

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

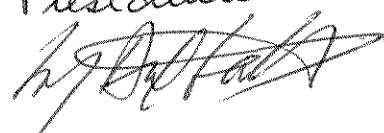
CAMPINAS - SÃO PAULO

BRASIL

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por Carlos Antonio Vélez Pasos e aprovada pela Comissão julgadora em 01 de junho de 1987.

Campinas, 01 de junho de 1987

Presidente da Banca


ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE LARANJAS

A GRANEL MEDIANTE MODELO DE ELEMENTOS FINITOS

Carlos Antonio Vélez Pasos

Orientador: Inácio M. Dal Fabbro, Ph.D.

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola, para cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção de título de Mestre em Engenharia Agrícola.

MAIO 1987

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

A minha esposa Ligia
e a meus filhos Eliana,
Gustavo e Mauricio,
pela compreensão e amor
oferecidos.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Inácio M. Dal Fabbro, pela cooperação, orientação e amizade dedicadas.

Ao professor Fernando Iguti da Faculdade de Engenharia Mecânica, pela assessoria na área de estruturas.

Ao Danúzio Gil B. da Silva e à Luciene Teixeira Maeno, pela dactilografia das equações e símbolos.

Aos professores e funcionários da FEAGRI que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho.

À Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação-ABIA-pelo auxílio na confecção de exemplares deste trabalho.

INDICE

Pág.

Resumo.

Summary.

1. Introdução.	1
2. Revisão Bibliográfica.	3
2.1 Danos Mecânicos.	
2.2 Análise de tensões em frutas sob carregamento.	
2.3 Critério para se determinar altura de armazenamento máxima permissível.	
2.4 Tensões de contato entre corpos em compressão.	
3. Material e Métodos.	19
3.1 Material.	
3.3 Metodos.	
4. Resultados e Discussões.	31
5. Conclusões.	35
6. Bibliografia.	36
Apêndices.	42

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 2.1	Problema de Hertz para duas esferas em contato a) e uma esfera em contato com uma superfície plana b).	14
Figura 2.2	Distribuição das tensões dentro de uma esfera elástica comprimida por uma placa plana.	16
Figura 3.1	Arranjo romboédrico bidimensional de um conjunto de laranjas carregadas na parte superior.	22
Figura 3.2	Representação da figura 3.1 indicando os nós e as barras correspondentes.	23
Figura 3.3	Arranjo romboédrico tridimensional e sua representação em forma de barras e nós.	24
Figura 3.4	Representação de uma barra de uma estrutura e os deslocamentos correspondentes à aplicação de uma força.	25
Figura 3.5	Representação do elemento de uma estrutura em duas dimensões em coordenadas locais (x,y) e de referência (x,y).	27
Figura 4.1	Curva de força-deformação para laranja Pera.	33
Figura 4.2	Curva de força-deformação típica para produtos agrícolas.	33

Lista de símbolos e unidades

		Unidade
S	Pressão máxima na superfície de contato	kpa
a	Raio da superfície de contato	cm ²
F	Força aplicada	N
E	Módulo de elasticidade	kpa
R	Raio	cm
d	Diâmetro	cm
u	Módulo de Poisson	
D	Deformação	mm
σ	Tensão	kpa
z	Profundidade no sentido de aplicação da carga	mm
τ	Tensão de cisalhamento	kpa
Ψ	z/a	
Ef	Deformação no ponto de ruptura	cm
Ezz	Deformação específica normal	
[N]	Matriz de incidência, (B×J)	
[F]	Matriz das magnitudes das forças de contacto, (B×1)	
(P)	Matriz das forças aplicadas nos nós, (2J×1)	
B	Número de barras em uma estrutura.	
J	Número de nós em uma estrutura.	
[Δ]	Matriz da mudança no comprimento das barras	
n _i	Vetor unitário na direção i.	
δ_A δ_C	Deslocamento dos extremos de uma barra.	cm
k	Constante elástica.	Ncm
G	Módulo de cisalhamento	kpa
[K (δ)]	Matriz diagonal da Lei de Hooke, (B×B)	
(δ)	Vetor deslocamento, (2J×1)	

RESUMO

No presente trabalho foram realizados ensaios de compressão em espécimes individuais de laranja. A partir das curvas força-deformação obtidas, foi calculado o módulo de elasticidade E , tomando-se por base a teoria de contato de Hertz. As laranjas, visualizadas em arranjos bi e tri-dimensionais, contidas num recipiente, foram consideradas como formando uma estrutura que sofresse a ação de cargas verticais, impostas no topo desta configuração. A teoria de contato de Hertz foi posteriormente utilizada para se calcular as forças nas barras imaginárias que ligam os centros de duas laranjas em contato.

Foi então elaborado um modelo de elementos finitos para se calcular o deslocamento e as forças nos centros das laranjas. Este modelo foi viabilizado por um programa de computadores. A deformação provocada na zona de contato das laranjas pela carga axial no topo do arranjo, foi comparada com valores de ruptura obtidos experimentalmente e com os indicados pela literatura.

SUMMARY

This research work reports the mechanical behavior of packed oranges. Individual oranges were submitted to uniaxial load, generating force-deformation curves, from which it was possible to obtain the modulus of elasticity through the Hertz contact stress theory.

Hertz contact stress theory was again used to calculate the force and deformation at the contact point of two oranges, by considering the segment joining the centers of two oranges as a truss member. A finite element model then constructed in order to give proper interpretation for the force and deformation distribution in bi and tridimensional orange arrangements. So, the arrangement was viewed as a bi or tridimensional truss, analysed by a computer program.

The pack of oranges was theoretically loaded in the axial direction. The resulting deformation in the contact area was compared with experimental data as well as literature data.

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE LARANJAS A GRANEL MEDIANTE MODELO DE ELEMENTOS FINITOS

1. INTRODUÇÃO

O dano mecânico de frutas como consequência dos diferentes tipos de cargas durante as operações de manuseio entre a colheita e o consumo, faz com que o produto perca qualidade não apenas para consumo "in natura" como também para o processamento.

A caracterização do material fornece a informação fundamental sobre suas propriedades mecânicas, e estas, adequadamente utilizadas, fornecem por sua vez informações adicionais sobre o comportamento do material sob diferentes tipos de cargas, viabilizando o projeto de equipamentos e o uso de técnicas apropriadas para que a qualidade do produto seja mantida após a ação de mecanismos.

A importância de um estudo visando evitar estas perdas, se faz evidente no caso do cultivo de laranja no Brasil, o qual exibe uma área plantada de 632.122 ha e uma produção aproximada de 1450.000 t (Anuário Estatístico Brasileiro, 1985)

O conteúdo do presente trabalho se concentra no estudo do comportamento mecânico de laranjas a granel, visando o armazenamento bem como o manuseio mecânico, quer seja em transporte ou beneficiamento. Como este trabalho se caracteriza por ser de cunho preliminar e único em nosso meio técnico-científico, voltar-se-ão as atenções para o estudo de cargas estáticas em arranjo bi e tridimensional de laranjas. Isto posto, pode se enumerar os objetivos deste trabalho como:

1. Determinar a força e deformação da laranja no ponto de ruptu-

ra sob diferentes taxas de deformação.

2. Determinar a força e deformação em um ponto intermediário da curva força-deformação e calcular o módulo de elasticidade aparente nesse ponto.

3. Estudar a distribuição e a transmissão das forças de contacto em laranjas dentro de um recipiente, e os deslocamentos correspondentes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O manuseio mecânico dos produtos agrícolas representado por diversas operações tais como colheita, transporte e beneficiamento, tem apresentado um sensível incremento nas últimas décadas. Isto implica diretamente no projeto de máquinas agrícolas, onde se requer o estudo detalhado do comportamento mecânico dos tecidos vegetais.

O material vegetal está sempre sujeito a cargas mecânicas, as quais podem causar a ruptura do tecido. Esta ruptura pode ser o objetivo da operação como no caso do rompimento de certos órgãos vegetais durante a colheita e processamento, ou pode ser identificada como causadora de injúrias mecânicas, as quais depreciam ou até tornam o produto impróprio ao consumo.

O estudo das propriedades mecânicas de frutas e vegetais tem, entre outras, as seguintes aplicações (Mohsenin, 1972):

1. Caracterização do material. A caracterização pode mostrar como o material se comporta sob diferentes condições de carga. Por exemplo, o módulo de elasticidade de uma fruta é essencial para se calcular a carga máxima permissível quando se armazena a granel, impondo desta maneira cargas estáticas ou dinâmicas. No estudo de danos por vibração é importante se conhecer o módulo de elasticidade e a frequência natural da fruta.

2. Danos na colheita, manuseio e armazenamento. A determinação da carga máxima permissível que um material pode resistir sem sofrer danos é um dos maiores objetivos do estudo das propriedades mecânicas. As principais causas de danos são entre outras: quedas e outros tipos de impacto, cargas estáticas e quase-estáticas durante o manuseio, armazenamento e processamento,

bem como vibrações e esmagamentos durante o transporte.

3. Processamento mecânico. No processamento de frutas e vegetais, as informações obtidas com as propriedades mecânicas da matéria prima são de grande importância em operações tais como corte, extração de suco, descascamento, etc.

4. Avaliação e controle de qualidade textural. Na área de avaliação textural e controle de qualidade existem termos não muito bem definidos (dureza, firmeza, flexibilidade), que podem ser associados com alguns termos de engenharia como rigidez do tecido, módulo de elasticidade, módulo de deformabilidade, etc.

Além destas, existem outras aplicações tais como a determinação do tempo ótimo de colheita, método ótimo de destacamento da árvore, colheita seletiva, separação do material indesejável, etc.

2.1 Danos mecânicos

O esmagamento e injúrias de produtos agrícolas durante o manuseio mecânico têm sido problema de interesse da engenharia agrícola desde há anos. Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas em outros países para se determinar o comportamento mecânico de produtos agrícolas quando sujeitos a diferentes tipos de forças externas. O incremento na utilização de colheita e manuseio mecânico de produtos agrícolas tem gerado a necessidade de informações básicas sobre as propriedades de tais produtos.

Mohsenin e Goehlich (1962) levaram a cabo um estudo intensivo para se determinar alguns dos parâmetros de engenharia mais importantes envolvidos no dano mecânico. Para isso, desenvolveram novas técnicas, aparelhos e instrumentos para se determinar o comportamento mecânico de algumas frutas e vegetais frescos

quando submetidos a tratamentos tais como compressão sob carga crescente, compressão sob cargas estáticas, impacto, forças cisalhantes e punção. Empregando espécimes de maçã, determinaram as tensões, deformações e energia necessária para produzir descoloração e dano imediatamente debaixo da casca. Além do ponto de ruptura, conseguiram detectar o ponto de escoamento (yield-point) nas curvas de tensão-deformação. A tensão, a deformação e a energia neste ponto correspondem ao começo do esmagamento e descoloração dos tecidos abaixo da casca. Os autores conseguiram também relacionar as energias requeridas para injúrias sob compressão e impacto.

Fletcher et alii (1965) estudaram o comportamento mecânico de algumas frutas sob diferentes taxas de carga e tentaram correlacionar as propriedades mecânicas para predizer o comportamento das frutas depois de queda livre desde alturas normalmente encontradas na colheita e no manuseio mecânico. Os autores detectaram o "bio-yield point" para taxas baixas e médias de carregamento, mas não para taxas altas.

Friedley e Adrian (1966) estudaram as propriedades mecânicas de maçãs, pêras, pêssegos e damascos, utilizando testes de compressão e impacto. Segundo os autores, a curva força-deformação só é linear até um "limite proporcional". Com pêssegos, esse limite é difícil de se determinar. Portanto, a ocorrência da injúria não pode se definir com precisão a partir dessa curva.

A maçã, em geral, apresenta um "yield-point", indicando o aparecimento da injúria. A rigidez (força/deformação no ponto de escoamento) resultou ser proporcional ao módulo de elasticidade. Concluíram, também, que a maturidade, utilizando a rigidez da polpa como índice, tem um grande efeito sobre a resistência da

fruta. Pêssegos e outras frutas de baixa rigidez (frutas maduras) podem resistir apenas a pequenas forças e deformações, comparadas com frutas de alta rigidez. Na medida que a fruta amadurece, tanto a força quanto a deformação decrescem, decrescendo portanto a energia nesse ponto, posto que a energia é proporcional ao produto de força e deformação. Com relação aos problemas potenciais na colheita e no manuseio, baseados nas forças e energias sob compressão e impacto, encontraram que a maçã apresenta o menor potencial de colheita mecânica, se comparada com pêssegos, pêras e damascos.

Chuma e Shiga (1976) determinaram as propriedades mecânicas de laranjas Satsuma sob cargas estáticas, quase-estáticas e de impacto para encontrar as condições de dano mínimo para o transporte em recipientes. Os autores concluíram que as cargas estáticas no fundo, para evitar deformações permanentes, não devem exceder de 2 kg por fruta. Já uma carga de 4,2 kg durante 70 horas produz a ruptura da fruta.

Sob cargas quase-estáticas, as laranjas carregadas equatorialmente apresentaram uma resistência à compressão 30% menor que as carregadas axialmente.

A localização da injúria, segundo Friedley e Adrian (1966), sugere a tensão máxima de cisalhamento como possível parâmetro de falha. Por outro lado, Dal Fabbro (1979) concluiu que a deformação específica normal máxima é o fator principal para causar o rompimento de espécimes de maçã.

2.2 Análise de tensões em frutas sob carregamento

O conhecimento da distribuição das tensões em frutas sob cargas estáticas ou de impacto é limitado devido à dificuldade

para se determinar as propriedades do material e à falta de soluções analíticas válidas para as formas irregulares envolvidas (Shahabassi, 1979). Segundo Mohsenin (1977), a mecânica de falha do tecido, particularmente da parede celular, ainda não está totalmente entendida. Para suas pesquisas ele definiu o conceito de material sólido alimentício como aquele com rigidez suficientemente alta sob condições normais de manuseio para suportar seu próprio peso sob forças gravitacionais. Além disso, fez uma classificação arbitrária, tomando um módulo de elasticidade de 10 N/m² como limite entre materiais duros e macios. O autor ressalta a importância do entendimento da resistência mecânica do alimento na redução do dano mecânico e do consumo de energia durante processamento.

Mohsenin (1970); Miles e Rehkugler (1973) reportaram alguns valores de resistência ao cisalhamento. Segundo Mohsenin (1970), existe uma correlação altamente significativa entre a resistência ao cisalhamento do tecido de maçã e a pressão de escoamento, pressão de ruptura e conteúdo de açúcar do produto. Miles e Rehkugler (1973), por sua vez, calcularam a resistência ao cisalhamento de uma forma indireta, dividindo a resistência à compressão axial por dois. Por outro lado, observaram que espécimes cilíndricos de maçã apresentam um padrão de falha cônico como consequência do cisalhamento. Com relação a este padrão de falha, Holt e Schoorl (1977) concluíram que era uma curva e não um cone.

Holt e Schoorl (1982) utilizaram os mecanismos básicos que descrevem o comportamento mecânico de materiais convencionais de engenharia para estudar o comportamento mecânico de frutas e vegetais submetidos a cargas e propuseram a construção de um dia-

grama onde os limites de resistência são superpostos em um gráfico de tensões aplicadas. O método serve como marco de referência para a pesquisa da mecânica de falha de frutas e vegetais.

Os conceitos de energia aplicada e energia absorvida por maçãs dentro das embalagens foram utilizados por Holt e Schoorl (1982) para predizer o desempenho de um sistema de distribuição de frutas o qual é essencial para otimizar a qualidade final e abaixar os custos.

Mohsenin e Goehlich (1962) concluíram que o teste de compressão foi o mais promissor para a avaliação do comportamento mecânico de maçãs, pêras, batatas e tomates com relação ao esmagamento.

O tipo de carga mais comum a que uma fruta está sujeita é a carga de contacto, a qual pode produzir injúria. Forças de contacto geralmente ocorrem durante a colheita, o manuseio e o armazenamento. Tensões de contacto são causadas pela pressão de dois corpos que têm um ponto (pequena área) de contacto. Os tipos de contacto mais comuns que se apresentam são entre duas esferas ou entre uma esfera e uma superfície plana, conforme ilustram as figuras 2.1 e 2.2. Boussinesq (1885) resolveu o problema de forças concentradas atuando nas vizinhanças de um corpo semi-infinito. Por sua vez, Timoshenko e Goodier (1970) discutem o problema de contacto resolvido inicialmente por Hertz.

Aplicações das teorias de Hertz e Boussinesq têm sido utilizadas por varios autores. Shpolyanskaya (1952) foi o primeiro a utilizar a teoria de Boussinesq na determinação do módulo de deformabilidade de trigo.

Finney (1963,1967) utilizou a solução de Boussinesq para encontrar as forças concentradas transmitidas por uma fôrma em al-

gumas frutas e grãos.

Morrow e Mohsenin(1966) utilizaram Hertz e Boussinesq para encontrar as tensões em maçãs sujeitas a uma carga constante (creep test) ou a uma deformação constante (stress-relaxation-test).

Friedley et alii (1968) aplicaram as teorias de Hertz e Boussinnesq para determinar a aplicabilidade da teoria de elasticidade em pêras e maçãs para se descrever as forças e deformações utilizando-se formas e placas planas para os testes. Os autores concluíram que a teoria de elasticidade, quando se utiliza placa plana, fornece predições razoáveis para a relação carga-deformação, distribuição das tensões e esmagamento em pêras e maçãs.

Sherif et alii (1977) desenvolveram uma equação para relacionar o módulo de elasticidade e a deformação total de um alimento de forma cilíndrica comprimido entre duas placas planas baseados na teoria de Hertz.

Os produtos agrícolas são considerados geralmente viscoelásticos. Isso significa que as relações entre tensão-deformação são governadas pelo tempo. Muitos pesquisadores têm trabalhado no comportamento mecânico de frutas e vegetais observando que as relações carga-deformação incluem o efeito tempo (Finney, 1963; Mohsenin, 1963,1970; Timbers et alii 1966; Hamann, 1969; Sharma e Mohsenin, 1970; Sarig e Orlovsky, 1974).

Morrow e Mohsenin (1966), trabalhando com maçãs, demonstraram que espécimes da polpa se comportam como viscoelásticos lineares. Porém, Chappel e Hamann (1970) afirmam que essas propriedades são de alguma forma dependentes da tensão e, portanto, o material não pode se caraterizar como linearmente viscoelástico.

Hamann (1970) também notou a não linearidade dos espécimes de polpa de maçã, embora tenha resolvido o problema de tensões na superfície e no interior do material devido ao impacto, tomando o produto como sendo linearmente viscoelástico.

Rumsey e Fridley (1977) usaram o método de elementos finitos assumindo um módulo de cisalhamento linear viscoelástico e um "bulk modulus" para o material, dando ênfase na análise das tensões desenvolvidas em corpos esféricos. Sherif (1976) também utilizou o método dos elementos finitos para resolver o problema de contacto quase-estático para produtos agrícolas aproximadamente incompressíveis, tais como polpa de maçã, batatas e pêssegos.

O fato de que a maioria das frutas seja viscoelásticas implica que a lei de Hooke deve ser usada com precaução. O grau de elasticidade determina quando a teoria de contato de Hertz pode ser utilizada, segundo Horsfield *et alii* (1972).

Lee e Rodak (1960) concluíram que os materiais viscoelásticos podem ser considerados como elásticos sempre que os tempos de carga sejam até 25% do "relaxation time" ou tempo de relaxação (um indicador do grau de elasticidade).

Pao (1955) demonstrou que a forma de solução é a mesma, tanto para casos viscoelásticos como elásticos, sempre que a taxa de carga, utilizada durante a determinação experimental das propriedades físicas, for essencialmente igual à taxa de carga na situação onde se deseja prever a falha do produto.

De outro lado, Mohsenin (1970) afirma: "Apesar das inconsistências, a relativa simplicidade da solução elástica ao se utilizar a teoria de contacto de Hertz e a boa correlação com os resultados experimentais, têm sido as razões principais para o

uso intensivo deste método"

2.3 Critério para se determinar altura de armazenamento máxima permissível

Uma das principais razões para se estudar as propriedades mecânicas tem sido a de se determinar a carga máxima permissível à qual estes materiais podem ser sujeitos sem sofrer danos.

A mecânica do dano em frutas e vegetais não foi até agora totalmente esclarecida. Existem diferentes teorias a respeito dos parâmetros mais importantes que fazem com que o produto falhe. Entre elas estão a tensão de cisalhamento, reportada por Miles (1971) em testes de compressão de espécimes. Mohsenin (1962, 1965) e Bourne (1965) propuseram o conceito de "bioyield point" ou ponto de escoamento biológico, que indica ruptura inicial das células, como critério para determinar a carga máxima permissível que uma fruta inteira pode suportar sem apresentar injúria visível na superfície. No caso de maçãs, o dano se apresenta debaixo da casca e na maioria dos casos desaparece no processo de descascamento. A descontinuidade da curva força-deformação segundo os autores, parece estar associada com a resistência ao cisalhamento do tecido.

Horsfield et alii (1972) afirmam que em pêssegos, submetidos a testes de impacto, o tecido danificado usualmente aparece debaixo da superfície da fruta, na zona onde a pressão de cisalhamento é máxima, chegando à superfície só em casos de impactos muito fortes. O volume de esmagamento, por outro lado, aumentou em relação direta com a tensão de cisalhamento. Muitos pêssegos que são comercializados posteriormente em lata, passam pelo controle de qualidade na fábrica e só o consumidor é quem detecta o dano.

Os autores afirmam que a tensão de cisalhamento máxima, quando aplicada a teoria de elasticidade para um ou vários impactos, é proporcional à altura da queda, ao módulo de elasticidade da fruta e aos raios da fruta e da superfície de impacto.

A relação entre o volume esmagado e a carga foi determinada por Nelson e Mohsenin (1968) os quais encontraram que os danos por cargas dinâmicas são maiores que aqueles causados por cargas quase-estáticas equivalentes.

