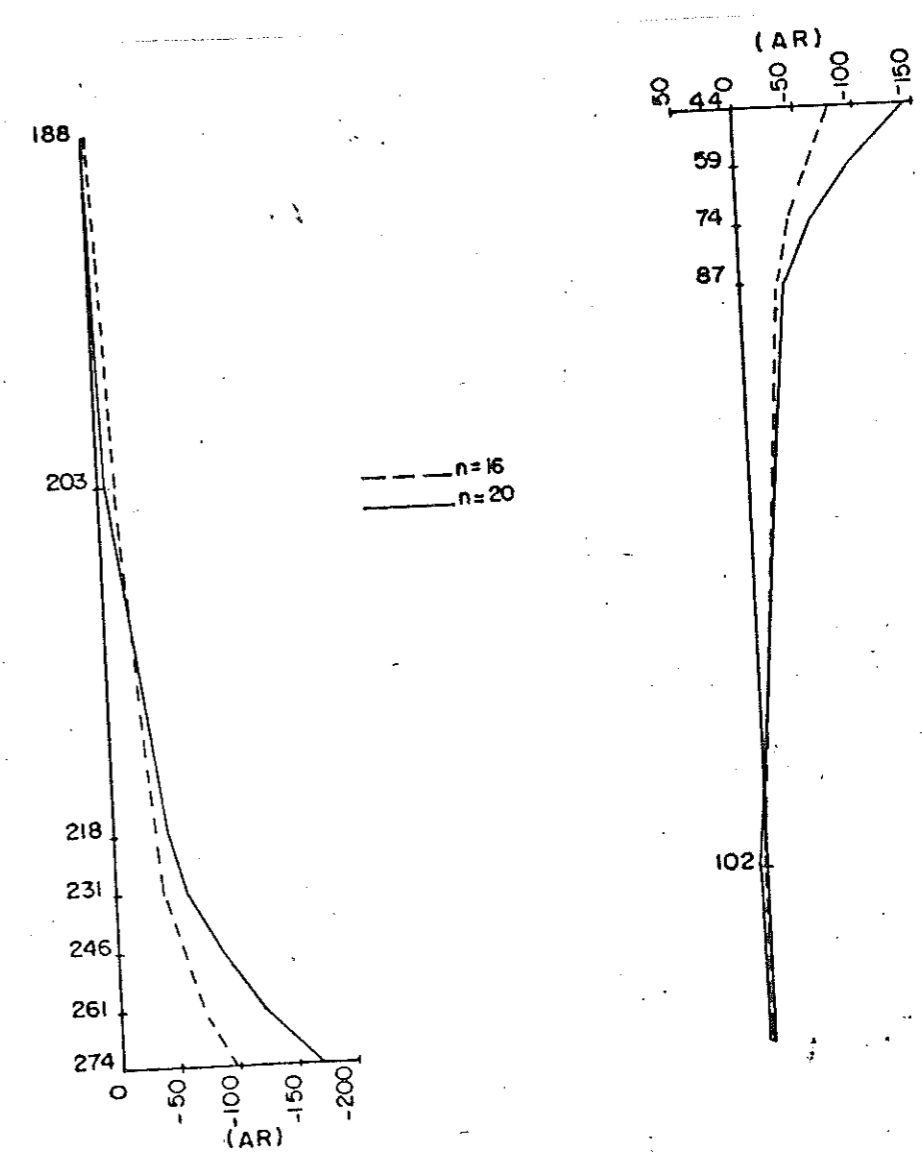


FIG. VI B.3.6 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

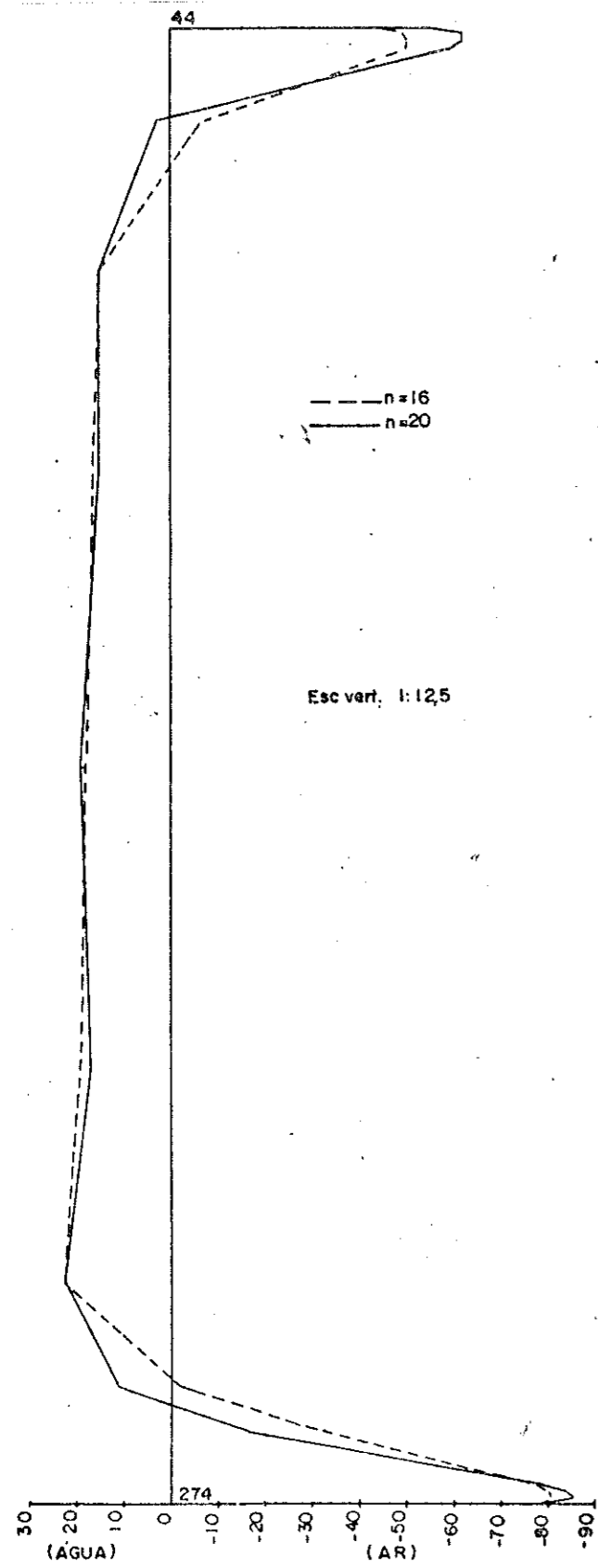


FIG.VI 8.3.7 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

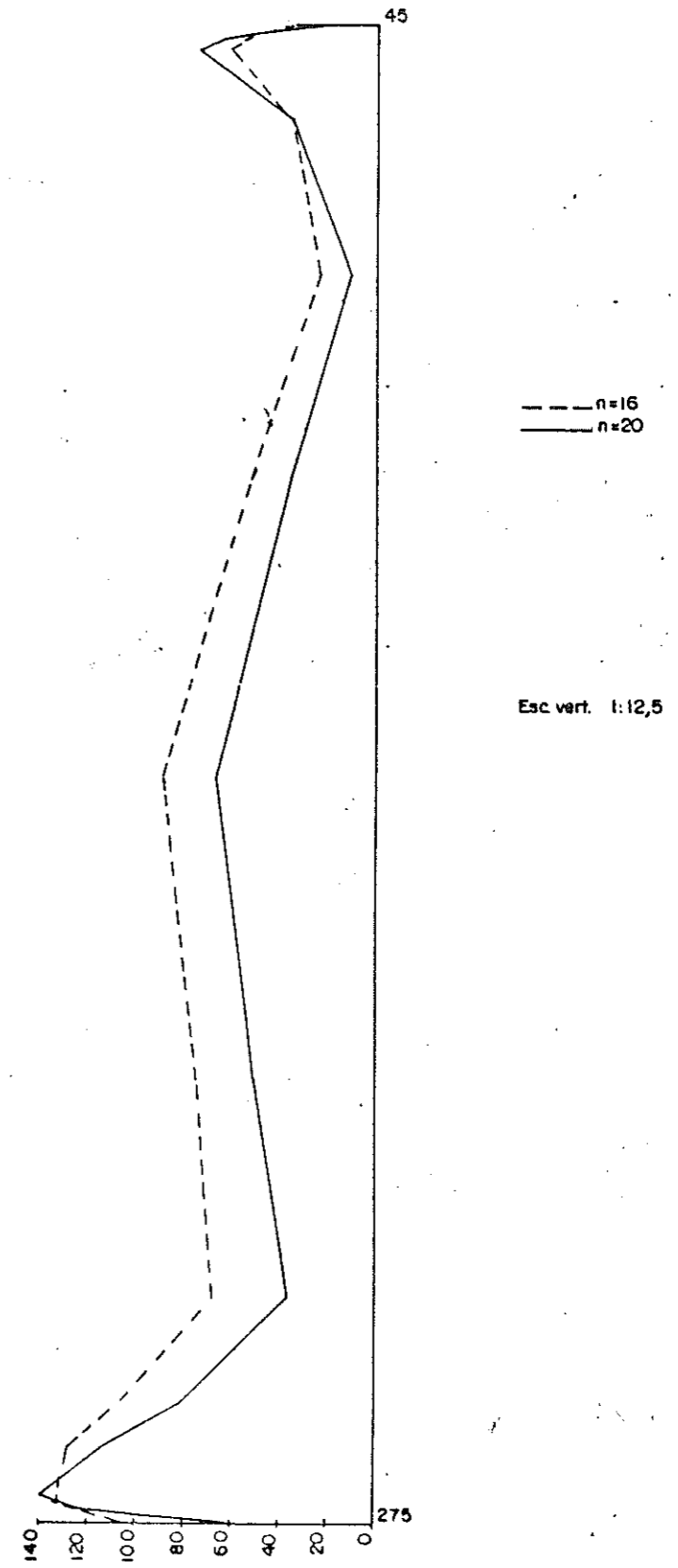


FIG.VI 8.3.8 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

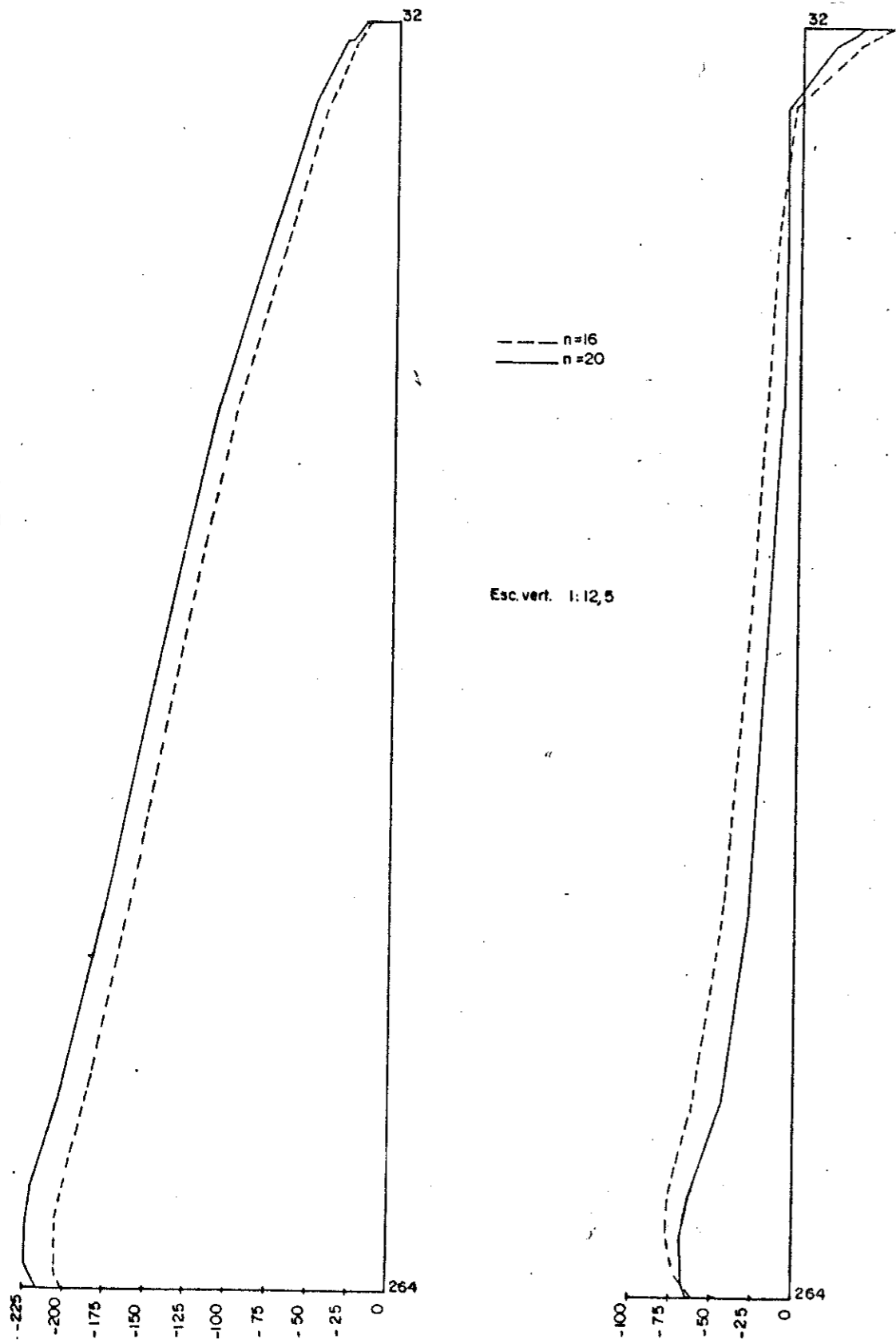


FIG.VI 8.3.9 - NORMAL N_x (kg/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 8.3.10 - NORMAL N_y (kg/cm) NA CASCA ①

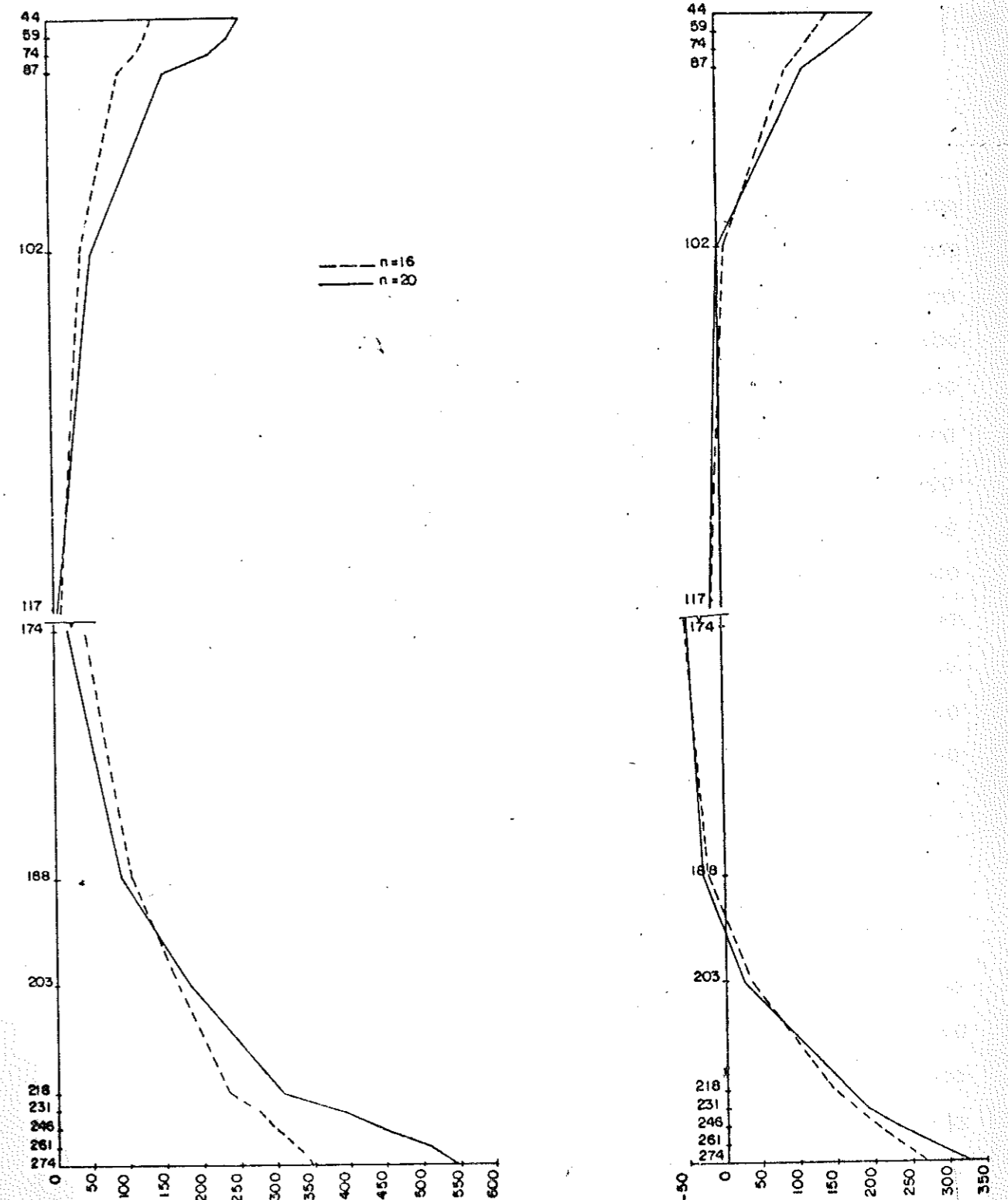


FIG.VI 8.3.11 - NORMAL N_x (kg/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 8.3.12 - NORMAL N_y (kg/cm) NA CASCA ①

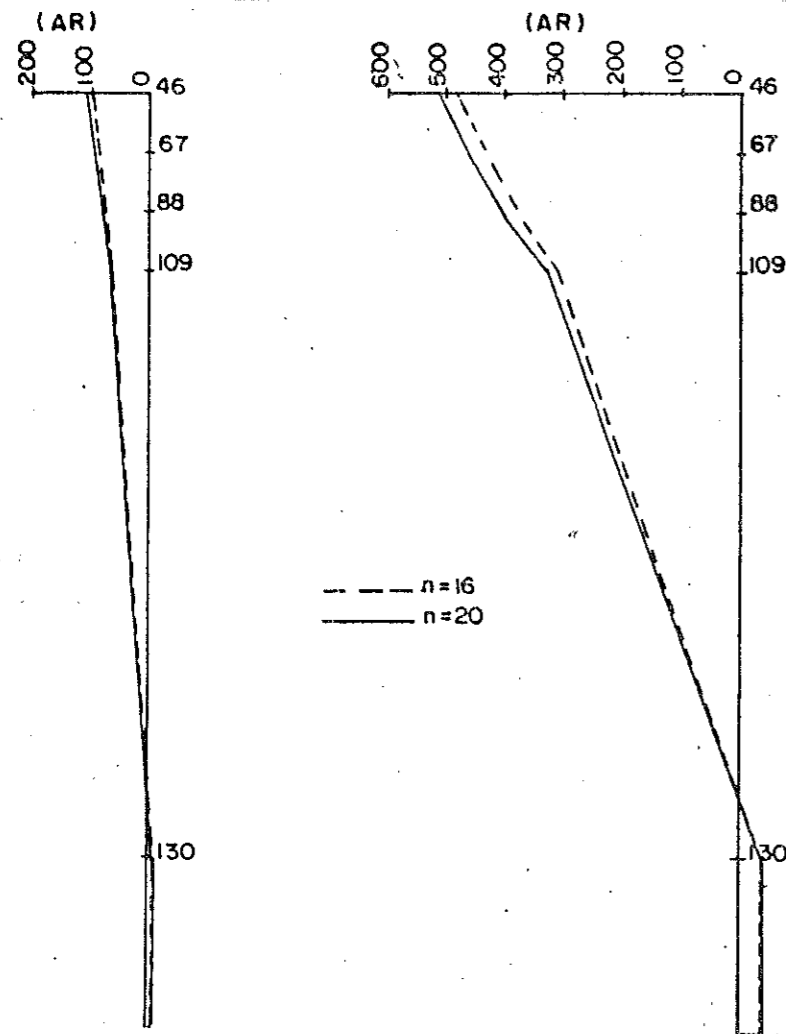


FIG.VI 8.3.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA (3)

FIG.VI 8.3.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA (3)

VI.9 - Exemplos comparativos para reservatório com $h_f = 70$ cm
e $e_c = 4$ cm

VI.9.1 - Viga 15/10 e $n = 16$ e $n = 20$.

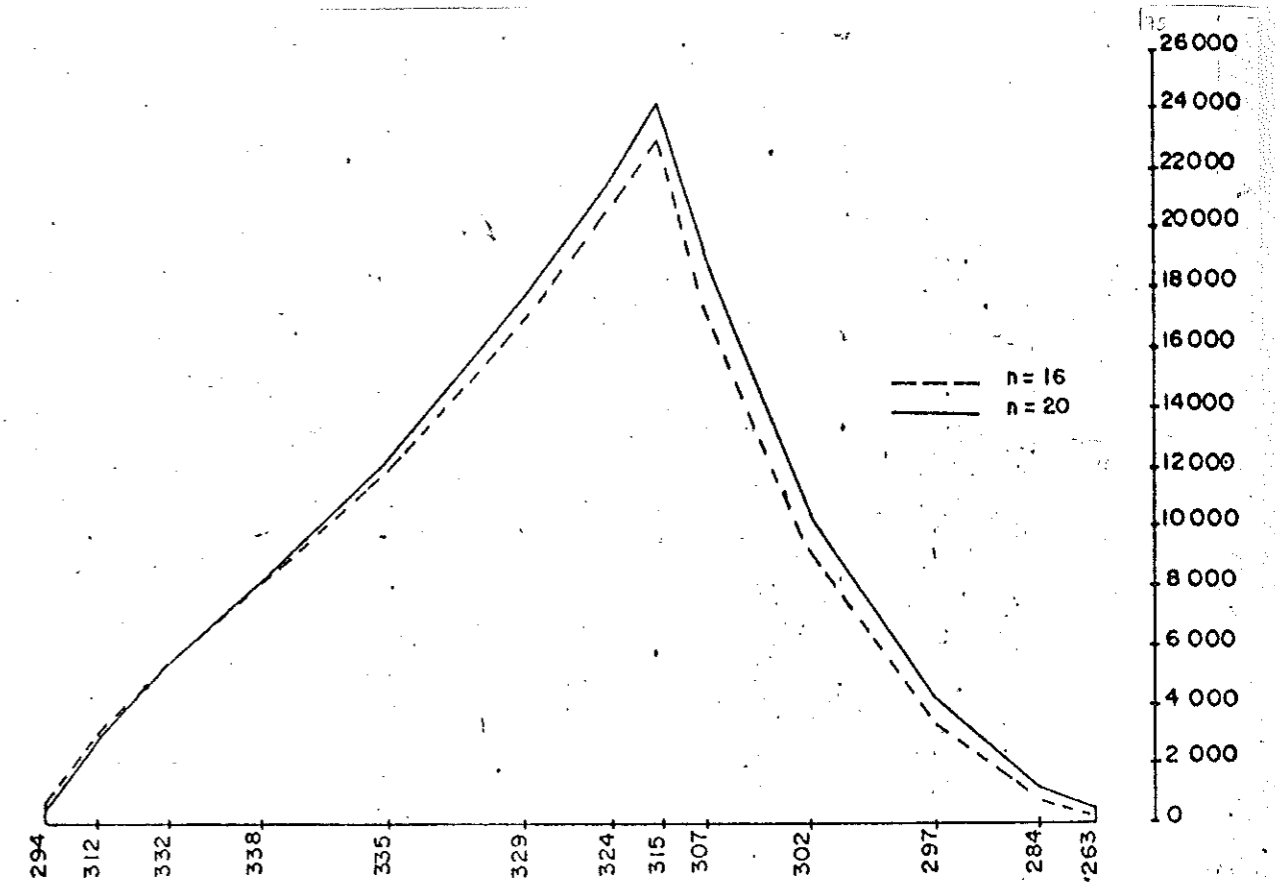


FIG.VI 9.1.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

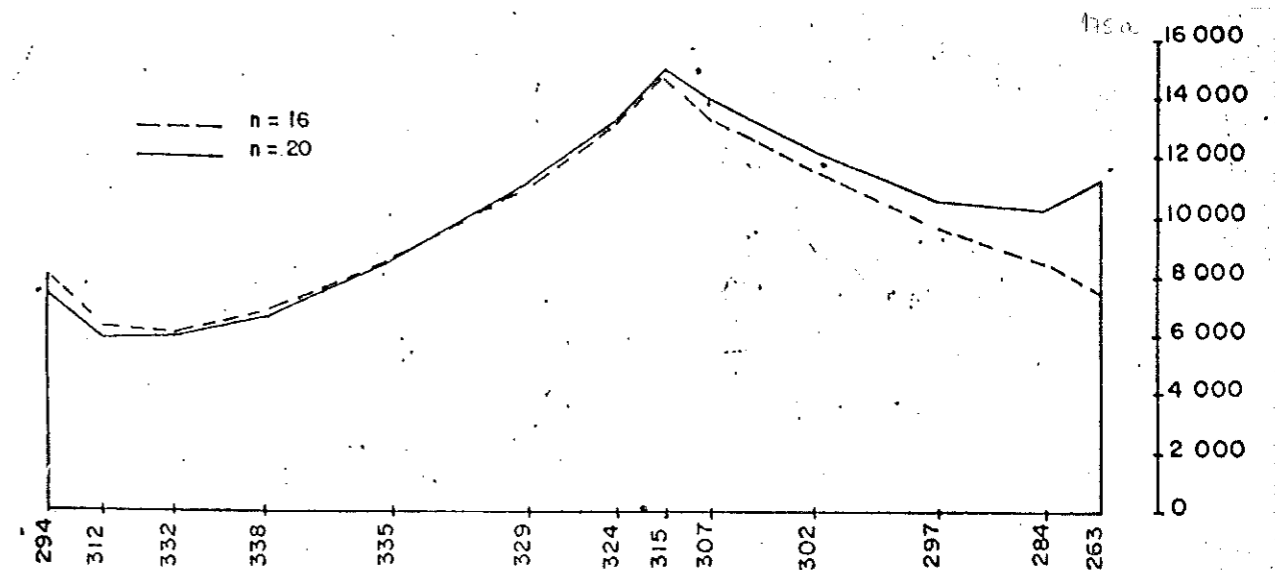


FIG.VI 9.1.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

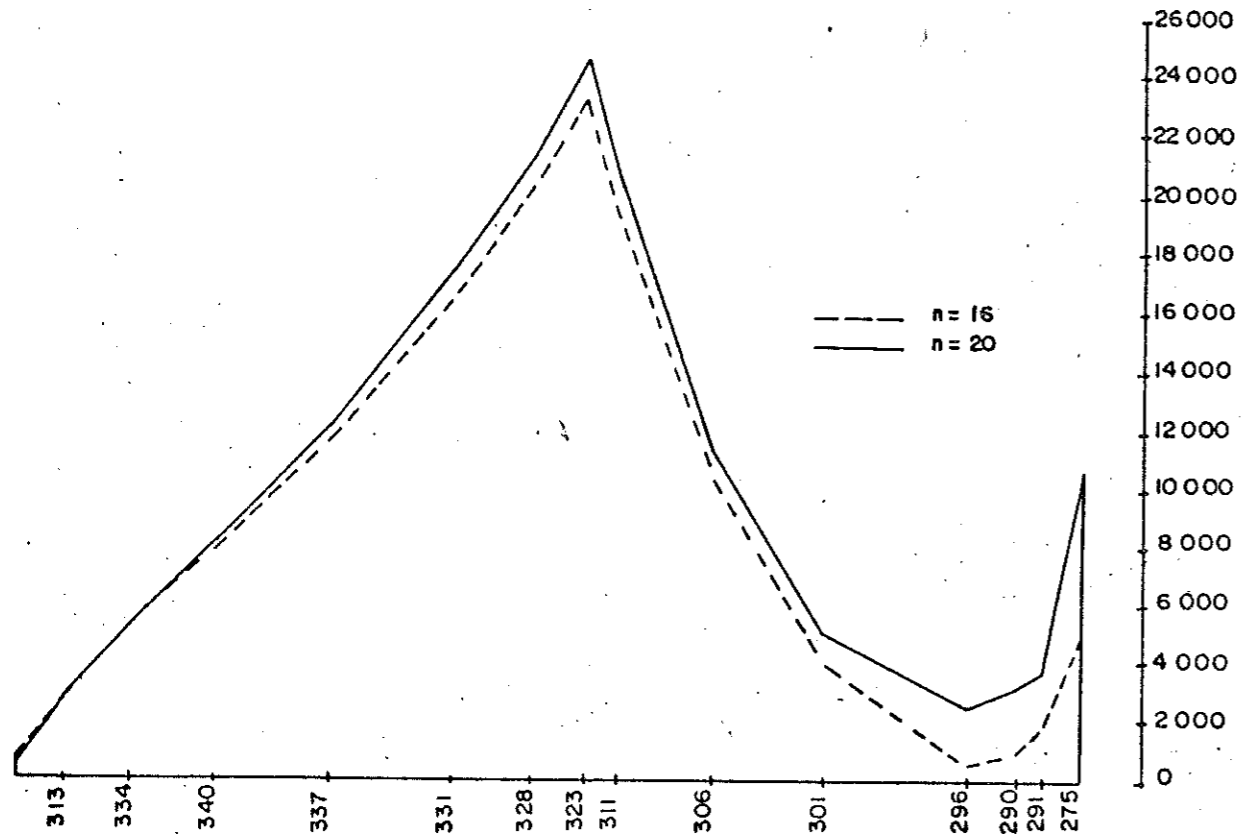


FIG. VI 9.1.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

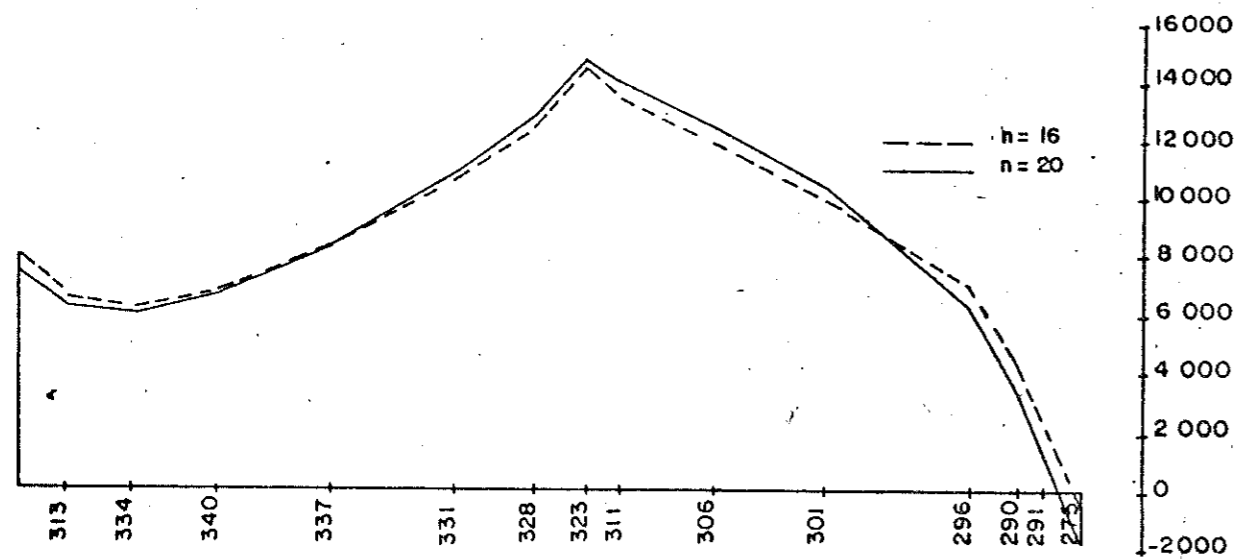


FIG. VI 9.1.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

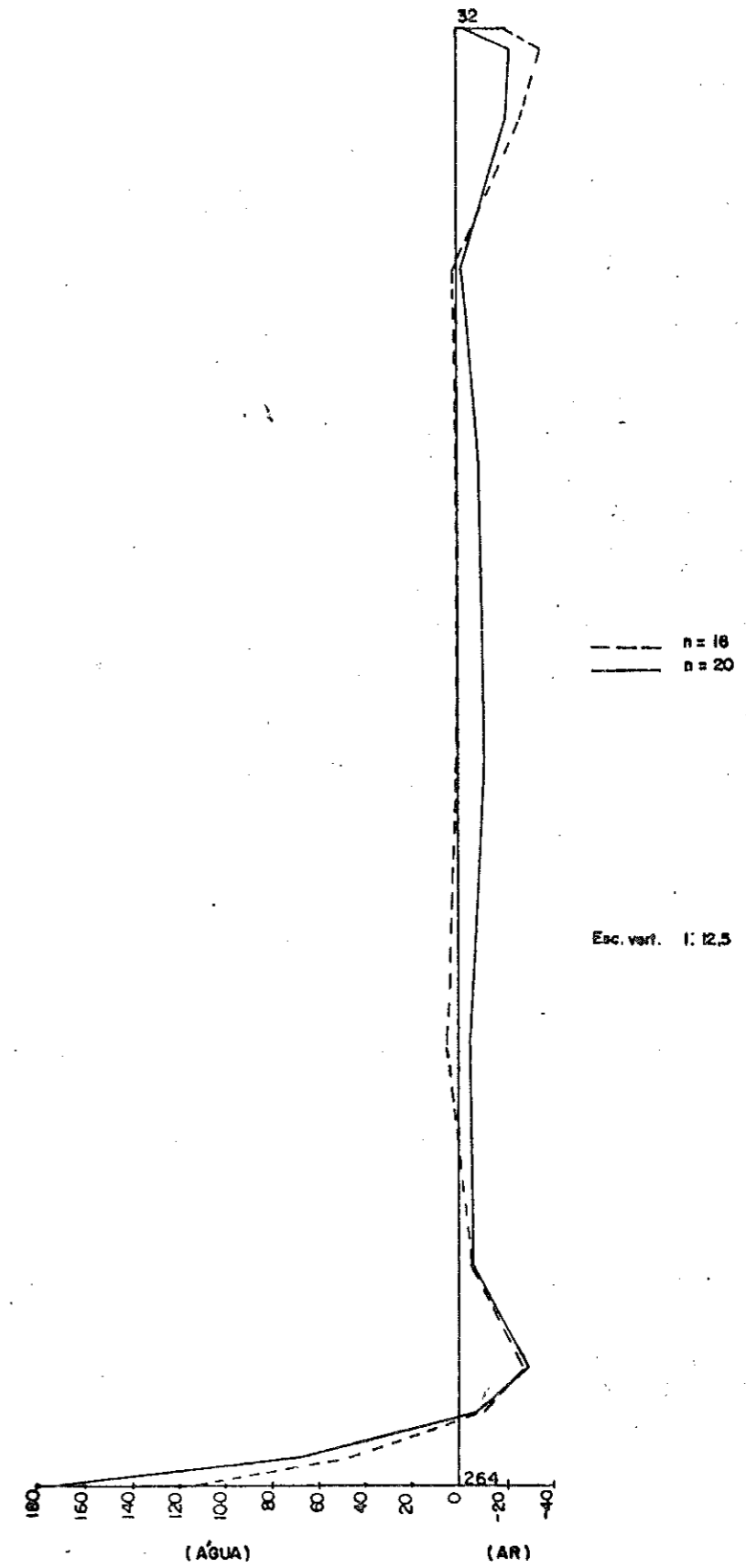


FIG. VI 9.1.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

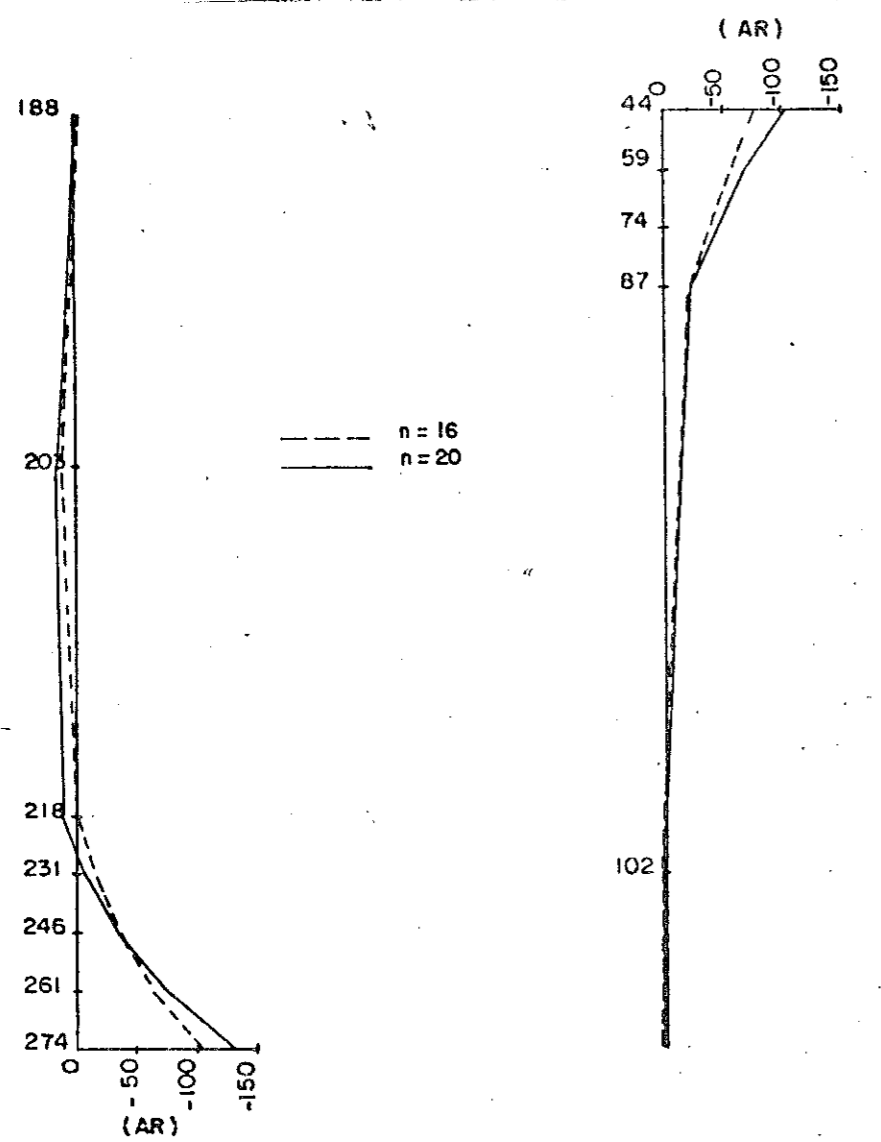


FIG.VI 9.1.6 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

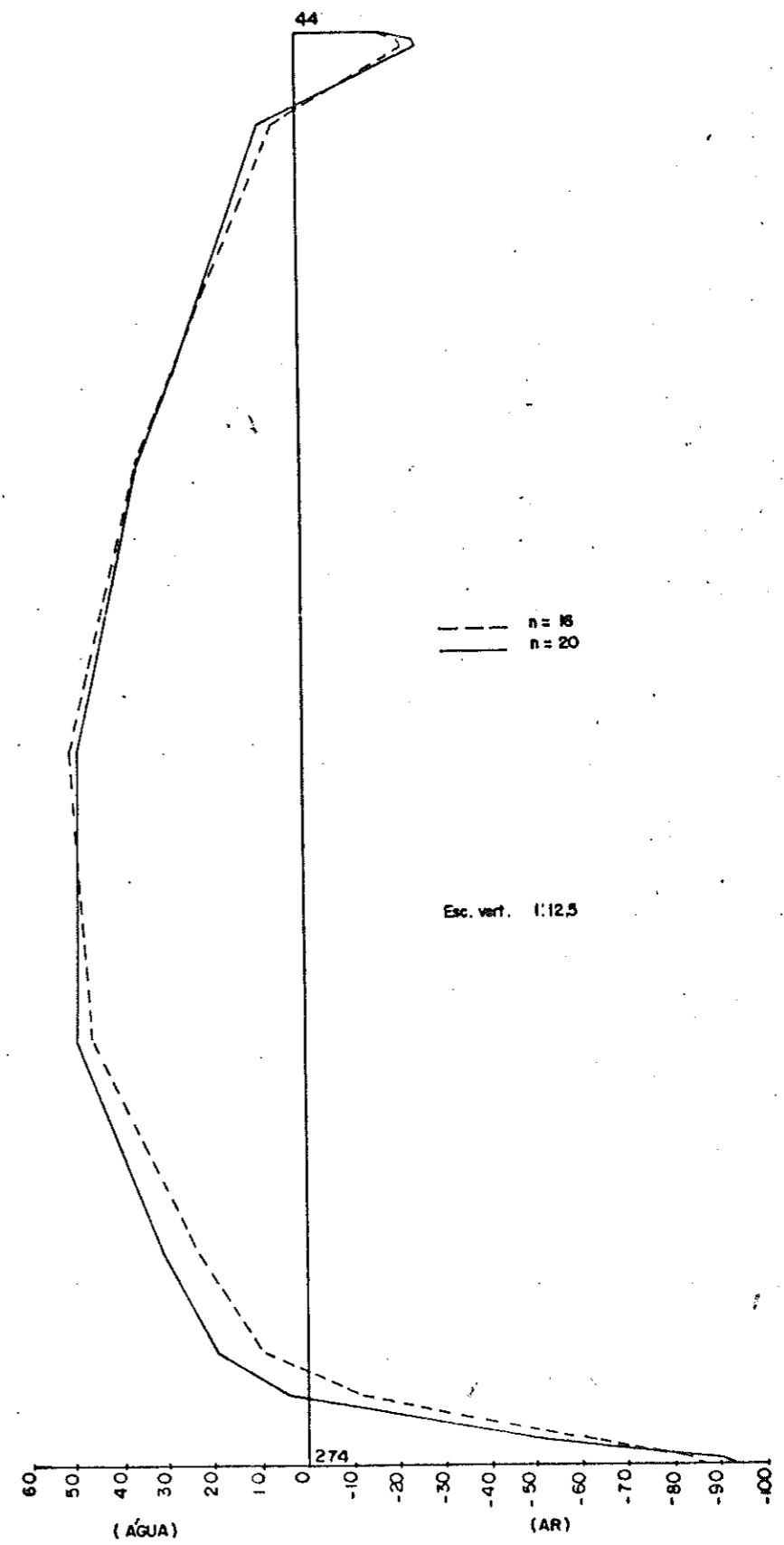


FIG.VI 9.1.7 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

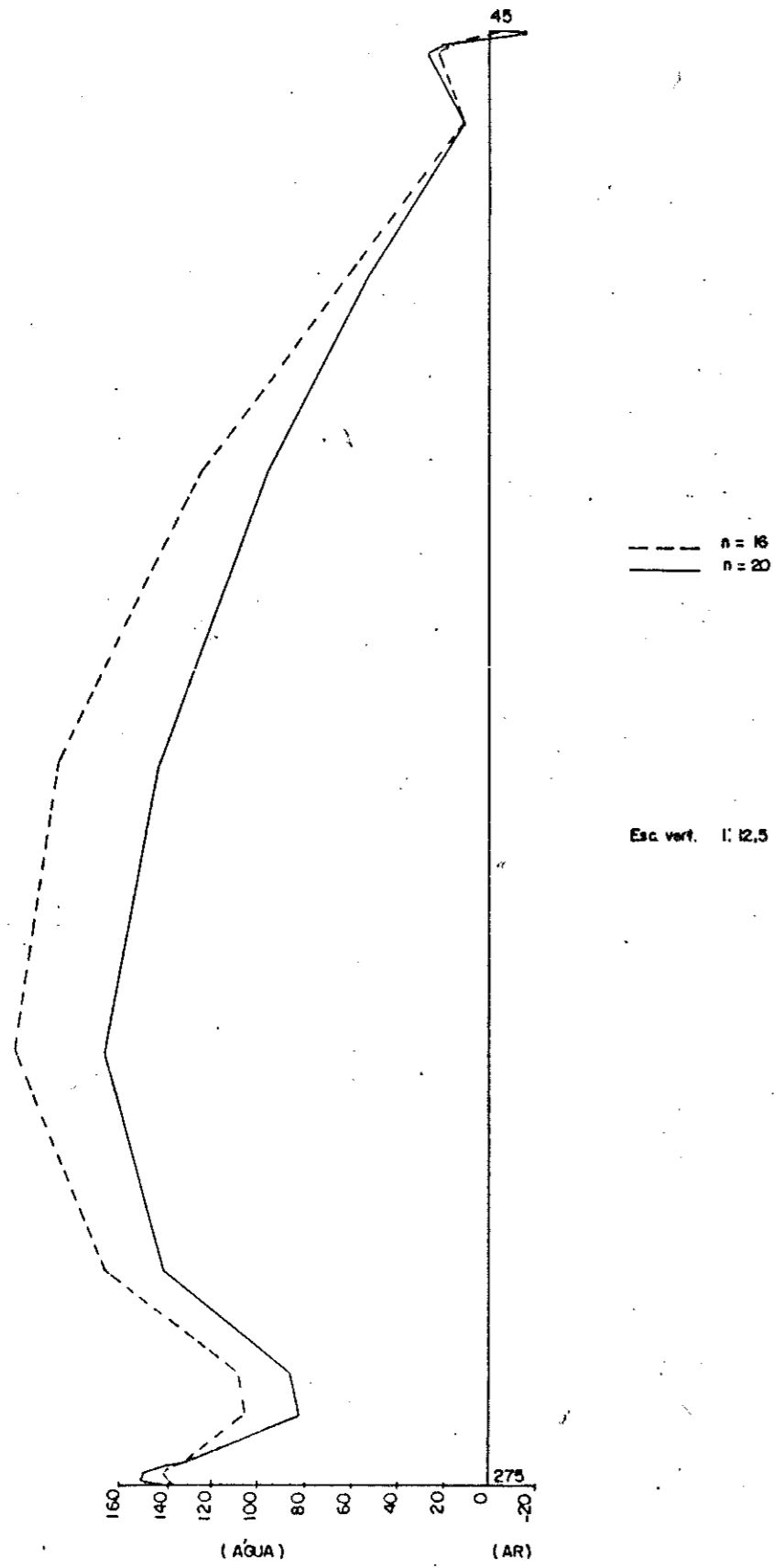


FIG.VI 9.1.8 -MOMENTO M_y (kgf/cm/cm)NA CASCA ①

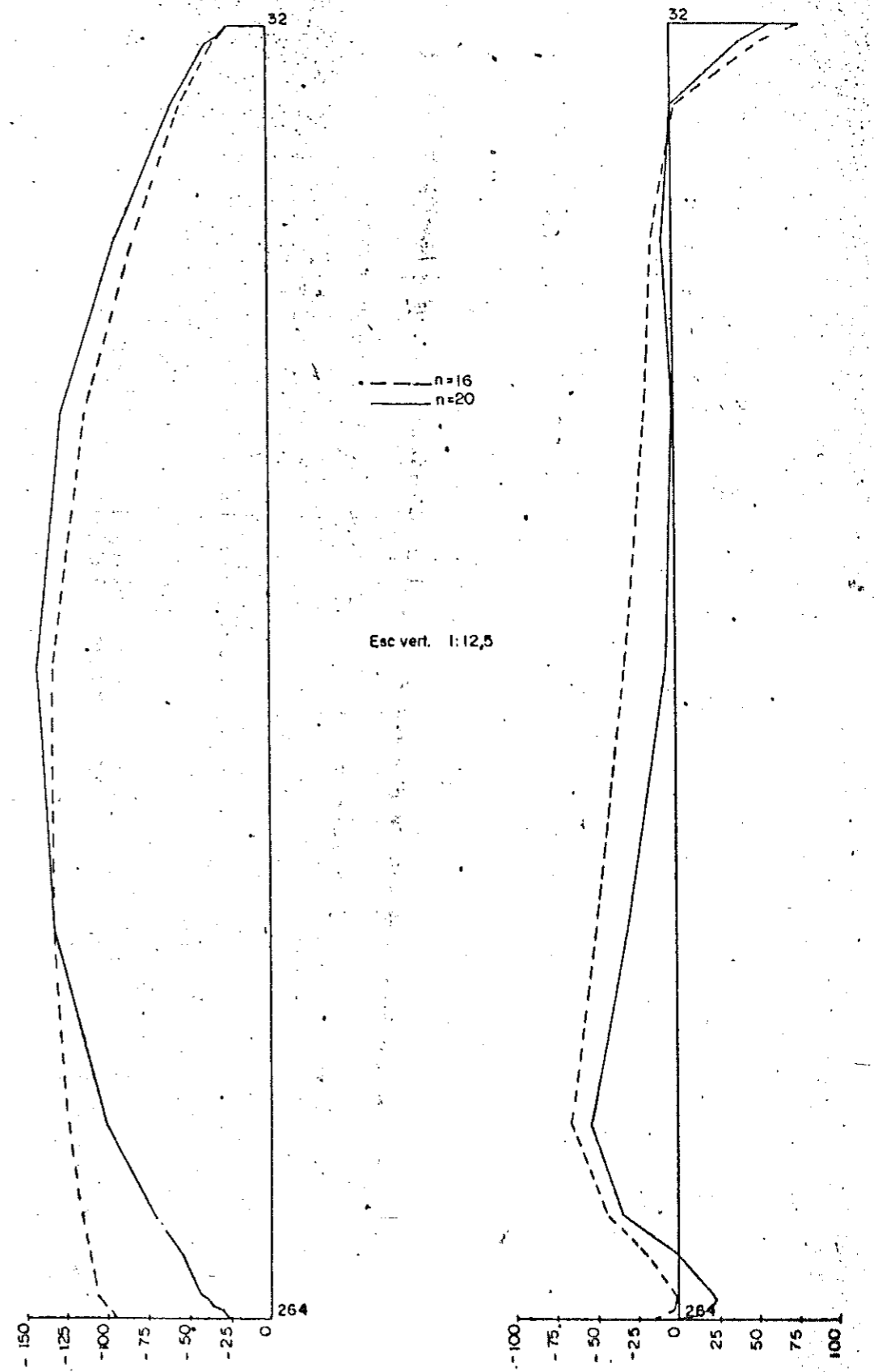


FIG.VI 9.1.9 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

FIG.VI 9.1.10 -NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

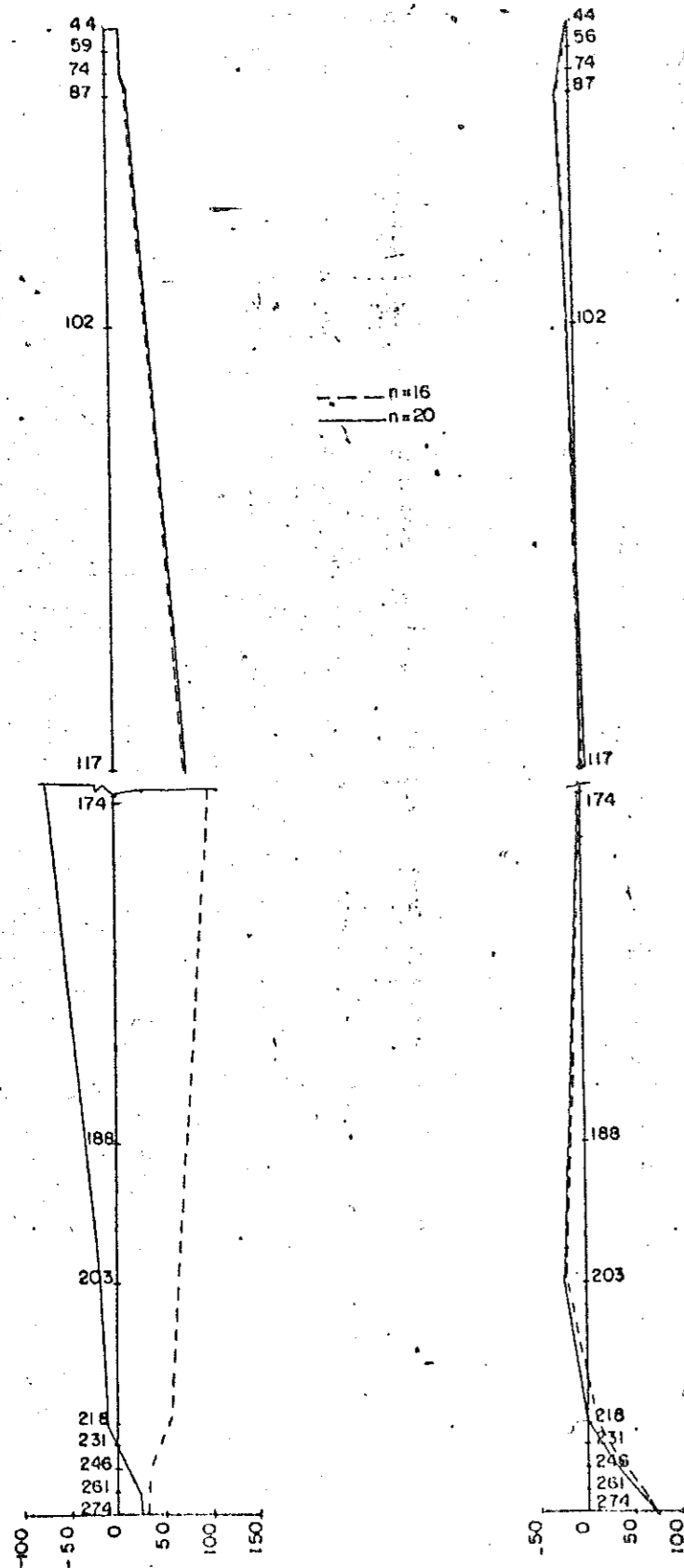


FIG.VI 9.1.11 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

FIG.VI 9.1.12 -NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

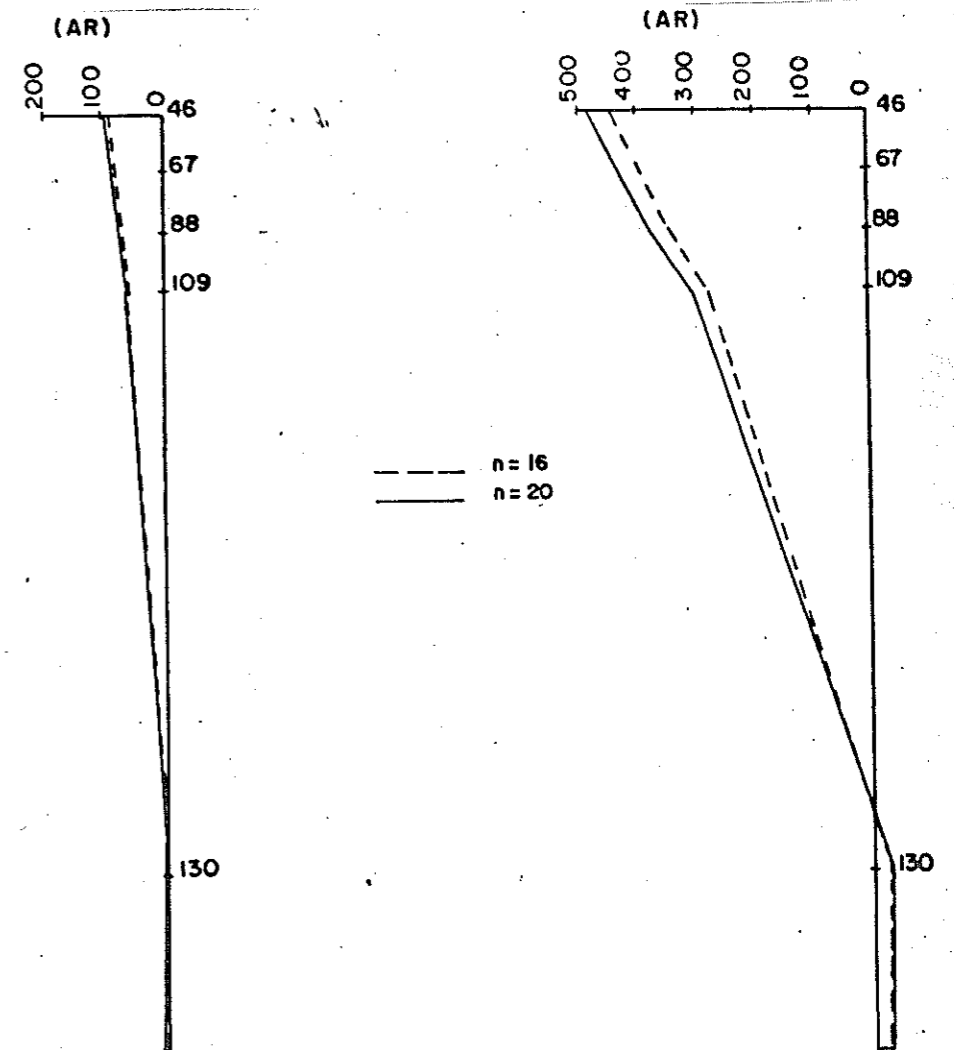


FIG.VI 9.1.13 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm)NA CASCA ③

FIG.VI 9.1.14 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.9.2 - Viga 25/20 e n = 16 e n = 20.

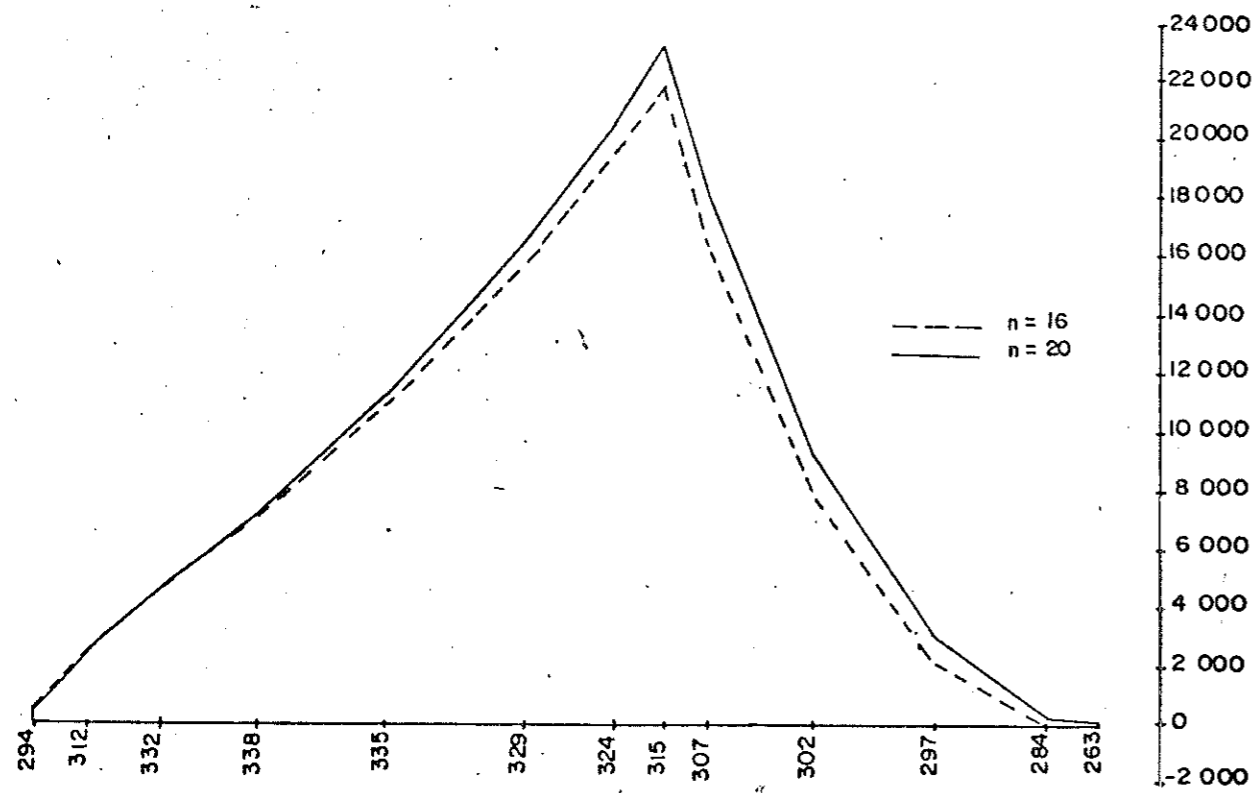


FIG.VI 9.2.1 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

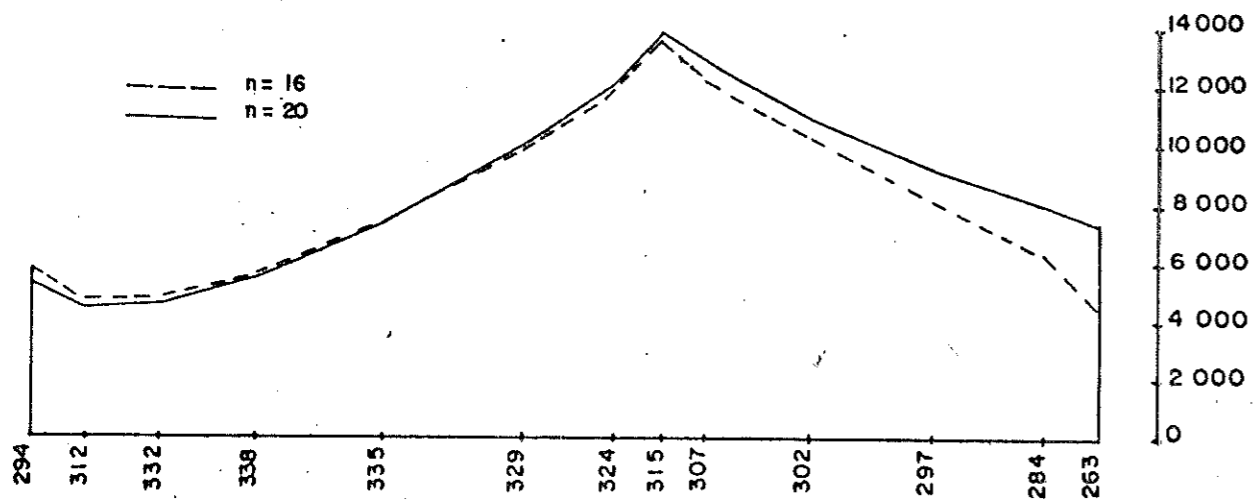


FIG.VI 9.2.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

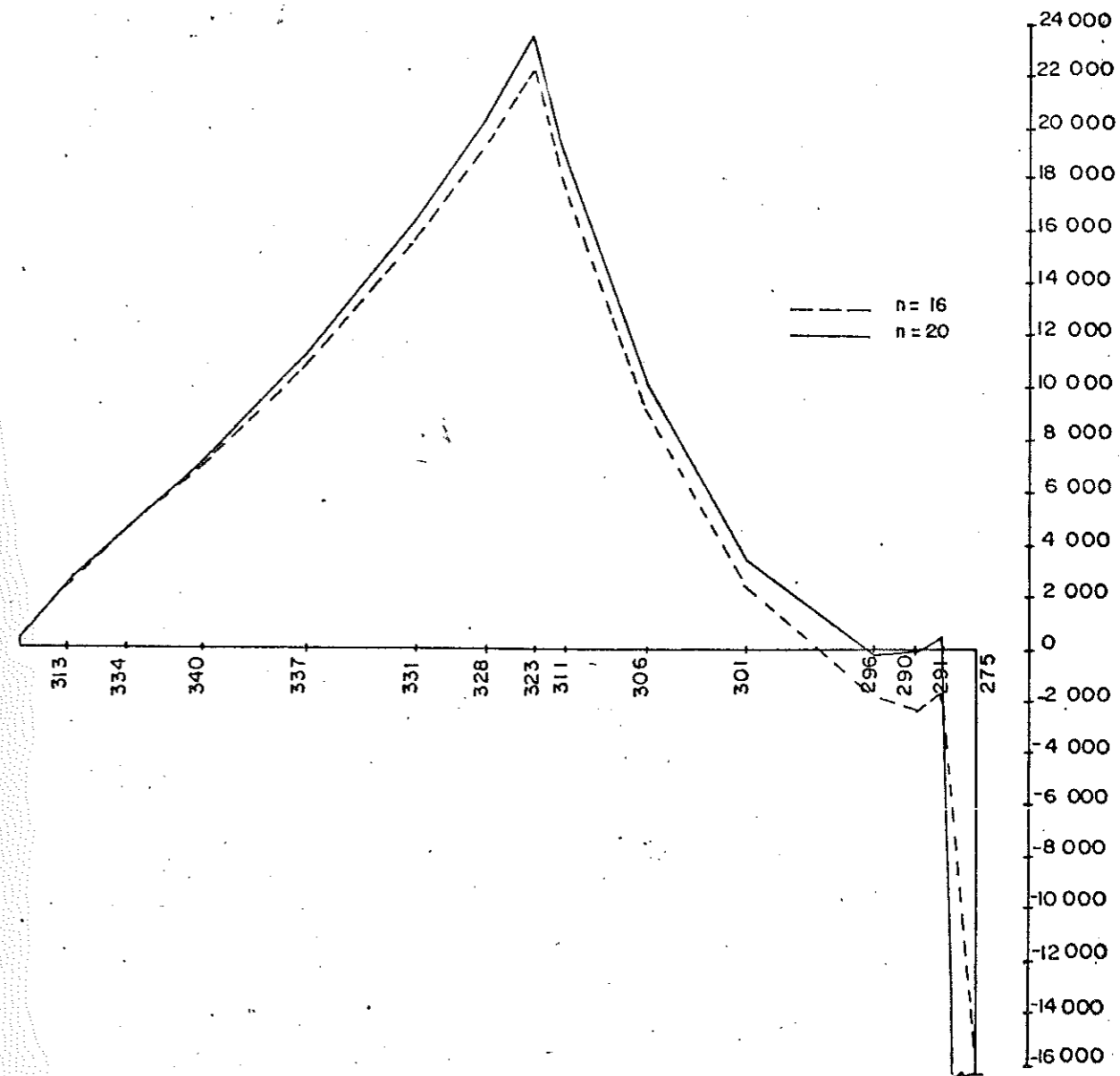


FIG.VI 9.2.3 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

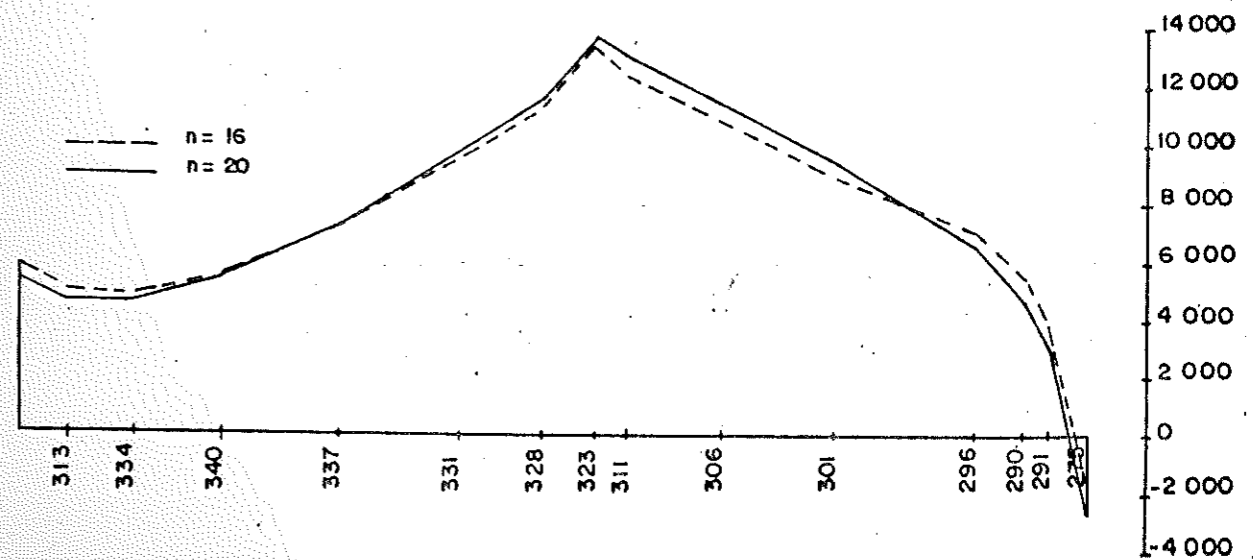


FIG.VI 9.2.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

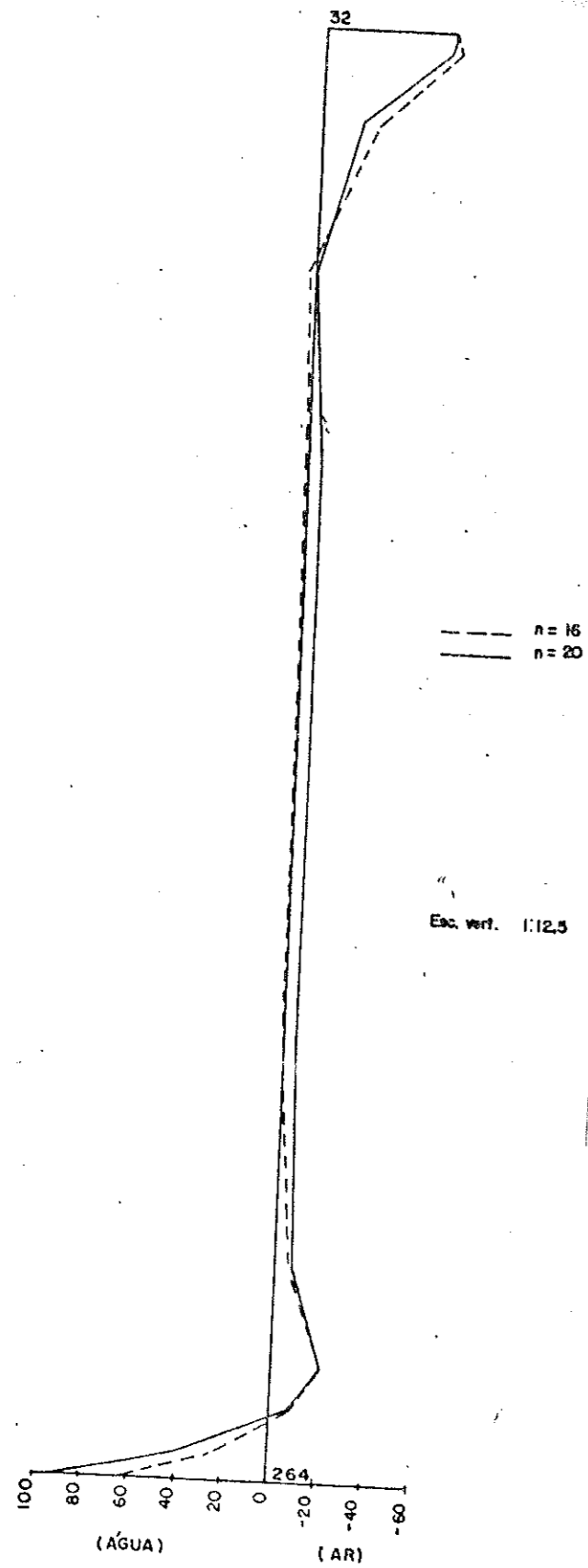


FIG VI 9.2.5 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

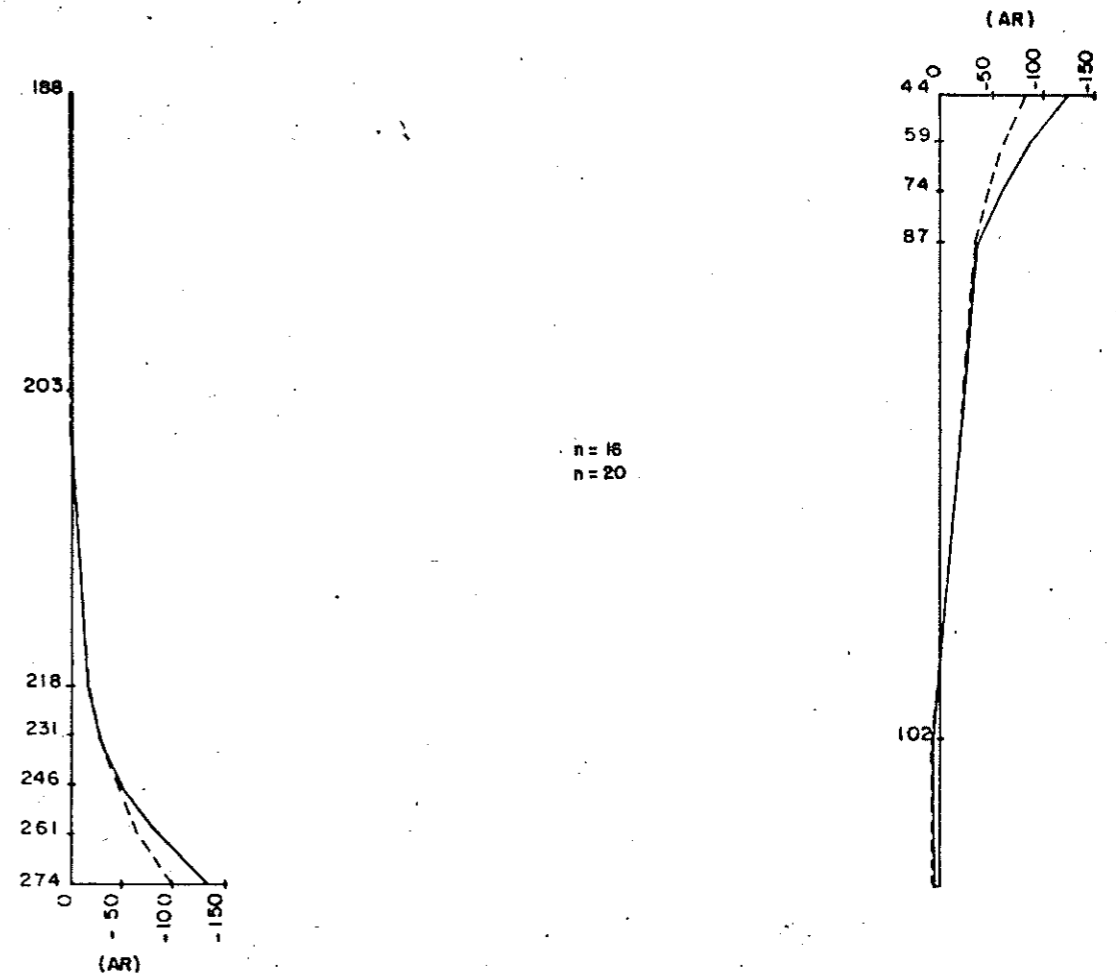


FIG VI 9.2.6 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

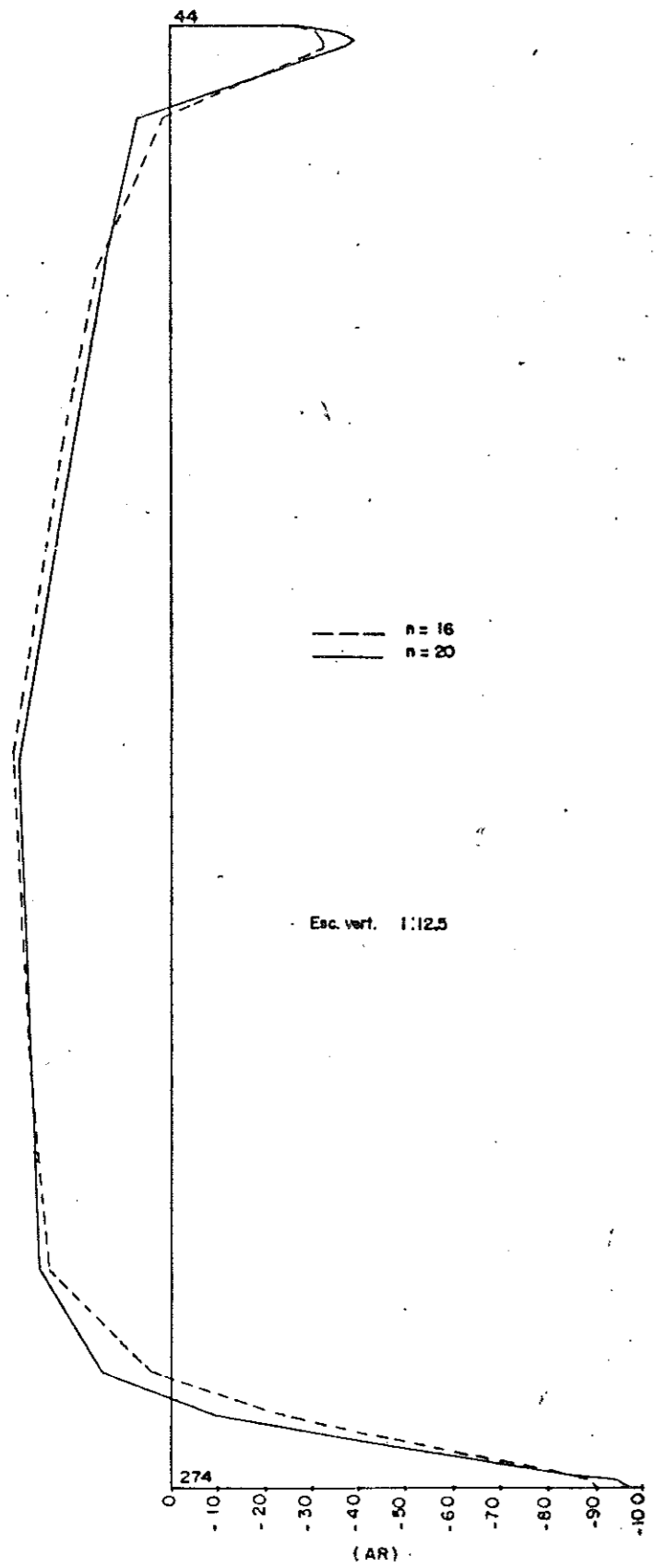


FIG.VI 9.2.7 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

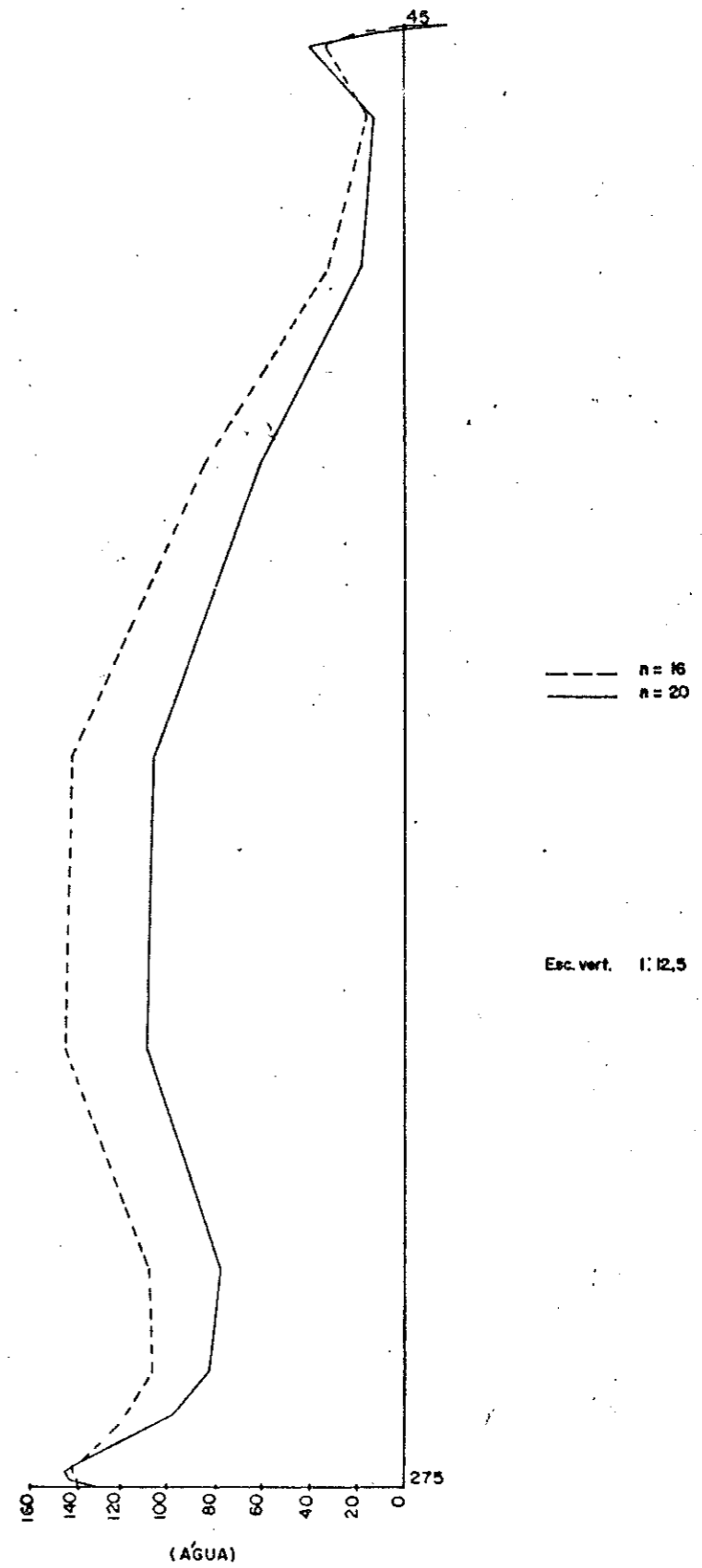


FIG.VI 9.2.8 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

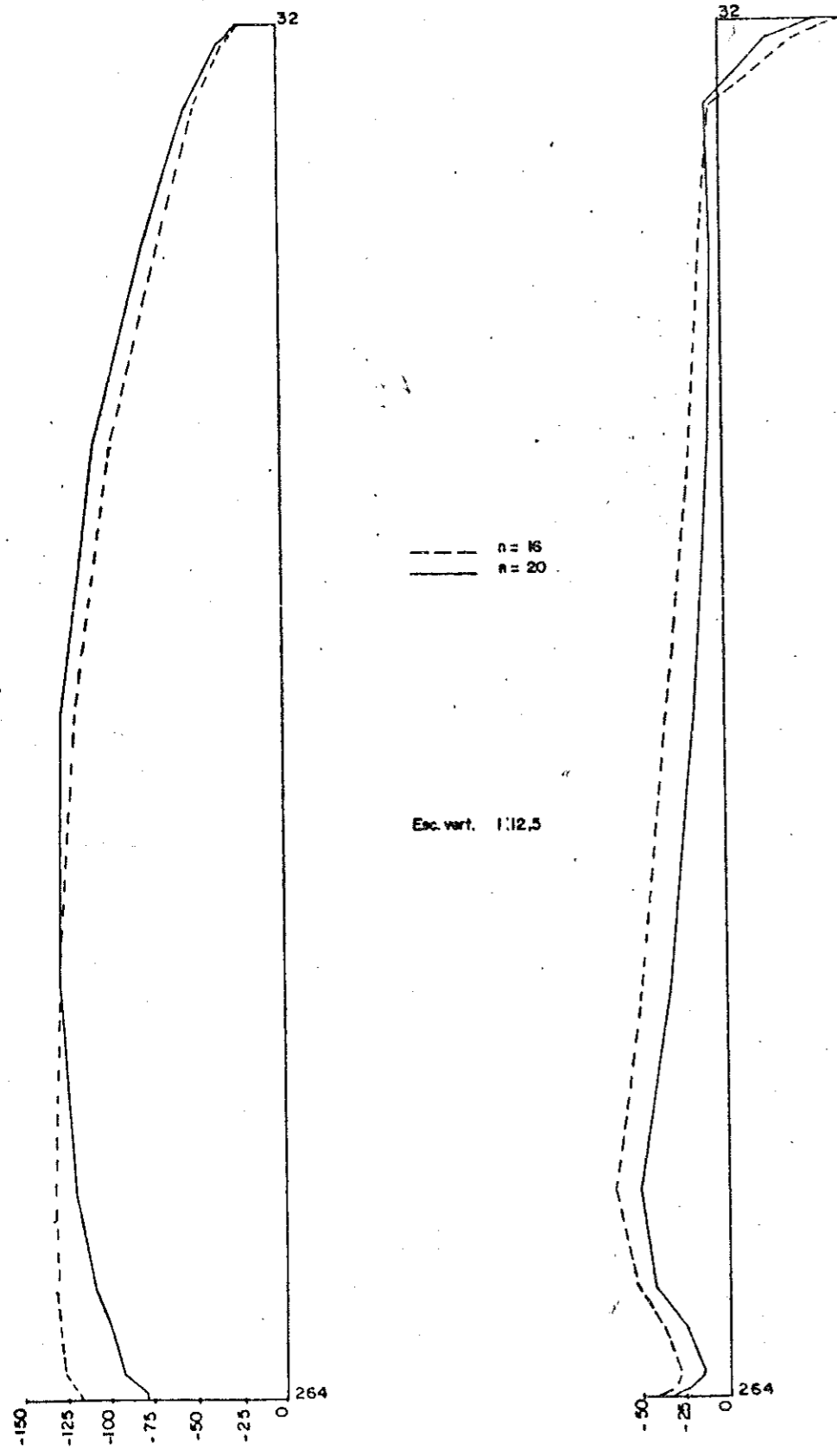


FIG.VI 9.2.9 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 9.2.10 -NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

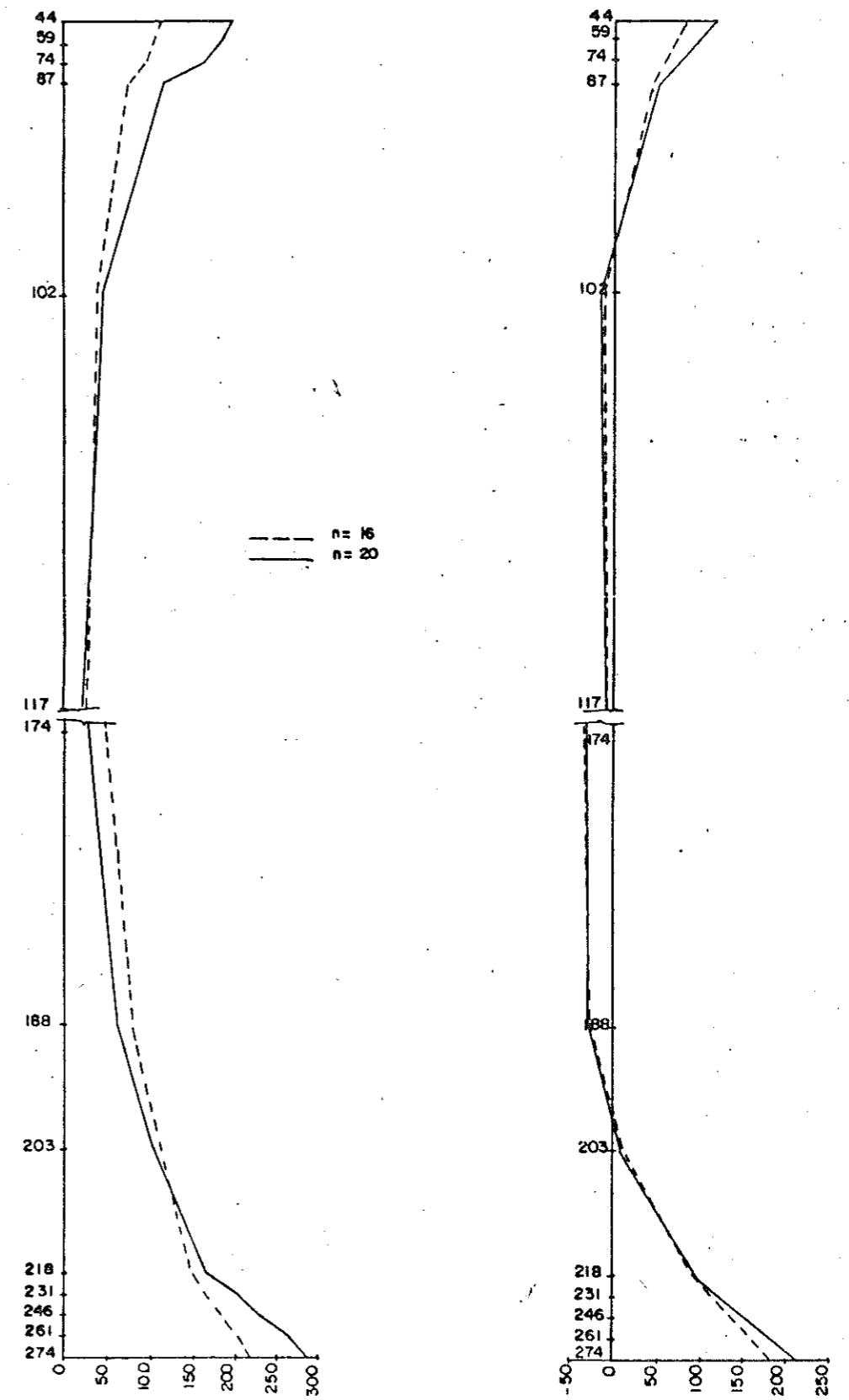


FIG.VI 9.2.11 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 9.2.12 -NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

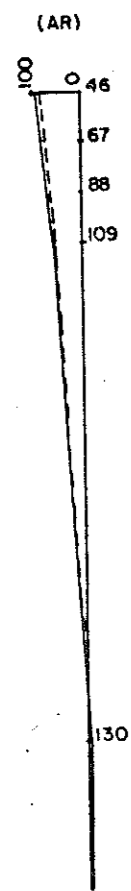


FIG.VI 9.2.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

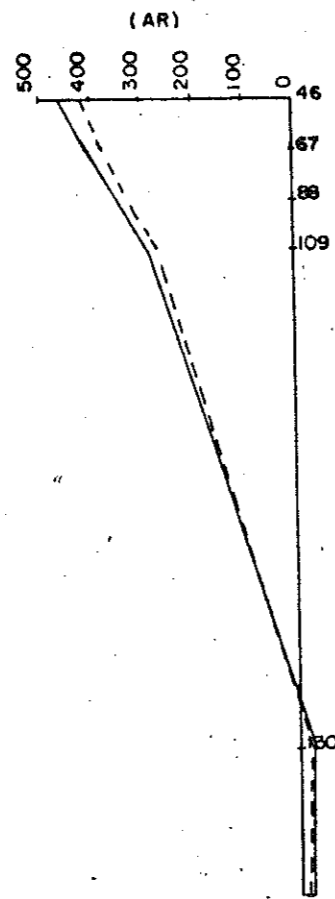


FIG.VI 9.2.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.9.3 - Viga 25/40 e n = 16 e n = 20.