Dal Fabbro (1979) estudou a deformação na ruptura de espécimes cúbicos e cilíndricos de maçã sob estados de tensão uni, bi e triaxiais. Para calcular os componentes de tensão e deformação, o referido autor utilizou as propriedades elásticas e viscoelásticas do material. A tensão normal na ruptura para espécimes cilíndricos sob carga uniaxial variou para as diferentes taxas de deformação. O autor descartou a tensão normal máxima como critério de falha e concluiu que o espécime de maçã falhou depois que a deformação específica normal excedeu um valor crítico.

2.4 Tensões de contato entre corpos em compressão

Entre os diferentes testes mecânicos disponíveis para biomateriais sólidos o mais comum e simples é o teste de compressão, segundo afirmam Arnold e Mohsenin (1970). No caso de materiais intactos, tais como frutas e vegetais, ao se comprimir o elemento de carga contra o corpo convexo, a distribuição de tensões resultante torna-se bastante complexa, principalmente se a casca do material for deixada intacta. Esta inabilidade para se expressar os resultados dos testes em termos de tensão-deformação tem levado os pesquisadores a expressar os resultados de seus testes em termos de força observada e da deformação, as quais

não são facilmente utilizáveis nas equações constitutivas disponíveis para mecânica dos sólidos. O problema consiste então em expressar estes dados de força-deformação em termos de tensão-deformação. Em seguida são descritos alguns métodos de solução proposto por diversos autores.

2.4.1 Teoria de contato de Hertz

Hertz (1896) propôs uma solução para as tensões devido ao contato entre dois corpos elásticos e isotrópicos. O autor tentou encontrar respostas a perguntas tais como forma da superfície de pressão, magnitude da curva de pressão, distribuição normal sobre a superfície de pressão, magnitude de pressão máxima e a aproximação dos centros dos corpos sob pressão. Para se chegar a essas soluções, Hertz fez algumas suposições, as quais são apresentadas por Kosma e Cunningham (1962) e discutidas por Mohsenin (1970) :

1. O material dos corpos em contato é homogêneo, restrição esta dificilmente encontrada em produtos biológicos. Porém, assumindo "a random in-homogeneity" para o corpo sob carga, o comportamento mecânico do corpo pode ser considerado como sendo equivalente àquele de um corpo homogêneo.

2. As cargas aplicadas são estáticas.

3. A lei de Hooke é aplicável. A níveis muito baixos de carga esta condição pode ser tomada como certa como tem sido demonstrado por vários autores para alguns produtos.

4. As tensões de contato desaparecem na parte oposta ao contato. É possível cumprir esta condição quando são conhecidos alguns parâmetros.

5. Os raios de curvatura dos sólidos em contato são muito

grandes se comparados com o raio da superfície de contato. Como exemplo, Hertz considerou uma relação 1/10 suficientemente grande para aplicar sua equação.

6. As superfícies dos corpos em contato são suficientemente polidas e as forças tangenciais podem ser eliminadas.

As fórmulas baseadas na teoria de Hertz fornecem área de contato, tensões superficiais máximas e deformação combinada dos corpos em contato. A figura 2.1 mostra o caso particular de dois corpos esféricos em contato com raios R_1 e R_2 quando submetidos a uma carga F , e o contato de um corpo esférico com uma superfície plana. Nestes casos, a área de contato é circular

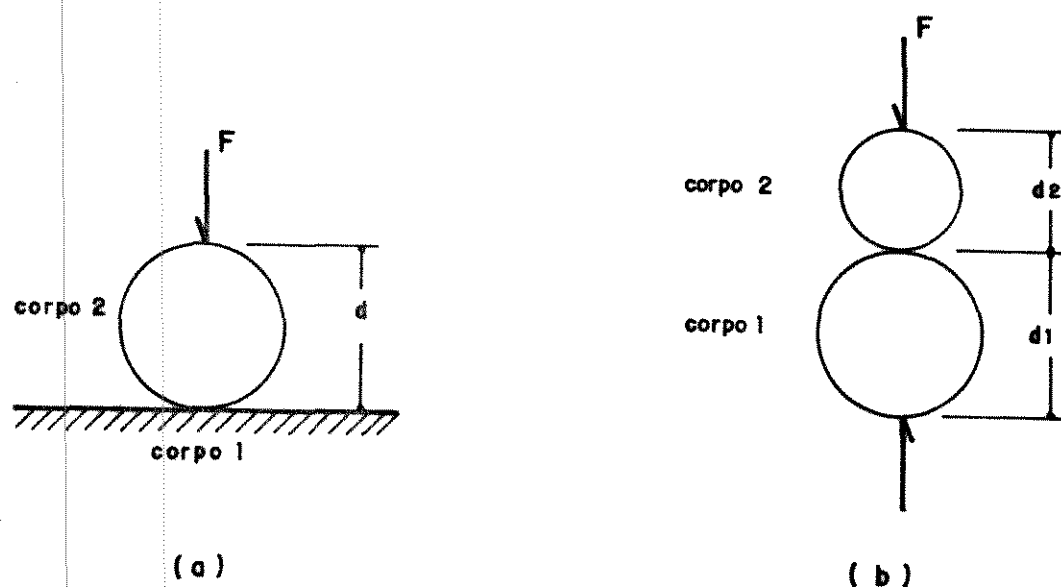


Figura 2.1 - Problema de Hertz para duas Esferas em Contato (a) e uma Esfera em Contato com uma Superfície Plana (b).

Para o caso de duas esferas, as equações para tensão máxima, deformação e área de contato são:

$$S = 0,918 \left| \frac{F \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}{A^2} \right|^{1/3} \quad (2.1)$$

$$D = 1,04 \left[F^2 A^2 \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \right]^{1/3} \quad (2.2)$$

$$a = 0,718 \left[\frac{FA}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}} \right]^{1/3} \quad (2.3)$$

onde

$$A = \frac{1-\mu}{E_1} + \frac{1-\mu}{E_2} \quad (2.4)$$

As equações para um corpo esférico em contato com uma superfície plana são:

$$S = 0,918 \left(\frac{F}{A^2 d^2} \right)^{1/3} \quad (2.5)$$

$$a = 0,721 (F A D)^{1/3} \quad (2.6)$$

$$D = 1,04 \left(\frac{F^2 A^2}{d} \right)^{1/3} \quad (2.7)$$

Os componentes das tensões para qualquer ponto ao longo do eixo Z, o eixo de simetria, são:

$$\sigma_{rr} = \sigma_{\theta\theta} = S \left\{ -(1+\mu) \left[1 - \psi \operatorname{tg} \left(\frac{1}{\psi} \right) \right] + \frac{1}{2} (1 + \psi^2) \right\} \quad (2.8)$$

$$\sigma_{zz} = -S(1+\psi^2) \quad (2.9)$$

Estes componentes da tensão normal são as tensões principais devido a que os componentes das tensões cisalhantes são sempre zero ao longo do eixo de simetria. A tensão de cisalhamento máxima está dada por:

$$\tau_{\max} = \left| \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \right| \quad (2.10)$$

Ela ocorre debaixo da superfície e é aproximadamente $0,31S$, quando $u=0,3$. A relação dos componentes das tensões σ_{rr} , $\sigma_{\theta\theta}$, σ_{zz} e $\tau_{\max}$ com S e sua relação com a distância desde a superfície de contato está representada na figura 2.2

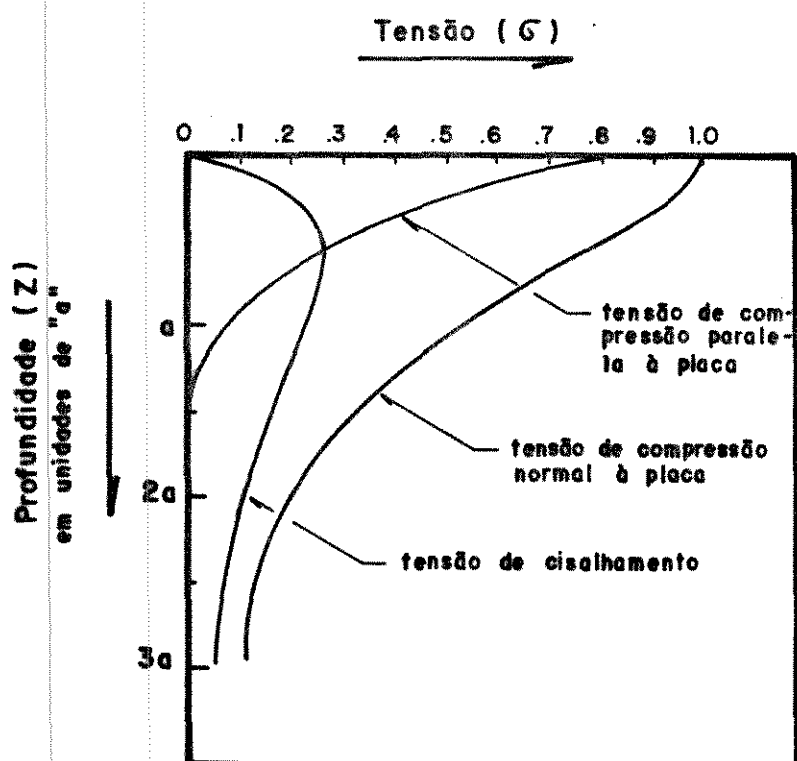


Figura 2.2 - Distribuição das Tensões dentro de uma Esfera Elástica comprimida por uma Placa Plana.

2.4.2 Modelo de Shahabassi para se calcular forças de contato

Shahabassai (1979), baseado na teoria de contato de Hertz, na análise estrutural e no cálculo de elementos finitos, determinou as forças de contato e os deslocamentos de esferas de borracha contidas em um silo, em um arranjo bidimensional, carregadas no topo.

Para seu estudo, o autor considerou que as esferas podiam ser representadas por nós e a união entre esferas adjacentes por braços ou barras através das quais são transmitidas as forças dentro do arranjo.

Para cada junta móvel estabeleceu a equação de equilíbrio em forma matricial como:

$$[N] \{F\} = \{P\} \quad (2.11)$$

onde a construção de $[N]$ se baseia na análise de uma barra típica de uma treliça, para a qual é possível encontrar o incremento no comprimento, conhecidos os deslocamentos dos extremos. Para toda a estrutura, esse incremento pode ser representado por meio da equação:

$$[\Delta] = [N] \{\delta\} \quad (2.12)$$

Esta equação, combinada com a Lei de Hertz, a qual expressa a relação entre forças e deslocamentos mediante a equação:

$$F = K \Delta^{3/2} \quad (2.13)$$

é utilizada pelo autor para se chegar à equação geral que relaciona forças e deslocamentos:

$$[N] [K(\delta)] [N] (\delta) = (P) \quad (2.14)$$

Utilizando-se os graus de liberdade adequados para cada nó, o autor estabeleceu as equações de equilíbrio e as resolveu simultaneamente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Utilizou-se no presente trabalho, laranja pera (*Citrus sinensis* Osbeck) obtida diretamente de um produtor e distribuidor atacadista da cidade de Campinas, 24 horas depois de colhida, com um estado de maturidade "comercial". O produto foi selecionado por tamanho antes de ser passado pelo processo de beneficiamento, normalmente utilizado para laranjas destinadas ao consumo direto.

Vários testes de compressão foram levados a cabo no Laboratório de Propriedades Mecânicas de Produtos Biológicos do Departamento de Máquinas Agrícolas da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

O equipamento utilizado constituiu-se do seguinte:

1. Máquina universal de testes (Ottawa Texture Measurement System, OTMS) provida de uma célula de carga de 50 kg.
2. Condicionador eletrônico de sinais (Daytronic 9010)
3. Registrador (Riken Denshi)
4. Microcomputador Apple IIe e sistemas periféricos de vídeo, unidade de disco e impressora.

O sistema pode ser eventualmente automatizado mediante a adição de um conversor analógico-digital de sinais que permite a aquisição e armazenamento de dados para sua análise e processamento posterior (Buckley *et alii*, 1968; Abbott *et alii*, 1982; Kloeck, 1986).

Depois de se determinar os diâmetros maior, menor e de curvatura no ponto de carga, a fruta inteira foi submetida à carga no OTMS até o ponto de ruptura. O sinal que sai da célula de carga

foi inicialmente amplificado, condicionado e posteriormente enviado ao registrador. Este ponto de ruptura foi detectado por um decréscimo contínuo da força na curva de força-deformação. Foram utilizadas 4 diferentes taxas de deformação: 1,29, 1,45, 2,00 e 2,70 centímetros por minuto.

Foram realizados alguns testes preliminares para se determinar o número adequado de repetições para cada condição testada, partindo-se de 20, número mínimo recomendado pela ASAE. Encontrou-se assim que 60 era um número de repetições aceitável.

Para cada condição foram calculados a média e o desvio padrão. Das curvas força-deformação foram obtidos os seguintes parâmetros: força e deformação na ruptura; força, deformação e módulo de elasticidade aparente em um ponto intermediário da curva.

O cálculo do módulo de elasticidade é baseado na teoria de contato de Hertz a qual tem sido utilizada por alguns autores para se descrever a deformação de frutas (Friedley et al., 1968). Segundo essa teoria, a deformação é expressa em termos da força, das propriedades mecânicas dos materiais e dos raios dos corpos em contacto conforme indica a equação 2.4.

Devido ao fato de que nos testes de compressão com placa plana se apresenta uma área de contacto plana, podem-se tecer as seguintes considerações: as duas esferas mantidas juntas se comportam como imagens de um espelho e deformam-se na mesma quantidade; a placa pode ser tomada como uma esfera de raio infinito com um módulo de elasticidade muito grande se comparado com aquele da fruta. As duas formas de raciocínio podem ser utilizadas para se reduzir a equação a:

$$D = \left[\frac{9}{16} \frac{F^2}{E^2 R} (1-\mu)^2 \right]^{1/3} \quad (3.1)$$

No caso de frutas inteiras a deformação total é igual a 2D. Esta equação é derivada para pequenas deformações.

Consideração aparte deve ser feita para o módulo de Poisson o qual, para materiais agrícolas, varia entre 0,3 e 0,5. Finnney (1967) encontrou um módulo de 0,49 para batatas. Morrow e Mohsenin (1966) encontraram valores menores para maçãs. Chesson e O'Brien (1971) usaram um valor de 0,49 para laranjas, o qual foi também usado no presente trabalho.

3.2 Métodos

Enquanto o modelo de Shahabassi descrito no capítulo anterior utiliza a análise de uma treliça em duas dimensões, o usado aqui utiliza a análise de uma treliça espacial. Tanto para um quanto para outro são feitas as seguintes simplificações:

1. As laranjas são assumidas como esferas idênticas
2. Unicamente são consideradas as forças normais nos pontos de contato (as forças cisalhantes são desprezíveis devido a sua baixa magnitude) e a teoria de Hertz é usada para relacionar a magnitude de tais forças com a compressão externa correspondente.
3. O arranjo das esferas se assume como sendo geometricamente estável, isto é, a configuração inicial deve ser tal que nenhuma movimentação apreciável se apresenta durante o carregamento.

No presente trabalho foram utilizados dois arranjos romboédricos, um em duas e outro em três dimensões.

A figura 3.1 mostra um conjunto de laranjas carregadas na parte superior por uma força uniforme e a figura 3.2 é sua representação, a qual é obtida ao se conectar os centros das la-

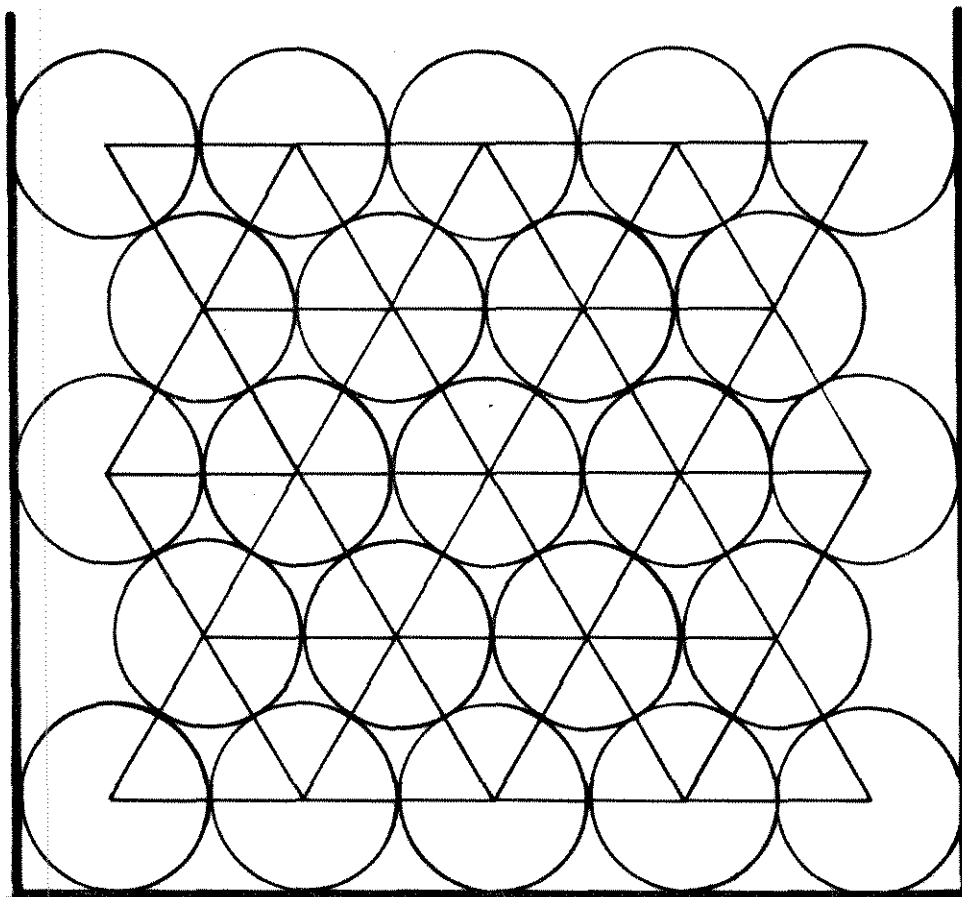


Figura 3.1 - Arranjo Romboédrico Bidimensional de um Conjunto de Laranjas Carregadas na Parte Superior.

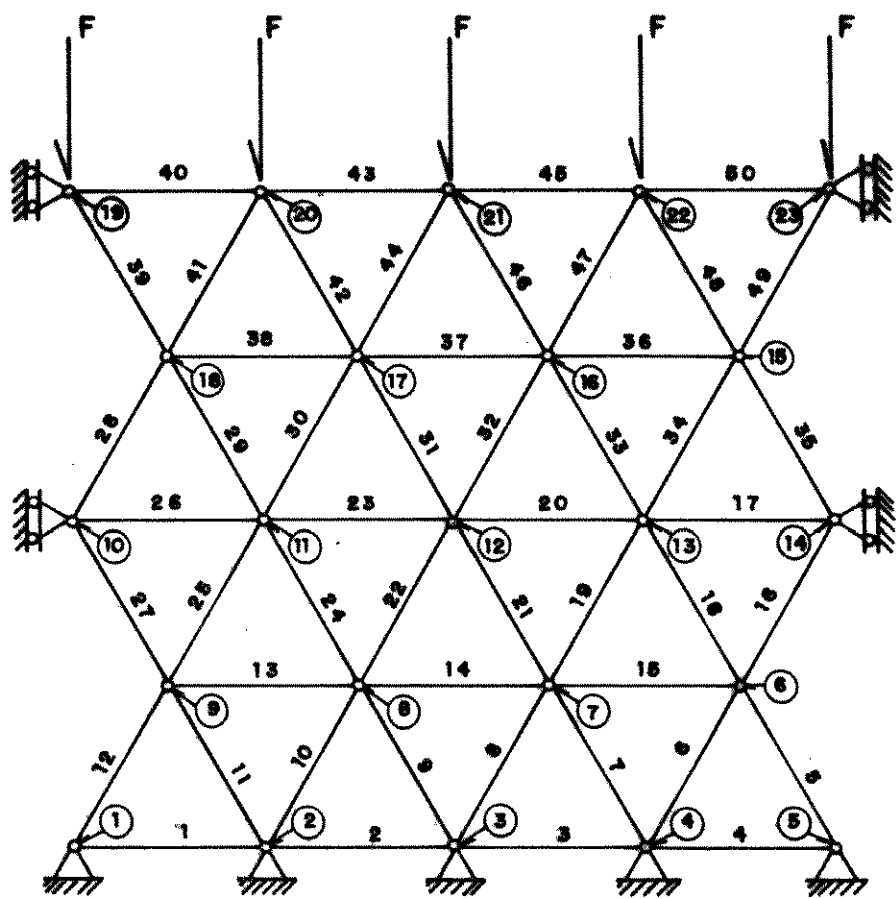
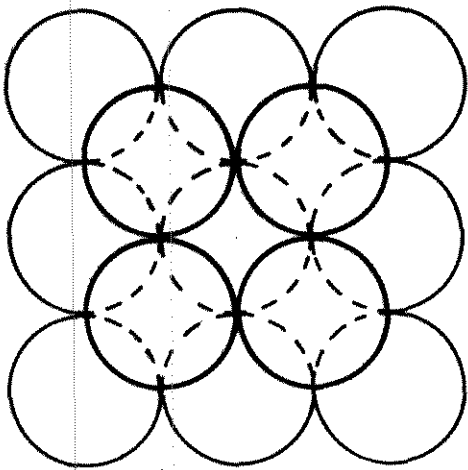
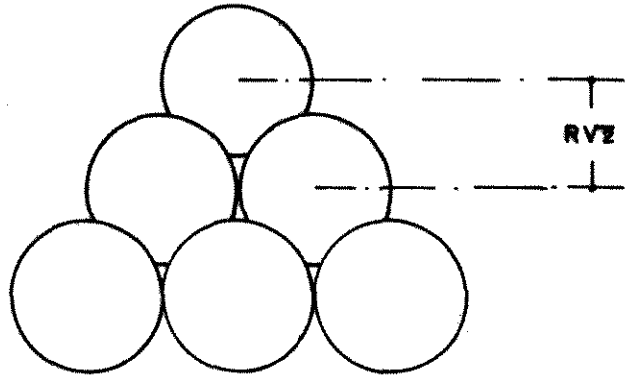


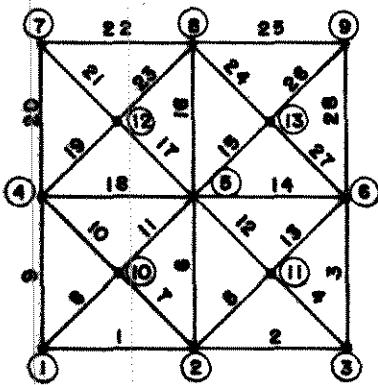
Figura 3.2 - Representação da Figura 3.1 indicando os nós e as barras correspondentes.



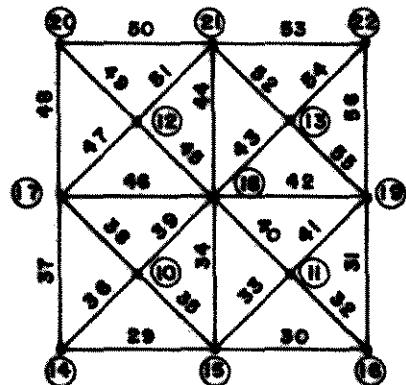
Vista Superior



Vista Lateral



Plano Inferior



Plano Superior

Figura 3.3 - Arranjo Romboédrico Tridimensional e sua Representação em forma de barras e nós.

ranjas. Estes centros, em termos estruturais, são os nós que representam o ponto de união das barras ao longo das quais são transmitidas as forças de contato em toda a estrutura.

A figura 3.3 mostra o arranjo tridimensional e sua representação em barras e nós. Neste caso, cada laranja está em contato com 4 laranjas em baixo, 4 em cima e 4 na mesma camada. Para facilitar a numeração e a identificação, o conjunto total de três camadas foi representado por dois planos, com a camada do meio fazendo parte de cada um deles.

Para a solução dos sistemas, utilizou-se um programa de computação cujo algoritmo está baseado na análise da barra de uma estrutura espacial (figura 3.4) aplicando-se a Teoria de Contato de Hertz que, diferentemente da Lei de Hooke, apresenta uma relação não linear entre a força e o deslocamento.

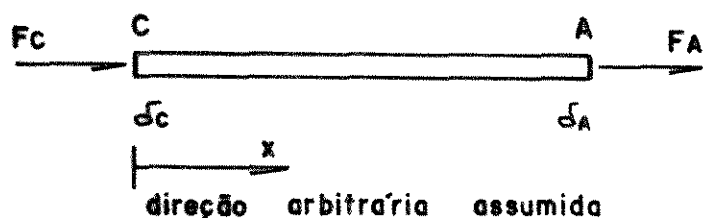


Figura 3.4 - Representação de uma Barra de uma Estrutura e os Deslocamentos correspondentes à Aplicação de uma Força.

Para este caso cumpre-se a relação:

$$\Delta = -(\delta_A - \delta_C)$$

ou

$$\Delta = (\delta_C - \delta_A)$$

Segundo Hertz,

$$F_c = K \Delta^{1/2} \quad \Delta > 0 \quad (\text{para barra comprimida}) \quad (3.2)$$

$$F_c = 0 \quad \Delta < 0 \quad (\text{para barra tracionada})$$

A matriz de rigidez para o elemento de uma estrutura como o representado pela figura 3.5, relaciona no caso linear (Martin 1966) as forças nodais com os deslocamentos mediante a equação:

$$(F) = [K] (\Delta)$$

ou

$$\begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K & -K \\ -K & K \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{Bmatrix} \quad (3.3)$$

$$\begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{Bmatrix}$$

Para o elemento em duas dimensões da figura 3.5 com coordenadas locais $\bar{x}, \bar{y}$ e coordenadas de referência x, y , pode-se fazer uma análise similar à anterior e expressar a relação entre as forças e deslocamentos em forma análoga à equação 3.3.

$$\begin{Bmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \\ F_{2x} \\ F_{2y} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \end{Bmatrix} \quad (3.4)$$

ou

$$(F) = [\bar{K}] (\bar{U}) \quad (3.5)$$

No nó 2 da figura 3.5 cumpre-se:

$$F_{x2} = F_{x2} \cos \theta + F_{y2} \sin \theta$$

$$F_{y2} = -F_{x2} \sin \theta + F_{y2} \cos \theta$$

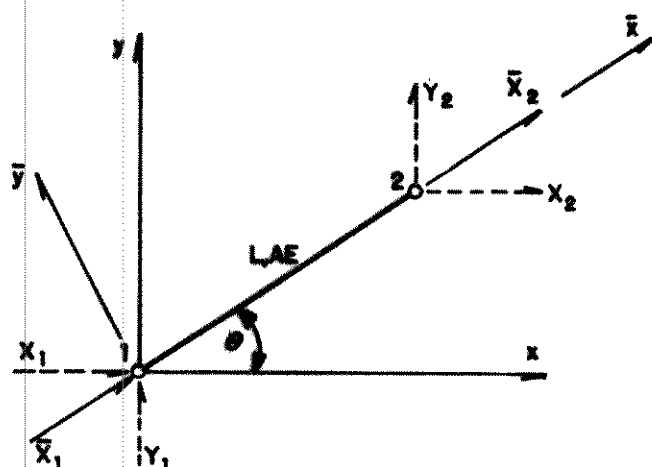


Figura 3.5 - Representação do Elemento de uma Estrutura em duas Dimensões, em Coordenadas Locais ($\bar{x}, \bar{y}$) e de Referência (x, y).

Fazendo-se uma relação análoga para o nó 1 e chamando-se $c = \cos$ e $s = \sin$, a relação das forças entre coordenadas pode ser escrita como:

$$\begin{Bmatrix} F_{x1} \\ F_{y1} \\ F_{x2} \\ F_{y2} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} c & s & 0 & 0 \\ -s & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & s \\ 0 & 0 & -s & c \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \bar{F}_{x1} \\ \bar{F}_{y1} \\ \bar{F}_{x2} \\ \bar{F}_{y2} \end{Bmatrix} \quad (3.6)$$

ou

$$\{\bar{F}\} = [T] \{F\} \quad (3.7)$$

Resolvendo para $\{F\}$:

$$\{F\} = [T]^{-1} \{\bar{F}\} = [T] \{F\} \quad (3.8)$$

Da equação 3.8 pode se concluir que a inversa de $[T]$ é também sua transposta.

Aplicando-se uma análise similar para os deslocamentos, a equação 3.7 pode ser escrita como:

$$\{\bar{U}\} = [T] \{U\} \quad (3.9)$$

A matriz de transformação $[T]$ pode ser aplicada agora à equa-

ção 3.5, substituindo as equações 3.7 e 3.9:

$$[T] \{F\} = [\bar{K}] [\bar{T}] \{U\}$$

$$\{F\} = [T]^T [\bar{K}] [T] \{U\} = [K] \{U\}$$

$$\text{ou seja que } [K] = [T]^T [\bar{K}] [T] \quad (3.10)$$

Isto significa que se a matriz de rigidez $[K]$, referida a um sistema de coordenadas locais $\bar{x}, \bar{y}$, for encontrada, a transformação deste resultado para um sistema de referência x, y , arbitrariamente orientado, é um processo simples, se encontrando $[K]$.

Para o elemento da figura 3.5 pode se encontrar $[K]$ referida às coordenadas x, y , utilizando-se $[\bar{K}]$ da equação 3.4 e $[T]$ de 3.7:

$$[K] = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} c & cs & -c & -cs \\ cs & s & -cs & -c \\ -c & -cs & c & cs \\ -cs & -s & cs & s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \end{Bmatrix} \quad (3.11)$$

Para uma estrutura completa onde o uso do computador é necessário, as matrizes de rigidez $[\bar{K}]$ são calculadas inicialmente em termos das coordenadas locais e posteriormente são transformadas a um sistema de referência mediante a matriz de transformação $[T]$, encontrando-se $[K]$ para cada elemento. Estas matrizes individuais $[K]$ são posteriormente superpostas para encontrar a matriz de rigidez global para toda a estrutura.

No caso não linear quando a teoria de contacto de Hertz deve ser aplicada, a equação 3.3 aplicada à barra da figura 3.4 converte-se em:

$$\begin{Bmatrix} F_C \\ F_A \end{Bmatrix} = K \begin{bmatrix} (\delta_C - \delta_A)^{1/2} & -(\delta_C - \delta_A)^{1/2} \\ -(\delta_C - \delta_A)^{1/2} & (\delta_C - \delta_A)^{1/2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta_C \\ \delta_A \end{Bmatrix}$$

$$F_C = K [(\delta_C - \delta_A)^{1/2} \delta_C - (\delta_C - \delta_A)^{1/2} \delta_A] \quad \text{ou seja}$$

$$F_C = K(\delta_C - \delta_A)^{3/2}$$

De outro modo:

$$\begin{Bmatrix} F_C \\ F_A \end{Bmatrix} = K (\delta_C - \delta_A)^{1/2} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta_C \\ \delta_A \end{Bmatrix} \quad \text{PARA } (\delta_C - \delta_A) > 0$$

$$\begin{Bmatrix} F_C \\ F_A \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta_C \\ \delta_A \end{Bmatrix} \quad \text{PARA } (\delta_C - \delta_A) < 0$$

O método utilizado no presente trabalho para a solução do sistema é baseado na teoria de análise de estruturas discutido anteriormente e na técnica de elementos finitos. Devido à magnitude do problema, foi necessário implementar um programa de computação o qual inicialmente monta as matrizes de rigidez para cada elemento as quais posteriormente se superpõem para montar a matriz global. Para o cálculo das forças de contacto, foi aplicado o método de Cholevsky para inversão das matrizes resultantes, as quais inicialmente são triangularizadas e divididas em um sistema inferior e outro superior simétricos o que, além de facilitar o processo de inversão, reduz o requerimento de memória do computador.

Devido à não linearidade da equação de Hertz, foi necessário utilizar um método iterativo para assegurar a convergência da solução. O método empregado aqui foi o de Newton-Raphson modificado (Zenkiewicz 1977), por meio do qual é possível dividir a carga externa aplicada em vários níveis de carga e encontrar mediante iterações sucessivas os valores dos deslocamentos correspondentes.

Os dados que devem ser fornecidos são:

Número de nós, número de elementos com seus nós correspondentes, coordenadas e deslocamentos de cada nó e as propriedades elásticas do produto. No apêndice A2 estão mostrados estes dados para o modelo tridimensional aqui utilizado.

O programa fornece as forças de contacto e os deslocamentos dos nós na direção das barras para cada nível de carga.

A linguagem utilizada para escrever o programa foi FORTRAN77 uma cópia do qual aparece no apêndice A3. Um computador do tipo PC de 644 kbytes foi usado para rodar o programa. O programa requer 120 kbytes de memória para rodar e 102 kbytes para gravar o arquivo de dados no disco, o qual permite sua posterior impressão, isto para uma configuração tridimensional como a utilizada aqui.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 4.1 mostra os valores médios e o desvio padrão da força e deformação na ruptura e do módulo de elasticidade obtidos para as diferentes taxas de deformação utilizadas. No apêndice A1 aparecem os dados experimentais obtidos para as diferentes taxas de deformação

TABELA 4.1 Valores médios e desvio padrão de alguns parâmetros elásticos a diferentes taxas de deformação.

Taxa de def.	Deformação Máx.	Força Máx.	Mód.Elastic.
cm/min	mm/mm	N	kpa
1,29	0,354 (+,036)	264,7(+45,1)	2343,18(356,16)
1,45	0,334 (+,034)	265,2(+39,6)	2391,73(305,78)
2,00	0,365 (+,028)	291,9(+41,3)	2182,31(270,38)
2,70	0,367 (+,036)	303,1(+44,4)	2394,56(339,22)

A análise da tabela 4.1 parece indicar que a taxa de deformação não tem um efeito definido sobre a deformação, a força e o módulo de elasticidade e nenhuma relação pode ser obtida entre eles.

O módulo de elasticidade médio (2330 kpa) calculado com base na equação 3.2 pode ser considerado aceitável, se comparado com o reportado por Chesson e O'Brien (1971), de 2804 kpa.

As figuras 4.1 e 4.2 mostram as curvas características de força vs deformação obtidos para a laranja pêra e o reportado pela literatura para um produto típico. No caso da laranja, o ponto

ponto de escoamento biológico (bio-yield point) não pôde ser detectado sob as taxas de deformação utilizadas, isto pode ser atribuído à casca, mais forte e espessa que aquela das frutas que apresentam ponto de escoamento biológico, (maças por exemplo). A força no ponto B na figura 4.2 é um indicativo da resistência à compressão.

No apêndice A4 aparecem os valores correspondentes às forças de contacto e deslocamentos obtidos para níveis de carga de até 100 N para o arranjo bidimensional e até 300 N para o tridimensional.

Ao se comparar, em termos absolutos, forças e deslocamentos dos dois arranjos para um nível de carga de 100 N, o tridimensional apresenta maiores forças de contacto e menores deslocamentos.

No caso bidimensional, as maiores forças se apresentam nas barras 39 e 49 e os maiores deslocamentos em seus nós correspondentes.

Para o sistema tridimensional, as barras dos vértices superiores do arranjo (32, 36, 49 e 54) transmitem as maiores forças e os nós correspondentes apresentam os maiores deslocamentos.

Comparando-se estes deslocamentos com os reportados por Shuma *et alii* (1978), as cargas aplicadas causam deformações permanentes inferiores ao limite permissível (6,2 mm) para laranjas comercializadas para consumo direto.

Considerando-se uma pilha de laranjas individuais, pesando cada uma 2,5 N, a altura equivalente que produziria uma carga de 100 N corresponderia a uma altura de 3m. Porém, é preciso se levar em consideração o tempo de carga porque cargas baixas,

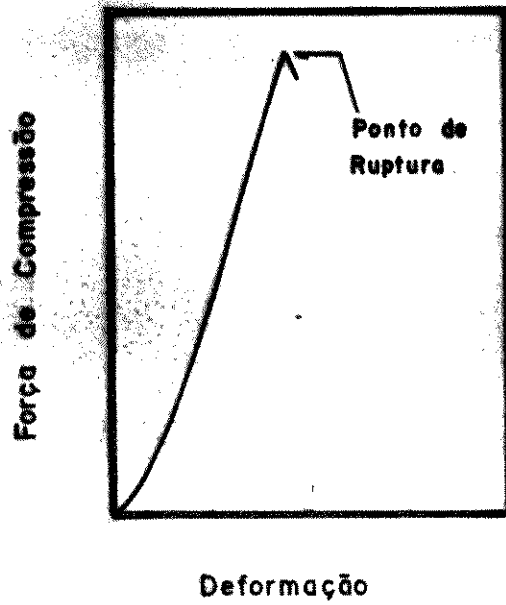


Figura 4.1 - Curva de Força - Deformação para Laranja Pera.

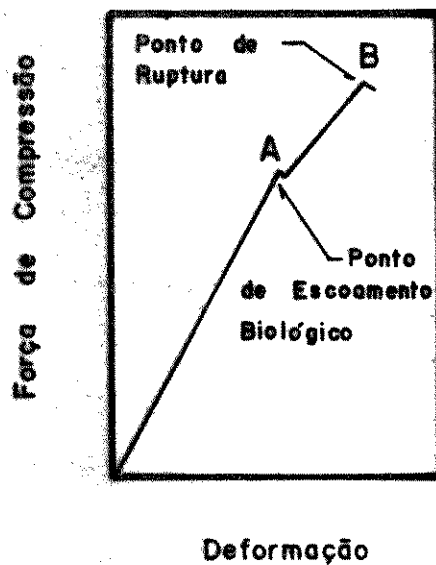


Figura 4.2 - Curva de Força - Deformação Típica para Produtos Agrícolas (Mohsenin *et alli* 1963).

maiores de 55 N, aplicadas por 70 horas, podem causar ruptura (Shuma *et alii*, 1978).

Transformando-se estes valores de deslocamento em deformação relativa, encontram-se valores máximos de 0,056 mm/mm para o caso bidimensional carregado com 100 N e de 0,063 para o tridimensional carregado com 300 N.

Os valores máximos médios para laranja carregados individualmente foram de 0,355 mm/mm para forças máximas de 280 N. Comparando-se estes valores com os encontrados para o arranjo tridimensional, pode-se notar que cargas equivalentes produzem deformações equivalentes ao 18% das encontradas para laranjas individuais. Dito de outra forma, para se produzir deformações de ruptura em um arranjo tridimensional, necessita-se de uma carga 5,5 vezes maior que aquela obtida para laranjas individuais. Devido ao fato de a laranja não apresentar "bio-yield point" característico, não é possível predizer a carga a partir da qual se inicia a micro-ruptura de tecido no interior do produto.

5. CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser deduzidas do presente trabalho:

1. A deformação específica máxima (ruptura) aparentemente não foi afetada para as taxas de deformação (1,29 à 2,7 cm/min) utilizadas nos testes de compressão.
2. As forças médias máximas (de ruptura) nos testes de compressão de laranjas individuais variaram entre 264,7 e 303,1 N (27 e 31 kg) para as taxas de deformação utilizadas.
3. Os módulos de elasticidade aparente obtidos a partir da curva força-deformação variaram entre 2182,31 e 2394 kpa.
4. Analisando-se as curvas obtidas de força-deformação para os testes de compressão, observou-se que o "bio-yield point", não pode ser detectado.
5. Utilizando-se os princípios da análise estrutural e a técnica de elementos finitos, é possível calcular mediante o modelo de computação implementado, as forças de contato e os deslocamentos de um arranjo de laranjas em duas e três dimensões, quando submetido a cargas externas.
6. O modelo de computação empregado aqui pode ser utilizado para qualquer produto de forma esférica se se conhecem suas propriedades elásticas.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Abbot, J.A.; D.R. Massie ; A.E Watada. The use of a computer with an Instron for textural measurements. *Journal of Texture Studies* 13: 413-22, 1982.
2. Arnold, P.C. & N.N. Mohsenin. Recommended techniques for axial compression test on intact agricultural products of convex shape. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*. (ASAE) 14: 78-84, 1970.
3. ASAE Standard S 368.1. Compression test of food material of convex shape *Agricultural Engineering Yearbook of Standards*. 1983.
4. ASAE Engineering Practice EP 285.6. *Agricultural Eng. Yearbook of Standards*. 1983.
5. Bourne, M.C. Studies on the punch test of apples. *Journal of Food Technology*. 19: 113-115, 1965.
6. Bourne, M.C. Texture evaluation of horticultural crops. *Journal of Horticultural Science*. 15(1): 51-57, 1980.
7. Buckley , D.J.; G.E. Timbers ; M. Kloeck ; M.J.L. Lalonde. Texture profile analysis with curve smoothing using a personal computer system. *Journal of Texture Studies*. 15: 247-261, 1984.

8. Chapell, T.W. & D.D. Hamann. Poisson's ratio and Young's modulus for apple flesh under compressive loading. Transactions of the A.S.A.E. 11(5): 608-610, 1968.
9. Chesson, J.H. & M. O'Brien. Analysis of mechanical vibrations of fruit during transport. Transactions of the A.S.A.E. 14(2): 222-224, 1961.
10. Chuma, Y. & T. Shiga. Mechanical properties of Satsuma oranges as related to the design of a container for bulk transportation. Journal of Texture Studies. 9: 461-479, 1978.
11. Dal Fabbro, I.M. Strain failure of apple material for mechanical response of a granular medium. Unpublished Ph.D. Thesis. Michigan State University, East Lansing. Michigan U.S.A. 1979.
12. Fletcher, S.W. ; N.N Mohsenin ; J.R. Hamerle ; L.D. Tukey. Mechanical behavior of fruits under fast rate loading. Transactions of the ASAE. 8(3): 323-331, 1965.
13. Finney, E.E. The viscoelastic behavior of the potato *Solanum Tuberosum* under quasi-static loading. Ph. D. Thesis. Michigan State University. East Lansing. Michigan. U.S.A. 1963.
14. Finney, E.E. & C.W. Hall. Elastic properties of potatoes.

Transactions of the ASAE. 10: 4-8, 1967.

15. Fridley, R.B. & P.A. Adrian. Mechanical properties of peaches, pears apricots and apples. Transactions of the ASAE. 9(1): 135-142, 1966.
16. Fridley, R.B.; R.A. Bradley ; L. W. Rumsey ; P.A. Adrian. Some aspects of elastic behavior of selected fruits. Transactions of the ASAE. 11(1): 46-49, 1968.
17. Fluck, C.R. & E.M. Ahmed. Measurement by compression test of impact damage to citrus fruits. Journal of Texture Studies. 4: 494-500, 1974.
18. Hamann, D.D. Analysis of stress during impact of fruit considered to be viscoelastic. Transactions of the ASAE. 13(6): 893-899, 1970.
19. Holt, J.E. & D. Shoorl. Bruising and energy dissipation in apples. Journal of Texture Studies. 7: 421-423, 1977.
20. Holt, J.E. & D. Schoorl. Fruit, packing and handling distribution systems. An evaluation method. Agricultural Systems. 209-218, 1982.
21. Holt, J.E. & D. Schoorl. Mechanics of failure in fruits and vegetables. Journal of Texture Studies. 13: 83-97, 1982.
22. Horsfield, B.C. ; R.B. Fridley ; L.L. Claypool. Application

of theory of elasticity to the design of fruit harvesting and handling equipment for minimum bruising. Transactions of ASAE. 15 (4): 746-750, 1972.

23. Kloeck, M. Manual for the apple Iie computer based texture data acquisition and analysis system. Engeneering and Statistical Research Institute (ESRI). Canada Agriculture. 1986.
24. Martin. H.C. Introduction to matrix methods of structural analysis. Mc. Graw Hill. N.J. U.S.A. 1966.
25. Miles , R.A. & G.E Rehkgler. A failure criterium for apple flesh. Transactions of ASAE. 16.(6): 1148-1153, 1973.
26. Morrow, C.T. & N.N. Mohsenin. Consideration of selected agricultural products as viscoelastic material. Journal of Food Science 31(5): 686-698, 1973.
27. Mohsenin N.N & H. Goehlich. Techniques for determination of mechanical properties of fruits and vegetables as related to design and development of of harvesting and processing machinery. Journal of Agricultural Engeneering Research. 7(4): 300-315, 1962
28. Mohsenin N.N.; H.E. Cooper ; L.D. Tukey. Engeneering approach to evaluating textural factors in fruits and vegetables. Transactions of the ASAE. 6(2): 85-88, 1963.