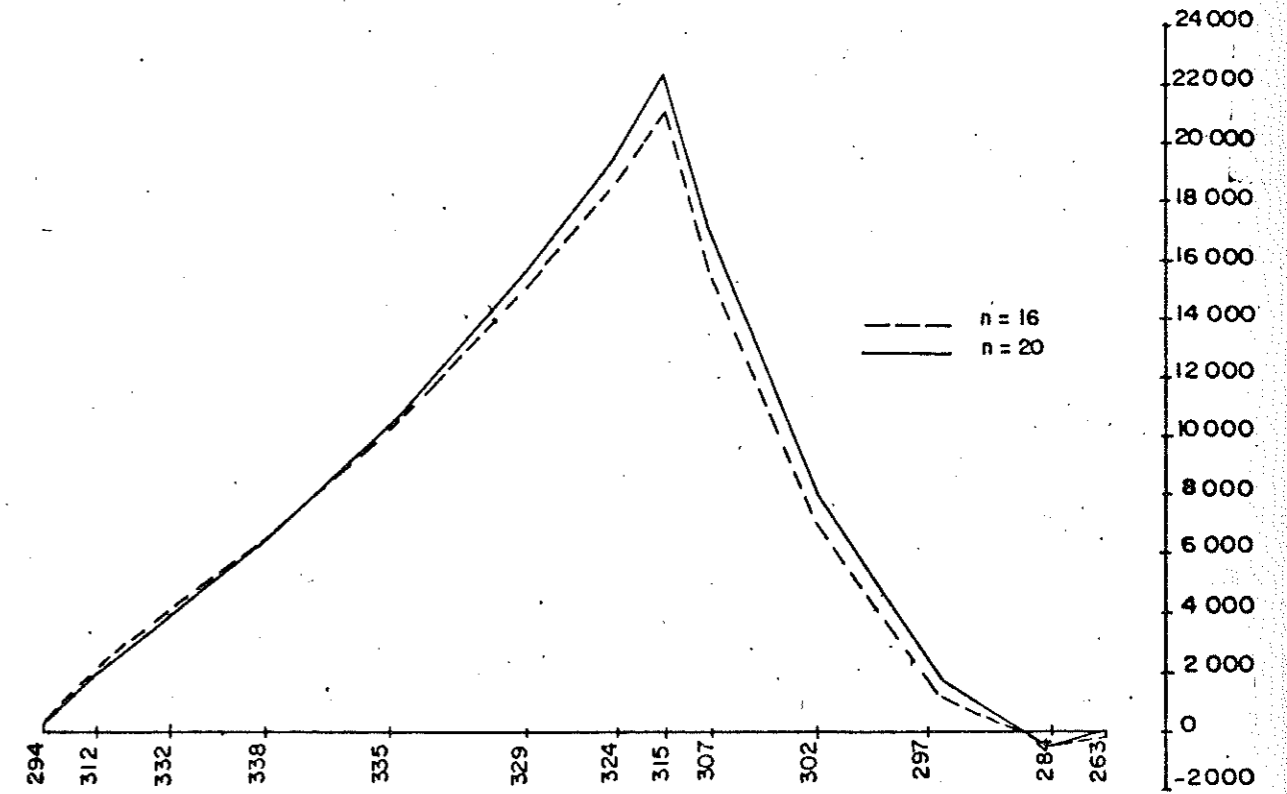


FIG.VI 9.3.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

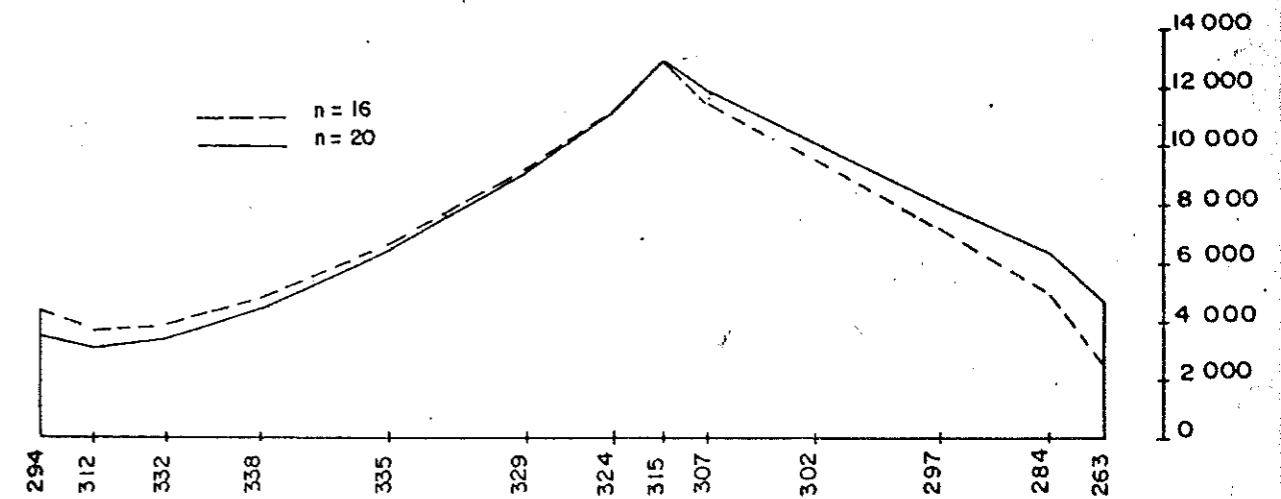


FIG.VI 9.3.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

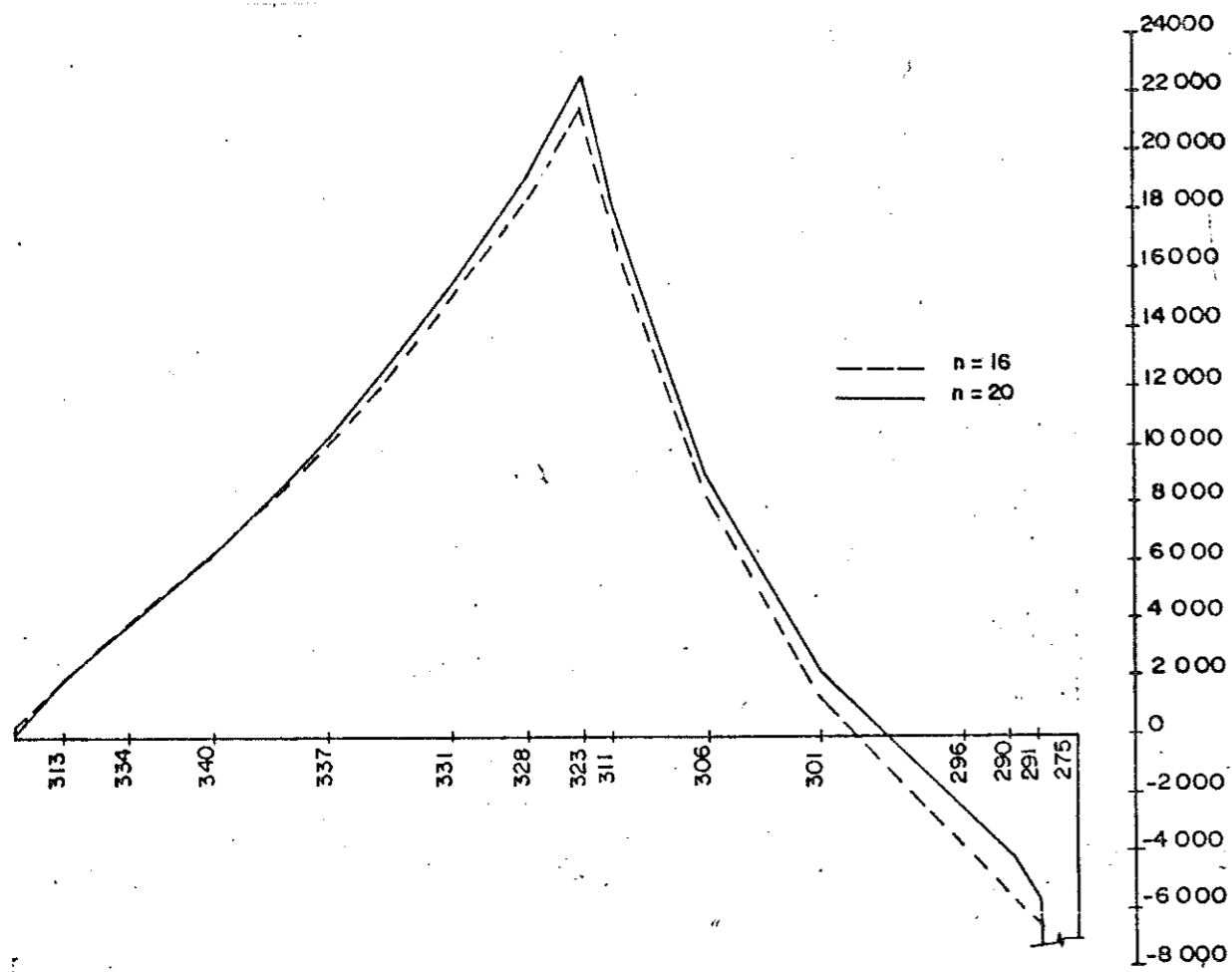


FIG. VI 9.3.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

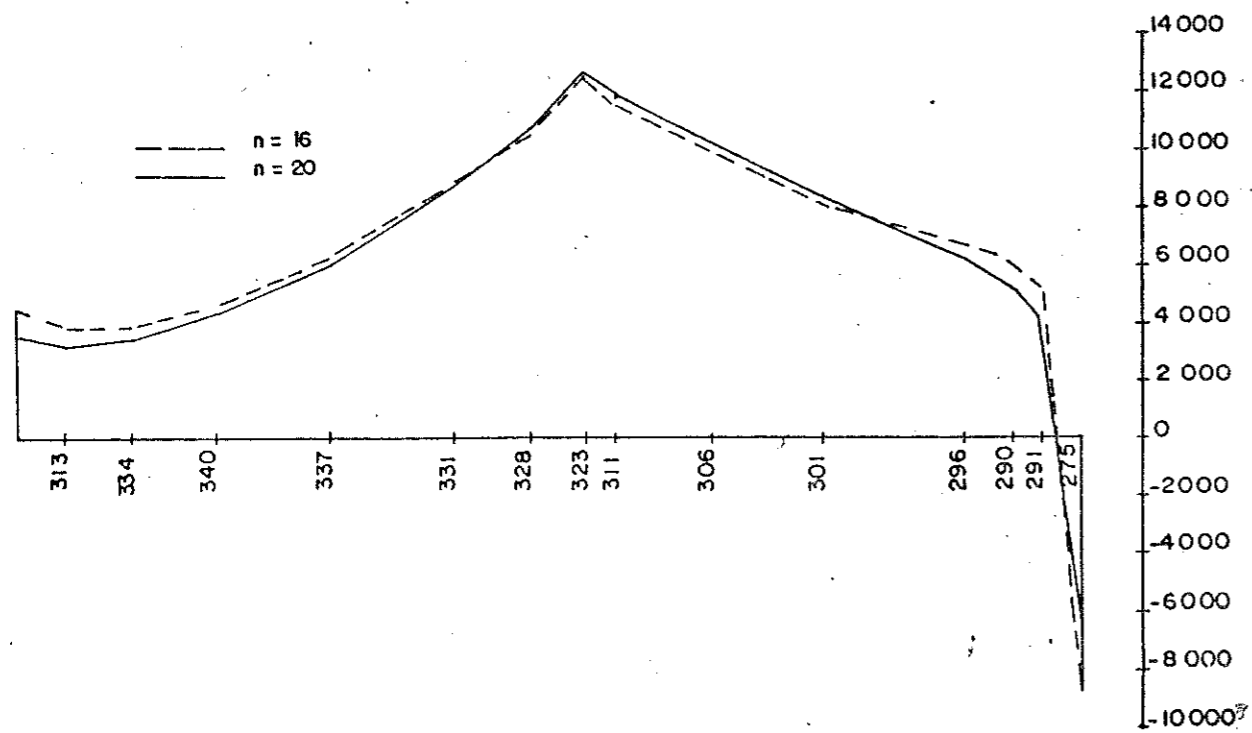


FIG. VI 9.3.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

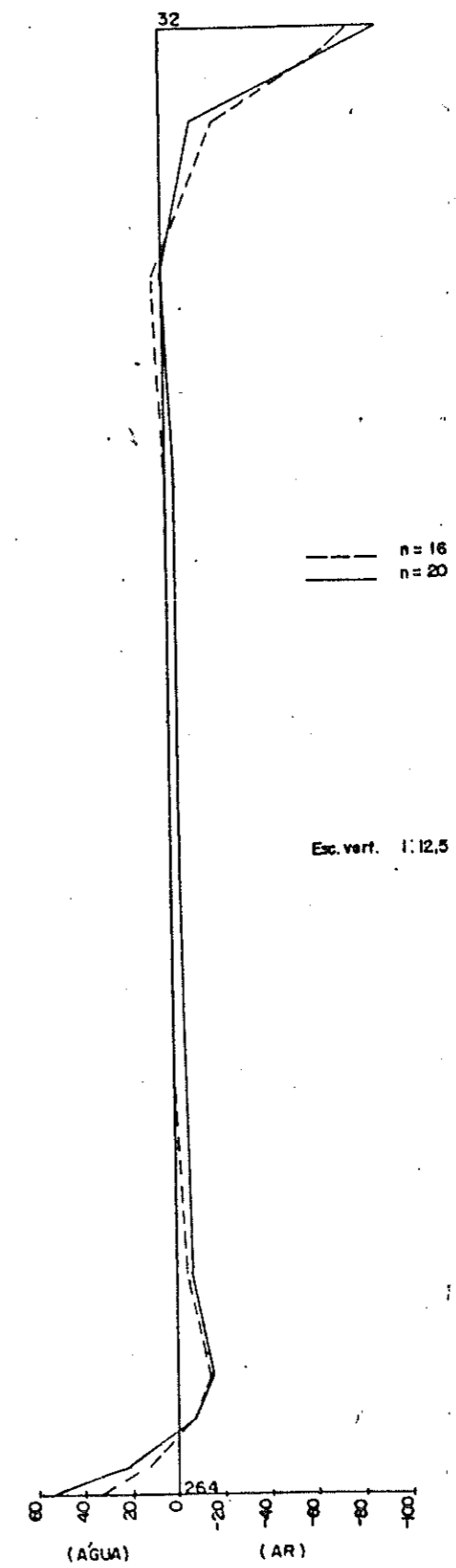


FIG. VI 9.3.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

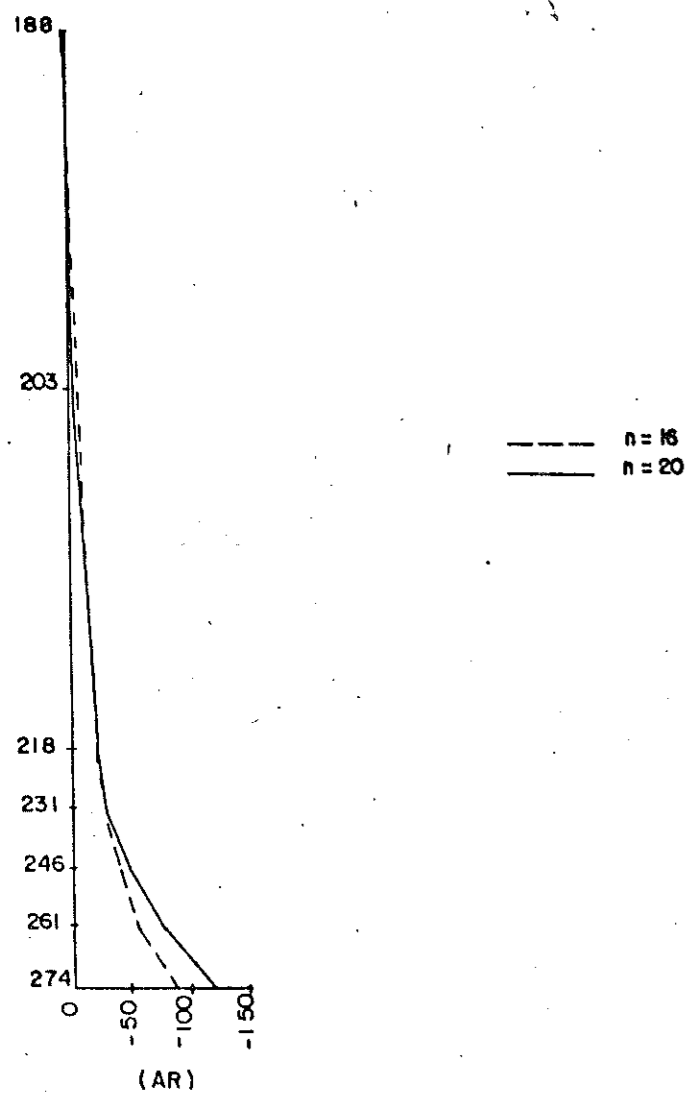


FIG.VI 9.3.6 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm)NA CASCA ①

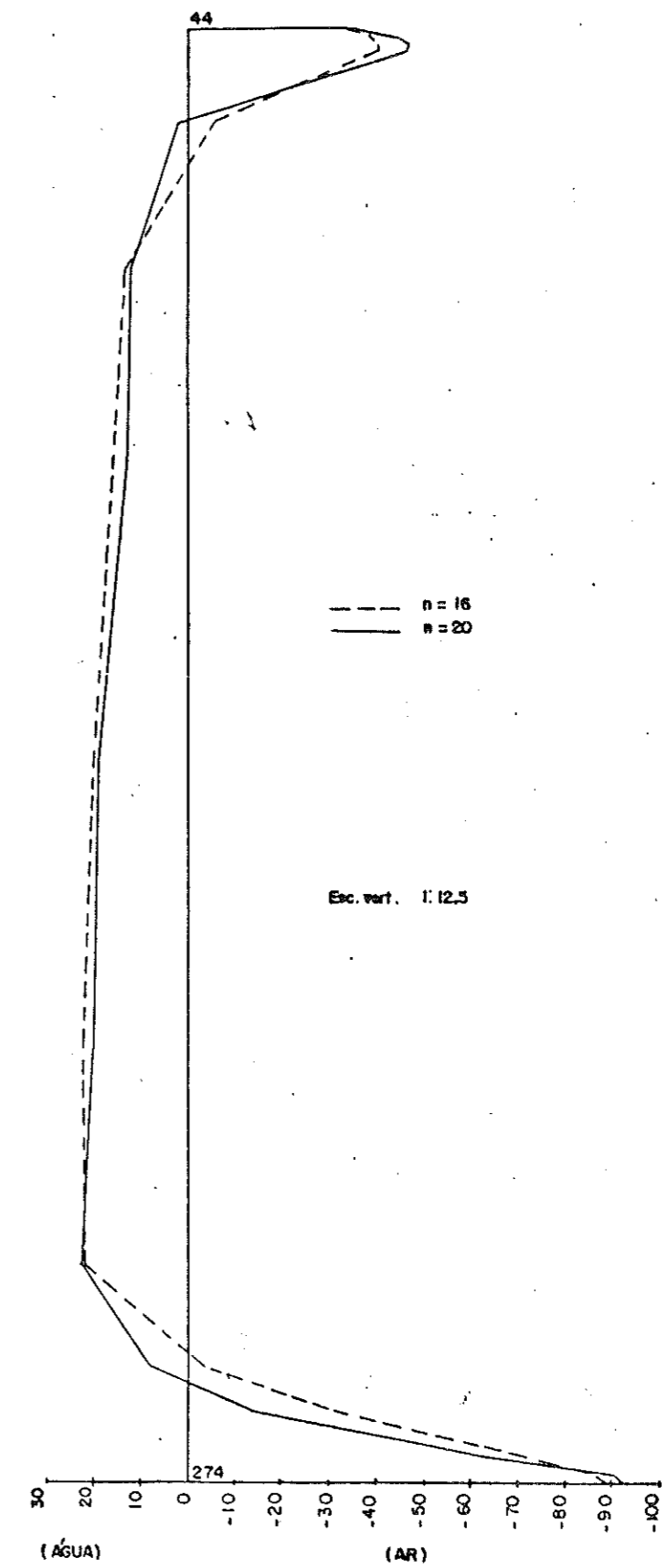
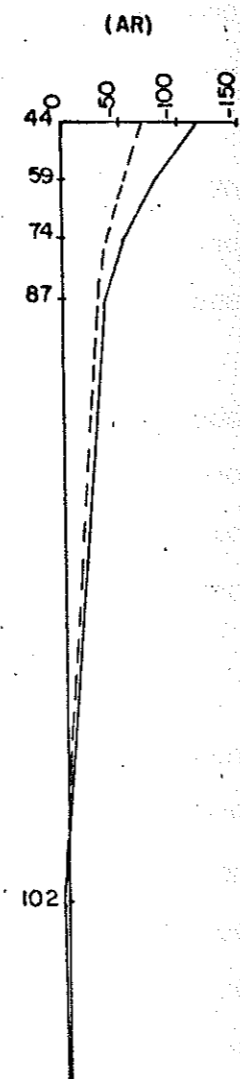


FIG.VI 9.3.7 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm)NA CASCA ①

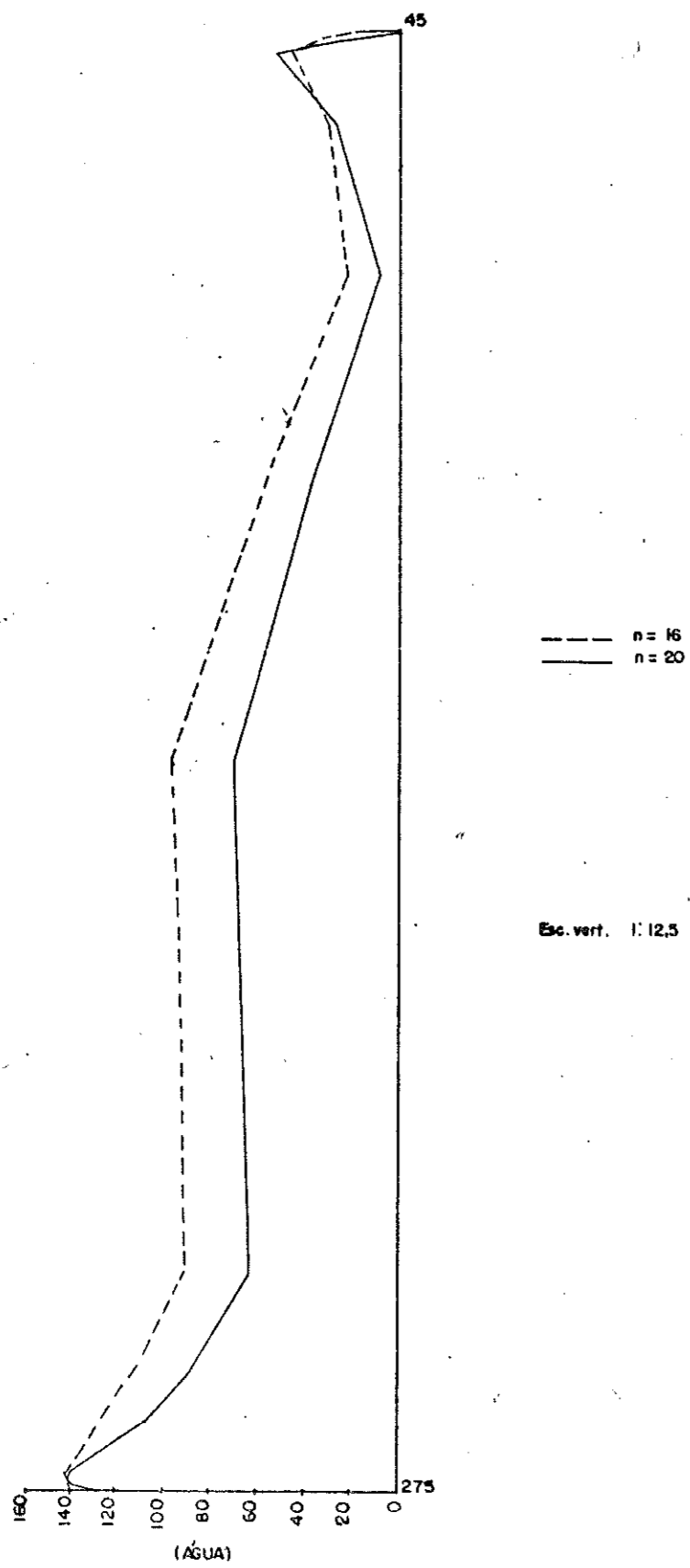


FIG.VI 9.3.8 -MOMENTO M_y (kgf/cm/cm) NA CASCA ①

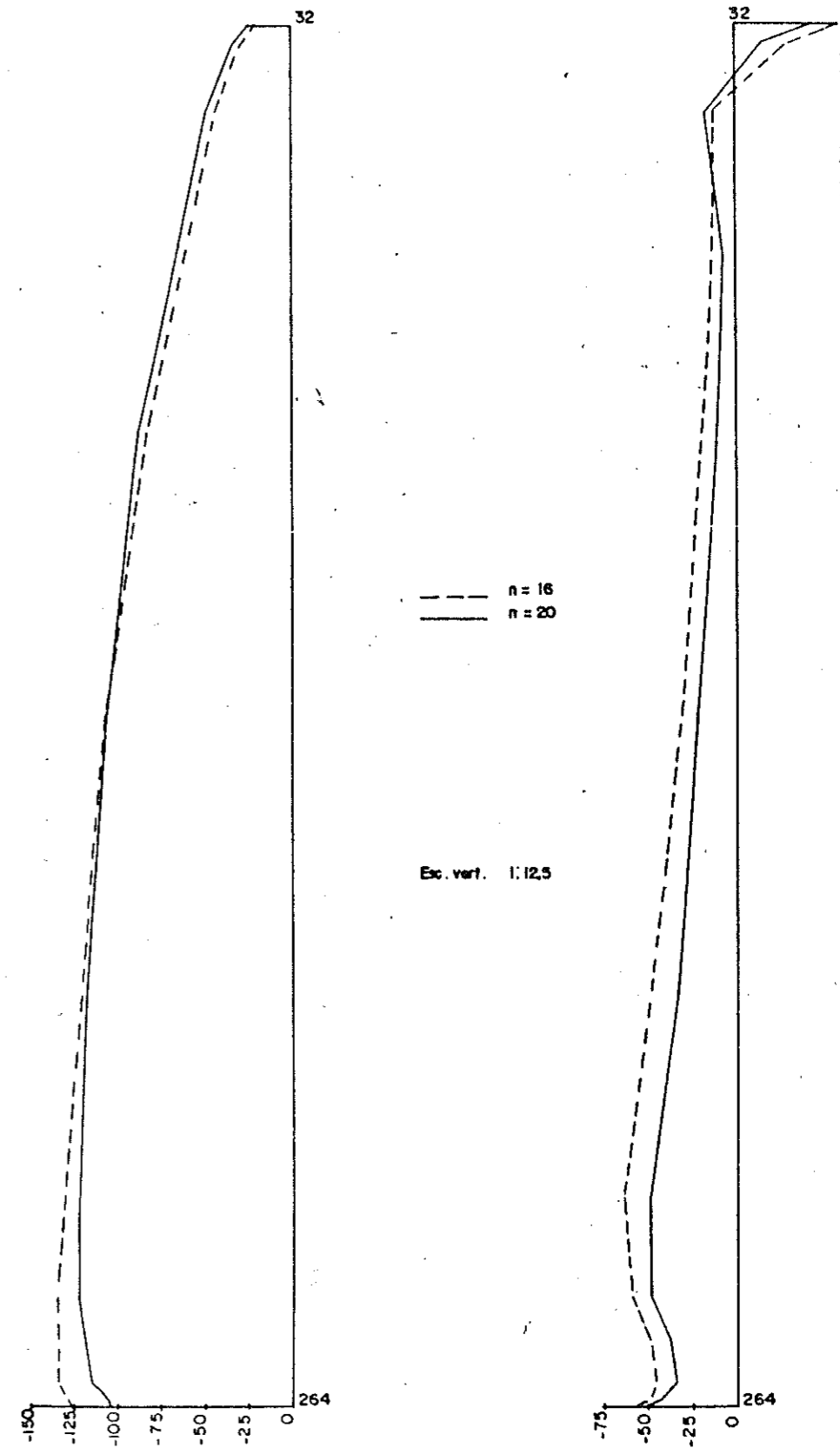
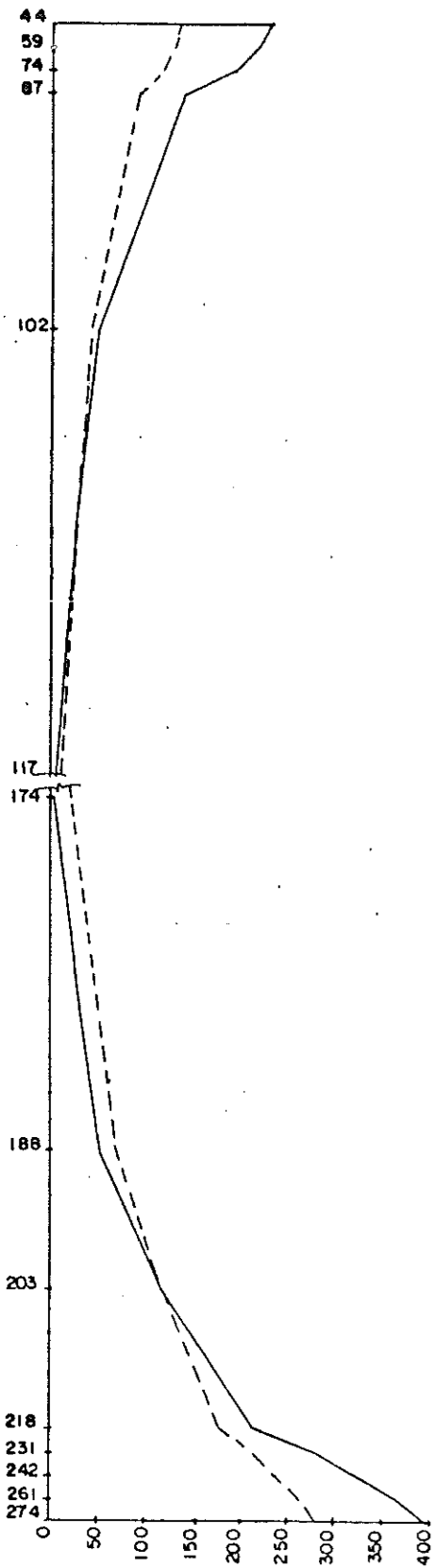


FIG.VI 9.3.9 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 9.3.10 -NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①



--- n = 16
 — n = 20

FIG.VI 9.3.11 -NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

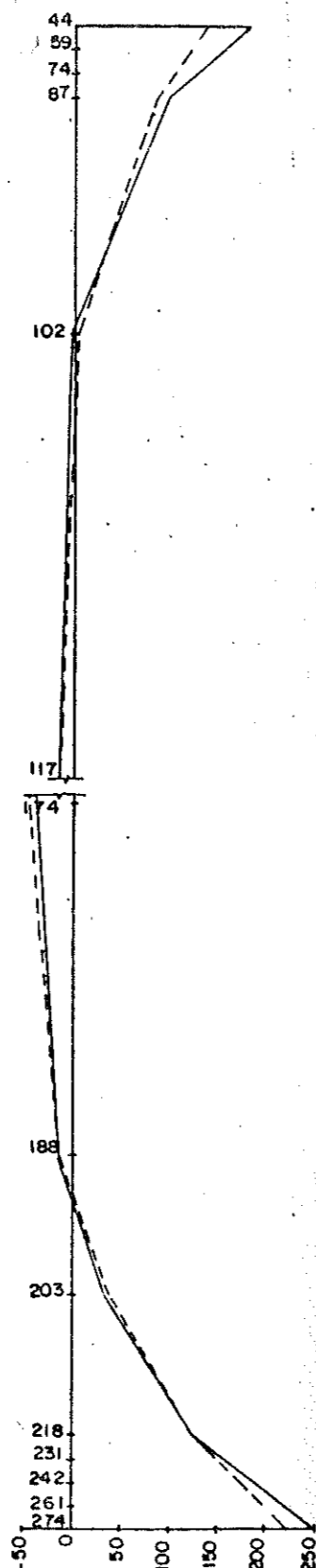
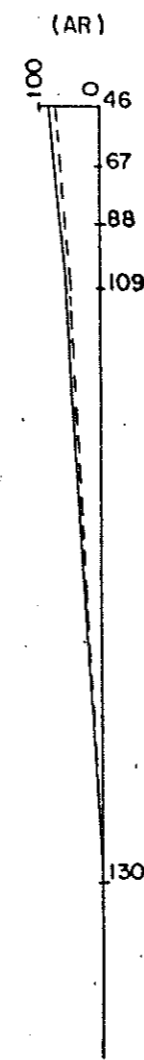


FIG.VI 9.3.12 -NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①



--- n = 16
 — n = 20

FIG.VI 9.3.13 -MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

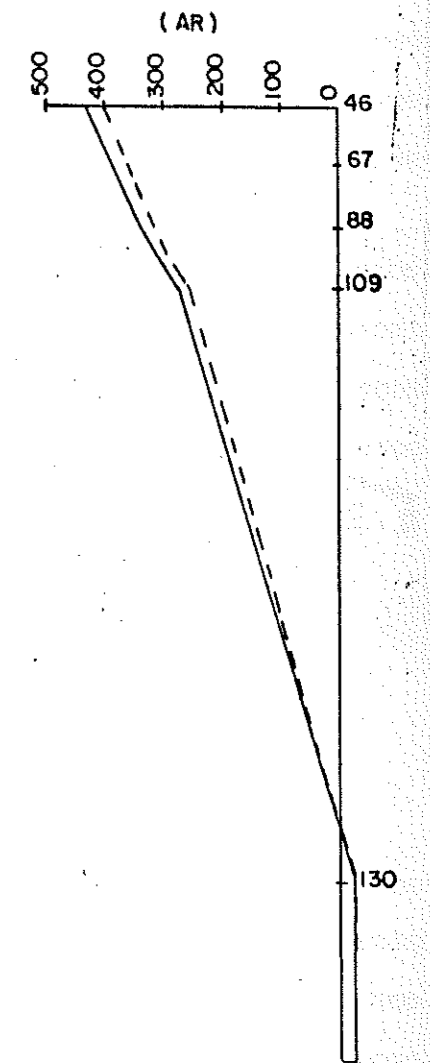


FIG.VI 9.3.14 -MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.10 - Exemplos comparativos para reservatórios com $h_f = 40\text{ cm}$
e $n = 20$

VI.10.1 - Com viga 15/10 e $e_c = 4\text{ cm}$ e $e_c = 6\text{ cm}$

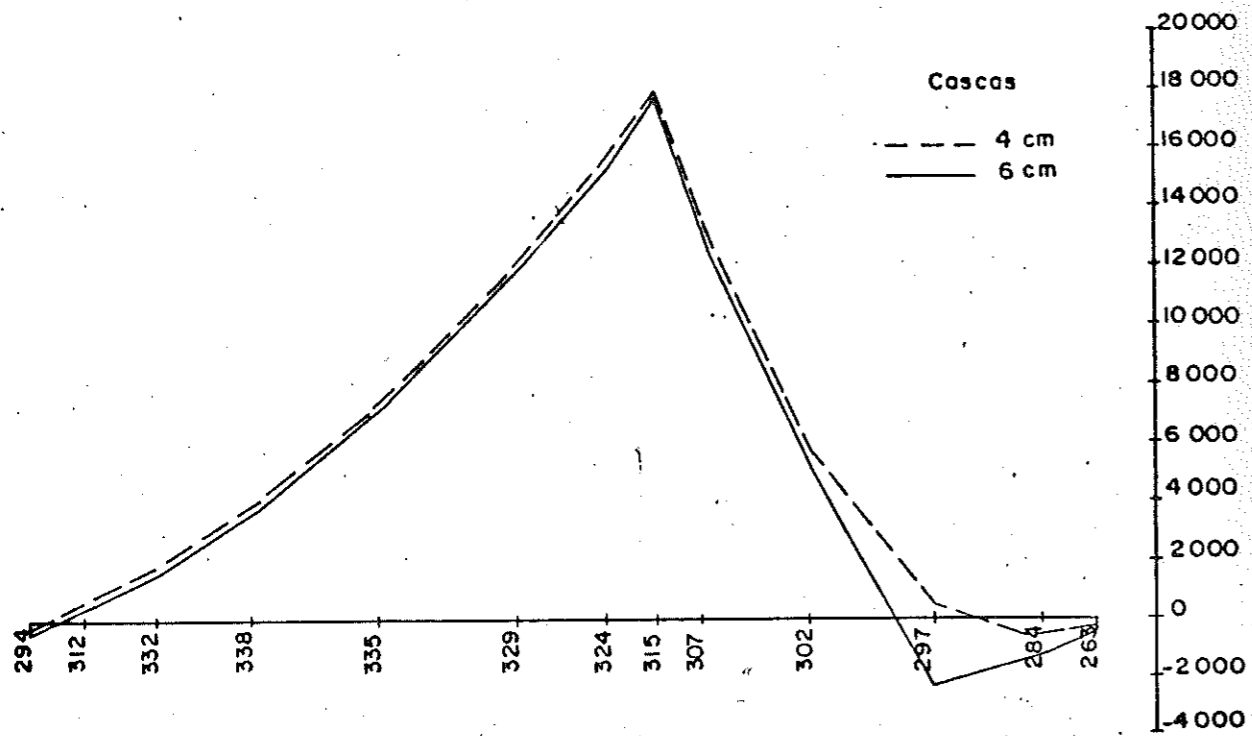


FIG. VI 10.1.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

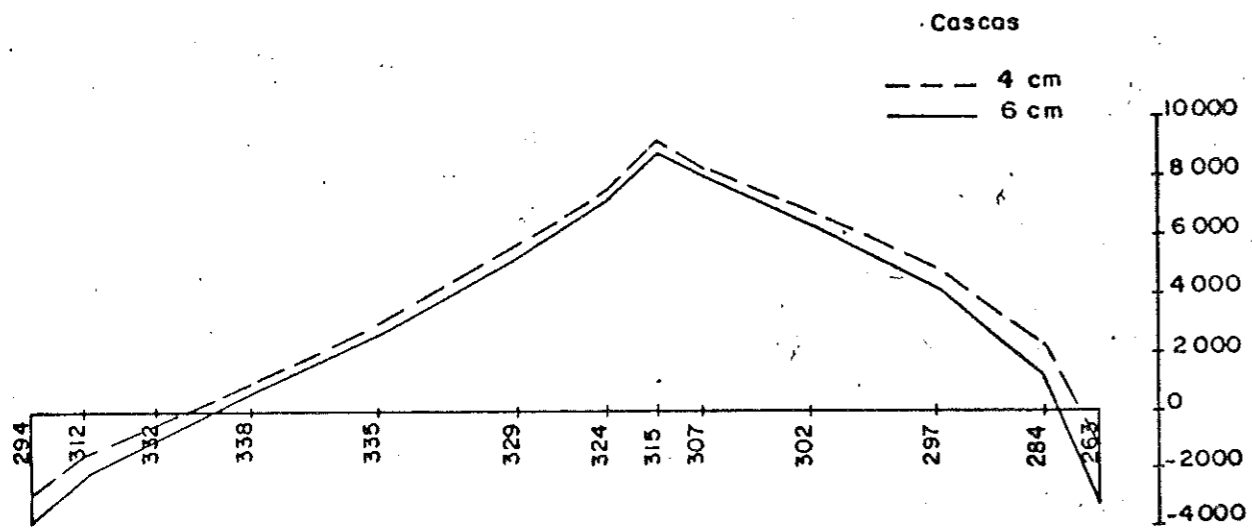


FIG. VI 10.1.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

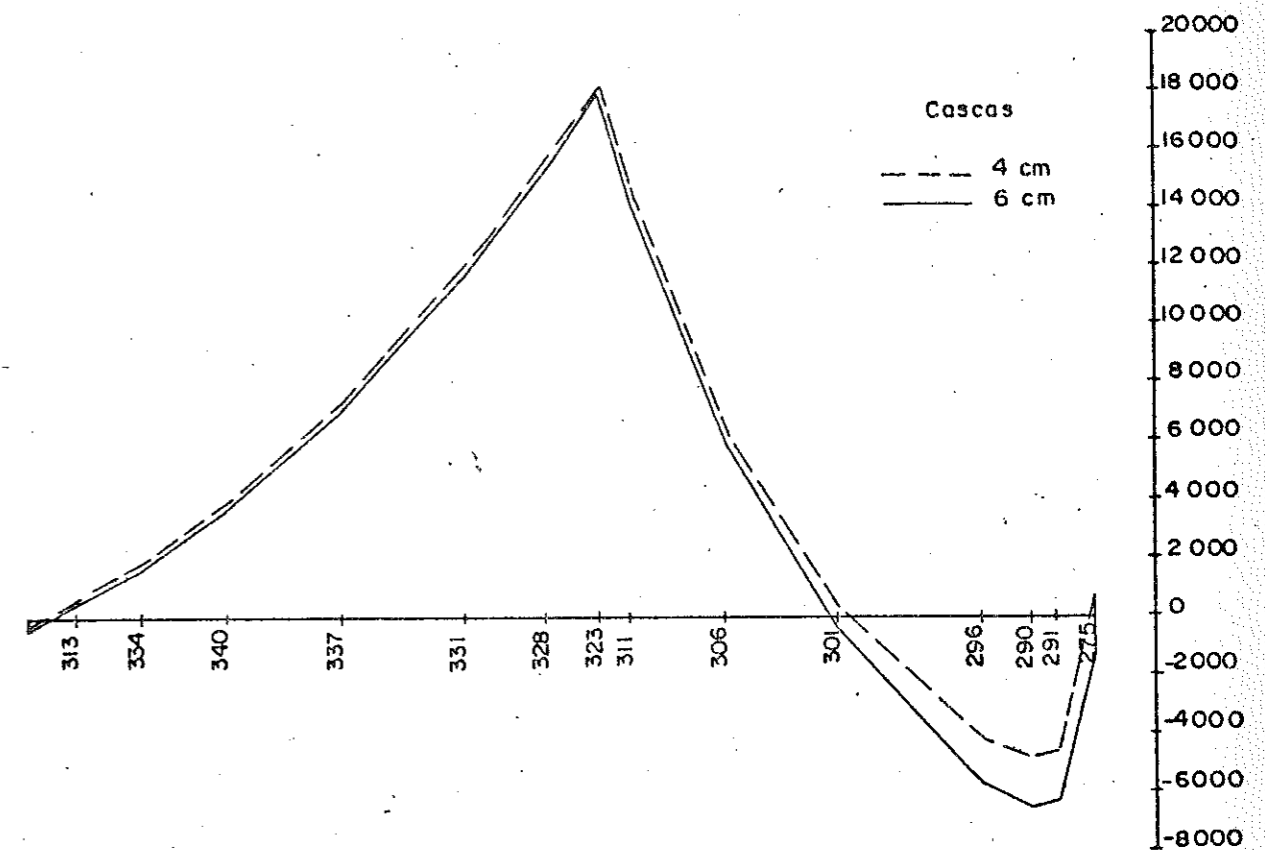


FIG. VI 10.1.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

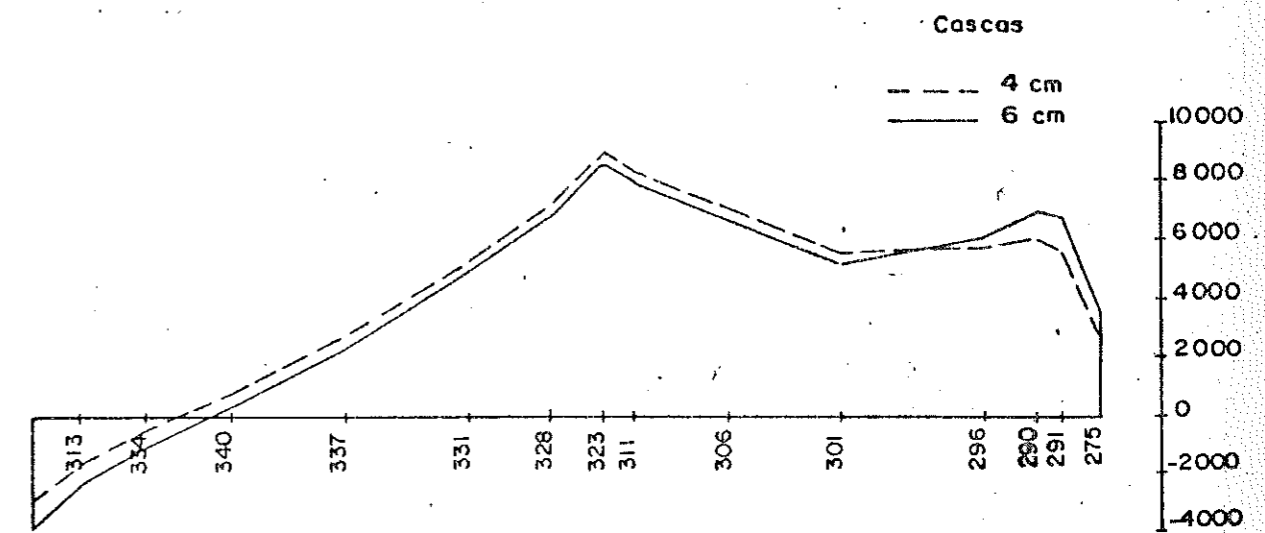


FIG. VI 10.1.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

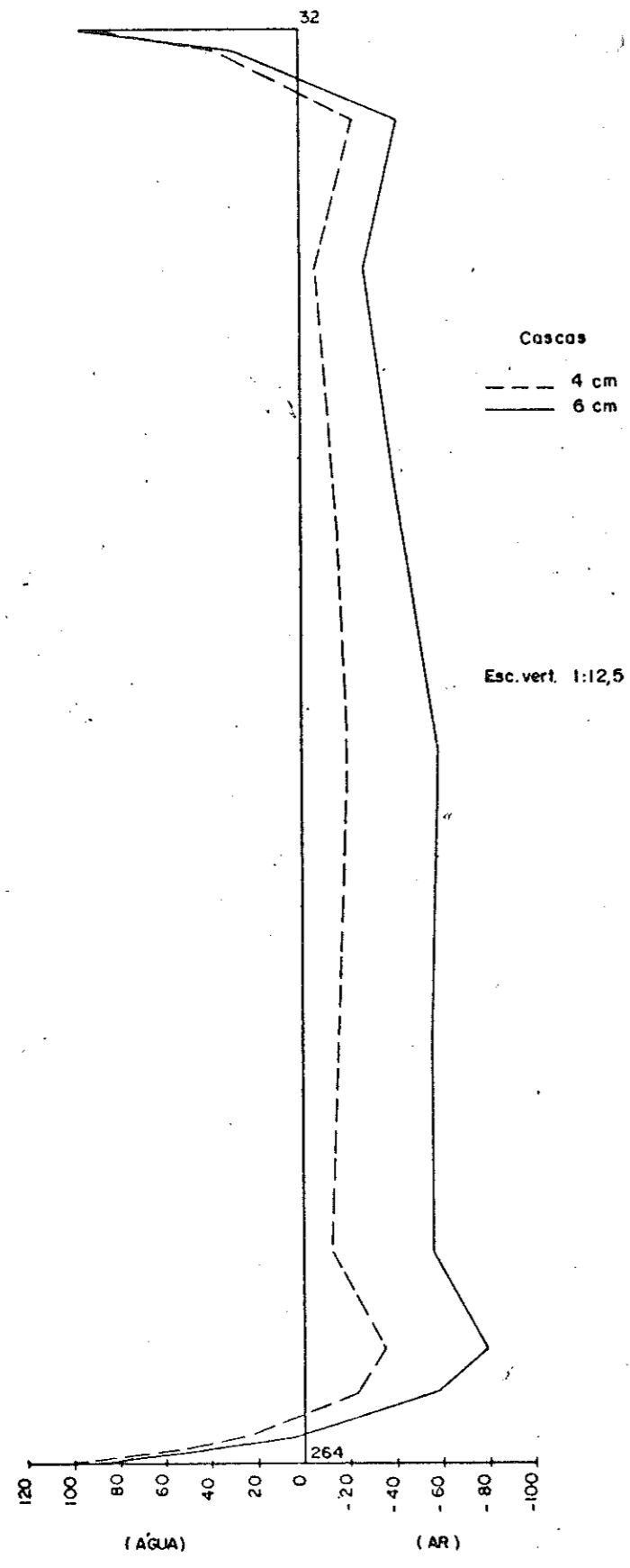


FIG. VI 10.1.5- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

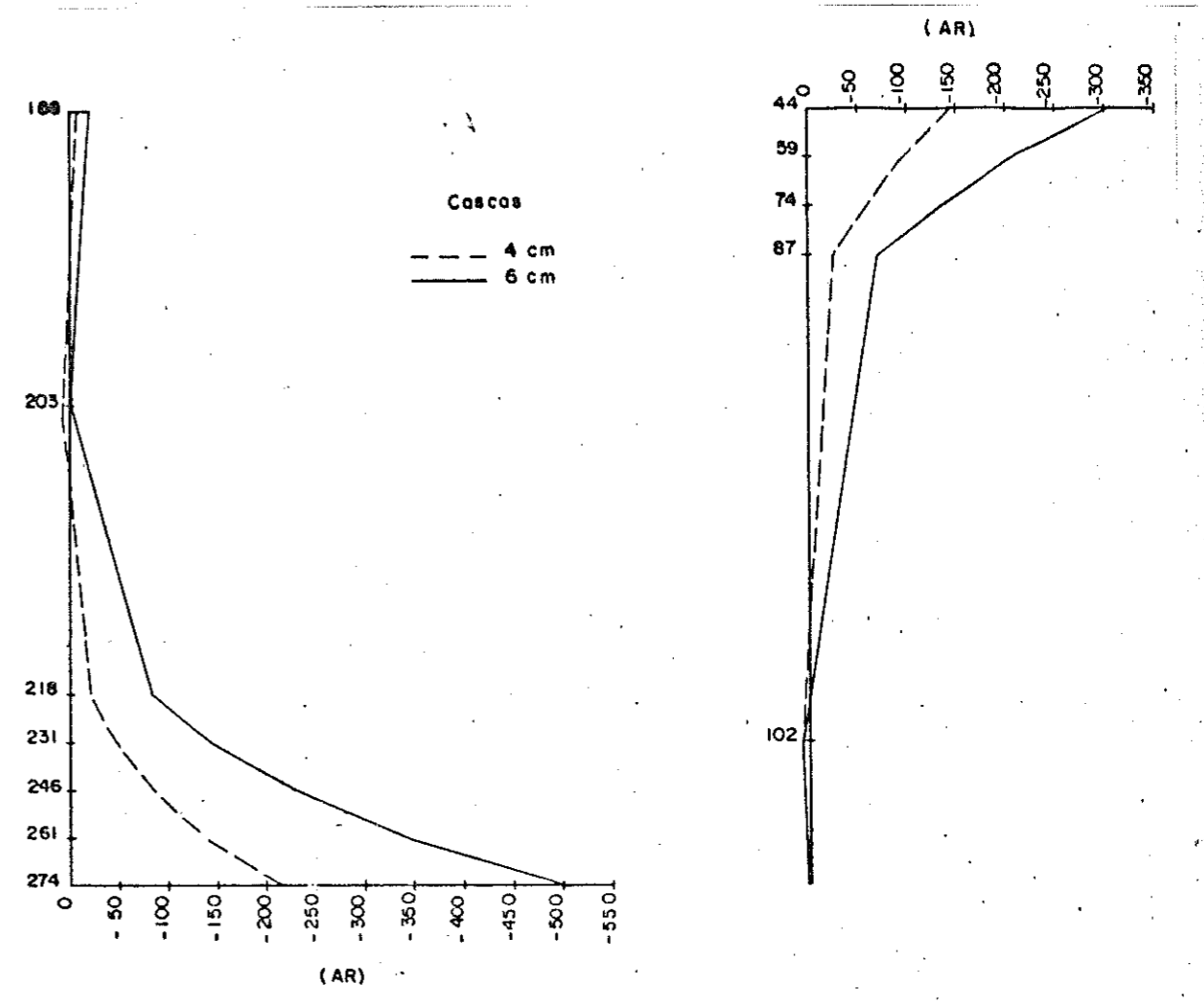


FIG. VI 10.1.6- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

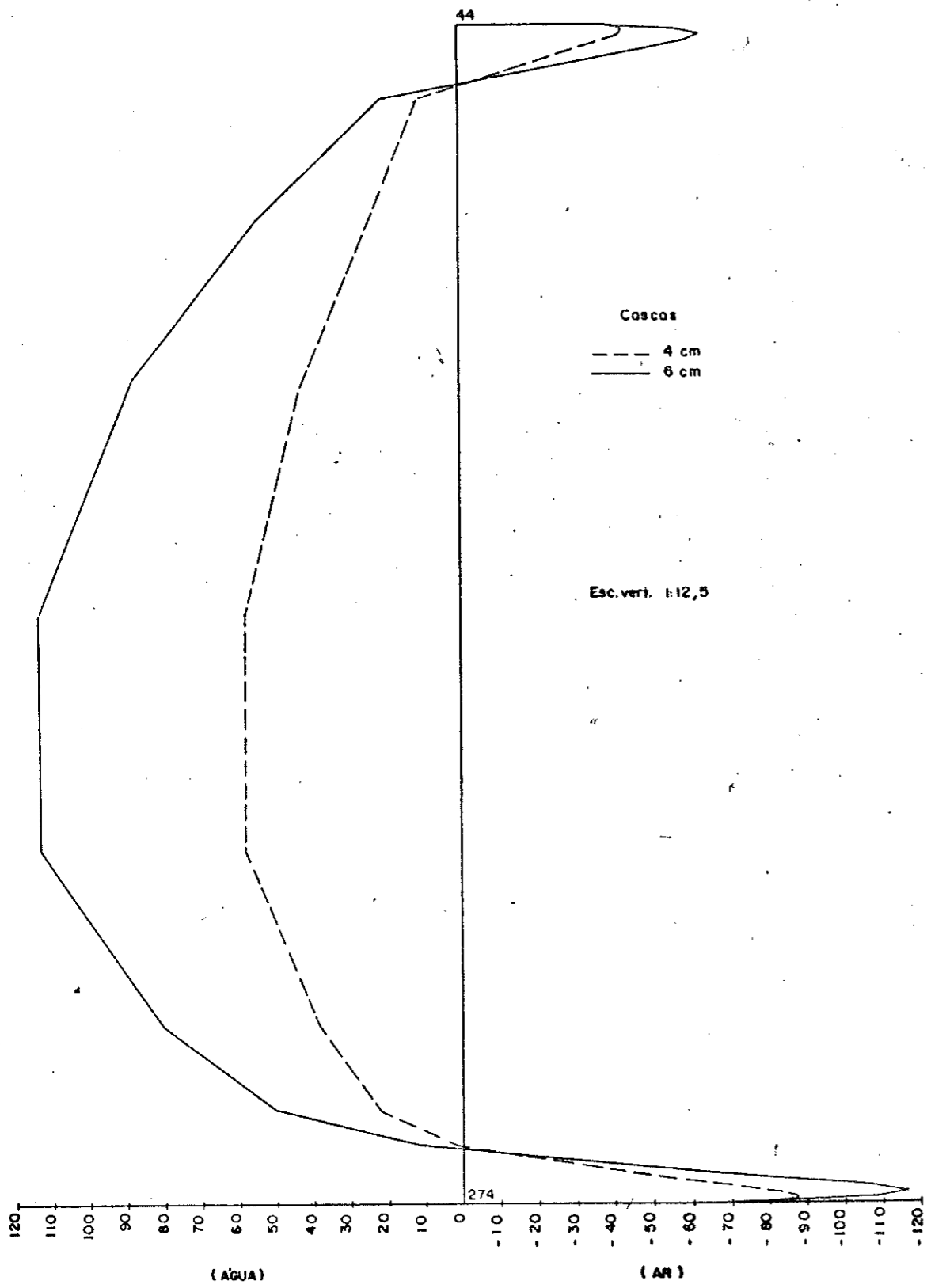


FIG.VI 10.1.7- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

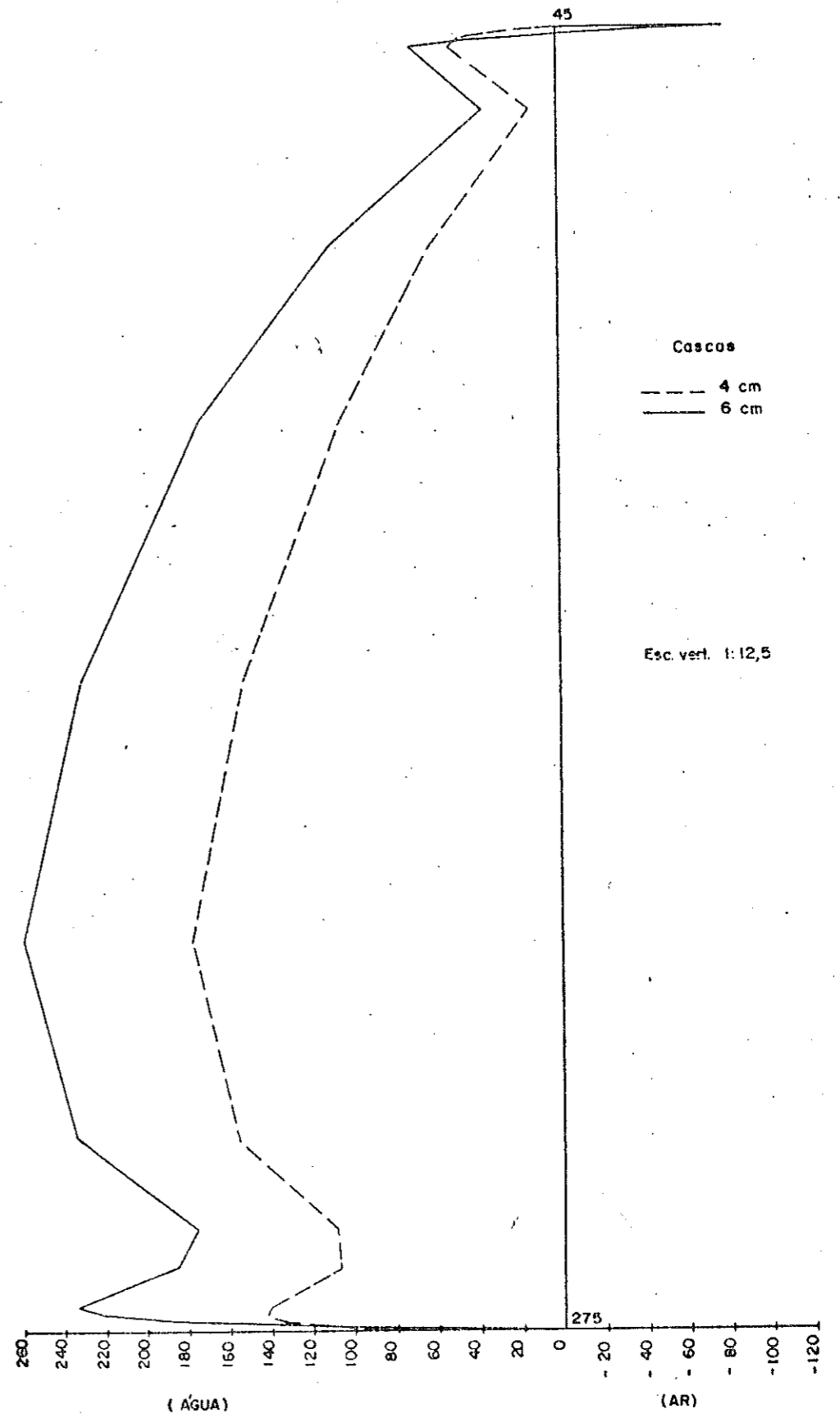


FIG.VI 10.1.8- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

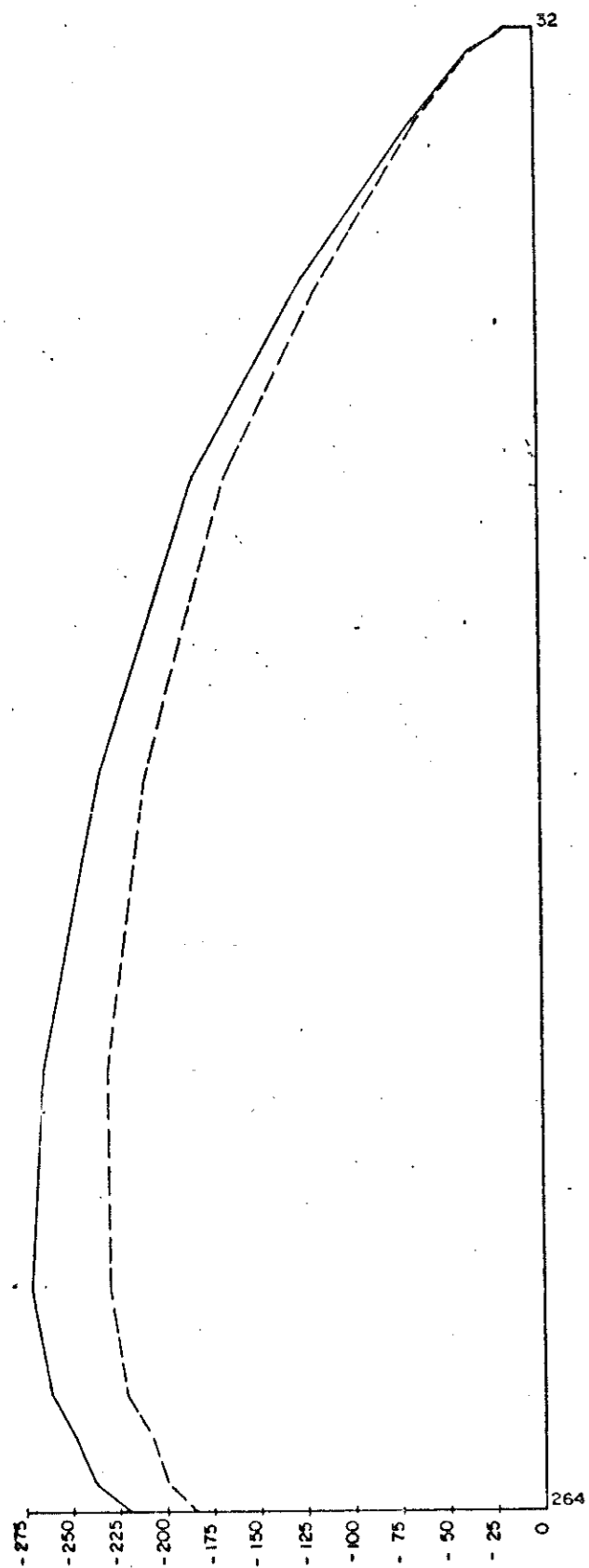


FIG.VI 10.1.9 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

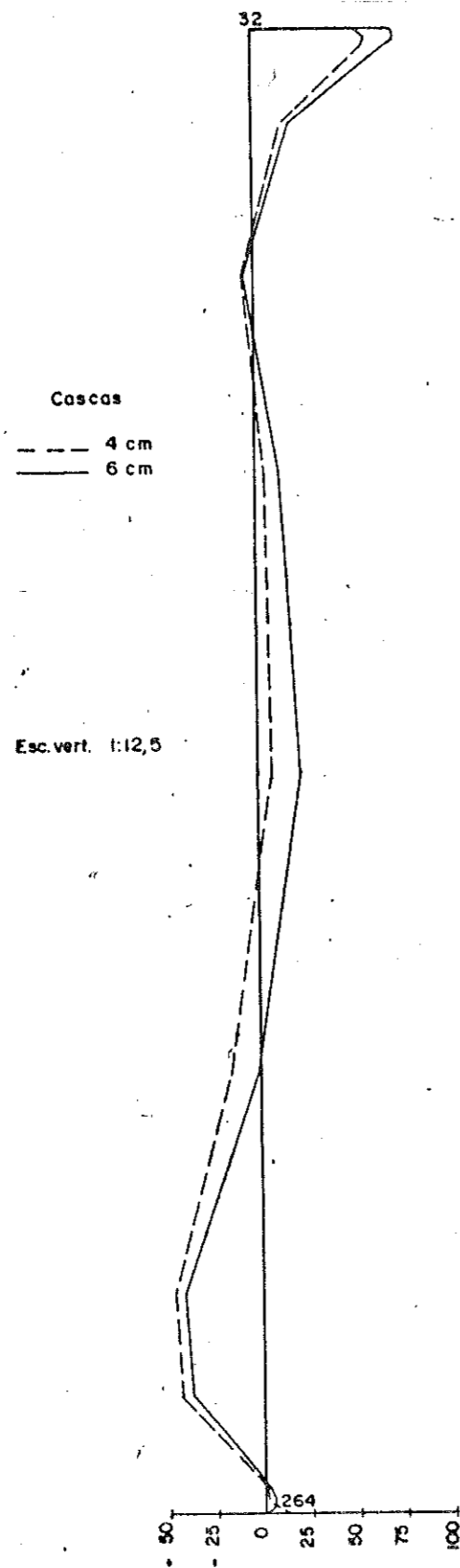


FIG.VI 10.1.10- NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

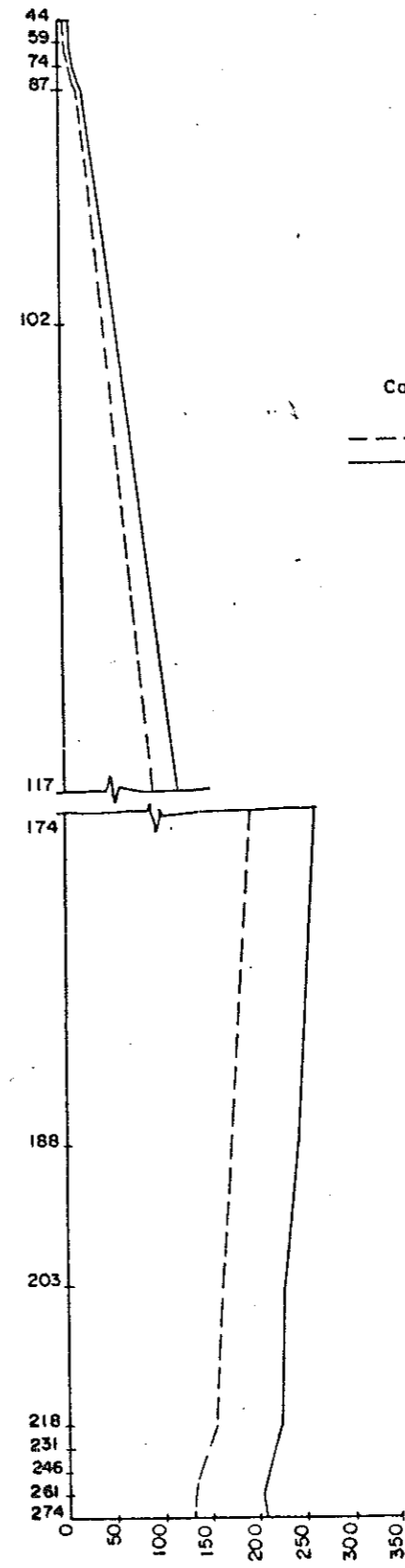


FIG.VI 10.1.11 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

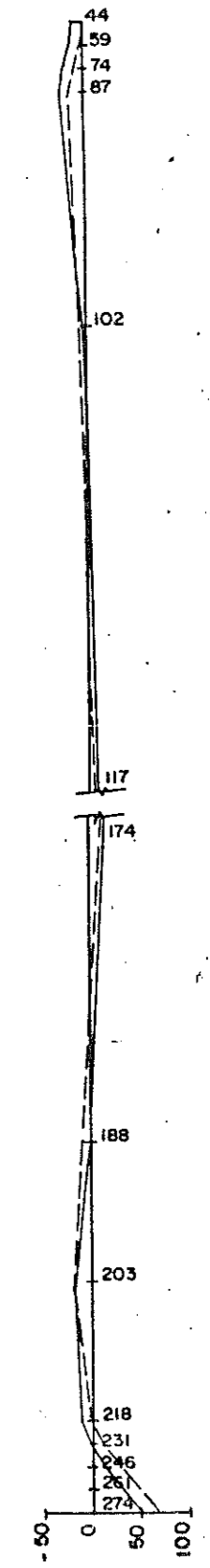


FIG.VI 10.1.12- NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

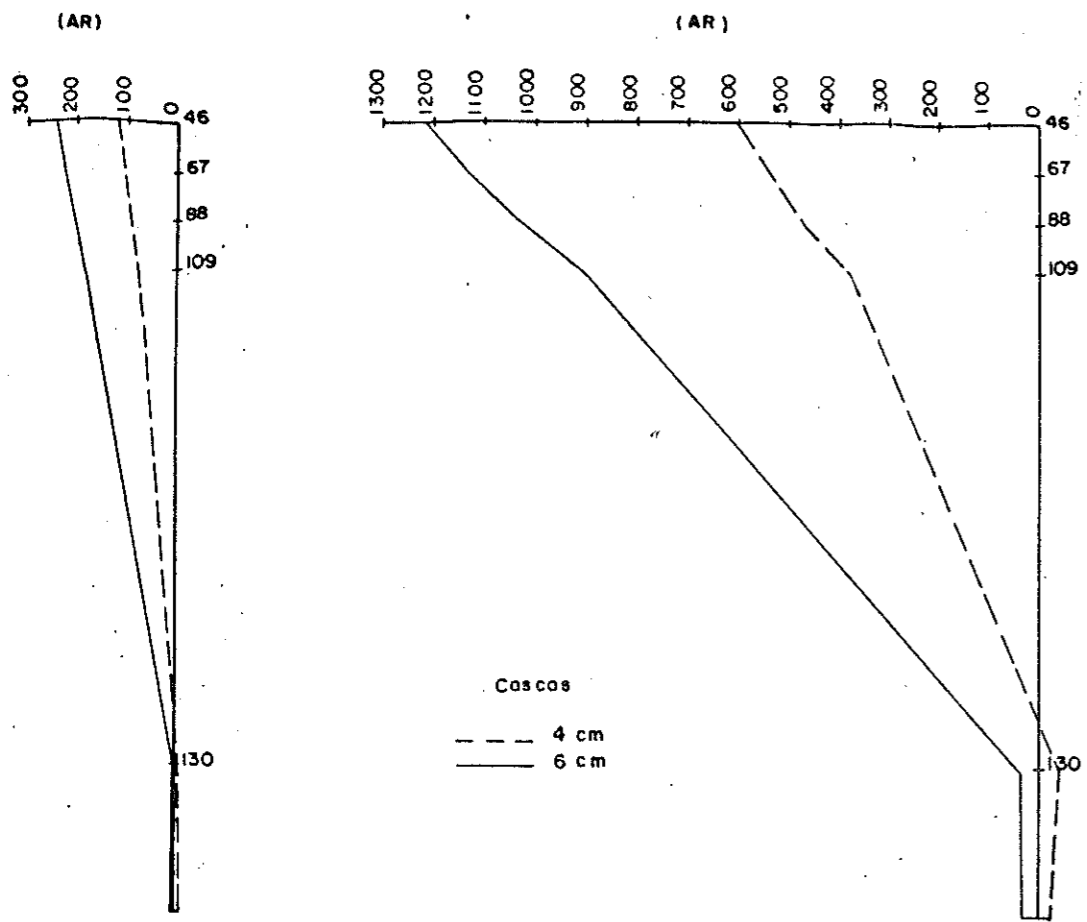


FIG. VI 10.1.13- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

FIG. VI 10.1.14- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.10.2 - Com viga 25/20 e $e_c = 4\text{cm}$ e $e_c = 6\text{cm}$