29. Mohsenin, N.N. Physical properties of plants and animal materials. Vol I. Structure, Physical characteristics and mechanical properties. Gordon and Breach Science publishers. N.Y. U.S.A. 1970.
30. Mohsenin, N.N. Mechanical properties of fruits and vegetables. Review of a decade of research application and future needs. Transactions of ASAE. 1064-1070, 1972.
31. Mohsenin, N.N. Characterization and failure in solid foods with particular reference to fruits and vegetables. Journal of Texture Studies. 8: 169-193, 1977.
32. Nelson, C.W. & N.N. Mohsenin. Maximum allowable static and dynamic loads and effect of temperature for mechanical injury in apples. Journal of Agricultural Engineering Research. 13(4): 300-317, 1968.
33. Rumsey, T.R. & R.B. Fridley. Analysis of viscoelastic contact stresses in agricultural products using a finite element method. Transactions of ASAE. 20(1):162-168, 1977.
34. Sarig, Y. & S. Orlovsky. Viscoelastic properties of Shamouti oranges. Journal of Texture Studies. 5: 339-349, 1974.
35. Segerlind, L.J. Finite element method. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. 1976.
36. Shahabassi, Y. Experimental and numerical techniques related

to maximum allowable depth of apples in a bulk storage. Unpublished Ph.D. Thesis. Michigan State University, East Lansing, Michigan. U.S.A. 1979.

37. Sharma, M.C. & Mohsenin, N.N. Mechanics of deformation of fruits subject to hydrostatic pressure. Journal of Agricultural Engineering Research. 15(1): 65-74, 1970.
38. Sherif, S.M. ; J.L. Segerlind ; T.S. Frame . An equation for modulus of elasticity of radially compressed cylinder. Transactions of ASAE. 19: 782-85, 1976.
39. Timbers G.E.; L.M. Staley ; E.L Watson. Some mechanical and rheological properties of the Netted Gem Potato. Canadian Journal of Agricultural Engineering. February. 1966.
40. Timoshenko, S.P. & J.N. Goodier. Theory of elasticity Mc. Graw Hill. New York, N.Y. U.S.A. 1970.
41. Zienkiewicz, O.C. The finite element method. Third Ed. Mc. Graw Hill. (U.K) England. 1977.

APÊNDICE 1

Valores correspondentes à força e deformação na ruptura e ao módulo de elasticidade obtidos para diferentes taxas de deformação

TAXA DE DEFORMAÇÃO 1,29 cm/min

Amostra	Força	Deformação	Mod. Elasticidade
	N	mm/mm	kpa
1	269,50	0,333	3323,18
2	230,30	0,392	1971,77
3	191,10	0,391	2286,23
4	181,30	0,370	2522,59
5	212,66	0,364	2498,60
6	216,58	0,329	1598,62
7	225,40	0,447	1987,47
8	226,38	0,358	3791,34
9	289,10	0,349	3027,09
10	220,50	0,350	3676,58
11	274,40	0,353	1987,47
12	295,96	0,365	2240,89
13	215,60	0,368	2294,90
14	303,80	0,379	2972,68
15	236,18	0,353	2409,87
16	213,64	0,353	1983,03
17	259,70	0,413	1786,80
18	313,16	0,369	2936,60
19	327,32	0,351	2463,21
20	259,70	0,346	1485,61
21	343,00	0,333	2870,69
22	220,50	0,363	1968,95
23	329,98	0,390	1968,90
24	297,96	0,373	2205,11
25	249,90	0,418	2602,84

26	205,80	0,379	2537,70
27	308,70	0,381	3125,08
28	217,56	0,370	1988,84
29	270,48	0,413	2526,39
30	229,32	0,364	2021,11
31	193,06	0,361	1793,73
32	303,80	0,348	2843,58
33	235,20	0,329	1769,35
34	196,00	0,361	3239,26
35	360,64	0,363	2549,30
36	269,50	0,297	2843,58
37	221,48	0,404	2229,20
38	328,30	0,320	3031,67
39	235,20	0,382	2644,28
40	318,50	0,409	2299,49
41	240,10	0,415	2292,76
42	275,38	0,370	3521,74
43	328,30	0,320	2293,64
44	230,30	0,372	2275,31
45	186,20	0,327	2517,03
46	328,30	0,340	2792,78
47	221,48	0,356	1984,64
48	288,12	0,389	2545,40
49	264,60	0,367	1994,78
50	203,84	0,372	1993,32
51	196,00	0,342	1454,21
52	289,90	0,357	1988,93
53	245,00	0,369	3328,77
54	270,48	0,325	2511,47

55	284,20	0,357	1993,32
56	303,90	0,374	2629,85
57	264,60	0,375	2629,85
58	230,30	0,370	1961,83
59	333,20	0,350	3656,30
60	308,70	0,390	3343,79

TAXA DE DEFORMAÇÃO 1,45 cm/min

1	220,50	0,345	2402,25
2	254,99	0,299	2662,90
3	220,50	0,313	1941,55
4	205,30	0,282	2247,72
5	343,00	0,325	2409,29
6	261,66	0,323	2082,54
7	291,06	0,377	2082,54
8	209,72	0,319	1912,10
9	310,86	0,352	2409,29
10	303,80	0,385	2054,65
11	245,00	0,322	2057,38
12	311,64	0,362	2737,39
13	225,40	0,283	2388,22
14	270,48	0,343	2384,01
15	274,40	0,346	2120,96
16	210,70	0,313	2054,65
17	291,02	0,330	2782,64
18	207,76	0,308	2690,30
19	303,80	0,360	2315,68
20	196,00	0,302	2076,79

21	333,20	0,370	2483,59
22	241,08	0,325	2440,17
23	296,94	0,345	2054,65
24	264,60	0,377	3098,95
25	264,60	0,355	2114,72
26	301,84	0,369	1534,16
27	202,86	0,290	2116,28
28	324,98	0,318	2082,54
29	245,00	0,377	2302,22
30	257,74	0,283	2554,77
31	254,80	0,273	2087,22
32	186,20	0,306	2742,08
33	245,00	0,331	2369,41
34	313,60	0,331	2743,44
35	254,80	0,365	2116,28
36	270,48	0,387	2061,97
37	303,80	0,344	2749,68
38	235,20	0,298	2841,04
39	303,80	0,391	2735,83
40	230,30	0,315	2882,39
41	256,76	0,313	2313,53
42	298,90	0,339	2787,03
43	309,68	0,366	2932,60
44	289,10	0,358	2776,98
45	256,76	0,280	2787,03
46	255,78	0,304	2825,25
47	191,10	0,302	2063,33
48	269,50	0,388	2767,04
49	244,02	0,309	2108,28

50	205,80	0,365	2350,14
51	296,94	0,334	2649,52
52	303,80	0,349	2440,31
53	274,40	0,338	2359,36
54	245,00	0,309	2078,06
55	341,04	0,322	2076,59
56	240,10	0,350	2111,60
57	205,80	0,324	2541,01
58	217,56	0,343	2381,40
59	245,00	0,333	2714,19
60	285,18	0,327	2374,57

Taxa de deformação 2.00 cm/min

1	245,00	0,333	2320,46
2	309,68	0,392	2331,87
3	284,20	0,391	1901,28
4	294,00	0,370	1681,50
5	273,16	0,364	2331,87
6	240,10	0,329	2353,73
7	334,18	0,447	2015,94
8	245,00	0,358	2269,07
9	295,31	0,349	2377,30
10	292,04	0,370	2240,03
11	259,70	0,353	2334,21
12	250,88	0,365	1955,59
13	284,20	0,368	2339,08
14	353,78	0,379	2850,99
15	235,20	0,353	1918,53

16	258,72	0,369	1972,61
17	347,90	0,351	190537
18	369,66	0,346	2250,93
19	345,00	0,333	2288,86
20	323,40	0,390	2272,09
21	289,10	0,373	2330,21
22	279,30	0,350	1759,11
23	323,40	0,418	1953,54
24	346,92	0,375	2281,45
25	299,88	0,379	1771,29
26	326,34	0,381	1955,59
27	269,50	0,360	1802,60
28	400,02	0,413	2010,33
29	328,30	0,364	1905,37
30	264,60	0,371	1831,07
31	274,40	0,361	2278,14
32	274,40	0,348	2310,30
33	259,70	0,329	2307,59
34	392,51	0,365	2135,47
35	356,72	0,363	2522,30
36	338,10	0,297	2315,68
37	344,96	0,404	1600,08
38	345,00	0,320	1952,86
39	313,60	0,382	2265,07
40	274,40	0,409	1931,99
41	255,78	0,415	1860,32
42	274,40	0,370	2150,00
43	265,58	0,320	2288,36
44	201,81	0,040	2247,21

APÊNDICE 2

Dados fornecidos ao programa de computador para o caso tridimensional.

18	21		
12	18		
18	17		
12	17		
17	20		
12	20		
20	21		
12	21		
13	21		
21	22		
13	22		
13	19		
22	19		
0	0	0	
0	0	0	
0	0	0	
0	0	0	
0	0	0	
0	0	0	
0	0	0	
0	0	0	
0	0	0	
0	1	0	
0	2	0	
0	3	0	
0	4	0	
0	5	0	
6	7	0	
0	8	0	
0	9	10	
11	12	13	
0	14	15	
0	16	0	
17	18	0	
0	19	0	
.000000			
.000000			
.000000			
.000000			
0.000000			
.000000			
0.000000			
0.000000			
0.000000			
0.000000			
.000000			
.000000			
0.000000			
0.000000			
0.000000			
0.000000			
0.000000			
0.000000			
0.000000			
0.000000			
0.000000			
0.000000			
1.000000	1.000000	1.000000	

22	56	3	2	2	19
.000	.000	.000			
.500	.000	.000			
.000	.000	.000			
.000	.000	7.500			
.500	.000	7.500			
.000	.000	7.500			
.000	.000	15.000			
.500	.000	15.000			
.000	.000	15.000			
.750	5.300	3.750			
.250	5.300	3.750			
.750	5.300	11.250			
.250	5.300	11.250			
.000	10.600	.000			
.500	10.600	.000			
.000	10.600	.000			
.000	10.600	7.500			
.500	10.600	7.500			
.000	10.600	7.500			
.000	10.600	15.000			
.500	10.600	15.000			
.000	10.600	15.000			

1	2
2	3
3	6
3	11
2	11
2	5
2	10
1	10
1	4
4	10
5	10
5	11
6	11
5	6
5	13
5	8
5	12
5	4
4	12
4	7
7	12
7	8
8	12
8	13
8	9
9	13
6	13
9	6
14	15
15	16
16	19
11	16
11	15
15	18
10	15
10	14
14	17
10	17
10	18
11	18
11	19

APENDICE 3

Programa utilizado para calcular as forças de contato e os deslocamentos.

```

c      programa para calculo de estruturas tipo trelicas espaciais
      subroutine barra
        real*8 xke,xy,cx,cy,cz,desl,deslb,xk,xkl,f,y,g,raio,poa,rigid
1      ,delt,epson,ep,forca,desli,disp,resi,carga,ctotal,cnivel,p,valep
1      ,modul,delta
        dimension xkl(650),y(40),desli(40),carga(40),f(40),resi(40)
        dimension forca(55),disp(55,2),ep(20),p(40)
        common/rige/ rigid
        common/dire/cx(55),cy(55),cz(55)
        common/num/nvno,noel,ivar(30,3)
        common/pos/inc(55,2)
        common/band/lband
        common/mat/xk(650)
        common/mate/xke(21)
        common/coord/xy(30,3)
        common/del/delt(55)
        common/elem/nel,n
        common/dbarra/deslb(2)
        common/deslo/desl(40)
        character*10 fname,fname1,fname2
        fname1='out1.dat'
        fname2='out2.dat'
        open(7,file=fname1,status='new',access='sequential')
        open(8,file=fname2,status='new',access='sequential')
101      call ltela
        call dtexto
        write(*, '(25x,a)') ' PROGRAMA ESTRUTURAS METALICAS'
        write(*, '(/,a\)\') ' nome do arquivo de dados: '
        read(*, '(a10)', iostat=ios, err=1000) fname
        goto 201
1000      write(*, '(/,a\)\') ' nome invalido'
        read(*, '(i2)') iresp
        goto 101
201      open(5,file=fname,status='old',access='sequential', iostat=ios,
1      ierr=211)
        goto 221
211      write(*, '(/,a\)\') ' erro na abertura do arquivo'
        read(*, '(i2)') iresp
        goto 101
221      read(5,11)nnos,nel,nvno,noel,ndado,n
11      format(6i5)
        do 1 i=1,nnos
            read(5,12)xy(i,1),xy(i,2),xy(i,3)
1            continue
12          format(3f6.3)
            do 2 i=1,nel
                read(5,13)(inc(i,j),j=1,noel)
2                continue
13              format(2i5)
c              leitura da numeracao dos deslocamentos dos nos
            do 3 i=1,nnos
                read(5,15)(ivar(i,j),j=1,nvno)
3                continue
15              format(3i5)
c              leitura das forcas externas
            do 27 i=1,n
                read(5,17)f(i)
27              continue
17              format(1d8.5)

```

```

18      format('f10.5,1x,f10.5,1x,f10.5')
c      rigid=2.*g*sqrt(2.*raio)/(3.*(1.-poa))
c      rigid=2784.61
c      rigid=1.
c      calculo do valor da largura de banda
      lband=0
      do 4 i=1,nel
      do 5 j=1,nvno
      do 6 l=1,nvno
      lband=max(abs(ivar(inc(i,1),j)-ivar(inc(i,2),l)),lband)
6      continue
5      continue
4      continue
      nn=n*(n+1)/2
      write(*,'(a\)'')' numero de niveis de carga:'
      read(*,'(i5)')idiv
      write(*,'(a\)'')' valor para teste de convergencia:'
      read(*,'(f10.6)')epson
      write(*,'(a\)'')' numero de maximo de iteracoes:'
      read(*,'(i5)')nite
      write(*,'(a\)'')' nivel de carregamento:'
      read(*,'(f10.6)')ctotal

c      calculo do chute inicial para o deslocamento
      do 1500 kk=1,n
      f(kk)=f(kk)/idiv
1500    continue
      ind=1
      call montak(ind)

      call triang(n,lband,xk,xk1)

      call sistin(n,lband,xk1,y,f)
      call sistesu(n,lband,xk1,desl,y)
      call solved

      ind=2
      call montak(ind)

c      calculo das forcas de contato para cada nivel de carga
      do 1600 ic=1,idiv

      do 1650 j=1,n
      p(j)=f(j)*ic
1650    continue

      call triang(n,lband,xk,xk1)
      call sistin(n,lband,xk1,y,f)
      call sistesu(n,lband,xk1,desl1,y)

      if(ic.eq.1)then
      do 1700 j=1,n
      desl(j)=desl1(j)
1700    continue
      else
      do 1800 j=1,n
      desl(j)=desl(j)+desl1(j)
1800    continue
      end if

      call solved
      call montak(ind)

```

```

call mmtv(n, lband, xk, desl, carga)
call residu(n, resi, p, carga)

parte iterativa
lcon=1
valep=modul(resi,n)/modul(p,n)

write(*, '(a,i3)') ' nivel de carga:', ic
write(*, '(a,f7.3)') ' prim. aproximacao - epson:', valep

1111 if((valep.gt.epson).and.(lcon.le.nite)) then

    call triang(n, lband, xk, xk1)
    call sistin(n, lband, xk1, y, resi)
    call sistsu(n, lband, xk1, desl1, y)
    do 109 ilj=1, n
    desl(ilj)=desl(ilj)+desl1(ilj)
109 continue
c    calculo do novo residuo
    call solved
    call montak(ind)
    call mmtv(n, lband, xk, desl, carga)
    call residu(n, resi, p, carga)
    ep(lcon)=modul(resi,n)/modul(p,n)
    valep=modul(resi,n)/modul(p,n)
    write(*, '(/,a,i3,5x,a,i3)') ' nivel de carga:', ic, ' iteracao:', lcon
    write(*, '(a,f7.3)') ' epson:', ep(lcon)
    lcon=lcon+1
    else
    goto 2222
end if
goto 1111

c    impressao dos resultados
2222 if(lcon.ge.(nite+1)) then
    write(7, '(10x,a,i2,a,i2)') ' nivel', i, ': nao convergiu apos: ', nite
    write(7, '(10x,a)') ' valores de epson:'
    do 1900 k=1, nite
    write(7, '(10x,a,i2,a,f5.3)') ' iteracao:', k, ' epson=', ep(k)
1900 continue
    else
    cnivel=ctotal*ic/ividv
    write(8, '(8x,a)') ' I-----I'
    write(8, '(10x,a,40x,a)') ' I', ' I'
    write(8, '(10x,a)') ' I DETERMINACAO DAS FORCAS DE CONTATO I'
    write(8, '(10x,a,10x,a,f6.2,8x,a)') ' I', ' NIVEL DE CARGA: ', cnivel
1, ' I'
    write(8, '(10x,a)') ' I-----I'
    write(8, '(10x,a)') ' I ELEMENTO I FORCA I DESL1 I DESL2 I'
    do 2300 ij=1, nel
    if(delt(ij).lt.0.) then
    delta=0.
    else
    delta=delt(ij)
    end if
    forca(ij)=-rigid*sqrt(delta)*delta
    call solve(ij)
    disp(ij,1)=deslb(1)
    disp(ij,2)=deslb(2)
2300 continue
    do 2000 iik=1, nel
    write(8, '(10x,a,i3,a,f8.3,a,f8.3,a,f8.3,a)') ' I', iik, ' I',
1forca(iik), ' I', disp(iik,1), ' I', disp(iik,2), ' I'
2000 continue

```

```
close(5)
close(7)
close(8)
return
end
```

```
c  subrotina para determinacao dos deslocamentos no sistema local
subroutine solved
real*8 cx,cy,cz,delt,deslb,desl
common/dire/cx(55),cy(55),cz(55)
common/num/nvno,noel,ivar(30,3)
common/pos/inc(55,2)
common/del/delt(55)
common/elem/nel,n
common/dbarra/deslb(2)
common/deslo/desl(40)
do 10 i=1,nel
call solve(i)
delt(i)=deslb(1)-deslb(2)
10 continue
return
end
```

```

subrotina para monta a matriz global
subroutine montak(ind)
real*8 rigid,cx,cy,cz,xk,xke,xy,delt
common/rige/ rigid
common/dire/cx(40),cy(40),cz(40)
common/num/nvno,noel,ivar(20,3)
common/pos/inc(40,2)
common/band/lband
common/mat/xk(1800)
common/mate/xke(21)
common/coord/xy(20,3)
common/del/delt(40)
common/elem/nel,n
nn=n*(n+1)/2
do 20 i=1,nn
  xk(i)=0.
) continue
do 10 i=1,nel
  call trelica(i,ind)
  call monta(i)
) continue
return
end

```

```

produto de uma matriz por um vetor
subroutine multi(n,m,a,v,r)
real*8 a,r,v
dimension a(n,m),r(n),v(m)
do 1 i=1,n
  r(i)=0.
do 2 j=1,m
  r(i)=r(i)+a(i,j)*v(j)
continue
return
end

```

```

funcao para calcular a posicao no vetor
function ijb(ijx,ijy,lband)
ib=lband*(lband+1)/2
if((ijx.gt.lband).or.(ijy.gt.lband))goto 10
ijb=ijy*(ijy-1)/2+ijx
return
) ijb=ib+ijy*(lband-1)+ijx-lband**2
return
end

```

```

subrotina monta a matriz de rigidez de cada elemento
subroutine trelica(i,ind)
real*8 rigid,ra,cx,cy,cz,xke,xy,delt,delta,xl
common/rige/ rigid
common/dire/cx(40),cy(40),cz(40)
common/pos/inc(40,2)
common/mate/xke(21)
common/coord/xy(20,3)
common/del/delt(40)
xl=sqrt((xy(inc(i,1),1)-xy(inc(i,2),1))**2+(xy(inc(i,1),2)-
1xy(inc(i,2),2))**2+(xy(inc(i,1),3)-xy(inc(i,2),3))**2)
cx(i)=(xy(inc(i,2),1)-xy(inc(i,1),1))/xl
cy(i)=(xy(inc(i,2),2)-xy(inc(i,1),2))/xl
cz(i)=(xy(inc(i,2),3)-xy(inc(i,1),3))/xl
if(ind.eq.1) then
  delta=1.
else if(delt(i).lt.0.) then
  delta=0.