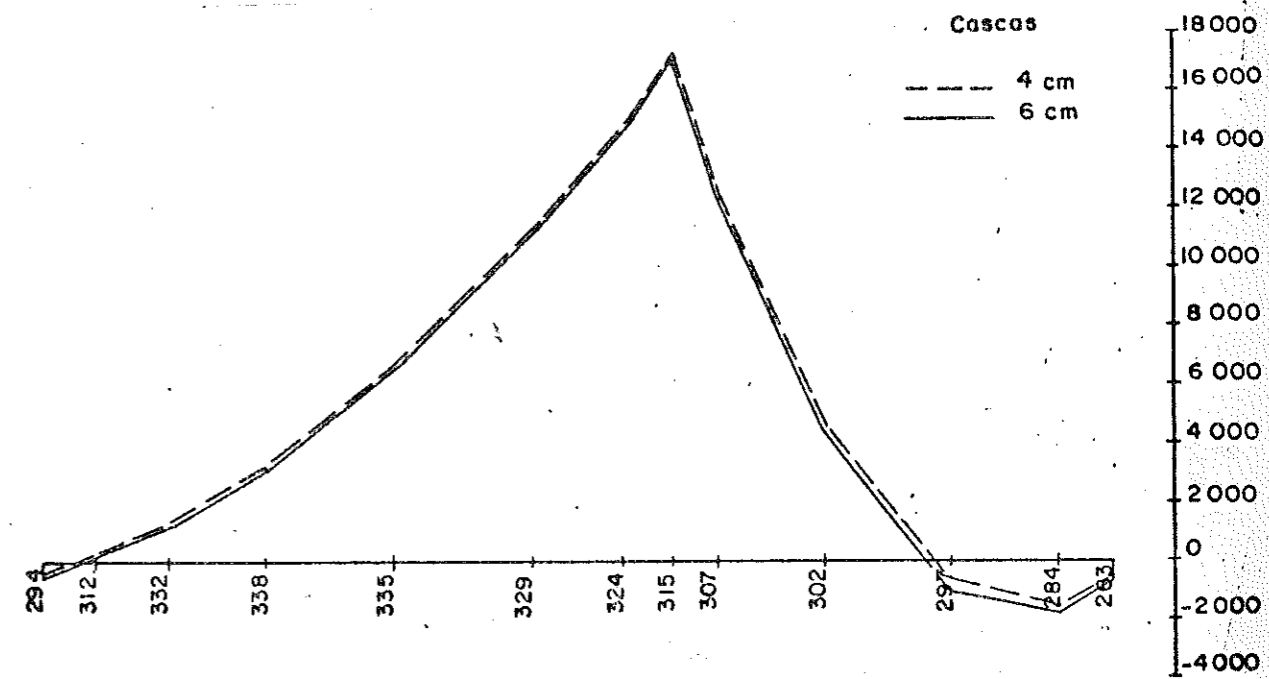


FIG. VI 10.2.1- MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

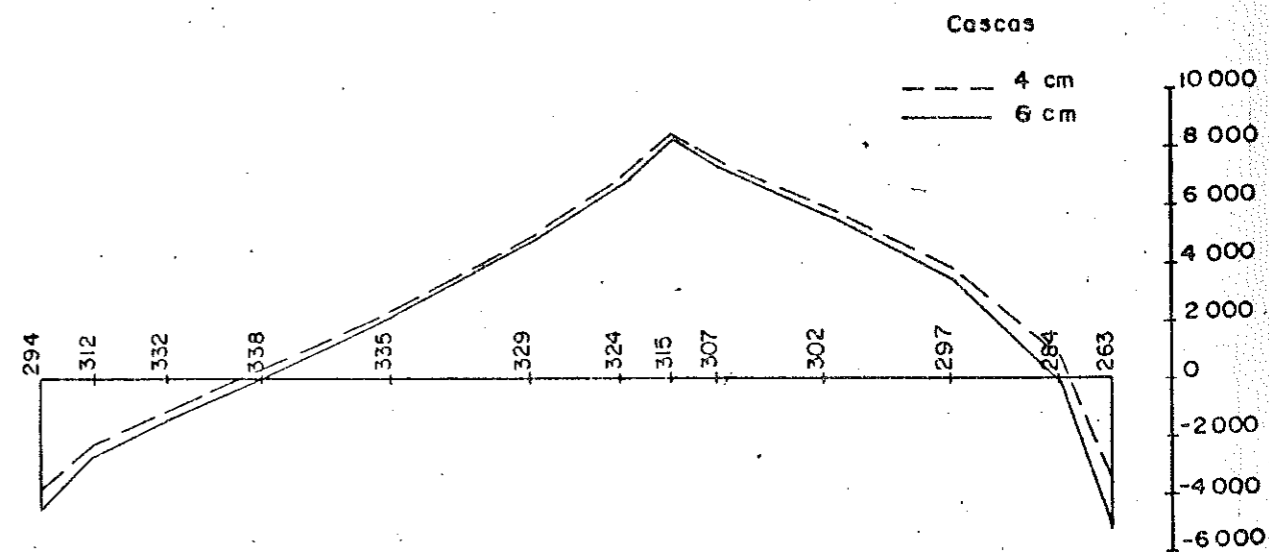


FIG. VI 10.2.2- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

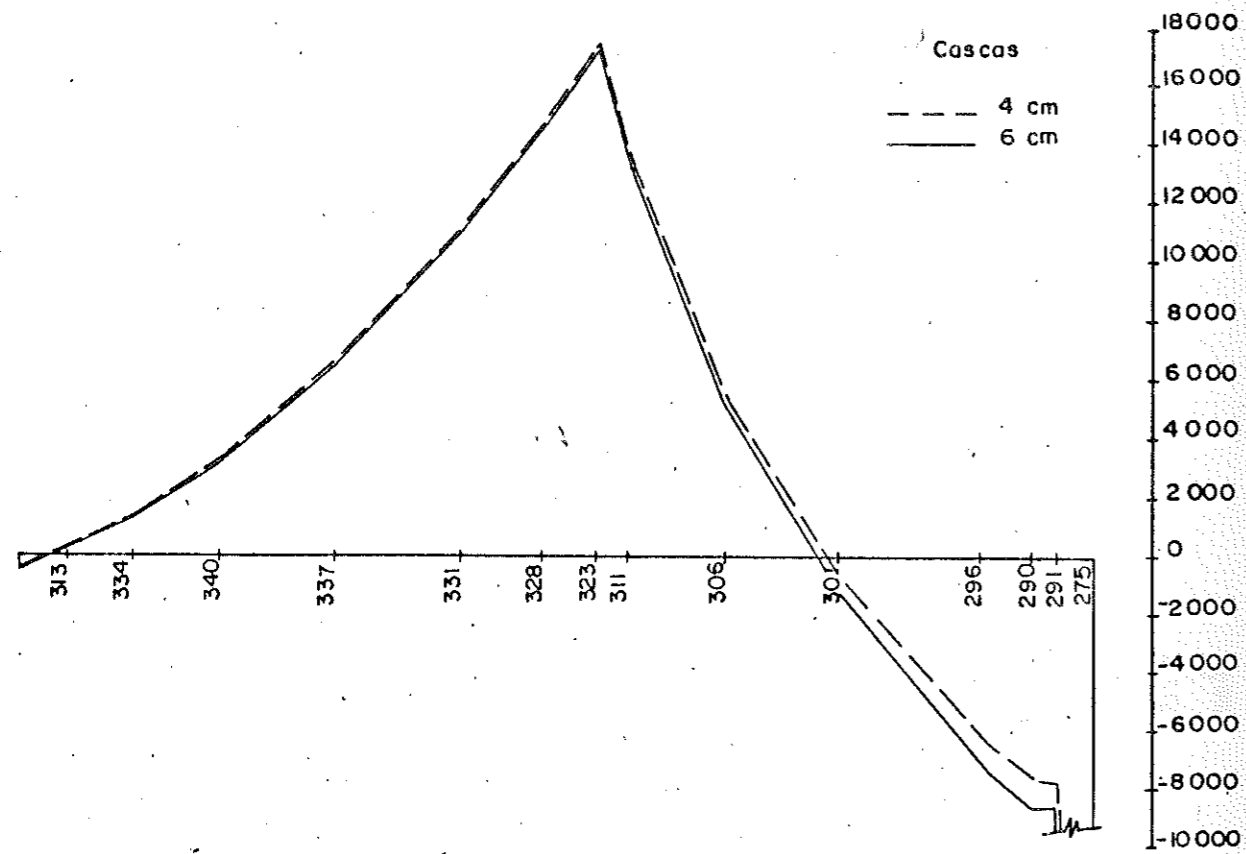


FIG. VI 10.2.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

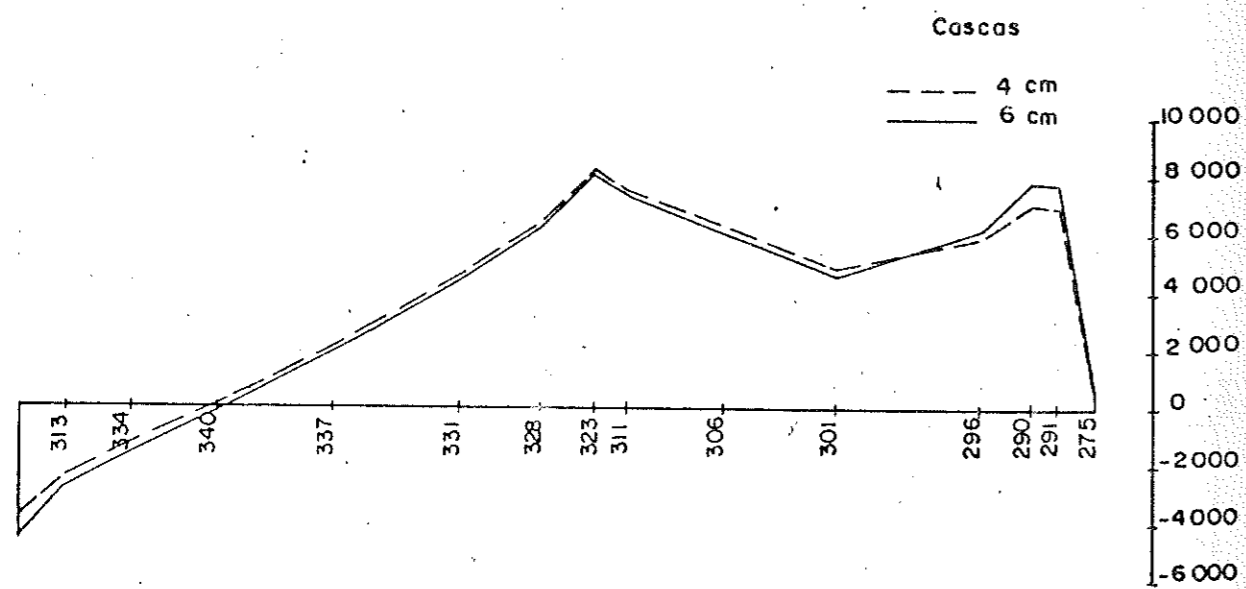


FIG. VI 10.2.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

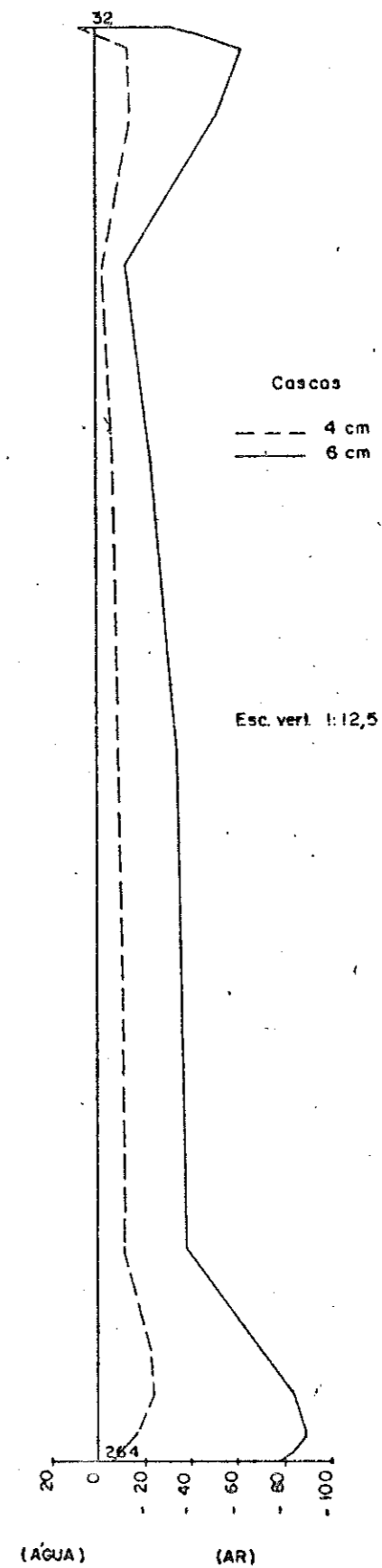


FIG. VI 10.2.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA (1)

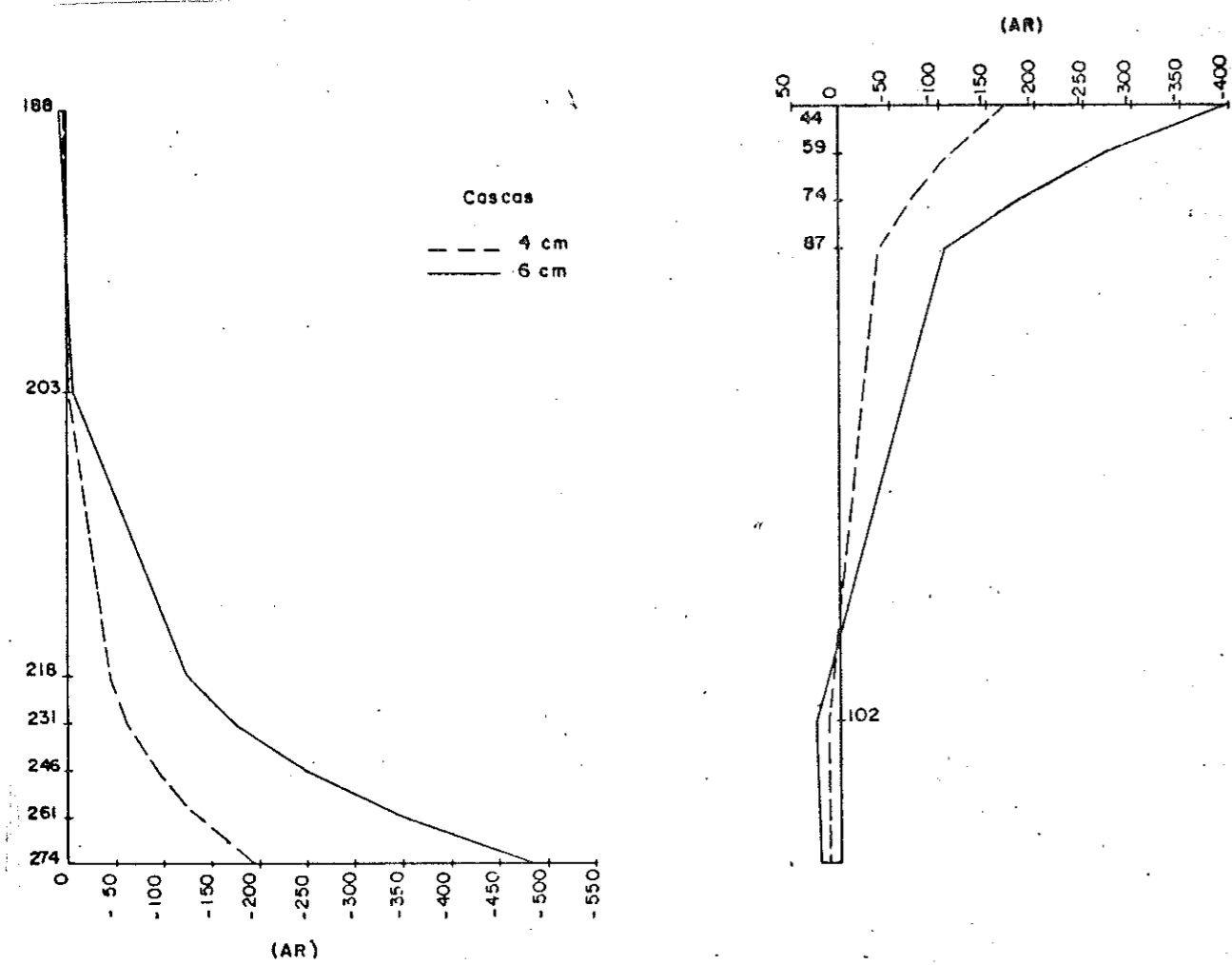


FIG. VI 10.2.6- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA (1)

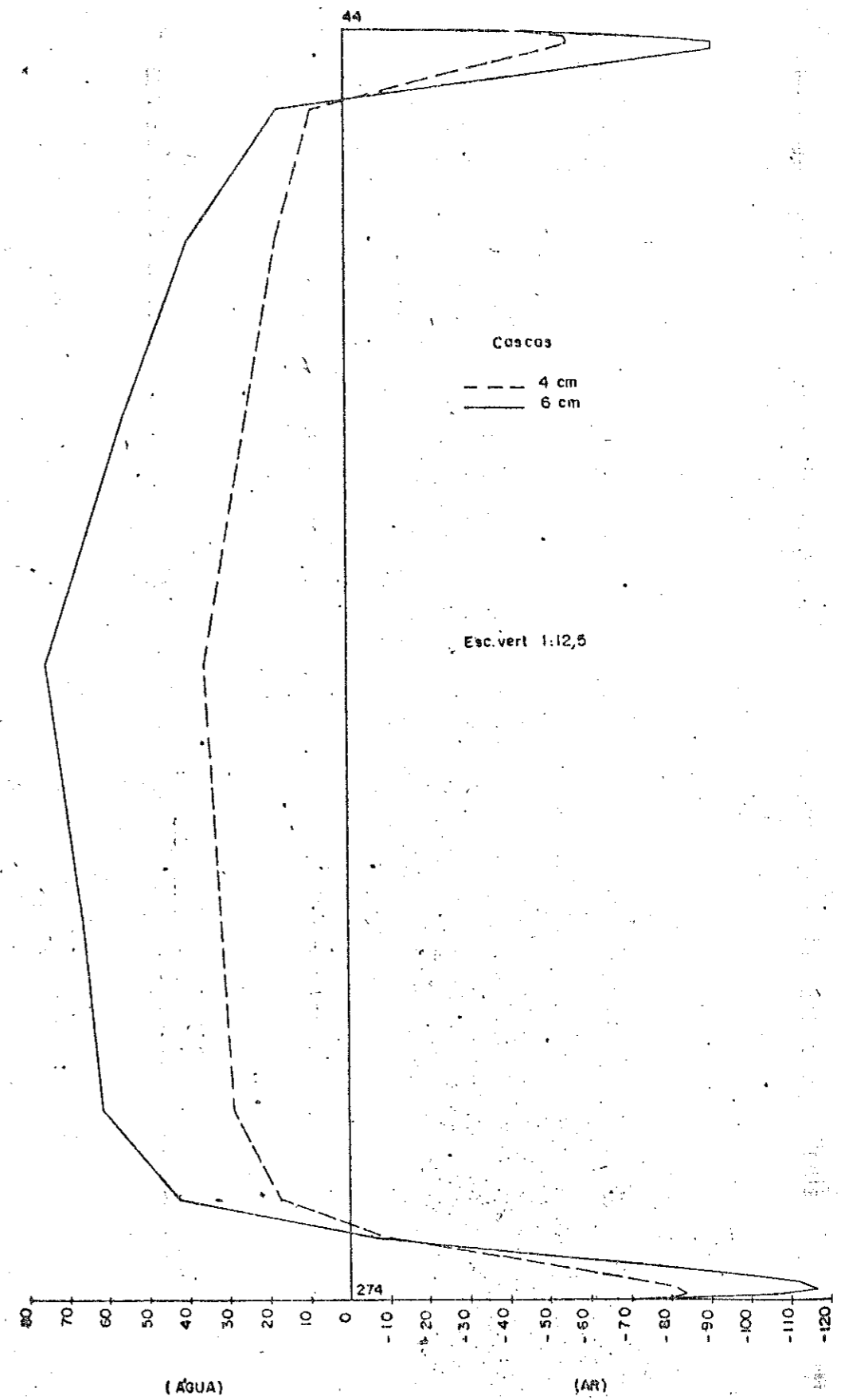


FIG. VI 10.2.7- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA (1)

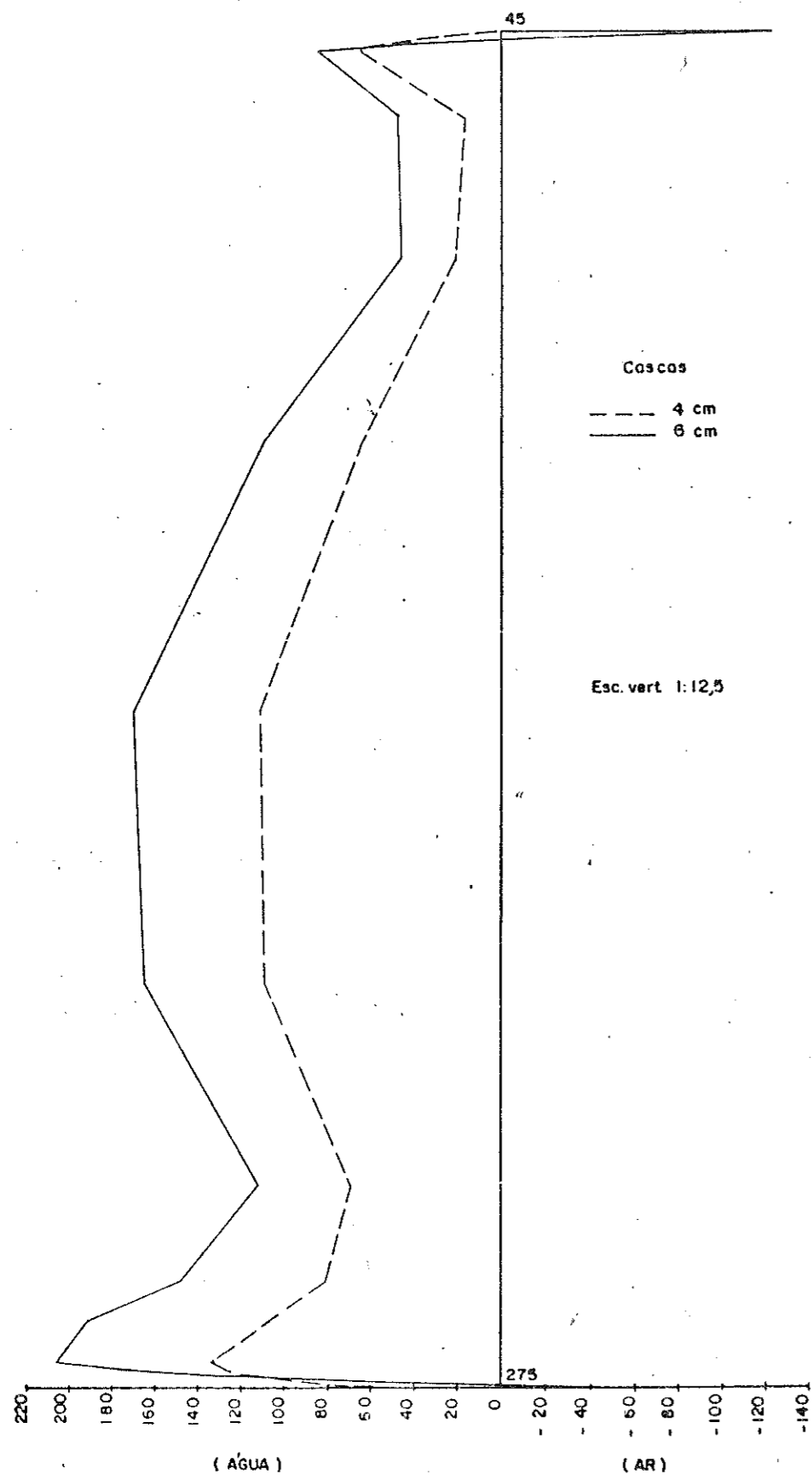


FIG.VI 10.2.8- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

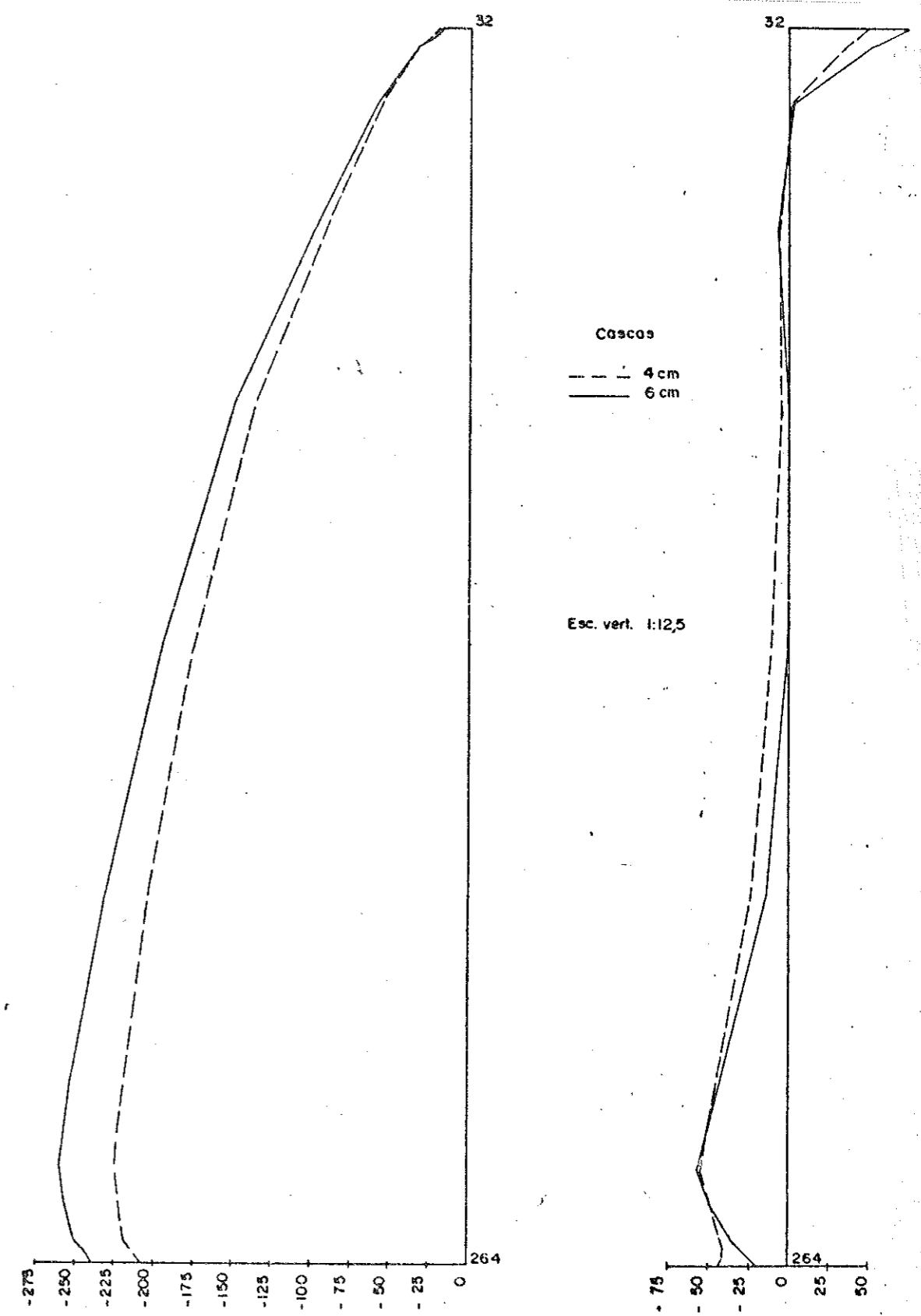


FIG.VI 10.2.9 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 10.2.10- NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

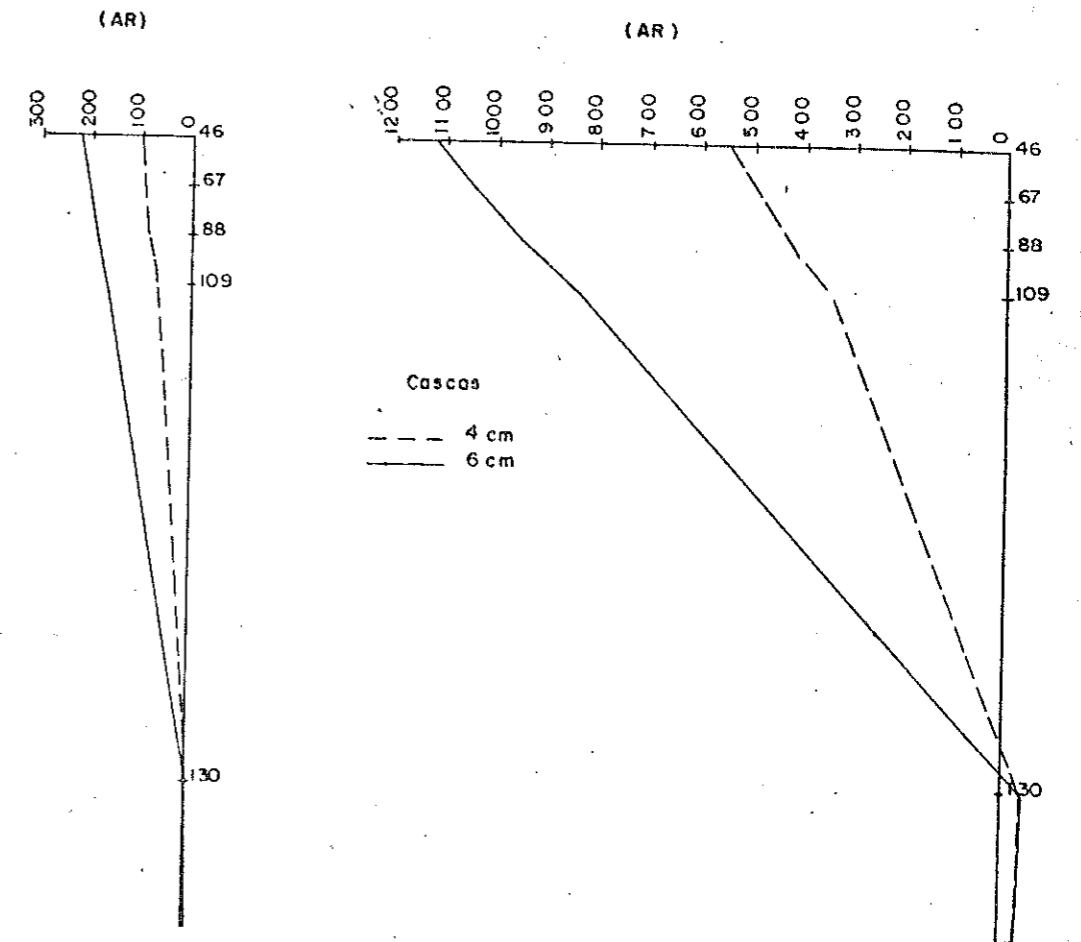
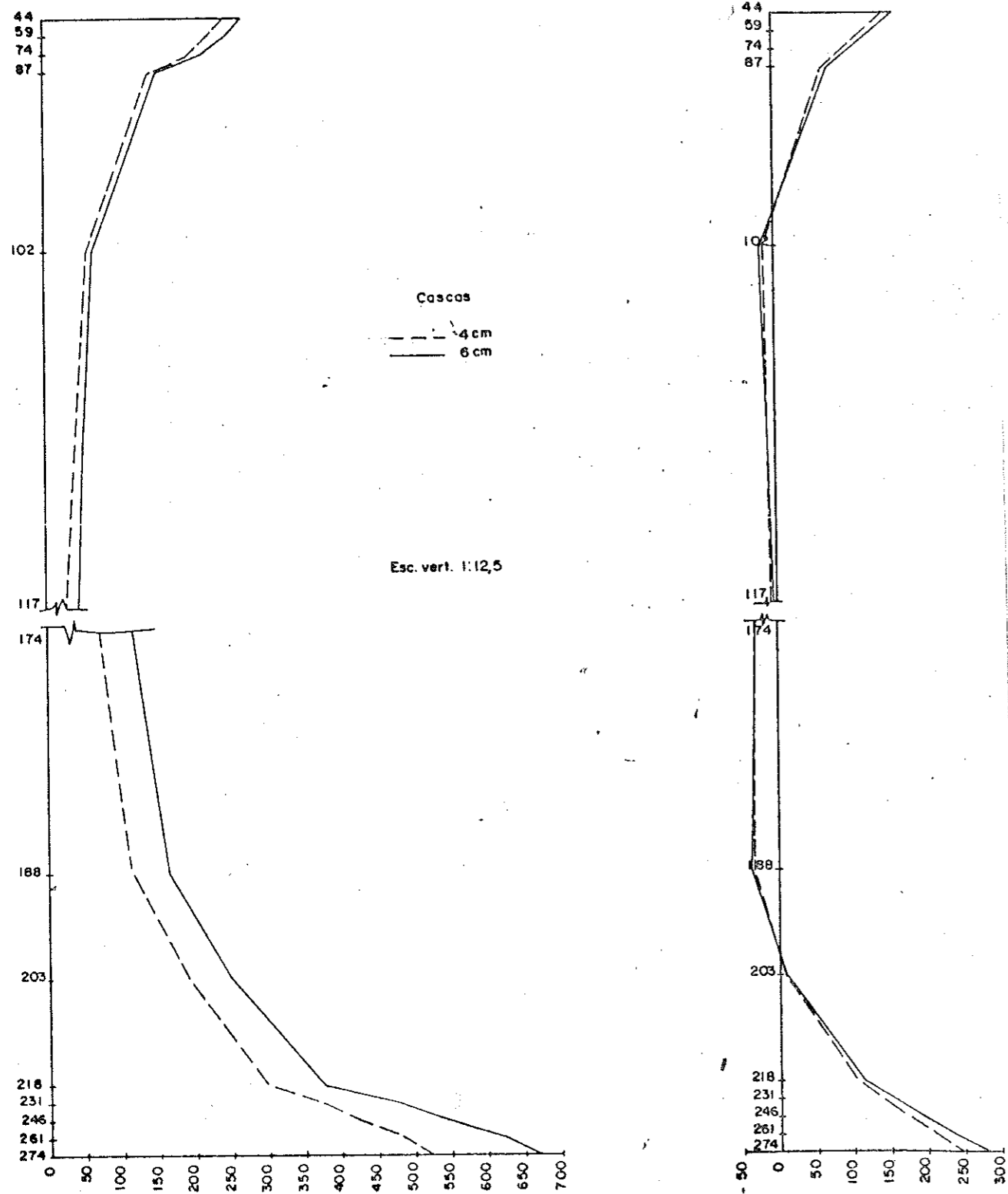


FIG. VI 10.2.11 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG. VI 10.2.12 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG. VI 10.2.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

FIG. VI 10.2.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.10.3 - Com viga 25/40 e $e_c = 4\text{cm}$ e $e_c = 6\text{cm}$

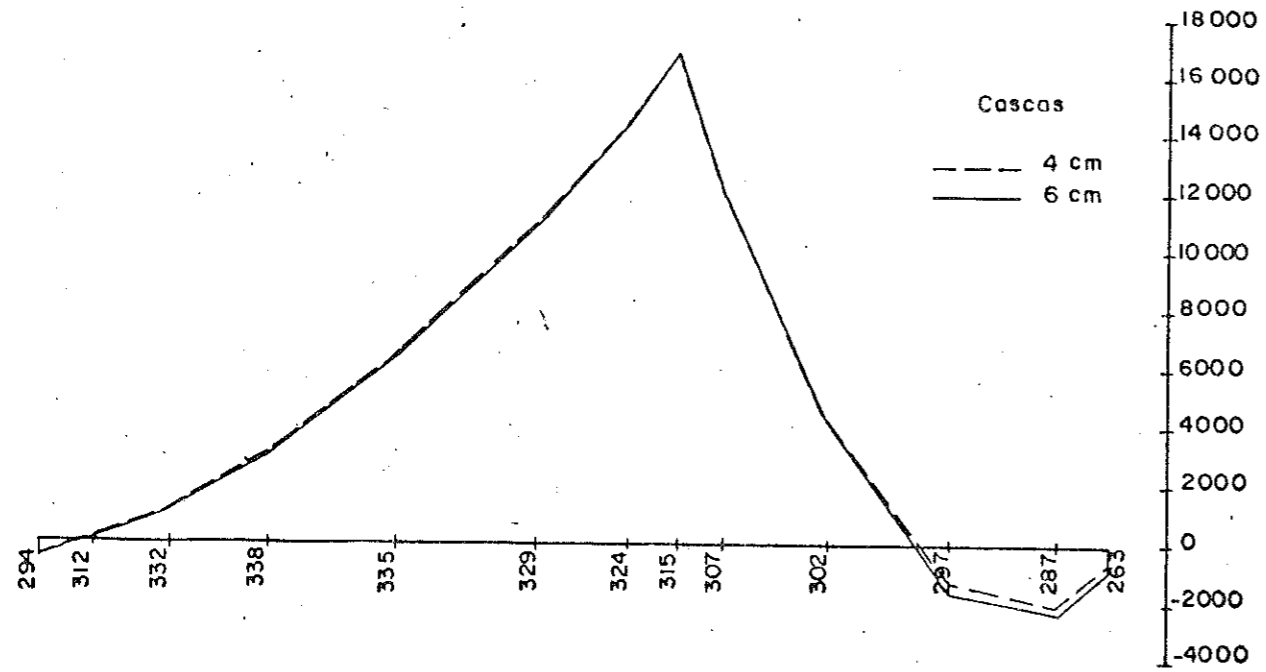


FIG. VI 10.3.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

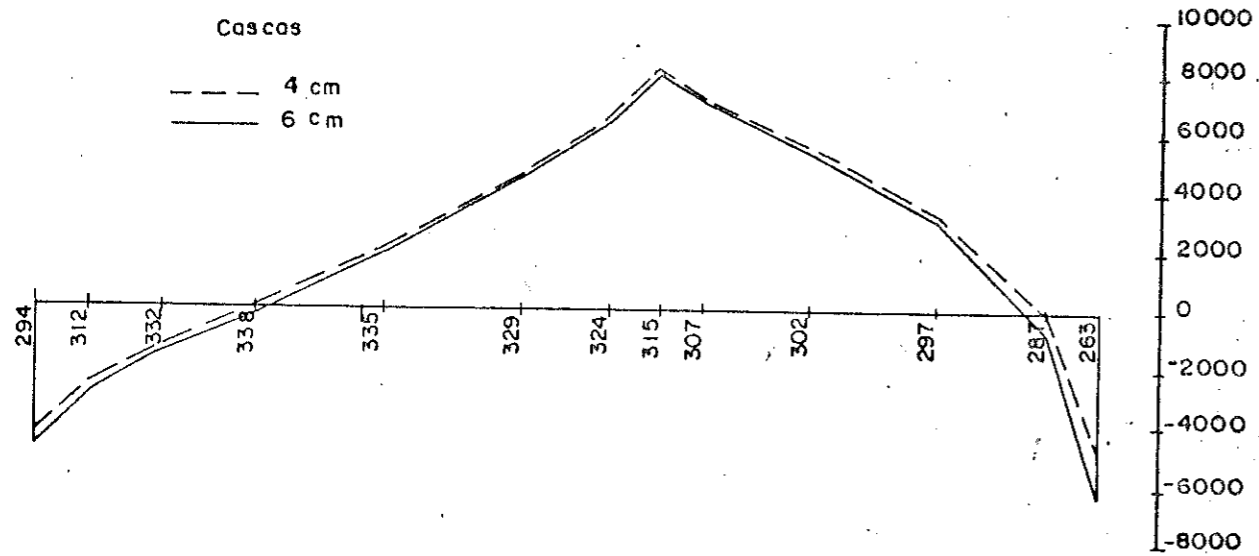


FIG. VI 10.3.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

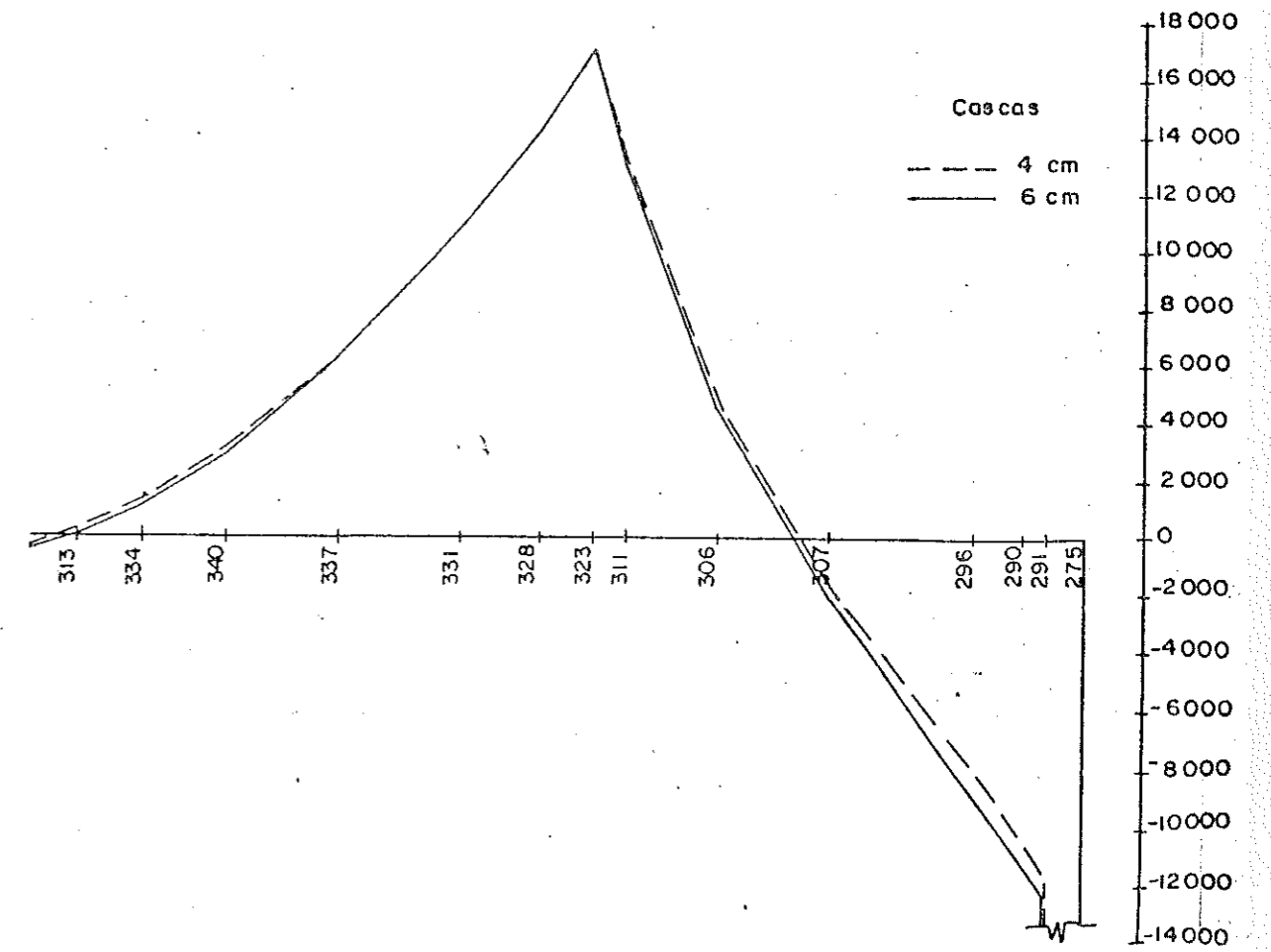


FIG. VI 10.3.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

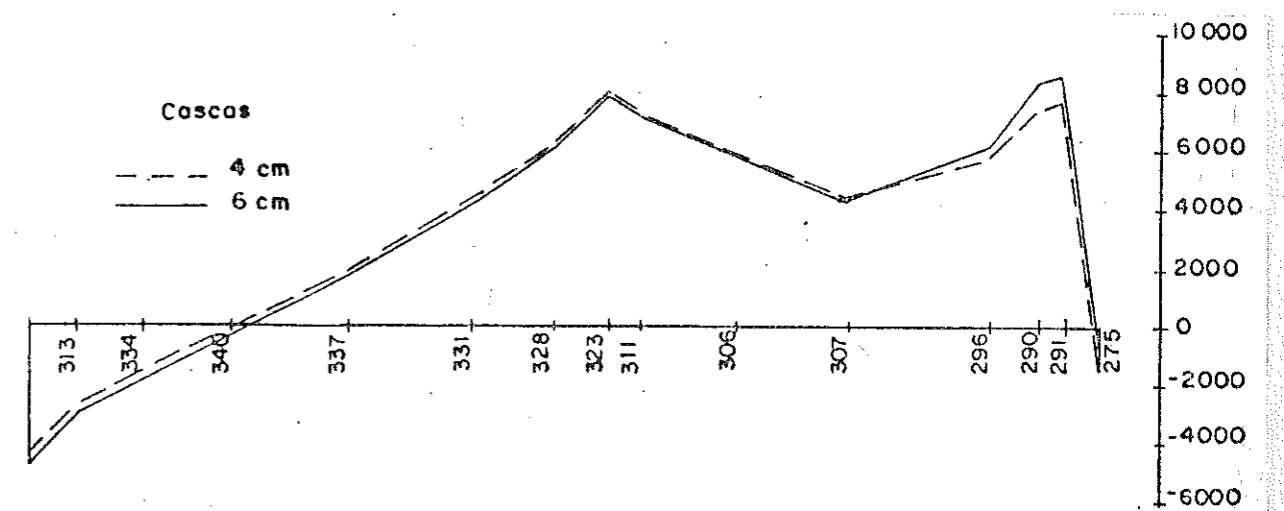


FIG. VI 10.3.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

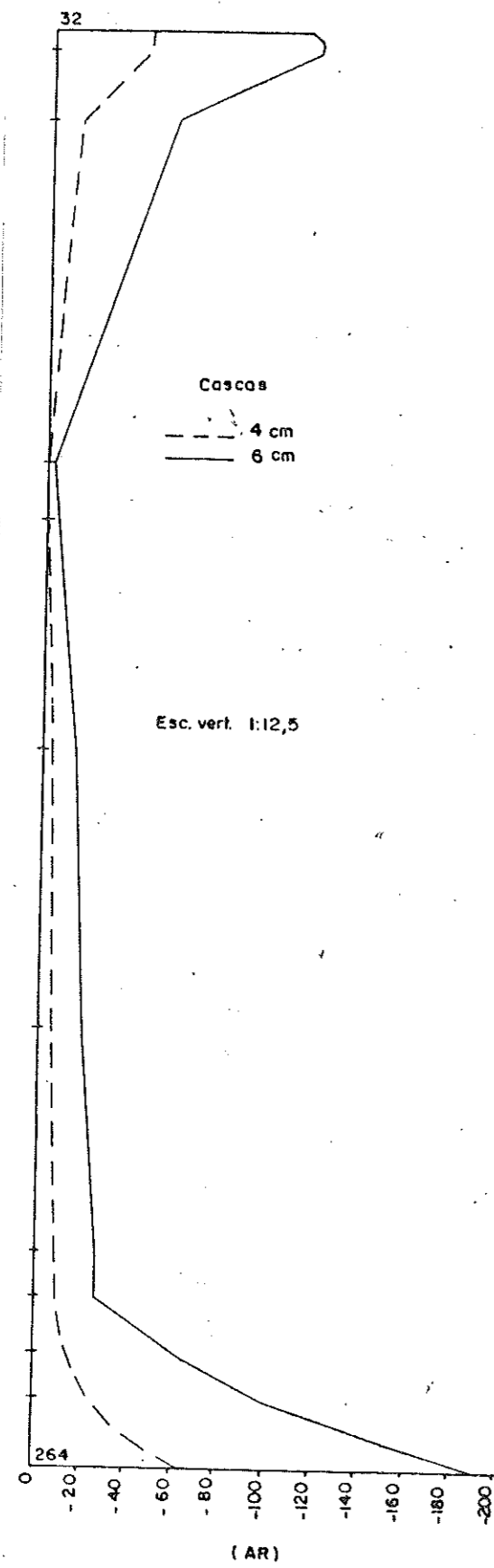


FIG.VI 10.3.5- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

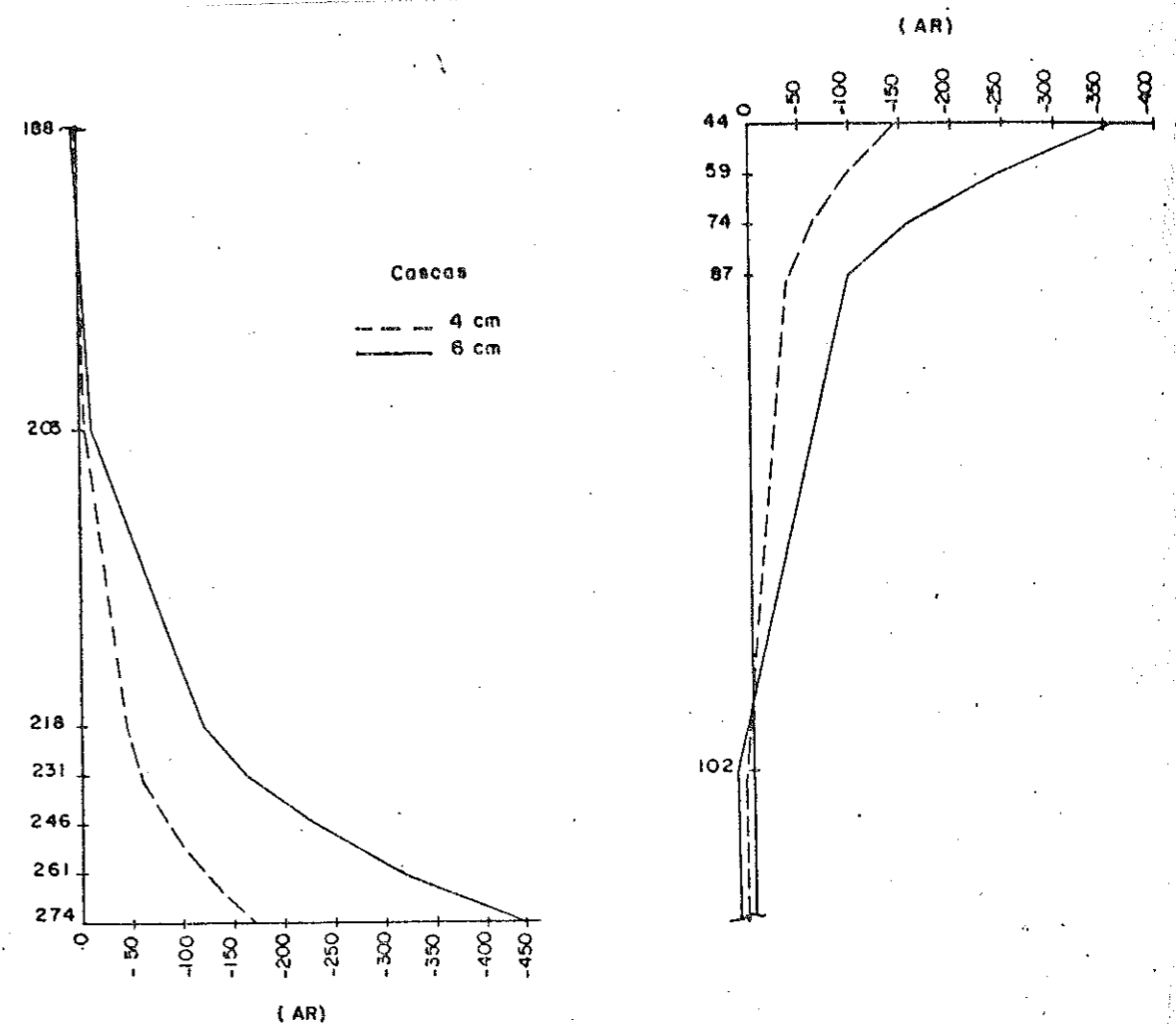


FIG.VI 10.3.6- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

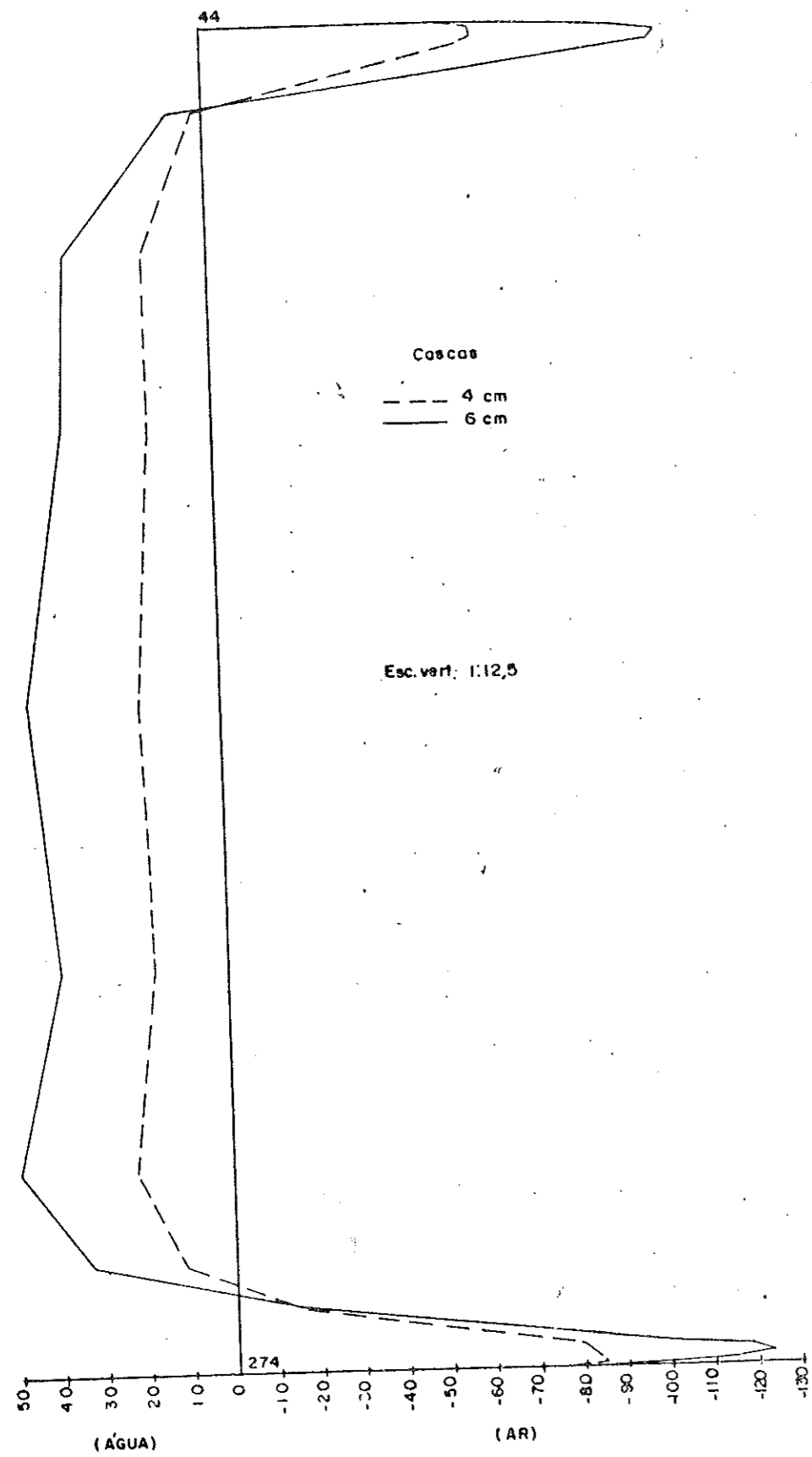


FIG.VI 10.3.7 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

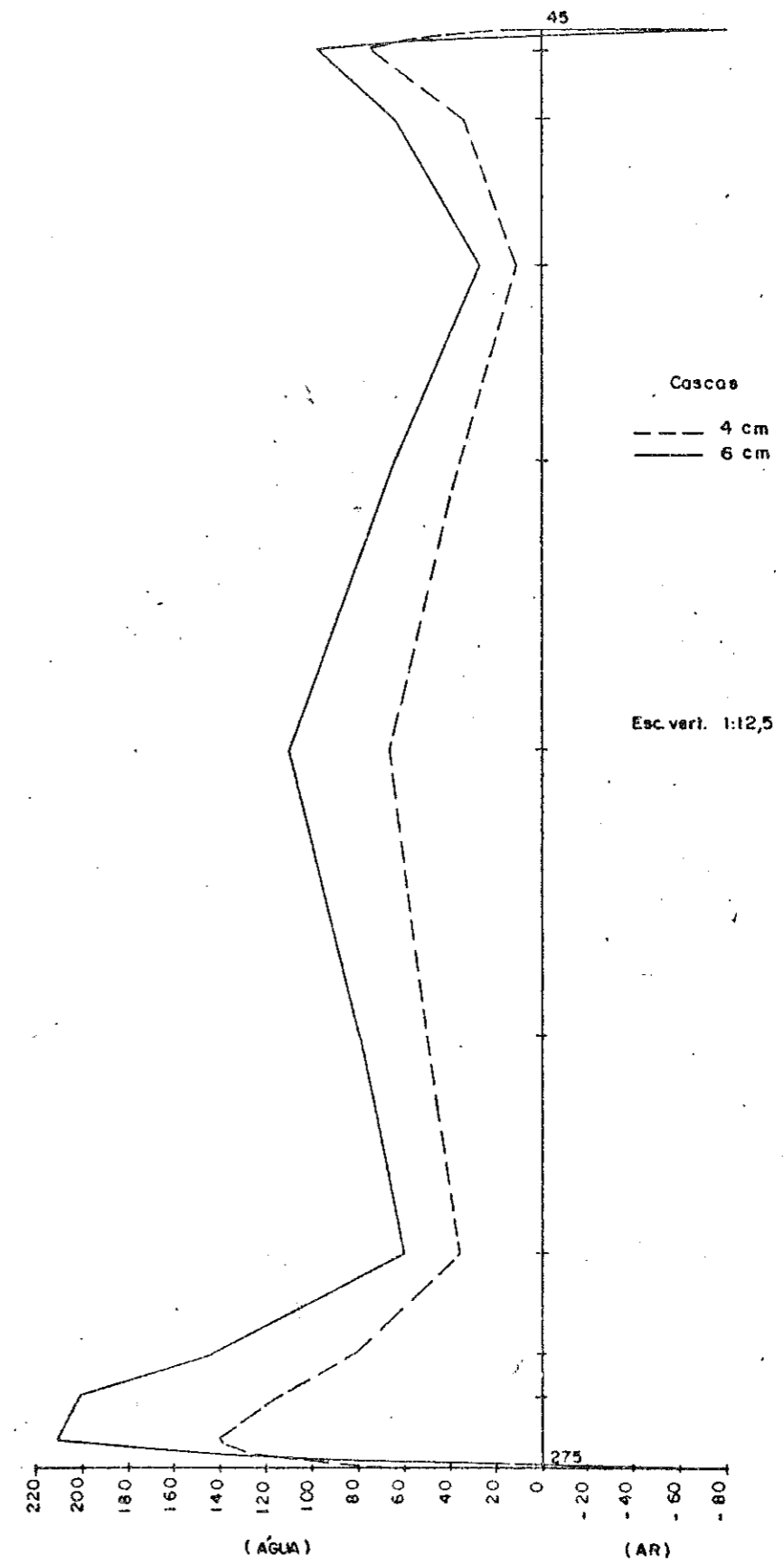


FIG.VI 10.3.8 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

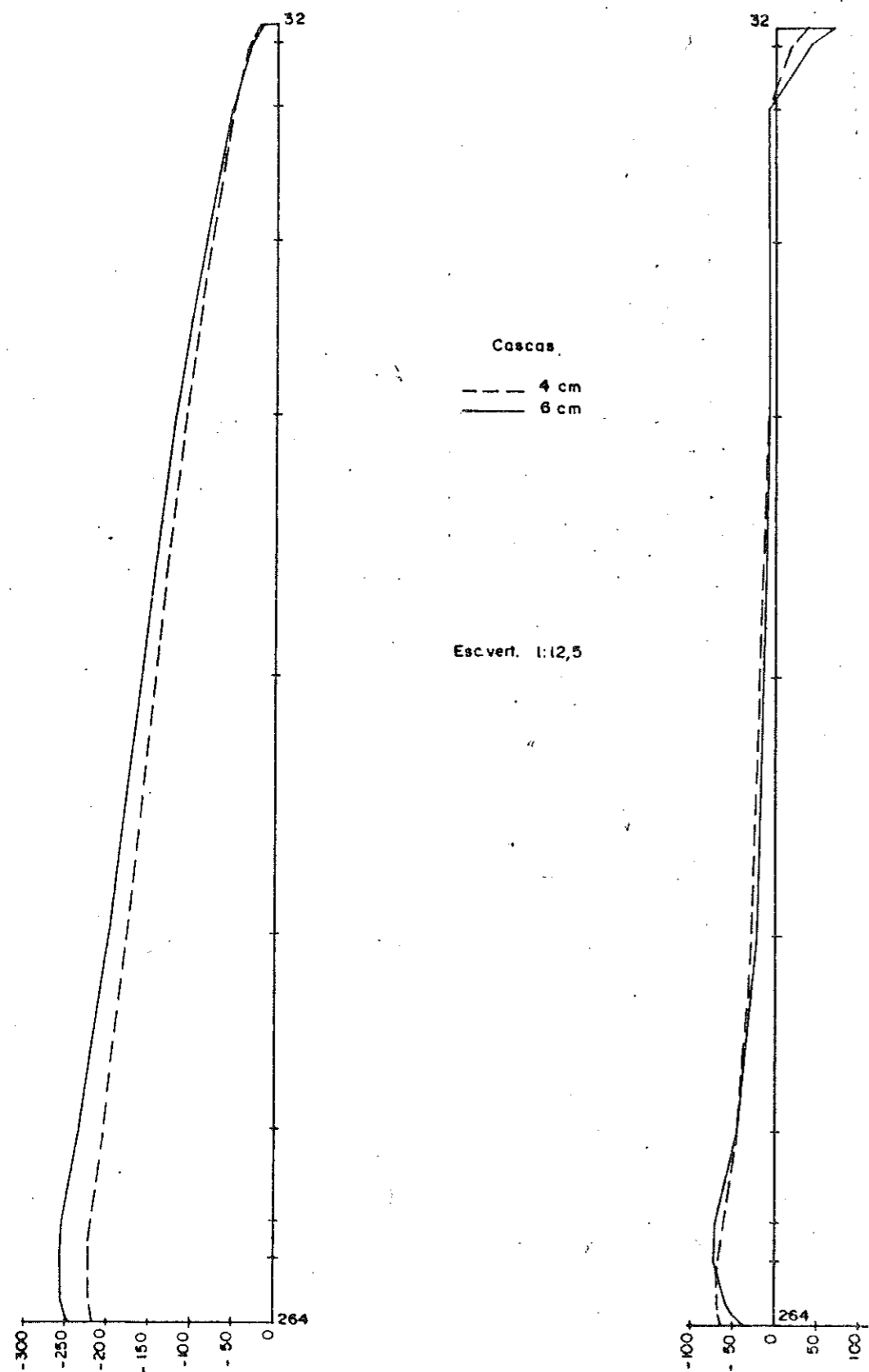


FIG.VI 10.3.9 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 10.3.10 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

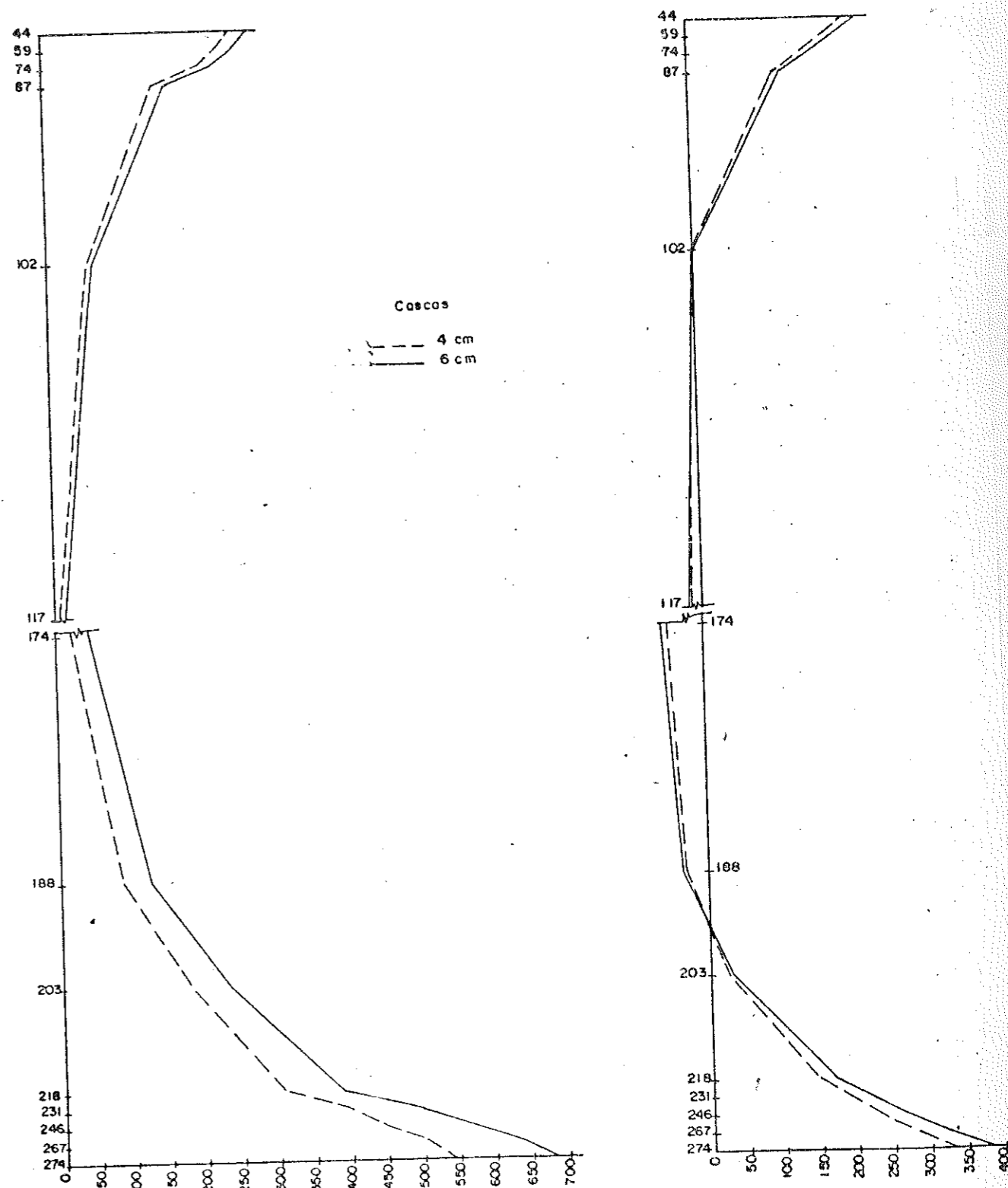


FIG.VI 10.3.11 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI 10.3.12 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

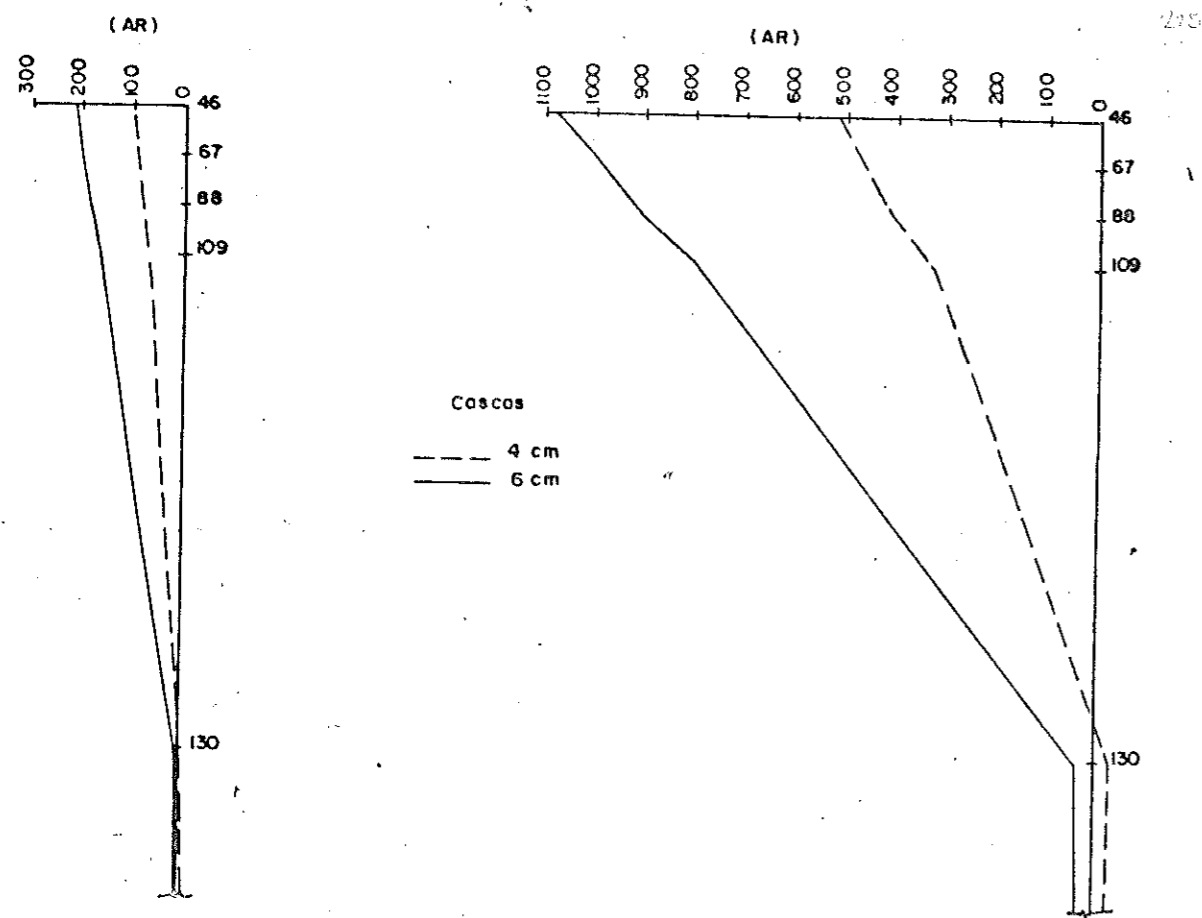


FIG. VI 10.3.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA (3)

FIG. VI 10.3.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA (3)

VI.11 - Exemplos comparativos para reservatórios com $h_f = 70$ cm
 $n = 20$

VI.11.1 - Com viga 15/10 e $e_c = 4$ cm e $e_c = 6$ cm

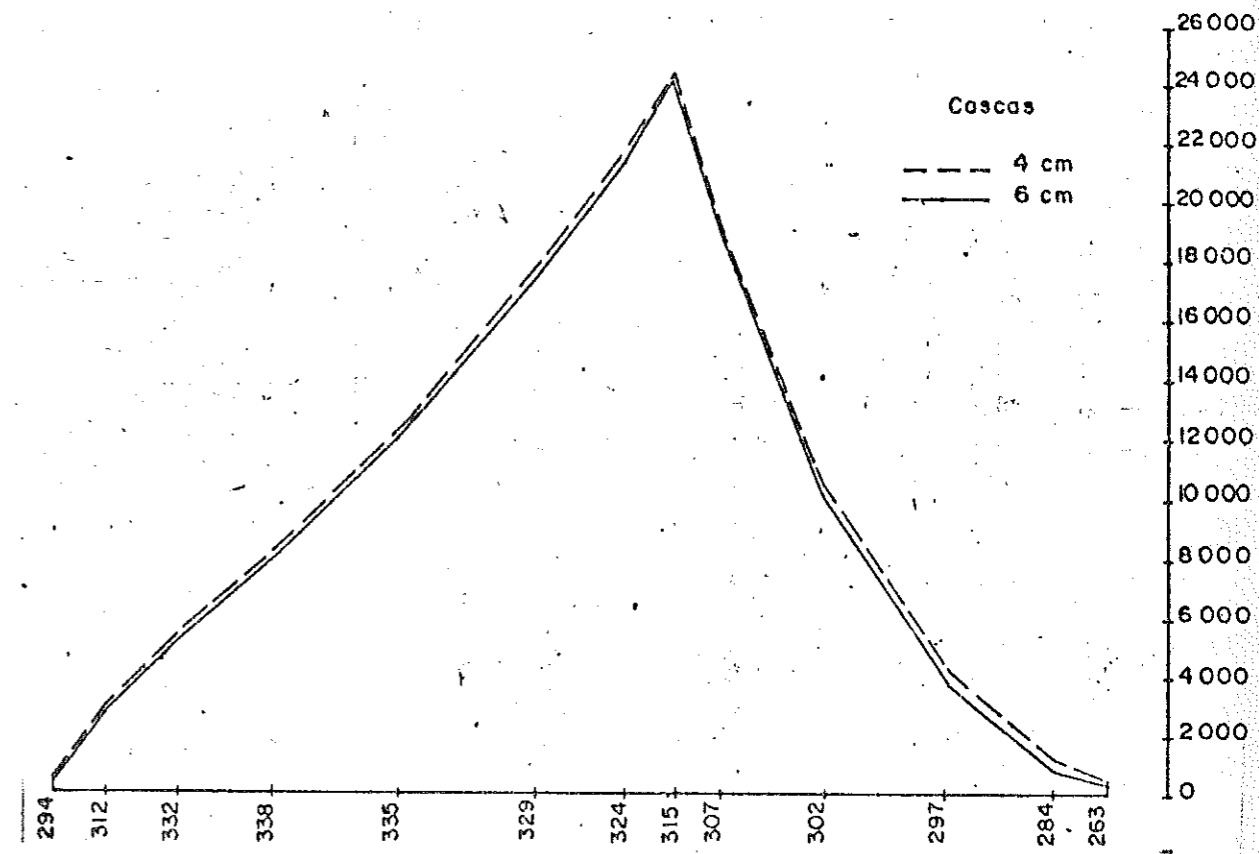


FIG. VI 11.1.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

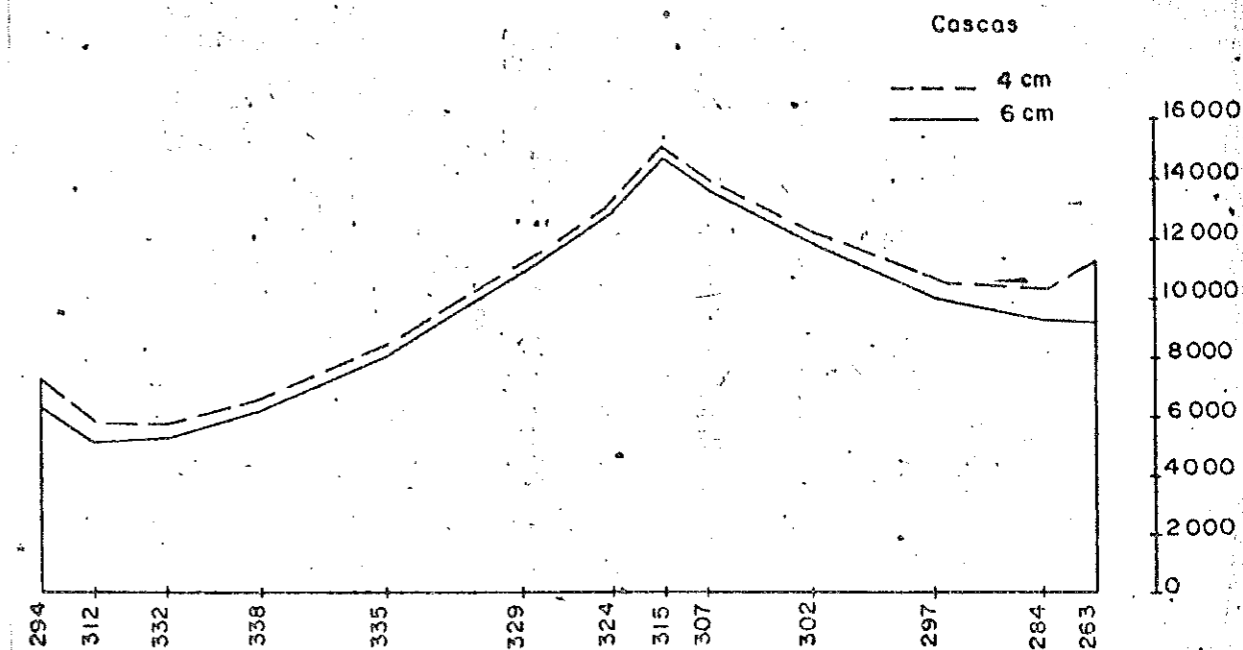


FIG. VI 11.1.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

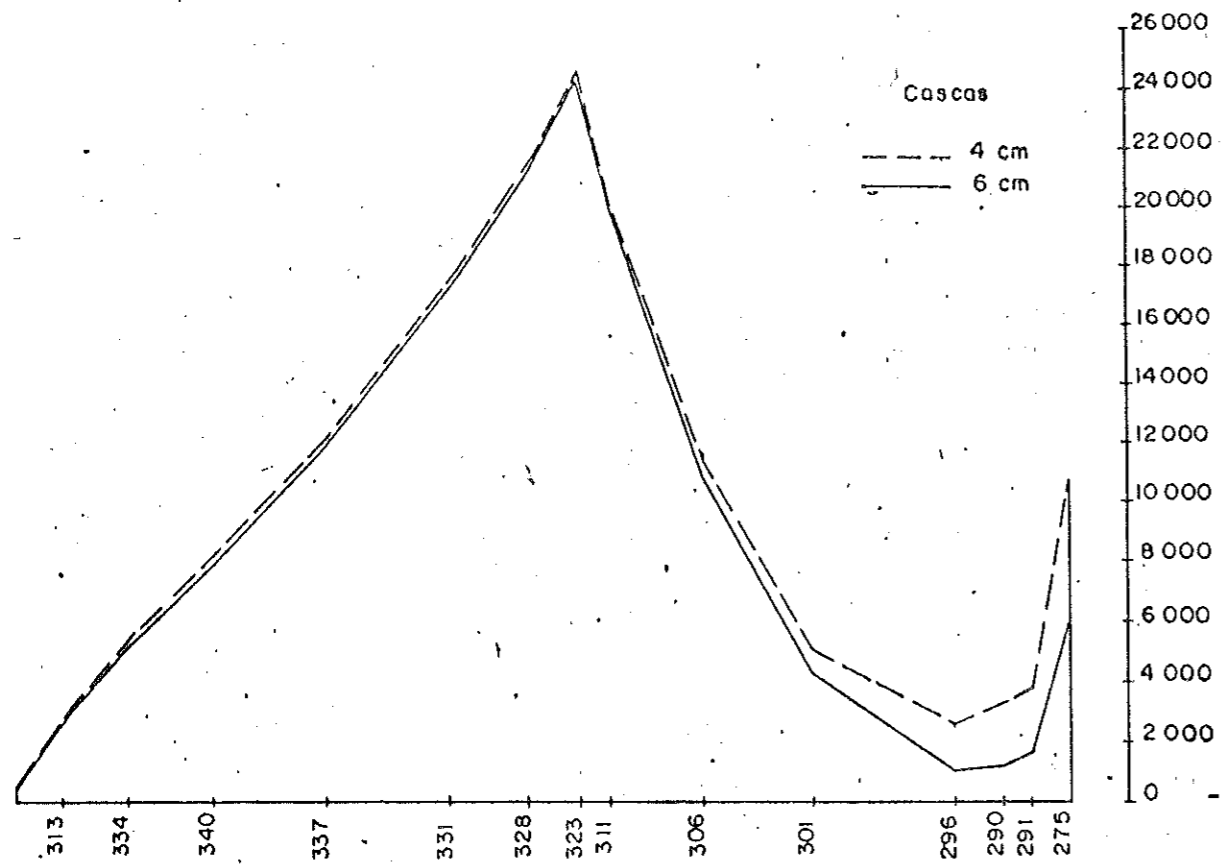


FIG. VI II.1.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

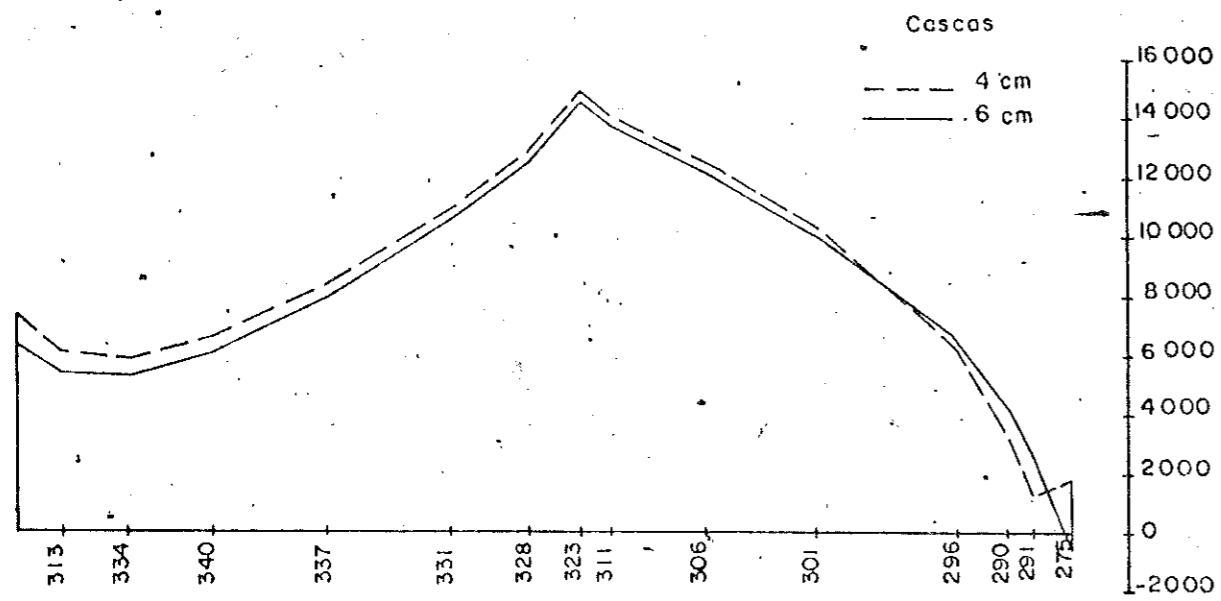


FIG. VI II.1.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

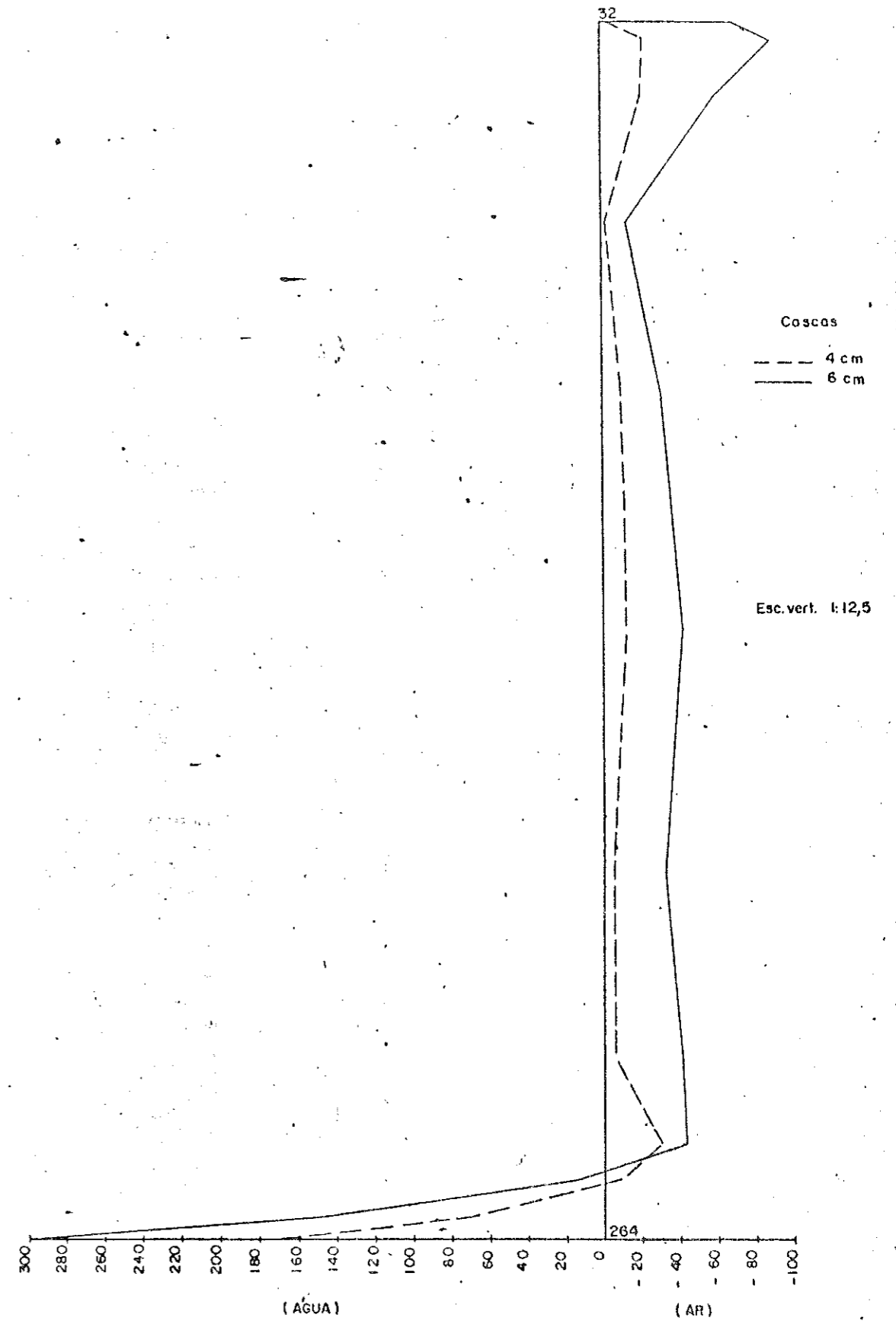


FIG. VI II.1.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

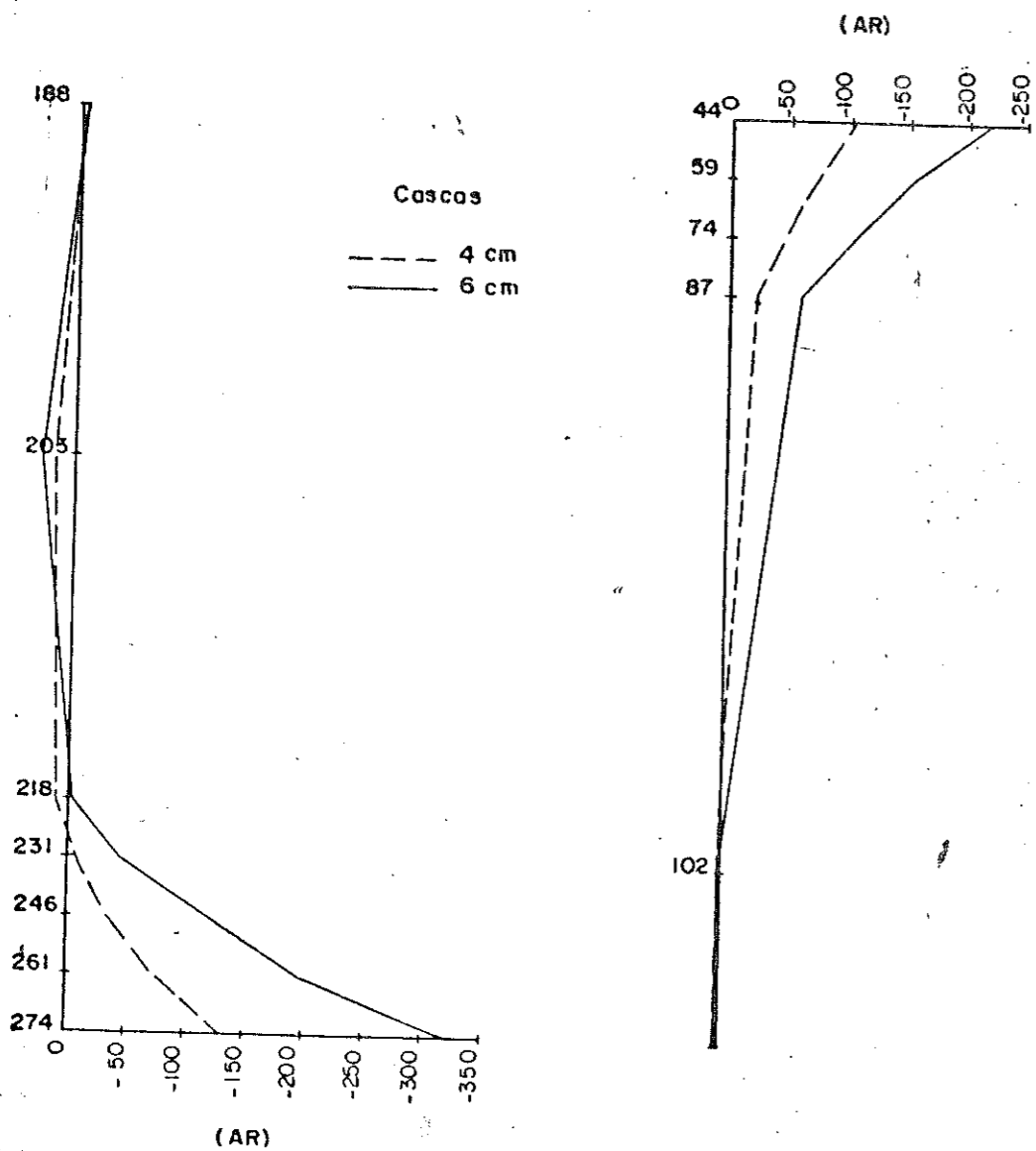


FIG. VI II.1.6 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

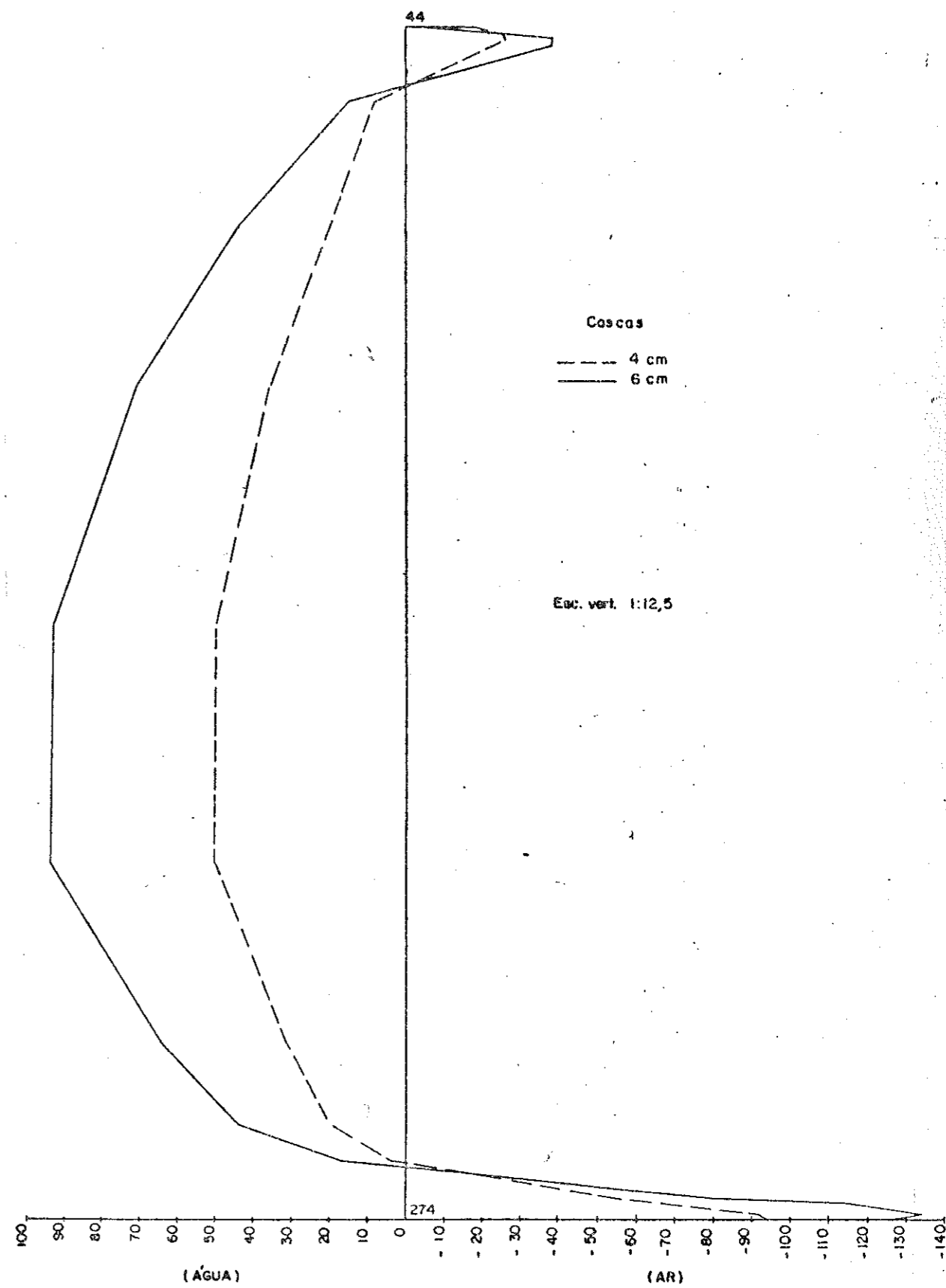


FIG. VI II.1.7 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

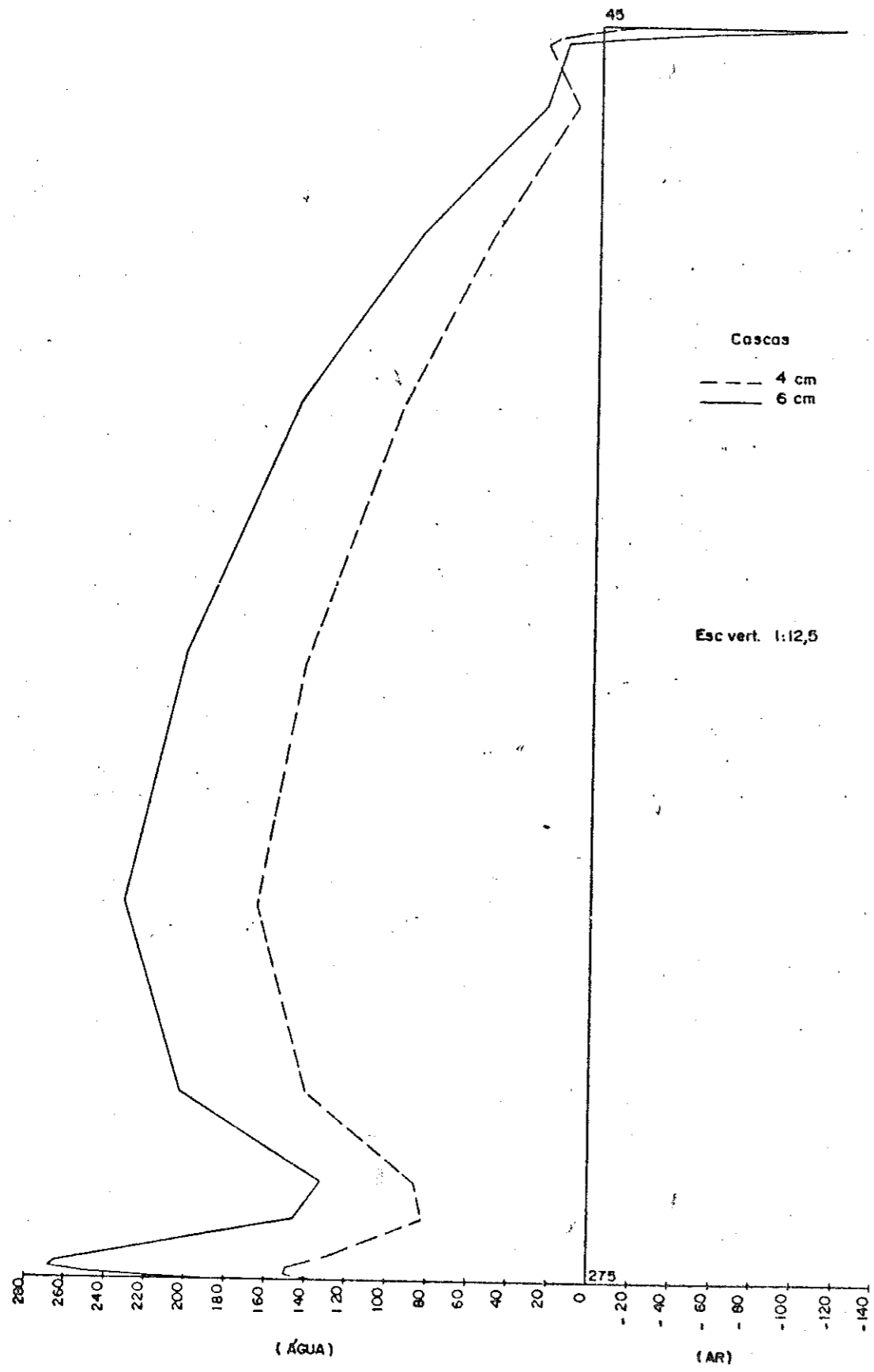


FIG.VI II.1.8- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

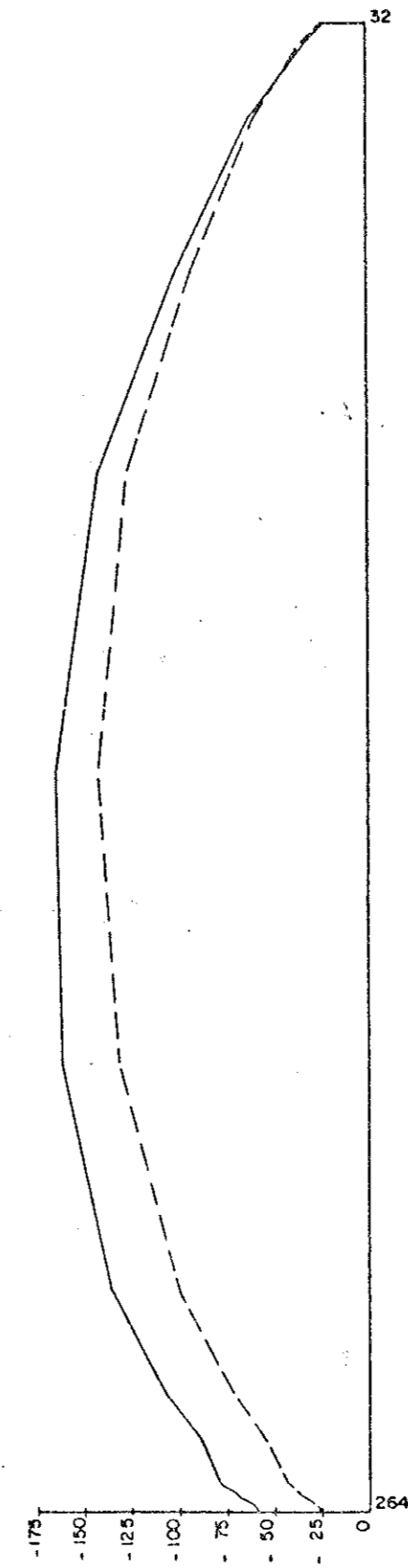


FIG.VI II.1.9 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

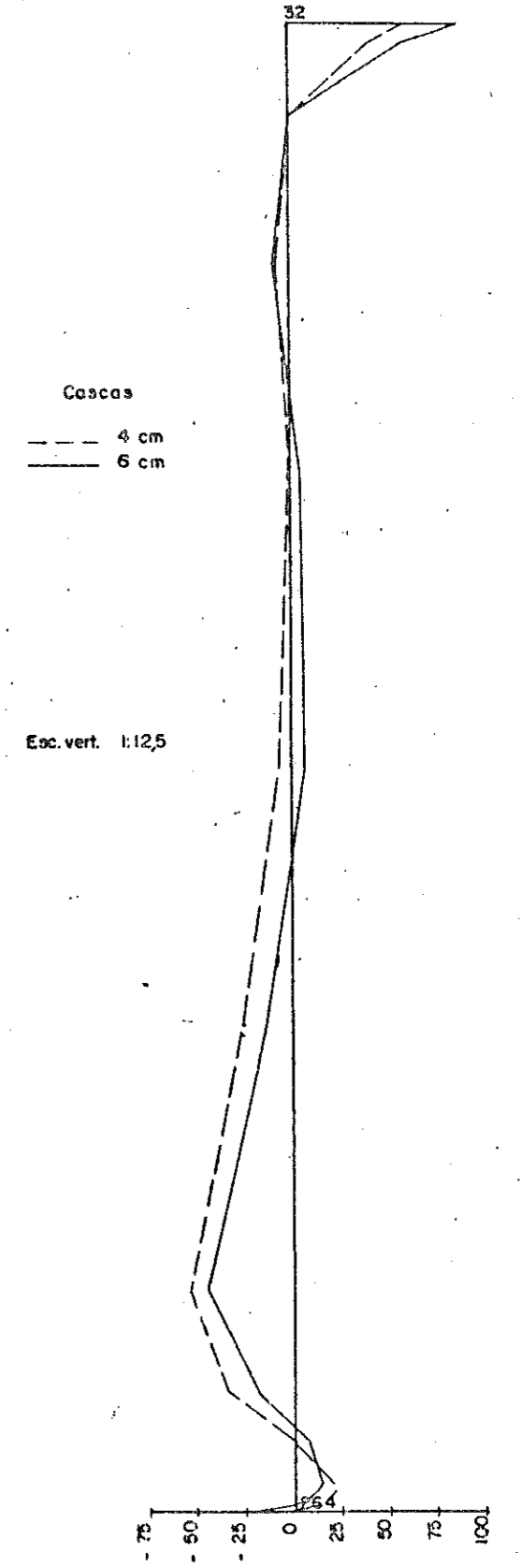


FIG.VI II.1.10- NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

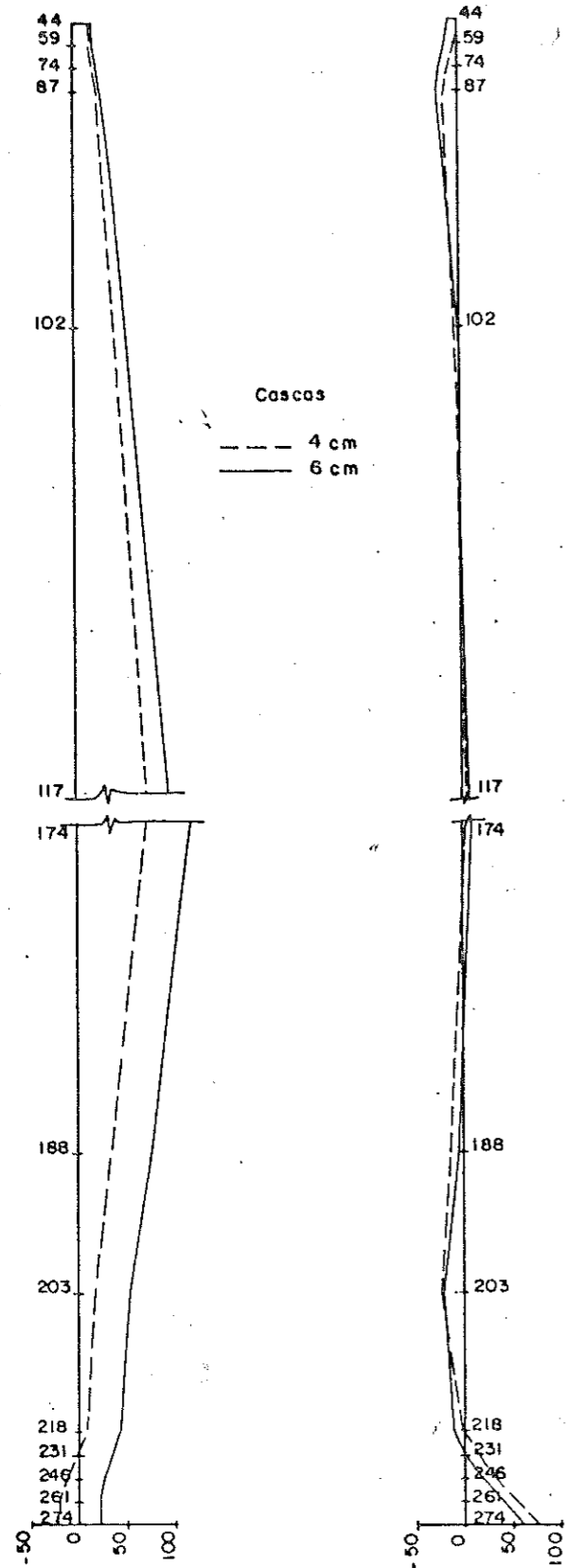


FIG.VI II.1.11 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG.VI II.1.12 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

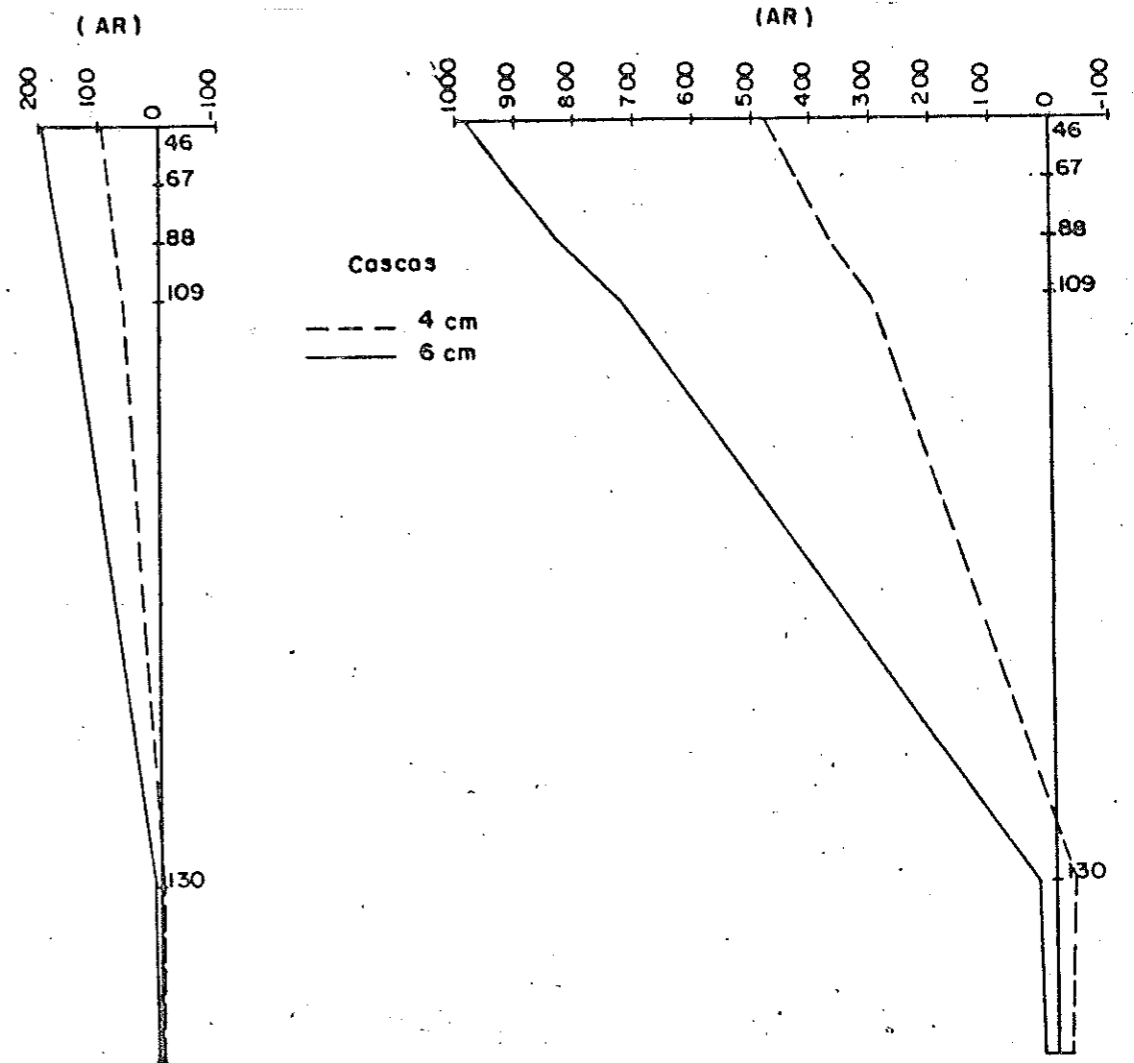


FIG.VI II.1.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

FIG.VI II.1.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.11.2 - Com viga 25/20 e $e_c = 4\text{cm}$ e $e_c = 6\text{cm}$

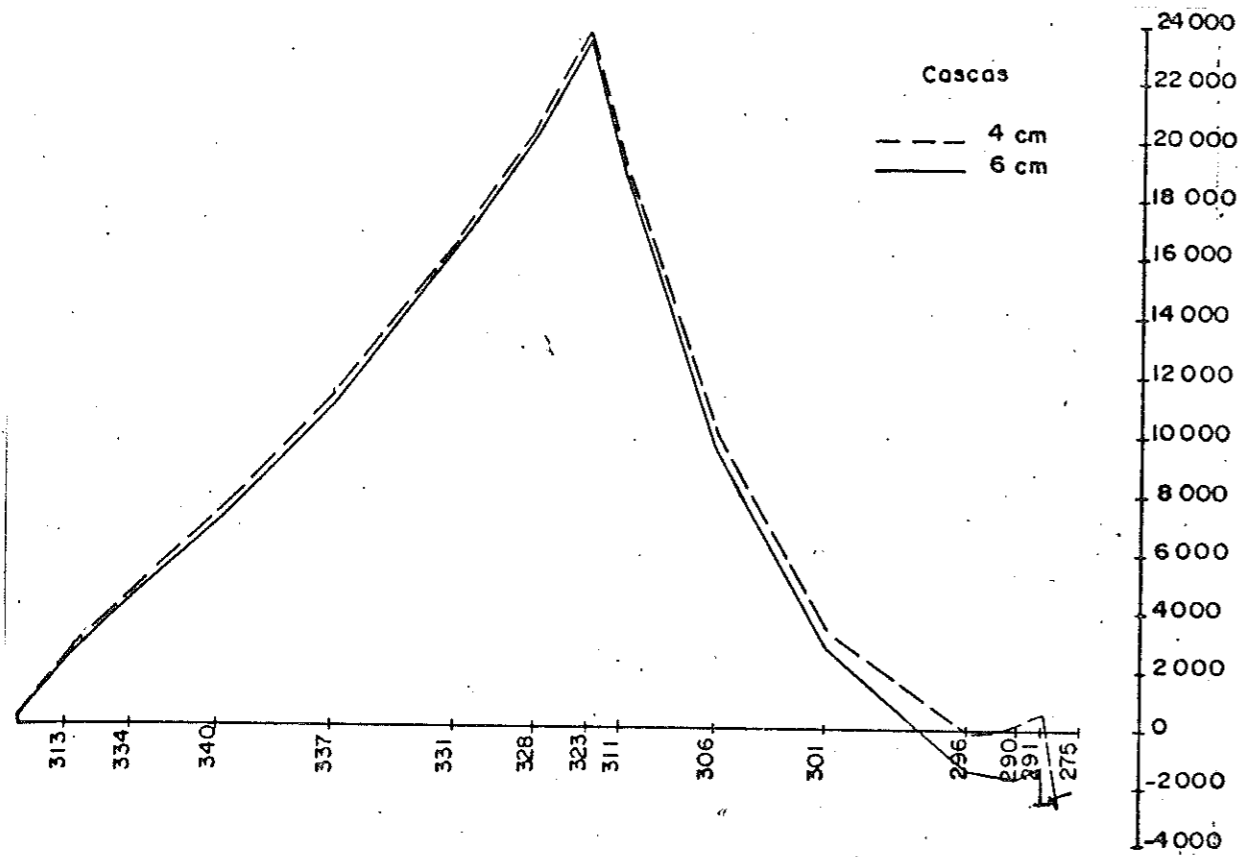


FIG. VI 11.2.1 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

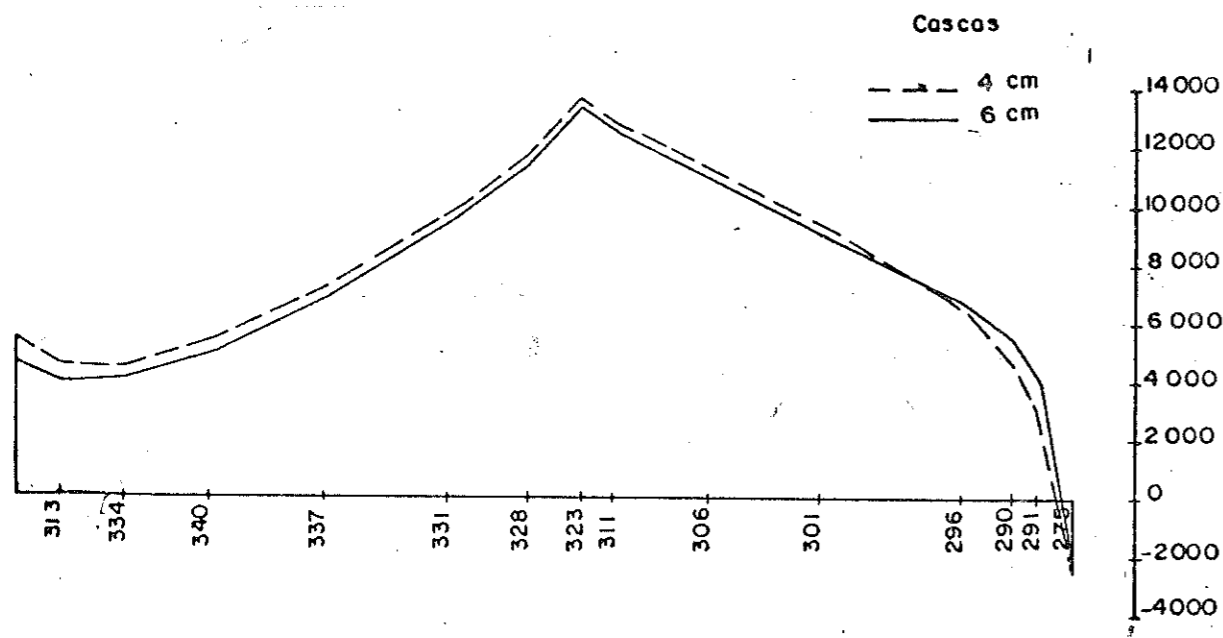


FIG. VI 11.2.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

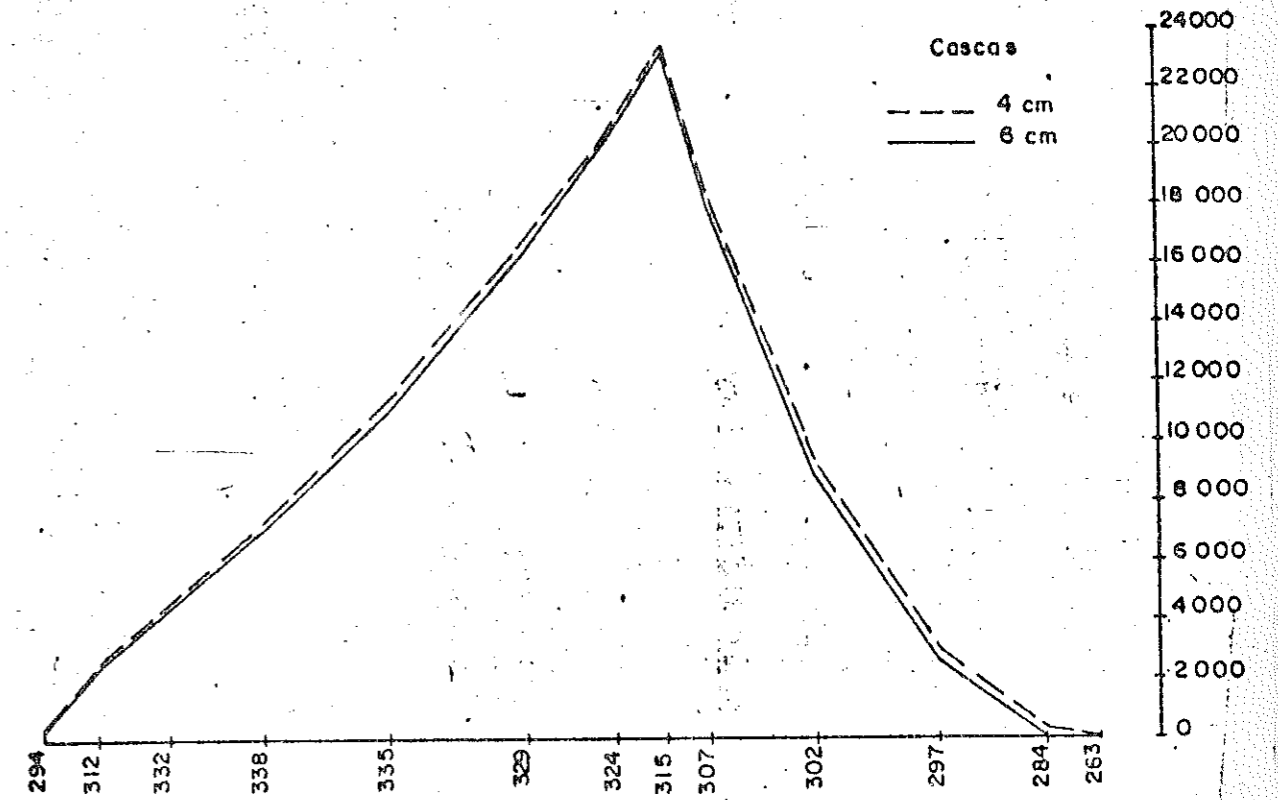


FIG. VI 11.2.3 - MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

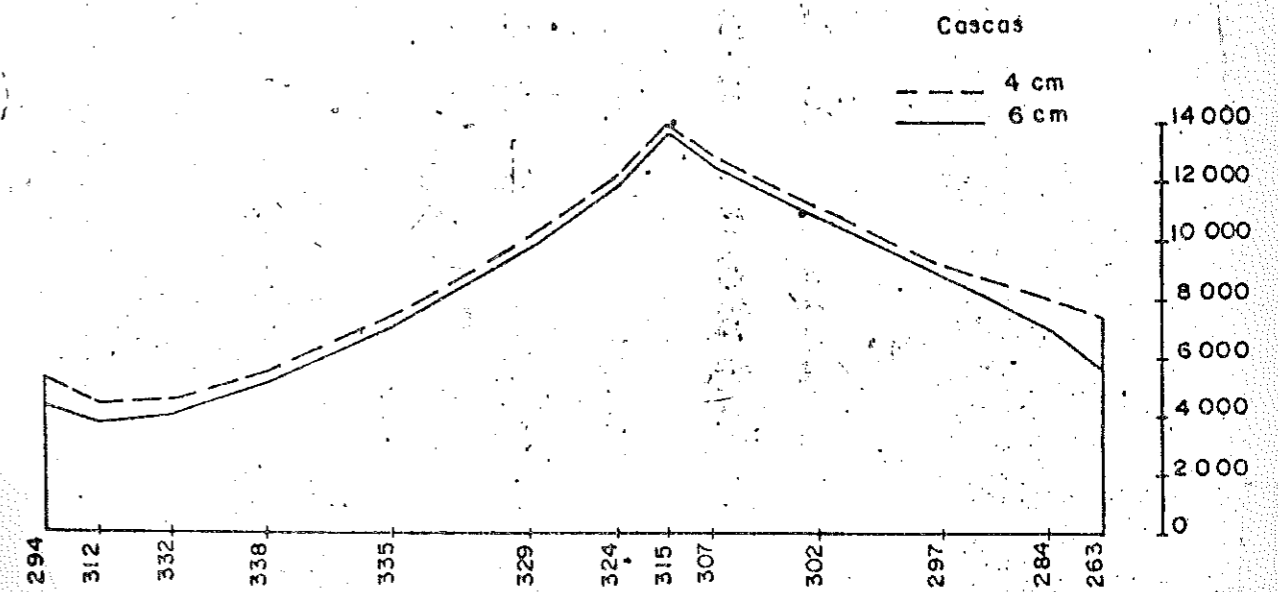


FIG. VI 11.2.4 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

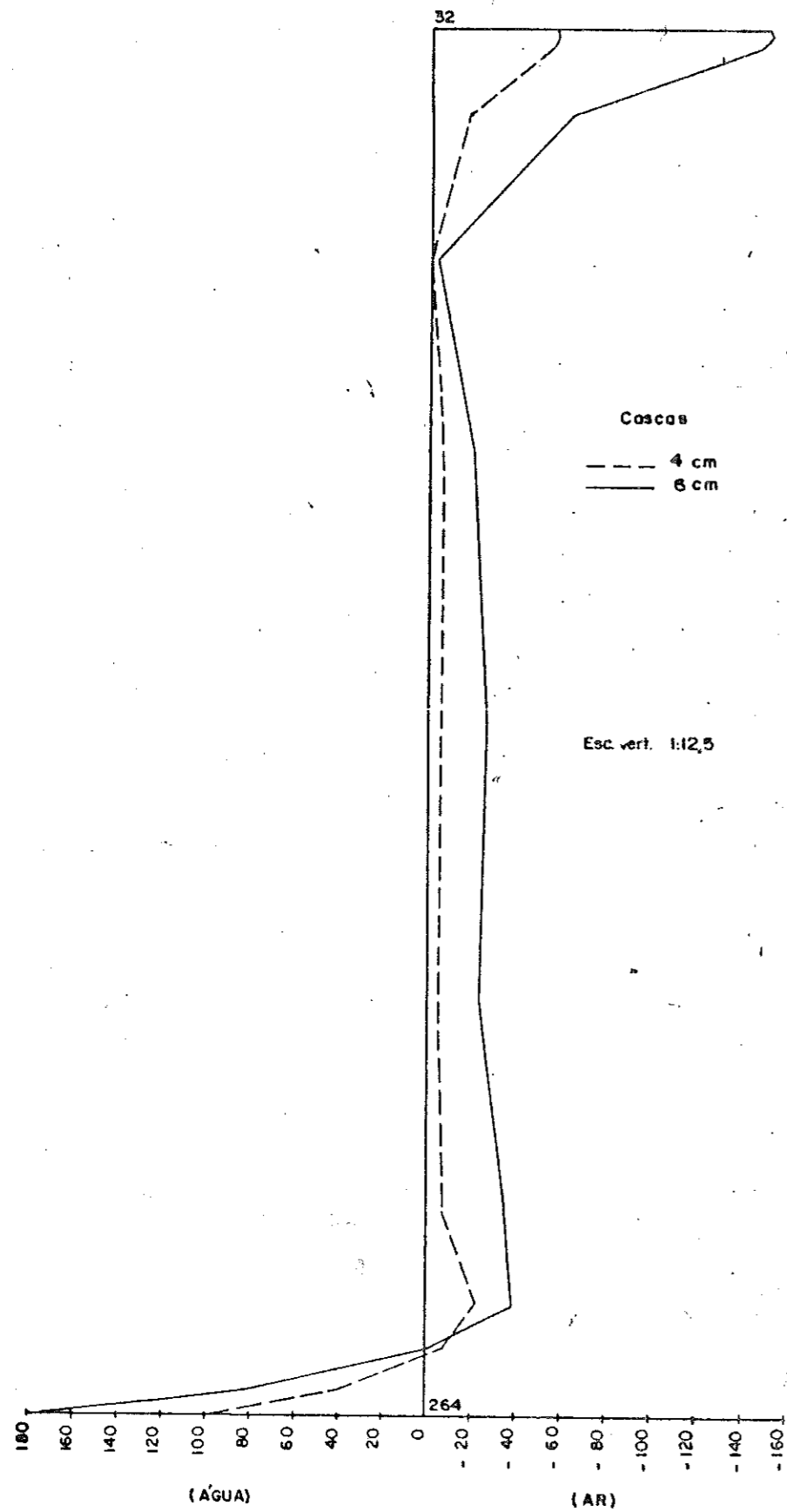


FIG.VI II.2.5- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

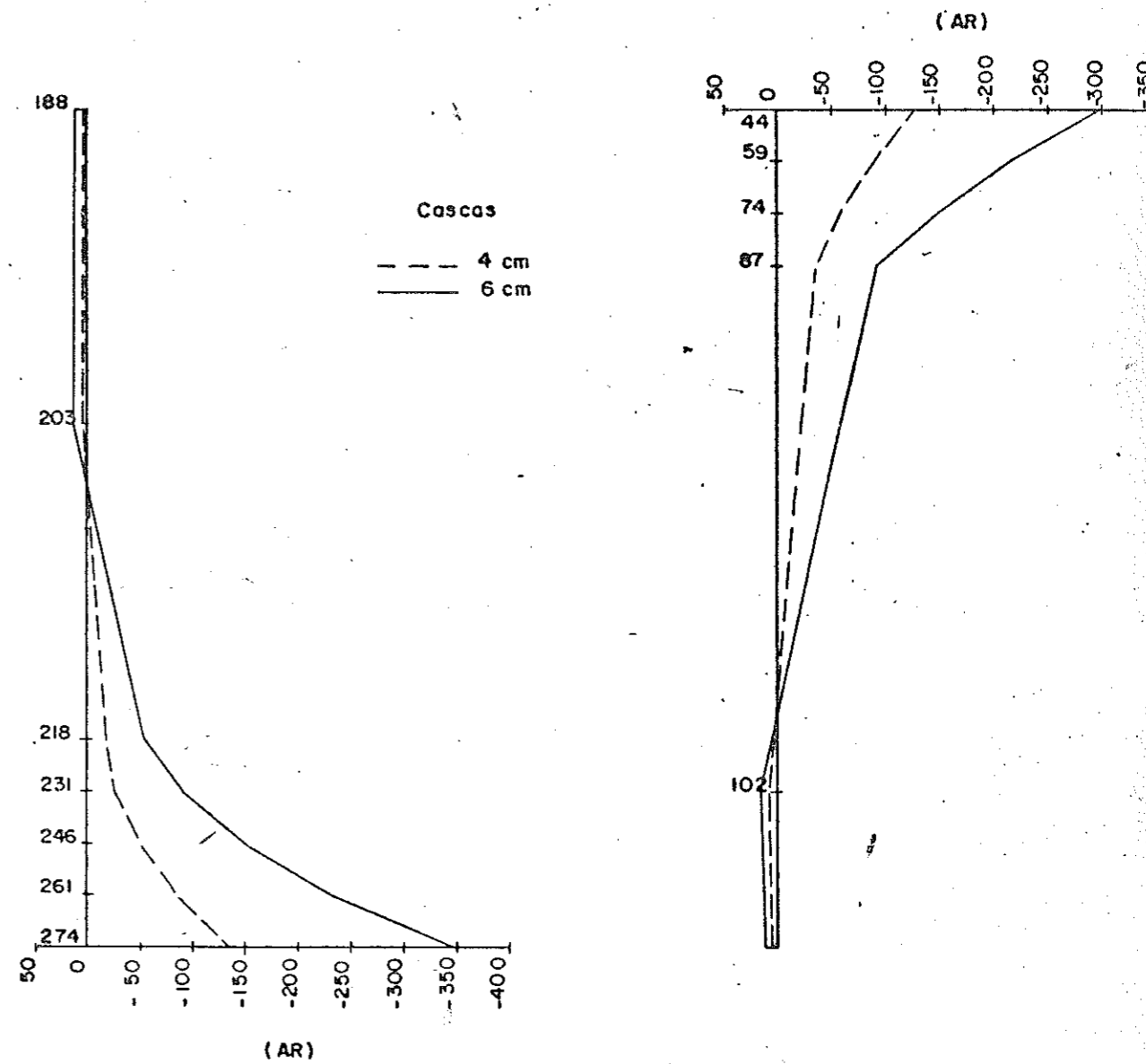


FIG.VI II.2.6- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

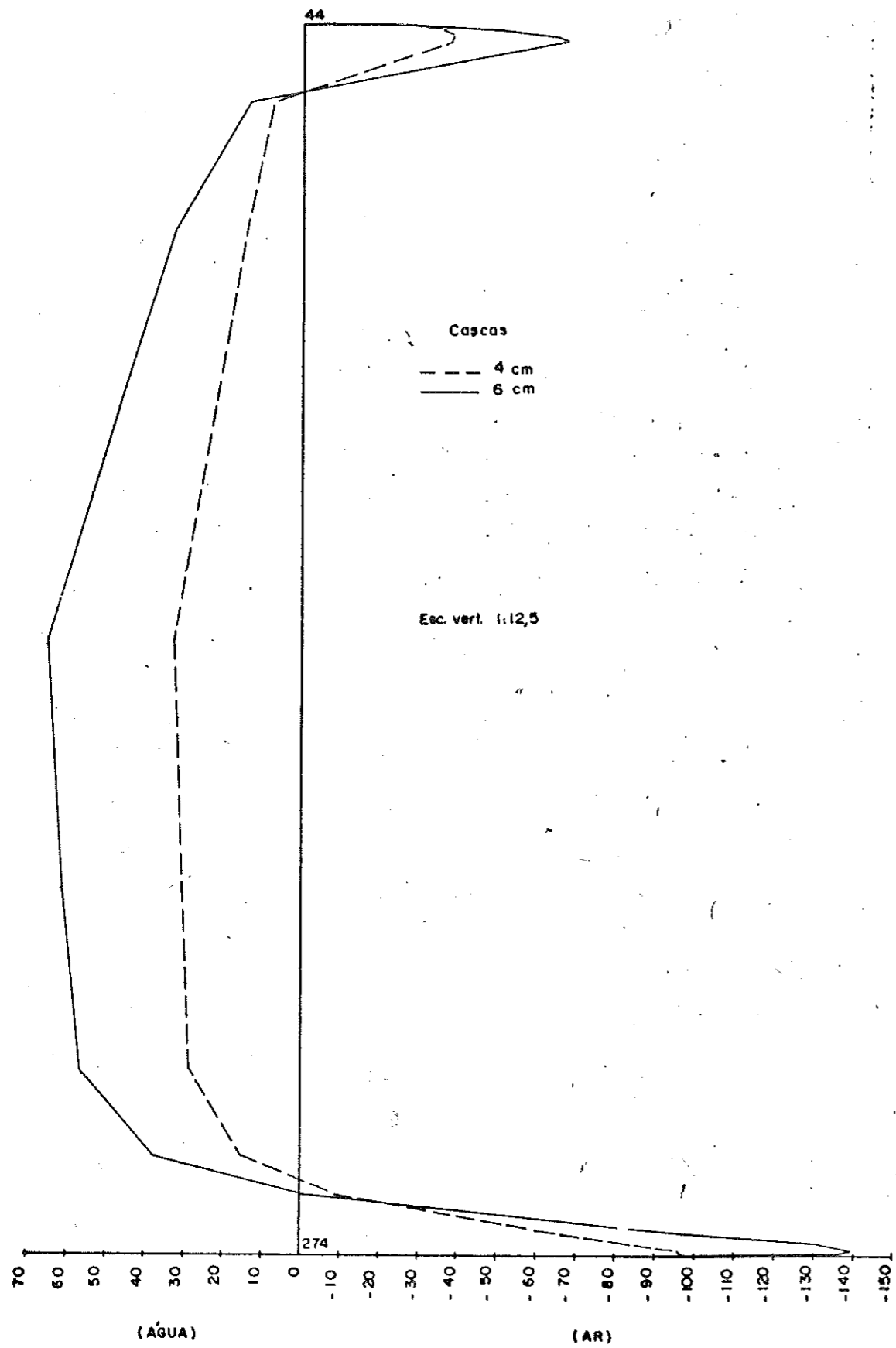


FIG.VI II.2.7 - MOMENTO M_y (kgfcm/cm) NA CASCA ①

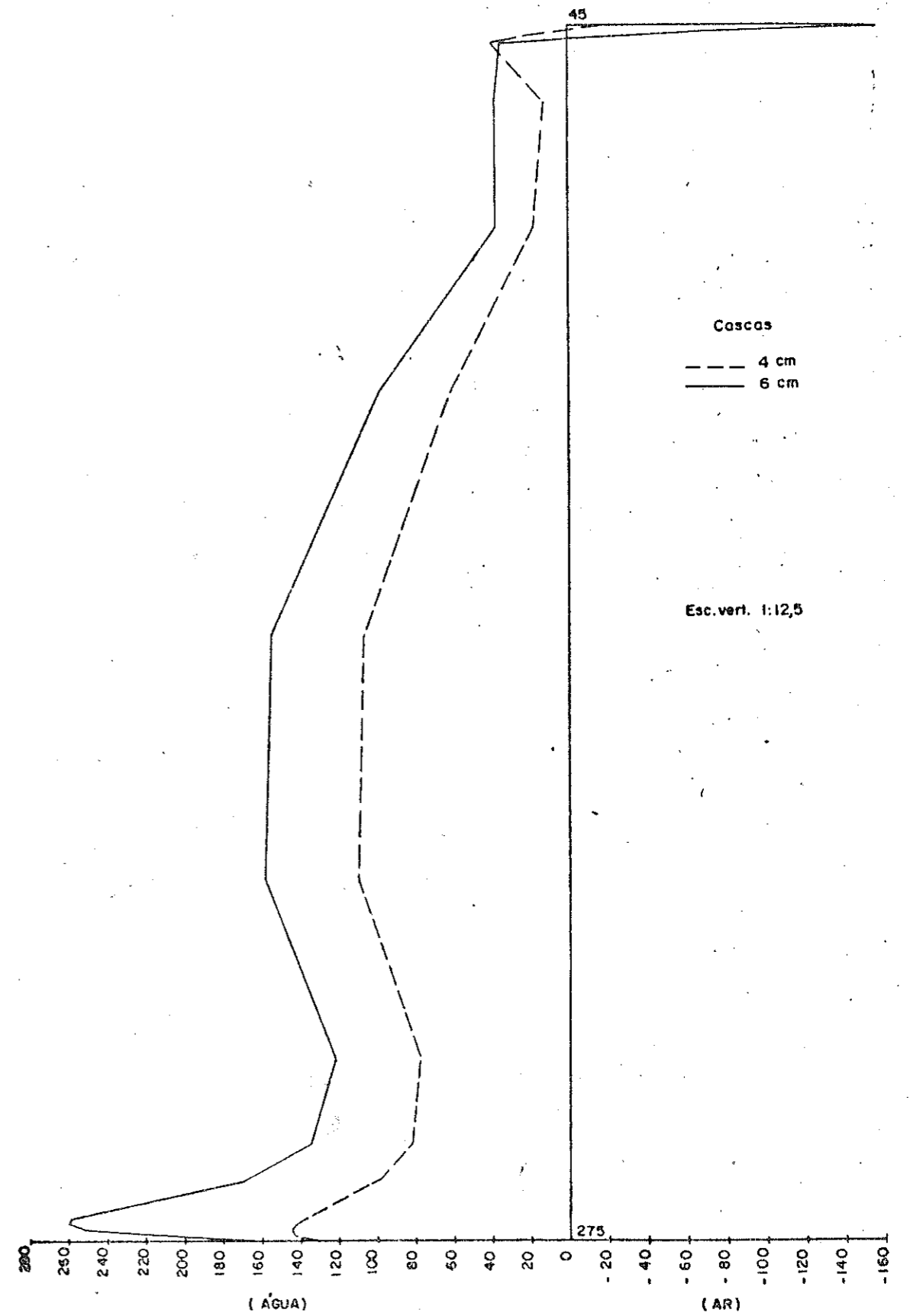


FIG.VI II.2.8 - MOMENTO M_y (kgfcm/cm) NA CASCA ①

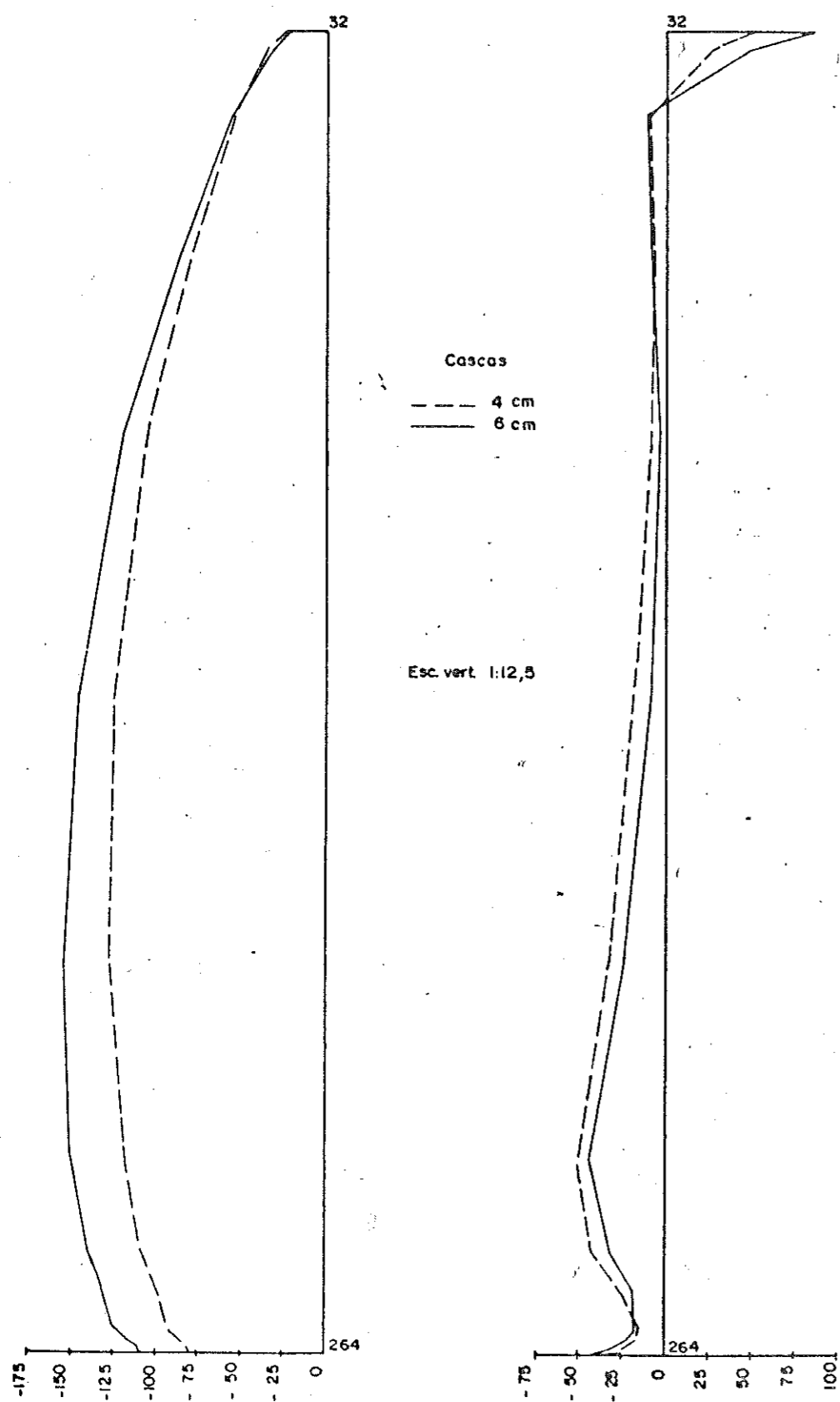


FIG.VI II.2.9 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

FIG.VI II.2.10-NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

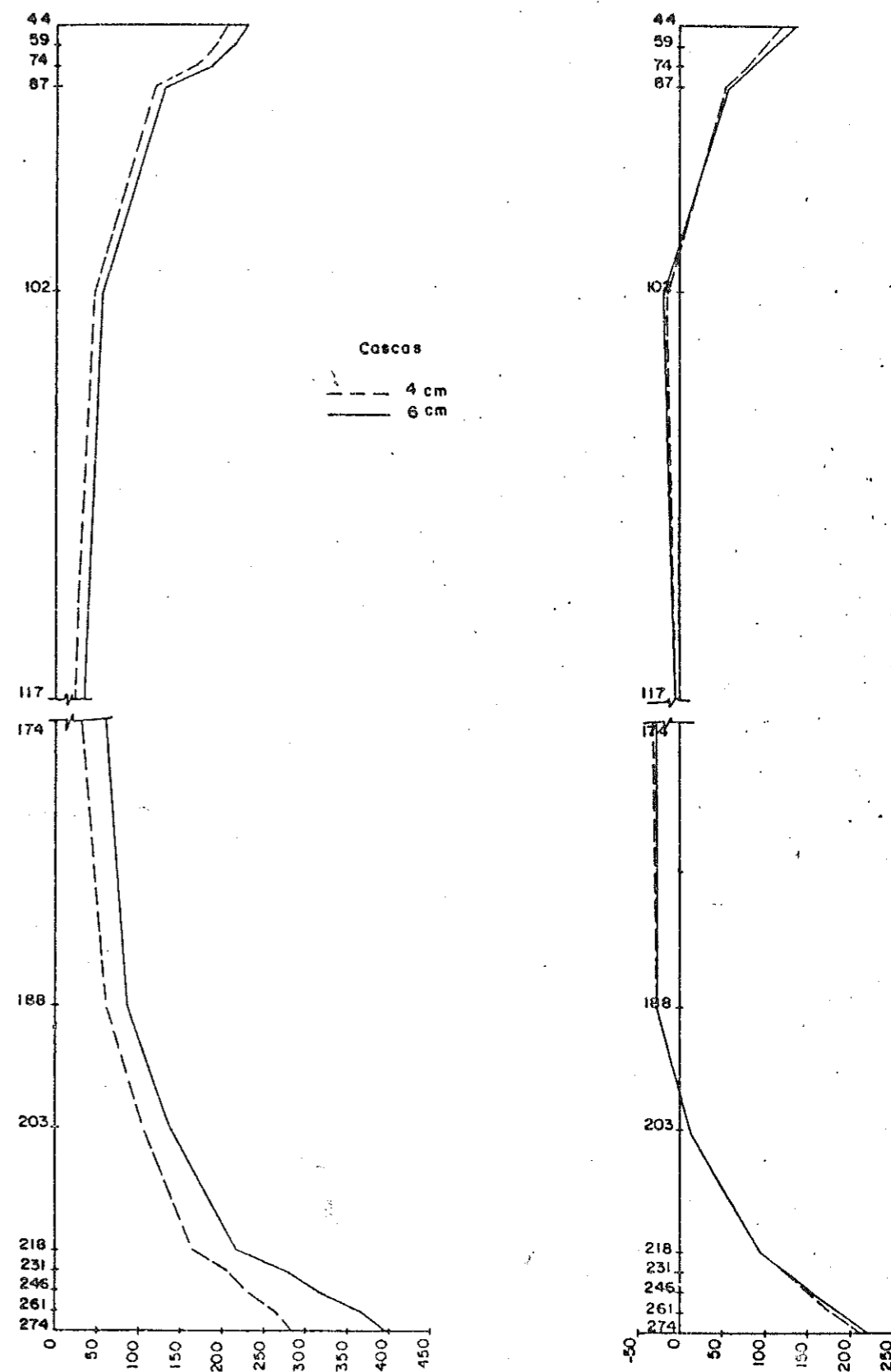


FIG.VI II.2.11 -NORMAL N_x (kgf/cm)NA CASCA ①

FIG.VI II.2.12-NORMAL N_y (kgf/cm)NA CASCA ①

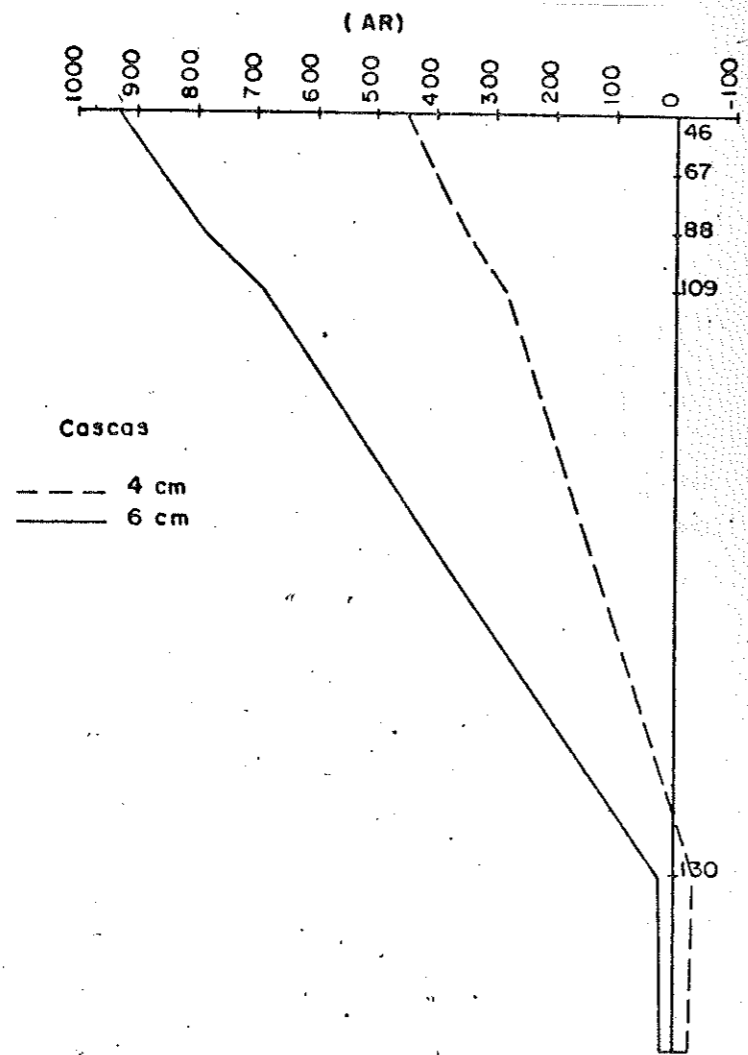
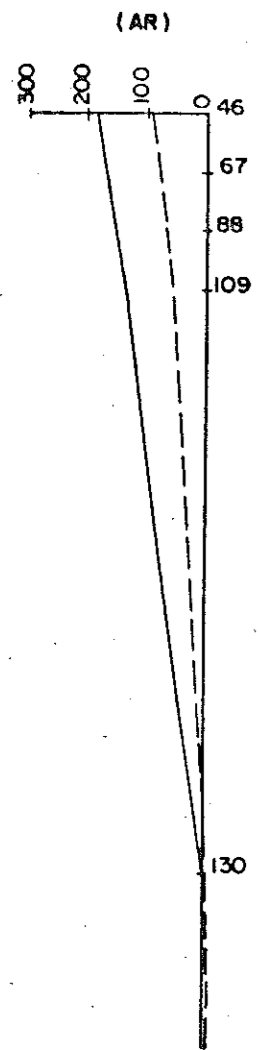


FIG. VI 11.2.13 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

FIG. VI 11.2.14 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.11.3 - Com viga 25/40 e $e_c = 4\text{cm}$ e $e_c = 6\text{cm}$

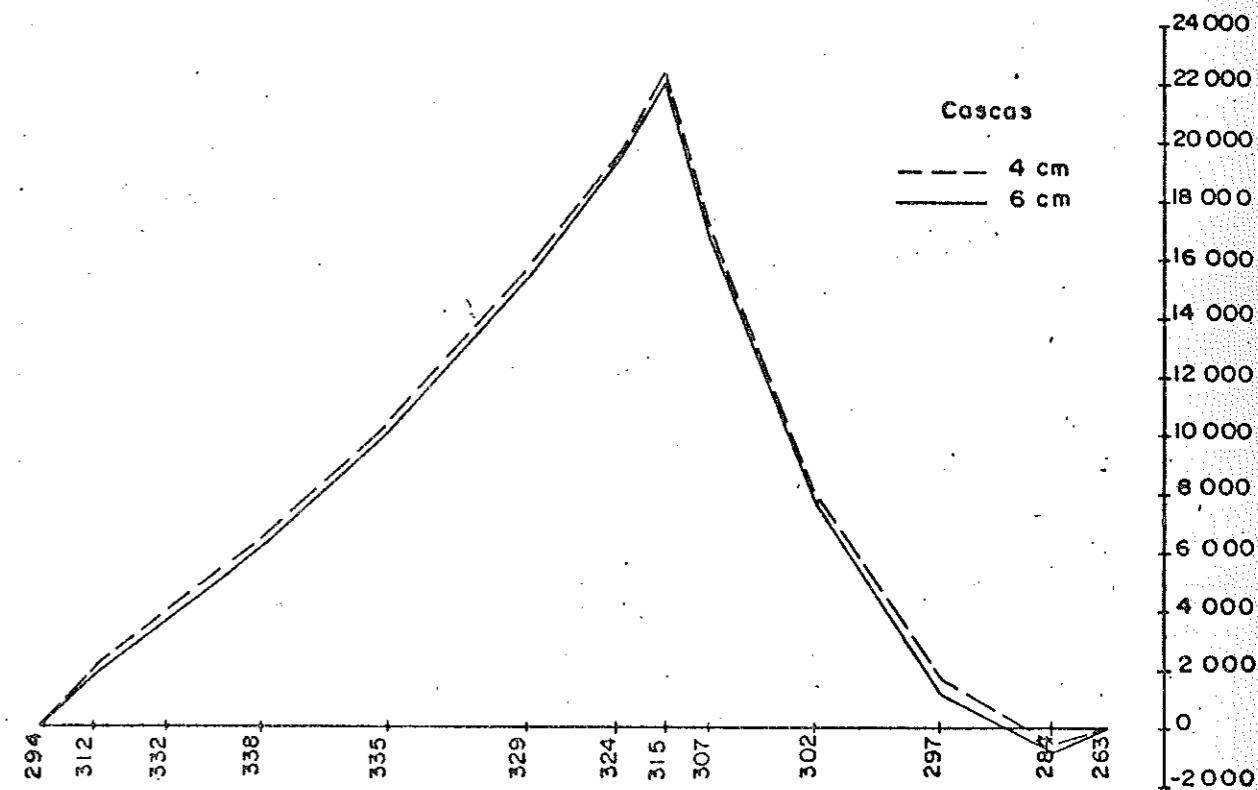


FIG. VI 11.3.1 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

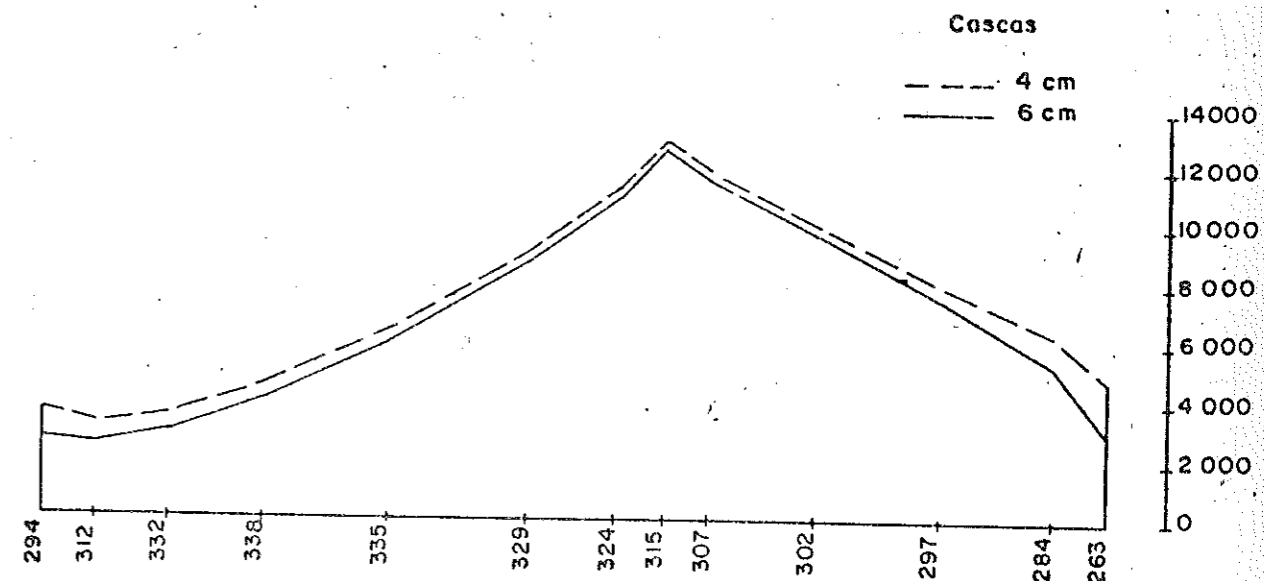


FIG. VI 11.3.2 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

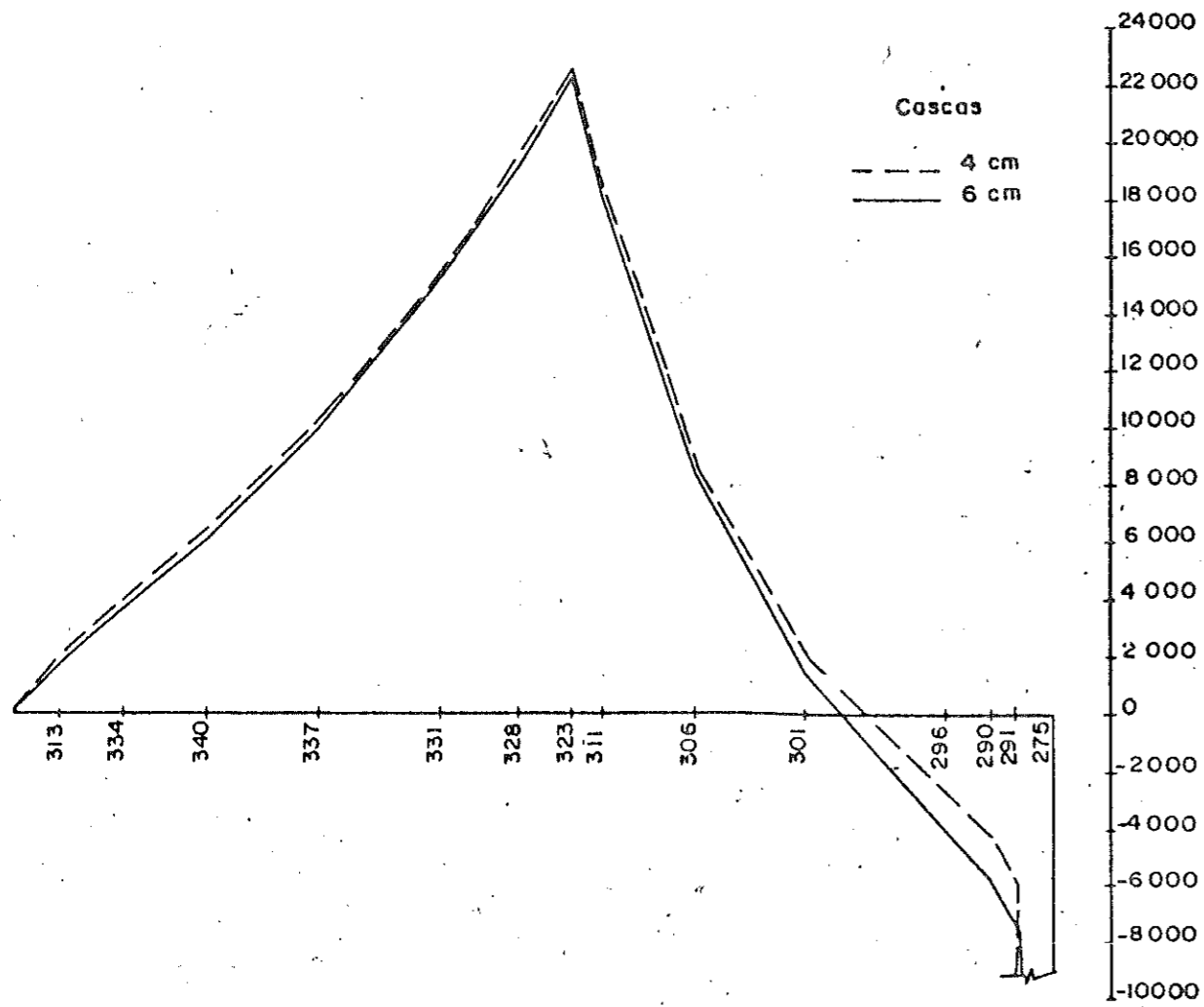


FIG. VI 11.3.3- MOMENTO M_z (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

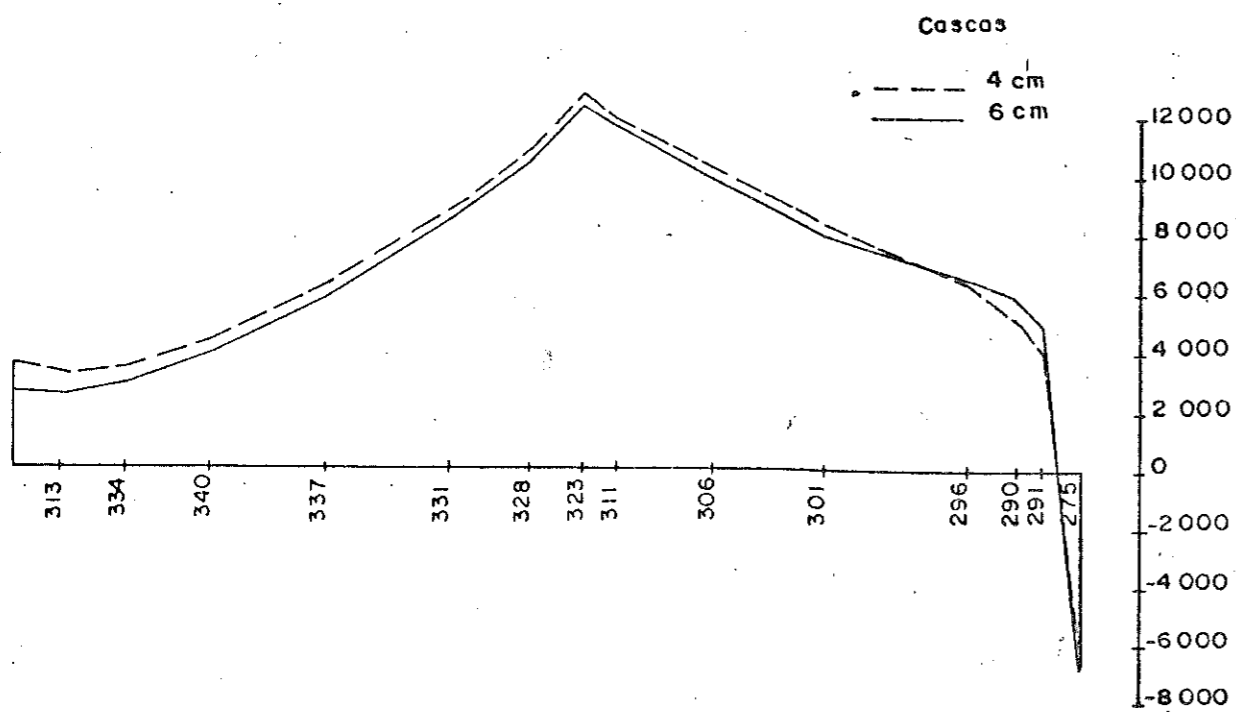


FIG. VI 11.3.4- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA LAJE DE FUNDO