```

```

end if
ra=rigid*sqrt(delta)
xke(1)=cx(i)*cx(i)*ra
xke(2)=cx(i)*cy(i)*ra
xke(3)=cy(i)*cy(i)*ra
xke(4)=cx(i)*cz(i)*ra
xke(5)=cy(i)*cz(i)*ra
xke(6)=cz(i)*cz(i)*ra
xke(7)=-xke(1)
xke(8)=-xke(2)
xke(9)=-xke(4)
xke(10)=xke(1)
xke(11)=xke(8)
xke(12)=-xke(3)
xke(13)=-xke(5)
xke(14)=xke(2)
xke(15)=xke(3)
xke(16)=-xke(4)
xke(17)=-xke(5)
xke(18)=-xke(6)
xke(19)=xke(4)
xke(20)=xke(5)
xke(21)=xke(6)
return
end

subrotina para montagem da matriz global
subroutine monta(icont)
real*8 xke,xk
common/num/nvno,noel,ivar(20,3)
common/pos/inc(40,2)
common/band/lband
common/mat/xk(1800)
common/mate/xke(21)
kl=0
do 1 k=1,noel
nol=inc(icont,k)
do 2 j=1,nvno
kl=kl+1
ilin=ivar(nol,j)
if(ilin.le.0)goto 2
kc=0
do 3 ii=1,noel
noc=inc(icont,ii)
do 4 jj=1,nvno
kc=kc+1
icol=ivar(noc,jj)
if((icol.le.0).or.(kc.lt.kl).or.(abs(icol-ilin).gt.(lband-1))
1.or.(icol.lt.ilin))goto 4
ijk=ijb(ilin,icol,lband)
ije=kc*(kc-1)/2+kl
xk(ijk)=xk(ijk)+xke(ije)
continue
continue
continue
continue
return
end

subrotina para triangularizacao da matriz simetrica
subroutine triang(n,lband,xk,xkl)
real*8 xk,xkl,a,b
dimension xk(1800),xkl(1800)
do 1 j=1,n

```

```

if(i.eq.j)then
  a=0.
  do 3 ii=i-1,1,-1
    if(abs(i-ii).gt.(lband-1))goto 5
    ij=ijb(ii,i,lband)
    a=a+xk1(ij)**2
    continue
    li=ijb(i,i,lband)

    if((xk1(li)-a).lt.0.) then
      write(*,'(a)') 'matriz nao positiva definida'
      return
    end if

    xk1(li)=sqrt(xk1(li)-a)
else
  b=0.
  do 4 ii=1,j-1
    if((abs(i-ii).gt.(lband-1)).or.(abs(j-ii).gt.(lband-1)))goto 4
    ll=ijb(ii,i,lband)
    ji=ijb(ii,j,lband)
    b=b+xk1(ll)*xk1(ji)
    continue
    kk=ijb(j,i,lband)
    il=ijb(j,j,lband)
    xk1(kk)=(xk1(kk)-b)/xk1(il)
end if
continue
continue
return
end

funcao para calcular o modulo de um vetor
real*8 function modul(vetor,n)
real*8 vetor,soma
dimension vetor(60)
soma=0.
do 10 i=1,n
  soma=soma+vetor(i)**2
continue
modul=sqrt(soma)
return
end

subrotina para calcular o produto de uma matriz triang. por um vetor
subroutine mmtv(n,lband,a,v,r)
real*8 a,v,r
dimension a(1800),v(60),r(60)
do 10 i=1,n
  r(i)=0.
  do 20 j=1,n
    if(abs(i-j).gt.(lband-1))goto 10
    if(i.gt.j)kk=ijb(j,i,lband)
    if(i.le.j)kk=ijb(i,j,lband)
    r(i)=r(i)+a(kk)*v(j)
  continue
continue
return
end

```

```

programa para inserir os dados da estrutura
subroutine input
implicit integer*4 (a-z)
real*4 xy1,xy2,xy3,f,g,raio,poa
character*10 fname
call ltela
call dtexto
write(*,'(30x,a)') 'ENTRADA DE DADOS'
write(*,'(/,a)') 'nome do arquivo: '
read(*,'(a10)',iostat=ios,err=1000)fname
goto 20
100 write(*,'(/,a)') 'nome invalido'
read(*,'(i2)')iresp
goto 10
open(5,file=fname,status='new',access='sequential',iostat=ios)
if (ios.eq.-1) then
write(*,'(/,a)') 'erro na abertura do arquivo'
read(*,'(i2)')iresp
goto 10
end if
write(*,'(/,a)') 'numero de nos:'
read(*,'(i5)')nnos
write(*,'(/,a)') 'numero de elementos:'
read(*,'(i5)')nel
write(*,'(/,a)') 'numero de variaveis por no:'
read(*,'(i5)')nvno
write(*,'(/,a)') 'numero de nos por elemento:'
read(*,'(i5)')noel
write(*,'(/,a)') 'numero de dados por elemento:'
read(*,'(i5)')ndado
write(*,'(/,a)') 'numero de graus de liberdade:'
read(*,'(i5)')n
write(5,11)nnos,nel,nvno,noel,ndado,n
format(6i5)
write(*,'(/,15x,a)') 'COORDENADAS DOS NOS'
do 1 i=1,nnos
write(*,'(/,a,i2,a)') 'no',i,' : '
read(*,'(3f6.3)')xy1,xy2,xy3
write(5,12)xy1,xy2,xy3
continue
2 format(3f6.3)
write(*,'(/,15x,a)') 'DADOS DE CADA ELEMENTO'
do 2 i=1,nel
write(*,'(/,a,i2,a)') 'nos do elemento',i,' : '
read(*,'(2i5)')inc1,inc2
write(5,13)inc1,inc2
continue
3 format(2i5)
leitura da numeracao dos deslocamentos dos nos
write(*,'(/,15x,a)') 'NUMERACAO DOS DESLOCAMENTOS'
do 3 i=1,nnos
write(*,'(/,a,i2,a)') 'numero dos desl.do no',i,' : '
read(*,'(3i5)')iva1,iva2,iva3
write(5,15)iva1,iva2,iva3
continue
5 format(3i5)
leitura das forcas externas
write(*,'(/,15x,a)') 'FORCAS EXTERNAS '
do 4 j=1,n
write(*,'(/,a,i2,a)') 'forca externa',j,' : '
read(*,'(f10.5)')f
write(5,17)f
continue
7 format(f10.5)

```

```
write(*,'(/,a\\')' modulo de cisalhamento: '  
read(*,'(f10.5)')g  
write(*,'(/,a\\')' raio do elemento: '  
read(*,'(f10.5)')raio  
write(*,'(/,a\\')' coeficiente de poisson: '  
read(*,'(f10.5)')poa  
write(5,18)g,raio,poa  
format(f10.5,1x,f10.5,1x,f10.5)  
close(unit=5)  
return  
end
```

```

call ltela
call dtexto
write(*,'(//,30x,a)')'PROGRAMA GRAFICO'
write(*,'(//,10x,a)')'1- INSERIR.'
write(*,'(//,10x,a)')'2- RODAR.'
write(*,'(////,10x,a\')')'DIGITE A OPCAO:'
read(*,'(i2)',err=100)iop
if(iop.eq.0)then
goto 200
else if(iop.gt.2) then
write(*,'(////,10x,a\')')'OPCAO INVALIDA'
read(*,'(i2)')iresp
goto 10
end if
goto 20
0 write(*,'(////,10x,a\')')'NUMERO INVALIDO'
read(*,'(i2)')iresp
goto 10
goto(30,40)iop
call input
goto 10
call barra
goto 10
0 stop
end

```

subrotina para resolver um sistema triangular inferior

```

subroutine sistin(n,lband,xk1,y,f)
real*8 xk1,f,y,soma
dimension xk1(650),f(40),y(40)
do 30 i=1,n
y(i)=0.
continue
do 10 i=1,n
soma=0.
do 20 j=1,i-1
if(abs(i-j).gt.(lband-1))goto 20
ij=ijb(j,i,lband)
soma=soma+y(j)*xk1(ij)
continue
ji=ijb(i,i,lband)
y(i)=(f(i)-soma)/xk1(ji)
continue
return
end

```

subrotina para resolucao de um sistema triang. superior

```

subroutine sistisu(n,lband,xk1,desl,y)
real*8 xk1,desl,y,somat
dimension xk1(650),desl(40),y(40)
do 30 i=1,n
desl(i)=0.
continue
do 10 i=n,1,-1
somat=0.
do 20 j=i+1,n
if(abs(i-j).gt.(lband-1))goto 22
k1=ijb(i,j,lband)
somat=somat+xk1(k1)*desl(j)
continue
jj=ijb(i,i,lband)
desl(i)=(y(i)-somat)/xk1(jj)
continue
return

```

subrotina para calculo dos deslocamentos da barra

subroutine solve(lcont)

real*8 cx,cy,cz,desl,deslb,xte,deslx

common/dire/cx(100),cy(100),cz(100)

common/num/nvno,noel,ivar(30,3)

common/pos/inc(100,2)

common/deslo/desl(40)

common/dbarra/deslb(2)

dimension xte(2,6),deslx(6)

do 10 ki=1,2

do 20 ik=1,6

xte(ki,ik)=0.

continue

continue

xte(1,1)=cx(lcont)

xte(1,2)=cy(lcont)

xte(1,3)=cz(lcont)

xte(2,4)=cx(lcont)

xte(2,5)=cy(lcont)

xte(2,6)=cz(lcont)

m=nvno*noel

ni=noel

montagem do vetor de deslocamento em XYZ

kk=0

do 30 j=1,noel

do 40 k=1,nvno

kk=kk+1

if(ivar(inc(lcont,j),k).eq.0)then

deslx(kk)=0.

else

deslx(kk)=desl(ivar(inc(lcont,j),k))

end if

continue

continue

multiplicacao [xte]*[deslx]

call multi(ni,m,xte,deslx,deslb)

return

end

subrotina para calcular o residuo entre dois vetores

subroutine residu(n,resi,f,carga)

real*8 resi,f,carga

dimension resi(40),f(40),carga(40)

do 10 i=1,n

resi(i)=f(i)-carga(i)

continue

return

end

APÊNDICE 4

Resultados fornecidos pelo programa, correspondentes às forças de contato (N) e aos deslocamentos (cm), para diferentes níveis de carga (N).

I						I
I		DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				I
I		NIVEL DE CARGA: 10.00				I
I						I
I	ELEMENTO	I	FORÇA	I	DESL1	I
I	1	I	.000	I	.000	I
I	2	I	.000	I	.000	I
I	3	I	.000	I	.000	I
I	4	I	.000	I	.000	I
I	5	I	-6.629	I	.000	I
I	6	I	-7.108	I	.000	I
I	7	I	-7.059	I	.000	I
I	8	I	-8.119	I	.000	I
I	9	I	-8.119	I	.000	I
I	10	I	-7.059	I	.000	I
I	11	I	-7.108	I	.000	I
I	12	I	-6.629	I	.000	I
I	13	I	.000	I	.001	I
I	14	I	-.611	I	.002	I
I	15	I	.000	I	-.002	I
I	16	I	-7.109	I	-.019	I
I	17	I	.000	I	.000	I
I	18	I	-6.629	I	-.018	I
I	19	I	-8.721	I	-.020	I
I	20	I	-1.345	I	.006	I
I	21	I	-6.457	I	-.019	I
I	22	I	-6.457	I	-.019	I
I	23	I	-1.345	I	.000	I
I	24	I	-8.721	I	-.020	I
I	25	I	-6.629	I	-.018	I
I	26	I	.000	I	-.006	I
I	27	I	-7.109	I	-.019	I
I	28	I	-7.109	I	-.037	I
I	29	I	-10.039	I	-.042	I
I	30	I	-5.308	I	-.036	I
I	31	I	-6.457	I	-.036	I
I	32	I	-6.457	I	-.036	I
I	33	I	-5.308	I	-.036	I
I	34	I	-10.039	I	-.042	I
I	35	I	-7.109	I	-.037	I
I	36	I	-1.525	I	.009	I
I	37	I	-1.042	I	.003	I
I	38	I	-1.525	I	-.003	I
I	39	I	-11.545	I	-.065	I
I	40	I	-.195	I	.000	I
I	41	I	-5.600	I	-.056	I
I	42	I	-5.977	I	-.054	I
I	43	I	.000	I	-.002	I
I	44	I	-5.788	I	-.051	I
I	45	I	.000	I	.000	I
I	46	I	-5.788	I	-.051	I
I	47	I	-5.977	I	-.054	I
I	48	I	-5.600	I	-.056	I
I	49	I	-11.545	I	-.065	I
I	50	I	-.195	I	.002	I
I						I

I		I		I		I
I	DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO					I
I	NIVEL DE CARGA: 20.00					I
I						I
I	ELEMENTO	I	FORÇA	I	DESL1	I
I	1	I	.000	I	.000	I
I	2	I	.000	I	.000	I
I	3	I	.000	I	.000	I
I	4	I	.000	I	.000	I
I	5	I	-13.211	I	.000	I
I	6	I	-14.158	I	.000	I
I	7	I	-14.058	I	.000	I
I	8	I	-16.152	I	.000	I
I	9	I	-16.152	I	.000	I
I	10	I	-14.058	I	.000	I
I	11	I	-14.158	I	.000	I
I	12	I	-13.211	I	.000	I
I	13	I	.000	I	.001	I
I	14	I	-1.201	I	.003	I
I	15	I	.000	I	-.003	I
I	16	I	-14.158	I	-.030	I
I	17	I	.000	I	.000	I
I	18	I	-13.211	I	-.028	I
I	19	I	-17.353	I	-.032	I
I	20	I	-2.652	I	.010	I
I	21	I	-12.857	I	-.029	I
I	22	I	-12.857	I	-.029	I
I	23	I	-2.652	I	.000	I
I	24	I	-17.353	I	-.032	I
I	25	I	-13.211	I	-.028	I
I	26	I	.000	I	-.010	I
I	27	I	-14.158	I	-.030	I
I	28	I	-14.158	I	-.059	I
I	29	I	-20.005	I	-.066	I
I	30	I	-10.559	I	-.056	I
I	31	I	-12.857	I	-.057	I
I	32	I	-12.857	I	-.057	I
I	33	I	-10.559	I	-.056	I
I	34	I	-20.005	I	-.066	I
I	35	I	-14.158	I	-.059	I
I	36	I	-3.027	I	.015	I
I	37	I	-2.070	I	.004	I
I	38	I	-3.027	I	-.004	I
I	39	I	-23.032	I	-.103	I
I	40	I	-.384	I	.000	I
I	41	I	-11.131	I	-.089	I
I	42	I	-11.900	I	-.085	I
I	43	I	.000	I	-.003	I
I	44	I	-11.516	I	-.081	I
I	45	I	.000	I	.000	I
I	46	I	-11.516	I	-.081	I
I	47	I	-11.900	I	-.085	I
I	48	I	-11.131	I	-.089	I
I	49	I	-23.032	I	-.103	I
I	50	I	-.384	I	.003	I

I-----I								
I	DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				I			
I	NIVEL DE CARGA: 30.00				I			
I-----I								
I	ELEMENTO	I	FORÇA	I	DESL1	I	DESL2	I
I	1	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	2	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	3	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	4	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	5	I	-19.932	I	.000	I	-.037	I
I	6	I	-21.362	I	.000	I	-.039	I
I	7	I	-21.211	I	.000	I	-.039	I
I	8	I	-24.371	I	.000	I	-.042	I
I	9	I	-24.371	I	.000	I	-.042	I
I	10	I	-21.211	I	.000	I	-.039	I
I	11	I	-21.362	I	.000	I	-.039	I
I	12	I	-19.932	I	.000	I	-.037	I
I	13	I	.000	I	.002	I	.004	I
I	14	I	-1.812	I	.004	I	-.004	I
I	15	I	.000	I	-.004	I	-.002	I
I	16	I	-21.362	I	-.039	I	-.078	I
I	17	I	.000	I	.000	I	.013	I
I	18	I	-19.932	I	-.037	I	-.074	I
I	19	I	-26.183	I	-.042	I	-.087	I
I	20	I	-4.001	I	.013	I	.000	I
I	21	I	-19.400	I	-.039	I	-.075	I
I	22	I	-19.400	I	-.039	I	-.075	I
I	23	I	-4.001	I	.000	I	-.013	I
I	24	I	-26.183	I	-.042	I	-.087	I
I	25	I	-19.932	I	-.037	I	-.074	I
I	26	I	.000	I	-.013	I	.000	I
I	27	I	-21.362	I	-.039	I	-.078	I
I	28	I	-21.362	I	-.078	I	-.117	I
I	29	I	-30.184	I	-.087	I	-.136	I
I	30	I	-15.931	I	-.074	I	-.106	I
I	31	I	-19.400	I	-.075	I	-.112	I
I	32	I	-19.400	I	-.075	I	-.112	I
I	33	I	-15.931	I	-.074	I	-.106	I
I	34	I	-30.184	I	-.087	I	-.136	I
I	35	I	-21.362	I	-.078	I	-.117	I
I	36	I	-4.567	I	.019	I	.005	I
I	37	I	-3.123	I	.005	I	-.005	I
I	38	I	-4.567	I	-.005	I	-.019	I
I	39	I	-34.750	I	-.136	I	-.190	I
I	40	I	-.580	I	.000	I	-.004	I
I	41	I	-16.795	I	-.117	I	-.150	I
I	42	I	-17.955	I	-.112	I	-.146	I
I	43	I	.000	I	-.004	I	.000	I
I	44	I	-17.375	I	-.106	I	-.140	I
I	45	I	.000	I	.000	I	.004	I
I	46	I	-17.375	I	-.106	I	-.140	I
I	47	I	-17.955	I	-.112	I	-.146	I
I	48	I	-16.795	I	-.117	I	-.150	I
I	49	I	-34.750	I	-.136	I	-.190	I
I	50	I	-.580	I	.004	I	.000	I
I-----I						I-----I		

I-----I						I		
I	DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO					I		
I	NIVEL DE CARGA: 50.00					I		
I-----I						I		
I	ELEMENTO	I	FORÇA	I	DESL1	I	DESL2	I
I	1	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	2	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	3	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	4	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	5	I	-33.004	I	.000	I	-.052	I
I	6	I	-35.371	I	.000	I	-.054	I
I	7	I	-35.122	I	.000	I	-.054	I
I	8	I	-40.353	I	.000	I	-.059	I
I	9	I	-40.353	I	.000	I	-.059	I
I	10	I	-35.122	I	.000	I	-.054	I
I	11	I	-35.371	I	.000	I	-.054	I
I	12	I	-33.004	I	.000	I	-.052	I
I	13	I	.000	I	.002	I	.005	I
I	14	I	-3.000	I	.005	I	-.005	I
I	15	I	.000	I	-.005	I	-.002	I
I	16	I	-35.371	I	-.054	I	-.109	I
I	17	I	.000	I	.000	I	.018	I
I	18	I	-33.004	I	-.052	I	-.104	I
I	19	I	-40.353	I	-.059	I	-.122	I
I	20	I	-6.625	I	.018	I	.000	I
I	21	I	-32.122	I	-.054	I	-.105	I
I	22	I	-32.122	I	-.054	I	-.105	I
I	23	I	-6.625	I	.000	I	-.018	I
I	24	I	-40.353	I	-.059	I	-.122	I
I	25	I	-33.004	I	-.052	I	-.104	I
I	26	I	.000	I	-.018	I	.000	I
I	27	I	-35.371	I	-.054	I	-.109	I
I	28	I	-35.371	I	-.109	I	-.163	I
I	29	I	-49.979	I	-.122	I	-.190	I
I	30	I	-26.379	I	-.104	I	-.149	I
I	31	I	-32.122	I	-.105	I	-.156	I
I	32	I	-32.122	I	-.105	I	-.156	I
I	33	I	-26.379	I	-.104	I	-.149	I
I	34	I	-49.979	I	-.122	I	-.190	I
I	35	I	-35.371	I	-.109	I	-.163	I
I	36	I	-7.562	I	.027	I	.008	I
I	37	I	-5.170	I	.008	I	-.008	I
I	38	I	-7.562	I	-.008	I	-.027	I
I	39	I	-57.540	I	-.190	I	-.266	I
I	40	I	-.961	I	.000	I	-.005	I
I	41	I	-27.810	I	-.163	I	-.210	I
I	42	I	-29.731	I	-.156	I	-.205	I
I	43	I	.000	I	-.005	I	.000	I
I	44	I	-28.770	I	-.149	I	-.196	I
I	45	I	.000	I	.000	I	.005	I
I	46	I	-28.770	I	-.149	I	-.196	I
I	47	I	-29.731	I	-.156	I	-.205	I
I	48	I	-27.810	I	-.163	I	-.210	I
I	49	I	-57.540	I	-.190	I	-.266	I
I	50	I	-.961	I	.005	I	.000	I
I-----I						I		

I-----I								
I					I			
I	DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				I			
I	NIVEL DE CARGA: 60.00				I			
I	I-----I				I			
I	ELEMENTO	I	FORÇA	I	DESL1	I	DESL2	I
I	1	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	2	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	3	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	4	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	5	I	-39.629	I	.000	I	-.059	I
I	6	I	-42.472	I	.000	I	-.062	I
I	7	I	-42.173	I	.000	I	-.061	I
I	8	I	-48.454	I	.000	I	-.067	I
I	9	I	-48.454	I	.000	I	-.067	I
I	10	I	-42.173	I	.000	I	-.061	I
I	11	I	-42.472	I	.000	I	-.062	I
I	12	I	-39.629	I	.000	I	-.059	I
I	13	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	14	I	-3.602	I	.000	I	-.006	I
I	15	I	.000	I	-.006	I	-.003	I
I	16	I	-42.472	I	-.062	I	-.123	I
I	17	I	.000	I	.000	I	.020	I
I	18	I	-39.629	I	-.059	I	-.117	I
I	19	I	-52.056	I	-.067	I	-.138	I
I	20	I	-7.955	I	.020	I	.000	I
I	21	I	-38.570	I	-.061	I	-.119	I
I	22	I	-38.570	I	-.061	I	-.119	I
I	23	I	-7.955	I	.000	I	-.020	I
I	24	I	-52.056	I	-.067	I	-.138	I
I	25	I	-39.629	I	-.059	I	-.117	I
I	26	I	.000	I	-.020	I	.000	I
I	27	I	-42.472	I	-.062	I	-.123	I
I	28	I	-42.472	I	-.123	I	-.185	I
I	29	I	-60.011	I	-.138	I	-.215	I
I	30	I	-31.674	I	-.117	I	-.168	I
I	31	I	-38.570	I	-.119	I	-.177	I
I	32	I	-38.570	I	-.119	I	-.177	I
I	33	I	-31.674	I	-.117	I	-.168	I
I	34	I	-60.011	I	-.138	I	-.215	I
I	35	I	-42.472	I	-.123	I	-.185	I
I	36	I	-9.080	I	.031	I	.009	I
I	37	I	-6.208	I	.009	I	-.009	I
I	38	I	-9.080	I	-.009	I	-.031	I
I	39	I	-69.091	I	-.215	I	-.300	I
I	40	I	-1.153	I	.000	I	-.006	I
I	41	I	-33.392	I	-.185	I	-.237	I
I	42	I	-35.699	I	-.177	I	-.231	I
I	43	I	.000	I	-.006	I	.000	I
I	44	I	-34.545	I	-.168	I	-.222	I
I	45	I	.000	I	.000	I	.006	I
I	46	I	-34.545	I	-.168	I	-.222	I
I	47	I	-35.699	I	-.177	I	-.231	I
I	48	I	-33.392	I	-.185	I	-.237	I
I	49	I	-69.091	I	-.215	I	-.300	I
I	50	I	-1.153	I	.006	I	.000	I
I-----I								
I					I			