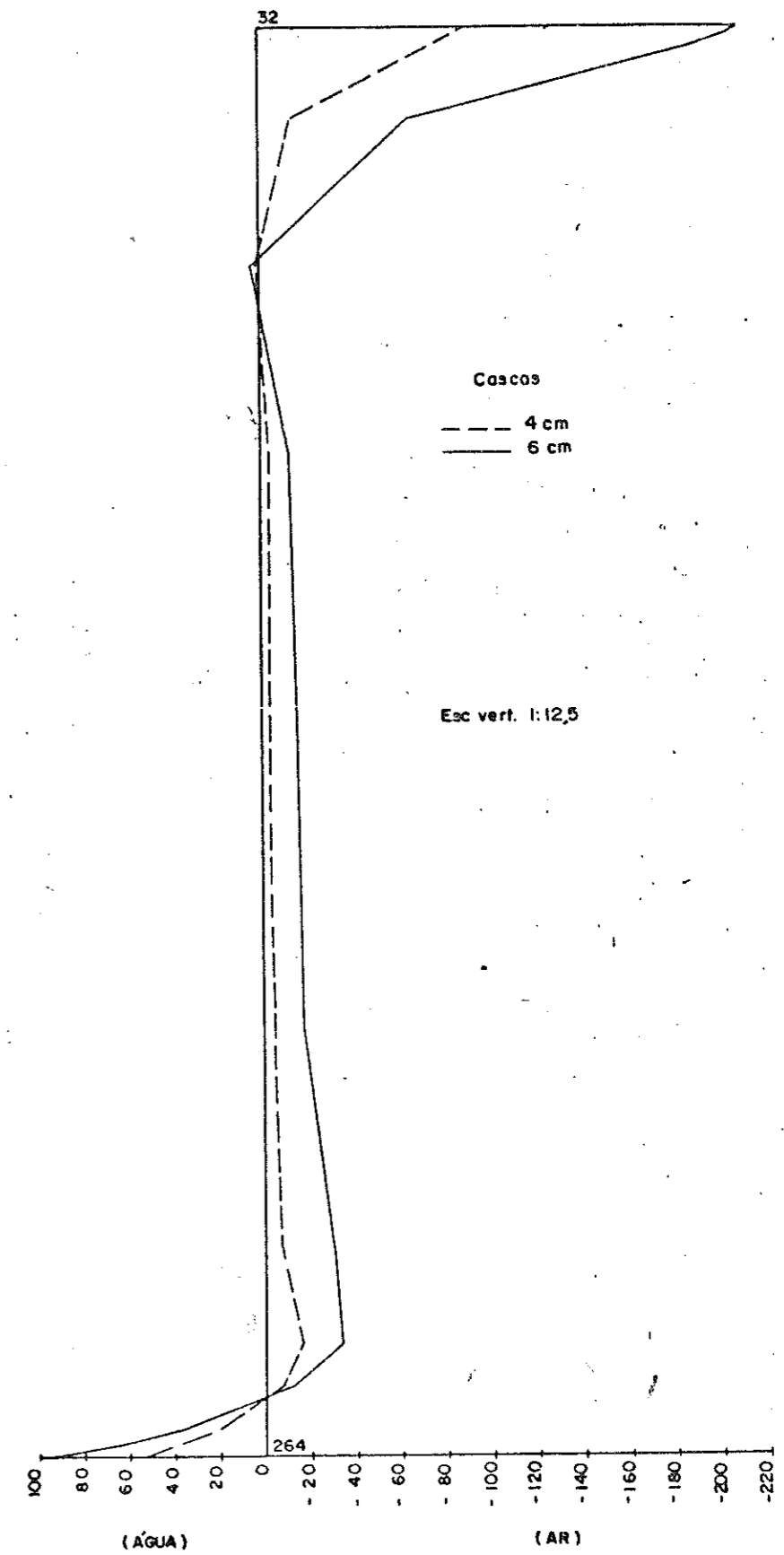


FIG. VI 11.3.5 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

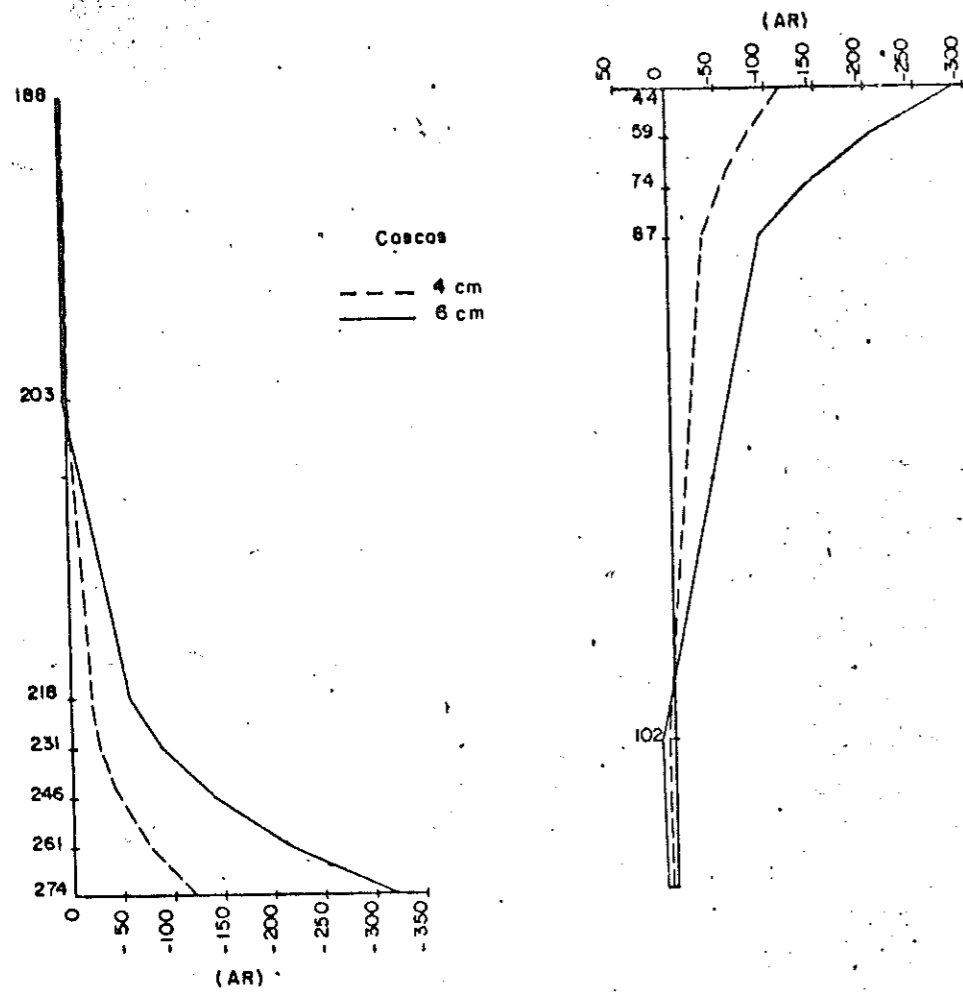


FIG. VI 11.3.6 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA (1)

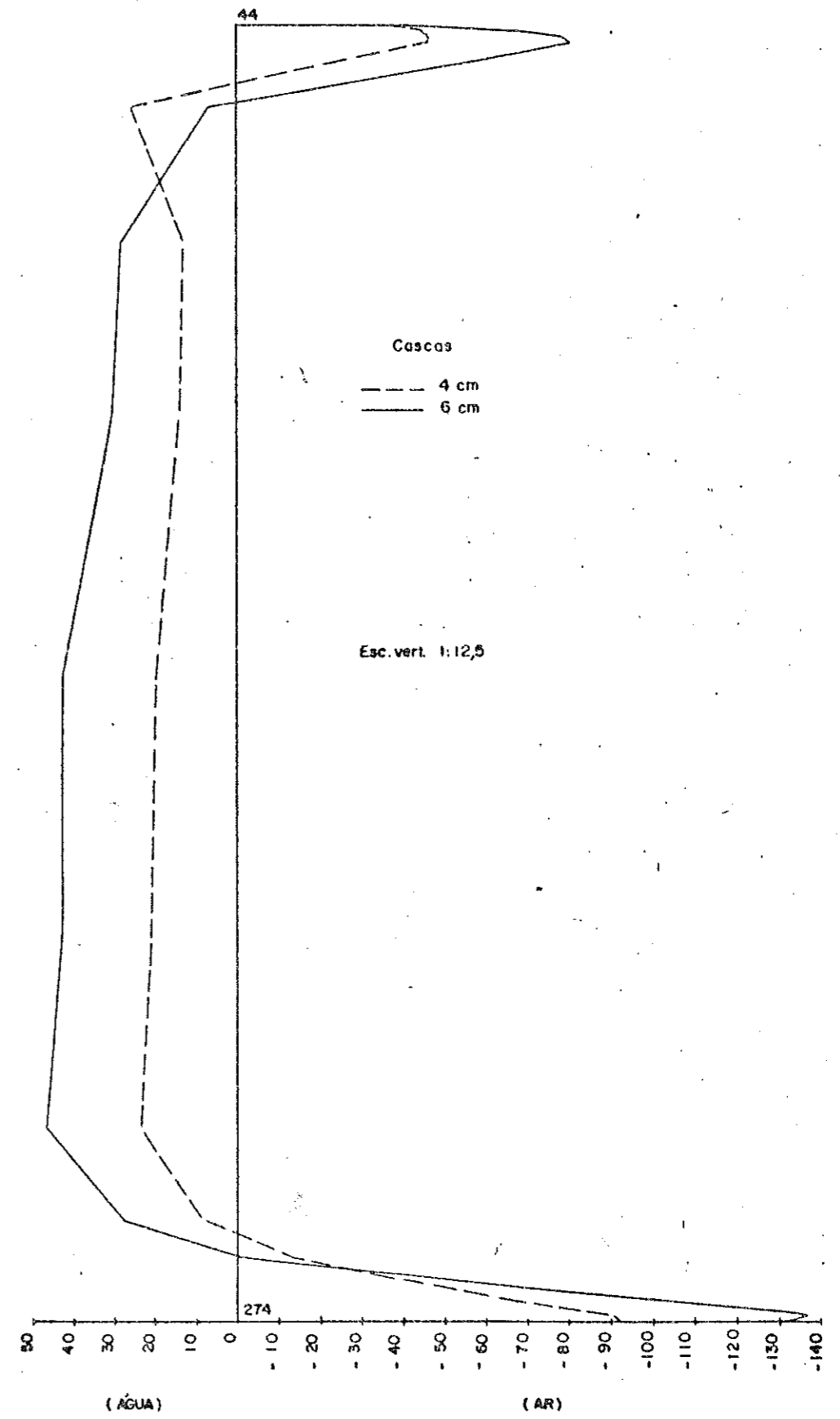


FIG. VI 11.3.7 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA (1)

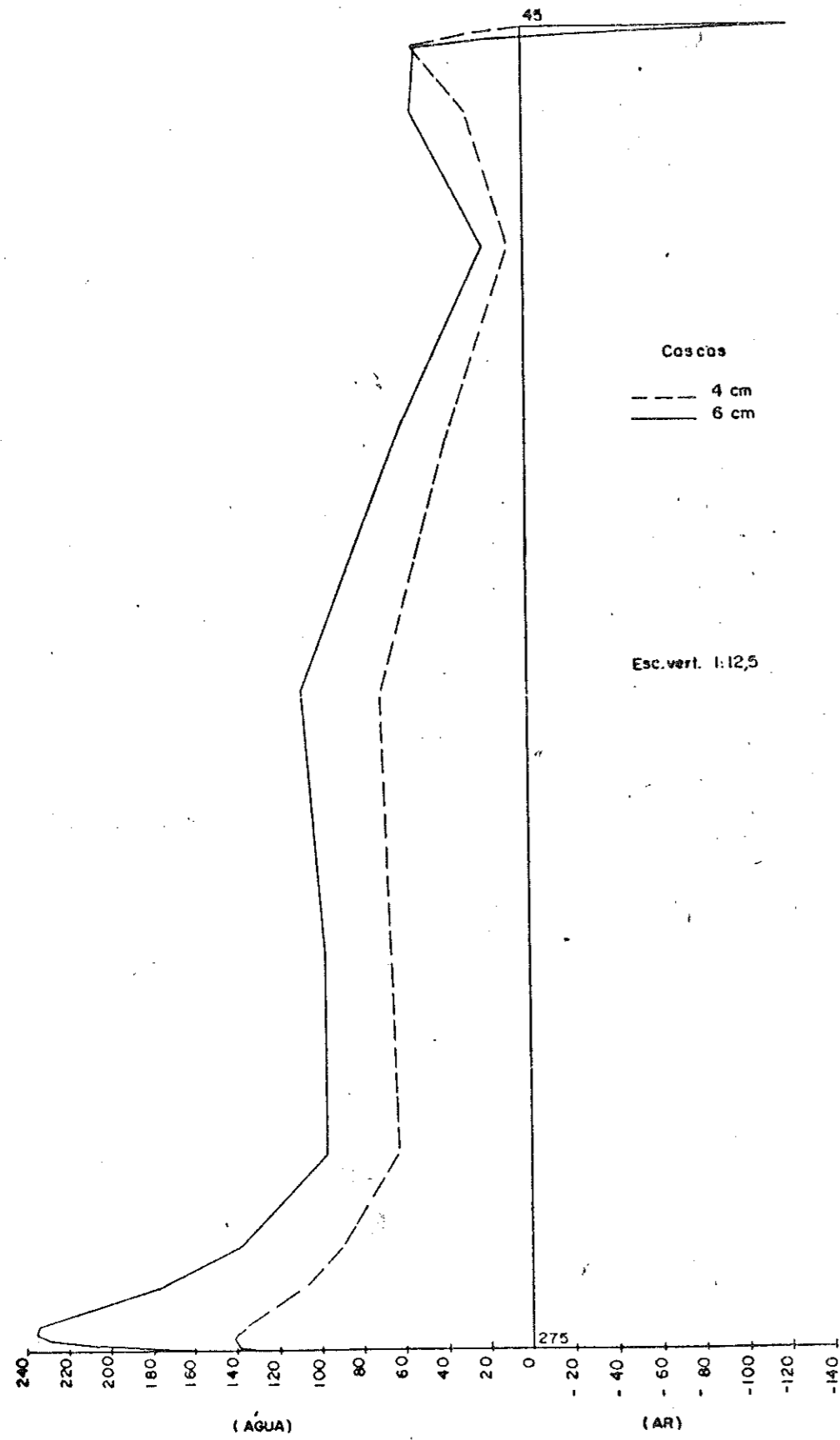


FIG. VI II.3.8 - MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

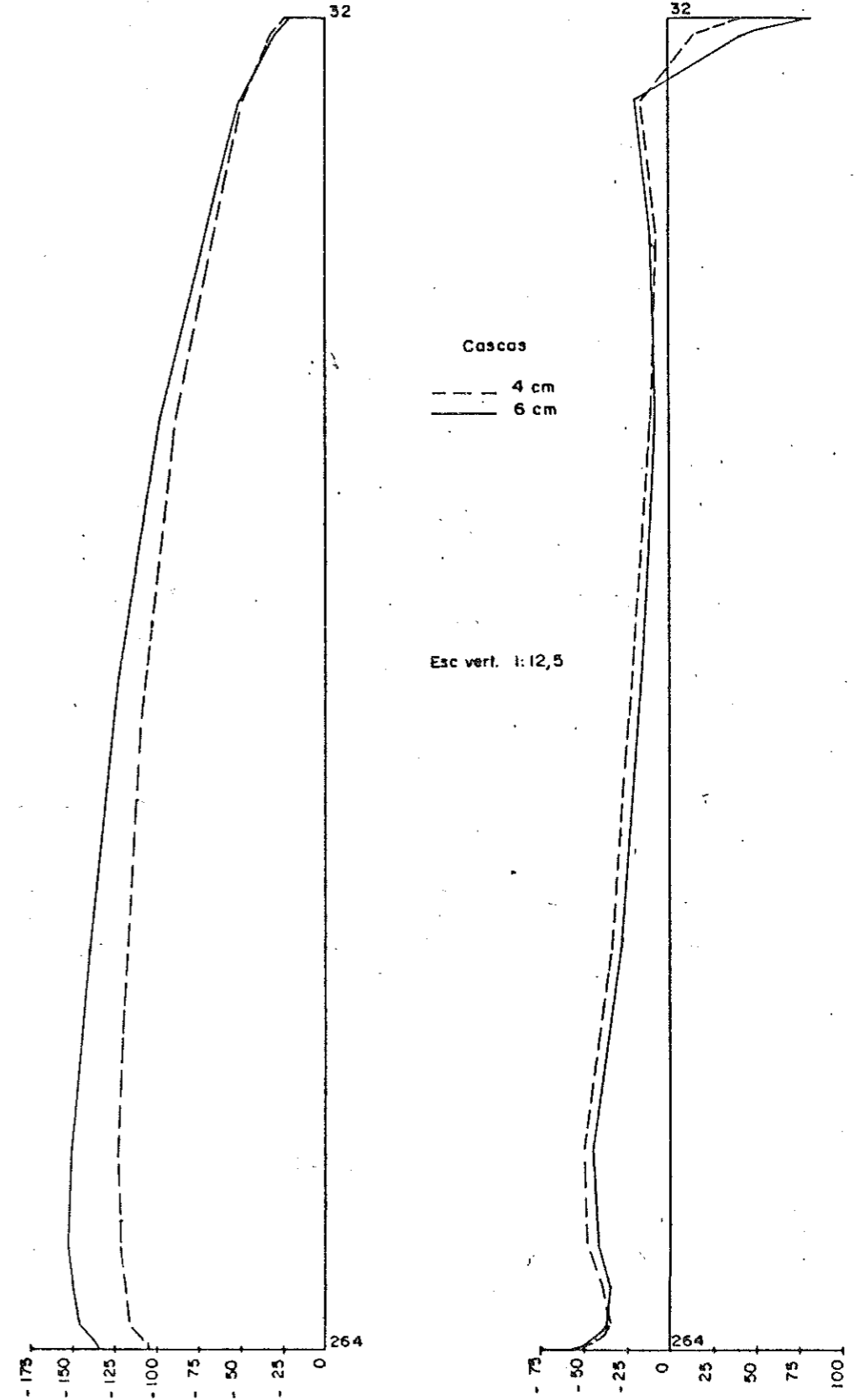


FIG. VI II.3.9 - NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG. VI II.3.10 - NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

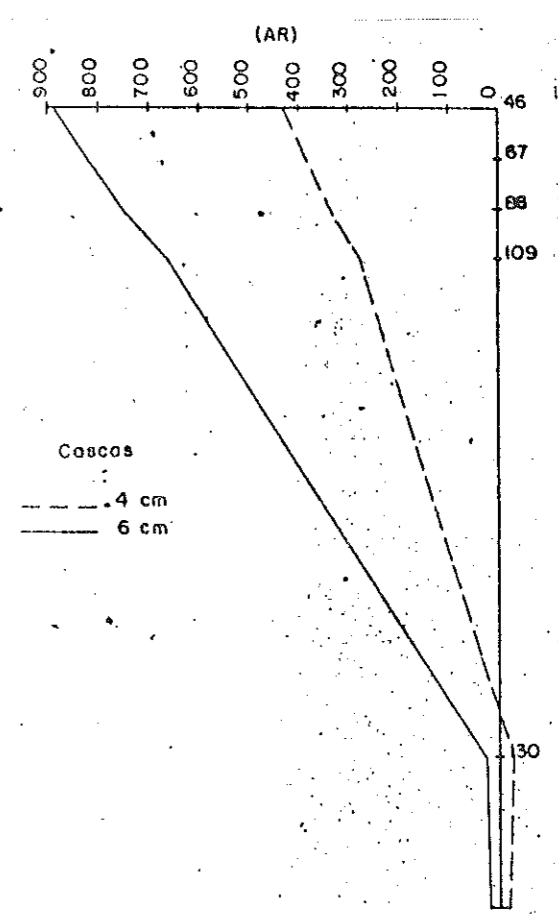
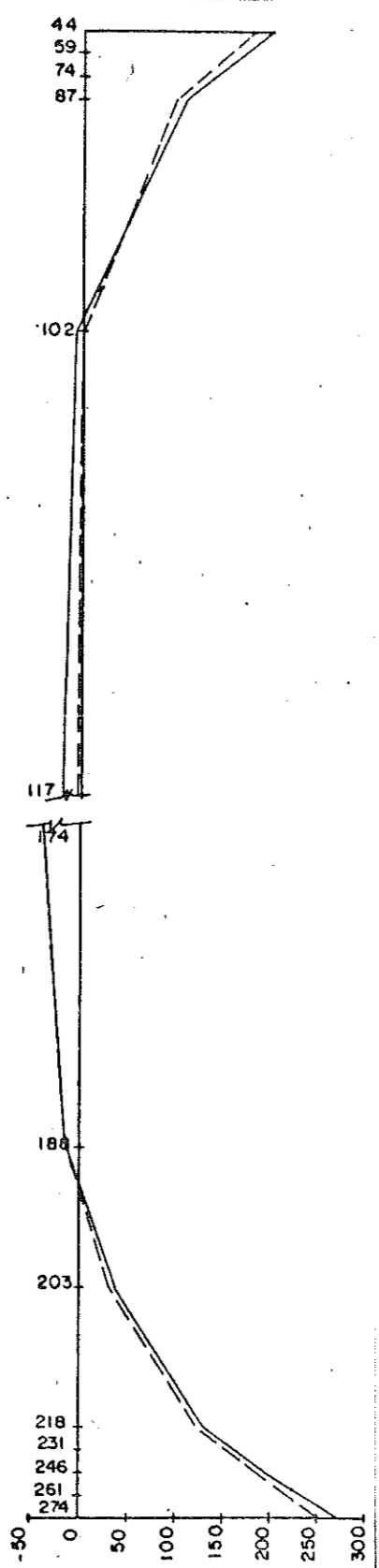
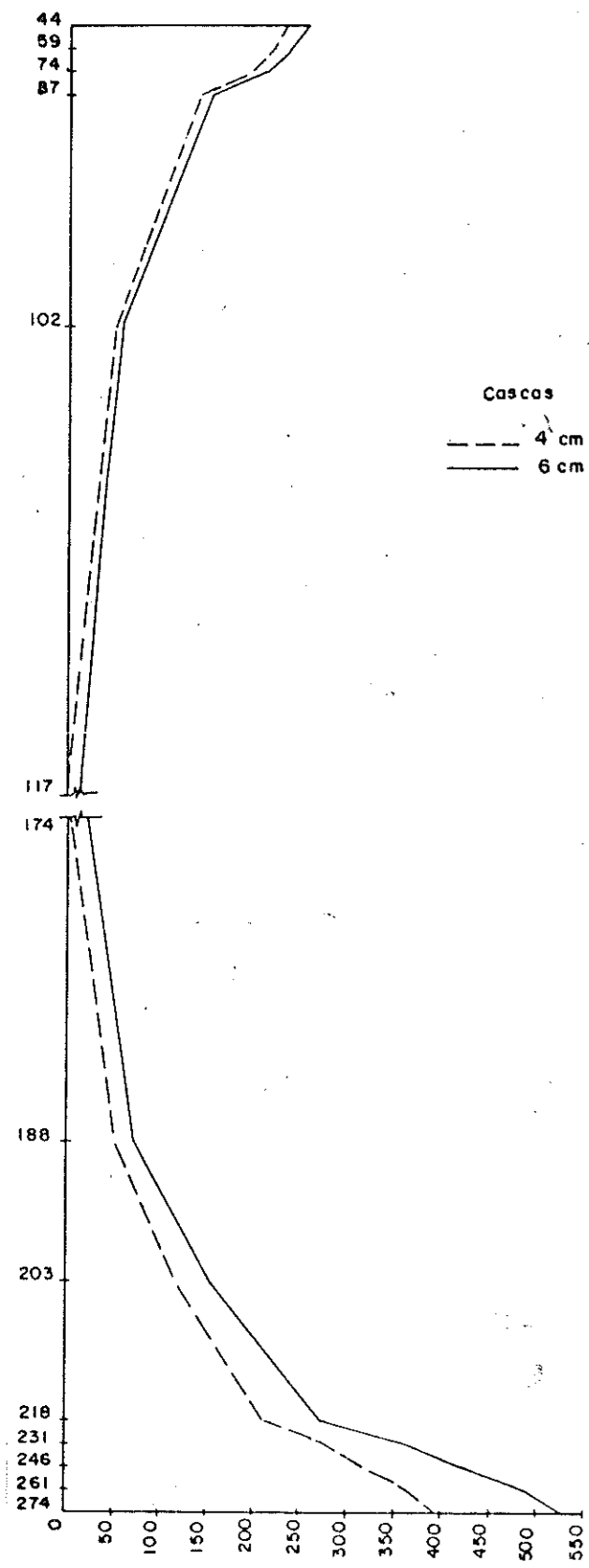


FIG. VI II.3.11- NORMAL N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG. VI II.3.12- NORMAL N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

FIG. VI II.3.13- MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ③

FIG. VI II.3.14- MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ③

VI.12 - Deslocamentos no plano diametral

Como ilustração do comportamento dos reservatórios, do ponto de vista da deformabilidade, nas figuras VI.12.1 e VI.12.2 apresentam-se as formas deslocadas, em um corte diametral passando pela união das abóbodas, de seis reservatórios.

No primeiro (figura VI.12.1) estão representadas tres curvas que correspondem a reservatórios com laje de fundo com 40cm de espessura, cascas com 4cm de espessura, $n = 20$ e vigas com dimensões 25/40, 25/20 e 15/10.

No segundo (figura VI.12.2) as tres curvas correspondem a tres reservatórios com as mesmas características que os tres anteriores, mudando apenas a espessura da laje de fundo para 70cm.

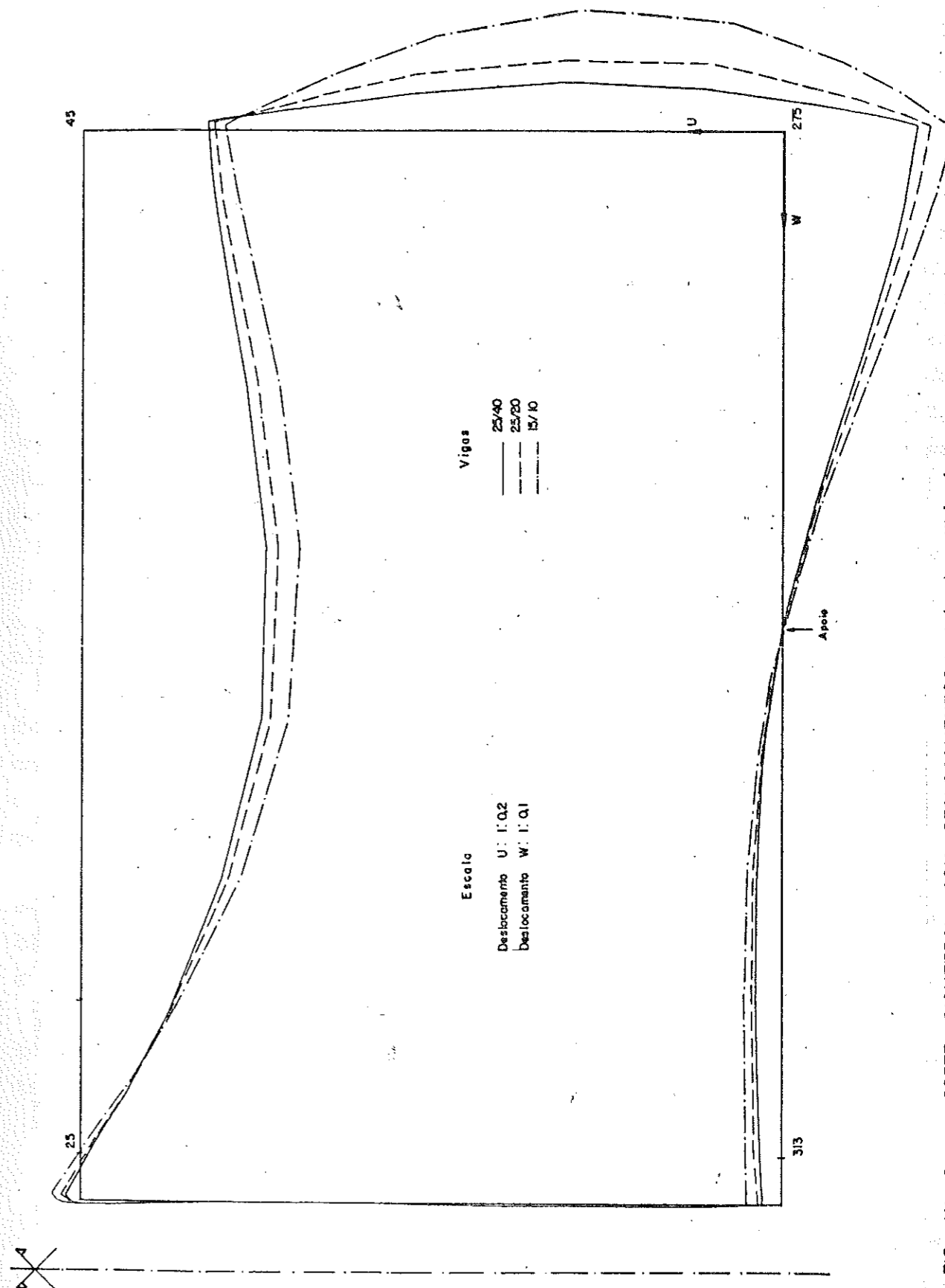


FIG. VI.12.1 - CORTE DIAMETRAL COM DESLOCAMENTOS U (cm) e W (cm)

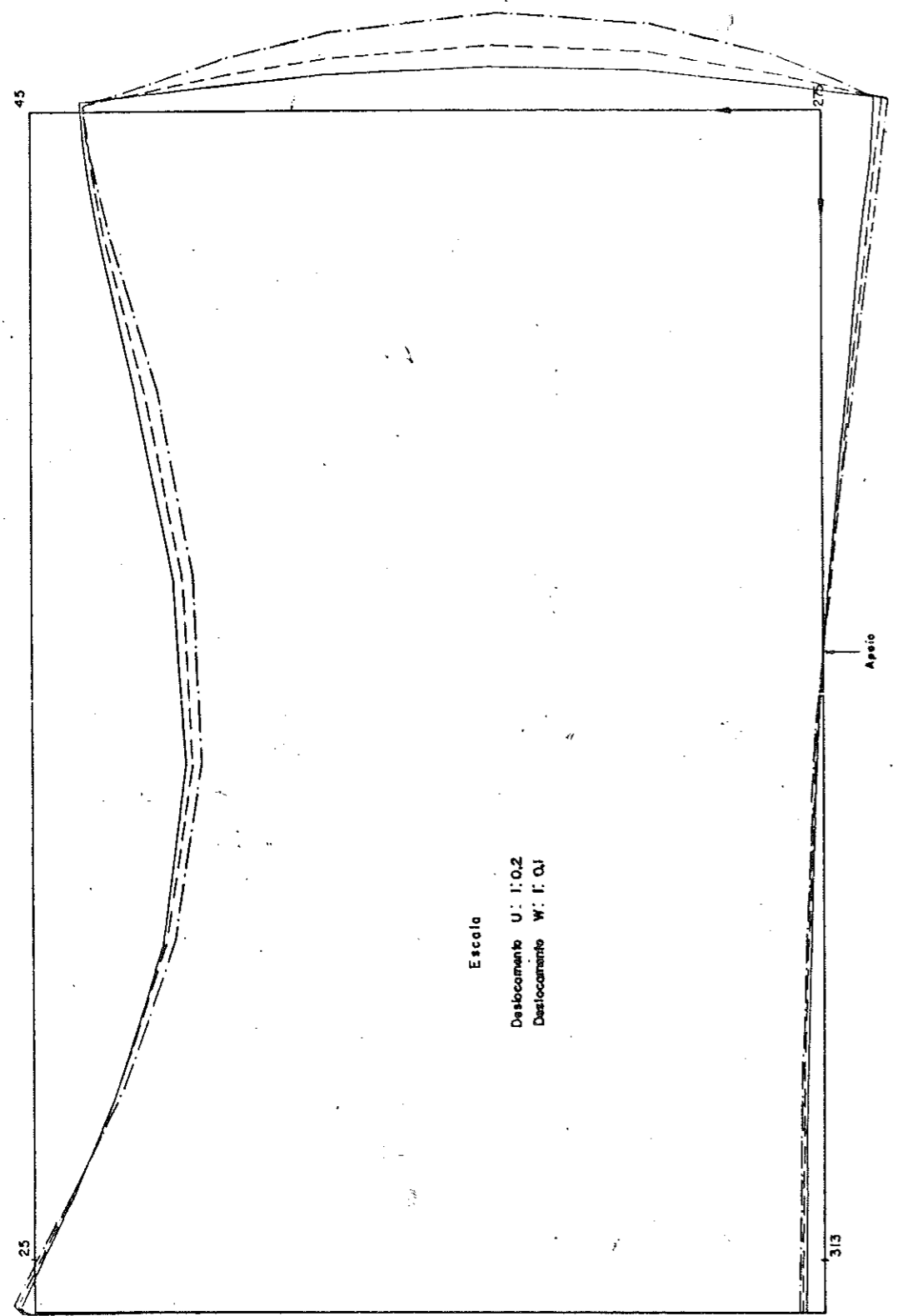


FIG. VI 12.2 — CORTE DIAMETRAL COM DESLOCAMENTOS U (cm) e W (cm)

VII - CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O plano inicial era bastante abrangente; previa a análise de reservatórios com volumes de $500m^3$, $750m^3$ e $1000m^3$, de mesma área projetada, variando, portanto, a altura. Para cada reservatório o número de abóbodas seria variável: 16, 20 e 24. Além disso, seriam estudadas as influências de lajes com duas espessuras diferentes e abóbodas também com duas espessuras diferentes.

Como já foi observado em capítulos anteriores, para se efetuar o processamento, em Campinas, via terminal em Limeira, há a necessidade de se montar um disco especial durante a madrugada em dias previamente reservados. Como o Centro de Computação da UNICAMP não dispunha de disco destinado a esse fim, a Faculdade de Engenharia de Limeira, da UNICAMP, adquiriu, em dezembro de 1982, um disco que entrou em funcionamento em início de 1983. Até essa data não havia sido possível testar o programa com exemplos significativos.

A partir daí os problemas operacionais e computacionais foram sendo sanados, discretizações foram testadas até se chegar a essa versão que pode ser considerada como razoável e definitiva; isso ocorreu em meados de julho de 1983.

A programação inicialmente proposta teve que ser drasticamente reduzida, prejudicando sensivelmente a amplitude das conclusões. Hoje sabe-se que para a proposta inicial ser realizada, seria necessário um tempo variável de seis a doze meses, desde que não houvesse problemas com o sistema computacional.

Deve-se dizer que este programa de doutoramento teve início por volta de 1977 e a maior parte do tempo, de lá para cá, foi empregada na preparação do programa de computador acima mencionado.

Apresenta-se em seguida uma análise do comportamento de cada elemento estrutural componente do reservatório, e, posteriormente, da estrutura como um todo.

VII.1 - Análise da laje de fundo

A configuração estática do reservatório favorece o aparecimento de momentos fletores que tracionam a face da laje de

fundo em contacto com o líquido.

Observando-se os gráficos onde estão representados os momentos fletores M_z e M_y , pode-se resumir o estudo comparativo desses esforços, para as várias possibilidades já aventadas, nos dois quadros:

Quadro VII.1.1 - Unidades: cm e kgfcm/cm

n	h_f	e_c	viga	M_z	M_y	M_r	$M_z > M_r^*$	$M_y > M_r^*$
20	70	6	25/40	22000	12500	23275	-	-
			25/20	23300	13600	23275	-	-
			15/10	24300	14800	23275	3%	-
		4	25/40	22400	13000	23275	-	-
			25/20	23400	14000	23275	-	-
			15/10	24500	15000	23275	3%	-

* Porcentagem do vão da laje com M_z ou M_y maiores que M_r .

Quadro VII.1.2 - Unidades: cm e kgfcm/cm

n	h_f	e_c	viga	M_z	M_y	M_r	$M_z > M_r^*$	$M_y > M_r^*$
20	40	6	25/40	16800	7300	7600	33%	-
			25/20	17000	7400	7600	34%	-
			15/10	17800	8000	7600	38%	11%
		4	25/40	17000	8200	7600	36%	5%
			25/20	17300	8500	7600	35%	7%
			15/10	18000	9200	7600	39%	18%

* Porcentagem do vão da laje com M_z ou M_y maiores que M_r .

sendo M_r = momento de fissuração simples, h_f = espessura da laje de fundo, e_c = espessura das abóbodas e n = número de abóbodas.

Adotou-se $f_{ck} = 200 \text{ kgf/cm}^2$, o que provê um módulo de deformação longitudinal aproximadamente igual a 150000 kgf/cm^2 .

As duas últimas colunas dos quadros VII.1.1 e VII.1.2 indicam a porcentagem do vão da laje que fica solicitada com momento fletor maior que o momento de fissuração simples.

Diminuindo-se para 16 o número de abóbodas, nota-se uma diminuição dos valores de M_z que varia de 4% a mais ou menos 6%, enquanto que os momentos M_y ficam praticamente inalterados.

Isso mostra que os momentos fletores da laje de fundo não sofrem alterações sensíveis com a variação do número de abóbodas.

Dessas observações pode-se afirmar que diminuindo o número de abóbodas, a laje de fundo poderá ser mais fina.

Quanto à deformabilidade, para se ter um termo de comparação, pode-se assumir que a laje de fundo é análoga a uma laje em balanço, tomando-se como valor admissível para a flecha $1/150$ do comprimento teórico do balanço, de acordo com a NB-1/78 (2).

Considerando-se o comprimento teórico do balanço como 286,82cm (distância do ponto 245 à linha de apoio, vide figura VI.3), tem-se para a flecha admissível o valor 1,91cm.

Dos casos estudados, a maior flecha ocorre para o reservatório com laje de fundo com 40cm de espessura, cascas com 4cm de espessura, viga de borda com dimensões 15/10 e n = 20. Para o ponto 275 o valor encontrado é 0,95cm, duas vezes menor que o valor posto admissível.

Do exposto, pode-se inferir que, das quatro lajes, a menos espessa é plenamente satisfatória. É claro que a região próxima à linha de apoio deve ser provida de adequada armadura contra o cisalhamento.

Deve-se notar, também, que os esforços de membrana, na laje de fundo, são de pequena intensidade, exceto nas regiões próximas à linha de apoio e nas vizinhanças da ligação abóbodas externas - laje, onde assumem valores elevados.

Ocorre que nesses lugares há concentração de tensões, que ficam confinadas dentro de limites bastante estreitos, representando efeitos localizados, provavelmente provocados pela vinculação adotada na linha de apoio, onde são liberados os deslocamentos radiais; além disso, deve-se levar em consideração que o elemento finito adotado para captar os efeitos de membrana não permite a obtenção de resultados precisos, não tendo sido adotado outro, com melhor desempenho, por razões já expostas em capítulo anterior.

Sugere-se que as ligações entre os vários elementos estruturais sejam melhor estudadas, adotando-se elementos tridimensionais que retratem, com maior fidelidade, as grandezas dos esforços

ços aí instalados.

VII.2 - Análise das abóbodas

A análise das abóbodas é feita com base nos maiores esforços extraídos dos resultados e dos gráficos, embora sabendo que esses esforços, quando ocorrem nas junções dos diversos elementos estruturais, podem não ter os valores aí expostos, pois essa ligação que se dá ao longo de arestas é uma idealização que não representa a realidade estrutural.

A tensão máxima em kgf/cm² na abóboda é dada por:

$$\sigma = \pm \frac{N}{e_c} \pm \frac{6M}{e_c^3}$$

sendo: N = força normal à seção e M = momento fletor, atuantes em determinado ponto da abóboda.

Nos quadros que seguem estão relacionadas as tensões normais máximas σ_x (tensão longitudinal) e σ_y (tensão circunferencial para a casca ①, dos diversos reservatórios estudados.

Essas tensões foram calculadas em pontos das abóbodas fora da faixa correspondente à semi-espessura das lajes, isto é, em pontos pertencentes apenas às abóbodas.

Quadro VII.2.1 - Unidades: cm e kgf/cm²

n	h _f	e _c	viga	aresta 264 a 32 σ_x	aresta 274 a 44 σ_x	aresta 274 a 44 σ_x	aresta 275 a 45 σ_x
16	70	4	25/40	- 34,8	24,5	23,4	31,8
			25/20	- 34,4	21,3	12,4	18,4
			15/10	- 33,4	33,7	8,7	22,8
		6	25/40	- 27,5	17,1	15,4	20,6
			25/20	- 27,5	18,3	8,0	11,3
			15/10	- 27,9	28,9	5,0	10,5

Quadro VII.2.2 - Unidades: cm e kgf/cm²

n	h _f	e _c	viga	aresta 264 a 32 σ_x	aresta 274 a 44 σ_x	aresta 274 a 44 σ_y	aresta 275 a 45 σ_y
16	40	4	25/40	- 54,2	42,8	27,3	38,3
			25/20	- 55,6	45,4	15,7	23,5
			15/10	- 57,2	47,9	9,8	24,4
		6	25/40	- 41,4	35,8	17,5	24,4
			25/20	- 41,0	37,9	9,4	14,4
			15/10	- 41,8	41,7	5,8	12,5

Quadro VII.2.3 - Unidades: cm e kgf/cm²

n	h _f	e _c	viga	aresta 264 a 32 σ_x	aresta 274 a 44 σ_x	aresta 274 a 44 σ_y	aresta 275 a 45 σ_y
20	70	4	25/40	- 32,1	36,0	26,4	30,4
			25/20	- 32,4	31,5	15,4	17,0
			15/10	- 36,8	32,1	10,3	20,3
		6	25/40	- 26,0	26,3	18,5	20,0
			25/20	- 26,4	23,3	10,4	10,3
			15/10	- 28,7	27,4	6,8	11,0

Quadro VII.2.4 - Unidades: cm e kgf/cm²

n	h _f	e _c	viga	aresta 264 a 32 σ_x	aresta 274 a 44 σ_x	aresta 274 a 44 σ_y	aresta 275 a 45 σ_y
20	40	4	25/40	- 58,3	45,9	32,8	39,2
			25/20	- 58,0	47,5	20,2	23,6
			15/10	- 58,9	52,2	12,3	25,6
		6	25/40	- 45,8	39,6	22,2	25,4
			25/20	- 45,2	41,4	13,6	14,4
			15/10	- 46,8	44,6	8,7	14,2

A parcela predominante no cálculo das tensões é a devida à força normal, principalmente de tração na região próxima à ligação abóboda - viga.

Dos resumos apresentados depreende-se que, aumentando o número de abóbodas, as tensões σ_x e σ_y nas proximidades das junções das cascas com as vigas, aumentam; assim como aumentando a espessura da laje de fundo do reservatório, as tensões longitudinais de compressão, na coroa da casca, ao longo da geratriz, diminuem.

Com relação à tensão, pode-se considerar que o reservatório com laje de fundo com quarenta centímetros de espessura, abóbodas com quatro centímetros e viga 15/10, tanto com dezesseis como com vinte abóbodas é satisfatório.

Para os dois casos as tensões praticamente se equivalem, sendo que a máxima tração é igual a $52,2 \text{kgf/cm}^2$. Se se usar argamassa como material construtivo para as cascas, esse valor é perfeitamente suportável, uma vez que Petroni [citado por Hanai (6) e (8)] sugere tensões admissíveis de 120 a 140kgf/cm^2 de tração, para o dimensionamento de vigas, considerando a seção homogeneizada.

Do ponto de vista da deformabilidade, pode-se induzir que abóbodas mais finas, vinculadas a vigas menos rígidas e lajes menos espessas, devem apresentar os maiores deslocamentos transversais, conforme se pode notar nas figuras VI.12.1 e VI.12.2.

Assim para os terceiros casos dos Quadros VII.2.2 e VII.2.4, tem-se um deslocamento transversal máximo igual a 0,32cm para o primeiro e 0,403cm para o segundo, em pontos situados a meia altura do reservatório. O primeiro valor do deslocamento corresponde, aproximadamente, a 1/1250 e o segundo a 1/990 da altura do reservatório.

Esses valores são bem menores que 1/300, proposto pela NB-1/78, se se pudesse fazer a analogia da casca com uma viga ou uma laje, conforme recomendação de seu item 4.2.3.1.

Para esses casos as deflexões máximas das vigas também ocorrem à meia altura e valem: 0,348cm para $n = 20$ e 0,27cm para $n = 16$. Esses deslocamentos correspondem, aproximadamente, a 1/1150 e 1/1500 do comprimento da viga, respectivamente, podendo-se considerá-los de magnitude reduzida quando confrontados com o

valor recomendado pela NB-1/78 que é 1/300 do vão teórico.

Nesses casos torna-se desnecessário a colocação de tirantes poligonais internos com a finalidade de reduzir os deslocamentos da viga.

Quanto à casca central, a tensão máxima ocorre nas proximidades da laje de cobertura e vale: $\sigma_x = -41,4 \text{kgf/cm}^2$ para $n = 20$ e $\sigma_x = -40,9 \text{kgf/cm}^2$ para $n = 16$, valores que não preocupam, mesmo tendo essa casca apenas quatro centímetros de espessura.

Os resultados apresentados permitem concluir que a adoção de abóbodas pré-moldadas, utilizando-se a argamassa como material constituinte é perfeitamente viável para reservatório elevado, com volume aproximado de 500m^3 , e as características já descritas.

Abóboda com espessura de 4cm e 4m de comprimento deve ser facilmente transportada e içada até a laje de fundo - que pode servir de plataforma de trabalho - por equipamentos elatores comuns (conf. Hanai (6), pág. 7.4), já que seu peso está em torno de 1000kgf.

VII.3 - Alguns resultados para o reservatório analisado por Hanai (6) com o processo viga-arco

Com o intuito de estabelecer um paralelo entre os valores obtidos com o processo viga-arco e com o programa de computador que consta deste trabalho, apresentam-se alguns resultados para dois exemplos de um mesmo reservatório onde algumas dimensões são fixadas, quais sejam: laje superior = 8cm, casca interna = 10cm, número de abóbodas (n) = 16, altura do reservatório (H) = 823cm e raio externo (R) = 540cm (tendo em vista a figura VI.1).

O primeiro exemplo tem as mesmas dimensões do reservatório estudado por Hanai (6), página 6.2 e seguintes, que são: espessura das abóbodas externas = 8cm, vigas com dimensões 15/60 e laje de fundo com espessura = 45cm.

O segundo exemplo tem as seguintes dimensões: espessura das abóbodas = 6cm, dimensões das vigas 15/45 e laje de fundo com 40cm de espessura.

Nos dois casos adotou-se o apoio do reservatório como fixo, impedindo-se, portanto, o deslocamento na direção radial.

Para a laje de fundo, em ambos os exemplos, o momento radial no apoio é da ordem de 21,0 tfcm/cm e o momento tangencial 13,0 tfcm/cm, enquanto que Hanai (6) encontrou 16,15 tfcm/cm e 7,25 tfcm/cm, respectivamente. Os momentos de fissuração simples para lajes com 45cm e 40cm de espessura são, respectivamente, iguais a 9,62 tfcm/cm e 7,6 tfcm/cm.

Como nos dois casos aqui tratados não se considerou a existência de tirantes poligonais internos, fica difícil comparar-se resultados; prefere-se, então, apresentar alguns valores de tensões máximas para esses exemplos, como nos itens anteriores, e alguns gráficos dos esforços mais significativos ao longo de duas geratrizes das cascas (1) e (3), para o primeiro exemplo.

Assim, para as abóbodas externas tem-se as seguintes tensões máximas.

Quadro VII.3.1 - Unidades: kgf/cm²

Exemplos	Aresta 264 a 32 σ_x	Aresta 274 a 44 σ_x	Aresta 274 a 44 σ_y	Aresta 275 a 45 σ_y
1º	- 46,0	50,7	26,0	31,7
2º	- 69,5	114,5	34,3	41,7

Para a casca interna as tensões máximas valem: $\sigma_x = 3,6 \text{ kgf/cm}^2$ e $\sigma_y = 5,7 \text{ kgf/cm}^2$ para o primeiro caso e: $\sigma_x = 4,4 \text{ kgf/cm}^2$ e $\sigma_y = 5,6 \text{ kgf/cm}^2$ para o segundo.

Em seguida apresentam-se alguns diagramas de esforços para o primeiro exemplo.

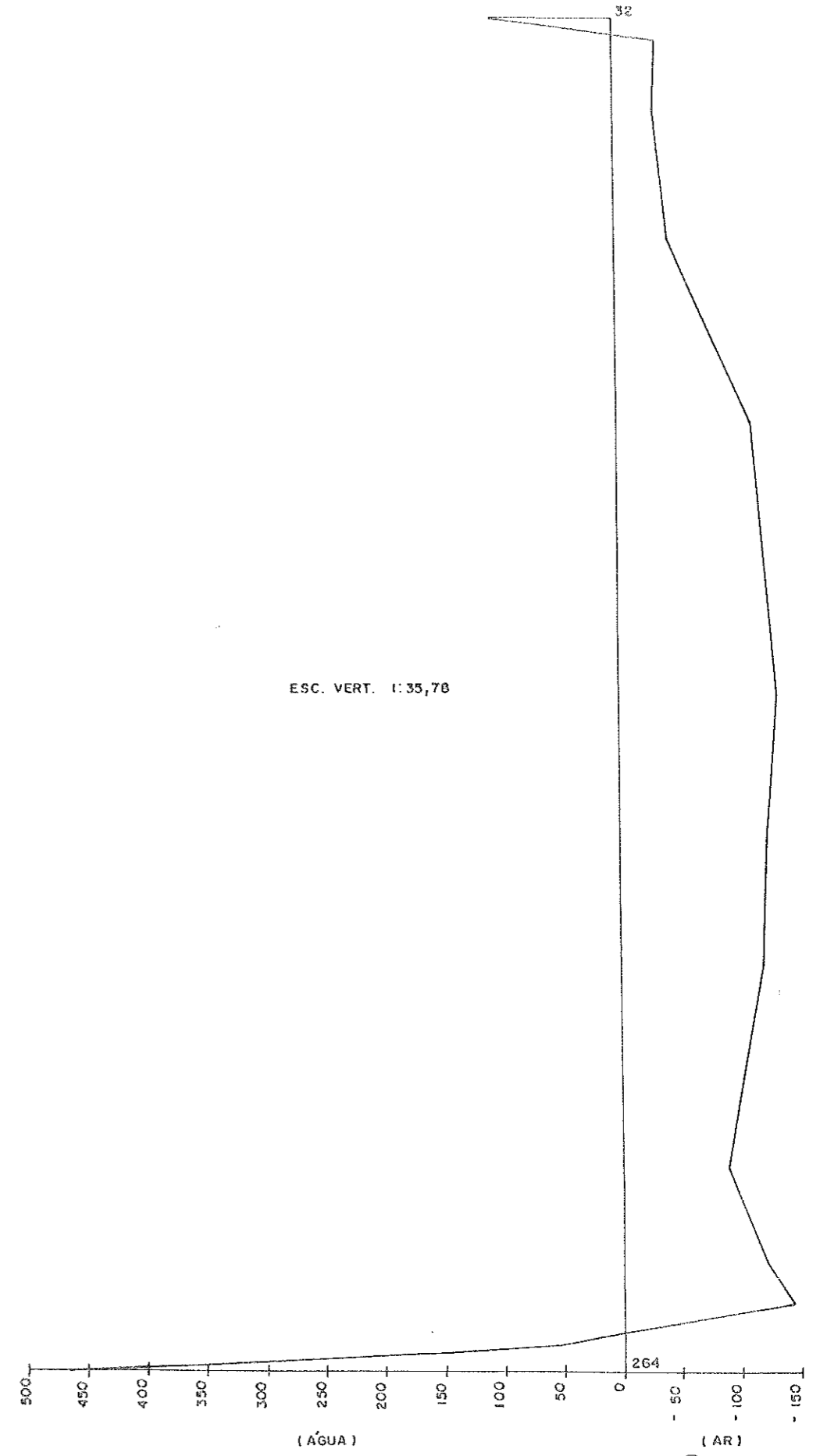


FIG. VII.3.1 - MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA (1)

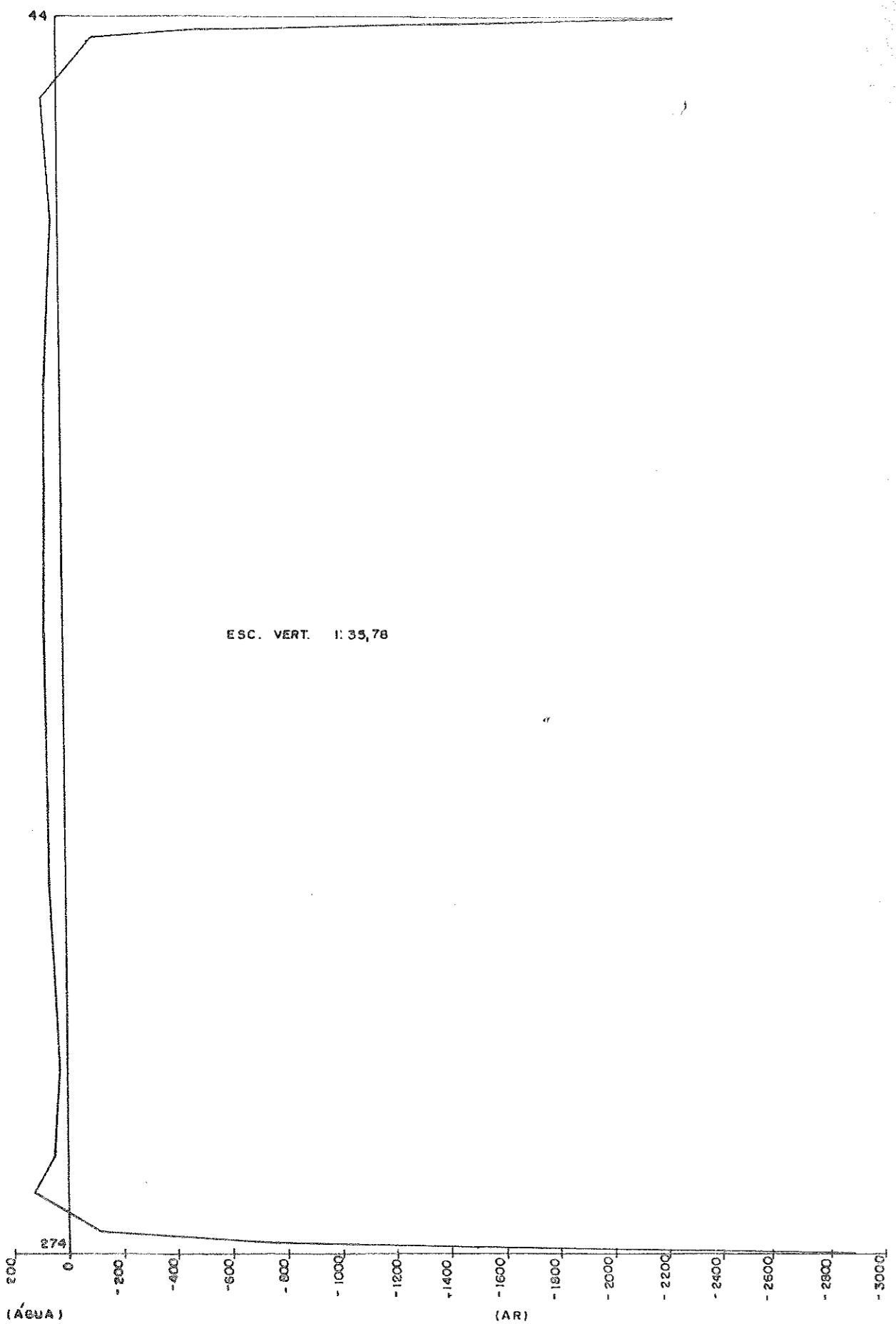


FIG. VII.3.2 MOMENTO M_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

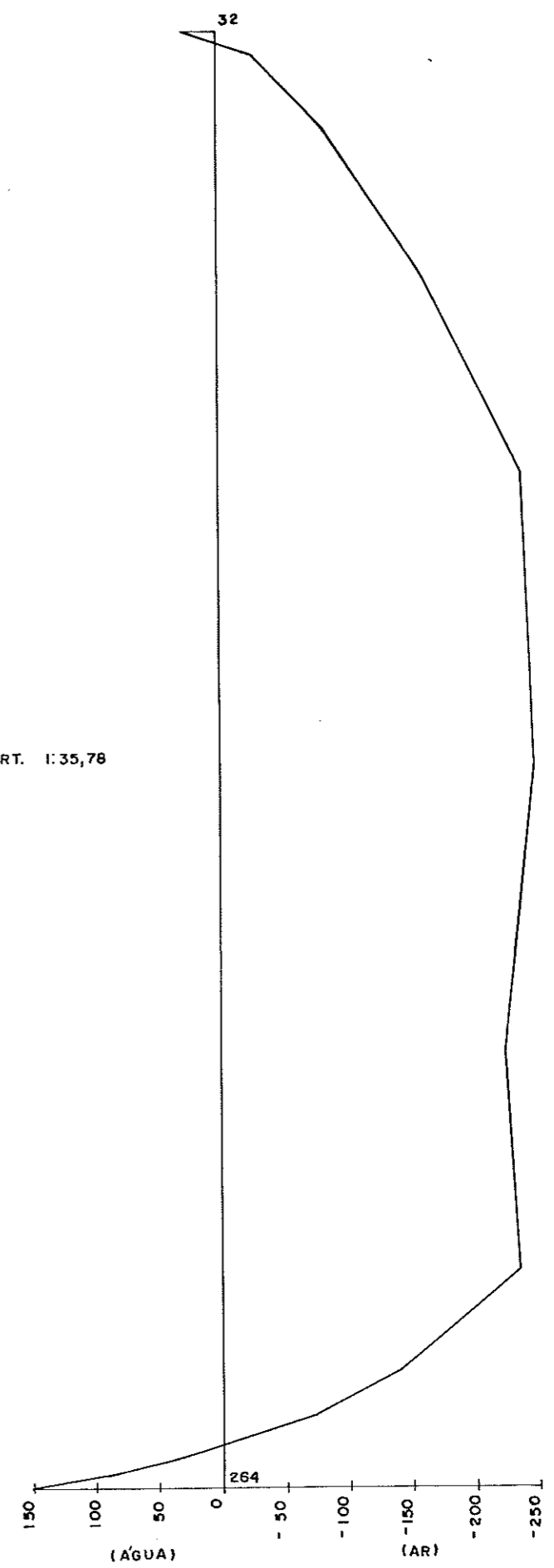


FIG. VII.3.3 MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

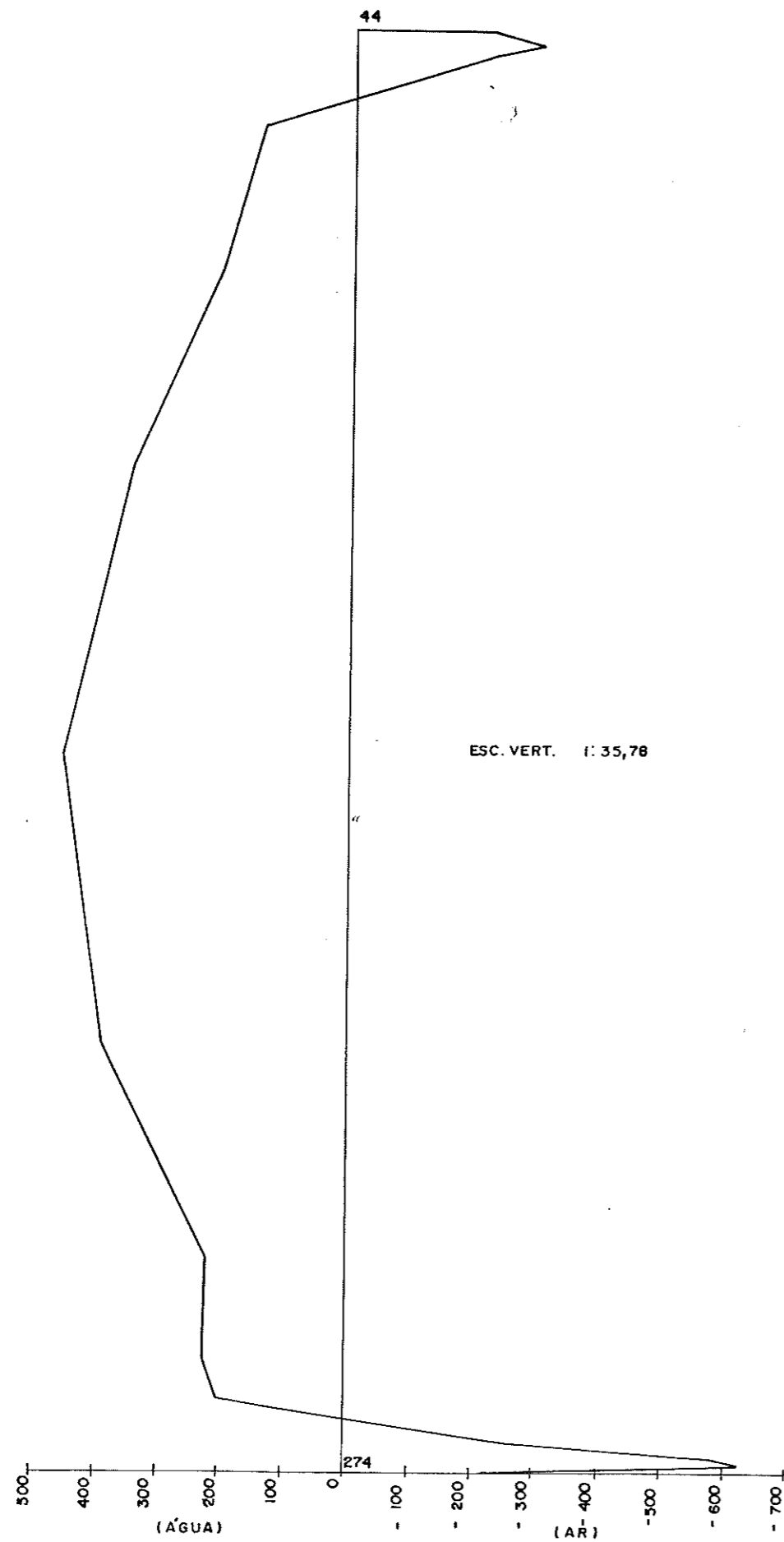


FIG. VII. 3.4 MOMENTO M_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

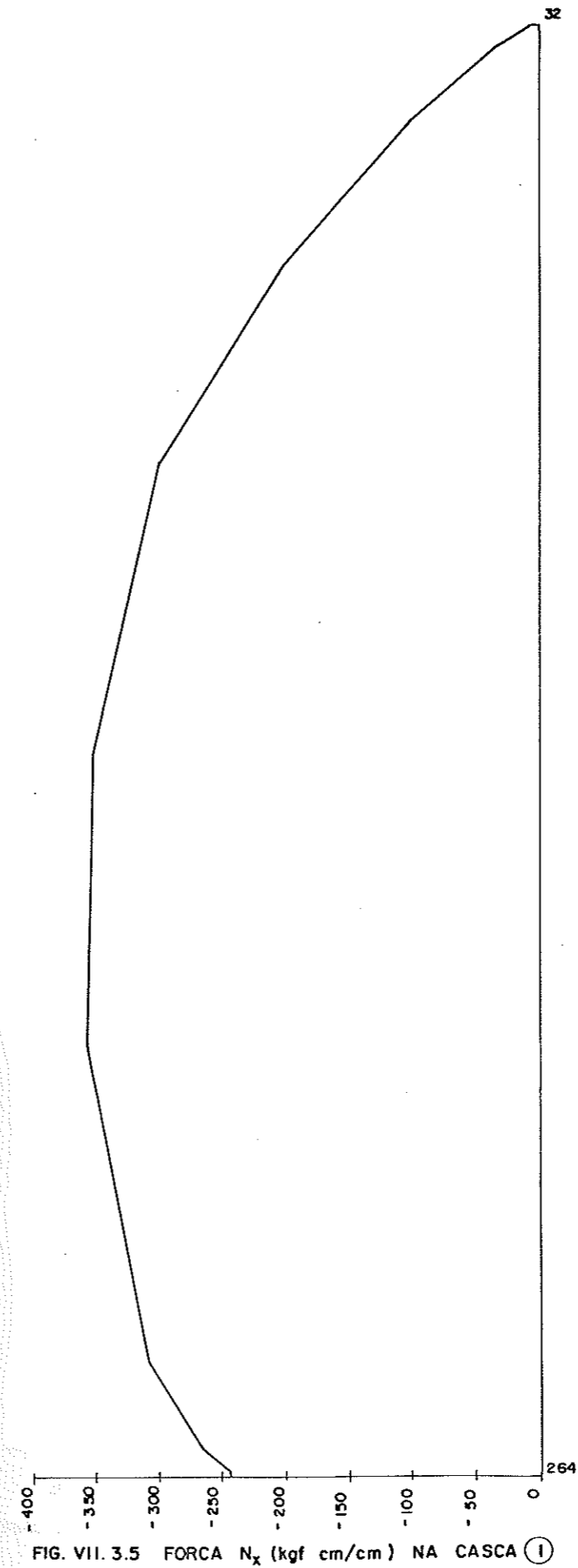


FIG. VII. 3.5 FORÇA N_x (kgf cm/cm) NA CASCA ①

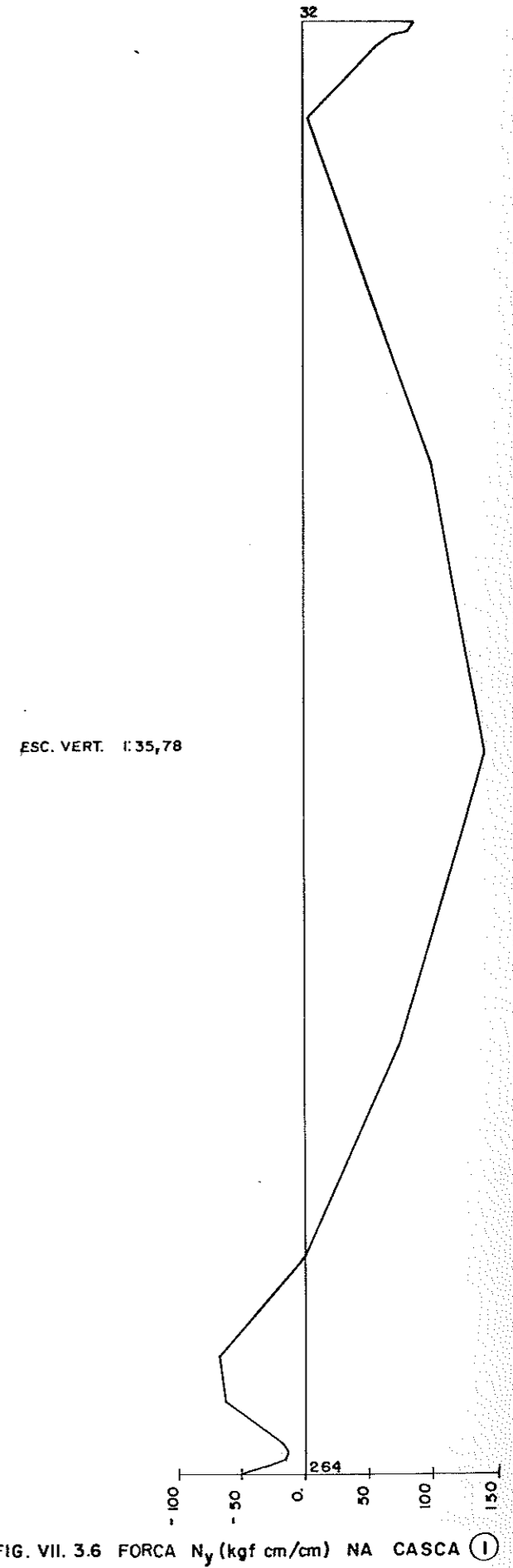


FIG. VII. 3.6 FORÇA N_y (kgf cm/cm) NA CASCA ①

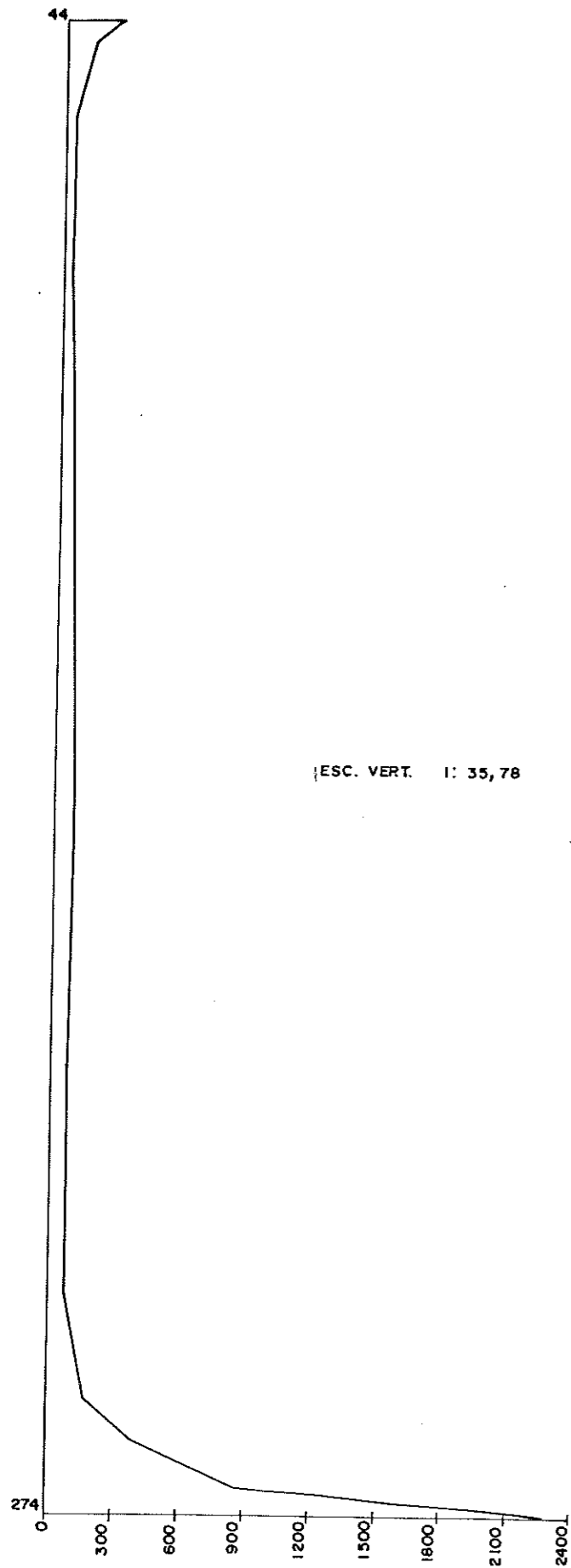


FIG.VII. 3.7 - FORÇA N_x (kgf/cm) NA CASCA ①

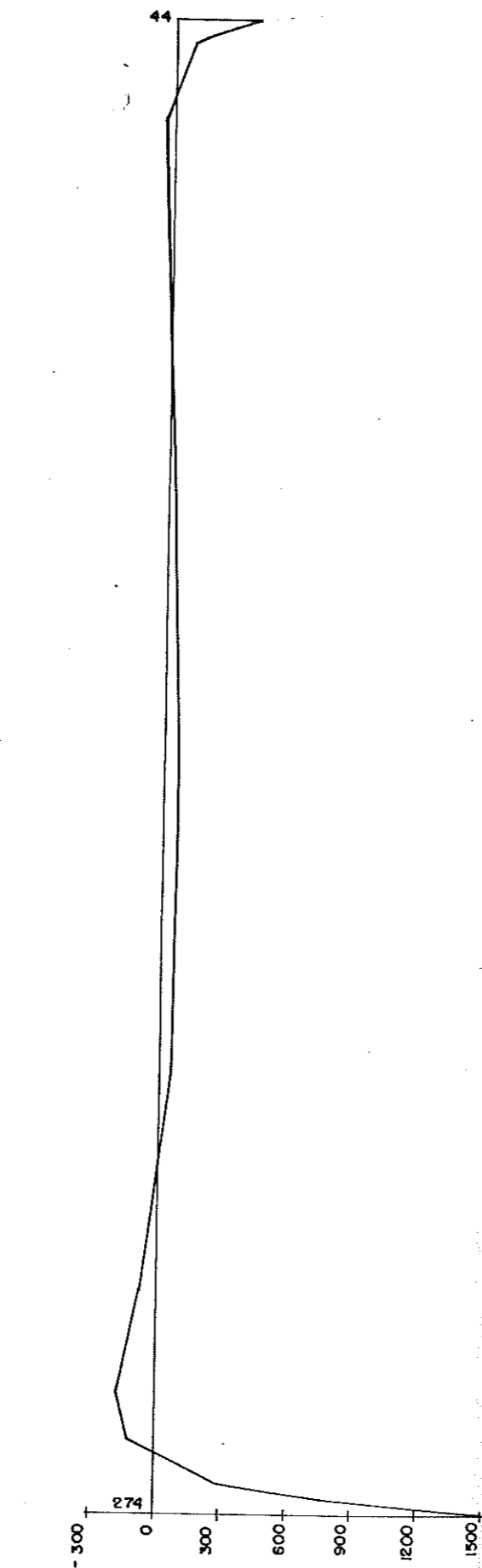


FIG.VII. 3.8 - FORÇA N_y (kgf/cm) NA CASCA ①

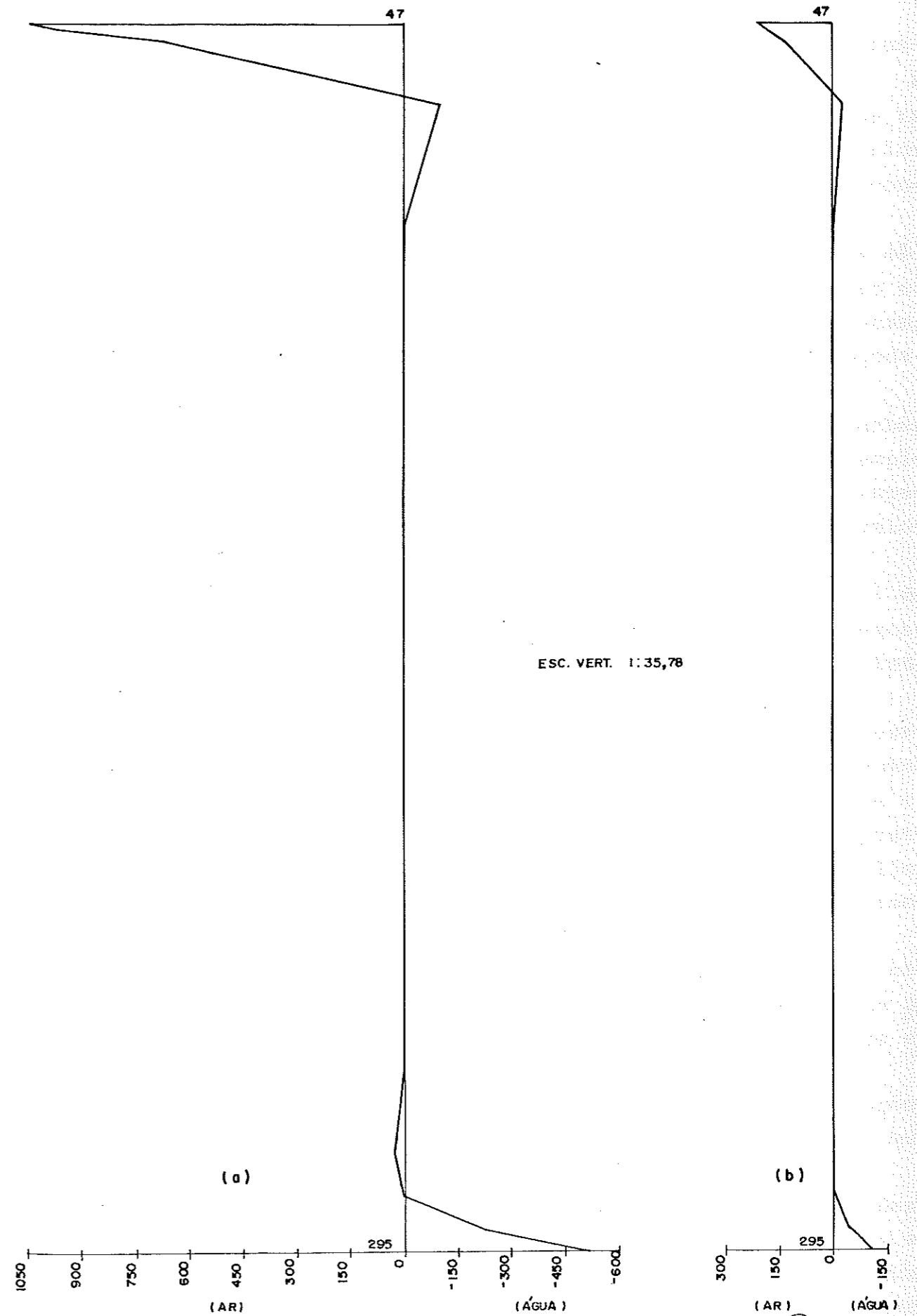


FIG.VII. 3.9 - MOMENTOS M_x (kgf/cm) (a) e M_y (kgf/cm) (b) NA CASCA ③

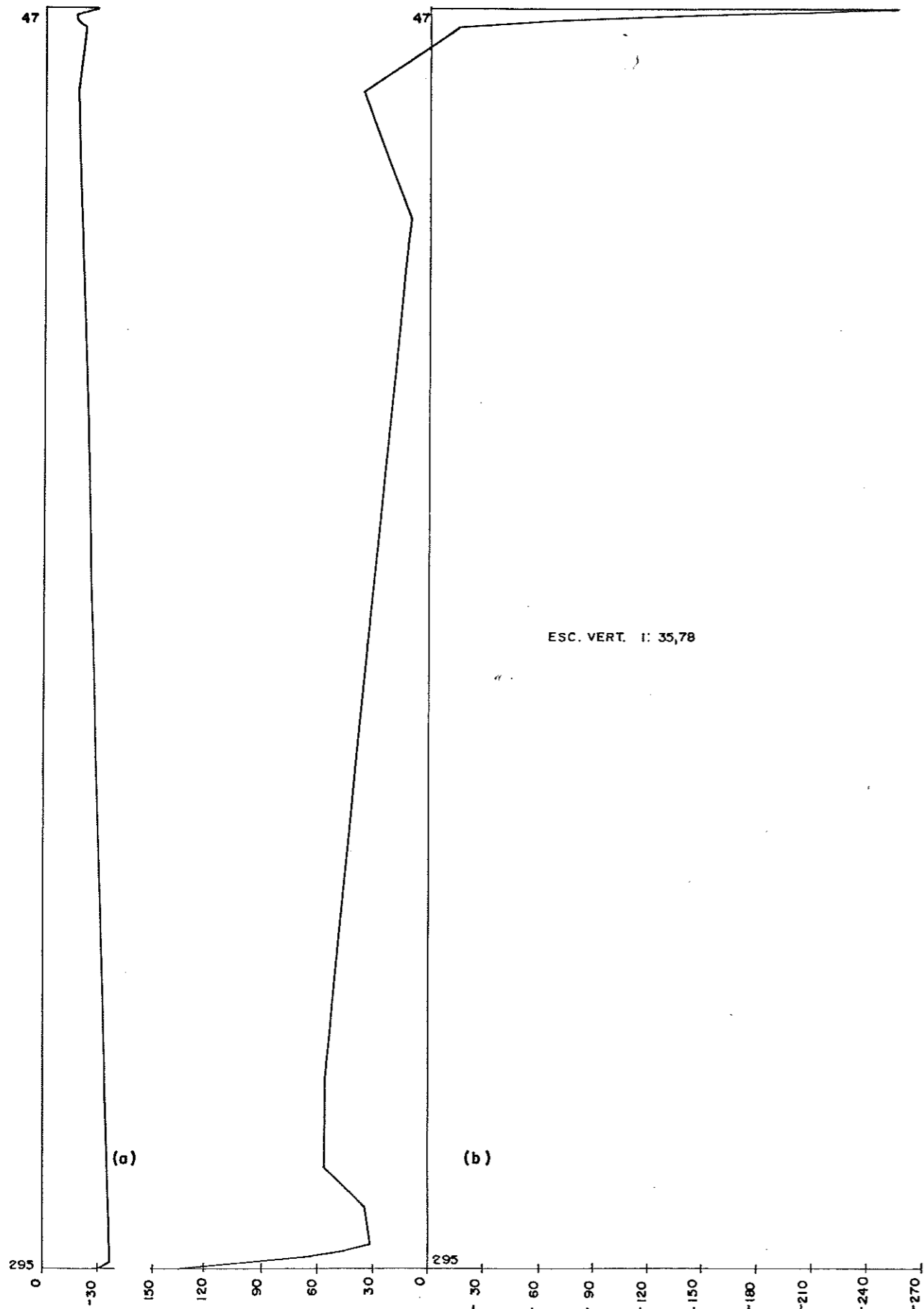


FIG. VII. 3. 10 - FORÇAS N_x (kgfcm/cm) (a) e N_y (kgfcm/cm) (b) NA CASCA (3)

Quanto à deslocabilidade, tem-se para a laje de fundo, no ponto 275 (Vide figura VI.3), os seguintes valores para a flecha: primeiro exemplo 0,664cm e segundo exemplo 0,948cm, que representam, respectivamente, 1/432 e 1/303 do comprimento teórico do balanço, valores menores que o proposto pela NB-1/78 (2), conforme hipótese assumida anteriormente.