I-----I					I			
I					I			
I	DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				I			
I	NIVEL DE CARGA: 70.00				I			
I	I-----I				I			
I	ELEMENTO	I	FORÇA	I	DESL1	I	DESL2	I
I	1	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	2	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	3	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	4	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	5	I	-46.580	I	.000	I	-.065	I
I	6	I	-49.921	I	.000	I	-.068	I
I	7	I	-49.569	I	.000	I	-.068	I
I	8	I	-56.952	I	.000	I	-.075	I
I	9	I	-56.952	I	.000	I	-.075	I
I	10	I	-49.569	I	.000	I	-.068	I
I	11	I	-49.921	I	.000	I	-.068	I
I	12	I	-46.580	I	.000	I	-.065	I
I	13	I	.000	I	.003	I	.007	I
I	14	I	-4.234	I	.007	I	-.007	I
I	15	I	.000	I	-.007	I	-.003	I
I	16	I	-49.921	I	-.068	I	-.137	I
I	17	I	.000	I	.000	I	.022	I
I	18	I	-46.580	I	-.065	I	-.131	I
I	19	I	-61.186	I	-.075	I	-.153	I
I	20	I	-9.351	I	.022	I	.000	I
I	21	I	-45.335	I	-.068	I	-.132	I
I	22	I	-45.335	I	-.068	I	-.132	I
I	23	I	-9.351	I	.000	I	-.022	I
I	24	I	-61.186	I	-.075	I	-.153	I
I	25	I	-46.580	I	-.065	I	-.131	I
I	26	I	.000	I	-.022	I	.000	I
I	27	I	-49.921	I	-.068	I	-.137	I
I	28	I	-49.921	I	-.137	I	-.205	I
I	29	I	-70.537	I	-.153	I	-.239	I
I	30	I	-37.229	I	-.131	I	-.187	I
I	31	I	-45.335	I	-.132	I	-.197	I
I	32	I	-45.335	I	-.132	I	-.197	I
I	33	I	-37.229	I	-.131	I	-.187	I
I	34	I	-70.537	I	-.153	I	-.239	I
I	35	I	-49.921	I	-.137	I	-.205	I
I	36	I	-10.672	I	.034	I	.010	I
I	37	I	-7.297	I	.010	I	-.010	I
I	38	I	-10.672	I	-.010	I	-.034	I
I	39	I	-81.209	I	-.239	I	-.334	I
I	40	I	-1.356	I	.000	I	-.006	I
I	41	I	-39.249	I	-.205	I	-.264	I
I	42	I	-41.960	I	-.197	I	-.258	I
I	43	I	.000	I	-.006	I	.000	I
I	44	I	-40.604	I	-.187	I	-.247	I
I	45	I	.000	I	.000	I	.006	I
I	46	I	-40.604	I	-.187	I	-.247	I
I	47	I	-41.960	I	-.197	I	-.258	I
I	48	I	-39.249	I	-.205	I	-.264	I
I	49	I	-81.209	I	-.239	I	-.334	I
I	50	I	-1.356	I	.006	I	.000	I
I	I-----I				I	I-----I		

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO					
NIVEL DE CARGA: 80.00					
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2		
1	.000	.000	.000		
2	.000	.000	.000		
3	.000	.000	.000		
4	.000	.000	.000		
5	-53.220	.000	-.071		
6	-57.037	.000	-.075		
7	-56.635	.000	-.075		
8	-65.071	.000	-.082		
9	-65.071	.000	-.082		
10	-56.635	.000	-.075		
11	-57.037	.000	-.075		
12	-53.220	.000	-.071		
13	.000	.003	.007		
14	-4.838	.007	-.007		
15	.000	-.007	-.003		
16	-57.037	-.075	-.150		
17	.000	.000	.025		
18	-53.220	-.071	-.143		
19	-69.908	-.082	-.167		
20	-10.683	.025	.000		
21	-51.798	-.075	-.145		
22	-51.798	-.075	-.145		
23	-10.683	.000	-.025		
24	-69.908	-.082	-.167		
25	-53.220	-.071	-.143		
26	.000	-.025	.000		
27	-57.037	-.075	-.150		
28	-57.037	-.150	-.225		
29	-80.592	-.167	-.262		
30	-42.536	-.143	-.205		
31	-51.798	-.145	-.215		
32	-51.798	-.145	-.215		
33	-42.536	-.143	-.205		
34	-80.592	-.167	-.262		
35	-57.037	-.150	-.225		
36	-12.194	.037	.010		
37	-8.338	.010	-.010		
38	-12.194	-.010	-.037		
39	-92.785	-.262	-.365		
40	-1.549	.000	-.007		
41	-44.844	-.225	-.288		
42	-47.941	-.215	-.282		
43	.000	-.007	.000		
44	-46.393	-.205	-.270		
45	.000	.000	.007		
46	-46.393	-.205	-.270		
47	-47.941	-.215	-.282		
48	-44.844	-.225	-.288		
49	-92.785	-.262	-.365		
50	-1.549	.007	.000		

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO						
NIVEL DE CARGA: 90.00						
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2			
1	.000	.000	.000			
2	.000	.000	.000			
3	.000	.000	.000			
4	.000	.000	.000			
5	-59.842	.000	-.077			
6	-64.135	.000	-.081			
7	-63.683	.000	-.081			
8	-73.168	.000	-.088			
9	-73.168	.000	-.088			
10	-63.683	.000	-.081			
11	-64.135	.000	-.081			
12	-59.842	.000	-.077			
13	.000	.004	.008			
14	-5.440	.008	-.008			
15	.000	-.008	-.004			
16	-64.135	-.081	-.162			
17	.000	.000	.027			
18	-59.842	-.077	-.155			
19	-78.608	-.088	-.181			
20	-12.013	.027	.000			
21	-58.243	-.081	-.156			
22	-58.243	-.081	-.156			
23	-12.013	.000	-.027			
24	-78.608	-.088	-.181			
25	-59.842	-.077	-.155			
26	.000	-.027	.000			
27	-64.135	-.081	-.162			
28	-64.135	-.162	-.243			
29	-90.620	-.181	-.283			
30	-47.830	-.155	-.221			
31	-58.243	-.156	-.232			
32	-58.243	-.156	-.232			
33	-47.830	-.155	-.221			
34	-90.620	-.181	-.283			
35	-64.135	-.162	-.243			
36	-13.711	.040	.011			
37	-9.375	.011	-.011			
38	-13.711	-.011	-.040			
39	-104.331	-.283	-.395			
40	-1.742	.000	-.007			
41	-50.424	-.243	-.312			
42	-53.907	-.232	-.304			
43	.000	-.007	.000			
44	-52.166	-.221	-.292			
45	.000	.000	.007			
46	-52.166	-.221	-.292			
47	-53.907	-.232	-.304			
48	-50.424	-.243	-.312			
49	-104.331	-.283	-.395			
50	-1.742	.007	.000			

I-----I						I		
I	DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO					I		
I	NIVEL DE CARGA: 100.00					I		
I-----I						I		
I	ELEMENTO	I	FORÇA	I	DESL1	I	DESL2	I
I	1	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	2	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	3	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	4	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	5	I	-66.464	I	.000	I	-.083	I
I	6	I	-71.231	I	.000	I	-.087	I
I	7	I	-70.730	I	.000	I	-.086	I
I	8	I	-81.264	I	.000	I	-.095	I
I	9	I	-81.264	I	.000	I	-.095	I
I	10	I	-70.730	I	.000	I	-.086	I
I	11	I	-71.231	I	.000	I	-.087	I
I	12	I	-66.464	I	.000	I	-.083	I
I	13	I	.000	I	.004	I	.008	I
I	14	I	-6.042	I	.008	I	-.008	I
I	15	I	.000	I	-.008	I	-.004	I
I	16	I	-71.231	I	-.087	I	-.174	I
I	17	I	.000	I	.000	I	.028	I
I	18	I	-66.464	I	-.083	I	-.166	I
I	19	I	-87.306	I	-.095	I	-.194	I
I	20	I	-13.342	I	.028	I	.000	I
I	21	I	-64.688	I	-.086	I	-.168	I
I	22	I	-64.688	I	-.086	I	-.168	I
I	23	I	-13.342	I	.000	I	-.028	I
I	24	I	-87.306	I	-.095	I	-.194	I
I	25	I	-66.464	I	-.083	I	-.166	I
I	26	I	.000	I	-.028	I	.000	I
I	27	I	-71.231	I	-.087	I	-.174	I
I	28	I	-71.231	I	-.174	I	-.260	I
I	29	I	-100.648	I	-.194	I	-.304	I
I	30	I	-53.122	I	-.166	I	-.237	I
I	31	I	-64.688	I	-.168	I	-.249	I
I	32	I	-64.688	I	-.168	I	-.249	I
I	33	I	-53.122	I	-.166	I	-.237	I
I	34	I	-100.648	I	-.194	I	-.304	I
I	35	I	-71.231	I	-.174	I	-.260	I
I	36	I	-15.228	I	.043	I	.012	I
I	37	I	-10.412	I	.012	I	-.012	I
I	38	I	-15.228	I	-.012	I	-.043	I
I	39	I	-115.876	I	-.304	I	-.424	I
I	40	I	-1.934	I	.000	I	-.008	I
I	41	I	-56.004	I	-.260	I	-.334	I
I	42	I	-59.872	I	-.249	I	-.327	I
I	43	I	.000	I	-.008	I	.000	I
I	44	I	-57.938	I	-.237	I	-.313	I
I	45	I	.000	I	.000	I	.008	I
I	46	I	-57.938	I	-.237	I	-.313	I
I	47	I	-59.872	I	-.249	I	-.327	I
I	48	I	-56.004	I	-.260	I	-.334	I
I	49	I	-115.876	I	-.304	I	-.424	I
I	50	I	-1.934	I	.008	I	.000	I
I-----I						I		

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 10.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	-7.937	.000	-.020	
5	-7.937	.000	-.020	
6	.000	.000	.000	
7	-7.937	.000	-.020	
8	-7.937	.000	-.020	
9	.000	.000	.000	
10	-7.937	.000	-.020	
11	-7.937	.000	-.020	
12	-7.937	.000	-.020	
13	-7.937	.000	-.020	
14	.000	.000	.000	
15	-7.937	.000	-.020	
16	.000	.000	.000	
17	-7.937	.000	-.020	
18	.000	.000	.000	
19	-7.937	.000	-.020	
20	.000	.000	.000	
21	-7.937	.000	-.020	
22	.000	.000	.000	
23	-7.937	.000	-.020	
24	-7.937	.000	-.020	
25	.000	.000	.000	
26	-7.937	.000	-.020	
27	-7.937	.000	-.020	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	-14.174	-.020	-.050	
33	-7.049	-.020	-.039	
34	.000	.000	.000	
35	-7.049	-.020	-.039	
36	-14.174	-.020	-.050	
37	.000	.000	.000	
38	-7.049	-.020	-.039	
39	-3.505	-.020	-.032	
40	-3.505	-.020	-.032	
41	-7.049	-.020	-.039	
42	.000	.000	.000	
43	-3.505	-.020	-.032	
44	.000	.000	.000	
45	-3.505	-.020	-.032	
46	.000	.000	.000	
47	-7.049	-.020	-.039	
48	.000	.000	.000	
49	-14.174	-.020	-.050	
50	.000	.000	.000	
51	-7.049	-.020	-.039	
52	-7.049	-.020	-.039	
53	.000	.000	.000	
54	-14.174	-.020	-.050	
55	-7.049	-.020	-.039	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 20.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	-15.872	.000	-.032	
5	-15.872	.000	-.032	
6	.000	.000	.000	
7	-15.872	.000	-.032	
8	-15.872	.000	-.032	
9	.000	.000	.000	
10	-15.872	.000	-.032	
11	-15.872	.000	-.032	
12	-15.872	.000	-.032	
13	-15.872	.000	-.032	
14	.000	.000	.000	
15	-15.872	.000	-.032	
16	.000	.000	.000	
17	-15.872	.000	-.032	
18	.000	.000	.000	
19	-15.872	.000	-.032	
20	.000	.000	.000	
21	-15.872	.000	-.032	
22	.000	.000	.000	
23	-15.872	.000	-.032	
24	-15.872	.000	-.032	
25	.000	.000	.000	
26	-15.872	.000	-.032	
27	-15.872	.000	-.032	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	-28.216	-.032	-.079	
33	-14.108	-.032	-.061	
34	.000	.000	.000	
35	-14.108	-.032	-.061	
36	-28.216	-.032	-.079	
37	.000	.000	.000	
38	-14.108	-.032	-.061	
39	-7.054	-.032	-.050	
40	-7.054	-.032	-.050	
41	-14.108	-.032	-.061	
42	.000	.000	.000	
43	-7.054	-.032	-.050	
44	.000	.000	.000	
45	-7.054	-.032	-.050	
46	.000	.000	.000	
47	-14.108	-.032	-.061	
48	.000	.000	.000	
49	-28.216	-.032	-.079	
50	.000	.000	.000	
51	-14.108	-.032	-.061	
52	-14.108	-.032	-.061	
53	.000	.000	.000	
54	-28.216	-.032	-.079	
55	-14.108	-.032	-.061	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 30.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	-23.948	.000	-.042	
5	-23.948	.000	-.042	
6	.000	.000	.000	
7	-23.948	.000	-.042	
8	-23.948	.000	-.042	
9	.000	.000	.000	
10	-23.948	.000	-.042	
11	-23.948	.000	-.042	
12	-23.948	.000	-.042	
13	-23.948	.000	-.042	
14	.000	.000	.000	
15	-23.948	.000	-.042	
16	.000	.000	.000	
17	-23.948	.000	-.042	
18	.000	.000	.000	
19	-23.948	.000	-.042	
20	.000	.000	.000	
21	-23.948	.000	-.042	
22	.000	.000	.000	
23	-23.948	.000	-.042	
24	-23.948	.000	-.042	
25	.000	.000	.000	
26	-23.948	.000	-.042	
27	-23.948	.000	-.042	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	-42.573	-.042	-.104	
33	-21.287	-.042	-.081	
34	.000	.000	.000	
35	-21.287	-.042	-.081	
36	-42.573	-.042	-.104	
37	.000	.000	.000	
38	-21.287	-.042	-.081	
39	-10.643	-.042	-.066	
40	-10.643	-.042	-.066	
41	-21.287	-.042	-.081	
42	.000	.000	.000	
43	-10.643	-.042	-.066	
44	.000	.000	.000	
45	-10.643	-.042	-.066	
46	.000	.000	.000	
47	-21.287	-.042	-.081	
48	.000	.000	.000	
49	-42.573	-.042	-.104	
50	.000	.000	.000	
51	-21.287	-.042	-.081	
52	-21.287	-.042	-.081	
53	.000	.000	.000	
54	-42.573	-.042	-.104	
55	-21.287	-.042	-.081	
56	.000	.000	.000	

I-----I								
I	I DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO I							
I	I NIVEL DE CARGA: 40.00 I							
I-----I								
I	ELEMENTO	I	FORÇA	I	DESL1	I	DESL2	I
I	1	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	2	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	3	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	4	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	5	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	6	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	7	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	8	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	9	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	10	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	11	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	12	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	13	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	14	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	15	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	16	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	17	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	18	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	19	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	20	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	21	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	22	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	23	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	24	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	25	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	26	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	27	I	-31.685	I	.000	I	-.051	I
I	28	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	29	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	30	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	31	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	32	I	-56.329	I	-.051	I	-.125	I
I	33	I	-28.164	I	-.051	I	-.097	I
I	34	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	35	I	-28.164	I	-.051	I	-.097	I
I	36	I	-56.329	I	-.051	I	-.125	I
I	37	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	38	I	-28.164	I	-.051	I	-.097	I
I	39	I	-14.082	I	-.051	I	-.080	I
I	40	I	-14.082	I	-.051	I	-.080	I
I	41	I	-28.164	I	-.051	I	-.097	I
I	42	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	43	I	-14.082	I	-.051	I	-.080	I
I	44	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	45	I	-14.082	I	-.051	I	-.080	I
I	46	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	47	I	-28.164	I	-.051	I	-.097	I
I	48	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	49	I	-56.329	I	-.051	I	-.125	I
I	50	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	51	I	-28.164	I	-.051	I	-.097	I
I	52	I	-28.164	I	-.051	I	-.097	I
I	53	I	.000	I	.000	I	.000	I
I	54	I	-56.329	I	-.051	I	-.125	I
I	55	I	-28.164	I	-.051	I	-.097	I
I	56	I	.000	I	.000	I	.000	I
I-----I								

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 50.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	-39.653	.000	-.059	
5	-39.653	.000	-.059	
6	.000	.000	.000	
7	-39.653	.000	-.059	
8	-39.653	.000	-.059	
9	.000	.000	.000	
10	-39.653	.000	-.059	
11	-39.653	.000	-.059	
12	-39.653	.000	-.059	
13	-39.653	.000	-.059	
14	.000	.000	.000	
15	-39.653	.000	-.059	
16	.000	.000	.000	
17	-39.653	.000	-.059	
18	.000	.000	.000	
19	-39.653	.000	-.059	
20	.000	.000	.000	
21	-39.653	.000	-.059	
22	.000	.000	.000	
23	-39.653	.000	-.059	
24	-39.653	.000	-.059	
25	.000	.000	.000	
26	-39.653	.000	-.059	
27	-39.653	.000	-.059	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	-70.494	-.059	-.145	
33	-35.247	-.059	-.113	
34	.000	.000	.000	
35	-35.247	-.059	-.113	
36	-70.494	-.059	-.145	
37	.000	.000	.000	
38	-35.247	-.059	-.113	
39	-17.623	-.059	-.093	
40	-17.623	-.059	-.093	
41	-35.247	-.059	-.113	
42	.000	.000	.000	
43	-17.623	-.059	-.093	
44	.000	.000	.000	
45	-17.623	-.059	-.093	
46	.000	.000	.000	
47	-35.247	-.059	-.113	
48	.000	.000	.000	
49	-70.494	-.059	-.145	
50	.000	.000	.000	
51	-35.247	-.059	-.113	
52	-35.247	-.059	-.113	
53	.000	.000	.000	
54	-70.494	-.059	-.145	
55	-35.247	-.059	-.113	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 60.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	-47.613	.000	-.066	
5	-47.613	.000	-.066	
6	.000	.000	.000	
7	-47.613	.000	-.066	
8	-47.613	.000	-.066	
9	.000	.000	.000	
10	-47.613	.000	-.066	
11	-47.613	.000	-.066	
12	-47.613	.000	-.066	
13	-47.613	.000	-.066	
14	.000	.000	.000	
15	-47.613	.000	-.066	
16	.000	.000	.000	
17	-47.613	.000	-.066	
18	.000	.000	.000	
19	-47.613	.000	-.066	
20	.000	.000	.000	
21	-47.613	.000	-.066	
22	.000	.000	.000	
23	-47.613	.000	-.066	
24	-47.613	.000	-.066	
25	.000	.000	.000	
26	-47.613	.000	-.066	
27	-47.613	.000	-.066	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	-84.644	-.066	-.164	
33	-42.322	-.066	-.128	
34	.000	.000	.000	
35	-42.322	-.066	-.128	
36	-84.644	-.066	-.164	
37	.000	.000	.000	
38	-42.322	-.066	-.128	
39	-21.161	-.066	-.105	
40	-21.161	-.066	-.105	
41	-42.322	-.066	-.128	
42	.000	.000	.000	
43	-21.161	-.066	-.105	
44	.000	.000	.000	
45	-21.161	-.066	-.105	
46	.000	.000	.000	
47	-42.322	-.066	-.128	
48	.000	.000	.000	
49	-84.644	-.066	-.164	
50	.000	.000	.000	
51	-42.322	-.066	-.128	
52	-42.322	-.066	-.128	
53	.000	.000	.000	
54	-84.644	-.066	-.164	
55	-42.322	-.066	-.128	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 70.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	-55.963	.000	-.074	
5	-55.963	.000	-.074	
6	.000	.000	.000	
7	-55.963	.000	-.074	
8	-55.963	.000	-.074	
9	.000	.000	.000	
10	-55.963	.000	-.074	
11	-55.963	.000	-.074	
12	-55.963	.000	-.074	
13	-55.963	.000	-.074	
14	.000	.000	.000	
15	-55.963	.000	-.074	
16	.000	.000	.000	
17	-55.963	.000	-.074	
18	.000	.000	.000	
19	-55.963	.000	-.074	
20	.000	.000	.000	
21	-55.963	.000	-.074	
22	.000	.000	.000	
23	-55.963	.000	-.074	
24	-55.963	.000	-.074	
25	.000	.000	.000	
26	-55.963	.000	-.074	
27	-55.963	.000	-.074	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	-99.490	-.074	-.182	
33	-49.745	-.074	-.142	
34	.000	.000	.000	
35	-49.745	-.074	-.142	
36	-99.490	-.074	-.182	
37	.000	.000	.000	
38	-49.745	-.074	-.142	
39	-24.873	-.074	-.117	
40	-24.873	-.074	-.117	
41	-49.745	-.074	-.142	
42	.000	.000	.000	
43	-24.873	-.074	-.117	
44	.000	.000	.000	
45	-24.873	-.074	-.117	
46	.000	.000	.000	
47	-49.745	-.074	-.142	
48	.000	.000	.000	
49	-99.490	-.074	-.182	
50	.000	.000	.000	
51	-49.745	-.074	-.142	
52	-49.745	-.074	-.142	
53	.000	.000	.000	
54	-99.490	-.074	-.182	
55	-49.745	-.074	-.142	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 80.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	-63.941	.000	-.081	
5	-63.941	.000	-.081	
6	.000	.000	.000	
7	-63.941	.000	-.081	
8	-63.941	.000	-.081	
9	.000	.000	.000	
10	-63.941	.000	-.081	
11	-63.941	.000	-.081	
12	-63.941	.000	-.081	
13	-63.941	.000	-.081	
14	.000	.000	.000	
15	-63.941	.000	-.081	
16	.000	.000	.000	
17	-63.941	.000	-.081	
18	.000	.000	.000	
19	-63.941	.000	-.081	
20	.000	.000	.000	
21	-63.941	.000	-.081	
22	.000	.000	.000	
23	-63.941	.000	-.081	
24	-63.941	.000	-.081	
25	.000	.000	.000	
26	-63.941	.000	-.081	
27	-63.941	.000	-.081	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	-113.673	-.081	-.199	
33	-56.836	-.081	-.155	
34	.000	.000	.000	
35	-56.836	-.081	-.155	
36	-113.673	-.081	-.199	
37	.000	.000	.000	
38	-56.836	-.081	-.155	
39	-28.418	-.081	-.128	
40	-28.418	-.081	-.128	
41	-56.836	-.081	-.155	
42	.000	.000	.000	
43	-28.418	-.081	-.128	
44	.000	.000	.000	
45	-28.418	-.081	-.128	
46	.000	.000	.000	
47	-56.836	-.081	-.155	
48	.000	.000	.000	
49	-113.673	-.081	-.199	
50	.000	.000	.000	
51	-56.836	-.081	-.155	
52	-56.836	-.081	-.155	
53	.000	.000	.000	
54	-113.673	-.081	-.199	
55	-56.836	-.081	-.155	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 90.00				
ELEMENTO	I	FORÇA	DES.1	DES.2
1	I	.000	.000	.000
2	I	.000	.000	.000
3	I	.000	.000	.000
4	I	-71.897	.000	-.087
5	I	-71.897	.000	-.087
6	I	.000	.000	.000
7	I	-71.897	.000	-.087
8	I	-71.897	.000	-.087
9	I	.000	.000	.000
10	I	-71.897	.000	-.087
11	I	-71.897	.000	-.087
12	I	-71.897	.000	-.087
13	I	-71.897	.000	-.087
14	I	.000	.000	.000
15	I	-71.897	.000	-.087
16	I	.000	.000	.000
17	I	-71.897	.000	-.087
18	I	.000	.000	.000
19	I	-71.897	.000	-.087
20	I	.000	.000	.000
21	I	-71.897	.000	-.087
22	I	.000	.000	.000
23	I	-71.897	.000	-.087
24	I	-71.897	.000	-.087
25	I	.000	.000	.000
26	I	-71.897	.000	-.087
27	I	-71.897	.000	-.087
28	I	.000	.000	.000
29	I	.000	.000	.000
30	I	.000	.000	.000
31	I	.000	.000	.000
32	I	-127.818	-.087	-.216
33	I	-63.909	-.087	-.168
34	I	.000	.000	.000
35	I	-63.909	-.087	-.168
36	I	-127.818	-.087	-.216
37	I	.000	.000	.000
38	I	-63.909	-.087	-.168
39	I	-31.954	-.087	-.138
40	I	-31.954	-.087	-.138
41	I	-63.909	-.087	-.168
42	I	.000	.000	.000
43	I	-31.954	-.087	-.138
44	I	.000	.000	.000
45	I	-31.954	-.087	-.138
46	I	.000	.000	.000
47	I	-63.909	-.087	-.168
48	I	.000	.000	.000
49	I	-127.818	-.087	-.216
50	I	.000	.000	.000
51	I	-63.909	-.087	-.168
52	I	-63.909	-.087	-.168
53	I	.000	.000	.000
54	I	-127.818	-.087	-.216
55	I	-63.909	-.087	-.168
56	I	.000	.000	.000