Para as abóbodas externas, na coroa, os valores máximos ocorrem à meia altura dos reservatórios e valem: primeiro exemplo 0,712cm e para o segundo exemplo 1,107cm, que representam, respectivamente, 1/1156 e 1/743 do comprimento teórico da abóboda, valores menores que o proposto pela NB-1/78 (2) para vigas.

Quanto às vigas, as maiores flechas ocorrem, também, à meia altura dos reservatórios e valem, para o primeiro exemplo 0,586cm e para o segundo exemplo 0,918cm, que correspondem, respectivamente, a 1/1404 e 1/897 do comprimento teórico da viga, valores menores que o indicado pela NB-1/78 (2) para vigas.

Os esforços de membrana nas lajes de fundo são de pequena intensidade, mesmo nas imediações da linha de apoio, excetuando os encontros das lajes de fundo com a viga, onde são ainda de magnitude elevada.

Do ponto de vista da deformabilidade não há necessidade da instalação de tirantes poligonais internos; porém, nos dois casos estudados, o esforço cortante na viga produz uma tensão de cisalhamento τ_{wd} elevada, que ultrapassa o valor último τ_{wu} proposto pela NB-1/78. Nesses casos, o aumento da largura da viga de 15cm para 20cm, resolve o impasse. Se isso não for possível, é preciso, então, colocar um tirante intermediário.

De modo geral pode-se dizer que o reservatório com parede ondulada, elevado, apresenta deslocamentos relativamente pequenos, dispensando a colocação de tirantes com a finalidade de enrijecer o conjunto.

Com relação aos esforços, nota-se que é nas junções dos diversos elementos estruturais, ou nas suas proximidades, que eles são maiores.

Porém, como já foi observado na página inicial deste capítulo, esses valores podem não ser os que verdadeiramente ocorrem; há a necessidade de se implementar o estudo dessas regiões com elementos tridimensionais, ou, mesmo, com modelos experimen-

tais.

A possibilidade de se fixar a pré-moldagem como técnica construtiva parece assegurada, mesmo para reservatórios com alturas maiores que 4m; essas abóbodas poderiam ser compostas de segmentos pré-moldados que seriam encaixados formando a parede, podendo ter, esses elementos, espessura variável.

Como sugestão e proposta de continuidade deste estudo vem: a) diminuir a malha ao longo das geratrizes das abóbodas na ligação com a viga, mesmo sabendo que isso implica em aumento da largura da banda do sistema de equações, do tempo e custo do processamento; b) fixação de limites para utilização da argamassa armada em todos os elementos estruturais componentes do reservatório, conforme proposta já feita por Hanai (8); c) estudar a variação da espessura mais conveniente para as vigas, abóbodas e laje de fundo; d) por fim, levar em consideração a influência da casca tronco-cônica que serve de apoio ao reservatório, discretizando - a com adequado elemento finito.

Para que se considere suficiente o conhecimento sobre os reservatórios com parede ondulada, há, ainda, muito a fazer; alguns passos foram dados, não são muitos, talvez apenas o começo, mas como diz o provérbio: "quem começou, tem metade da obra executada", essa "metade" não deve ser desperdiçada, é preciso continuar.

VIII - BIBLIOGRAFIA

- 1 - ASHWELL, D. G. & SABIR, A. B. - A new cylindrical shell finite element based on simple independent strain functions. Int. J. Mech. Sci., Pergamon Press, 14:171-183, 1971.
- 2 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NB-1/78: projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, 1978.76p.
- 3 - BREBBIA, C.A. & CONNOR, J.J. - Fundamentals of finite element techniques. London, Butterworth & CO. Ltd., 1973. 269 p.
- 4 - COOK, R.D. - Concepts and application of finite element analysis. New York, John Wiley & Sons, Inc. 1974. 402 p.
- 5 - DEGASPARE, J.C. - Aplicações do elemento finito T18 para flexão de placas delgadas elástico-isótropas. São Carlos, EESC-USP, 1975. Dissertação de Mestrado.
- 6 - HANAI, J.B. de - Reservatórios com parede ondulada. São Carlos, EESC-USP, 1977. Dissertação de Mestrado.
- 7 - HANAI, J.B. de; MARTINELLI, D.A.O.; MONTANARI, I. - Sobre reservatórios com parede ondulada. In: XXI Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural, Rio de Janeiro, maio 4-9, 1981.
- 8 - HANAI, J.B. de - Construções de argamassa armada: situação, perspectivas e pesquisas. São Carlos, EESC-USP, 1981. Tese de Doutorado.
- 9 - KRAUS, H. - Thin elastic shells. New York, John Wiley & Sons, Inc. 1967. 476 p.
- 10 - PRZEMIENIECKI, J.S. - Theory of matrix structural analysis. New York. McGraw Hill Book, CO., Inc., 1968. 468 p.
- 11 - REIMBERT M. & REIMBERT, A. - Réservoirs de grande capacité in béton armé post-contraint. Travaux (228): 481-487. oct. 1953.
- 12 - Reservatórios: uma experiência inédita com abóboda pré-moldada. A Construção em São Paulo, p. 22-23, maio, 1982.
- 13 - SANDERS JR., J.L. - An improved first-approximation theory for their shells. NASA, Washington, june, 1959 (Report nº 24).
- 14 - SAVASSI, W. - Contribuição ao emprego dos elementos finitos em elasticidade plana. São Carlos, EESC-USP, 1972. Tese de Douto-

ramento.

- 15 - TIMOSHENKO, S.P. & WOINOWSKY-KRIEGER, S. - Theory of plates and shells. 2 ed. New York, McGraw Hill Book Co., Inc., 1959. 580 p.
- 16 - VAN LANGENDONCK, T.H. de M. - Resistência dos Materiais - Deformações I. Rio de Janeiro, Editora Científica, 1960, 251 p.

APÊNDICE 1 - FORMULAÇÃO UTILIZADA NA PROGRAMAÇÃO

Sabe-se que, no equilíbrio, a variação da energia potencial total de um corpo é nula, podendo ser representada pela seguinte igualdade:

$$\int_V \underline{\sigma}^T \delta \underline{\epsilon} dV = \int_V \underline{b}^T \delta \underline{d} dV + \int_{S_\sigma} \underline{x}^T \delta \underline{d} dS \quad \dots (i-1)$$

onde a primeira integral representa a variação da energia de deformação armazenada, a segunda a variação do trabalho realizado pelas forças volúmicas e a terceira a variação do trabalho realizado pelas forças atuantes na superfície S_σ onde cargas externas são conhecidas.

A partir da igualdade (i - 1) faz-se uma exposição, para cada tipo de elemento utilizado neste trabalho, da obtenção das matrizes mais significativas, omitindo-se, porém, as passagens matemáticas triviais.

a) Elemento de casca

Como já se viu no capítulo II, o elemento de casca possui como graus de liberdade em cada nó os seguintes deslocamentos: $u', v', w', \frac{\partial w'}{\partial \xi}$ e $\frac{\partial w'}{\partial \eta} - \frac{v'}{r}$. Usar-se-á como notação para as derivadas: $w'_{,\xi}$ e $w'_{,\eta} - \frac{v'}{r}$.

Chamando-se de \underline{u}_i o vetor dos deslocamentos no nó i e \underline{U} o vetor deslocamento dos quatro nós, tem-se:

$$\underline{u}_i = \begin{bmatrix} u' \\ v' \\ w' \\ w'_{,\xi} \\ w'_{,\eta} - \frac{v'}{r} \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad \underline{U} = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} \quad \dots (i-2)$$

As expressões (i-2) e II.1.6 em forma matricial ficam:

$$\underline{u}_i = \underline{A} \underline{a} \quad \dots (i-3)$$

$$\underline{U} = \underline{B} \underline{a} \quad \dots (i-4)$$

$$\underline{v} = \begin{bmatrix} u' \\ v' \\ w' \end{bmatrix} = \underline{C} \underline{a}, \quad C = C(\xi, \eta); \text{ (vide II.1.6) } \dots(i-5)$$

sendo \underline{a} a matriz dos parâmetros generalizados a_i .

Da igualdade (i-4) obtêm-se:

$$\underline{a} = \underline{B}^{-1} \underline{U} \dots(i-6)$$

que substituída na (i-5) fornece:

$$\underline{v} = \underline{C} \underline{B}^{-1} \underline{U} \dots(i-7)$$

O relacionamento entre as deformações específicas com os deslocamentos nodais pode ser representado por:

$$\underline{\varepsilon} = \underline{F} \underline{v} \dots(i-8)$$

Substituindo nesta expressão a (i-7) tem-se:

$$\underline{\varepsilon} = \underline{F} \underline{C} \underline{B}^{-1} \underline{U}$$

Se $\underline{J} = \underline{F} \underline{C}$, então:

$$\underline{\varepsilon} = \underline{J} \underline{B}^{-1} \underline{U} \dots(i-9)$$

Os esforços nodais podem ser representados por:

$$\underline{N} = \begin{bmatrix} N_\xi \\ N_\eta \\ N_{\xi\eta} \end{bmatrix}, \quad \underline{M} = \begin{bmatrix} M_\xi \\ M_\eta \\ M_{\xi\eta} \end{bmatrix} \text{ ou: } \underline{S} = \begin{bmatrix} N \\ M \\ r \end{bmatrix} \text{ e } \underline{X} = \begin{bmatrix} N_s \\ M_s \end{bmatrix} \dots(i-10)$$

sendo \underline{N} e \underline{M} esforços internos e \underline{N}_s e \underline{M}_s esforços atuantes no contorno.

Também as deformações específicas, as curvaturas, a torção e as rotações podem ser escritas em forma matricial como segue:

$$\underline{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_\xi \\ \varepsilon_\eta \\ \gamma_{\xi\eta} \end{bmatrix}, \quad \underline{X} = \begin{bmatrix} \chi_\xi \\ \chi_\eta \\ \chi_{\xi\eta} \end{bmatrix} \text{ ou: } \underline{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \underline{\varepsilon} \\ \underline{\chi} \end{bmatrix}, \quad \underline{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_\xi \\ \beta_\eta \end{bmatrix} \text{ e } \underline{v}_s = \begin{bmatrix} v \\ \beta \end{bmatrix} \dots(i-11)$$

A expressão (i-1) é integrada uma vez, na direção da normal à superfície média, logo depois de se ter admitido, por hipótese, como será a variação dos deslocamentos no interior da casca, ou seja, logo depois de se ter admitido como válidas as hipóteses de Kirchhoff-Love para cascas e, após arranjo adequado, é posta sob a forma:

$$\iint (N^T \delta \underline{\varepsilon} + M^T \delta \underline{X}) d\xi d\eta = \iint (b^T \delta \underline{v}) d\xi d\eta + \iint_{S_\sigma} (N_s^T \delta \underline{v} + M_s^T \delta \underline{\beta}) dS_\sigma \dots(i-12)$$

Transpondo seus membros e com as (i-10) e (i-11) a igualdade acima fica:

$$\iint \delta \underline{\varepsilon}^T \underline{T} d\xi d\eta = \iint \delta \underline{v}^T \underline{b} d\xi d\eta + \int_{S_\sigma} \delta \underline{v}_s^T \underline{X} dS_\sigma \dots(i-13)$$

Para materiais homogêneos através da espessura, \underline{T} pode ser escrita como:

$$\underline{T} = \underline{T}_0 + \begin{bmatrix} \underline{D}_s & 0 \\ 0 & \underline{D}_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{\varepsilon} \\ \underline{X} \end{bmatrix} = \underline{T}_0 + \underline{D} \underline{\varepsilon} \dots(i-14)$$

sendo:

$$\underline{D}_s = \frac{Eh}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \text{ e } \underline{D}_b = h^2 \underline{D}_s$$

Substituindo em (i-13) os valores indicados pelas expressões (i-7), (i-9) e (i-14) tem-se:

$$\iint \delta \underline{U}^T (\underline{B}^{-1})^T \underline{J}^T (\underline{T}_0 + \underline{D} \underline{\varepsilon}) d\xi d\eta = \iint \delta \underline{U}^T (\underline{B}^{-1})^T \underline{C}^T \underline{b} d\xi d\eta + \int_{S_\sigma} \delta \underline{v}_s^T \underline{X} dS_\sigma \dots(i-15)$$

b) pressão do líquido

Seja uma casca submetida a uma carga que longitudinalmente tenha variação linear e transversalmente seja constante, conforme figura 2.

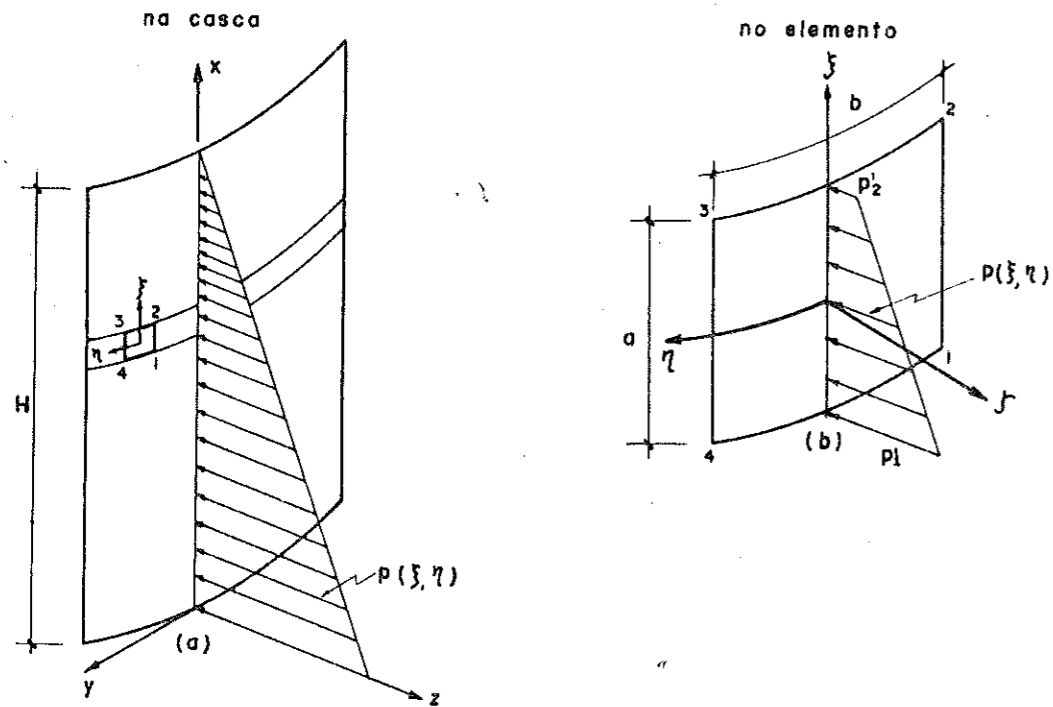


FIG. 2

Designando por p_1' a carga atuante nos nós 1 e 4 e de p_2' a que age nos nós 2 e 3, $p(\xi, \eta)$ fica:

$$p(\xi, \eta) = \left(\frac{1}{2} - \frac{\xi}{a}\right)p_1' + \left(\frac{1}{2} + \frac{\xi}{a}\right)p_2'$$

Mas $p_1' = (x - H)\gamma_a$ e $p_2' = (x + a - H)\gamma_a$

Da figura 2b observa-se que a pressão hidrostática é igual a $p(\xi, \eta)$; assim, analogamente à (i-19), tem-se:

$$\underline{R}^T \underline{U} = \iint p(\xi, \eta) w(\xi, \eta) d\xi d\eta \quad \dots (i-21)$$

A função interpoladora $w(\xi, \eta)$ de II.1.6 pode ser escrita como:

$$w(\xi, \eta) = \underline{\phi}^T \underline{a}$$

Como $\underline{a} = \underline{B}^{-1} \underline{U}$, então: $w(\xi, \eta) = \underline{\phi}^T \underline{B}^{-1} \underline{U}$ que substituída em (i-21) fornece:

$$\underline{R}^T \underline{U} = \iint p(\xi, \eta) \underline{\phi}^T \underline{B}^{-1} \underline{U} d\xi d\eta = \left(\iint p(\xi, \eta) \underline{\phi}^T d\xi d\eta \right) \underline{B}^{-1} \underline{U}$$

Transpondo adequadamente os termos e simplificando, obtêm-se:

$$\underline{R} = (\underline{B}^{-1})^T \iint \underline{\phi} p^T(\xi, \eta) d\xi d\eta \quad \dots (i-22)$$

O resultado da integração é mostrado a seguir:

0
$\frac{a^2 r}{12} \text{sen} \frac{b}{2r} (p_1 - p_2 - p_3 + p_4)$
0
0
$-\frac{ar}{2} \text{sen} \frac{b}{2r} (p_1 + p_2 + p_3 + p_4)$
0
0
0
$\frac{1}{4} abr (p_1 + p_2 + p_3 + p_4)$
$\frac{a^2 br}{24} (-p_1 + p_2 + p_3 - p_4)$
0
$-\frac{a^3 b}{96} (p_1 + p_2 + p_3 + p_4)$
$\frac{a^4 b}{960} (p_1 - p_2 - p_3 + p_4)$
0
0
$-\frac{1}{4} abr^2 (p_1 + p_2 + p_3 + p_4)$
$\frac{a^2 br^2}{24} (p_1 - p_2 - p_3 + p_4)$
0
0
0

com $p_1 = p_4 = p_1'$ e $p_2 = p_3 = p_2'$

No caso de coberturas, múltiplas ou não, (que não é abordado neste trabalho), pode-se considerar, como primeira aproximação, o carregamento variável linearmente tanto no sentido transversal como no longitudinal. Dessa forma, ao nível do elemento, pela figura 3.b tem-se:

$$p(\xi, \eta) = \left(\frac{1}{2} - \frac{\xi}{a}\right)\left(\frac{1}{2} - \frac{\eta}{b}\right)p_1 + \left(\frac{1}{2} + \frac{\xi}{a}\right)\left(\frac{1}{2} - \frac{\eta}{b}\right)p_2 + \left(\frac{1}{2} + \frac{\xi}{a}\right)\left(\frac{1}{2} + \frac{\eta}{b}\right)p_3 + \left(\frac{1}{2} - \frac{\xi}{a}\right)\left(\frac{1}{2} + \frac{\eta}{b}\right)p_4$$

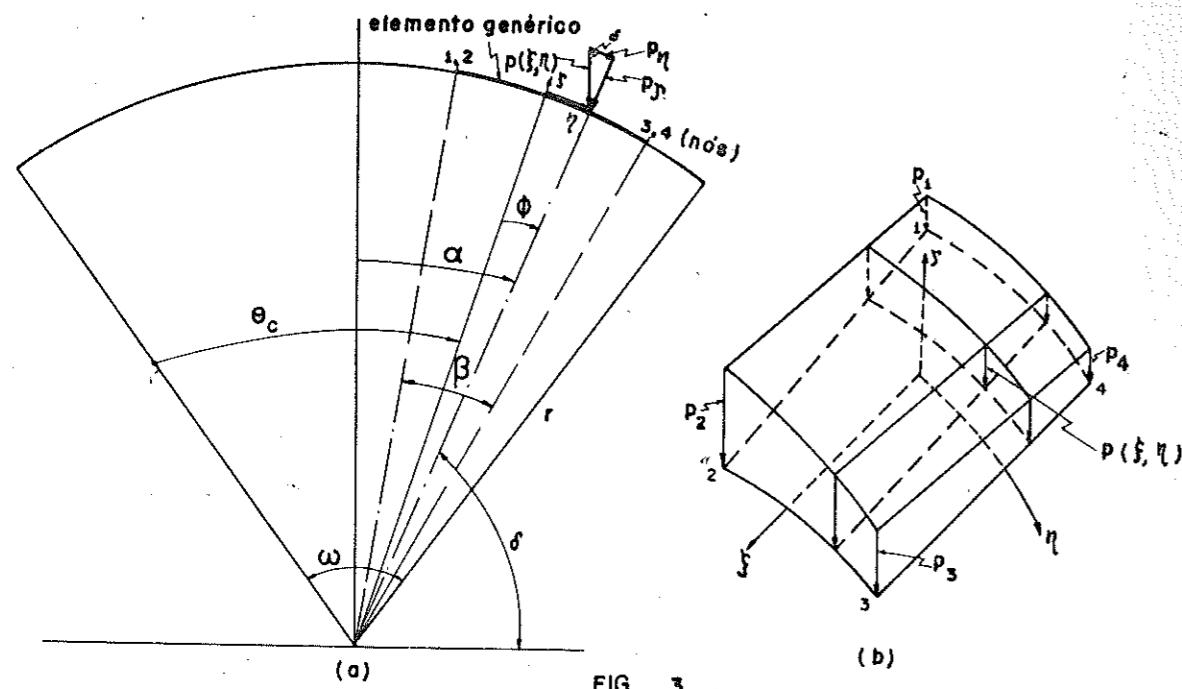


FIG. 3

Para uma seção transversal genérica de uma casca, em um ponto qualquer de um também genérico elemento da casca, a relação entre as cargas p_ζ e p_η , respectivamente atuantes nas direções ζ e η , e $p(\xi, \eta)$, é dada, observando-se a figura 3.a, por:

$$p_\eta = p(\xi, \eta) [\cos 90^\circ - (\alpha + \phi)] = p(\xi, \eta) \sin(\alpha + \phi)$$

$$p_\zeta = -p(\xi, \eta) [\sin 90^\circ - (\alpha + \phi)] = -p(\xi, \eta) \cos(\alpha + \phi)$$

Como nos casos anteriores, o vetor das cargas nodais equivalentes é obtido multiplicando-se a matriz $(\tilde{B}^{-1})^T$ por uma matriz que se mostra a seguir:

$$\begin{aligned} & 0 \\ & -\frac{a^2 b}{24} CA(p_{1,4} - p_{2,3}) \\ & -\frac{a^2 b}{24} SA(p_{1,4} - p_{2,3}) \\ & -\frac{ar}{2} \left[-SA SB(\Sigma p_i) + \left(\frac{2r}{b} SB - CB\right) CA(p_{1,2} - p_{3,4}) \right] \\ & \quad \frac{ab}{4} CA(\Sigma p_i) \\ & \quad \frac{ab}{4} SA(\Sigma p_i) \\ & 0 \\ & \frac{a^3}{144} \left[SA CB(\Sigma p_i) + \left(CB - \frac{2r}{b} SB\right) CA(p_{1,2} - p_{3,4}) \right] \\ & -\frac{ar^2}{2} \left[CA SB(\Sigma p_i) + \left(\frac{2r}{b} SB - CB\right) SA(p_{1,2} - p_{3,4}) \right] \\ & -\frac{a^2 r^2}{12} \left[-CA SB(p_{1,4} - p_{2,3}) + \left(CB - \frac{2r}{b} SB\right) SA(p_{1,3} - p_{2,4}) \right] \\ & \frac{a^2 r}{48} \left[SA SB(p_{2,3} - p_{1,4}) + \left(\frac{2r}{b} SB - CB\right) CA(p_{1,3} - p_{2,4}) \right] \\ & -\frac{a^3 r}{48} \left[-CA SB(\Sigma p_i) + \left(CB - \frac{2r}{b} SB\right) SA(p_{1,2} - p_{3,4}) \right] \\ & -\frac{a^4 r}{480} \left[CA SB(p_{1,4} - p_{2,3}) + \left(\frac{2r}{b} SB - CB\right) SA(p_{1,3} - p_{2,4}) \right] \\ & -\frac{a^3 r}{48} \left\{ \left(SB - \frac{b}{2r} CB\right) SA(\Sigma p_i) + \left[2CB + SB\left(\frac{b}{2r} - \frac{4r}{b}\right) \right] CA(p_{1,3} - p_{2,4}) \right\} \\ & -\frac{a^4 r}{480} \left\{ \left(-SB + \frac{b}{2r} CB\right) SA(p_{1,4} - p_{2,3}) + \left[-2CB + SB\left(-\frac{b}{2r} + \frac{4r}{b}\right) \right] CA(p_{1,3} - p_{2,4}) \right\} \\ & -\frac{ar^3}{2} \left\{ \left[SB\left(\frac{b}{2r} - \frac{6r}{b}\right) + 3CB \right] SA(p_{1,2} - p_{3,4}) + \left[-2SB + \frac{b}{2r} CB \right] CA(\Sigma p_i) \right\} \\ & -\frac{a^2 r^3}{6} \left\{ \left[SB\left(\frac{3r}{b} - \frac{b}{4r}\right) - 1,5CB \right] SA(p_{1,3} - p_{2,4}) + \left[SB - \frac{b}{4r} CB \right] CA(p_{1,4} - p_{2,3}) \right\} \\ & -\frac{5abr^2}{4} \left\{ \left[SB\left(0,8\frac{r}{b} - 0,05\frac{b}{r}\right) - 0,4CB \right] SA(\Sigma p_i) + \left[SB\left(0,5 - \frac{4r^2}{b^2}\right) + CB\left(\frac{2r}{b} - 0,05\frac{b}{r}\right) \right] CA(p_{1,2} - p_{3,4}) \right\} \\ & -\frac{a^2 r^3}{12} \left\{ \left[SB\left(\frac{b^2}{8r^2} - 3\right) + \frac{b}{r} CB \right] SA(p_{1,4} - p_{2,3}) + \left[SB\left(\frac{12r}{b} - \frac{5b}{4r}\right) + CB\left(\frac{b^2}{8r^2} - 6\right) \right] CA(p_{1,3} - p_{2,4}) \right\} \\ & -\frac{a^2 r^2}{24} \left[SA SB(p_{1,4} - p_{2,3}) + CA\left(-\frac{2r}{b} SB\right)(p_{1,3} - p_{2,4}) \right] \end{aligned}$$

onde:

$$\Sigma p_i = p_1 + p_2 + p_3 + p_4; \quad p_{1,2} - p_{3,4} = p_1 + p_2 - p_3 - p_4; \quad p_{1,3} - p_{2,4} = p_1 - p_2 + p_3 - p_4;$$

$$p_{2,3} - p_{1,4} = -p_1 + p_2 + p_3 - p_4; \quad p_{1,4} - p_{2,3} = p_1 - p_2 - p_3 + p_4;$$

$$SA = \text{sen } \alpha; \quad CA = \text{cos } \alpha; \quad SB = \text{sen } \frac{b}{2r}; \quad CB = \text{cos } \frac{b}{2r}.$$

O vetor obtido do produto de $(B^{-1})^T$ pela matriz acima pode ser utilizado para cálculo do peso próprio e do carregamento externo, modificando-se apenas p_1 , p_2 , p_3 e p_4 .

Os esforços na casca são calculados a partir da (i-14), podendo-se escrever para cada nó i :

$$T_i = D \epsilon_i$$

Mas ϵ_i pode ser posta em função dos deslocamentos nodais u_i como:

$$\epsilon_i = G_i u_i$$

Com as (i-3) e (i-4) essa expressão fica:

$$\epsilon_i = G_i A_i B^{-1} U$$

Substituindo ϵ_i na expressão de T_i , dada acima, tem-se:

$$T_i = D G_i A_i B^{-1} U$$

Fazendo: $P_i = D G_i A_i$, tem-se:

$$T_i = P_i B^{-1} U \quad \dots (i-23)$$

A matriz P_i é reproduzida abaixo.

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_1 & k_1 \frac{\eta}{r} & k_2 & k_2 \xi & 0 & k_2 \frac{\xi^2}{2r} & -k_2 \frac{\xi^3}{6r} & -k_2 \frac{\xi^2 \eta}{2r^2} & -k_2 \frac{\xi^3 \eta}{6r^2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_2 & k_2 \frac{\eta}{r} & k_1 & k_1 \xi & 0 & k_1 \frac{\xi^2}{2r} & -k_1 \frac{\xi^3}{6r} & -k_1 \frac{\xi^2 \eta}{2r^2} & -k_1 \frac{\xi^3 \eta}{6r^2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_3 \frac{\eta}{r} & 0 & 0 & k_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & D_1 & D_1 \xi & D_1 \frac{\eta}{r} & D_1 \frac{\xi \eta}{r} & D_2 & D_2 \xi & D_2 \frac{\eta}{r} & D_2 \frac{\xi \eta}{r} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & D_2 & D_2 \xi & D_2 \frac{\eta}{r} & D_2 \frac{\xi \eta}{r} & D_1 & D_1 \xi & D_1 \frac{\eta}{r} & D_1 \frac{\xi \eta}{r} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -D_3 \frac{\xi}{2r^2} & 0 & 0 & -D_3 \frac{1}{2r} & 0 & 0 & D_3 \frac{2\xi}{r} & D_3 \frac{\xi^2}{r} & 0 & D_3 2\eta & 0 & D_3 \frac{\eta^2}{r} & 2D_3 \end{bmatrix}$$

... (i-24)

sendo os k_1 , k_2 , k_3 , D_1 , D_2 e D_3 já definidos anteriormente.

b) Folha plana

A matriz de rigidez e o vetor das cargas nodais equivalentes são obtidos integrando-se, sob certa superfície triangular definida, expressões do tipo: $\int_S J^T D J dS$ e $\int_S p(x,y) w dS$, obtidas por procedimento análogo ao já exposto para as cascas.

A integração acima referida é efetuada utilizando-se tres sistemas de coordenadas descritos a seguir: um sistema cartesiano de coordenadas (OXY), global, que define a posição de um elemento triangular genérico, um sistema de coordenadas homogêneas (ξ_1, ξ_2, ξ_3), local, que estabelece a posição de qualquer ponto no interior e nos lados desse elemento e um terceiro sistema de coordenadas, também cartesiano e local, com origem no centróide do elemento e eixos x e y paralelos respectivamente aos eixos X e Y.

Sendo X_c e Y_c as coordenadas do centróide, os vértices do triângulo terão como coordenadas locais:

$$\begin{aligned} x_i &= X_i - X_c \\ y_i &= Y_i - Y_c \quad (i = 1, 2, 3) \end{aligned}$$

satisfazendo a:

$$\sum_{i=1}^3 x_i = 0 \quad \text{e} \quad \sum_{i=1}^3 y_i = 0$$

As coordenadas de pontos internos ao elemento são obtidas através do sistema homogêneo (ξ_1, ξ_2, ξ_3) onde os ξ_i são definidos pela relação:

$$\xi_i = \frac{S_i}{S} \quad (i = 1, 2, 3)$$

sendo: S, S_1, S_2 e S_3 as áreas dos triângulos 1-2-3, 3-P-2, 1-P-3 e 2-P-1, respectivamente, sendo $P = P(x,y)$ em ponto genérico pertencente ao interior ou às bordas do triângulo, de acordo com a figura abaixo.

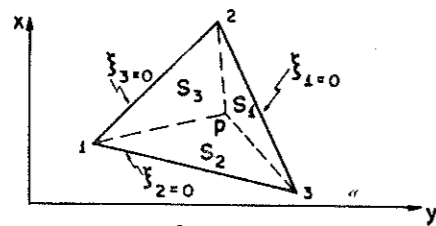


FIG. 4

A relação entre o sistema de coordenadas local e o sistema de coordenadas homogênea é a seguinte:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \end{bmatrix}$$

ou na forma inversa:

$$\begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{2S} \begin{bmatrix} a_1^0 & \zeta_1 & \eta_1 \\ a_2^0 & \zeta_2 & \eta_2 \\ a_3^0 & \zeta_3 & \eta_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ x \\ y \end{bmatrix}$$

onde:

$$a_i^0 = x_j y_k - x_k y_j$$

$$\zeta_i = y_z - y_k$$

$$\eta_i = x_j - x_k$$

$$i = 1, 2, 3; \quad j = 2, 3, 1; \quad k = 3, 1, 2.$$

Efetuada-se a operação $\underline{J}^T \underline{D} \underline{J}$ do integrando, ocorrerá para cada termo, a menos das constantes, parcelas do tipo genérico:

$$\int_{S_\sigma} D(x,y) x^\gamma y^\delta dS, \quad \text{onde } D(x,y) \text{ representa a variação, no domínio do elemento, da rigidez à flexão da placa.}$$

Esta rigidez, se variar, por exemplo de forma linear, pode ser expressa em função das coordenadas homogêneas, ou seja:

$$D(x,y) = D_1 \xi_1 + D_2 \xi_2 + D_3 \xi_3$$

onde $D_i = \frac{Eh_i^3}{12(1-\nu^2)}$ ($i = 1, 2, 3$) representa a rigidez da placa no vértice i do elemento triangular (1-2-3) prevendo variação de espessura da placa, (conf. Degaspere (5), págs. 20 e 21)

Com x e y também em função de coordenadas homogêneas, a matriz de rigidez do elemento de placa ficará com a seguinte forma (conf. Degaspere (5)):

$$\underline{K} = (\underline{B}^{-1})^T \left[C C_1 \int_S \sum_{i=1}^3 D_i (\xi_1^{m_i} \xi_2^{n_i} \xi_3^{q_i}) dS \right] (\underline{B}^{-1}) \quad \dots (i-25)$$

onde: $C, C_1 = x_1^a x_2^b x_3^c y_1^d y_2^e y_3^f$ e D_i ($i = 1, 2, 3$) são constantes para o triângulo considerado. Os expoentes a, b, c podem variar de zero a γ e os valores d, e, f de zero a δ . Os expoentes m_i, n_i e q_i são dados pela tabela abaixo:

i	m_i	n_i	q_i	
1	$m+1$	n	q	$m = a + d$
2	m	$n+1$	q	$n = b + c$
3	m	n	$q+1$	$q = c + f$

Em Savassi (14) e Degaspere (5) são encontrados os 153 elementos não nulos, correspondentes às posições diagonais ou superiores a ela, do produto entre colchetes da expressão (i-25), que é uma matriz simétrica.

Colocando-se o carregamento $p(x,y)$ em função das coordenadas homogêneas e supondo variação linear para essas cargas, pode-se representá-las por:

$$p(\xi_1, \xi_2, \xi_3) = p_1 \xi_1 + p_2 \xi_2 + p_3 \xi_3$$

sendo p_i ($i = 1, 2, 3$) o valor do carregamento em cada nó do elemento.

O vetor das cargas nodais equivalentes para cada elemento será da forma:

$$\underline{R} = (\underline{B}^{-1})^T \left[C C_2 \int_S \sum_{i=1}^3 p_i (\xi_1^{m_i} \xi_2^{n_i} \xi_3^{q_i}) dS \right]$$

onde: $C_1 C_2 = x_1' x_2' x_3' y_1' y_2' y_3' f'$ e p_i ($i = 1, 2, 3$) são constantes para o triângulo considerado.

Os valores assumidos por m_i, n_i e q_i são os mesmos da tabela acima, agora com:

$$m = a' + d'$$

$$n = b' + e'$$

$$q = c' + f'$$

Deve-se notar que tanto na expressão que representa a matriz de rigidez do elemento, quanto na que exprime o vetor das cargas nodais equivalentes aparecem integrais do tipo: $\int_S f(\xi_1, \xi_2, \xi_3) dS$ cuja avaliação, a menos das constantes, pode ser efetuada através da utilização do seguinte resultado:

$$\int_S \xi_1^i \xi_2^j \xi_3^k dS = \frac{i!j!k!}{(i+j+k+2)} 2A$$

onde $i!$ representa o fatorial de i e A é a área do triângulo em cujo domínio se efetua a integração. (Vide Savassi (14)).

O cálculo dos momentos fletores M_x e M_y e do momento volvente M_{xy} , em cada nó da estrutura, não apresenta dificuldade uma vez que as curvaturas $\bar{w}_{,xx}$, $\bar{w}_{,yy}$ e $\bar{w}_{,xy}$ estão incluídas entre os parâmetros nodais. Utilizando-se as relações II.2.1.1, de-

termina-se, diretamente, esses momentos, como se nota da expressão abaixo:

$$\begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{bmatrix} = -D \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{,xx} \\ w_{,yy} \\ 2w_{,xy} \end{bmatrix} \quad \dots (i-26)$$

Como já se viu no item II.2, os 6 graus de liberdade por nó para o elemento de placa são:

$$\underline{v}_i = \begin{bmatrix} \bar{w} \\ \bar{w}_{,x} \\ \bar{w}_{,y} \\ \bar{w}_{,xx} \\ \bar{w}_{,xy} \\ \bar{w}_{,yy} \end{bmatrix}$$

permitindo reescrever (i-19) como:

$$\begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \nu \\ 0 & 0 & 0 & \nu & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1-\nu & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{w} \\ \bar{w}_{,x} \\ \bar{w}_{,y} \\ \bar{w}_{,xx} \\ \bar{w}_{,xy} \\ \bar{w}_{,yy} \end{bmatrix}$$

ou, compactamente:

$$\underline{m}_i = \underline{n} \underline{v}_i$$

sendo i o nó da estrutura onde se efetua a avaliação dos momentos.

Os momentos principais M_1 e M_2 e suas respectivas direções, também podem ser calculados, em cada nó da estrutura, mediante as expressões:

$$\begin{cases} M_1 \\ M_2 \end{cases} = \frac{M_x + M_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{M_x - M_y}{2}\right)^2 + M_{xy}^2}$$

$$\theta = \frac{1}{2} \text{arc tg } \frac{2M_{xy}}{M_x - M_y}$$

Savassi (14) recomenda uma maneira para identificar automaticamente as direções principais, aliadas aos seus respectivos momentos principais, que consiste em testar o sinal de $M_x - M_y$ da seguinte forma:

Se $M_x - M_y$ for positivo, θ indica M_1 . Se $M_x - M_y$ for negativo, θ indica M_2 e se $M_x - M_y$ for nulo, θ indica M_1 , sendo o ângulo θ positivo quando contado a partir do eixo x no sentido anti-horário.

As reações de apoio podem ser obtidas em forma de forças concentradas em cada nó, através do equilíbrio de cada elemento. Para cada elemento "p" a correspondente equação de equilíbrio é dada por:

$$\Delta_p = k_{p-p} v$$

Obtidos os deslocamentos, como solução do sistema geral de equações, a força nodal do elemento Δ_{wi} , correspondente à deflexão w_i do nó de borda i, é determinada.

A reação vertical correspondente ao nó i é obtida como a soma das forças Δ_{wi} considerando-se todos os elementos conectados ao nó i, mais as forças verticais provenientes do carregamento externo.

A matriz de rigidez do elemento de chapa dispensa qualquer apresentação, visto que aparece explicitamente desenvolvida em Brebbia (3), página 118.

Os esforços de chapa para cada elemento triangular "p" são representados pelas tensões σ_x , σ_y e τ_{xy} , de acordo com:

$$\begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix}_p \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix}_p$$

ou

$$\underline{\sigma}_p = \underline{D}_p \underline{\epsilon}_p \quad \dots (i-27)$$

com:

$$\begin{aligned} \bar{v} &= \xi_1 \bar{v}_1 + \xi_2 \bar{v}_2 + \xi_3 \bar{v}_3 \\ \bar{u} &= \xi_1 \bar{u}_1 + \xi_2 \bar{u}_2 + \xi_3 \bar{u}_3 \end{aligned}$$

Obtém-se após adequadas transformações (vide Brebbia (1)):

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{1}{2A}(b_1 \bar{u}_1 + b_2 \bar{u}_2 + b_3 \bar{u}_3) \\ \epsilon_y &= \frac{1}{2A}(a_1 \bar{v}_1 + a_2 \bar{v}_2 + a_3 \bar{v}_3) \\ \gamma_{xy} &= \frac{1}{2A}(a_1 \bar{u}_1 + a_2 \bar{u}_2 + a_3 \bar{u}_3 + b_1 \bar{v}_1 + b_2 \bar{v}_2 + b_3 \bar{v}_3) \end{aligned}$$

ou:

$$\underline{\epsilon}_p = \underline{B}_p \underline{U}_p, \text{ que substituído em (i-27) fornece:}$$

$$\underline{\sigma}_p = \underline{D}_p \underline{B}_p \underline{U}_p$$

fazendo $\underline{P} = \underline{D}_p \underline{B}_p$, tem-se que as tensões no elemento "p" são:

$$\underline{\sigma}_p = \underline{P}_p \underline{U}_p$$

onde \underline{P} é dada por:

$$\frac{E}{2S(1-\nu^2)} \begin{bmatrix} \nu a_1 & b_1 & \nu a_2 & b_2 & \nu a_3 & b_3 \\ a_1 & \nu b_1 & a_2 & \nu b_2 & a_3 & \nu b_3 \\ () b_1 & () a_1 & () b_2 & () a_2 & () b_3 & () a_3 \end{bmatrix}$$

com $() = \frac{1-\nu}{2}$ e:

$$a_i = x_k - x_j; b_i = y_k - y_j; (i = 1, 2, 3); (j = 2, 3, 1); (k = 3, 1, 2)$$

$$e S = \frac{1}{2}(b_1 a_2 - a_2 b_1)$$

As tensões principais e suas direções são encontradas de maneira análoga à exposta para os momentos fletores.

As forças nodais equivalentes também são obtidas com expressões semelhantes às desenvolvidas para o elemento de casca, devendo-se considerar, aqui, 3 casos distintos:

a) Peso próprio do elemento: quando a viga é vertical (caso do reservatório, focalizado neste trabalho).

Neste caso, o vetor das cargas nodais equivalentes é dado por:

$$\underline{R} = - \gamma (\underline{B}^{-1})^T \int_0^{\ell} \underline{\phi} S^T(\xi) d\xi \quad \dots (i-29)$$

sendo: γ = peso específico do material que constitui a viga,
 $\underline{\phi}$ = função interpoladora do deslocamento longitudinal u e

$$S(\xi) = S_0 + \frac{\xi}{\ell} S_1 + \frac{\xi^2}{\ell^2} S_2.$$

A integral, desenvolvida, vale:

$$\begin{bmatrix} (S_0 + \frac{1}{2}S_1 + \frac{1}{3}S_2)\ell \\ (\frac{1}{2}S_0 + \frac{1}{3}S_1 + \frac{1}{4}S_2)\ell^2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

b) Peso próprio do elemento: quando a viga é horizontal (caso de cobertura, não abordado neste trabalho).

Aqui, o vetor das cargas nodais equivalentes é dado por uma expressão idêntica à anterior, a menos do sinal negativo e da função interpoladora que agora se refere a deslocamento w . O resultado da integração é mostrado a seguir:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \ell(S_0 + \frac{1}{2}S_1 + \frac{1}{3}S_2) \\ \ell^2(\frac{1}{2}S_0 + \frac{1}{3}S_1 + \frac{1}{4}S_2) \\ \ell^3(\frac{1}{3}S_0 + \frac{1}{4}S_1 + \frac{1}{5}S_2) \\ \ell^4(\frac{1}{4}S_0 + \frac{1}{5}S_1 + \frac{1}{6}S_2) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

c) Carregamento externo

Supõe-se que a carga externa tenha variação linear ao longo do elemento de viga. Assim, se p_{j+1} é o valor da carga no nó $(j+1)$ e p_j no nó (j) , a carga em um ponto qualquer, interno ao elemento, vale:

$$p(\xi) = p_j - \frac{\xi}{\ell} (p_j - p_{j+1}) = p_j - \frac{\xi}{\ell} \Delta p_i$$

com $p_j > p_{j+1}$.

Supõe-se também que o carregamento externo pode estar inclinado de um ângulo θ no sentido antihorário com o eixo z , passando pelo centróide da seção transversal; quando não passar pelo centro de gravidade da seção, deve-se introduzir um momento torçor. Desse modo, as componentes p_y e p_z nas direções y e z , respectivamente, conforme figura V.3, são:

$$p_y = p(\xi) \text{sen}\theta$$

$$p_z = -p(\xi) \text{cos}\theta$$

e, em forma compacta:

$$p(\xi) = \begin{bmatrix} p_y \\ p_z \end{bmatrix}$$

O vetor das cargas nodais equivalentes é representado por:

$$\underline{R} = (\underline{B}^{-1})^T \int_0^L \underline{\phi} p(\xi) d\xi \quad \dots (i-30)$$

onde $\underline{\phi}$ simboliza as funções interpoladoras dos deslocamentos v e w .

A integral acima, depois de resolvida, é mostrada a seguir:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \ell(p_j - \frac{1}{2}\Delta p_i) \text{sen} \theta \\ \ell^2(\frac{1}{2}p_j - \frac{1}{3}\Delta p_i) \text{sen} \theta \\ \ell^3(\frac{1}{3}p_j - \frac{1}{4}\Delta p_i) \text{sen} \theta \\ \ell^4(\frac{1}{4}p_j - \frac{1}{5}\Delta p_i) \text{sen} \theta \\ -\ell(p_j - \frac{1}{2}\Delta p_i) \text{coss} \theta \\ -\ell^2(\frac{1}{2}p_j - \frac{1}{3}\Delta p_i) \text{cos} \theta \\ -\ell^3(\frac{1}{3}p_j - \frac{1}{4}\Delta p_i) \text{cos} \theta \\ -\ell^4(\frac{1}{4}p_j - \frac{1}{5}\Delta p_i) \text{cos} \theta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Os esforços nodais, conforme expressões II.3.1.1, podem ser representados, de acordo com (i-23), por:

$$\underline{T}_i = \underline{P}_i \underline{B}^{-1} \underline{U}$$

onde i é o nó a que se refere.

A matriz \underline{P}_i é mostrada a seguir:

$$\begin{bmatrix} 0 & ES & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2EI_Y & -6\xi EI_Y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & GI_t \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -2EI_Z & -6\xi EI_Z & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Finalmente, as reações nos nós de apoio - quando existirem -, são calculadas procedendo-se de maneira análoga ao exposto para a folha plana.

APÊNDICE 2 - LISTAGENS DOS PROGRAMAS

```
SUBROUTINE AGRUP (NDXY, NY, NX, NUY, NP, NPH)
DIMENSION NUY(20,20), NP(380,4), NPM(350)
IF (NDXY) 2010, 2020, 2030
2020 JX=NX
     JY=NY
     NK1=1
     NK2=4
     NK3=3
     NK4=2
     GO TO 2030
2010 JX=NY
     JY=NX
     NK1=1
     NK2=2
     NK3=3
     NK4=4
2030 K=0
     DO 1010 I=1, JX
     DO 1010 J=1, JY
     NA=NUY(I, J)
     K=K+1
     IF (J-JY) 1009, 1011, 1014
1009 NB=NP(NA, NK1)
     NPM(K)=NB
     GO TO 1010
1011 NB=NP(NA, NK1)
     NPM(K)=NB
     NC=NP(NA, NK2)
     K=K+1
     NPM(K)=NC
1010 CONTINUE
     DO 1014 J=1, JY
     K=K+1
     NA=NUY(I, J)
     IF (J-1) 1016, 1016, 1015
1015 NB=NP(NA, NK3)
     NPM(K)=NB
     GO TO 1014
1016 NB=NP(NA, NK4)
     NPM(K)=NB
     NC=NP(NA, NK3)
     K=K+1
     NPM(K)=NC
1014 CONTINUE
     RETURN
     END
```

```

SUBROUTINE AMPLM(NTIC,IFIM,N1,GK,GK)
DIMENSION GK(36,36),GK(24,24),JLM(40)
JM=INTC
DO 899 I=1,4
J=I-1
JLM(JM)=J
899 JM=JM+IFIM
DO 874 I=1,N1
DO 874 J=1,N1
874 GK(I,J)=0.
KLM=0
M2=INTC
DO 24 K=1,N1
M1=M2
IK=K-KLM
IF (K-M2)780,780,781
781 M2=M2+IFIM
KLM=KLM+1
GO TO 24
780 DO 782 J=K,N1
IJ=J-JLM(M1)
IF (J-M1)25,25,26
25 GK(K,J)=GK(IK,IJ)
GO TO 782
26 M1=M1+IFIM
782 CONTINUE
24 CONTINUE
DO 784 IZ=1,N1
DO 784 LZ=1,N1
IF (IZ-LZ)784,784,785
785 GK(IZ,LZ)=GK(LZ,IZ)
784 CONTINUE
RETURN
END

```

C-----ESTA SUBROUTINE CALCULA A LARGURA DA SEMI-BANDA.

```

SUBROUTINE BANDA(IMPR,NNOS,NUTEL,NP,RUVRT,IBNDW,IEND)
DIMENSION NP(380,4)
KO=0
DO 305 I=1,NUTEL
DO 305 J=1,NNOS-1
K1=NP(I,J)
IF (K1)37,305,308
308 J1=J+1
DO 39 IJ=J1,NNOS
K2=NP(I,IJ)
IF (K2)37,39,40
40 K=IABS(K1-K2)

```

```

IF (K-KO)39,39,41
41 KO=K
39 CONTINUE
305 CONTINUE
IBNDW=RUVRT*(KO+1)
IEND=0
GO TO 43
37 WRITE(IMPR,42)I,J
42 FORMAT(2X,'HA DADOS ERRADOS RELATIVOS A NP('I3',' ','I3,')')
IEND=1
43 RETURN
END

```

```

SUBROUTINE CAGEU(BV,HV,NEV,S0,S1,S2,AZ0,AZ1,AZ2,AZ3,AZ4,
$AY0,AY1,AY2,AY3,AY4,AT0,AT1,AT2,AT3,AT4,J1,J2)
C-----CALCULA AS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DA SECAO EM CADA
C-----NO DO ELEMENTO
DIMENSION BV(350),HV(350)
DB=BV(J1)-BV(J2)
DH=HV(J1)-HV(J2)
S0=BV(J1)*HV(J1)
S1=-HV(J1)*DB-BV(J1)*DH
S2=DB*DH
AY0=BV(J1)*HV(J1)**3/12.
AY1=- (3.*BV(J1)*HV(J1)**2*DH+HV(J1)**3*DB)/12.
AY2=(BV(J1)*HV(J1)*DH**2+HV(J1)**2*DB*DH)/4.
AY3=- (BV(J1)*DH**3+3.*HV(J1)*DH**2*DB)/12.
AY4=DH**3*DB/12.
AZ0=HV(J1)*BV(J1)**3/12.
AZ1=- (3.*BV(J1)**2*HV(J1)*DB+BV(J1)**3*DH)/12.
AZ2=(HV(J1)*BV(J1)*DB**2+BV(J1)**2*DB*DH)/4.
AZ3=- (HV(J1)*DB**3+3.*BV(J1)*DB**2.*DH)/12.
AZ4=DB**3*DH/12.
VNB=(BV(J2)+BV(J1))/2.
VNH=(HV(J2)+HV(J1))/2.
P1=2.*ASIN(1.)
VN=VNB/VNH
ALF=1./3.*VN*(.21008-128./ (PI**5*(1.+EXP(P1/VN))))
AT0=ALF*AZ0*12.
AT1=ALF*AZ1*12.
AT2=ALF*AZ2*12.
AT3=ALF*AZ3*12.
AT4=ALF*AZ4*12.
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE CANEX(AA,BB,RY,P1,P2,G,R2)
DIMENSION G(20,20),R2(20),F11(20)
BETA=BB/(2.*RY)
P4=P1
P3=P2
DO 1 I=1,20
  F11(I)=0.
1 R2(I)=0.
  F11(2)=AA**2.*RY*SIN(BETA)*(P1-P2-P3+P4)/12.
  F11(5)=-AA*RY*SIN(BETA)*(P1+P2+P3+P4)/2.
  F11(9)=AA*BB*RY*(P1+P2+P3+P4)/4.
  F11(10)=BB*AA**2.*RY*(-P1+P2+P3-P4)/24.
  F11(12)=-AA**3.*BB*(P1+P2+P3+P4)/96.
  F11(13)=AA**4.*BB*(P1-P2-P3+P4)/960.
  F11(16)=-AA*BB*RY**2.*(P1+P2+P3+P4)/4.
  F11(17)=AA**2.*BB*RY**2.*(P1-P2-P3+P4)/24.
DO 2 I=1,20
  R2(I)=R2(I)+G(I,J)*F11(J)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE CANOC(AA,BB,RY,TETC,OMEGA,P,G,R3,IN)
DIMENSION P(380,4),G(20,20),F(20),R3(20)
P1=P(IN,1)
P2=P(IN,2)
P3=P(IN,3)
P4=P(IN,4)
BETA=BB/(2.*RY)
ALFA=TETC-.5*OMEGA
CA=COSD(ALFA)
SA=SIND(ALFA)
SB=SIN(BETA)
CB=COS(BETA)
DO 1 I=1,20
  F(I)=0.
1 R3(I)=0.
  F(2)=-AA**2*BB*CA*(P1-P2-P3+P4)/24.
  F(3)=-AA**2*BB*SA*(P1-P2-P3+P4)/24.
  F(4)=-AA*RY*.5*(SB*(-SA)*(P1+P2+P3+P4)+(SB*CA**2.*RY/BB-CA*
$CB)*(P1+P2-P3-P4))
  F(5)=.25*AA*BB*CA*(P1+P2+P3+P4)
  F(6)=.25*AA*BB*SA*(P1+P2+P3+P4)
  F(8)=AA**3*(SA*SB*(P1+P2+P3+P4)+CA*(-2.*RY*SB/BB+CB)*(P1+
$P2-P3-P4))/144.
  F(9)=-RY**2*.5*AA*(CA*SB*(P1+P2+P3+P4)+SA*(2.*RY*SB/BB-CB)*(
$P1+P2-P3-P4))
  F(10)=- (RY*AA)**2*(SB*(-CA)*(P1-P2-P3+P4)+SA*(CB-2.*RY*SB/BB

```

```

$)*(P1-P2+P3-P4))/12.
  F(11)=AA**2*RY*(SA*SB*(-P1+P2+P3-P4)+CA*(2.*RY*SB/BB-CB)*(P1
$-P2+P3-P4))/48.
  F(12)=-AA**3*RY*(SB*(-CA)*(P1+P2+P3+P4)+SA*(2.*CB*RY*SB/BB)*
$(P1+P2-P3-P4))/48.
  F(13)=-AA**4*RY*(SB*CA*(P1-P2-P3+P4)+SA*(2.*RY*SB/BB-CB)*(P1
$-P2+P3-P4))/480.
  F(14)=-AA**3*RY*(SA*(SB-BB*.5*CB/RY)*(P1+P2+P3+P4)+CA*(BB*
$5/RY-RY*.4/BB)*SB+2.*CB)*(P1+P2-P3-P4))/48.
  F(15)=-AA**4*RY*(SA*(BB*.5/RY-SB)*(P1-P2-P3+P4)+CA*(-2.*CB+
$B*(-BB*.5/RY+4.*RY/BB))*(P1-P2+P3-P4))/480.
  F(16)=-.5*AA*RY**3*(SA*(BB*.5/RY-6.*RY/BB)*SB+3.*CB)*(P1+P2
$-P3-P4)+CA*(-2.*SB+BB*.5*CB/RY)*(P1+P2+P3+P4))
  F(17)=-AA**2*RY**3*(SA*(SB*(-.25*BB/RY+3.*RY/BB)-1.5*CB)*(P1
$-P2+P3-P4)+CA*(SB*(-.25*BB*CB/RY)*(P1-P2-P3+P4))/6.
  F(18)=-5.*AA*BB*RY**2*(SA*(SB*(.8*RY/BB-.05*BB/RY)-.4*CB)*(P
$1+P2+P3+P4)+CA*(SB*(.5-4.*RY/BB)**2)+CB*(2.*RY/BB-.05*BB/RY
$))*(P1+P2-P3-P4))/4.
  F(19)=-AA**2*RY**3*(SA*(SB*(-3.*CB/RY)**2/8.+BB*CB/RY)*(P1
$-P2-P3+P4)+CA*(SB*(12.*RY/BB-5.*BB/(4.*RY))+CB*(-6.*CB/RY)*
$*2/8.))*(P1-P2+P3-P4))/12.
  F(20)=- (AA*RY)**2*(SB*SA*(P1-P2-P3+P4)+CA*(CB-2.*RY*SB/BB)*(
$P1-P2+P3-P4))/24.
DO 2 I=1,20
DO 2 J=1,20
2 R3(I)=R3(I)+G(I,J)*F(J)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE CANOE(AA,BB,RY,THI,PES,G,R1)
DIMENSION G(20,20),F1(20),R1(20)
DO 1 I=1,20
  R1(I)=0.
1 F1(I)=0.
  F1(1)=AA*BB
  F1(2)=2.*AA*RY**2.*SIN(BB/(2.*RY))
  F1(17)=-RY*AA*BB**3./24.
DO 2 I=1,20
DO 3 J=1,20
3 R1(I)=R1(I)+G(I,J)*F1(J)
2 R1(I)=-R1(I)*THI*PES
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE CARCH(X,Y,ANI,E,S)
DIMENSION X(3),Y(3),S(3,6)
A1=-X(3)+X(2)
A2=-X(1)+X(3)
A3=-(A1+A2)
B1=-Y(2)+Y(3)
B2=-Y(3)+Y(1)
B3=-(B1+B2)
AREA=-(B1*A2-B2*A1)*.5
D=E/(2.*AREA*(1.-ANI**2.))
C=.5*(1.-ANI)
S(1,1)=ANI*D*A1
S(1,2)=B1*D
S(1,3)=ANI*A2*D
S(1,4)=B2*D
S(1,5)=ANI*A3*D
S(1,6)=B3*D
S(2,1)=A1*D
S(2,2)=ANI*B1*D
S(2,3)=A2*D
S(2,4)=ANI*B2*D
S(2,5)=A3*D
S(2,6)=ANI*B3*D
S(3,1)=C*B1*D
S(3,2)=C*A1*D
S(3,3)=C*B2*D
S(3,4)=C*A2*D
S(3,5)=C*B3*D
S(3,6)=C*A3*D
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE CARGU(PA,PB,TET,VL,NEU,GU,CARU)
C-----CALCULA AS CARGAS NODAIS EQUIV. DEVIDAS A CARGAS EXTERNAS
C-----UNIFORMMENTE DISTRIBUIDAS, COM VARIACAO LINEAR AO LONGO
C-----DA VIGA. ESTAS CARGAS PODEM SER INCLINADAS, FORMANDO ANGULO
C-----TET COM O EIXO VERTICAL.
DIMENSION GU(12,12),VL(21),VCARU(12),CARU(12)
DO 1 I=1,12
CARU(I)=0.
1 VCARU(I)=0.
DP=PA-PB
K=2
DO 2 I=1,8
K=K+1
IF(I-4)3,3,4
3 II=1
V=SIND(TET)

```

```

GO TO 5
4 II=1-4
V=-COSD(TET)
5 SS=VL(NEU)**II*(-DP/(II+1)+PA/II)
VCARU(K)=SS*V
2 CONTINUE
DO 6 I=1,12
DO 6 J=1,12
6 CARU(I)=CARU(I)+GU(I,J)*VCARU(J)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE COEF(KCOEF, KK, L)
DIMENSION KCOEF(28)
DO 109 I=1,L
109 KCOEF(I)=0
K=1
M=KK+1
MM=M
II=KK
KCOEF(1)=1
IF(KK-1)107,108,108
108 KCOEF(L)=1
IF(KK-1)105,105,106
106 KCOEF(KK+1)=1
DO 120 I=2, KK
KCOEF(I)=II*KCOEF(I-1)/(I-1)
120 II=II-1
DO 100 IJ=1, KK
K=K+MM
KCOEF(K)=KCOEF(IJ+1)
100 MM=MM-1
K=1
MM=M
KD=KK
KI=KD-1
DO 200 J=1, KI
IT=1
KK=KK-1
II=KK
K=K+MM
MM=MM-1
DO 200 I=1, KK
IT=IT+1
KI=K+I
KCOEF(KI)=II*KCOEF(KI-1)/(IT-1)
200 II=II-1
IF(KI)105,105,107

```

```

105 KCOEF(2)=1
107 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C
C-----CALCULO DAS COORDENADAS LOCAIS
C

```

```

SUBROUTINE COLOC (X,Y,IPERM,XLC,YLC)
DIMENSION IPERM(3),X(3),Y(3),XLC(6),YLC(6)
DO 99 I=1,3
L=3
XLC(I)=X(I)
YLC(I)=Y(I)
J=IPERM(I)
IJ=L+I
XLC(IJ)=0.5*(X(J)+X(I))
99 YLC(IJ)=0.5*(Y(J)+Y(I))
X0=0.
Y0=0.
DO 15 I=1,3
X0=X0+X(I)/3.
15 Y0=Y0+Y(I)/3.
DO 919 I=1,6
XLC(I)=XLC(I)-X0
919 YLC(I)=YLC(I)-Y0
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE COORD(NDXY,NX,NY,NPTY,NPTZ,NI,IV,NUEL,NUY,AGATO,
$OMEGA,XISCE,TETAC,XIS,TETA)
DIMENSION NP(380,4),NUEL(3,380),NUY(20,20),XISCE(380),TETAC(
$380),XIS(350),TETA(350),NS(21)
NUMEL=NX*NY
AGA=AGATO/NPTY
IF (NPTZ)600,602,600
602 OMEG=OMEGA
GO TO 603
600 OMEG=OMEGA/NPTZ

```

```

603 NC1=0
NC0=1
IO=1
N1=NX+1
IF (NDXY)100,200,200
200 DO 180 J=1,NX
180 NS(J)=NUY(J,1)
NS(N1)=NUY(NX,1)
GO TO 300
100 DO 170 J=1,NX
170 NS(J)=NUY(1,J)
NS(N1)=NUY(1,NX)
300 DO 150 I=1,N1
KN=NS(I)
IF (I-NX)210,210,220
210 NV=NP(KN,1)
GO TO 230
220 NV=NP(KN,2)
230 K=I-IO
XIS(NV)=AGATO-AGA+K*AGA/NX
IF (NPTZ)158,604,158
604 TETA(NV)=0.
GO TO 150
158 TETA(NV)=OMEGA*(2-NPTZ)/2.
150 CONTINUE
DO 400 JN=1,NUMEL
IN=NUEL(IV,JN)
IF (NDXY)410,420,420
420 DO 430 J=1,NX
DO 430 K=1,NY
KK=K
JJ=J
IF (IN-NUY(J,K))430,440,430
430 CONTINUE
440 NTET=KK
NXIS=JJ
GO TO 550
410 DO 450 J=1,NY
DO 450 K=1,NX
IF (IN-NUY(J,K))450,470,450
450 CONTINUE
470 NTET=J
NXIS=K
550 XISCE(IN)=AGA*(NPTY-1)+(2*NXIS-1)*AGA/(2*NX)
IF (NPTZ)604,605,604
605 TETAC(IN)=(2*NTET-1)*OMEG*.5/NY
GO TO 606
604 TETAC(IN)=(2*NTET-1)*OMEG/(2*NY*(3-NPTZ))+(2-NPTZ)*OMEGA/2.
606 K1=NP(IN,1)
K2=NP(IN,2)
K3=NP(IN,3)
K4=NP(IN,4)
XIS(K3)=XIS(K2)
XIS(K4)=XIS(K1)
IF (NPTZ)608,607,608
607 TETA(K3)=TETA(K2)+OMEG/NY
TETA(K4)=TETA(K1)+OMEG/NY

```



```

GO TO 400
600 TETA(K3)=TETA(K2)+OMEG/(NY*(3-NPTZ))
    TETA(K4)=TETA(K1)+OMEG/(NY*(3-NPTZ))
400 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE CORDV(NUMEV, NNOV, COMPR, NPV, NPT, X)
C-----CALCULA AS COORDENADAS DE CADA NO DA MALHA.
DIMENSION X(350), NPV(24,2)
DX=COMPR/(NUMEV*NPT)
K=NPV(1,1)
X(K)=.5*COMPR*(NPT-1)
DO 2 I=2, NUMEV
DO 2 J=1, NNOV
NUM=NPV(I,J)
MUM=NPV(I-1,J)
X(NUM)=X(MUM)+DX
2 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE DESL(EW, EV, J1, J2, KM, LM, DL)
DIMENSION EW(284), EV(284), DL(24,24)
DO 1 I=1, 24
DO 1 J=1, 24
1 DL(I,J)=0.
DO 2 I=1, 24
2 DL(I,I)=1.
DL(1,4)=KM*EW(J1)
DL(1,6)=KM*EV(J1)
DL(2,5)=KM*EW(J1)
DL(3,5)=-KM*EV(J1)
DL(7,10)=KM*EW(J2)
DL(7,12)=KM*EV(J2)
DL(8,11)=KM*EW(J2)
DL(9,11)=-KM*EV(J2)
DL(13,16)=LM*EW(J1)
DL(13,18)=LM*EV(J1)

```

```

DL(14,17)=LM*EW(J1)
DL(15,17)=-LM*EV(J1)
DL(19,22)=LM*EW(J2)
DL(19,24)=LM*EV(J2)
DL(20,23)=LM*EW(J2)
DL(21,23)=-LM*EV(J2)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE EXPS(KE, IGR)
DIMENSION KE(3,28)
II=IGR+2
IK=0
N3=-1
IGR1=IGR+1
DO 75 J=1, IGR1
N1=IGR+1
II=II-1
N1=N1-J
N2=0
N3=N3+1
DO 75 I=1, II
IK=IK+1
KE(1,IK)=N1
N1=N1-1
KE(2,IK)=N2
N2=N2+1
75 KE(3,IK)=N3
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE FLEVO(NUMNP, NPH, STRS, ISAJ, DE, PR)
C-----CALCULO DOS MOMENTOS FLETORES E VOLVENTES
C
REAL MX, MY, MXY, R(380,3)
DIMENSION STRS(2020), NPH(350), TCM(3,6), SHOH(1000), DE(350), PR
(350), ANGLE(380)
WRITE(ISAJ,30)

```

```

30 FORMAT(17X,'MOMENTOS NODAIS',//4X,'NO',8X,'KZ',12X,'HY',11X,
  $'MZY'//)
DO 10 NA=1,NUMNP
N=NPM(NA)
DO 20 I=1,3
DO 20 J=1,6
20 TCH(1,J)=0.
TCH(1,4)=-DE(N)
TCH(1,6)=-DE(N)*PR(N)
TCH(2,4)=TCH(1,6)
TCH(2,6)=TCH(1,4)
TCH(3,5)=TCH(1,4)-TCH(1,6)
K=3*(NA-1)
K2=2*K
DO 60 IM=1,3
KIM=K+IM
SMOM(KIM)=0.
DO 60 L=1,6
KL=K2+L
60 SMOM(KIM)=SMOM(KIM)+TCH(IM,L)*STRS(KL)
KM=K+1
KM2=KM+2
10 WRITE(ISAJ,32)N,(SMOM(NLL),NLL=KM,KM2)
32 FORMAT(3X,I3,1X,3E14.5)
C
C-----CALCULO DOS MOMENTOS NODAIS PRINCIPAIS
C
WRITE(ISAJ,31)
31 FORMAT(///13X,'MOMENTOS NODAIS PRINCIPAIS'//4X,'NO',6X,'M-1'
  $,10X,'M-2',7X,'M-NT-MAX',5X,'ANGULO'//)
DO 400 N=1,NUMNP
NA=NPM(N)
K=3*(N-1)
K1=K+1
K2=K+2
K3=K+3
MX=SMOM(K1)
MY=SMOM(K2)
MXY=SMOM(K3)
C=0.5*(MX+MY)
DIF=0.5*(MX-MY)
P=SQRT(DIF**2+MXY**2)
H(N,1)=C+P
H(N,2)=C-P
H(N,3)=P
ANGLE(N)=45.*SIGN(1.,MXY)
IF(DIF)319,440,319
319 ANGLE(N)=28.642890*ATAN(MXY/DIF)
440 WRITE(ISAJ,34)NA,(H(N,I),I=1,3),ANGLE(N)
34 FORMAT(3X,I3,3E13.4,2X,F7.3)
400 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE GJRIN(N,BB,C,IP,IQ,AA)
DIMENSION AA(N,N),BB(N),C(N),IP(N),IQ(N)
DO 1 K=1,N
T=0.
DO 6 I=K,N
S=0.
DO 3 J=K,N
3 S=S+ABS(AA(I,J))
IF(S)4,5,4
4 DO 2 J=K,N
IF(ABS(AA(I,J))-S*T)2,2,7
7 IP(K)=I
IQ(K)=J
PIVO=AA(I,J)
T=ABS(PIVO/S)
2 CONTINUE
6 CONTINUE
IF(T)101,5,101
101 IF(IP(K)-K)8,98,8
8 DO 9 J=1,N
IPK=IP(K)
Z=AA(IPK,J)
AA(IPK,J)=AA(K,J)
9 AA(K,J)=Z
98 IF(IQ(K)-K)10,20,10
10 IQK=IQ(K)
DO 11 I=1,N
Z=AA(I,IQK)
AA(I,IQK)=AA(I,K)
11 AA(I,K)=Z
20 DO 12 J=1,N
IF(J-K)13,14,13
14 BB(J)=1/PIVO
C(J)=1.
GO TO 15
13 BB(J)=-AA(K,J)/PIVO
C(J)=AA(J,K)
15 AA(K,J)=0.
12 AA(J,K)=0.
DO 1 I=1,N
DO 1 J=1,N
AA(I,J)=AA(I,J)+C(I)*BB(J)
1 CONTINUE
DO 16 KAUX=1,N
K=N-KAUX+1
IF(IP(K)-K)17,18,17
17 DO 102 I=1,N
IPK=IP(K)
Z=AA(I,IPK)
AA(I,IPK)=AA(I,K)
AA(I,K)=Z
102 CONTINUE
18 IF(IQ(K)-K)104,16,104
104 DO 103 J=1,N
IQK=IQ(K)
Z=AA(IQK,J)
AA(IQK,J)=AA(K,J)

```

```

AA(K,J)=Z
103 CONTINUE
16 CONTINUE
GO TO 118
5 WRITE(5,100)
100 FORMAT(//5X'PROGRAMA NAO EXECUTADO--MATRIZ SINGULAR'//)
118 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE JTDJ(A,B,THI,ANI,RY,EI,BJ)
DIMENSION BJ(20,20)
AK1=EI*THI/(1.-ANI**2.)
AK2=AK1*ANI
AK3=.5*(1.-ANI)*AK1
D1=EI*THI**3./(12.*(1.-ANI**2.))
D2=D1*ANI
D3=.5*(1.-ANI)*D1
DO 1 I=1,20
DO 1 J=1,20
1 BJ(I,J)=0.
BJ(7,7)=AK1*A*B
BJ(7,9)=AK2*A*B
BJ(7,12)=-AK2*A**3.*B/(24.*RY)
BJ(8,8)=AK1*A*B**3./(12.*RY**2.)+4.*AK3*A**3.*B/(27.*RY**2.)
BJ(8,14)=-AK2*(A*B)**3./(288.*RY**3.)
BJ(9,9)=AK1*A*B
BJ(9,12)=-AK1*A**3.*B/(24.*RY)
BJ(10,10)=AK1*A**3.*B/12.
BJ(10,13)=-AK1*A**5.*B/(480.*RY)
BJ(11,11)=AK3*A*B
BJ(12,12)=AK1*A**5.*B/(320.*RY**2.)+D1*A*B
BJ(12,16)=D2*A*B
BJ(13,13)=AK1*A**7.*B/(16128.*RY**2.)+D1*A**3.*B/12.
BJ(13,17)=D2*A**3.*B/12.
BJ(14,14)=AK1*A**5.*B**3./(3840.*RY**4.)+D1*A*B**3./(12.*RY*
$*2.)+D3*A**3.*B/(3.*RY**2.)
BJ(14,18)=D2*A*B**3./(12.*RY**2.)
BJ(15,15)=AK1*A**7.*B**3./(193536.*RY**4.)+D1*(A*B)**3./(144
$.*RY**2.)+D3*A**5.*B/(80.*RY**2.)
BJ(15,19)=D2*(A*B)**3./(144.*RY**2.)+D3*(A*B)**3./(144.*RY**
$2.)
BJ(15,20)=D3*A**3.*B/(12.*RY)
BJ(16,16)=D1*A*B
BJ(17,17)=D1*A**3.*B/12.+D3*A*B**3./3.
BJ(18,18)=D1*A*B**3./(12.*RY**2.)
BJ(19,19)=D1*(A*B)**3./(144.*RY**2.)+D3*A*B**5./(80.*RY**2.)
BJ(19,20)=D3*A*B**3./(12.*RY)

```

```

BJ(20,20)=D3*A*B
DO 2 I=1,20
DO 2 J=1,20
2 BJ(J,I)=BJ(I,J)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE JTDJV(BV,HV,UJ,VL,NEU,E,G,J1,J2)
C-----CALCULA A MATRIZ RESULTANTE DA INTEGRACAO DE (J)T*DB*J
C-----NECESSARIA PARA O CALCULO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DA VIGA
DIMENSION UJ(12,12),HV(350),HU(350),VL(21)
CALL CAGEV(BV,HV,NEU,S0,S1,S2,AZ0,AZ1,AZ2,AZ3,AZ4,AY0,AY1,AY
$2,AY3,AY4,AT0,AT1,AT2,AT3,AT4,J1,J2)
DO 12 I=1,12
DO 12 J=1,12
12 UJ(I,J)=0.
A0=AZ0
A1=AZ1
A2=AZ2
A3=AZ3
A4=AZ4
VEU=VL(NEU)
UJ(2,2)=VEU*(S0+S1/2.+S2/3.)*E
KX=6
DO 10 N=1,2
KL=4*N
KL=KL+1
K=4
DO 2 I=1,2
KI=KX*N+I-2
SJ=E*(A0/I+A1/(I+1)+A2/(I+2)+A3/(I+3)+A4/(I+4))
UJ(KL,KI)=K*VEU**I*SJ
K=3*K
2 CONTINUE
I=3
KL=KL+1
SJ=E*(A0/I+A1/(I+1)+A2/(I+2)+A3/(I+3)+A4/(I+4))
UJ(KL,KL)=K*VEU**I*SJ
A0=AY0
A1=AY1
A2=AY2
A3=AY3
A4=AY4
KX=KX+1
10 CONTINUE
KL=12
I=1
SS=G*VEU*(AT0/I+AT1/(I+1)+AT2/(I+2)+AT3/(I+3)+AT4/(I+4))

```

```

VJ(KI, KI)=SS
DO 3 I=1, 12
DO 3 J=1, 12
3 VJ(J, I)=VJ(I, J)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE MARCH(X, Y, ANI, E, GK)
DIMENSION X(3), Y(3), GK(6, 6)
C=.5*(1.-ANI)
A1=-X(3)+X(2)
A2=-X(1)+X(3)
A3=-(A2+A1)
B1=-Y(2)+Y(3)
B2=-Y(3)+Y(1)
B3=-(B2+B1)
AREA=B1*A2-B2*A1
D=E/(2.*AREA*(1.-ANI**2.))
GK(1,1)=D*(A1**2.+C*B1**2.)
GK(1,2)=D*(ANI*A1*B1+A1*B1*C)
GK(1,3)=D*(A1*A2+B1*B2*C)
GK(1,4)=D*(ANI*A1*B2+A2*B1*C)
GK(1,5)=D*(A1*A3+B1*B3*C)
GK(1,6)=D*(ANI*A1*B3+A3*B1*C)
GK(2,2)=D*(B1**2.+(A1**2.)*C)
GK(2,3)=D*(ANI*A2*B1+A1*B2*C)
GK(2,4)=D*(B1*B2+A1*A2*C)
GK(2,5)=D*(ANI*A3*B1+A1*B3*C)
GK(2,6)=D*(B1*B3+A1*A3*C)
GK(3,3)=D*(A2**2.+(B2**2.)*C)
GK(3,4)=D*(ANI*A2*B2+B2*A2*C)
GK(3,5)=D*(A2*A3+B2*B3*C)
GK(3,6)=D*(ANI*A2*B3+A3*B2*C)
GK(4,4)=D*(B2**2.+(A2**2.)*C)
GK(4,5)=D*(ANI*A3*B2+A2*B3*C)
GK(4,6)=D*(B2*B3+A2*A3*C)
GK(5,5)=D*(A3**2.+(B3**2.)*C)
GK(5,6)=D*(ANI*A3*B3+A3*B3*C)
GK(6,6)=D*(B3**2.+(A3**2.)*C)
DO 1 I=1, 6
DO 1 J=1, 6
1 GK(J, I)=GK(I, J)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE MATBV(NVARU, NNOU, KSV, AV)
C-----CALCULA A MATRIZ B DA TEORIA
REAL KSV(2), KV
DIMENSION AV(12, 12), VB(6, 12)
NUNOU=NVARU*NNOU
DO 1 I=1, NVARU
DO 1 J=1, NUNOU
1 VB(I, J)=0.
DO 2 I=1, NUNOU
DO 2 J=1, NUNOU
2 AV(I, J)=0.
K=0
DO 3 J=1, NNOU
KV=KSV(J)
VB(1, 1)=1.
VB(1, 2)=KV
VB(5, 11)=1.
VB(5, 12)=KV
MF=2
DO 4 MI=2, 3
M=1
DO 4 MG=2, 5
MF=MF+1
VB(MI, MF)=KV***(M-1)
4 M=M+1
DO 5 MI=4, 6, 2
MF=16-2*MI
DO 5 M=1, 3
VB(MI, MF)=M*KV***(M-1)
5 MF=MF+1
DO 6 L=1, NVARU
DO 6 LM=1, 12
IJ=K*NVARU+L
6 AV(IJ, LM)=VB(L, LM)
K=K+1
3 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C-----FORMACAO DA MATRIZ Y (B TRANSPOSTA)
SUBROUTINE MATFT(CF, IEX, IEY, EF, X, Y, XLC, YLC, S, C, ISAJ, IPERM)
DIMENSION UNUM(3), VDEN(3), F(2), TANG(3), GAMMA(3), BETA(3)
DIMENSION EF(21, 21), X(3), Y(3), XLC(6), YLC(6), S(3), C(3), IPERM(
$3), CF(18, 21), IEX(18, 21), IEY(18, 21)
DO 100 I=1, 21
DO 100 J=1, 21

```

```

100 EF(I,J)=0.
C
C-----FORMACAO DAS 18 PRIMEIRAS LINHAS DE EF(21,21)
C
  II=-5
  JJ=0
  DO 110 K=1,3
  II=II+6
  JJ=JJ+6
  DO 110 I=II, JJ
  DO 110 J=1, 21
  IF (CF(I,J)) 1000, 110, 1000
1000 IF (XLC(K)) 1030, 1040, 1030
1010 IF (IEX(I,J)) 1030, 1020, 1030
1020 XL=1.
  GO TO 1040
1030 XL=XLC(K)
1040 IF (YLC(K)) 1070, 1050, 1070
1050 IF (IEY(I,J)) 1070, 1060, 1070
1060 YL=1.
  GO TO 1080
1070 YL=YLC(K)
1080 EF(I,J)=CF(I,J)*XL*IEX(I,J)*YL*IEY(I,J)
110 CONTINUE
C
C-----CALCULO DOS ANGULOS ENTRE EIXO X E EIXO Y
C
  DO 750 I=1,3
  J=1PERM(I)
  VNUM(I)=Y(J)-Y(I)
  VDEN(I)=X(J)-X(I)
  IF (VDEN(I)) 500, 600, 500
500 TANG(I)=VNUM(I)/VDEN(I)
  IF (ABS(TANG(I))-100.) 700, 959, 959
600 IF (VNUM(I)) 530, 1111, 520
520 S(I)=1.
  C(I)=0.
  GO TO 750
530 S(I)=-1.
  C(I)=0.
  GO TO 750
700 IF (VDEN(I)) 800, 600, 900
800 IF (VNUM(I)) 801, 802, 801
801 S(I)=-SIN(ATAN(TANG(I)))
  C(I)=-COS(ATAN(TANG(I)))
  GO TO 750
802 S(I)=0.
  C(I)=-1.
  GO TO 750
900 S(I)=SIN(ATAN(TANG(I)))
  C(I)=COS(ATAN(TANG(I)))
  GO TO 750
959 A=TANG(I)-1.
  B=TANG(I)+1.
  ANG45=3.1415926/4.
  IF (VDEN(I)) 960, 600, 970
960 IF (VNUM(I)) 965, 1111, 966