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 100.00				
ELEMENTO	I	FORÇA	DES.1	DES.2
1	I	.000	.000	.000
2	I	.000	.000	.000
3	I	.000	.000	.000
4	I	-79.853	.000	-.094
5	I	-79.853	.000	-.094
6	I	.000	.000	.000
7	I	-79.853	.000	-.094
8	I	-79.853	.000	-.094
9	I	.000	.000	.000
10	I	-79.853	.000	-.094
11	I	-79.853	.000	-.094
12	I	-79.853	.000	-.094
13	I	-79.853	.000	-.094
14	I	.000	.000	.000
15	I	-79.853	.000	-.094
16	I	.000	.000	.000
17	I	-79.853	.000	-.094
18	I	.000	.000	.000
19	I	-79.853	.000	-.094
20	I	.000	.000	.000
21	I	-79.853	.000	-.094
22	I	.000	.000	.000
23	I	-79.853	.000	-.094
24	I	-79.853	.000	-.094
25	I	.000	.000	.000
26	I	-79.853	.000	-.094
27	I	-79.853	.000	-.094
28	I	.000	.000	.000
29	I	.000	.000	.000
30	I	.000	.000	.000
31	I	.000	.000	.000
32	I	-141.961	-.094	-.231
33	I	-70.981	-.094	-.180
34	I	.000	.000	.000
35	I	-70.981	-.094	-.180
36	I	-141.961	-.094	-.231
37	I	.000	.000	.000
38	I	-70.981	-.094	-.180
39	I	-35.490	-.094	-.148
40	I	-35.490	-.094	-.148
41	I	-70.981	-.094	-.180
42	I	.000	.000	.000
43	I	-35.490	-.094	-.148
44	I	.000	.000	.000
45	I	-35.490	-.094	-.148
46	I	.000	.000	.000
47	I	-70.981	-.094	-.180
48	I	.000	.000	.000
49	I	-141.961	-.094	-.231
50	I	.000	.000	.000
51	I	-70.981	-.094	-.180
52	I	-70.981	-.094	-.180
53	I	.000	.000	.000
54	I	-141.961	-.094	-.231
55	I	-70.981	-.094	-.180
56	I	.000	.000	.000

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 110.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	-87.809	.000	-1.00	
5	-87.809	.000	-1.00	
6	.000	.000	.000	
7	-87.809	.000	-1.00	
8	-87.809	.000	-1.00	
9	.000	.000	.000	
10	-87.809	.000	-1.00	
11	-87.809	.000	-1.00	
12	-87.809	.000	-1.00	
13	-87.809	.000	-1.00	
14	.000	.000	.000	
15	-87.809	.000	-1.00	
16	.000	.000	.000	
17	-87.809	.000	-1.00	
18	.000	.000	.000	
19	-87.809	.000	-1.00	
20	.000	.000	.000	
21	-87.809	.000	-1.00	
22	.000	.000	.000	
23	-87.809	.000	-1.00	
24	-87.809	.000	-1.00	
25	.000	.000	.000	
26	-87.809	.000	-1.00	
27	-87.809	.000	-1.00	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	-156.106	-1.00	-2.46	
33	-78.053	-1.00	-1.92	
34	.000	.000	.000	
35	-78.053	-1.00	-1.92	
36	-156.106	-1.00	-2.46	
37	.000	.000	.000	
38	-78.053	-1.00	-1.92	
39	-39.026	-1.00	-1.58	
40	-39.026	-1.00	-1.58	
41	-78.053	-1.00	-1.92	
42	.000	.000	.000	
43	-39.026	-1.00	-1.58	
44	.000	.000	.000	
45	-39.026	-1.00	-1.58	
46	.000	.000	.000	
47	-78.053	-1.00	-1.92	
48	.000	.000	.000	
49	-156.106	-1.00	-2.46	
50	.000	.000	.000	
51	-78.053	-1.00	-1.92	
52	-78.053	-1.00	-1.92	
53	.000	.000	.000	
54	-156.106	-1.00	-2.46	
55	-78.053	-1.00	-1.92	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 120.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	-95.766	.000	-1.06	
5	-95.766	.000	-1.06	
6	.000	.000	.000	
7	-95.766	.000	-1.06	
8	-95.766	.000	-1.06	
9	.000	.000	.000	
10	-95.766	.000	-1.06	
11	-95.766	.000	-1.06	
12	-95.766	.000	-1.06	
13	-95.766	.000	-1.06	
14	.000	.000	.000	
15	-95.766	.000	-1.06	
16	.000	.000	.000	
17	-95.766	.000	-1.06	
18	.000	.000	.000	
19	-95.766	.000	-1.06	
20	.000	.000	.000	
21	-95.766	.000	-1.06	
22	.000	.000	.000	
23	-95.766	.000	-1.06	
24	-95.766	.000	-1.06	
25	.000	.000	.000	
26	-95.766	.000	-1.06	
27	-95.766	.000	-1.06	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	-170.250	-1.06	-2.61	
33	-85.125	-1.06	-2.04	
34	.000	.000	.000	
35	-85.125	-1.06	-2.04	
36	-170.250	-1.06	-2.61	
37	.000	.000	.000	
38	-85.125	-1.06	-2.04	
39	-42.563	-1.06	-1.67	
40	-42.563	-1.06	-1.67	
41	-85.125	-1.06	-2.04	
42	.000	.000	.000	
43	-42.563	-1.06	-1.67	
44	.000	.000	.000	
45	-42.563	-1.06	-1.67	
46	.000	.000	.000	
47	-85.125	-1.06	-2.04	
48	.000	.000	.000	
49	-170.250	-1.06	-2.61	
50	.000	.000	.000	
51	-85.125	-1.06	-2.04	
52	-85.125	-1.06	-2.04	
53	.000	.000	.000	
54	-170.250	-1.06	-2.61	
55	-85.125	-1.06	-2.04	
56	.000	.000	.000	

I-----I				
I				
I	DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO			
I	NIVEL DE CARGA: 130.00			
I	I-----I			
I	ELEMENTO	I	FORÇA	I
I		I	DESL1	I
I		I	DESL2	I
I	1	I	.000	I
I	2	I	.000	I
I	3	I	.000	I
I	4	I	-103.722	I
I	5	I	-103.722	I
I	6	I	.000	I
I	7	I	-103.722	I
I	8	I	-103.722	I
I	9	I	.000	I
I	10	I	-103.722	I
I	11	I	-103.722	I
I	12	I	-103.722	I
I	13	I	-103.722	I
I	14	I	.000	I
I	15	I	-103.722	I
I	16	I	.000	I
I	17	I	-103.722	I
I	18	I	.000	I
I	19	I	-103.722	I
I	20	I	.000	I
I	21	I	-103.722	I
I	22	I	.000	I
I	23	I	-103.722	I
I	24	I	-103.722	I
I	25	I	.000	I
I	26	I	-103.722	I
I	27	I	-103.722	I
I	28	I	.000	I
I	29	I	.000	I
I	30	I	.000	I
I	31	I	.000	I
I	32	I	-184.395	I
I	33	I	-92.198	I
I	34	I	.000	I
I	35	I	-92.198	I
I	36	I	-184.395	I
I	37	I	.000	I
I	38	I	-92.198	I
I	39	I	-46.099	I
I	40	I	-46.099	I
I	41	I	-92.198	I
I	42	I	.000	I
I	43	I	-46.099	I
I	44	I	.000	I
I	45	I	-46.099	I
I	46	I	.000	I
I	47	I	-92.198	I
I	48	I	.000	I
I	49	I	-184.395	I
I	50	I	.000	I
I	51	I	-92.198	I
I	52	I	-92.198	I
I	53	I	.000	I
I	54	I	-184.395	I
I	55	I	-92.198	I
I	56	I	.000	I
I	I-----I			

I-----I				
I				
I	DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO			
I	NIVEL DE CARGA: 140.00			
I	I-----I			
I	ELEMENTO	I	FORÇA	I
I		I	DESL1	I
I		I	DESL2	I
I	1	I	.000	I
I	2	I	.000	I
I	3	I	.000	I
I	4	I	-110.856	I
I	5	I	-110.856	I
I	6	I	.000	I
I	7	I	-110.856	I
I	8	I	-110.856	I
I	9	I	.000	I
I	10	I	-110.856	I
I	11	I	-110.856	I
I	12	I	-110.856	I
I	13	I	-110.856	I
I	14	I	.000	I
I	15	I	-110.856	I
I	16	I	.000	I
I	17	I	-110.856	I
I	18	I	.000	I
I	19	I	-110.856	I
I	20	I	.000	I
I	21	I	-110.856	I
I	22	I	.000	I
I	23	I	-110.856	I
I	24	I	-110.856	I
I	25	I	.000	I
I	26	I	-110.856	I
I	27	I	-110.856	I
I	28	I	.000	I
I	29	I	.000	I
I	30	I	.000	I
I	31	I	.000	I
I	32	I	-197.078	I
I	33	I	-98.539	I
I	34	I	.000	I
I	35	I	-98.539	I
I	36	I	-197.078	I
I	37	I	.000	I
I	38	I	-98.539	I
I	39	I	-49.269	I
I	40	I	-49.269	I
I	41	I	-98.539	I
I	42	I	.000	I
I	43	I	-49.269	I
I	44	I	.000	I
I	45	I	-49.269	I
I	46	I	.000	I
I	47	I	-98.539	I
I	48	I	.000	I
I	49	I	-197.078	I
I	50	I	.000	I
I	51	I	-98.539	I
I	52	I	-98.539	I
I	53	I	.000	I
I	54	I	-197.078	I
I	55	I	-98.539	I
I	56	I	.000	I
I	I-----I			

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 150.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	I-118.914	.000	-.122	
5	I-118.914	.000	-.122	
6	.000	.000	.000	
7	I-118.914	.000	-.122	
8	I-118.914	.000	-.122	
9	.000	.000	.000	
10	I-118.914	.000	-.122	
11	I-118.914	.000	-.122	
12	I-118.914	.000	-.122	
13	I-118.914	.000	-.122	
14	.000	.000	.000	
15	I-118.914	.000	-.122	
16	.000	.000	.000	
17	I-118.914	.000	-.122	
18	.000	.000	.000	
19	I-118.914	.000	-.122	
20	.000	.000	.000	
21	I-118.914	.000	-.122	
22	.000	.000	.000	
23	I-118.914	.000	-.122	
24	I-118.914	.000	-.122	
25	.000	.000	.000	
26	I-118.914	.000	-.122	
27	I-118.914	.000	-.122	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	I-211.402	-.122	-.301	
33	I-105.701	-.122	-.235	
34	.000	.000	.000	
35	I-105.701	-.122	-.235	
36	I-211.402	-.122	-.301	
37	.000	.000	.000	
38	I-105.701	-.122	-.235	
39	I-52.851	-.122	-.193	
40	I-52.851	-.122	-.193	
41	I-105.701	-.122	-.235	
42	.000	.000	.000	
43	I-52.851	-.122	-.193	
44	.000	.000	.000	
45	I-52.851	-.122	-.193	
46	.000	.000	.000	
47	I-105.701	-.122	-.235	
48	.000	.000	.000	
49	I-211.402	-.122	-.301	
50	.000	.000	.000	
51	I-105.701	-.122	-.235	
52	I-105.701	-.122	-.235	
53	.000	.000	.000	
54	I-211.402	-.122	-.301	
55	I-105.701	-.122	-.235	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 150.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	I-126.860	.000	-.128	
5	I-126.860	.000	-.128	
6	.000	.000	.000	
7	I-126.860	.000	-.128	
8	I-126.860	.000	-.128	
9	.000	.000	.000	
10	I-126.860	.000	-.128	
11	I-126.860	.000	-.128	
12	I-126.860	.000	-.128	
13	I-126.860	.000	-.128	
14	.000	.000	.000	
15	I-126.860	.000	-.128	
16	.000	.000	.000	
17	I-126.860	.000	-.128	
18	.000	.000	.000	
19	I-126.860	.000	-.128	
20	.000	.000	.000	
21	I-126.860	.000	-.128	
22	.000	.000	.000	
23	I-126.860	.000	-.128	
24	I-126.860	.000	-.128	
25	.000	.000	.000	
26	I-126.860	.000	-.128	
27	I-126.860	.000	-.128	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	I-225.529	-.128	-.315	
33	I-112.765	-.128	-.245	
34	.000	.000	.000	
35	I-112.765	-.128	-.245	
36	I-225.529	-.128	-.315	
37	.000	.000	.000	
38	I-112.765	-.128	-.245	
39	I-56.382	-.128	-.202	
40	I-56.382	-.128	-.202	
41	I-112.765	-.128	-.245	
42	.000	.000	.000	
43	I-56.382	-.128	-.202	
44	.000	.000	.000	
45	I-56.382	-.128	-.202	
46	.000	.000	.000	
47	I-112.765	-.128	-.245	
48	.000	.000	.000	
49	I-225.529	-.128	-.315	
50	.000	.000	.000	
51	I-112.765	-.128	-.245	
52	I-112.765	-.128	-.245	
53	.000	.000	.000	
54	I-225.529	-.128	-.315	
55	I-112.765	-.128	-.245	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 170.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	I-134.820	.000	-.133	
5	I-134.820	.000	-.133	
6	.000	.000	.000	
7	I-134.820	.000	-.133	
8	I-134.820	.000	-.133	
9	.000	.000	.000	
10	I-134.820	.000	-.133	
11	I-134.820	.000	-.133	
12	I-134.820	.000	-.133	
13	I-134.820	.000	-.133	
14	.000	.000	.000	
15	I-134.820	.000	-.133	
16	.000	.000	.000	
17	I-134.820	.000	-.133	
18	.000	.000	.000	
19	I-134.820	.000	-.133	
20	.000	.000	.000	
21	I-134.820	.000	-.133	
22	.000	.000	.000	
23	I-134.820	.000	-.133	
24	I-134.820	.000	-.133	
25	.000	.000	.000	
26	I-134.820	.000	-.133	
27	I-134.820	.000	-.133	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	I-239.600	-.133	-.328	
33	I-119.840	-.133	-.256	
34	.000	.000	.000	
35	I-119.840	-.133	-.256	
36	I-239.600	-.133	-.328	
37	.000	.000	.000	
38	I-119.840	-.133	-.256	
39	I-59.920	-.133	-.210	
40	I-59.920	-.133	-.210	
41	I-119.840	-.133	-.256	
42	.000	.000	.000	
43	I-59.920	-.133	-.210	
44	.000	.000	.000	
45	I-59.920	-.133	-.210	
46	.000	.000	.000	
47	I-119.840	-.133	-.256	
48	.000	.000	.000	
49	I-239.600	-.133	-.328	
50	.000	.000	.000	
51	I-119.840	-.133	-.256	
52	I-119.840	-.133	-.256	
53	.000	.000	.000	
54	I-239.600	-.133	-.328	
55	I-119.840	-.133	-.256	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 180.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	I-142.778	.000	-.138	
5	I-142.778	.000	-.138	
6	.000	.000	.000	
7	I-142.778	.000	-.138	
8	I-142.778	.000	-.138	
9	.000	.000	.000	
10	I-142.778	.000	-.138	
11	I-142.778	.000	-.138	
12	I-142.778	.000	-.138	
13	I-142.778	.000	-.138	
14	.000	.000	.000	
15	I-142.778	.000	-.138	
16	.000	.000	.000	
17	I-142.778	.000	-.138	
18	.000	.000	.000	
19	I-142.778	.000	-.138	
20	.000	.000	.000	
21	I-142.778	.000	-.138	
22	.000	.000	.000	
23	I-142.778	.000	-.138	
24	I-142.778	.000	-.138	
25	.000	.000	.000	
26	I-142.778	.000	-.138	
27	I-142.778	.000	-.138	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	I-253.828	-.138	-.341	
33	I-126.914	-.138	-.266	
34	.000	.000	.000	
35	I-126.914	-.138	-.266	
36	I-253.828	-.138	-.341	
37	.000	.000	.000	
38	I-126.914	-.138	-.266	
39	I-63.457	-.138	-.218	
40	I-63.457	-.138	-.218	
41	I-126.914	-.138	-.266	
42	.000	.000	.000	
43	I-63.457	-.138	-.218	
44	.000	.000	.000	
45	I-63.457	-.138	-.218	
46	.000	.000	.000	
47	I-126.914	-.138	-.266	
48	.000	.000	.000	
49	I-253.828	-.138	-.341	
50	.000	.000	.000	
51	I-126.914	-.138	-.266	
52	I-126.914	-.138	-.266	
53	.000	.000	.000	
54	I-253.828	-.138	-.341	
55	I-126.914	-.138	-.266	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 190.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	I-150.736	.000	-.143	
5	I-150.736	.000	-.143	
6	.000	.000	.000	
7	I-150.736	.000	-.143	
8	I-150.736	.000	-.143	
9	.000	.000	.000	
10	I-150.736	.000	-.143	
11	I-150.736	.000	-.143	
12	I-150.736	.000	-.143	
13	I-150.736	.000	-.143	
14	.000	.000	.000	
15	I-150.736	.000	-.143	
16	.000	.000	.000	
17	I-150.736	.000	-.143	
18	.000	.000	.000	
19	I-150.736	.000	-.143	
20	.000	.000	.000	
21	I-150.736	.000	-.143	
22	.000	.000	.000	
23	I-150.736	.000	-.143	
24	I-150.736	.000	-.143	
25	.000	.000	.000	
26	I-150.736	.000	-.143	
27	I-150.736	.000	-.143	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	I-267.976	-.143	-.353	
33	I-133.988	-.143	-.275	
34	.000	.000	.000	
35	I-133.988	-.143	-.275	
36	I-267.976	-.143	-.353	
37	.000	.000	.000	
38	I-133.988	-.143	-.275	
39	I-66.994	-.143	-.226	
40	I-66.994	-.143	-.226	
41	I-133.988	-.143	-.275	
42	.000	.000	.000	
43	I-66.994	-.143	-.226	
44	.000	.000	.000	
45	I-66.994	-.143	-.226	
46	.000	.000	.000	
47	I-133.988	-.143	-.275	
48	.000	.000	.000	
49	I-267.976	-.143	-.353	
50	.000	.000	.000	
51	I-133.988	-.143	-.275	
52	I-133.988	-.143	-.275	
53	.000	.000	.000	
54	I-267.976	-.143	-.353	
55	I-133.988	-.143	-.275	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 200.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	I-158.694	.000	-.148	
5	I-158.694	.000	-.148	
6	.000	.000	.000	
7	I-158.694	.000	-.148	
8	I-158.694	.000	-.148	
9	.000	.000	.000	
10	I-158.694	.000	-.148	
11	I-158.694	.000	-.148	
12	I-158.694	.000	-.148	
13	I-158.694	.000	-.148	
14	.000	.000	.000	
15	I-158.694	.000	-.148	
16	.000	.000	.000	
17	I-158.694	.000	-.148	
18	.000	.000	.000	
19	I-158.694	.000	-.148	
20	.000	.000	.000	
21	I-158.694	.000	-.148	
22	.000	.000	.000	
23	I-158.694	.000	-.148	
24	I-158.694	.000	-.148	
25	.000	.000	.000	
26	I-158.694	.000	-.148	
27	I-158.694	.000	-.148	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	I-282.123	-.148	-.365	
33	I-141.062	-.148	-.285	
34	.000	.000	.000	
35	I-141.062	-.148	-.285	
36	I-282.123	-.148	-.365	
37	.000	.000	.000	
38	I-141.062	-.148	-.285	
39	I-70.531	-.148	-.234	
40	I-70.531	-.148	-.234	
41	I-141.062	-.148	-.285	
42	.000	.000	.000	
43	I-70.531	-.148	-.234	
44	.000	.000	.000	
45	I-70.531	-.148	-.234	
46	.000	.000	.000	
47	I-141.062	-.148	-.285	
48	.000	.000	.000	
49	I-282.123	-.148	-.365	
50	.000	.000	.000	
51	I-141.062	-.148	-.285	
52	I-141.062	-.148	-.285	
53	.000	.000	.000	
54	I-282.123	-.148	-.365	
55	I-141.062	-.148	-.285	
56	.000	.000	.000	