```

```

965 GAMA(I)=ATAN(A/B)
  BETA(I)=ANG45+GAMA(I)
  S(I)=-SIN(BETA(I))
  C(I)=-COS(BETA(I))
  GO TO 750
966 GAMA(I)=ATAN((1.+TANG(I))/(1.-TANG(I)))
  BETA(I)=- (3.1415926/4.)*GAMA(I)
  S(I)=-SIN(BETA(I))
  C(I)=-COS(BETA(I))
  GO TO 750
970 IF (VNUM(I)) 975, 1111, 976
975 GAMA(I)=ATAN((1.+TANG(I))/(1.-TANG(I)))
  BETA(I)=- (3.1415926/4.)*GAMA(I)
  S(I)=SIN(BETA(I))
  C(I)=COS(BETA(I))
  GO TO 750
976 GAMA(I)=ATAN(A/B)
  BETA(I)=ANG45+GAMA(I)
  S(I)=SIN(BETA(I))
  C(I)=COS(BETA(I))
  GO TO 750
1111 WRITE(JSAT,1119)
1119 FORMAT(10X,'ERRO NAS COORDENADAS'//)
750 CONTINUE
  DO 299 I=1,3
  IF (VDEN(I)) 300, 303, 299
303 IF (VNUM(I)) 299, 300, 300
300 S(I)=-S(I)
  C(I)=-C(I)
299 CONTINUE
C
C-----GERACAO DAS LINHAS 19,20,21
C
  II=18
  DO 120 K=4,6
  II=II+1
  IK=K-3
  DO 120 J=1,21
  F(1)=0.
  F(2)=0.
  IF (S(IK)*CF(2,J)) 2000, 115, 2000
2000 IF (XLC(K)) 2030, 2040, 2030
2010 IF (IEX(2,J)) 2030, 2020, 2030
2020 XL=1.
  GO TO 2040
2030 XL=XLC(K)
2040 IF (YLC(K)) 2070, 2050, 2070
2050 IF (IEY(2,J)) 2070, 2060, 2070
2060 YL=1.
  GO TO 2080
2070 YL=YLC(K)
2080 F(1)=-S(IK)*CF(2,J)*XL*IEX(2,J)*YL*IEY(2,J)
  115 IF (C(IK)*CF(3,J)) 3000, 3090, 3000
3000 IF (XLC(K)) 3030, 3040, 3030
3010 IF (IEX(3,J)) 3030, 3020, 3030
3020 XL=1.
  GO TO 3040

```

```

3030 XL=XLC(K)
3040 IF (YLC(K))3070,3050,3070
3050 IF (IEY(3,J))3070,3060,3070
3060 YL=1.
      GO TO 3080
3070 YL=YLC(K)
3080 F(2)=C(IK)*CF(3,J)*XL**IEY(3,J)*YL**IEY(3,J)
3090 EF(II,J)=F(1)+F(2)
      120 CONTINUE
      RETURN
      END

```

```

SUBROUTINE MATRA(NNOS,NVARN,KSI,ETA,RY,A)
REAL KSI(4)
DIMENSION ETA(4),B(5,20),A(20,20)
NVNOS=NNOS*NVARN
DO 6 I=1,NVARN
DO 6 J=1,NVNOS
6 B(I,J)=0.
DO 7 I=1,NVNOS
DO 7 J=1,NVNOS
7 A(I,J)=0.
  K=0
  DO 1 J=1,NNOS
    U=ETA(J)/RY
    B(1,1)=1.
    B(1,2)=RY*COS(U)
    B(1,3)=-RY*SIN(U)
    B(1,7)=KSI(J)
    B(1,8)=KSI(J)*U
    B(1,11)=.75*ETA(J)
    B(1,17)=-.5*RY*ETA(J)**2.
    B(1,19)=ETA(J)*RY**2.-(ETA(J)**3.)/6.
    B(1,20)=-.50*RY*ETA(J)
    B(2,2)=KSI(J)*SIN(U)
    B(2,3)=KSI(J)*COS(U)
    B(2,4)=1.
    B(2,5)=SIN(U)
    B(2,6)=COS(U)
    B(2,11)=.25*KSI(J)
    B(2,8)=KSI(J)**2./(RY*6.)
    B(2,11)=.25*KSI(J)
    B(2,16)=RY*ETA(J)
    B(2,17)=RY*KSI(J)*ETA(J)
    B(2,18)=.5*ETA(J)**2.
    B(2,19)=-KSI(J)*RY**2.+1.5*KSI(J)*ETA(J)**2.
    B(2,20)=.5*RY*KSI(J)
    B(3,2)=-B(2,3)

```

```

B(3,3)=B(2,2)
B(3,5)=-B(2,6)
B(3,6)=B(2,5)
B(3,9)=RY
B(3,10)=RY*KSI(J)
B(3,12)=-.5*KSI(J)**2.
B(3,13)=-KSI(J)**3./6.
B(3,14)=-.5*(KSI(J)**2.)*ETA(J)/RY
B(3,15)=B(3,14)*KSI(J)/3.
B(3,16)=-RY**2.
B(3,17)=-KSI(J)*RY**2.
B(3,18)=-B(2,16)
B(3,19)=B(3,18)*KSI(J)
B(4,2)=-B(2,6)
B(4,3)=B(2,5)
B(4,10)=B(3,9)
B(4,12)=-B(1,7)
B(4,13)=B(3,12)
B(4,14)=-B(1,8)
B(4,15)=B(3,14)
B(4,17)=B(3,16)
B(4,19)=-B(2,16)
B(5,4)=-1./RY
B(5,8)=-KSI(J)**2./(6.*RY**2.)
B(5,11)=-.25*KSI(J)/RY
B(5,14)=B(3,12)/RY
B(5,15)=B(3,13)/RY
B(5,16)=-ETA(J)
B(5,17)=-KSI(J)*ETA(J)
B(5,18)=-B(3,9)-B(2,18)/RY
B(5,19)=-.5*ETA(J)**2.*KSI(J)/RY
B(5,20)=-.5*KSI(J)
DO 2 I=1,NVARN
DO 2 JK=1,NVNOS
  II=K*NVARN+I
2 A(II,JK)=B(I,JK)
  K=K+1
1 CONTINUE
  RETURN
  END

```

```

C
C-----CALCULO DA MATRIZ DE RIGIDEZ GENERALIZADA (K0)
C
SUBROUTINE MATRG(NI,PRS,B)
REAL NI
DIMENSION B(21,21),PRS(28)
POO=PRS(1)

```

P10=PRS(2)
 P01=PRS(3)
 P20=PRS(4)
 P11=PRS(5)
 P02=PRS(6)
 P30=PRS(7)
 P21=PRS(8)
 P12=PRS(9)
 P03=PRS(10)
 P40=PRS(11)
 P31=PRS(12)
 P22=PRS(13)
 P13=PRS(14)
 P04=PRS(15)
 P50=PRS(16)
 P41=PRS(17)
 P32=PRS(18)
 P23=PRS(19)
 P14=PRS(20)
 P05=PRS(21)
 P60=PRS(22)
 P51=PRS(23)
 P42=PRS(24)
 P33=PRS(25)
 P24=PRS(26)
 P15=PRS(27)
 P06=PRS(28)
 AMJ=0.5*(1.-NI)
 DO 550 I=1,21
 DO 550 J=1,21
 550 B(I,J)=0.
 D=1.
 B(4,4)=D*4.*P00
 B(6,6)=B(4,4)
 B(4,6)=B(4,4)*NI
 B(5,5)=B(4,4)*AMI
 B(4,11)=D*24.*P20
 B(4,13)=D*(4.*P02+4.*NI*P20)
 B(4,14)=D*12.*NI*P11
 B(4,15)=D*24.*NI*P02
 B(8,10)=0.5*B(4,15)
 B(4,16)=D*40.*P30
 B(6,16)=B(4,16)*NI
 B(7,11)=1.8*B(4,16)
 B(4,17)=D*24.*P21
 B(8,11)=B(4,17)
 B(5,18)=D*24.*AMI*P21
 B(6,17)=D*24.*NI*P21
 B(9,12)=D*12.*P21
 B(10,11)=D*72.*NI*P21
 B(4,18)=D*(12.*P12+4.*NI*P30)
 B(4,19)=D*(4.*P03+12.*NI*P21)
 B(4,20)=D*24.*NI*P12
 B(7,15)=3.*B(4,20)
 B(10,12)=0.5*B(7,15)
 B(6,20)=D*24.*P12
 B(9,15)=B(6,20)

B(8,14)=D*12.*P12
 B(10,14)=1.5*B(6,20)
 B(5,19)=D*24.*AMI*P12
 B(6,21)=D*40.*P03
 B(4,21)=D*40.*NI*P03
 B(5,20)=D*16.*AMI*P03
 B(8,15)=D*24.*NI*P03
 B(10,15)=D*72.*P03
 B(5,12)=D*12.*AMI*P20
 B(5,13)=D*16.*AMI*P11
 B(5,14)=D*12.*AMI*P02
 B(5,17)=D*16.*AMI*P30
 B(6,14)=D*12.*P11
 B(7,8)=B(6,14)
 B(9,10)=B(6,14)
 B(4,12)=B(6,14)
 B(6,11)=D*24.*NI*P20
 B(6,12)=B(6,14)*NI
 B(6,13)=D*(4.*P20+4.*NI*P02)
 B(7,10)=D*36.*NI*P11
 B(7,14)=D*36.*NI*P21
 B(7,7)=D*36.*P20
 B(6,15)=D*24.*P02
 B(6,18)=D*(4.*P30+12.*NI*P12)
 B(6,19)=D*(12.*P21+4.*NI*P03)
 B(7,13)=D*(12.*P12+12.*NI*P30)
 B(7,17)=D*72.*P31
 B(11,12)=B(7,17)
 B(7,16)=D*120.*P40
 B(11,11)=1.2*B(7,16)
 B(9,21)=D*40.*P13
 B(10,20)=1.8*B(9,21)
 B(12,15)=D*72.*NI*P13
 B(7,20)=D*72.*NI*P22
 B(10,17)=B(7,20)
 B(11,15)=2.*B(7,20)
 B(7,19)=D*(12.*P13+36.*NI*P31)
 B(7,18)=D*(36.*P22+12.*NI*P40)
 B(7,21)=D*120.*NI*P13
 B(8,8)=D*(4.*P02+16.*AMI*P20)
 B(8,9)=D*(8.-4.*NI)*P11
 B(8,12)=D*(12.*P12+24.*AMI*P30)
 B(8,13)=D*(4.*P03+(16.-12.*NI)*P21)
 B(8,16)=D*40.*P31
 B(8,17)=D*(24.*P22+32.*AMI*P40)
 B(8,18)=D*(12.*P13+(24.-20*NI)*P31)
 B(8,19)=D*(4.*P04+(24.-12.*NI)*P22)
 B(8,20)=D*(16.+8.*NI)*P13
 B(8,21)=D*40.*NI*P04
 B(9,9)=D*(4.*P20+16.*AMI*P02)
 B(9,11)=D*24.*NI*P30
 B(9,13)=D*(4.*P30+(16.-12.*NI)*P12)
 B(9,14)=D*(12.*P21+24.*AMI*P03)
 B(9,16)=D*40.*NI*P40
 B(9,17)=D*(16.+8.*NI)*P31
 B(9,18)=D*(4.*P40+(24.-12.*NI)*P22)
 B(9,19)=D*(12.*P31+(24.-20.*NI)*P13)

```

B(9,20)=D*(24.*P22+32.*AM)*P04
B(10,10)=D*36.*P02
B(10,13)=D*(12.*P21+12.*NI)*P03
B(10,16)=D*120.*NI*P31
B(10,18)=D*(12.*P31+36.*NI)*P13
B(10,19)=D*(36.*P22+12.*NI)*P04
B(10,21)=D*120.*P04
B(11,13)=D*(24.*P22+24.*NI)*P40
B(11,14)=D*72.*NI*P31
B(11,16)=D*240.*P50
B(11,17)=D*144.*P41
B(11,18)=D*(72.*P32+24.*NI)*P50
B(11,19)=D*(24.*P23+72.*NI)*P41
B(11,20)=D*144.*NI*P32
B(11,21)=D*240.*NI*P23
B(12,12)=D*(36.*P22+36.*AM)*P40
B(12,13)=D*(12.*P13+(24.-12.*NI)*P31)
B(12,14)=D*(18.+18.*NI)*P22
B(12,16)=D*120.*P41
B(12,17)=D*(72.*P32+48.*AM)*P50
B(12,18)=D*(36.*P23+(36.-24.*NI)*P41)
B(12,19)=D*(12.*P14+36.*P32)
B(12,20)=D*(24.+48.*NI)*P23
B(12,21)=D*120.*NI*P14
B(13,13)=D*(4.*P40+4.*P04+(32.-24.*NI)*P22)
B(13,16)=D*(40.*P32+40.*NI)*P50
B(13,14)=D*(12.*P31+(24.-12.*NI)*P13)
B(13,15)=D*(24.*P22+24.*NI)*P04
B(13,17)=D*(24.*P23+(32.-8.*NI)*P41)
B(13,18)=D*(4.*P50+12.*P14+(48.-32.*NI)*P32)
B(13,19)=D*(4.*P05+12.*P41+(48.-32.*NI)*P23)
B(13,20)=D*(24.*P32+(32.-8.*NI)*P14)
B(13,21)=D*(40.*P23+40.*NI)*P05
B(14,14)=D*(36.*P22+36.*AM)*P04
B(14,15)=D*72.*P13
B(14,16)=D*120.*NI*P41
B(14,17)=D*(24.+48.*NI)*P32
B(14,18)=D*(12.*P41+36.*P23)
B(14,19)=D*(36.*P32+(36.-24.*NI)*P14)
B(14,20)=D*(72.*P23+48.*AM)*P05
B(14,21)=D*120.*P14
B(15,15)=D*144.*P04
B(15,16)=D*240.*NI*P32
B(15,17)=D*144.*NI*P23
B(15,18)=D*(24.*P32+72.*NI)*P14
B(15,19)=D*(72.*P23+24.*NI)*P05
B(15,20)=D*144.*P14
B(15,21)=D*240.*P05
B(16,16)=D*400.*P60
B(16,17)=D*240.*P51
B(16,18)=D*(120.*P42+40.*NI)*P60
B(16,19)=D*(40.*P33+120.*NI)*P51
B(16,20)=D*240.*NI*P42
B(16,21)=D*400.*NI*P33
B(17,17)=D*(144.*P42+64.*AM)*P60
B(17,18)=D*(72.*P33+(48.-24.*NI)*P51)
B(17,19)=D*(24.*P24+(48.+24.*NI)*P42)

```

```

B(17,20)=D*(32.+112.*NI)*P33
B(17,21)=D*240.*NI*P24
B(18,18)=D*(4.*P60+36.*P24+(72.-48.*NI)*P42)
B(18,19)=D*(12.*P51+12.*P15+(72.-32.*NI)*P33)
B(18,20)=D*(24.*P42+(48.+24.*NI)*P24)
B(18,21)=D*(40.*P33+120.*NI)*P15
B(19,19)=D*(4.*P06+36.*P42+(72.-48.*NI)*P24)
B(19,20)=D*(72.*P33+(48.-24.*NI)*P15)
B(19,21)=D*(120.*P24+40.*NI)*P06
B(20,20)=D*(144.*P24+64.*AM)*P06
B(20,21)=D*240.*P15
B(21,21)=D*400.*P06
B(7,9)=0.5*B(6,11)
B(7,12)=1.5*B(4,17)
DO 700 J=1,21
DO 700 I=1,21
IF (I-J)700,700,800
800 H(I,J)=B(J,I)
700 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C
C-----FORMACAO DA MATRIZ H
C

```

```

SUBROUTINE MATRH(X,Y,S,C,H,IPERM)
DIMENSION IPERM(3),AK(4,3),H(3,18),COMPR(3),X(3),Y(3),S(3),
$C(3)
DIMENSION DIFX(3),DIFY(3)
DO 2010 I=1,3
J=IPERM(I)
DIFX(J)=X(J)-X(I)
DIFY(I)=Y(J)-Y(I)
2010 COMPR(I)=SQRT((X(J)-X(I))**2+(Y(J)-Y(I))**2)
DO 2020 I=1,3
AK(1,I)=0.5*S(I)
AK(2,I)=0.5*C(I)
AK(3,I)=0.125*COMPR(I)*S(I)*C(I)
2020 AK(4,I)=0.125*COMPR(I)*(C(I)**2-S(I)**2)
DO 300 I=1,3
DO 300 J=1,18
300 H(I,J)=0.
H(1,2)=-AK(1,1)
H(1,3)= AK(2,1)
H(1,4)=-AK(3,1)
H(1,5)= AK(4,1)
H(1,6)= AK(3,1)
H(1,8)=-AK(1,1)

```



```

H(1,9)= AK(2,1)
H(1,10)=AK(3,1)
H(1,11)=-AK(4,1)
H(1,12)=-AK(3,1)
H(2,8)=-AK(1,2)
H(2,9)= AK(2,2)
H(2,10)=-AK(3,2)
H(2,11)= AK(4,2)
H(2,12)= AK(3,2)
H(2,14)=-AK(1,2)
H(2,15)= AK(2,2)
H(2,16)= AK(3,2)
H(2,17)=-AK(4,2)
H(2,18)=-AK(3,2)
H(3,2)=-AK(1,3)
H(3,3)= AK(2,3)
H(3,4)= AK(3,3)
H(3,5)=-AK(4,3)
H(3,6)=-AK(3,3)
H(3,14)=-AK(1,3)
H(3,15)= AK(2,3)
H(3,16)=-AK(3,3)
H(3,17)= AK(4,3)
H(3,18)= AK(3,3)
IF(DIFX(1))100,103,110
103 IF(DIFY(1))110,100,100
100 DO 105 I=4,6
105 H(1,I)=-H(1,I)
DO 106 I=10,12
106 H(1,I)=-H(1,I)
110 IF(DIFX(2))130,133,120
133 IF(DIFY(2))120,130,130
130 DO 135 I=10,12
135 H(2,I)=-H(2,I)
DO 136 I=16,18
136 H(2,I)=-H(2,I)
120 IF(DIFX(3))150,153,140
153 IF(DIFY(3))140,150,150
150 DO 155 I=4,6
155 H(3,I)=-H(3,I)
DO 156 I=16,18
156 H(3,I)=-H(3,I)
140 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C
C
C-----ESTA SUBROUTINE TRANSFORMA AS MATRIZES DE CASCA(24,24)
C-----E DE VIGA(12,12) EM MATRIZES COM DIMENSAO (36,36).
C
C
SUBROUTINE MONMA(NVARU,NVART,NNOS,GK,AK)
DIMENSION GK(24,24),AK(36,36)
DO 1 I=1,NNOS
DO 1 IK=1,NVARU
IJ=(I-1)*NVART+IK
IT=(I-1)*NVARU+IK
DO 1 J=1,NNOS
DO 1 JK=1,NVARU
JJ=(J-1)*NVART+JK
JT=(J-1)*NVARU+JK
1 AK(IJ, JJ)=GK(IT, JT)
RETURN
END

SUBROUTINE MONSE(NI1,NI2,NI3,N1,N2,MM6,NVARU,NVK,MM,N,NP,AK,
$AKT)
DIMENSION AK(36,36),AKT(25000),NP(380,4),LI(9)
DO 820 J=NI1,NI2,NI3
J6=-5*(NI3-1)/2+J*NI3
L=NP(N,J)
IF(L-N1)820,221,221
221 IF(L-N2)222,222,820
222 NC=MM6*(L-N1)+1
JJ=NVARU*(J6-1)+1
DO 810 I=NI1,NI2,NI3
I6=-5*(NI3-1)/2+I*NI3
K=NP(N,I)
IF(K-L)224,224,810
224 LI(1)=NC+NVARU*(L-K)
DO 9222 IJ=2,NVARU
9222 LI(IJ)=LI(1)+(IJ-1)*MM
II=NVARU*(J6-1)+1
DO 2224 IJ=1,NVARU
DO 2224 IK=1,IJ
L1=LI(IJ)+IK-1
IJK=II+IJ-IK
JJI=JJ+IJ-1
2224 AKT(L1)=AKT(L1)+AK(IJK,JJI)/NVK
IF(K-L)225,810,810
225 NVZ=NVARU-1
NVAR1=NVARU
DO 2225 IJ=1,NVZ

```

```

NVAR1=NVAR1-1
DO 2225 IK=1,1J
L1=L1(NVAR1)-IK
IRK=I1+NVAR1+IK-1
JNK=JJ+NVAR1-1
2225 AKT(L1)=AKT(L1)+AK(IRK,JNK)/NOK
010 CONTINUE
020 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE NODAL(NX,NY,NUMEL,NP)
DIMENSION NP(380,4)
IF(NX-NY)50,80,80
50 N=NX
NXY=NX
GO TO 90
80 N=NY
NXY=NY
90 I1=1
N1=1
60 IF(NX-NY)20,30,30
20 DO 10 II=N1,N
NP(II,1)=I1
NP(II,2)=I1+1
NP(II,3)=I1+NX+2
NP(II,4)=I1+NX+1
I1=I1+1
10 CONTINUE
GO TO 100
30 DO 40 I=N1,N
NP(I,1)=I1
NP(I,2)=I1+NY+1
NP(I,3)=I1+NY+2
NP(I,4)=I1+1
40 I1=I1+1
100 CONTINUE
I1=I1+1
N1=N1+NXY
N=N+NXY
70 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE NOVIG(NUMEV,NROV,NPMPV,NUNPV,NPV)
C-----FORMA A MALHA PARA A VIGA, CALCULANDO OS NUMEROS
C-----DE CADA NO.
DIMENSION NPV(21,2)
ND=(NUNPV-NPMPV)/RUMEV
NPV(1,1)=NPMPV
NPV(1,2)=NPMPV+ND
DO 1 I=2,NUMEV
DO 1 J=1,NROV
NPV(I,J)=NPV(I-1,J)+ND
1 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE PESOV(BV,HV,GAMA,VL,NEV,GV,PESV,J1,J2)
C-----CALCULA AS FORÇAS NODAIS EQUIV. DEVIDO PESO PROPRIO
C-----DO ELEMENTO DE VIGA
DIMENSION VETV(12),VL(21),BV(350),HV(350),GV(12,12),PESV(12)
DB=-BV(J2)+BV(J1)
DH=-HV(J2)+HV(J1)
S0=BV(J1)*HV(J1)
S1=-HV(J1)*DB-BV(J1)*DH
S2=DB*DH
DO 1 I=1,12
PESV(I)=0.
1 VETV(I)=0.
DO 2 I=1,4
SS=VL(NEV)**I*(S0/I+S1/(I+1)+S2/(I+2))
VETV(I+6)=-GAMA*SS
2 CONTINUE
DO 3 I=1,12
DO 3 J=1,12
3 PESV(I)=PESV(I)+GV(I,J)*VETV(J)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE PESPI(BV,HV,GAMA,VL,NEV,GV,PESV,J1,J2)
C-----CALCULA AS FORÇAS NODAIS EQUIV. DEVIDO PESO PROPRIO
C-----CONSIDERANDO ELEMENTO DE PILAR.

```

```

DIMENSION VETV(12), VL(24), BV(350), HV(350), GV(12, 12), PESV(12)
DB=-BV(J2)+BV(J1)
DH=-HV(J2)+HV(J1)
S0=BV(J1)*HV(J1)
S1=-HV(J1)*DB-BV(J1)*DH
S2=DB*DH
DO 1 I=1, 12
PESV(I)=0.
1 VETV(I)=0.
DO 2 I=1, 2
SS=VL(NEV)**I*(S0/I+S1/(I+1)+S2/(I+2))
VETV(I)=-GAMA*SS
2 CONTINUE
DO 3 I=1, 12
DO 3 J=1, 12
3 PESV(I)=PESV(I)+GV(I, J)*VETV(J)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE POLIN(KP, KR, KS, XL, YL, AREA, PCAR, VIN)
DIMENSION XL(6), YL(6), KCFX(28), KCFY(28), PCAR(3), VIN(28)
DIMENSION KEX(3, 28), KEY(3, 28), ICSI(4), KR(28), KS(28)
DO 50 II=1, KP
NX=(KR(II)+1)*(KR(II)+2)/2
NY=(KS(II)+1)*(KS(II)+2)/2
IGRX=KR(II)
IGRY=KS(II)
VINT=0.
IF(IGRX)444, 444, 555
444 KCFX(1)=1
GO TO 445
555 IGRAU=IGRX
N=NX
READ(29, IGRAU)(KCFX(I), I=1, N)
445 IF(IGRY)666, 666, 777
666 KCFY(1)=1
GO TO 665
777 IGRAU=IGRY
N=NY
READ(29, IGRAU)(KCFY(I), I=1, N)
665 IF(NX-3)98, 200, 200
200 IGRAU=IGRX+6
N=NX
READ(29, IGRAU)((KEX(K, I), I=1, N), K=1, 3)
GO TO 300
98 DO 222 I=1, 3
222 KEX(I, 1)=0
300 IF(NY-3)308, 303, 303

```

```

303 IGRAU=IGRY+6
N=NY
READ(29, IGRAU)((KEY(K, I), I=1, N), K=1, 3)
GO TO 304
308 DO 333 I=1, 3
333 KEY(I, 1)=0
304 CONTINUE
DO 999 I=1, NY
DO 999 J=1, NX
CF=FLOAT(KCFY(I)*KCFX(J))
ICSI(1)=KEX(1, J)+KEY(1, I)
ICSI(2)=KEX(2, J)+KEY(2, I)
ICSI(3)=KEX(3, J)+KEY(3, I)
IMM=ICSI(1)
INN=ICSI(2)
IPP=ICSI(3)
IM1=IMM+1
IN1=INN+1
IP1=IPP+1
VINT1=VINTA(IM1, INN, IPP, AREA)
VINT2=VINTA(IMM, IN1, IPP, AREA)
VINT3=VINTA(IMM, INN, IP1, AREA)
XL1=1.
XL2=1.
XL3=1.
YL1=1.
YL2=1.
YL3=1.
IF(KEX(1, J))3001, 3001, 3000
3000 XL1=XL(1)**KEX(1, J)
3001 IF(KEX(2, J))3003, 3003, 3002
3002 XL2=XL(2)**KEX(2, J)
3003 IF(KEX(3, J))3005, 3005, 3004
3004 XL3=XL(3)**KEX(3, J)
3005 IF(KEY(1, I))3007, 3007, 3006
3006 YL1=YL(1)**KEY(1, I)
3007 IF(KEY(2, I))3009, 3009, 3008
3008 YL2=YL(2)**KEY(2, I)
3009 IF(KEY(3, I))998, 998, 3010
3010 YL3=YL(3)**KEY(3, I)
998 VINT=CF*XL1*XL2*XL3*YL1*YL2*YL3
999 VINTT=VINTT+VINT*(PCAR(1)*VINT1+PCAR(2)*VINT2+PCAR(3)*VINT3)
50 VIN(II)=VINTT
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE PREPS(FL,PSI)
DIMENSION FL(36,36),PSI(27,27),SAVE(27,27)
DO 930 IA=1,27
DO 930 IB=1,27
SAVE(IA,IB)=0.
DO 930 IC=1,27
930 SAVE(IA,IB)=SAVE(IA,IB)+PSI(IC,IA)*FL(IC,IB)
C-----MULTIPLICACAO DE SAVE POR PSI
DO 940 IA=1,27
DO 940 IB=1,27
FL(IA,IB)=0.
DO 940 IC=1,27
940 FL(IA,IB)=FL(IA,IB)+SAVE(IA,IC)*PSI(IC,IB)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE PROIN(ANI,ET,TN,RY,AKS,ET,PAUX)
DIMENSION PAUX(6,20)
AK1=ET*TN/(1.-ANI**2.)
AK2=ANI*AK1
AK3=.5*(1.-ANI)*AK1
D1=ET*TN**3./(12.*(1.-ANI**2.))
D2=ANI*D1
D3=.5*(1.-ANI)*D1
DO 1 JT=1,6
DO 1 J=1,20
1 PAUX(JT,J)=0.
PAUX(1,7)=AK1
PAUX(1,8)=AK1*ET/RY
PAUX(1,9)=AK2
PAUX(1,10)=AK2*AKS
PAUX(1,12)=-AK2*AKS**2./(2.*RY)
PAUX(1,14)=-AK2*ET*AKS**2./(2.*RY**2.)
PAUX(1,13)=-AK2*AKS**3./(6.*RY)
PAUX(1,15)=-AK2*ET*AKS**3/(6.*RY**2)
PAUX(2,7)=AK2
PAUX(2,8)=AK2*ET/RY
PAUX(2,9)=AK1
PAUX(2,10)=AK1*AKS
PAUX(2,12)=-AK1*AKS**2/(2.*RY)
PAUX(2,13)=-AK1*AKS**3/(6.*RY)
PAUX(2,14)=-AK1*ET*AKS**2/(2.*RY**2)
PAUX(2,15)=-AK1*ET*AKS**3/(6.*RY**2)
PAUX(3,8)=4.*AK3*AKS/(3.*RY)
PAUX(3,11)=AK3
PAUX(4,12)=D1

```

```

PAUX(4,13)=D1*AKS
PAUX(4,14)=D1*ET/RY
PAUX(4,15)=D1*ET*AKS/RY
PAUX(4,16)=D2
PAUX(4,17)=D2*AKS
PAUX(4,18)=D2*ET/RY
PAUX(4,19)=D2*AKS*ET/RY
PAUX(5,12)=D2
PAUX(5,13)=D2*AKS
PAUX(5,14)=D2*ET/RY
PAUX(5,15)=D2*AKS*ET/RY
PAUX(5,16)=D1
PAUX(5,17)=D1*AKS
PAUX(5,18)=D1*ET/RY
PAUX(5,19)=D1*AKS*ET/RY
PAUX(6,14)=D3**2.*AKS/RY
PAUX(6,15)=D3*AKS**2/RY
PAUX(6,17)=2.*D3*ET
PAUX(6,19)=D3*ET**2/RY
PAUX(6,20)=D3
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE REACA(STRS,NP,NUEL,XORD,YORD,ITPEL,KTPEL,NUMEL,NU
$NPN,NPH,ISAJ,NEMOT,NELTC,NECAP,LP)
DIMENSION STRS(2020),NP(380,4),NUEL(3,380),XORD(350),YORD(35
$0),RECUP(210),ITPEL(380),KTPEL(380),FL(18,18),RE(600),STR(18
$),SP(18),REAC(18),NPH(350),NELTC(380),NECAP(380)
DO 5 I=1,350
5 RE(I)=0.
DO 10 N=1,NUMEL
M=NUEL(LP,N)

```

```

C-----M = NUMERO DO ELEMENTO
DO 300 I=1,3
K=NP(M,I)
DO 301 NN=1,NUMNP
MZ=NN
NM=NPK(MZ)
IF(K-NM)301,302,301
301 CONTINUE
WRITE(ISAJ,321)M
321 FORMAT(/ZX,'*** HA ERRO NAS REACOES. ELEMENTO NUMERO='I3//)
GO TO 25
302 DO 300 J=1,6
KI=6*(I-1)+J
KJ=6*(MZ-1)+J

```

```

      STR(KI)=STRS(KJ)
300 CONTINUE
C-----RECUPERACAO DE FL(18,18)
C
      NRR=ITPEL(M)
      NR=NEMOT+NELTC(NRR)
      READ(23,NR)RECUP
      IJ=0
      DO 90 I=1,18
      DO 90 J=1,18
      IF(I-J)100,100,110
100 IJ=IJ+1
      FL(I,J)=RECUP(IJ)
      GO TO 90
110 FL(I,J)=FL(J,I)
      90 CONTINUE
      DO 50 I=1,18
      SP(I)=0.
      DO 50 J=1,18
      SP(I)=SP(I)+FL(I,J)*STR(J)
50 CONTINUE
      NRR=KTPEL(M)
      NTR=NECAP(NRR)+NEMOT
      READ(40,NTR)STR
      DO 60 I=1,18
      REAC(I)=SP(I)-STR(I)
60 CONTINUE
      DO 70 I=1,3
      K=NP(M,I)
      DO 200 L=1,NUMNP
      LA=NPM(L)
      LL=L
      IF(K-LA)200,201,200
200 CONTINUE
      GO TO 301
201 DO 70 J=1,6
      IE=6*(I-1)+J
      IG=6*(LL-1)+J
      RE(IG)=RE(IG)+REAC(IE)
70 CONTINUE
40 CONTINUE
      WRITE(ISA1,75)
75 FORMAT(//7X,'REACAO VERTICAL NOS APOIOS'//4X,'NO',5X,'COORDE
$NADAS',5X,'REACAO VERTICAL'//12X,'Z',7X,'Y',11X,'R(X)')
      DO 25 NA=1,NUMNP
      N=NPM(NA)
      K=6*NA-5
      IF(STRS(K))25,40,25
40 WRITE(ISA1,80)N,XORD(N),YORD(N),RE(K)
80 FORMAT(3X,I3,1X,2F8.2,5X,E12.4)
25 CONTINUE
      RETURN
      END

```

```

SUBROUTINE TFREE(LINHA,LNOBO,NI,PSI)
REAL NI
DIMENSION LNOBO(100,13),CSJ(9,9),PSI(27,27)
DO 10 I=1,9
DO 10 J=1,9
10 CSJ(I,J)=0.
DO 11 I=1,27
DO 11 J=1,27
11 PSI(I,J)=0.
DO 60 I=1,3
IA=I+7
IF(LNOBO(LINHA,IA))40,20,40
40 CSJ(7,7)=1./(1.-NI**2.)
CSJ(7,9)=-NI*CSJ(7,7)
CSJ(9,7)=CSJ(7,9)
CSJ(9,9)=CSJ(7,7)
CSJ(1,1)=1.
CSJ(2,2)=1.
CSJ(3,3)=1.
CSJ(4,4)=1.
CSJ(5,5)=1.
CSJ(6,6)=1.
CSJ(8,8)=1.
DO 30 IA=1,9
IE=9*(I-1)+IA
DO 30 IB=1,9
IG=9*(I-1)+IB
30 PSI(IE,IG)=CSJ(IA,IB)
GO TO 60
20 INIC=9*(I-1)+1
IFIM=INIC+8
DO 50 K=INIC,IFIM
50 PSI(K,K)=1.
60 CONTINUE
      RETURN
      END

SUBROUTINE THMED(NUMNP,NPM,NUMEL,NUEL,LP,NC,EM,TH,KAT,CP,PR,
$DF)
DIMENSION E(350),THM(350),PR(350),NP(380,4),EM(5),TH(380,4)
DIMENSION DE(350),CP(5),KAT(380),NPM(350),NUEL(3,380)
DO 1000 NZ=1,NUMNP
NO=NPM(NZ)
E(NO)=0.
THM(NO)=0.
PR(NO)=0.
COUNT=0.
DO 900 NN=1,NUMEL

```

```

N=NUEL(LP,NN)
DO 700 I=1,3
IF (NP(N,I)-NO)700,800,700
800 THH(NO)=THH(NO)+TH(N,I)
M=MAT(N)
PR(NO)=PR(NO)+CP(N)
E(NO)=E(NO)+EM(M)
COUNT=COUNT+1.
GO TO 900
700 CONTINUE
900 CONTINUE
THH(NO)=THH(NO)/COUNT
E(NO)=E(NO)/COUNT
PR(NO)=PR(NO)/COUNT
DE(NO)=(E(NO)*THH(NO)**3)/(12.*(1.-PR(NO)**2))
1000 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE TRAMA(EV,EW,TETAC,OMEGA,BB,RAY,KIN,NU,ANGVC,AK
DIMENSION AK(24,24),TETAC(380),RAY(380),ANGVC(8),T(24,24),DL
*(24,24),EV(284),EW(284),NP(380,4),PROD(24,24)
NU=24
IF (TETAC(KIN)-.5*OMEGA)797,797,798
797 KM=1
LM=0
K1=1+2*LM
K2=2+2*LM
GO TO 799
798 KM=0
LM=1
K1=2+2*LM
K2=1+2*LM
799 BETA=BB/RAY(KIN)
NUVIG=NU-KM+1
KAN=NUVIG+NU
TETO=TETAC(KIN)-.5*OMEGA+ANGVC(KAN)
CALL TRANS(BETA,TETO,NUV,KM,LK,T)
J1=NP(KIN,K1)
J2=NP(KIN,K2)
DO 21 I=1,NUV
DO 21 J=1,NUV
PROD(I,J)=0.
DO 21 K=1,NUV
21 PROD(I,J)=PROD(I,J)+T(K,I)*AK(K,J)
DO 10 I=1,NUV
DO 10 J=1,NUV
AK(I,J)=0.

```

```

DO 10 K=1,NUV
10 AK(I,J)=AK(I,J)+PROD(I,K)*T(K,J)
CALL DESL(EV,EV,J1,J2,KM,LK,DL)
DO 3043 I=1,NUV
DO 3043 J=1,NUV
PROD(I,J)=0.
DO 3043 K=1,NUV
3043 PROD(I,J)=PROD(I,J)+DL(K,I)*AK(K,J)
DO 3044 I=1,NUV
DO 3044 J=1,NUV
AK(I,J)=0.
DO 3044 K=1,NUV
3044 AK(I,J)=AK(I,J)+PROD(I,K)*DL(K,J)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE TRANS(BETA,TETO,NUV,KM,LK,T)
DIMENSION T(24,24)
DO 10 I=1,NUV
DO 10 J=1,NUV
10 T(I,J)=0.
PI=2.*ASIN(1.)
TETAB=(TETO-90.*BETA/PI)*KM
C=COSD(TETAB)
S=SIND(TETAB)
T(1,1)=1.
T(2,2)=C
T(2,3)=-S
T(3,2)=S
T(3,3)=C
T(4,4)=C
T(4,6)=S
T(5,5)=1.
T(6,4)=-S
T(6,6)=C
T(7,7)=1.
T(8,8)=C
T(8,9)=-S
T(9,8)=S
T(9,9)=C
T(10,10)=C
T(10,12)=S
T(11,11)=1.
T(12,10)=-S
T(12,12)=C
TETAB=(TETO+90.*BETA/PI)*LM
C=COSD(TETAB)
S=SIND(TETAB)

```

```

T(13,13)=1.
T(14,14)=C
T(14,15)=-S
T(15,14)=S
T(15,15)=C
T(16,16)=C
T(16,18)=S
T(17,17)=1.
T(18,16)=-S
T(18,18)=C
T(19,19)=1.
T(20,20)=C
T(20,21)=-S
T(21,20)=S
T(21,21)=C
T(22,22)=C
T(22,24)=S
T(23,23)=1.
T(24,22)=-S
T(24,24)=C
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE TRFRE (PR, NUMNP, NPM, NCLBO, LNOBO, STRS)
DIMENSION LNOBO(100,13), TBL(8,8), STRS(3150), PR(350), W(2800)
DIMENSION NPM(350)
DO 10 NA=1, NUMNP
N=NPM(NA)
DO 11 M=1, NCLBO
DO 11 L=2,4
IF (LNOBO(M,L)-N)11,20,11
20 LL=L+6
IF (LNOBO(M,LL))50,41,50
50 DO 30 IA=1,8
DO 30 IB=1,8
30 TBL(IA,IB)=0.
TBL(1,1)=1.
TBL(2,2)=1.
TBL(3,3)=1.
TBL(4,4)=1.
TBL(5,5)=1.
TBL(7,7)=1.
TBL(6,6)=1./ (1.-PR(N)**2)
TBL(6,8)=-PR(N)*TBL(6,6)
TBL(8,6)=TBL(6,8)
TBL(8,8)=TBL(6,6)
K=8*(N-1)
DO 60 I=1,8

```

```

KI=K+I
W(KI)=0.
DO 60 J=1,8
KJ=K+J
W(KJ) = W(KI) + TBL(I,J) * STRS(K,I)
60 CONTINUE
DO 12 I=1,8
KI=K+I
STRS(KI)=W(KI)
12 CONTINUE
GO TO 10
11 CONTINUE
10 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE TRISK (NUMNP, NPM, NCLBO, ANGLE, LNOBO, STRS, IMPR)
DIMENSION LNOBO(100,13), TRC(8,8), W(2800), STRS(3150), ANGLE(40)
DIMENSION NPM(350), STR(8)
DO 10 NA=1, NUMNP
N=NPM(NA)
DO 11 M=1, NCLBO
DO 11 L=2,4
IF (LNOBO(M,L)-N)11,20,11
20 I=L+3
IF (LNOBO(M,I))90,10,90
90 IADDR=LNOBO(M,I)
S=SIN(ANGLE(IADDR))
SS=S**2
C=COS(ANGLE(IADDR))
CC=C**2
SC=S*C
C2S2=CC-SS
DO 30 IA=1,8
DO 30 IB=1,8
30 TRC(IA,IB)=0.
TRC(1,1)=C
TRC(1,2)=-S
TRC(2,1)=S
TRC(2,2)=C
TRC(3,3)=1.
TRC(4,4)=C
TRC(4,5)=-S
TRC(5,4)=S
TRC(5,5)=C
TRC(6,6)=CC
TRC(6,7)=-2.*SC
TRC(6,8)=SS

```

```

TRC(7,6)=SC
TRC(7,7)=C2S2
TRC(7,8)=-SC
TRC(8,6)=SS
TRC(8,7)=2.*SC
TRC(8,8)=CC
K=8*(N-1)
DO 80 I=1,8
KI=K+I
W(KI)=0.
DO 80 J=1,8
KJ=K+J
W(KI)=W(KI)+TRC(I,J)*STRS(K,J)
80 CONTINUE
DO 60 J=1,8
KJ=K+J
60 STR(J)=STRS(KJ)
WRITE(IMPR,50)N,(STR(J),J=1,8)
50 FORMAT(1X,I4,1X,8F8.4)
DO 12 I=1,8
KI=K+I
STRS(KI)=W(KI)
12 CONTINUE
GO TO 10
11 CONTINUE
10 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE TSKEM(LINHA,LNOBO,ANGLE,PSI)
DIMENSION CSI(9,9),LNOBO(100,13),ANGLE(40),PSI(27,27)
DO 10 I=1,9
DO 10 J=1,9
10 CSI(I,J)=0.
DO 11 I=1,27
DO 11 J=1,27
11 PSI(I,J)=0.
DO 60 I=1,3
IA=I+4
IF(LNOBO(LINHA,IA))20,40,20
C
C-----QUANDO LNOBO(LINHA,IA)=0 SIGNIFICA QUE O NO' CORRESPONDENTE
C NAO ESTA NA BORDA
C
20 IADRR=LNOBO(LINHA,IA)
T=SIN(ANGLE(IADRR))
C=COS(ANGLE(IADRR))
CSI(1,1)=1.

```

```

CSI(2,2)=C
CSI(2,3)=T
CSI(3,2)=-T
CSI(3,3)=C
CSI(4,4)=C
CSI(4,6)=-T
CSI(5,5)=1.
CSI(6,4)=T
CSI(6,6)=C
CSI(7,7)=C**2
CSI(7,8)=-2.*T*C
CSI(7,9)=T**2
CSI(8,7)=T*C
CSI(8,8)=C**2-T**2
CSI(8,9)=-T*C
CSI(9,7)=T**2
CSI(9,8)=2*T*C
CSI(9,9)=C**2
DO 30 IA=1,9
IE=9*(I-1)+IA
DO 30 IB=1,9
IG=9*(I-1)+IB
30 PSI(IE,IG)=CSI(IA,IB)
GO TO 60
40 INIC=9*(I-1)+1
IFIM=INIC+8
DO 50 K=INIC,IFIM
50 PSI(K,K)=1.
60 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE VALME(NUMEL,NUEL,IV,KAT,CP,MY,THR,E,NI,TH)
REAL NJ(380),MY(5)
DIMENSION CP(5),THR(380,4),E(380),TH(380),MAT(380)
DIMENSION NUEL(3,380)
DO 100 II=1,NUMEL
I=NUEL(IV,II)
NI(I)=0.
E(I)=0.
TH(I)=0.
DO 200 J=1,4
TH(I)=TH(I)+THR(I,J)
200 CONTINUE
M=MAT(I)
E(I)=MY(M)
NI(I)=CP(M)
100 TH(I)=TH(I)/4.

```


RETURN
END

```

FUNCTION VINTA(M,N,IP,AREA)
DIMENSION ICSIS(4),FAT(4)
ICISIS(1)=M
ICISIS(2)=N
ICISIS(3)=IP
ICISIS(4)=2
DO 1920 K=1,3
1920 ICSIS(4)=ICISIS(4)+ICISIS(K)
DO 20 I=1,4
FAT(I)=1.
K=ICISIS(I)
IF(K)20,20,5
5 DO 10 J=1,K
10 FAT(I)=FAT(I)+FLOAT(J)
20 CONTINUE
UNUM=AREA
DO 16 L=1,3
16 UNUM=UNUM+FAT(L)
VINTA=UNUM/FAT(4)
RETURN
END

```

```

C-----PROGR1.AEA
REAL MY(5),NOLD(9)
DIMENSION L1(350,9),ICON(350,9),ANGUC(8),UNID(2),X(3),Y(3),X
$ORD(350),YORD(350),IPERM(3),LNOB0(100,13),ANGLF(40),NULC(380)
DIMENSION XIS(350),TETA(350),THN(380,4),RAY(380),ITPEL(380),
$ITCAR(380),CP(5),XISCE(380),TETAC(380),NP(380,4),GAMA(5),NEL
$TC(380),ICONH(3024),NEBC(3024),M1(9),KARGA(380),NOAP(5),P(38
$0,4),MAT(380),NPV(21,2),EV(281),EW(281),BV(350),HV(350)
DIMENSION TET(21),NUEL(3,380),NUY(20,20),NPH(350)
DIMENSION NXY(5),NOB0(40,5),NUL(380),NOLIV(120),NELTP(380)
DIMENSION DIA(2),NECAP(380),NELCA(380),GAMAK(5)
OPEN(UNIT=1,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV1',RECORD SIZE=8679)
OPEN(UNIT=25,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV10',RECORD SIZE=10120)
OPEN(UNIT=26,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV7',RECORD SIZE=10)
LEIT=2
IMPR=5
DATA UNID/'KGF', 'CM'/
DATA NNOS,NUVARU,NNOV,NUARN,NUART/4,6,2,5,9/,IPERM/2,3,1/

C
C-----DIMENSION DE NEBC E ICONH = NUART*NTNP
C
C-----ITYPE=0-COBERTURAS MULTIPLAS, ITYPE=1-RESERVATORIO.
NEMOT=0
CALL DATE(DIA)
CALL TIME(HORA)
TYPE 1911,DIA,HORA
1911 FORMAT(2X,'DIA:',2A5,' HORA:',A5///)
READ(LEIT,100)NVIGA,NCASC,NPLAC,ITYPE
100 FORMAT(4I)
NPTY=1
IF(NPLAC.EQ.0)60 TO 1201
READ(LEIT,1200)NUTEL,NTNP,NUMPB
1200 FORMAT(3I)
DO 1237 I=1,NUTEL
DO 1237 J=1,NNOS
1237 NP(I,J)=0

C
C-----QUANDO SE TRATAR DE ELEMENTO DE PLACA-CHAPA, FORNECER
C-----O QUARTO VALOR DE NP(I,J), ISTO E: NP(K,4), IGUAL A ZERO.
DO 1203 I=1,NUTEL
1203 READ(LEIT,1202)K,(NP(K,J),J=1,NNOS)
1202 FORMAT(5I)

C-----NUTEL=NUMERO TOTAL DE ELEMENTOS EM QUE FOI DIVIDIDA A
C-----ESTRUTURA A SER ANALISADA.
C-----NVIGA=NUMERO DE VIGAS.
C-----NCASC=NUMERO DE CASCAS
C-----NPLAC=NUMERO DE PLACAS
WRITE(IMPR,1712)
1712 FORMAT(25X,'RESERVATORIO ONDULADO COM DIRETRIZ CIRCULAR'//22
$X,' (CALCULO ATRAVES DO METODO DOS ELEMENTOS FINITOS)'///)
WRITE(IMPR,2032)(UNID(I),I=1,2)
2032 FORMAT(15X,'UNIDADES: 'A3,' ;'A3///)
WRITE(IMPR,1207)NPLAC,NCASC,NVIGA,NUTEL,NTNP,NUMPB
1207 FORMAT(15X,'DADOS RELATIVOS A ESTRUTURA GLOBAL'//15X,'NUMERO
$ DE PLACAS='I2/15X,'NUMERO DE CASCAS='I2/15X,'NUMERO DE VIGA
$S='I2/15X,'NUMERO TOTAL DE ELEMENTOS='I3/15X,'NUMERO TOTAL D
$E NOS='I4/15X,'NUMERO DE NOS COM CONDS. DE CONTORNO='I3)

```

```

C-----CONDICOES DE CONTORNO
C-----SE L1(M,I)=0 INDICA QUE O DESLOCAMENTO E DESCONHECIDO E
C-----NAO HA CONDICAO DE BORDA A IMPOR, NESSE CASO ICON(M,I)=0.
C-----SE L1(M,I)=1 INDICA QUE O DESLOCAMENTO E CONHECIDO, HA
C-----CONDICAO DE BORDA A IMPOR.
C-----A L1(M,I)=1 PODE CORRESPONDER:
C-----ICON(M,I)=0 SE DESLOCAMENTO CONHECIDO E NULO.
C-----ICON(M,I)=1 SE DESLOCAMENTO CONHECIDO NAO E NULO.
      WRITE(IMPR,75)
C-----M=INDICA O NUMERO DO NO COM CONDS. DE CONTORNO.
      IF(NCASC)2215,2215,2119
2215 DO 2216 I=1,NTNP
      DO 2217 J=1,9
          L1(I,J)=0
2217 ICON(I,J)=0
      DO 2218 J=2,3
2218 L1(I,J)=1
2216 L1(I,5)=1
      GO TO 2219
2119 DO 2208 I=1,NTNP
      DO 2208 J=1,9
          L1(I,J)=0
2208 ICON(I,J)=0
2219 J=0
      DO 507 N=1,NUMPB
507 READ(LEIT,1206)M,(L1(M,I),I=1,9),(ICON(M,I),I=1,9)
1206 FORMAT(19I)
      DO 2299 M=1,NTNP
      WRITE(IMPR,76)M,(L1(M,J),JJ=1,9),(ICON(M,J),JJ=1,9)
      DO 337 I=1,NVART
          K=NVART*(M-1)+I
337 ICONH(K)=ICON(M,I)
      DO 347 I=1,NVART
          IF(L1(M,I))327,327,347
347 M1(I)=NVART*(M-1)+I
          J=J+1
          NFBC(J)=M1(I)
327 CONTINUE
2299 CONTINUE
          NEQBC=J
          NEQ=NVART*NTNP
          NTPLD=0
          DO 1208 NPC=1,NPLAC
          WRITE(IMPR,2209)NPC
2209 FORMAT(//10X,37(' ')/10X,'-',35X,'-'//10X,'-' DADOS RELATIVOS
          $ A PLACA NUMERO='12,'-'//10X,37(' '))
          READ(LEIT,15)NUMEL,NUMNP,NMAT,NELBO,ISKEW,NANGL,NPLD
15 FORMAT(7I)
          WRITE(IMPR,16)NUMEL,NUMNP,NMAT,NELBO,NANGL,NPLD
16 FORMAT(//10X,'NUMERO DE ELEMENTOS='13/10X,'NUMERO DE NOS='14
          $/10X,'NUMERO DE MATERIAIS DIFERENTES='12/10X,'NUMERO DE ELEME
          $NTOS NA BORDA='13/10X,'NO. DE ANGULOS PARA DEFINIR LADOS ES.
          $='13/10X,'NO. DE NOS COM CARGAS CONCENTRADAS='13)
          READ(LEIT,740)(I,MY(I),CP(I),GAMA(I),K=1,NMAT)
740 FORMAT(1,3F)
          WRITE(IMPR,202)
202 FORMAT(//12X,'PROPRIEDADES DOS MATERIAIS'//10X,'MATERIAL',3X

```

```

$, 'COEF. DE',3X,'MODULO DE',6X,'PESO'/12X,'NO.',7X,'POISSON',
$,5X,'YOUNG',5X,'ESPECIFICO')
      DO 3399 K=1,NMAT
          GAMA(K)=GAMA(K)
3399 WRITE(IMPR,2083)K,CP(K),MY(K),GAMA(K)
2083 FORMAT(12X,12,8X,F6.5,3X,F14.0,4X,F6.5)
      DO 787 K=1,NELBO
787 READ(LEIT,881)(LNBO(K,J),J=1,13)
881 FORMAT(13I)
          WRITE(IMPR,996)ISKEW
996 FORMAT(/8X,'ISKEW=0 PLACA COM LADOS SEGUNDO X/Y'/8X,'ISKEW=1
          $ PLACA COM LADOS ESCOSOS'//8X,'ESTE CASO ISKEW='12/)
          WRITE(IMPR,1018)
1018 FORMAT(8X,'INFORMACOES SOBRE BORDAS NO CASO DE ESCOSIDADE E
          $/OU CONDICAOES DE CONTORNO'//68X,'TIPOS DE'/3X,'ELEMENTOS NA
          $BORDA',17X,'ENDERECOS DOS ANGULOS',3X,'PARAMETROS NODAIS',2X
          $,'NOS COMUNS AS CASCAS'/8X,'ELEMENTOS',4X,'NO 1 NO 2 NO 3'
          $,3X,'ANG 1 ANG 2 ANG 3 NO 1 NO 2 NO 3 NO 1 NO 2 NO
          $ 3')
          WRITE(IMPR,1620)((LNBO(K,J),J=1,13),K=1,NELBO)
1620 FORMAT(10X,14,4X,3I6,3I7,2X,3I6,2X,3I6)
          WRITE(IMPR,717)
717 FORMAT(///)
          IF(ISKEW)300,300,301
301 DO 777 NA=1,NANGL
          READ(LEIT,807)ANGLE(NA)
807 FORMAT(F)
          WRITE(IMPR,808)NA,ANGLE(NA)
808 FORMAT(5X,'ANGULO('12,')='F8.4,2X,'GRAUS')
          ANGLE(NA)=ANGLE(NA)*.01745329252
777 CONTINUE
300 CONTINUE
          DO 6 J=1,NUMEL
          READ(LEIT,30)NN,NMAT(NN),ITPEL(NN),ITCAR(NN),KARGA(NN),(P(NN,
          $L),L=1,3),(THN(NN,K),K=1,3)
          NUEL(NPC,J)=NN
          NUELC(NN)=NPC
          IF(ITPEL(NN)-NN)6,6045,6
6045 NEMTP=NEMTP+1
          NELTC(NN)=NEMTP
          IF(ITCAR(NN)-NN)6,6046,6
6046 NEMCP=NEMCP+1
          NEMCP(NN)=NEMCP
          6 CONTINUE
          WRITE(IMPR,431)
431 FORMAT(//20X,'DADOS SOBRE OS ELEMENTOS'//33X,'TIPO DO',6X,'T
          $IPO DO',4X,'TIPO DO'/3X,'ELEMENTO',2X,'NO 1 NO 2 NO 3 MA
          $TERIAL CARREGAMENTO ELEMENTO KARGA')
30 FORMAT(5I,6F)
      DO 1151 NV=1,NUMEL
          NN=NUEL(NPC,NV)
          IF(IABS(NMAT(NN))-6)771,771,991
771 IF(NMAT(NN))991,991,990
991 MAT(NN)=1
990 DO 992 NH=1,3
          IF(THN(NN,NH))992,992,993
992 THN(NN,NH)=1.

```

```

9193 WRITE (IMPR,3003)NN, (NP(NN,I), I=1,3), MAT(NN), ITPEL(NN), ITCAR(
  $NN), KARGA(NN)
3003 FORMAT(6X, I3, 2X, 3I6, 5X, I4, 2I12, 7X, I1)
1151 CONTINUE
  WRITE (IMPR,3794)
3794 FORMAT(///30X, 'CARGA SOBRE O ELEMENTO      ESPESSURA DA PLACA'
  $/2X, 'ELEMENTO NO 1 NO 2 NO 3      NO 1 NO 2 NO 3      N
  $0 1 NO 2 NO 3')
  DO 3795 NU=1, NUMEL
  NN=NUEL(NPC,NU)
3795 WRITE (IMPR,3796)NN, (NP(NN,I), I=1,3), (P(NN,J), J=1,3), (THN(NN,
  $K), K=1,3)
3796 FORMAT(4X, I4, 2X, 3I6, 3X, 3F7.3, 2X, 3F7.3)
  WRITE (IMPR,35)
35 FORMAT(//9X, 'COORDENADAS DOS VERTICES '//8X'NO', 8X, '2', 8X, 'Y
  $?/')
  DO 720 M=1, NUMNP
  READ (LEIT,36)J, XORD(J), YORD(J)
  NPM(M)=J
720 WRITE (IMPR,38)J, XORD(J), YORD(J)
36 FORMAT(I, 2F)
38 FORMAT(6X, I4, 2(5X, F8.4))
  IF (NPLD)4094, 4094, 4093
4093 WRITE (IMPR,150)
  DO 4092 I=1, NPLD
  READ (LEIT,4095)N, (NOLD(J), J=1, NVART)
4095 FORMAT(I, 9F)
  WRITE (IMPR,4096)
4096 FORMAT(2X, I3, 2X, 9(F7.2, 2X))
  IW=NPLD+I
4092 WRITE (26'IW)N, (NOLD(J), J=1, NVART)
4094 WRITE (IMPR,4233)
4233 FORMAT(//10X, 'NAO HA CARGAS CONCENTRADAS NOS NOS')
  DO 770 NC=1, NUMEL
  KN=NUEL(NPC,NC)
  DO 380 IU=1,3
  J=IPERM(IU)
  K1=NP(KN,IU)
  X(IU)=XORD(K1)
380 Y(IU)=YORD(K1)
  A2=X(3)-X(1)
  A3=X(2)-X(1)
  B2=Y(3)-Y(1)
  B3=Y(2)-Y(1)
  AREA=A3*B2-B3*A2
  IF (AREA)1050, 1050, 770
770 CONTINUE
  NPK=NPC+1
1208 WRITE (25'NPK)NUMEL, NUEL, NUMNP, NPM, NEIRO, ISKEW, NANGI, ITPEI,
  $ITCAR, NPLD, LNORO, ANGLE, MAT, CP, MY, XORD, YORD, IPERM, GAMA, THN,
  $KARGA, P
75 FORMAT(///22X, 'CONDICOES DE CONTOURNO'//3X, 'NO', 2X, '1', 2X, '2',
  $/2X, 'W', 2X, 'FI(2)', 2X, 'FI(X)', 2X, 'FI(Y)', 2X, 'FI(2Z)', 2X, 'FI(
  $ZY)', 2X, 'FI(Y)')
76 FORMAT(1X, I4, 3(2X, I1), 4X, 3(11, 6X), 2(11, 7X), I1, 5X, 9(11, 2X))
  GO TO 1250
1050 WRITE (IMPR,1051)KN

```

```

1051 FORMAT(2X'***TRIANGULO COM ARFA NEGATIVA, ELEMENTO=' I4)
  GO TO 1000
C
C-----CASO DE COBERTURAS MULTIPLAS.
C
1201 CONTINUE
C-----NXT=NUMERO DE ELEMENTOS EM QUE A ESTRUTURA FOI DIVIDIDA
C      NA DIRECAO DA DIRETRIZ(FIXO X).
C-----NYT=NUMERO DE ELEMENTOS EM QUE A ESTRUTURA FOI DIVIDIDA
C      NA DIRECAO DA GERATRIZ(FIXO Y).
  WRITE (IMPR,1513)
1513 FORMAT(26X, 'CASCAS CILINDRICAS MULTIPLAS'//26X, '-----', 1X, '---
  $-----', 1X, '-----'//26X, 'COM OU SEM VIGAS LONGITUDINA
  $15'//26X, '-----', 1X, '-----', 1X, '-----', 1X, '-----'
  $//15X, '(CALCULO ATRAVES DO METODO DOS ELEMENTOS FINITOS)'//
  $/)
  READ (LEIT,800)NXT, NYT, NUMPB, NUPLV, NPTY
800 FORMAT(5I)
  NUTEL=NXT*NYT
  NTNP=(NXT+1)*(NYT+1)
  NDXY=NXT-NYT
  CALL NODAL(NXT, NYT, NUTEL, NP)
  WRITE (IMPR,842)NCASC, NVIGA, NUTEL, NTNP, NUMPB
842 FORMAT(15X, 'DADOS RELATIVOS A ESTRUTURA GLOBAL'//15X, 'NUMERO
  $ DE CASCAS=' I2/15X, 'NUMERO DE VIGAS=' I2/15X, 'NUMERO TOTAL DE
  $ ELEMENTOS=' I3/15X, 'NUMERO TOTAL DE PONTOS NODAIS=' I3/15X, 'N
  $OS COM CONDS. DE CONTOURNO=' I3)
  WRITE (IMPR,833)NXT, NYT
833 FORMAT(//15X, 'NUMERO DE ELEMENTOS NA DIRECAO X=' I3/15X, 'NUME
  $RO DE ELEMENTOS NA DIRECAO Y=' I3//)
  DO 916 I=1, NTNP
  DO 915 J=1,5
  L1(I,J)=0
915 ICON(I,J)=0
  DO 916 J=6,9
  L1(I,J)=1
916 ICON(I,J)=0
  IF (NUPLV)3092, 3092, 3093
3093 READ (LEIT,917)(NOLIV(J), J=1, NUPLV)
917 FORMAT(20I4)
  DO 5099 J=1, NUPLV
  N=NOLIV(J)
  L1(N,6)=0
5099 ICON(N,6)=0
3092      J=0
  WRITE (IMPR,75)
  DO 50 N=1, NUMPB
  50 READ (LEIT,51)M, (L1(M,I), I=1,6), (ICON(M,I), I=1,6)
  51 FORMAT(13I)
  DO 5007 N=1, NTNP
  WRITE (IMPR,76)N, (L1(N,I), I=1,9), (ICON(N,I), I=1,9)
C-----CONDICOES DE CONTOURNO
C-----SE L1(N,I)=0 DESLOCAMENTO INCOGNITO
C-----SE L1(N,I)=1 DESLOCAMENTO CONHECIDO
C-----SE ICON(N,I)=0 DESLOCAMENTO NULO
C-----ICON(N,I)=1 DESLOCAMENTO NAO NULO
C-----M=NUMERO DO NO COM CONDICOES DE CONTOURNO

```

```

DO 33 I=1,NVART
K=NVART*(N-1)+I
33 ICONH(K)=ICON(N,I)
DO 32 I=1,NVART
IF(L1(N,I))32,32,34
34 M1(I)=NVART*(N-1)+I
J=J+1
REBC(J)=M1(I)
32 CONTINUE
5007 CONTINUE
REQBC=J
REQ=NVART*NTNP
1250 CONTINUE
IF(NVIGA.EQ.0)GO TO 110
NCOV=0
DO 110 IV=1,NVIGA
READ(LEIT,113)NUMEL,NPLD,NMAT,NVIGA
113 FORMAT(4I)
NUNPV=NUMEL+1
READ(LEIT,457)IDIM,IDIV,NUAPV,COMPR
457 FORMAT(3I,F)
C-----ANGUC=ANGULOS QUE OS EIXOS BISSETORES DOS ANGULOS DE
C-----ABERTURA DAS CASCAS ADJACENTES A CADA VIGA
C-----FORMA COM O SEU EIXO Y(CENTRAL).
C-----KAE=CASCA A ESQUERDA DA VIGA
C-----KAD=CASCA A DIREITA DA VIGA.
READ(LEIT,1082)KAE,KAD,ANGUC(2*KAE+1),ANGUC(KAD*2)
1082 FORMAT(2I,2F)
IF(NUAPV)5321,5322,5321
5321 READ(LEIT,532)(NOAP(I),J=1,NUAPV)
532 FORMAT(20I4)
5322 CONTINUE
C-----SE IDIV=0-DIVISAO REGULAR
C-----SE IDIV=1-DIVISAO IRRREGULAR
C-----NPNPV=NUMERO DO PRIMEIRO NO DO PRIMEIRO ELEMENTO DA VIGA
C-----NUNPV=NUMERO DO ULTIMO NO DO ULTIMO ELEMENTO DA VIGA
C-----SE IDIM=0 SECAO CONSTANTE
C-----SE IDIM=1-SECAO VARIAVEL
112 WRITE(IMPR,114)IV
114 FORMAT(///10X,37(' ')/10X,'-',35X,'-',/10X,'-' DADOS RELATIVOS
$ A VIGA NUMERO =',12,'-',/10X,37(' '))
WRITE(IMPR,115)NNOV,NVARV,NUMEL,NUNPV,NPLD,NMAT,COMPR
115 FORMAT(//10X,'NUMERO DE NOS DO ELEMENTO=',11/10X,'NUMERO DE V
$ARIAVEIS POR NO=',11/10X,'NUMERO DE ELEMENTOS=',13/10X,'NUMERO
$ DE NOS DA VIGA=',13/10X,'NUMERO DE NOS COM CARGAS CONCENTRAD
$AS=',13/10X,'NUMERO DE MATERIAIS DIFERENTES=',13/10X,'COMPRIME
$NTO DA VIGA=',F7.3)
WRITE(IMPR,2837)IV,KAE,ANGUC(2*KAE+1),IV,KAD,ANGUC(2*KAD)
2837 FORMAT(//10X,'ANGULO ENTRE VIGA',I1,' E CASCA',I1,'=',F7.3/10X
$, 'ANGULO ENTRE VIGA',I1,' E CASCA',I1,'=',F7.3)
IF(IDIV.EQ.1)GO TO 116
READ(LEIT,897)NPNPV,NUNPV
897 FORMAT(2I)
CALL NOVIG(NUMEL,NNOV,NPNPV,NUNPV,NPV)
CALL CORDV(NUKEL,NNOV,COMPR,NPV,NPTY,XIS)
GO TO 117
116 DO 118 I=1,NUKEL

```

```

118 READ(LEIT,119)K,NPV(K,1),NPV(K,2)
119 FORMAT(3I)
DO 120 I=1,NUNPV
120 READ(LEIT,1212)J,XIS(J)
1212 FORMAT(I,F)
117 IF(IDIM.EQ.1)GO TO 121
READ(LEIT,122)BV1,HV1
122 FORMAT(2F)
DO 123 JR=1,NUMEL
DO 123 JK=1,NNOV
JJ=NPV(JR,JK)
BV(JJ)=BV1
123 HV(JJ)=HV1
GO TO 124
121 DO 125 JJ=1,NUNPV
125 READ(LEIT,126)KK,BV(KK),HV(KK)
126 FORMAT(I,2F)
124 WRITE(IMPR,127)
127 FORMAT(//10X,'MATERIAL',3X,'COEF. DE',3X,'MODULO DE',6X,'PES
$0',/13X,'NO.',6X,'POISSON',5X,'YOUNG',6X,'ESPECIFICO')
DO 128 M=1,NMAT
128 READ(LEIT,129)I,CP(I),MY(I),GAMA(I)
129 FORMAT(I,3F)
DO 393 M=1,NMAT
393 WRITE(IMPR,130)M,CP(M),MY(M),GAMA(M)
130 FORMAT(13X,12,7X,F6.5,4X,F11.1,4X,F6.5)
WRITE(IMPR,131)
131 FORMAT(//10X,'DADOS SOBRE AS SECOES DA VIGA')
WRITE(IMPR,132)
132 FORMAT(//8X,'NO',7X,'LARGURA',7X,'ALTURA')
DO 133 JK=1,NUMEL
JJ=NPV(JK,1)
133 WRITE(IMPR,134)JJ,BV(JJ),HV(JJ)
134 FORMAT(8X,I3,2(4X,F9.3))
JJ=NPV(NUKEL,2)
WRITE(IMPR,134)JJ,BV(JJ),HV(JJ)
135 WRITE(IMPR,135)
135 FORMAT(//10X,'DADOS SOBRE OS ELEMENTOS')
C-----SE KARGA=1-HA CARGA DISTRIBUIDA SOBRE O ELEMENTO
C-----SE KARGA=0-NAO HA CARGA DISTRIBUIDA SOBRE O ELEMENTO
WRITE(IMPR,136)
136 FORMAT(//10X,'ELEMENTO',3X,'TIPO DO ',6X,'TIPO DO',6X,'TIPO
$DO ',3X,'KARGA',/13X,'NO.',6X,'ELEMENTO',4X,'CARREGAMENTO',2X
$, 'MATERIAL')
DO 137 I=1,NUMEL
P(I,1)=0.
P(I,2)=0.
137 READ(LEIT,138)J,ITPEL(J),ITCAR(J),MAT(J),KARGA(J)
138 FORMAT(5I)
DO 304 I=1,NUMEL
J=I
304 WRITE(IMPR,139)J,ITPEL(J),ITCAR(J),MAT(J),KARGA(J)
139 FORMAT(12X,I3,8X,I3,11X,I3,9X,I3,7X,I2)
C-----TET(K)=ANGULO QUE A CARGA UNID. DISTR. EM CADA ELEMENTO
C-----K FORMA COM O EIXO VERTICAL.
DO 140 I=1,NUMEL
IF(KARGA(I)-1)140,142,140

```

```

142 READ(LEIT,1403)K,(P(K,L),L=1,2),TET(K)
1403 FORMAT(1,3F)
140 CONTINUE
WRITE(IMPR,141)
141 FORMAT(//20X,'COORDENADAS DOS NOS DOS ELEMENTOS'//25X,'NO',6
$X,'X')
DO 143 JJ=1,NUMEL
JJX=NPV(JJ,1)
143 WRITE(IMPR,144)JJX,XIS(JJX)
144 FORMAT(25X,I3,3X,F7.3)
JJX=NPV(NUMEL,2)
WRITE(IMPR,144)JJX,XIS(JJX)
WRITE(IMPR,145)
145 FORMAT(//35X,'CARGA EXTERNA SOBRE O ELEM.'//10X,'ELEMENTO' ,5
$X,'NO 1',3X,'NO 2',6X,'NO 1',5X,'NO 2',4X,'TET(BR.)')
DO 146 IJ=1,NUMEL
146 WRITE(IMPR,147)IJ,NPV(IJ,1),NPV(IJ,2),P(IJ,1),P(IJ,2),TET(IJ
$)
147 FORMAT(13X,I3,8X,I3,4X,I3,3X,F7.2,2X,F7.2,4X,F5.1)
C-----LEITURA DAS CARGAS APLICADAS DIRETAMENTE NOS NOS
IF (NPLD)148,148,149
149 WRITE(IMPR,150)
150 FORMAT(///10X,'CARGAS APLICADAS DIRETAMENTE NOS'//24X,'DIREC
$AO'/3X,'NO',6X,'U',7X,'V',7X,'W',7X,'U,Z',7X,'W,X',7X,'V,X')
DO 151 J=1,NPLD
READ(LEIT,152)N,(NOLD(J),J=1,NVART)
152 FORMAT(1,9F)
WRITE(IMPR,153)N,(NOLD(J),J=1,NVART)
153 FORMAT(2X,I3,2X,9(F7.2,2X))
KI=J+NPLD
151 WRITE(26)KI,N,(NOLD(J),J=1,NVART)
148 CONTINUE
WRITE(IMPR,423)
423 FORMAT(///10X,'NAO HA CARGAS DIRETAMENTE APLICADAS NOS NOS'//
$//)
NTPLD=NTPLD+NPLD
KJ=IV+NCASC
WRITE(1)KJ,NUMEL, NPV, NCOV, NVICA, ITPEL, ITCAR, NPLD, NUAPV, NOAP,
$NMAT, IDIM, XIS, BV, HV, TET, CP, MY, GAMA, KARGA, MAT, P
NCOV=NCOV+NUMEL
110 CONTINUE
IF (NCASC.EQ.0)GO TO 154
NEMOT=0
C
C-----DADOS RELATIVOS AS CASCAS
C
DO 154 IV1=1,NCASC
IV=IV1
WRITE(IMPR,156)IV
156 FORMAT(///10X,37(' ')/10X,'-',35X,'-'//10X,'-' DADOS RELATIVOS
$ A CASCA NUMERO='I2,'-'//10X,37(' '))
C-----SE KANOS =0 A SOBRECARGA TEM O MESMO VALOR EM
C-----CADA NO DA CASCA
C-----SE KANOS=1 A SOBRECARGA VARIA DE NO PARA NO DA CASCA
READ(LEIT,1)KANOS,NPLD,NMAT,NELBO
1 FORMAT(4I)
READ(LEIT,1011)IDIV,IDIM

```

```

1011 FORMAT(2I)
C-----IDIM=1 DIMENSÕES VARIÁVEIS
C-----IDIM=0 DIMENSÕES CONSTANTES
C-----SE IDIV=1 DIVISÃO IRREGULAR, SE IDIV=0 DIVISÃO REGULAR
READ(LEIT,2)OMEGA,AGATO
2 FORMAT(2F)
READ(LEIT,3)NX,NY,NPTZ,NOSBO
3 FORMAT(4I)
WRITE(IMPR,24)NX,NY
24 FORMAT(//10X,'MALHA ADOPTADA='//10X,'NUMERO DE ELEMENTOS NA D
$IRECAO X='I2/10X,'NUMERO DE ELEMENTOS NA DIRECAO Y='I2)
IF (ITYPE.EQ.0)GO TO 3017
NOXY=NX-NY
3017 NUMNP=(NX+1)*(NY+1)-1
NUMEL=NX*NY
WRITE(IMPR,20)NNOS,NVARN,NUMEL,NUMNP,NPLD,NMAT
20 FORMAT(///10X,'NUMERO DE NOS DO ELEMENTO='I2/10X,'NUMERO DE
$VARIÁVEIS POR NO='I2/10X,'NUMERO DE ELEMENTOS='I4/10X,'NUMER
$O DE NOS DA CASCA='I4/10X,'NOS COM CARGAS CONCENTRADAS='I4/1
$0X,'NUMERO DE MATERIAIS DIFERENTES='I2)
WRITE(IMPR,62)
62 FORMAT(//10X,'MATERIAL',3X,'COEF. DE',3X,'MODULO DE',6X,'PES
$O'/13X,'NO.',6X,'POISSON',5X,'YOUNG',6X,'ESPECIFICO')
DO 21 M=1,NMAT
21 READ(LEIT,61)I,CP(I),MY(I),GAMA(I)
61 FORMAT(1,3F)
DO 857 J=1,NMAT
857 WRITE(IMPR,22)J,CP(J),MY(J),GAMA(J)
22 FORMAT(13X,I2,7X,F6.5,4X,F11.1,4X,F6.5)
C-----GAMLQ=PESO ESPECIFICO DO LIQUIDO
C-----IENT=1 RESERVATORIO ELIVADO
C-----IENT=0 RESERVATORIO ENTERRADO
C-----ALTLQ=ALTURA DO LIQUIDO DENTRO DO RESERVATORIO
IF (ITYPE)64,63,64
64 READ(LEIT,65)IENT,GAMLQ,ALTLQ
65 FORMAT(1,2F)
IF (GAMLQ)7833,7834,7834
7833 GAMLQ=GAMLQ
GO TO 7835
7834 GAMLQ=GAMLQ
7835 WRITE(IMPR,66)GAMLQ,ALTLQ
66 FORMAT(//10X,'PESO ESPECIFICO DO LIQUIDO='F12.5/10X,'ALTURA
$DO LIQUIDO NO RESERVATORIO='F12.5)
IF (IENT.EQ.1) GO TO 63
READ(LEIT,92)ALTLQ,GANTE
92 FORMAT(2F)
WRITE(IMPR,94)GANTE,ALTLQ
94 FORMAT(//10X,'PESO ESPECIFICO DO SOLO='F12.5/10X,'ALTURA DOSO
$LO='F12.5)
63 CONTINUE
IF (NELBO)1017,1017,1016
1016 WRITE(IMPR,1013)
1013 FORMAT(//5X,'ELEMENTOS COM NOS NAS BORDAS DAS CASCAS'//9X,'
$ELEMENTO',2X,'NO1',2X,'NO2',2X,'NO3',2X,'NO4')
C
C-----NOBO(JP,1)=NUMERO DO ELEMENTO NA BORDA DA CASCA.
C-----NOBO(JP,IP),IP=2,5:SAO OS QUATRO NOS DO ELEMENTO

```

-----QUE ESTA NA BORDA, OS DOIS NOS QUE ESTAO NA BORDA SERAO
 -----FORNECIDOS COM SEUS RESPECTIVOS NUMEROS, OS OUTROS DOIS
 -----SERAO NULOS. (ISTO SE DEVE A UM TESTE(IF) QUE SE FAZ NO
 -----PROGRAMA TRES(PROG3)).

```

  READ(LEIT,1014)((NOBO(JP,1P),IP=1,5),JP=1,NELBO)
1014 FORMAT(5I)
  DO 1012 JP=1,NELBO
1012 WRITE(1MPR,1015) NOBO(JP,1), (NOBO(JP,KP),KP=2,5)
1015 FORMAT(12X,13,2X,4(2X,13))
1017 CONTINUE

```

-----NUEL(IV,J) REPRESENTA O NUMERO DE CADA ELEMENTO NA SUA
 -----NUMERACAO GLOBAL.

```

  IF(ITYPE)5033,5033,5034
5034 IF(NPLAC)5033,5033,5032
5032 READ(LEIT,5035)(NUEL(IV,J),J=1,NUMEL)
5035 FORMAT(20I4)
  GO TO 5038
5033 IF(IV-1)5018,5018,5019
5018 KX=0
  GO TO 5020
5019 KX=NXY(IV-1)
5020 IF(NOXY)5100,5101,5101
5100 NXX=NUMEL
  NXY(1)=0
  GO TO 5102
5101 NXX=NY
  GO TO 5015
5102 DO 5013 NNN=1,NXX
5013 NUL(IV,NNN)=NNN+NXY(IV)
  NXY(IV+1)=NXY(IV)+NXX
  GO TO 5021
5015 DO 5014 NWN=1,NX
  DO 5016 NXN=1,NY
  NZN=NY*(NWN-1)+KX+NXN
  NQN=NY*(NWN-1)+RXN
  NUEL(IV,NQN)=NZN
5016 CONTINUE
5014 CONTINUE
  NXY(IV)=NXX+KX
5021 CONTINUE
5038 CONTINUE
  J=1
  IF(NOXY)5070,5060,5060
5060 NAA=RX
  NAB=NY
  GO TO 7000
5070 NAA=NY
  NAB=NX
5000 DO 6000 NA=1,NAA
  DO 6000 NB=1,NAB
  NUY(NA,NB)=NUEL(IV,J)
  J=J+1
5000 CONTINUE
  IF(IDIR.EQ.1) GO TO 80
  IF(NMAT.GT.1)GO TO 871