I-----I				
I	I DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO I			
I	I NIVEL DE CARGA: 210.00 I			
I	I-----I			
I	ELEMENTO	I FORÇA	I DESL1	I DESL2 I
I	1	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	2	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	3	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	4	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	5	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	6	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	7	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	8	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	9	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	10	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	11	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	12	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	13	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	14	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	15	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	16	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	17	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	18	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	19	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	20	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	21	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	22	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	23	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	24	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	25	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	26	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	27	I -166.652 I	I .000 I	I -.153 I
I	28	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	29	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	30	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	31	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	32	I -296.271 I	I -.153 I	I -.378 I
I	33	I -148.136 I	I -.153 I	I -.294 I
I	34	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	35	I -148.136 I	I -.153 I	I -.294 I
I	36	I -296.271 I	I -.153 I	I -.378 I
I	37	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	38	I -148.136 I	I -.153 I	I -.294 I
I	39	I -74.068 I	I -.153 I	I -.242 I
I	40	I -74.068 I	I -.153 I	I -.242 I
I	41	I -148.136 I	I -.153 I	I -.294 I
I	42	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	43	I -74.068 I	I -.153 I	I -.242 I
I	44	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	45	I -74.068 I	I -.153 I	I -.242 I
I	46	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	47	I -148.136 I	I -.153 I	I -.294 I
I	48	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	49	I -296.271 I	I -.153 I	I -.378 I
I	50	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	51	I -148.136 I	I -.153 I	I -.294 I
I	52	I -148.136 I	I -.153 I	I -.294 I
I	53	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	54	I -296.271 I	I -.153 I	I -.378 I
I	55	I -148.136 I	I -.153 I	I -.294 I
I	56	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	I-----I			

I-----I				
I	I DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO I			
I	I NIVEL DE CARGA: 220.00 I			
I	I-----I			
I	ELEMENTO	I FORÇA	I DESL1	I DESL2 I
I	1	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	2	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	3	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	4	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	5	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	6	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	7	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	8	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	9	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	10	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	11	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	12	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	13	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	14	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	15	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	16	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	17	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	18	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	19	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	20	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	21	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	22	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	23	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	24	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	25	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	26	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	27	I -174.610 I	I .000 I	I -.158 I
I	28	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	29	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	30	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	31	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	32	I -310.419 I	I -.158 I	I -.389 I
I	33	I -155.209 I	I -.158 I	I -.304 I
I	34	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	35	I -155.209 I	I -.158 I	I -.304 I
I	36	I -310.419 I	I -.158 I	I -.389 I
I	37	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	38	I -155.209 I	I -.158 I	I -.304 I
I	39	I -77.605 I	I -.158 I	I -.250 I
I	40	I -77.605 I	I -.158 I	I -.250 I
I	41	I -155.209 I	I -.158 I	I -.304 I
I	42	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	43	I -77.605 I	I -.158 I	I -.250 I
I	44	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	45	I -77.605 I	I -.158 I	I -.250 I
I	46	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	47	I -155.209 I	I -.158 I	I -.304 I
I	48	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	49	I -310.419 I	I -.158 I	I -.389 I
I	50	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	51	I -155.209 I	I -.158 I	I -.304 I
I	52	I -155.209 I	I -.158 I	I -.304 I
I	53	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	54	I -310.419 I	I -.158 I	I -.389 I
I	55	I -155.209 I	I -.158 I	I -.304 I
I	56	I .000 I	I .000 I	I .000 I
I	I-----I			

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 230.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	I-183.929	.000	-.163	
5	I-183.929	.000	-.163	
6	.000	.000	.000	
7	I-183.929	.000	-.163	
8	I-183.929	.000	-.163	
9	.000	.000	.000	
10	I-183.929	.000	-.163	
11	I-183.929	.000	-.163	
12	I-183.929	.000	-.163	
13	I-183.929	.000	-.163	
14	.000	.000	.000	
15	I-183.929	.000	-.163	
16	.000	.000	.000	
17	I-183.929	.000	-.163	
18	.000	.000	.000	
19	I-183.929	.000	-.163	
20	.000	.000	.000	
21	I-183.929	.000	-.163	
22	.000	.000	.000	
23	I-183.929	.000	-.163	
24	I-183.929	.000	-.163	
25	.000	.000	.000	
26	I-183.929	.000	-.163	
27	I-183.929	.000	-.163	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	I-326.985	-.163	-.403	
33	I-163.493	-.163	-.314	
34	.000	.000	.000	
35	I-163.493	-.163	-.314	
36	I-326.985	-.163	-.403	
37	.000	.000	.000	
38	I-163.493	-.163	-.314	
39	I-81.746	-.163	-.259	
40	I-81.746	-.163	-.259	
41	I-163.493	-.163	-.314	
42	.000	.000	.000	
43	I-81.746	-.163	-.259	
44	.000	.000	.000	
45	I-81.746	-.163	-.259	
46	.000	.000	.000	
47	I-163.493	-.163	-.314	
48	.000	.000	.000	
49	I-326.985	-.163	-.403	
50	.000	.000	.000	
51	I-163.493	-.163	-.314	
52	I-163.493	-.163	-.314	
53	.000	.000	.000	
54	I-326.985	-.163	-.403	
55	I-163.493	-.163	-.314	
56	.000	.000	.000	

DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO				
NIVEL DE CARGA: 240.00				
ELEMENTO	FORÇA	DESL1	DESL2	
1	.000	.000	.000	
2	.000	.000	.000	
3	.000	.000	.000	
4	I-190.360	.000	-.167	
5	I-190.360	.000	-.167	
6	.000	.000	.000	
7	I-190.360	.000	-.167	
8	I-190.360	.000	-.167	
9	.000	.000	.000	
10	I-190.360	.000	-.167	
11	I-190.360	.000	-.167	
12	I-190.360	.000	-.167	
13	I-190.360	.000	-.167	
14	.000	.000	.000	
15	I-190.360	.000	-.167	
16	.000	.000	.000	
17	I-190.360	.000	-.167	
18	.000	.000	.000	
19	I-190.360	.000	-.167	
20	.000	.000	.000	
21	I-190.360	.000	-.167	
22	.000	.000	.000	
23	I-190.360	.000	-.167	
24	I-190.360	.000	-.167	
25	.000	.000	.000	
26	I-190.360	.000	-.167	
27	I-190.360	.000	-.167	
28	.000	.000	.000	
29	.000	.000	.000	
30	.000	.000	.000	
31	.000	.000	.000	
32	I-338.419	-.167	-.413	
33	I-169.209	-.167	-.322	
34	.000	.000	.000	
35	I-169.209	-.167	-.322	
36	I-338.419	-.167	-.413	
37	.000	.000	.000	
38	I-169.209	-.167	-.322	
39	I-84.605	-.167	-.265	
40	I-84.605	-.167	-.265	
41	I-169.209	-.167	-.322	
42	.000	.000	.000	
43	I-84.605	-.167	-.265	
44	.000	.000	.000	
45	I-84.605	-.167	-.265	
46	.000	.000	.000	
47	I-169.209	-.167	-.322	
48	.000	.000	.000	
49	I-338.419	-.167	-.413	
50	.000	.000	.000	
51	I-169.209	-.167	-.322	
52	I-169.209	-.167	-.322	
53	.000	.000	.000	
54	I-338.419	-.167	-.413	
55	I-169.209	-.167	-.322	
56	.000	.000	.000	

I-----I				
I DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO I				
I NIVEL DE CARGA: 250.00 I				
I-----I				
I ELEMENTO I	I FORÇA I	I DESL1 I	I DESL2 I	
I 1 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 2 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 3 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 4 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 5 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 6 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 7 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 8 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 9 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 10 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 11 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 12 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 13 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 14 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 15 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 16 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 17 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 18 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 19 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 20 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 21 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 22 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 23 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 24 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 25 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 26 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 27 I	I -199.801 I	I .000 I	I -.173 I	
I 28 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 29 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 30 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 31 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 32 I	I -355.202 I	I -.173 I	I -.426 I	
I 33 I	I -177.601 I	I -.173 I	I -.332 I	
I 34 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 35 I	I -177.601 I	I -.173 I	I -.332 I	
I 36 I	I -355.202 I	I -.173 I	I -.426 I	
I 37 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 38 I	I -177.601 I	I -.173 I	I -.332 I	
I 39 I	I -88.801 I	I -.173 I	I -.273 I	
I 40 I	I -88.801 I	I -.173 I	I -.273 I	
I 41 I	I -177.601 I	I -.173 I	I -.332 I	
I 42 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 43 I	I -88.801 I	I -.173 I	I -.273 I	
I 44 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 45 I	I -88.801 I	I -.173 I	I -.273 I	
I 46 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 47 I	I -177.601 I	I -.173 I	I -.332 I	
I 48 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 49 I	I -355.202 I	I -.173 I	I -.426 I	
I 50 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 51 I	I -177.601 I	I -.173 I	I -.332 I	
I 52 I	I -177.601 I	I -.173 I	I -.332 I	
I 53 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 54 I	I -355.202 I	I -.173 I	I -.426 I	
I 55 I	I -177.601 I	I -.173 I	I -.332 I	
I 56 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I-----I				

I-----I				
I DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO I				
I NIVEL DE CARGA: 260.00 I				
I-----I				
I ELEMENTO I	I FORÇA I	I DESL1 I	I DESL2 I	
I 1 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 2 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 3 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 4 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 5 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 6 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 7 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 8 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 9 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 10 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 11 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 12 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 13 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 14 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 15 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 16 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 17 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 18 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 19 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 20 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 21 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 22 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 23 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 24 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 25 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 26 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 27 I	I -206.281 I	I .000 I	I -.176 I	
I 28 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 29 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 30 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 31 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 32 I	I -366.722 I	I -.176 I	I -.435 I	
I 33 I	I -183.361 I	I -.176 I	I -.339 I	
I 34 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 35 I	I -183.361 I	I -.176 I	I -.339 I	
I 36 I	I -366.722 I	I -.176 I	I -.435 I	
I 37 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 38 I	I -183.361 I	I -.176 I	I -.339 I	
I 39 I	I -91.680 I	I -.176 I	I -.279 I	
I 40 I	I -91.680 I	I -.176 I	I -.279 I	
I 41 I	I -183.361 I	I -.176 I	I -.339 I	
I 42 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 43 I	I -91.680 I	I -.176 I	I -.279 I	
I 44 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 45 I	I -91.680 I	I -.176 I	I -.279 I	
I 46 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 47 I	I -183.361 I	I -.176 I	I -.339 I	
I 48 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 49 I	I -366.722 I	I -.176 I	I -.435 I	
I 50 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 51 I	I -183.361 I	I -.176 I	I -.339 I	
I 52 I	I -183.361 I	I -.176 I	I -.339 I	
I 53 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I 54 I	I -366.722 I	I -.176 I	I -.435 I	
I 55 I	I -183.361 I	I -.176 I	I -.339 I	
I 56 I	I .000 I	I .000 I	I .000 I	
I-----I				

I-----I				
I	I			
I	I DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO I			
I	I NIVEL DE CARGA: 270.00 I			
I	I-----I			
I	ELEMENTO	I FORÇA	I DESL1	I DESL2 I
I	1	I .000 I	.000 I	.000 I
I	2	I .000 I	.000 I	.000 I
I	3	I .000 I	.000 I	.000 I
I	4	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	5	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	6	I .000 I	.000 I	.000 I
I	7	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	8	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	9	I .000 I	.000 I	.000 I
I	10	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	11	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	12	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	13	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	14	I .000 I	.000 I	.000 I
I	15	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	16	I .000 I	.000 I	.000 I
I	17	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	18	I .000 I	.000 I	.000 I
I	19	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	20	I .000 I	.000 I	.000 I
I	21	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	22	I .000 I	.000 I	.000 I
I	23	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	24	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	25	I .000 I	.000 I	.000 I
I	26	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	27	I-215.716 I	.000 I	-.182 I
I	28	I .000 I	.000 I	.000 I
I	29	I .000 I	.000 I	.000 I
I	30	I .000 I	.000 I	.000 I
I	31	I .000 I	.000 I	.000 I
I	32	I-383.494 I	-.182 I	-.448 I
I	33	I-191.747 I	-.182 I	-.350 I
I	34	I .000 I	.000 I	.000 I
I	35	I-191.747 I	-.182 I	-.350 I
I	36	I-383.494 I	-.182 I	-.448 I
I	37	I .000 I	.000 I	.000 I
I	38	I-191.747 I	-.182 I	-.350 I
I	39	I -95.874 I	-.182 I	-.288 I
I	40	I -95.874 I	-.182 I	-.288 I
I	41	I-191.747 I	-.182 I	-.350 I
I	42	I .000 I	.000 I	.000 I
I	43	I -95.874 I	-.182 I	-.288 I
I	44	I .000 I	.000 I	.000 I
I	45	I -95.874 I	-.182 I	-.288 I
I	46	I .000 I	.000 I	.000 I
I	47	I-191.747 I	-.182 I	-.350 I
I	48	I .000 I	.000 I	.000 I
I	49	I-383.494 I	-.182 I	-.448 I
I	50	I .000 I	.000 I	.000 I
I	51	I-191.747 I	-.182 I	-.350 I
I	52	I-191.747 I	-.182 I	-.350 I
I	53	I .000 I	.000 I	.000 I
I	54	I-383.494 I	-.182 I	-.448 I
I	55	I-191.747 I	-.182 I	-.350 I
I	56	I .000 I	.000 I	.000 I
I	I-----I			

I-----I				
I	I			
I	I DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO I			
I	I NIVEL DE CARGA: 280.00 I			
I	I-----I			
I	ELEMENTO	I FORÇA	I DESL1	I DESL2 I
I	1	I .000 I	.000 I	.000 I
I	2	I .000 I	.000 I	.000 I
I	3	I .000 I	.000 I	.000 I
I	4	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	5	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	6	I .000 I	.000 I	.000 I
I	7	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	8	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	9	I .000 I	.000 I	.000 I
I	10	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	11	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	12	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	13	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	14	I .000 I	.000 I	.000 I
I	15	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	16	I .000 I	.000 I	.000 I
I	17	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	18	I .000 I	.000 I	.000 I
I	19	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	20	I .000 I	.000 I	.000 I
I	21	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	22	I .000 I	.000 I	.000 I
I	23	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	24	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	25	I .000 I	.000 I	.000 I
I	26	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	27	I-222.196 I	.000 I	-.185 I
I	28	I .000 I	.000 I	.000 I
I	29	I .000 I	.000 I	.000 I
I	30	I .000 I	.000 I	.000 I
I	31	I .000 I	.000 I	.000 I
I	32	I-395.016 I	-.185 I	-.457 I
I	33	I-197.508 I	-.185 I	-.357 I
I	34	I .000 I	.000 I	.000 I
I	35	I-197.508 I	-.185 I	-.357 I
I	36	I-395.016 I	-.185 I	-.457 I
I	37	I .000 I	.000 I	.000 I
I	38	I-197.508 I	-.185 I	-.357 I
I	39	I -98.754 I	-.185 I	-.293 I
I	40	I -98.754 I	-.185 I	-.293 I
I	41	I-197.508 I	-.185 I	-.357 I
I	42	I .000 I	.000 I	.000 I
I	43	I -98.754 I	-.185 I	-.293 I
I	44	I .000 I	.000 I	.000 I
I	45	I -98.754 I	-.185 I	-.293 I
I	46	I .000 I	.000 I	.000 I
I	47	I-197.508 I	-.185 I	-.357 I
I	48	I .000 I	.000 I	.000 I
I	49	I-395.016 I	-.185 I	-.457 I
I	50	I .000 I	.000 I	.000 I
I	51	I-197.508 I	-.185 I	-.357 I
I	52	I-197.508 I	-.185 I	-.357 I
I	53	I .000 I	.000 I	.000 I
I	54	I-395.016 I	-.185 I	-.457 I
I	55	I-197.508 I	-.185 I	-.357 I
I	56	I .000 I	.000 I	.000 I
I	I-----I			

I-----I					
I	I DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO I				
I	I NIVEL DE CARGA: 290.00 I				
I	I-----I				
I	ELEMENTO	I FORÇA	I DESL1	I DESL2	I
I	1	I .000	I .000	I .000	I
I	2	I .000	I .000	I .000	I
I	3	I .000	I .000	I .000	I
I	4	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	5	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	6	I .000	I .000	I .000	I
I	7	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	8	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	9	I .000	I .000	I .000	I
I	10	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	11	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	12	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	13	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	14	I .000	I .000	I .000	I
I	15	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	16	I .000	I .000	I .000	I
I	17	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	18	I .000	I .000	I .000	I
I	19	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	20	I .000	I .000	I .000	I
I	21	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	22	I .000	I .000	I .000	I
I	23	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	24	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	25	I .000	I .000	I .000	I
I	26	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	27	I -231.629	I .000	I -.191	I
I	28	I .000	I .000	I .000	I
I	29	I .000	I .000	I .000	I
I	30	I .000	I .000	I .000	I
I	31	I .000	I .000	I .000	I
I	32	I -411.785	I -.191	I -.470	I
I	33	I -205.892	I -.191	I -.367	I
I	34	I .000	I .000	I .000	I
I	35	I -205.892	I -.191	I -.367	I
I	36	I -411.785	I -.191	I -.470	I
I	37	I .000	I .000	I .000	I
I	38	I -205.892	I -.191	I -.367	I
I	39	I -102.946	I -.191	I -.302	I
I	40	I -102.946	I -.191	I -.302	I
I	41	I -205.892	I -.191	I -.367	I
I	42	I .000	I .000	I .000	I
I	43	I -102.946	I -.191	I -.302	I
I	44	I .000	I .000	I .000	I
I	45	I -102.946	I -.191	I -.302	I
I	46	I .000	I .000	I .000	I
I	47	I -205.892	I -.191	I -.367	I
I	48	I .000	I .000	I .000	I
I	49	I -411.785	I -.191	I -.470	I
I	50	I .000	I .000	I .000	I
I	51	I -205.892	I -.191	I -.367	I
I	52	I -205.892	I -.191	I -.367	I
I	53	I .000	I .000	I .000	I
I	54	I -411.785	I -.191	I -.470	I
I	55	I -205.892	I -.191	I -.367	I
I	56	I .000	I .000	I .000	I
I	I-----I				

I-----I					
I	I DETERMINACAO DAS FORÇAS DE CONTATO I				
I	I NIVEL DE CARGA: 300.00 I				
I	I-----I				
I	ELEMENTO	I FORÇA	I DESL1	I DESL2	I
I	1	I .000	I .000	I .000	I
I	2	I .000	I .000	I .000	I
I	3	I .000	I .000	I .000	I
I	4	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	5	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	6	I .000	I .000	I .000	I
I	7	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	8	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	9	I .000	I .000	I .000	I
I	10	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	11	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	12	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	13	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	14	I .000	I .000	I .000	I
I	15	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	16	I .000	I .000	I .000	I
I	17	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	18	I .000	I .000	I .000	I
I	19	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	20	I .000	I .000	I .000	I
I	21	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	22	I .000	I .000	I .000	I
I	23	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	24	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	25	I .000	I .000	I .000	I
I	26	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	27	I -238.112	I .000	I -.194	I
I	28	I .000	I .000	I .000	I
I	29	I .000	I .000	I .000	I
I	30	I .000	I .000	I .000	I
I	31	I .000	I .000	I .000	I
I	32	I -423.310	I -.194	I -.479	I
I	33	I -211.655	I -.194	I -.374	I
I	34	I .000	I .000	I .000	I
I	35	I -211.655	I -.194	I -.374	I
I	36	I -423.310	I -.194	I -.479	I
I	37	I .000	I .000	I .000	I
I	38	I -211.655	I -.194	I -.374	I
I	39	I -105.828	I -.194	I -.307	I
I	40	I -105.828	I -.194	I -.307	I
I	41	I -211.655	I -.194	I -.374	I
I	42	I .000	I .000	I .000	I
I	43	I -105.828	I -.194	I -.307	I
I	44	I .000	I .000	I .000	I
I	45	I -105.828	I -.194	I -.307	I
I	46	I .000	I .000	I .000	I
I	47	I -211.655	I -.194	I -.374	I
I	48	I .000	I .000	I .000	I
I	49	I -423.310	I -.194	I -.479	I
I	50	I .000	I .000	I .000	I
I	51	I -211.655	I -.194	I -.374	I
I	52	I -211.655	I -.194	I -.374	I
I	53	I .000	I .000	I .000	I
I	54	I -423.310	I -.194	I -.479	I
I	55	I -211.655	I -.194	I -.374	I
I	56	I .000	I .000	I .000	I
I	I-----I				