```

```

  DO 872 J=1,NUMEL
  IA=NUEL(IV,J)
872 MAT(IA)=1
  GO TO 873
871 DO 875 II=1,NUMEL
875 READ(LEIT,874)JJ,MAT(JJ)
874 FORMAT(80I)
873 CONTINUE
  READ(LEIT,60)TH1,RAY1
 60 FORMAT(2F)
  DO 8 I=1,NUMEL
  IA=NUEL(IV,I)
  RAY(IA)=RAY1
  DO 8 J=1,NNOS
  THN(IA,J)=TH1
 8 CONTINUE
  GO TO 85
 80 DO 86 I=1,NUMEL
 86 READ(LEIT,666)JJ,RAY(JJ),THN(JJ,1),THN(JJ,2),THN(JJ,3),THN(JJ,4)
 666 FORMAT(1,5F)
 85 CONTINUE
  IF(IDIV.EQ.1) GO TO 7
  CALL COORD(NOXY,NX,NY,NPTY,NPTZ,NP,IV,NUEL,NUY,AGATO,OMEGA,X
  $ISCE,TETAC,XIS,TETA)
  DO 907 I=1,NUMEL
  JJ=NUEL(IV,I)
 907 ITCAR(JJ)=JJ
  DO 883 NDB=1,NAA
  DO 883 NBC=1,NAB
  IF(NOXY)886,887,887
 886 NG=NUY(NDB,1)
  GO TO 888
 887 NG=NUY(1,NBC)
 888 NF=NUY(NDB,NBC)
  IPEL(NF)=NG
 883 CONTINUE
  GO TO 10
 7 DO 9 I=1,NUMEL
 9 READ(LEIT,11)II,XISCE(II),TETAC(II),ITPEL(II),ITCAR(II)
 11 FORMAT(1,2F,2I)
  DO 12 I=1,NUMNP
 12 READ(LEIT,13)JJ,XIS(JJ),TETA(JJ)
 13 FORMAT(1,2F)
 10 CONTINUE
  IF(NOSBO)3833,3834,3833
 3833 WRITE(1MPR,940)
 940 FORMAT(//10X,'EXCENTRICIDADES DOS NOS DAS BORDAS'//14X,'NO',
  $3X,'EXCENT.Y',2X,'EXCENT.Z')
  DO 776 IJ=1,NOSBO
  READ(LEIT,977)K,EV(K),FW(K)
 977 FORMAT(1,2F)
 776 WRITE(1MPR,939)K,EV(K),FW(K)
 939 FORMAT(13X,13,3X,F8.4,2X,F8.4)
 3834 WRITE(1MPR,67)
 67 FORMAT(//10X,'DADOS DOS ELEMENTOS')
  WRITE(1MPR,69)

```

```

69 FORMAT(//10X,'ELEMENTO',3X,'TIPO DO',6X,'TIPO DO',6X,'TIPO D
40',3X,'KARGA',/13X,'NO.',6X,'ELEMENTO',4X,'CARREGAMENTO',2X,'
$KATERIAL')
DO 111 IU=1,NUMEL
IW=NUEL(IU,IU)
IF(ITPEL(IW)-IW)6034,6033,6034
6033 NEMOT=NEMOT+1
NELTP(IW)=NEMOT
6034 IF(ITCAR(IW)-IW)6035,6036,6035
6036 NEMCA=NEMCA+1
NELCA(IW)=NEMCA
6035 DO 111 IY=1,NNOS
111 P(IW,IY)=0.
C-----SE KARGA=1 HA' CARGA DISTRIBUIDA SOBRE O ELEMENTO
C-----SE KARGA=0 NAO HA' CARGA DISTRIBUIDA SOBRE O ELEMENTO
C-----NO CASO DE RESERVATORIO KARGA=0.
IF(KANOS)743,744,743
744 READ(LEIT,745)CANOS
745 FORMAT(F)
743 IF(ITYPE)4046,4047,4046
4046 DO 4048 LF=1,NUMEL
LD=NUEL(IU,LF)
KARGA(LD)=0
NO1=NP(LD,1)
NO2=NP(LD,2)
P1=(XIS(NO1)-ALTLQ)*GAMLQ
P2=(XIS(NO2)-ALTLQ)*GAMLQ
P(LD,1)=P1
P(LD,2)=P2
P(LD,3)=P2
P(LD,4)=P1
4048 CONTINUE
GO TO 747
4047 DO 746 JCA=1,NUMEL
JUV=NUEL(IU,JCA)
KARGA(JUV)=1
DO 746 JCA=1,NNOS
746 P(JUV,JCA)=CANOS
GO TO 747
C-----E' PRECISO INTRODUIR UM CODIGO PARA O CASO DE NEM TODOS OS
C-----ELEMENTOS DAS CASCAS SEREM CARREGADOS,PARA QUE OS 10
C-----CARTOES
C-----SEGUINTE POSSAM SER EXECUTADOS.
DO 749 I=1,NUMEL
749 READ(LEIT,755)JJ,KARGA(JJ)
755 FORMAT(PI)
DO 757 I=1,NUMEL
JI=NUEL(IU,I)
IF(KARGA(JI)-1)757,70,757
70 READ(LEIT,71)K,(P(K,L),L=1,4)
71 FORMAT(I,4F)
757 CONTINUE
747 DO 5 I=1,NUMEL
JI=NUEL(IU,I)
5 WRITE(IMPR,68)JI,ITPEL(JI),ITCAR(JI),MAT(JI),KARGA(JI)
68 FORMAT(12X,13,8X,13,11X,13,9X,13,6X,12)
WRITE(IMPR,25)

```

```

25 FORMAT(//1X,'ELEMENTO',3X,'NO 1',3X,'NO 2',3X,'NO 3',3X,'NO
$4',4X,'RAIO',6X,'XC',8X,'ANGC(GR.)')
DO 26 IB=1,NUMEL
I=NUEL(IU,IB)
26 WRITE(IMPR,27)I,NP(I,1),NP(I,2),NP(I,3),NP(I,4),RAY(I),XISCE
$(I),TETAC(I)
27 FORMAT(3X,13,7X,13,3(4X,13),3X,F7.3,2X,F7.3,5X,F7.2)
WRITE(IMPR,28)
28 FORMAT(///17X,'COORDENADAS GLOBAIS DOS NOS DOS ELEMENTOS'//1
$7X,'NO',9X,'X',4X,'ANG(GRAU)')
DO 5000 J=1,NUMEL
L=NUEL(IU,J)
NUL(L)=IU
5000 CONTINUE
CALL AGRUP(NXNY,NY,NX,NUY,NP,NPH)
DO 29 NA=1,NUMNP
I=NP(NNA)
IF(TETA(I)-90.)29,309,29
309 TETA(I)=TETA(I)-.01
29 WRITE(IMPR,31)I,XIS(I),TETA(I)
31 FORMAT(16X,13,5X,F7.3,3X,F6.2)
WRITE(IMPR,72)
72 FORMAT(//3X,'VALOR DA CARGA EXTERNA SOBRE O ELEM.',13X,'ESPE
$SSURA DA CASCA'//1X,'ELEMENTO',4X,'NO 1',4X,'NO 2',4X,'NO 3'
$,4X,'NO 4',4X,'NO 1',4X,'NO 2',4X,'NO 3',4X,'NO 4')
DO 73 J=1,NUMEL
JI=NUEL(IU,J)
73 WRITE(IMPR,74)JI,(P(JI,K),K=1,4),(THN(JI,K),K=1,4)
74 FORMAT(3X,13,3X,8F8.3)
C-----
C-----LEITURA DAS CARGAS APLICADAS DIRETAMENTE NOS NOS
IF(NPLD)55,56,55
55 WRITE(IMPR,78)
78 FORMAT(///10X,'CARGAS APLICADAS DIRETAMENTE NOS NOS'//21X,'DI
$RECAO',/3X,'NO',6X,'U',2X,'V',8X,'W',2X,'W,X',2X,'W,Y',2X,'W,
$Z')
DO 54 I=1,NPLD
KI=I+NPLD
READ(LEIT,53)NO,(NOLD(J),J=1,NUART)
53 FORMAT(I,9F)
WRITE(IMPR,79)NO,(NOLD(J),J=1,NUART)
79 FORMAT(2X,13,2X,9(F7.2,2X))
54 WRITE(26*KI)NO,(NOLD(J),J=1,NUART)
GO TO 451
56 CONTINUE
WRITE(IMPR,77)
77 FORMAT(//10X,'NAO HA CARGAS APLICADAS DIRETAMENTE NOS NOS')
451 WRITE(1'JU)NUMEL,NUEL,TETAC,RAY,NUMNP,NPH,ITPEL,ITCAR,
$NPLD,OMEGA,TETA,EU,EW,NELBO,NOBO,NMAT,THN,XIS,KARGA,GAMA,CP,
$MY,MAT,AGATO,XISCE,P,ALTLQ,JENT,ALTE,GAMTE,GAMLQ
NPLD=NPLD+NPLD
154 CONTINUE
CALL BANDA(IMPR,NNOS,NUEL,NP,NUAR,IBNDW,JEND)
IF(IEND)1049,1049,1000
1049 CONTINUE
WRITE(25'1)NUEL,NEMOT,NELTP,NEMCA,NELCA,NELTC,NEKTP,NEMCP,
$NECAP,NTNP,IBNDW,NCASC,RVIGA,NPLAC,ITYPE,NP,ANGC,NUL,ICONH,

```

```

$NE@BC,NEBC,NULC
WRITE(IMPR,44)IINDW
44 FORMAT(/10X,'LARGURA DA SEMI BANDA='J5)
1000 CALL EXIT
END

```

```

C-----PROGR2, AEA
REAL KSI(4),MY(5),NI(380),KSV(2)
INTEGER CFAU1(6,11),CFAU2(4,10)
DIMENSION XIS(350),TETA(350),TH(380),RAY(380),XISCE(380),TET
$AC(380),ETA(4),ITPEI(380),ITCAR(380),CP(5),BJ(20,20),R5(20),
$A(20,20),AKAUX(20,20),G(20,20),NUFL(3,380),RIG(210),ANGVC(8)
$,NP(380,4),R1(20),R2(20),R3(20),CARE(24),NOAP(5),CAREG(24),G
$AMA(5),E(380),MAT(380),THN(380,4),DIA(2),RIGID(300)
DIMENSION PESP(380),P(380,4),PP(380,4),R4(20),KARGA(380),T(2
$4,24),NELCA(380),BV(350),HV(350),EW(281),TET(21),EV(281),V(2
$1,2),NPV(21,2),AV(12,12),VI(21),AUX(24,24),VJ(12,12),DL(24,2
$4),AX(12,12),GV(12,12),VK(12,12),NELTP(380)
DIMENSION PESPV(21),PESV(12),CARV(12),CAREV(12),NOBO(40,5)
DIMENSION SAUX(21),X(3),Y(3),D(3),XIC(6),YIC(6),F(18,18),TP(
$21,21),SK(18,21),H(3,18),GP(21,18),SENO(3),COSO(3),XORD(350)
$,YORD(350),IPERM(3),NPM(350),LNOBO(100,13),ANGLE(40),S18(18)
$,VIN(28),PCAR(3),KR(28),KS(28),PRS(28),KCF(28),KE(3,28)
DIMENSION NELTC(380),GD(6,6),NECAP(380),CF(18,21),IEX(18,21)
$,JEY(18,21),IXAU1(6,11),IXAU2(6,10),IYAU1(6,11),IYAU2(6,10)
DIMENSION ARG1(12),ARG2(12),IARG1(12),IARG2(12),ARG3(20),ARG
$4(20),IARG3(20),IARG4(20),ARG5(21),ARG6(21),IARG5(21),IARG6(
$21)
C-----EQUIVALENCE (HV(1),EV(1)),(BV(1),TETA(1)),(DL(1),TP(1),
C-----F(1))2,(VJ(1),G(1)),(VK(1),G(145)),(PESV(1),CARE(1))
C-----3,(CARV(1),CARE(13)),(A(1),R1(1)),(A(41),R2(1)),(A(61),
C-----R3(1))4,(A(81),R5(1)),(NUY(1),KARGA(1)),(A(21),R4(1))
C-----EQUIVALENCE (AKAUX(1),PESP(1)),(T(1),AUX(1))
OPEN(UNIT=30,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV8',RECORD SIZE=400)
OPEN(UNIT=23,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV2',RECORD SIZE=210)
OPEN(UNIT=1,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV1',RECORD SIZE=8679)
OPEN(UNIT=21,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV3',RECORD SIZE=24)
OPEN(UNIT=40,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV9',RECORD SIZE=18)
OPEN(UNIT=25,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV10',RECORD SIZE=10120)
DATA CFAU1/1,5*0,2*1,4*0,1,0,1,3*0,1,2,0,2,2*0,3*1,0,1,0,1,0
$,2,2*0,2,1,3,0,6,2*0,1,2,1,2*2,0,1,1,2,0,2*2,1,0,3,2*0,6,1,4
$,0,12,2*0/
DATA CFAU2/1,3,1,6,3,0,1,3*2,4,2,2*1,3,0,3,6,1,0,4,2*0,12,1,
$5,0,20,2*0,1,4,1,12,4,0,1,3,2,2*6,2,1,2,3,2,6,6,2*1,4,0,4,12
$,1,0,5,2*0,20/
DATA IXAU1/6*0,1,11*0,2,1,4*0,1,0,1,9*0,3,2,0,1,2*0,2,1,2,0,
$1,0,1,0,1,0,0,1,6*0,4,3,0,2,0,0/
DATA IXAU2/3,2,3,1,2,0,2,1,2,0,1,2,1,0,1,0,0,1,6*0,5,4,0,3,0
$,0,4,3,4,2,3,0,3,2,3,1,2,3,2,1,2,0,1,2,1,0,1,0,0,1,6*0/
DATA IYAU1/12*0,1,11*0,1,1,4*0,2,0,1,9*0,1,1,0,1,0,0,2,2,1,0
$,1,0,3,0,2,0,0,1,6*0/
DATA IYAU2/1,1,0,1,0,0,2,2,1,2,1,0,3,3,2,0,2,1,4,0,3,0,0,2,6
$*0,1,1,0,1,0,0,2,2,1,2,1,0,3,3,2,3,2,1,4,4,3,0,3,2,5,0,4,0,0
$,3/
DATA KRKS, KK, KC/6,28,21/,KR/0,1,0,2,1,0,3,2,1,0,4,3,2,1,0,5,
$4,3,2,1,0,6,5,4,3,2,1,0/,KS/0,0,1,0,1,2,0,1,2,3,0,1,2,3,4,0,
$1,2,3,4,5,0,1,2,3,4,5,6/
DATA NNOS, NVARN, NNOV, NVARV/4,5,2,6/
IMPR=5
CALL DATE(DIA)
CALL TIME(HORA)
TYPE 1911,DIA,HORA
1911 FORMAT(/2X,'DIA:',2A5,' HORA:',A5)

```



```

C-----CALCULO DA MATRIZ DE RIGIDEZ E VETOR CARGAS NODAIS
C-----EQUIVALENTES PARA CADA ELEMENTO DE VIGA
  READ(25*1)NUTEL, NEMOT, NELYT, NEMCA, NELCA, NELTC, NEMTP, NEMCP,
  $NECAP, NTNP, IBNDW, NCASC, NVIGA, NPLAC, ITYPE, NP, ARGVC
  IF (NVIGA)1081, 291, 1081
1081 DO 291 IV=1, NVIGA
  KJ=IV+NCASC
  READ(1*KJ)NUMEL, NPV, NCOV, NVICA, ITPEL, ITCAR, NPLDV, NUAPV, NOAP,
  $NMAT, IDIMV, XIS, BV, HV, TET, CP, KY, GAMA, KARGA, MAT, V
  NVNOV=NVNOV*NUARV
  DO 323 NEL1=1, NUMFL
  NEL=NEL1
  K1=NPV(NEL, 1)
  K2=NPV(NEL, 2)
  KSV(1)=0.
  KSV(2)=XIS(K2)-XIS(K1)
  IF (ITPEL(NEL)-NEL)70, 71, 70
  71 VL(NEL)=KSV(2)
  M=MAT(NEL)
  GG=MY(M)/(2.*(1.+CP(M)))
  CALL MATBV(NVARV, NVNOV, KSV, AV)
  CALL JTDJV(BV, HV, VJ, VL, NEL, MY(M), GG, K1, K2)
  CALL GJRIN(NVNOV, ARG1, ARG2, IARG1, IARG2, AV)
  LG=NEMOT+NEL+NCOV
  DO 36 I=1, NVNOV
  DO 36 J=1, NVNOV
  AX(I, J)=0.
  DO 36 K=1, NVNOV
  BV(I, K)=AV(K, I)
  36 AX(I, J)=AX(I, J)+BV(I, K)*VJ(K, J)
  DO 37 I=1, NVNOV
  DO 37 J=1, NVNOV
  VK(I, J)=0.
  DO 37 K=1, NVNOV
  37 VK(I, J)=VK(I, J)+AX(I, K)*AV(K, J)
  WRITE(30*LG)VK
  70 IF (ITCAR(NEL)-NEL)323, 38, 323
  38 KG=NEL+NEMCA+NCOV
  M=MAT(NEL)
  PESPV(NEL)=GAMA(M)
  IF (ITYPE.EQ.0)GO TO 742
  CALL PESPT(BV, HV, PESPV, VL, NEL, BV, PESV, K1, K2)
  GO TO 743
  742 CALL PESOV(BV, HV, PESPV, VL, NEL, BV, PLSV, K1, K2)
  743 IF (KARGA(NEL)-1)39, 40, 39
  40 PI=V(NEL, 1)
  PF=V(NEL, 2)
  CALL CARGV(PI, PF, TET, VL, NEL, BV, CARV)
  GO TO 41
  39 DO 42 JR=1, NVNOV
  42 CARV(JR)=0.
  41 DO 43 JS=1, NVNOV
  43 CAREV(JS)=PI*SV(JS)+CARV(JS)
  WRITE(21*KG)CAREV
  323 CONTINUE
  291 CONTINUE
  IF (NCASC.EQ.0)GO TO 3101

```

```

DO 44 IV1=1, NCASC
IV=IV1
  READ(1*IV)NUMEL, NUEL, TETAC, RAY, NUHNP, NPM, ITPEL, ITCAR, NPLD,
  $OMEGA, TETA, EV, EW, NEIBO, NOBO, NMAT, THN, XIS, KARGA, GAMA, CP, KY,
  $MAT, AGATO, XISCE, P, ALTLQ, JENT, ALYTE, GAMTE, GAMIQ
C-----CALCULO DA MATRIZ DE RIGIDEZ E DO VETOR CARGAS NODAIS
C-----EQUIVALENTES PARA CADA ELEMENTO DE CASCA.
  NVNOS=NVNOS*NUARN
  NVNUV=NVNOS*NUARV
  P1=2.*ASIN(1.)
  CALL VALKE(NUKEL, NUEL, IVACP, KY, THN, E, NI, TH)
  DO 1 IN=1, NUMEL
  KIN=NUEL(IV, IN)
  RY=RAY(KIN)
  THI=TH(KIN)
  DO 4 J=1, NVNOS
  K1=NP(KIN, J)
  KSI(J)=XIS(K1)-XISCE(KIN)
  ETA(J)=RAY(KIN)*(TETA(K1)-TETAC(KIN))*PI/180.
  4 CONTINUE
  AA=KSI(2)-KSI(1)
  BB=ETA(3)-ETA(2)
  IF (ITPEL(KIN)-KIN)3, 2, 3
  2 NTIP=NELTP(KIN)
  WRITE(40*NTIP)((KSI(I), I=1, 4), (ETA(I), I=1, 4), BB)
  EI=E(KIN)
  ANI=NI(KIN)
  TETC=TETAC(KIN)
  CALL MATRA(NVNOV, NVARN, KSI, ETA, RY, A)
  CALL JTDJ(AA, BB, THI, ANI, KY, EI, B, J)
  CALL GJRIN(NVNOS, ARG3, ARG4, IARG3, IARG4, A)
  WRITE(30*NTIP)A
  DO 5 I=1, NVNOS
  DO 5 J=1, NVNOS
  AKAU(1, J)=0.
  DO 5 K=1, NVNOS
  B(I, K)=A(K, I)
  5 AKAU(1, J)=AKAU(1, J)+B(I, K)*B(J, K, J)
  IJ=0
  DO 6 I=1, NVNOS
  DO 6 J=1, NVNOS
  IF (I-J)25, 25, 6
  25 IJ=IJ+1
  RIG(IJ)=0.
  DO 24 K=1, NVNOS
  24 RIG(IJ)=RIG(IJ)+AKAU(1, K)*A(K, J)
  6 CONTINUE
  WRITE(23*NTIP)RIG
  3 IF (ITCAR(KIN)-KIN)1, 15, 1
  15 M=MAT(KIN)
  NTIC=NELCA(KIN)
  PESP(KIN)=GAMA(M)
  IF (ITYPE)11, 12, 11
  11 NO1=NP(KIN, 1)
  NO2=NP(KIN, 2)
  P1=(XIS(NO1)-ALTLQ)*GAMIQ
  P2=(XIS(NO2)-ALTLQ)*GAMIQ

```

```

PES=PESP(KIN)
CALL CANOE(AA,BB,RY,THJ,PES,G,R1)
CALL CANEX(AA,BB,RY,P1,P2,G,R2)
IF(IENT-1)50,59,50
50 PP(KIN,1)=(XIS(N01)-ALTE)*GAMTE
PP(KIN,2)=(XIS(N02)-ALTE)*GAMTE
PP(KIN,3)=PP(KIN,2)
PP(KIN,4)=PP(KIN,1)
CALL CANOC(AA,BB,RY,TETC,OMEGA,PP,G,R5,KIN)
GO TO 510
59 DO 509 JY=1,NVNOS
509 R5(JY)=0.
510 L=1
M=5
DO 13 I=1,NVNU
J=I-L+1
IF(I-M)27,27,28
27 CARE(I)=R1(J)+R2(J)+R5(J)
GO TO 13
28 L=L+1
M=M+6
CARE(I)=0.
13 CONTINUE
GO TO 7
12 CONTINUE
PP(KIN,1)=THN(KIN,1)*PESP(KIN)
PP(KIN,2)=THN(KIN,2)*PESP(KIN)
PP(KIN,3)=THN(KIN,3)*PESP(KIN)
PP(KIN,4)=THN(KIN,4)*PESP(KIN)
CALL CANOC(AA,BB,RY,TETC,OMEGA,PP,G,R3,KIN)
DO 101 I=1,NVNOS
101 R4(I)=R3(I)
IF(KARGA(KIN)-1)102,103,102
102 DO 104 I=1,NVNOS
104 R3(I)=0.
GO TO 105
103 BETA=BB/RAY(KIN)
CALL CANOC(AA,BB,RY,TETC,OMEGA,P,G,R3,KIN)
105 M=5
L=1
DO 14 I=1,NVNU
J=I-L+1
IF(I-M)29,29,30
29 CARE(I)=R3(J)*COS(BETA)+R4(J)
GO TO 14
30 L=L+1
M=M+6
CARE(I)=0.
14 CONTINUE
7 IF(NELBO)3033,3034,3033
3034 WRITE(21,NTJC)CARE
GO TO 1
3033 DO 881 NL=1,NELBO
IF(KIN-NOBO(NL,1))881,882,881
881 CONTINUE
DO 893 IU=1,NVNU
893 CAREG(IU)=CARE(IU)

```

```

GO TO 883
882 IF(TETAC(KIN)-.5*OMEGA)884,884,885
884 KM=1
LM=0
K1=1+2*LM
K2=2+2*LM
GO TO 886
885 KM=0
LM=1
K1=2+2*LM
K2=1+2*LM
886 BETA=BB/RAY(KIN)
NUVIG=IV-KM+1
KAN=NUVIG+IV
TETO=TETAC(KIN)-.5*OMEGA+ANGUC(KAN)
CALL TRANS(BETA,TETO,NVNU,KM,LM,1)
J1=NP(KIN,K1)
J2=NP(KIN,K2)
CALL DESL(EW,EV,J1,J2,KM,LM,DI)
DO 771 I=1,NVNU
CAREG(I)=0.
DO 771 J=1,NVNU
771 CAREG(I)=CAREG(I)+Y(J,I)*CARE(J)
DO 3052 II=1,NVNU
CARE(II)=0.
DO 3052 JJ=1,NVNU
3052 CARE(II)=CARE(II)+DI(JJ,II)*CAREG(JJ)
DO 3053 II=1,NVNU
3053 CAREG(II)=CARE(II)
883 WRITE(21,NTJC)CAREG
1 CONTINUE
44 CONTINUE
9104 IF(NPLAC)1205,1205,1206
1206 CONTINUE
C
C-----CALCULO DA MATRIZ DE RIGIDEZ E VETOR CARGAS NODAIS EQUIV.
C-----PARA CADA ELEMENTO DA PLACA.
C
C
C-----CE(I,J)=COEFICIENTES DAS FUNCOES DE X,Y DA MATRIZ G
C-----TRANSPOSTA DAS PLACAS.
C
C-----IEY(I,J)=EXPOENTES DE BASE X DOS TERMOS QUE COMPOEM A
C-----MATRIZ G TRANSPOSTA PARA AS PLACAS.
C
C-----IEY(I,J)=EXPOENTES DE BASE Y DOS TERMOS QUE COMPOEM A
C-----MATRIZ G TRANSPOSTA PARA AS PLACAS.
DO 1798 I=1,210
1798 RIG(I)=0.
DO 1981 I=1,6
DO 1981 J=1,21
I6=I+6
I12=I+12
IF(J-11)1982,1982,1983
1982 CF(I,J)=FLOAT(CFAU1(I,J))
IFX(I,J)=IXAU1(I,J)
IEY(I,J)=IYAU1(I,J)

```

```

CF(16,J)=FLOAT(CFAU1(I,J))
IFX(16,J)=IXAU1(I,J)
IEY(16,J)=IYAU1(I,J)
CF(112,J)=FLOAT(CFAU1(I,J))
IFX(112,J)=IXAU1(I,J)
IEY(112,J)=IYAU1(I,J)
GO TO 1981
1983 L=J-11
CF(I,J)=FLOAT(CFAU2(I,L))
IFX(I,J)=IXAU2(I,L)
IEY(I,J)=IYAU2(I,L)
CF(116,J)=FLOAT(CFAU2(I,L))
IFX(116,J)=IXAU2(I,L)
IEY(116,J)=IYAU2(I,L)
CF(112,J)=FLOAT(CFAU2(I,L))
IFX(112,J)=IXAU2(I,L)
IEY(112,J)=IYAU2(I,L)
1981 CONTINUE
OPEN(UNIT=28,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV13',RECORD SIZE=300)
OPEN(UNIT=29,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV12',RECORD SIZE=84)
DO 200 LL=1,KRKS
  I=LL
  IB=LL
  NN=(I+1)*(I+2)/2
  L=1+KRKS
  CALL COEF(KCF,IB,NN)
  CALL EXPS(KE,I)
  WRITE(29'I')(KCF(J),J=1,NN)
  WRITE(29'L')((KE(K,J),J=1,NN),K=1/3)
200 CONTINUE
DO 3005 IV=1,NPLAC
  NPK=IV+1
  READ(25'NPK)NUMEL,NUEL,RUMNP,NPK,NELBO,ISKEW,NANGL,ITPEL,
  $ITCAR,NPLD,LNOBO,ANGLF,MAT,CP,MY,XORD,YORD,IPERM,GAMA,THN,
  $KARGA,P
  DO 10 NJ=1,NUMEL
    N=NUEL(IV,NJ)
    MW=MAT(N)
    IF(ITPEL(N)-N)171,531,171
171 IF(ITCAR(N)-N)10,531,10
531 DO 20 K=1,3
    K1=NP(N,K)
    D(K)=MY(MW)*THN(N,K)**3./((12.*(1.-CP(MW))**2.))
    PCAR(K)=P(N,K)+THN(N,K)*GAMA(MW)
    X(K)=XORD(K1)
    Y(K)=YORD(K1)
20 CONTINUE
    ANI=CP(MW)
    CALL COLOC(X,Y,IPERM,XLC,YLC)
    AREA2=0.
    DO 100 I=1,3
      J=IPERM(I)
      K=IPERM(J)
100 AREA2=AREA2+XLC(I)*(YLC(J)-YLC(K))
    CALL MATFT(CF,IFX,IEY,TP,X,Y,XLC,YLC,SENO,COSO,IMPR,IPERM)
    CALL GJRIN(21,ARG5,ARG6,IARG5,IARG6,TP)
    CALL MATRH(X,Y,SENO,COSO,H,IPERM)

```

```

CALL POLIN(KK,KR,KS,XLC,YLC,AREA2,D,PRS)
IF(KARGA(N))297,313,297
313 DO 31 I=1,18
  31 S18(I)=0.
  GO TO 288
297 CALL POLIN(KC,KR,KS,XLC,YLC,AREA2,PCAR,VIN)
  DO 32 J=1,KC
    SAUX(J)=0.
    DO 32 IP=1,KC
      SAUX(J)=SAUX(J)+TP(IP,J)*VIN(IP)
  32 CONTINUE
  DO 322 I=1,18
    S18(I)=0.
    DO 321 K=1,3
      S18(I)=S18(I)+H(K,I)*SAUX(K+18)
  321 CONTINUE
  S18(I)=S18(I)+SAUX(I)
  322 CONTINUE
288 NT=NEKOT+NECAP(N)
  WRITE(40'NT')S18
  DO 320 I=1,21
    DO 320 J=1,18
      GP(I,J)=TP(I,J)
      DO 320 K=1,3
        PROC=TP(I,K+18)*H(K,J)
        IF(PROC)120,320,120
  120 GP(I,J)=GP(I,J)+PROC
  320 CONTINUE
  DO 3039 I=1,21
    DO 3039 J=1,21
3039 TP(I,J)=0.
    CALL MATRG(ANI,PRS,TP)
    DO 210 I=1,18
      DO 210 J=1,21
        SK(I,J)=0.
        DO 210 K=1,21
          210 SK(I,J)=SK(I,J)+GP(K,I)*TP(K,J)
        DO 420 I=1,18
          DO 420 J=1,18
            F(I,J)=0.
            DO 420 K=1,21
              420 F(I,J)=F(I,J)+SK(I,K)*GP(K,J)
            IJ=0
            DO 934 I=1,18
              DO 934 J=1,18
                II(I-J)834,834,934
          834 IJ=IJ+1
            RIG(IJ)=F(I,J)
          934 CONTINUE
            NRR=NEMOT+NEUTC(N)
            WRITE(23'NRR')RIG
C-----MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO DE CHAPA.
            DO 3045 I=1,6
              DO 3045 J=1,6
3045 GO(I,J)=0.
            ANI=CP(MW)
            ANI=MY(MW)

```

```

CALL MARCH(X,Y,ANI,AMI,GD)
DO 3040 J=1,24
DO 3040 J=1,24
3040 AUX(I,J)=0.
C-----MONTAGEM DA MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO DE CHAPA-PLACA.
DO 3041 IL=1,3
  IP=(IL-1)*8+1
  IC=(IL-1)*6+1
DO 3041 JL=1,3
  JP=(JL-1)*8+1
  JC=(JL-1)*6+1
3041 AUX(IP,JP)=F(IC,JC)
DO 3042 IL=1,3
  IP=(IL-1)*8+1
  IC=(IL-1)*6+1
DO 3048 JL=1,3
DO 3048 JK=4,8
  JC=(JL-1)*6+JK-2
  JP=(JL-1)*8+JK
3048 AUX(IP,JP)=F(IC,JC)
DO 3042 JL=1,3
  JC=(JL-1)*6+1
  JP=(JL-1)*8+1
DO 3042 JK=4,8
  IP=(IL-1)*8+JK
  IC=(IL-1)*6+JK-2
3042 AUX(IP,JP)=F(IC,JC)
DO 3043 IL=1,3
DO 3043 IK=4,8
  IP=(IL-1)*8+IK
  IC=(IL-1)*6+IK-2
DO 3043 JL=1,3
DO 3043 JK=4,8
  JP=(JL-1)*8+JK
  JC=(JL-1)*6+JK-2
3043 AUX(IP,JP)=F(IC,JC)
DO 3044 IL=1,3
DO 3044 IK=2,3
  IP=(IL-1)*8+IK
  IC=(IL-1)*2+IK-1
DO 3044 JL=1,3
DO 3044 JK=2,3
  JP=(JL-1)*8+JK
  JC=(JL-1)*2+JK-1
3044 AUX(IP,JP)=GD(IC,JC)
NR=REL IC(N)
IJ=0
DO 99 I=1,24
DO 99 J=1,24
  IF(I-J)901,901,99
901 IJ=IJ+1
  RIGID(IJ)=0.
  RIGID(IJ)=AUX(I,J)
99 CONTINUE
  WRITE(28*NR)RIGID
10 CONTINUE
3005 CONTINUE

```

```

1205 CALL EXIT
END

```

```

C-----PROGR3.AEA
C-----FORMACAO DO SISTEMA GERAL DE EQUACOES LINEARES
  REAL NOID(9),KSI(4)
  DIMENSION NP(380,4),NEBC(3150),GAMA(5),ITPEL(380),ITCAR(380)
  $,TETAC(380),ETA(4),NELTP(380),RIG(210),NEICA(380),ANGVC(8),N
  $EB(30),NE(380,30),IND(30),GK(24,24),NEL(380),AKT(25000),CONH
  $F(3150),CART(3150),CARE(27),ICONH(3150),DIA(2),VK(12,12),NOB
  $O(40,5),NUL(3,380),NPV(21,2)
  DIMENSION CARV(12),NUL(380),KAT(380),NPK(350),ANGLE(40),LN0B
  $O(100,13),PSI(27,27),AK(36,36),S18(18),NULC(380),NELTC(380),
  $CARGA(36),CAR(24),NECAP(380)
  DIMENSION RAY(380),EV(281),EW(281),TETA(350),CP(5),RIGID(300)
  OPEN(UNIT=30,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV8',RECORD SIZE=400)
  OPEN(UNIT=23,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV2',RECORD SIZE=210)
  OPEN(UNIT=21,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV3',RECORD SIZE=24)
  OPEN(UNIT=1,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV1',RECORD SIZE=8679)
  OPEN(UNIT=20,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV5',RECORD SIZE=3150)
  OPEN(UNIT=22,ACCESS='SEQUENT',FILE='ARQV4',DEVICE='KTA')
  OPEN(UNIT=25,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV10',RECORD SIZE=10120)
  OPEN(UNIT=40,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV9',RECORD SIZE=18)
  OPEN(UNIT=28,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV13',RECORD SIZE=300)
  OPEN(UNIT=26,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV7',RECORD SIZE=10)

```

```

C
C-----DIMENSION DE AKT = MM*NEQB
C-----DIMENSION DE CONHE = NVART*NTNP
C-----DIMENSION DE CART = NVART*NTNP
C-----DIMENSION DE NEB,IND = NUMERO MAXIMO DE BLOCOS = NB
C-----DIMENSION DE NE = NECDB*NB
C-----DIMENSION DE NEL = NECDB

```

```

DATA NNOS,NVARN,NNOV,NVARV,NVART/4,5,2,6,9/
DATA NDIMS,NECDB/25000,380/
CALL DATE(DIA)
CALL TIME(HORA)
TYPE 1911,DIA,HORA

```

```

1911 FORMAT(//2X,'DIA:',2A5,' HORA:',A5//)
READ(25,1)NUTEL,NEKOT,NELTP,NEICA,NELCA,NELTC,NEKTP,NEKCP,
1NECAP,NTNP,IBNDW,NCASC,NVIGA,NPLAC,ITYPE,NP,ANGVC,NUL,ICONH,
$NEQBC,NEBC,NULC

```

```

NEQT=NVART*NTNP
DO 1 IS=1,NEQT
CART(IS)=0.
1 CONHE(IS)=0.
NVNV=NNOS*NVART
NVNOS=NNOS*NVARN
MM=IBNDW
NEQBL=NDIMS/MM
NPBL=NEQBL/NVART
MM1=MM+1
MM2=MM+MM
MM6=NVART*MM
NB=1+(NTNP-1)/NPBL
TYPE 1213,NEQT,NB

```

```

1213 FORMAT(2X,'NUMERO DE EQUACOES='14/2X,'NUMERO DE BLOCOS='13/)
DO 120 I=1,NB
NEB(I)=0
DO 120 N=1,NECDB

```

```

120 NE(N,1)=0
DO 140 N=1,NUTEL
DO 130 I=1,NB
130 IND(I)=0
DO 140 I=1,NNOS
K=NP(N,I)
IF(K)140,140,131
131 M=1+(K-1)/NPBL
IF(IND(M))140,132,140
132 NEB(M)=NEB(M)+1
L=NEB(M)
IF(L-NECDB)1200,1200,1300
1200 NE(L,M)=N
IND(M)=1
140 CONTINUE
NENT=0
DO 400 M=1,NB
ULTVZ=0.
LI=NEB(M)
DO 999 NA=1,NECDB
999 NEL(NA)=NE(NA,M)
C-----N1=NUMERO DO PRIMEIRO PONTO NODAL DE CADA BLOCO
N1=1+(M-1)*NPBL
C-----N2=NUMERO DO ULTIMO PONTO NODAL DE CADA BLOCO
N2=N1+NPBL-1
IF(N2-NTNP)335,335,573
573 N2=NTNP
335 NPTB=N2-N1+1
C-----NEQB=NUMERO EFETIVO DE EQUACOES DO BLOCO QUE ESTIVER SENDO
C-----FORMADO. ESTA VARIÁVEL PODERA SER MENOR DO QUE NEQBL
NEQB=NVART*NPTB
TYPE 1312,M,NEQB
1312 FORMAT(2X,'NUMERO DE EQUACOES DO BLOCO NUMERO',I3,'=',I4)
C-----NE1=NUMERO DA PRIMEIRA EQUACAO DE CADA BLOCO
NE1=NVART*(N1-1)+1
C-----NE2=NUMERO DA ULTIMA EQUACAO DE CADA BLOCO
NE2=NVART*N2
C-----N=NUMERO EFETIVO DE COEFICIENTES A ALOJAR NO BLOCO
N=MM*NEQB
DO 180 I=1,N
180 AKT(I)=0.
IVFZ=0
DO 820 NV=1,LL
N=NEL(NV)
DO 2131 KF=1,NVNV
DO 2131 JF=1,NVNV
2131 AK(KF,JF)=0.
DO 3121 KF=1,24
DO 3121 JF=1,24
3121 GK(KF,JF)=0.
IF(NP(N,4))1071,1072,1071
1071 NBS=NUL(N)
C
C-----NBS=NUMERO DA CASCA CONSIDERADA.
C
READ(1,NBS)NUL1,NUL2,TETAC,RAY,NUNP,NPM,ITPEL,ITCAR,NPLD,
$OMEGA,TETA,EV,EW,NELRO,NOBO

```

```

KONT=ITPEL(N)
NTIP=NELIP(KONT)
C-----LE NO DISCO A MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEK. DE CASCA.
C
  READ(23*NTIP)RIG
  IJ=0
  DO 1831 L1=1,NVNOS
  DO 1831 L2=1,NVNOS
  IF(L1-L2)1832,1832,1833
1832 IJ=IJ+1
  GK(L1,L2)=RIG(IJ)
  GO TO 1831
1833 GK(L1,L2)=GK(L2,L1)
1834 CONTINUE
  CALL AMPLM(5,6,24,GK,AK)
  DO 1989 IXI=1,24
  DO 1989 JXJ=1,24
  GK(IXI,JXJ)=AK(IXI,JXJ)
1989 AK(IXI,JXJ)=0.
  IF(NELBO)1837,1836,1837
1837 DO 1839 NNL=1,NELBO
  IF(N-NOBO(NNL,1))1839,1838,1839
1839 CONTINUE
  GO TO 1836
1838 READ(40*NTIP)((KSI(I),I=1,4),(ETA(I),I=1,4),BB)
  CALL TRAMA(EV,EW,TETAC,OMEGA,DR,RAY,N,NP,NDS,ANGVC,GK)
1836 CALL KONMA(NVARV,NVART,NNOS,GK,AK)
  NVK=1
  NI1=1
  NI2=NNOS
  NI3=1
1073 CALL MONSE(NI1,NI2,NI3,N1,N2,MM6,NVART,NVK,MM,N,NP,AK,AKT)
  IF(NVIGA.FO.D)GO TO 820
  IF(ULTV2)831,831,840
  831 IF(N-IVEZ)2010,820,2010
2010 IF(NELBO)820,820,1074
1074 DO 1075 IT=1,NELBO
  IF(N-NOBO(IT,1))1075,1076,1075
1076 IVEZ=NOBO(IT,1)
  JVEZ=IT
  GO TO 1077
1075 CONTINUE
  GO TO 820
1077 DO 1078 IT=2,NNOS
  IF(NOBO(JVEZ,IT))1078,1078,1079
1079 IF(IT-3)1085,1086,1086
1084 KND=IT
  KNE=-1
  GO TO 1080
1085 KND=IT-1
  KNE=1
  GO TO 1080
1078 CONTINUE
1080 KK=NP(N,KND)
  DO 3232 JVI6=1,NVIGA
  KJ=JVI6+NCASC

```

```

  READ(1*KJ)NUMEV,NPV,NCOV,NVICA,ITPEL
  DO 3235 KJ7=1,NUMEV
  IF(KK-NPV(KJ7,1))3235,3236,3235
3236 IV=KJZ
  GO TO 3237
3235 CONTINUE
3232 CONTINUE
3237 CONTINUE
  KONTV=ITPEL(IV)+REKOT+NCOV
C-----LE NO DISCO A MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEK. DE VIGA.
C
  DO 1087 KX=1,36
  DO 1087 KZ=1,36
1087 AK(MX,KZ)=0.
  DO 1907 MX=1,24
  DO 1907 MZ=1,24
1907 GK(MX,MZ)=0.
  READ(30*KONTV)VK
  DO 1978 KX=1,12
  DO 1978 KZ=1,12
1978 GK(MX,KZ)=VK(MX,MZ)
  CALL KONMA(NVARV,NVART,NNOV,GK,AK)
  NVK=NVICA
  NI1=KND
  NI2=KND+KNE
  NI3=KNE
  IF(NBS-NCASC)1073,1094,1094
1094 IF(N-NUTEL)1073,830,820
  830 ULTV2=1
  GO TO 1073
1077 CONTINUE
C-----CONSIDERACAO DOS ELEMENTOS DE PLACA-CHAPA.
C
  NBS=NULC(N)
  NPK=NBS+1
C-----NBS=NUMERO DA PLACA-CHAPA CONSIDERADA.
  READ(25*NPK)NUMEL,NUEL,NUMNP,NPM,NELBO,ISKEW,NARGL,ITPEL,
  $ITCAR,NPLD,LNOBO,ANGLE,KAT,CP
  NZ=ITPEL(N)
  NR=RELTC(NZ)
C-----LE NO DISCO A MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO DE PLACA-CHAPA
C
  READ(26*NR)RIGID
  IJ=0
  DO 9999 I=1,24
  DO 9999 J=1,24
  IF(I-J)899,899,9887
899 IJ=IJ+1
  GK(I,J)=RIGID(IJ)
  GO TO 9999
9887 GK(I,J)=GK(J,I)
9999 CONTINUE
  DO 2303 I=1,NELBO
  IF(LNOBO(I,1)-R)2303,2304,2303

```

```

2304 IJ IN=I
      GO TO 2305
2305 CONTINUE
      GO TO 2306
2306 DO 2306 J=1,3
      JH=J+10
      IF(LNOBO(IJ IN, JH))2307,2306,2307
2307 DO 2308 KI=4,5
      JP=8*(J-1)+KI
      DO 2308 K=1,24
      GK(JP,K)=GK(JP,K)
2308 GK(K,JP)=GK(K,JP)
2306 CONTINUE
      CALL AMPLM(4,9,27,GK,AK)
      MW=MAT(N)
      ANI=CP(MW)
      LINHA=0
      DO 912 IA=1,NELBO
      IF(LNOBO(IA,1)-N)912,911,912
911 LINHA=IA
      GO TO 913
912 CONTINUE
913 IF(LINHA)909,909,914
914 IF(ISKEW)916,916,915
915 CALL YSKEW(LINHA,LNOBO,ANGLE,PSI)
      CALL PREPS(AK,PSI)
916 DO 630 I=8,10
      IF(LNOBO(LINHA,I))650,630,650
630 CONTINUE
      GO TO 909
650 CALL TFREE(LINHA,LNOBO,ANI,PSI)
      CALL PREPS(AK,PSI)
909 NVK=1
      NI1=1
      NI2=3
      NI3=1
      CALL MONSE(NI1,NI2,NI3,N1,N2,MM6,NVART,NVK,MM,N,NP,AK,AKT)
820 CONTINUE
840 CONTINUE
      DO 360 J=1,NEQBC
      N=NEQBC(J)
      NC=N-NE1+1
      IF(NC)300,300,301
301 IF(NC-NEQB)302,302,300
302 L=MM*(NC-1)+1
      IF(ICONH(N))370,370,375
C-----VARIÁVEL CORRESPONDENTE DE BORDA F NULA
370 AKT(L)=1
      GO TO 20
C-----VARIÁVEL CORRESPONDENTE DE BORDA NÃO F NULA
375 AKT(L)=AKT(L)*10.**18
      CONHE(N)=AKT(L)
      GO TO 360
C-----ZERAR OS DEMAIS ELEMENTOS DA COLUNA DE AKT(L)
20 DO 280 IW=2,MM
      L=L+1
280 AKT(L)=0.

```

```

300 IF(ICONH(N))111,111,360
111 NCMIN=NC+1
      IF(NCMIN-1)444,445,445
444 NCMIN=1
445 NCMAX=NC+MM-1
      IF(NCMAX-NEQB)577,577,578
578 NCMAX=NEQB
577 IF(NCMAX-NCMIN)360,361,361
361 LL=MM1*NCMIN-MM2-NC
      L=LL
C-----ZERAR OS DEMAIS ELEMENTOS DA LINHA DE AKT(L)
      DO 350 J=NCMIN,NCMAX
      L=L+MM1
350 AKT(L)=0.
360 CONTINUE
      LL1=1
      LL2=MM
      DO 380 N=1,NEQB
      NENT=NENT+1
      WRITE(22)(AKT(I),I=LL1,LL2)
      LL1=LL1+MM
380 LL2=LL2+MM
400 CONTINUE
      GO TO 1400
1300 WRITE(IMPR,1333)L
1333 FORMAT(10X,'HOVE GERACAO DE ENDERECO MAIOR DO QUE O PREVIST
      $0'//10X,'ENDERECO GERADO IGUAL A=',I5)
1400 CONTINUE
C
C-----MONTAGEM DO VETOR CARGAS NODAIS EQUIVALENTES PARA A
C-----PLACA-CHAPA
      NPLD=0
      IF(NPLAC,EQ,0)GO TO 2072
      DO 1004 NR=1,NPLAC
      NBS=NR+1
      READ(25*NBS)RUE1,RUEL,RUMNP,NPH,NELRO,YSKEW,ANGLE,JTPEL,
      $ITCAR,NPLD,LNOBO,ANGLE,MAT,CP
      DO 1006 IN=1,RUMEL
      N=NUEL(NR,IN)
      MW=MAT(N)
      ANI=CP(MW)
      NTT=ITCAR(N)
      NT=NEMOT+NECAP(NTT)
      READ(40*NT)S18
      DO 1916 I=1,NELBO
      IF(LNOBO(I,1)-N)1916,1917,1916
1917 IJ IN=I
      GO TO 1918
1916 CONTINUE
      GO TO 1919
1918 DO 1919 J=1,3
      JH=J+10
      IF(LNOBO(IJ IN, JH))1920,1919,1920
1920 DO 1921 KI=2,3
      JP=8*(J-1)+KI
1921 S18(JP)=S18(JP)
1919 CONTINUE

```

```

DO 9110 I=1,3
IJ=(I-1)*NVARV+1
IT=(I-1)*NVARV+4
CARGA(IJ)=S18(IT)
IJ=(I-1)*NVARV+4
IT=(I-1)*NVARV+2
CARGA(IJ)=S18(IT)
DO 9110 IK=NVARV,NVART
IJ=(I-1)*NVART+IK
IT=(I-1)*NVARV+IK-3
9110 CARGA(IJ)=S18(IT)
LINHA=0
DO 9000 IA=1,NELBO
IF(LNOBO(IA,1)-N)9000,9100,9000
9100 LINHA=IA
GO TO 9300
9000 CONTINUE
9300 IF(LINHA)9500,9500,9400
9400 IF(ISKEW)9600,9600,9700
9700 CALL TSKEW(LINHA,LNOBO,ANGLE,PSI)
DO 8000 IG=1,27
CARE(IG)=0.
DO 8000 IH=1,27
8000 CARE(IG)=CARE(IG)+PSI(IH,IG)*CARGA(IH)
DO 8100 L=1,27
8100 CARGA(L)=CARE(L)
9600 DO 9800 I=8,10
IF(LNOBO(LINHA,I))9900,9800,9900
9800 CONTINUE
GO TO 9500
9900 CALL TFREE(LINHA,LNOBO,ANI,PSI)
DO 8500 IG=1,27
CARE(IG)=0.
DO 8500 IH=1,27
8500 CARE(IG)=CARE(IG)+PSI(IH,IG)*CARGA(IH)
DO 8600 L=1,27
8600 CARGA(L)=CARE(L)
9500 CONTINUE
DO 9111 I=1,3
K=NP(N,I)
DO 9111 J=1,NVART
IE=NVART*(I-1)+J
IG=NVART*(K-1)+J
9111 CART(IG)=CART(IG)+CARGA(IE)
1006 CONTINUE
C-----LE NO DISCO AS CARGAS APLICADAS DIRETAMENTE NOS NOS
IF(NPLD)9302,1004,9302
9302 DO 9303 I=1,NPLD
KI=NTPLD+I
READ(26*KI)N,(NOLD(I),J=1,NVART)
L=NVART*(N-1)
DO 9303 KN=1,NVART
LN=L+KN
9303 CART(LN)=CART(LN)+NOLD(KN)
NTPLD=NTPLD+NPLD
1004 CONTINUE

```

C

```

C-----MONTAGEM DO VETOR CARGAS NODAIS EQUIVALENTES DAS VIGAS.
C
2072 IF(NVIGA)1801,1003,1801
1801 DO 1003 NI=1,NVIGA
KJ=NCASC+NI
READ(1*KJ)NUMFU,NPV,NCOV,NVICA,ITPFL,ITCAR,NPLDV
DO 1021 IN=1,NUMFU
KG=ITCAR(IN)+NUMCA+NCOV
READ(21*KG)CARV
DO 1887 I=1,36
1887 CARGA(I)=0.
DO 1902 I=1,NNOV
DO 1902 IK=1,NVARV
IJ=(I-1)*NVART+IK
IT=(I-1)*NVARV+IK
1902 CARGA(IJ)=CARV(IT)
DO 1022 I=1,NNOV
K=NPV(IN,I)
DO 1022 J=1,NVART
IE=NVART*(I-1)+J
IG=NVART*(K-1)+J
CART(IG)=CART(IG)+CARGA(IE)
1022 CONTINUE
1021 CONTINUE
C-----LE NO DISCO AS CARGAS APLICADAS DIRETAMENTE NOS NOS
IF(NPLDV)1036,1003,1036
1036 DO 1038 I=1,NPLDV
KI=I+NTPLD
READ(26*KI)N,(NOLD(J),J=1,NVART)
L=NVART*(N-1)
DO 1038 KN=1,NVART
LN=L+KN
1038 CART(LN)=CART(LN)+NOLD(KN)
NTPLD=NTPLD+NPLDV
1003 CONTINUE
C
C-----MONTAGEM DO VETOR CARGAS NODAIS EQUIVALENTES DAS CASCAS.
C
IF(NCASC.EQ.0)GO TO 1002
DO 1002 NS1=1,NCASC
NS=NS1
READ(1*NS)NUMEL,NUEL,TETAC,RAY,NUMNP,NPK,ITPEL,ITCAR,NPLD
DO 121 IN=1,NUMEL
KIN=NUEL(NS,IN)
KON=ITCAR(KIN)
NTIC=NELCA(KON)
READ(21*NTIC)CAR
DO 1889 I=1,36
1889 CARGA(I)=0.
DO 1901 I=1,NNOS
DO 1901 IK=1,NVARV
IJ=(I-1)*NVART+IK
IT=(I-1)*NVARV+IK
1901 CARGA(IJ)=CAR(IT)
DO 122 I=1,NNOS
K=NP(KIN,I)
DO 122 J=1,NVART

```



```

IE=NVART*(I-1)+J
IG=NVART*(K-1)+J
CART(IG)=CART(IG)+CARGA(IL)
122 CONTINUE
124 CONTINUE
C-----RETIRA DO DISCO AS CARGAS APLICADAS DIRETAMENTE NOS NOS.
IF (NPLD)36,1002,36
36 DO 38 I=1,NPLD
KI=I+NTPLD
READ(26,KI)NO,(NOLD(J),J=1, NVART)
N=NO
L=NVART*(N-1)
DO 38 KN=1, NVART
LN=L+KN
38 CART(LN)=CART(LN)+NOLD(KN)
NTPLD=NTPLD+NPLD
1002 CONTINUE
DO 40 I=1,NECBC
N=NEBC(I)
40 CART(N)=CART(N)*CONHE(N)
WRITE(20,1)CART
CLOSE(UNIT=26,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV7',RECORD SIZE=10)
CALL EXIT
END

```

```

C-----PROGR4.AEA
REAL KSI(4)
DIMENSION CART(3150),ND(252),X(2800),F(252),ALT(1),NELTC(380)
DIMENSION NOBO(40,5),CAUX(12),T(24,24),TETAC(380),RAY(380),
$NUEL(3,380),ITPEL(380),ETA(4),CAR(12),NPM(350),NP(380,4)
DIMENSION ITCAR(380),A(22000),NELTP(380),DL(24,24),NECAP(380)
$,TETA(350),NELCA(380),ANGVC(8),CARP(8),EW(284),EV(284)
DIMENSION DIA(2),CARC(2700)
C-----EQUIVALENCE (A(1),CARC(1))
OPEN(UNIT=1,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV1',RECORD SIZE=8679)
OPEN(UNIT=25,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV10',RECORD SIZE=10120)
OPEN(UNIT=20,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV5',RECORD SIZE=3150)
OPEN(UNIT=22,ACCESS='SEQUINOUT',FILE='ARQV4',DEVICE='MTA')
OPEN(UNIT=24,ACCESS='SEQUINOUT',FILE='ARQV6')
OPEN(UNIT=40,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV9',RECORD SIZE=18)
OPEN(UNIT=26,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV7',RECORD SIZE=2800)
C
C-----DIMENSION DE A = MM*(MM+1)*0.5
C-----DIMENSION DE X = NBUFF*MMMAX
C-----DIMENSION DE ND E F = MMAX
C
DATA NNOS,NOOV,NVARN,NVARV,NVART/4,2,5,6,9/
CALL DATE(DIA)
CALL TIME(HORA)
TYPE 1911,DIA,HORA
1911 FORMAT(//2X,'DIA:',2A5,' HORA:',A5//)
READ(20,1)CART
READ(25,1)NUEL,NEMOT,NELTP,NEMCA,NELCA,NELTC,NEMTP,NEMCP,
$NECAP,NTNP,IBNDW,NCASC,NVIGA,NPLAC,ITYPE,NP,ANGVC
NENT=0
IMPR=5
NBUFF=5
C-----MMAX=384
MMAX=IBNDW
NWX=MMMAX*NBUFF
MM=IBNDW
NN=NTNP*NVART
NEQ=NN
NR=NN-1
NH=NN-MM
NN1=NN+1
MM1=MM+1
C-----DIMENSAO DO VETOR X= NBUFF*MMMAX
NC=MMMAX*NBUFF/MM
NW=NC*MM
IF (NW-NWX)1000,1000,1010
1000 NREC1=(NN+NC-2)/NC-1
C-----DECOMPOSICAO DA BANDA
DO 110 J=1,MM
110 ND(J)=(J*(J+1))/2
C-----RETIRA DO DISCO O PRIMEIRO BLOCO TRIANGULAR
REWIND 22
REWIND 24
DO 130 N=1,MM
LC1=ND(N)-N+1
LC2=LC1+MM-1
NENT=NENT+1

```

```

READ(22)(A(I),I=LC1,LC2)
130 CONTINUE
NX=0
NTRAC=1
DO 200 N=1,NR
IF(MM-NN1+N)777,777,778
777 MR=MM
GO TO 779
778 MR=NN1-N
779 JJ=NX*MM+1
NX=NX+1
PIVOT=A(1)
X(JJ)=PIVOT
DO 150 J=2,MR
L=ND(J)
150 F(J)=A(L)
DO 160 J=2,MR
C=F(J)/PIVOT
JJ=JJ+1
X(JJ)=C
L=ND(J)
L1=ND(J-1)+1
DO 160 I=2,J
L=L-1
L1=L1-1
160 A(L1)=A(L)-C*F(I)
IF(N-MM)191,191,190
C.....RETIRA PROXIMA COLUNA DO DISCO
191 NENT=NCNT+1
READ(22)(A(I),I=LC1,LC2)
190 IF(NX-NC)200,201,201
C.....NC LINHAS REDUZIDAS SAO ESCRITAS NAS NBUFF TRILHAS DO DISCO
201 WRITE(24)(X(LX),LX=1,NW)
NTRAC=NTRAC+NBUFF
NX=0
200 CONTINUE
JJ=NX*MM+1
X(JJ)=A(1)
WRITE(24)(X(LX),LX=1,JJ)
C.....REDUCAO PROGRESSIVA
NTRAC=1
REWIND 24
NX=NC
DO 240 N=1,NR
IF(MM-NN1+N)888,889,889
888 MR=MM
GO TO 885
889 MR=NN1-N
885 IF(NX-NC)230,231,231
231 READ(24)(X(LX),LX=1,NW)
NTRAC=NTRAC+NBUFF
NX=0
230 JJ=NX*MM+1
NX=NX+1
C=CART(N)
CART(N)=C/X(JJ)
L1=N+1

```

```

L2=L1+MR-2
DO 240 I=L1,L2
JJ=JJ+1
240 CART(I)=CART(I)-C*X(JJ)
JJ=NX*MM+1
ALAST=X(JJ)
ALT(1)=ALAST
IF(NX-NC)233,232,232
232 READ(24)ALT(1)
233 CART(NN)=CART(NN)/ALT(1)
C.....SUBSTITUICAO REGRESSIVA
BACKSPACE 24
NTRAC=NTRAC-NBUFF
READ(24)(X(LX),LX=1,NW)
NX=NN-NREC1*NC-1
DO 260 L=2,NN
N=NN1-L
IF(MM-L)666,667,667
666 MR=MM
GO TO 668
667 MR=L
668 NX=NX-1
IF(NX)251,250,250
251 NTRAC=NTRAC-NBUFF
BACKSPACE 24
BACKSPACE 24
READ(24)(X(LX),LX=1,NW)
NX=NC-1
250 JJ=NX*MM+1
L1=N+1
L2=L1+MR-2
DO 260 I=L1,L2
JJ=JJ+1
260 CART(N)=CART(N)-X(JJ)*CART(I)
GO TO 11
1010 WRITE(IMPR,1030)
1030 FORMAT(///,10X,'ENDERECO PARA X MAIOR QUE 612')
11 CONTINUE
WRITE(20'2)CART
WRITE(IMPR,1093)
1093 FORMAT(//15X,'DESLOCAMENTOS DE TODOS OS NOS DA ESTRUTURA'/15
*X,'(RELATIVOS AOS SISTEMAS LOCAIS DE COORDENADAS)'/)
DO 1092 J=1,NTNP
1092 WRITE(IMPR,2099)J,(CART(KKK),KKK=9*J-8,9*J)
2099 FORMAT(1X,I3,2X,9(E12.6,2X))
DO 6 I=1,NW
6 X(I)=0.
IF(NPLAC.EQ.0)GO TO 2072
DO 3000 IV1=1,NPLAC
N=IV1
NPH=N+2
NPC=N+1
READ(25'NPC)NUMEL,NUMEL,NUMNP,NPM
DO 3010 I=1,NUMNP
NA=NPM(I)
KJ=NVART*(NA-1)
DO 3020 J=1,NVART

```

```

KI=KJ+J
3020 CAR(J)=CART(KI)
CARP(1)=CAR(2)
CARP(2)=CAR(3)
CARP(3)=CAR(1)
CARP(4)=CAR(4)
DO 3030 J=6,9
J1=J-1
3030 CARP(J1)=CAR(J)
KC=8*(NA-1)
DO 3040 J=1,8
KI=KC+J
C
C-----X(KI) CONTEM 8 DESLOCAMENTOS POR NO. JA' FOI ELIMINADO O
C-----DESLOCAMENTO NULO CORRESPONDENTE A QUINTA POSICAO.
X(KI)=CARP(J)
3040 CONTINUE
3010 CONTINUE
3000 WRITE(20,NPH)X
2022 DO 3050 I=1,NW
3050 X(I)=0.
IF(NCASC.EQ.0)GO TO 10
DO 10 IV2=1,NCASC
IV=IV2
READ(1,IV)NUMEL,NUEL,TETAC,RAY,NUMNP,NPH,ITPEL,ITCAR,NPLD,
$OMEGA,TETA,EV,EW,NELBO,NOBO
DO 1021 I=1,NUMNP
NA=NPM(I)
KJ=NVARV*(NA-1)
JK=6*(NA-1)
DO 1021 II=1,NVARV
KI=KJ+II
IK=JK+II
1021 X(IK)=CART(KI)
DO 1022 I=1,NUMNP
NA=NPM(I)
KJ=NVARV*(NA-1)
DO 1022 II=1,NVARV
JK=KJ+II
CART(JK)=0.
1022 CART(JK)=X(JK)
IF(NELBO)2010,2010,2021
2021 DO 7 I=1,NUMEL
KIN=NUEL(IV,I)
KK=ITPEL(KIN)
NTIP=NELTP(KK)
DO 8 IS=1,NCLBO
IF(KIN-NOBO(CIS,1))8,9,8
8 CONTINUE
GO TO 7
9 IF(TETAC(KIN)-.5*OMEGA)61,61,12
61 KM=1
LM=0
K1=1+2*LM
K2=2+2*LM
K3=1
GO TO 13

```

```

12 KM=0
LM=1
K3=-1
K1=2+2*LM
K2=1+2*LM
13 READ(40,NTIP)((KSI(IU),IU=1,4),(ETA(IU),IU=1,4),BB)
BETA=BB/RAY(KIN)
NUVIG=IV-KH+1
KAN=NUVIG+IV
TETO=TETAC(KIN)-.5*OMEGA+ANGVC(KAN)
NUNV=NNOS*NVARV
CALL TRANS(BETA,TETO,NUNV,KM,LM,T)
NA=0
DO 14 LA=K1,K2,K3
K=NP(KIN,LA)
KJ=NVARV*(K-1)
NA=NA+1
DO 14 KA=1,NVARV
KI=KJ+KA
KB=NVARV*(NA-1)+KA
14 CAR(KB)=CART(KI)
J1=NP(KIN,K1)
J2=NP(KIN,K2)
NUNOV=NNOV*NVARV
CALL DESL(EV,EV,J1,J2,KM,LM,DI)
DO 2034 IG=1,NUNOV
IB=IG+LM*NUNOV
CAUX(IG)=0.
DO 2034 JB=1,NUNOV
JB=JB+LM*NUNOV
2034 CAUX(IG)=CAUX(IG)+DI(IB,JB)*CAR(JB)
DO 2035 IG=1,NUNOV
2035 CAR(IG)=CAUX(IG)
DO 19 IA=1,NUNOV
IB=IA+LM*NUNOV
CAUX(IA)=0.
DO 17 JA=1,NUNOV
JB=JA+LM*NUNOV
17 CAUX(IA)=CAUX(IA)+T(IB,JB)*CAR(JA)
19 CONTINUE
NA=0
DO 18 LA=K1,K2,K3
K=NP(KIN,LA)
KJ=NVARV*(K-1)
NA=NA+1
DO 18 KA=1,NVARV
KI=KJ+KA
KB=NVARV*(NA-1)+KA
X(KI)=CAUX(KB)
18 CONTINUE
7 CONTINUE
2010 WRITE(26,IV)X
10 CONTINUE
CALL EXIT
END

```

```

C-----PROGR5.AFA
REAL KSI(4),MY(5),ROC(350),NI(380),KSV(2)
DIMENSION FTA(4),XIS(350),TETA(350),TFIAC(380),DIA(2),NP(380
$,4),RAY(380),SIGMA(6,350),CART(3150),CP(5),TH(380),ITPEL(380
$),ITCAR(380),CARTC(2700),EV(281),PAUX(6,20),PD(6,20),THN(380
$,4),MAT(380),F(380),NOAP(5)
DIMENSION KARBA(380),NPV(21,2),REAC(100),NPM(350),SIGMV(12,2
$0),NOBO(40,5),CARFV(12),VL(21),CAR(8),NUEL(3,380),EW(281),CA
$RTV(12),A(20,20),NUH(380),AV(12,12),NELTP(380)
DIMENSION NELCA(380),UNID(2),CARTP(3150),ANGLE(40),LNOBO(100
$,13),PR(350),DE(350),XORD(350),YORD(350),S(3,6),SIGM(6),DESP
$1(2020),DESCH(6),X(3),Y(3),NELTC(380),NECAP(380),GAMA(5),LPE
$RM(3)
OPEN(UNIT=21,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV3',RECORD SIZE=24)
OPEN(UNIT=20,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV5',RECORD SIZE=3150)
OPEN(UNIT=1,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV1',RECORD SIZE=8679)
OPEN(UNIT=30,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV8',RECORD SIZE=400)
OPEN(UNIT=40,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV9',RECORD SIZE=18)
OPEN(UNIT=25,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV10',RECORD SIZE=10120)
OPEN(UNIT=26,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV7',RECORD SIZE=2800)
OPEN(UNIT=23,ACCESS='RANDOM',FILE='ARQV2',RECORD SIZE=210)
DATA NNOS, NNOV, NVARN, NVARV, NVART/4,2,5,6,9/
DATA UNID/'KGF', ' CM'/
IMPR=5
CALL TIME(HORA)
CALL DATE(DIA)
TYPE 1911,DIA,HORA
1911 FORMAT(//2X,'DIA:' ,2A5,' HORA:' ,A5//)
WRITE(IMPR,1911)(UNID(I),I=1,2)
1991 FORMAT(///5X,'UNIDADES: ',A3,' ',A3)
READ(25*1)NUTEL,NEMOT,NELTP,NEMCA,NELCA,NELTC,NEMTP,NEMCP,
$NECAP,NTNP,IBNDW,NCASC,NVIGA,NPLAC,ITYPE,NP
NVNOS=NNOS*NVARN
NVU=NNOV*NVARV
IF(NPLAC.EQ.0)GO TO 1203
DO 2000 LP1=1,NPLAC
LP=LP1
NPC=1+LP
NPD=LP+2
READ(25*NPC)NUMEL,NUEL,NUMNP,NPM,NELBO,ISKEW,ANGLE,ITPEL,
$ITCAR,NPLD,LNOBO,ANGLE,MAT,CP,MY,XORD,YORD,IPERM,GAMA,THN
CALL THMED(NUMNP,NPM,NUMEL,NUEL,LP,NP,MY,THN,MAT,CP,PR,DE)
READ(20*NPD)CARTP
WRITE(IMPR,1314)LP
1314 FORMAT(//12X,'DESLOCAMENTOS DOS NOS DOS ELEMENTOS DAS PLACAS
$'//10X,'PLACA NUMERO ='I2//)
IF(ISKEW)1313,1313,1312
1312 WRITE(IMPR,1413)
1413 FORMAT(18X,'DESLOCAMENTOS DE NOS SITUADOS NO CONTORNO'//3X,
$'NO',5X,'T',2X,'N',2X,'U',6X,'FI(T)',3X,'FI(N)',2X,'FI(TT)',
$2X,'FI(TN)',2X,'FI(NN)')
DO 2110 I=1,NUMNP
N=NPM(I)
DO 2114 J=1,NELBO
DO 2111 K=2,4
IF(LNOBO(J,K)-N)2111,2112,2111
2112 KK=K-1

```

```

GO TO 2113
2111 CONTINUE
GO TO 2114
2113 KH=KK+10
IF(LNOBO(J,KH))2115,2114,2115
2114 CONTINUE
GO TO 2110
2115 DO 2116 J=4,5
KL=8*(N-1)+J
2116 CARTP(KL)=CARTP(KL)
2110 CONTINUE
CALL TRISK(NUMNP,NPM,NELBO,ANGLE,LNOBO,CARTP,IMPR)
1313 CALL TRFRE(PR,NUMNP,NPM,NELBO,LNOBO,CARTP)
WRITE(IMPR,1318)
1318 FORMAT(//18X,'DESLOCAMENTOS DE TODOS OS NOS'//3X,'NO',5X,'W'
$,2X,'U',2X,'U',6X,'FI(Z)',3X,'FI(Y)',2X,'FI(ZZ)',2X,'FI(ZY)'
$,2X,'FI(YY)')
DO 1315 NA=1,NUMNP
N=NPM(NA)
K=8*(N-1)
DO 1316 J=1,8
KJ=K+J
1316 CAR(J)=CARTP(KJ)
1315 WRITE(IMPR,1317)N,(CAR(J),J=1,8)
1317 FORMAT(1X,I4,1X,8F8.4)
C
C-----SEPARACAO DOS DESLOCAMENTOS DE CHAPA DOS DESLOCAMENTOS DE
C-----PLACA.
C
DO 2001 J=1,NUMNP
J=NPM(J)
KJ=8*(J-1)+3
C
C-----DESLOCAMENTOS DE PLACA.
C
DO 2003 K=1,6
KK=KJ+K-1
KH=K+(J-1)*6
2003 DESPL(KH)=CARTP(KK)
2001 CONTINUE
C
C-----CALCULO DOS ESFORÇOS E REACOES NAS PLACAS.
C
WRITE(IMPR,2004)LP
2004 FORMAT(//15X,'ESFORÇOS NOS NOS DAS PLACAS'//12X,'PLACA NUMER
$0 ='I2//)
CALL FLEVO(NUMNP,NPM,DESPL,IMPR,DE,PR)
CALL REACA(DESPL,NP,NUEL,XORD,YORD,ITPEL,ITCAR,NUMEL,NUMNP,N
$PM,IMPR,NEMOT,NELTC,NECAP,LP)
C
C-----CALCULO DOS ESFORÇOS NAS CHAPAS.
C
WRITE(IMPR,2005)LP
2005 FORMAT(//15X,'ESFORÇOS NOS ELEMENTOS DAS CHAPAS'//12X,'CHAPA
$ NUMERO='I2//)
WRITE(IMPR,2006)
2006 FORMAT(3X,'ELEM.',3X,'SIGMA-Z',4X,'SIGMA-Y',4X,'TAU-ZY',4X,'

```

```

$SIGMA-1',4X,'SIGMA-2',5X,'ANGULO')
DO 2007 KL=1,NUMEL
  JL=NUEL(LP,KL)
  M=MAT(JL)
  DO 2008 JK=1,3
    SIGM(JK)=0.
    KR=NP(JL,JK)
    X(JK)=XORD(KR)
    Y(JK)=YORD(KR)
    MJ=8*(KR-1)+1
    DO 2008 KK=1,2
      MK=MJ+KK-1
      MH=(JK-1)*2+KK

```

C
C-----DESLACEMENTOS DE CHAPA.

```

C
2008 DESCH(MH)=CARTP(MK)
ANI=CP(M)
EE=MY(M)
CALL CARCH(X,Y,ANI,EE,S)

```

C
C-----CALCULO DAS TENSOES PRINCIPAIS E SUAS DIRECOES.

```

C
DO 2009 I=1,3
DO 2009 J=1,6
2009 SIGM(I)=SIGM(I)+S(I,J)*DESCH(J)
SOMA=(SIGM(1)+SIGM(2))/2.
DIFER=(SIGM(1)-SIGM(2))/2.
RAIZ=SQRT(DIFER**2+SIGM(3)**2)
SIGM(4)=SOMA+RAIZ
SIGM(5)=SOMA-RAIZ
SIGM(6)=0.
IF(SIGM(3))2020,2030,2040
2020 IF(DIFER)2040,2030,2040
2040 SIGM(6)=28.648*(ATAN(SIGM(3)/DIFER))
2030 WRITE(IMPR,2050)JL,(SIGM(NF),NF=1,6)
2050 FORMAT(1X,14,1X,5F11.4,F10.2)
2007 CONTINUE
2000 CONTINUE

```

C-----CALCULO DOS ESFORÇOS POR UNIDADE DE COMPR. EM CADA

C-----NO DA CASCA.

```

1203 CONTINUE
IF(NCASC.FQ.D)GO TO 81
DO 9 IV=1,NCASC
  IV=IV+1
  READ(26,IV)CARTC
  READ(1,IV)NUMEL,NUEL,TETAC,RAY,NUMNP,NPM,ITPEL,ITCAR,NPLD,
  $OMEGA,TETA,FU,FW,NELDO,NOBO,NMAT,THN,XIS,KARGA,GAMA,CP,MY,KA
  CALL VALME(NUMEL,NUEL,IV,MAT,CP,MY,THN,F,NI,TH)

```

C-----DESLACEMENTOS NOS NOS DAS CASCAS.

```

WRITE(IMPR,17)IV
17 FORMAT(//15X,'DESLACEMENTOS NOS NOS DAS CASCAS'//10X,'CASCA
$NUMERO='13//)
WRITE(IMPR,15)
15 FORMAT(4X,'NO',3X,'DESL.X',5X,'DESL.Y',5X,'DESL.Z',5X,'ROT.X
$',6X,'ROT.Y',6X,'ROT.Z')
DO 3020 I=1,NUMNP

```

```

NA=NPM(I)
KJ=NVARU*(NA-1)
DO 3021 IJ=1,NVARU
  KI=KJ+IJ
3021 CAR(IJ)=CARTC(KI)
3020 WRITE(IMPR,16)NA,(CAR(JH),JH=1,NVARU)
  16 FORMAT(3X,13,1X,6(F9.5,2X))
  DO 45 NA=1,NUMNP
    I=NPM(NA)
    NOC(I)=0.
    DO 47 JD=1,NVARU
      47 SIGMA(JD,I)=0.
      DO 45 J=1,NUMEL
        JA=NUEL(IV,J)
        DO 45 K=1,NNOS
          L=NP(JA,K)
          IF(I-L)45,46,45
        46 NOC(L)=NOC(L)+1.
      45 CONTINUE
      DO 2 IN=1,NUMEL
        KIN=NUEL(IV,IN)
        KK=ITPEL(KIN)
        NTIP=NELTP(KK)
        READ(40,NTIP)(KSI(I),I=1,4),(ETA(I),I=1,4)
        READ(30,NTIP)A
        DO 3 I=1,NNOS
          K=NP(KIN,I)
          ANI=NI(KIN)
          TN=THN(KIN,I)
          EI=E(KIN)
          ET=ETA(I)
          AKS=KSI(I)
          RY=RAY(KIN)
          CALL PROIN(ANI,EI,TN,RY,AKS,ET,PAUX)
          DO 4 II=1,6
            DO 4 JJ=1,NNOS
              PB(II,II)=0.
              DO 4 KK=1,NNOS
                4 PB(II,JJ)=PB(II,JJ)+PAUX(II,II,KK)*A(KK,JJ)
            DO 3 IL=1,6
              DO 3 LS=1,NNOS
                KI=NP(KIN,LS)
                DO 3 JL=1,NVARN
                  KL=NVARU*(KI-1)+JL
                  KI=NVARU*(LS-1)+JL
                3 SIGMA(IL,K)=SIGMA(IL,K)+PB(IL,KT)*CARTC(KL)
            2 CONTINUE
            WRITE(IMPR,5)IV
            5 FORMAT(///,14X,'ESFORÇOS POR UNIDADE DE COMPRIMENTO'//22X,'NO
            $SNOS DAS CASCAS'//10X,'CASCA NUMERO='12//4X,'NO',5X,'NX',10
            $X,'NY',10X,'NXY',8X,'MX',10X,'MY',9X,'MXY')
            DO 1020 I=1,NUMNP
              NA=NPM(I)
              DO 1021 NB=1,6
                SIGMA(NB,NA)=SIGMA(NB,NA)/NOC(NA)
            1021 CONTINUE
            1020 WRITE(IMPR,8)NA,(SIGMA(JS,NA),JS=1,6)

```

```

8 FORMAT(3X, I3, 6E12, 4)
9 CONTINUE
  IF (NVIGA) 81, 81, 82
82 READ(20, 2) CART
C-----CALCULO DOS ESFORCOS NOS NOS DAS VIGAS.
  DO 10 IV2=1, NVIGA
    IV=IV2
    KJ=IV+NCASC
    READ(1, KJ) NMEV, NPV, NCOV, NVICA, ITPEL, ITCAR, NPLD, NUAPV, NOAP,
    $NMAT, IDIM, XIS
    DO 77 IA=1, NMEV
    DO 77 JA=1, NVV
  77 SIGMV(JA, IA)=0.
    WRITE(IMPR, 120) IV
  120 FORMAT(///15X, 'DESLOCAMENTOS NOS NOS DAS VIGAS'//10X, 'VIGA N
    $HERO=' I2//4X, 'NO', 3X, 'DESL. X', 5X, 'DESL. Y', 5X, 'DESL. Z', 5X, 'RO
    $T. X', 6X, 'ROT. Y', 6X, 'ROT. Z')
    DO 88 IA=1, 100
  88 REAC(IA)=0.
    DO 13 IN=1, NMEV
    DO 14 LS=1, NNOV
      LSS=LS
      KI=NPV(IN, LS)
      IF (LSS-2) 103, 104, 104
  103 KSV(1)=0.
      GO TO 105
  104 IK=NPV(IN, LS-1)
      KSV(2)=XIS(KI)-XIS(1K)
  105 DO 14 JL=1, NVARV
      KL=NVART*(KI-1)+JL
      KI=NVARV*(LS-1)+JL
  14 CARTV(KI)=CART(KL)
      IF (IN-NMEV) 121, 122, 122
  122 IF (LSS-2) 121, 121, 988
  121 WRITE(IMPR, 16) NPV(IN, 1), (CARTV(I), I=1, NVARV)
  988 VL(IN)=KSV(2)
      KG=NEMCA+ITCAR(IN)+NCOV
      READ(21, KG) CAREV
      LG=NEMOT+ITPEL(IN)+NCOV
      READ(30, LG) AV
      DO 20 I=1, NVV
      DO 21 J=1, NVV
  21 SIGMV(I, IN)=SIGMV(I, IN)+AV(I, J)*CARTV(J)
  20 SIGMV(I, IN)=SIGMV(I, IN)+CAREV(I)
      IF (NUAPV) 1738, 13, 1738
  1738 DO 13 K=1, NNOV
      KI=NPV(IN, K)
      DO 53 J=1, NUAPV
      KJ=NOAP(J)
      IF (KI-KJ) 53, 40, 53
  53 CONTINUE
      GO TO 13
  40 DO 36 JJ=1, NVARV
      KK=(K-1)*NVARV+JJ
      II=(J-1)*NVARV+JJ
  36 REAC(II)=REAC(IJ)+SIGMV(KK, IN)
  13 CONTINUE

```

```

WRITE(IMPR, 16) NPV(NMEV, 2), (CARTV(I), I=7, 12)
WRITE(IMPR, 997) IV
997 FORMAT(///30X, 'ESFORCOS NOS NOS DAS VIGAS'//10X, 'VIGA NUMERO
    $=' I2/)
  WRITE(IMPR, 30)
  30 FORMAT(//1X, 'ELEM.', 1X, 'NO', 9X, 'NX', 10X, 'NY', 10X, 'NZ', 10X, 'M
    $X', 10X, 'MY', 10X, 'MZ')
    DO 31 I=1, NMEV
    DO 31 J=1, NNOV
      K=NPV(I, J)
      L=6*(J-1)
  31 WRITE(IMPR, 32) I, K, SIGMV(1+L, I), SIGMV(2+L, I), SIGMV(3+L, I), SIG
    $MV(4+L, I), SIGMV(5+L, I), SIGMV(6+L, I)
  32 FORMAT(2X, I3, 2X, I3, 2X, 6(2X, F10, 2))
C-----CALCULO DAS REACOES NOS APOIOS DAS VIGAS
  IF (NUAPV) 1737, 10, 1737
  1737 WRITE(IMPR, 33)
  33 FORMAT(//30X, 'REACOES DE APOIO'//3X, 'NO', 4X, 'NX', 8X, 'NY', 8X, '
    $NZ', 8X, 'MX', 8X, 'MY', 8X, 'MZ')
    DO 70 M=1, NUAPV
      KJ=NOAP(M)
      DO 71 J=1, NVARV
      KI=NVART*(KJ-1)+J
      KI=NVARV*(M-1)+J
      IF (CART(KI)) 72, 73, 72
  72 CAR(J)=0.
      GO TO 71
  73 CAR(J)=REAC(KI)
  71 CONTINUE
  WRITE(IMPR, 43) KJ, (CAR(K), K=1, NVARV)
  43 FORMAT(3X, I3, 6(F10, 3))
  70 CONTINUE
  10 CONTINUE
  81 WRITE(IMPR, 150)
  150 FORMAT(//15X, 'PROGRAMA ELABORADO PELO ENGO. ALOISIO E. ASSAN
    CALL EXIT
    END

```