

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

CAMPINAS - SÃO PAULO

BRASIL

Parecer

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Antonio José da Silva Maciel e aprovada pela Comissão Julgadora em 1º de junho de 1989.

Campinas, 1 de julho de 1989


Cheu-Shang Chang
Presidente da Banca

ESTUDO DO CORTE DO COLMO DA CANA-DE-AÇÚCAR,
ATRAVÉS DE SERRAS CIRCULARES.

Antonio Jose Da Silva Maciel

Orientador Cheu-Shang Chang

Dissertação apresentada à
Faculdade De Engenharia
Agrícola, para cumprimento
parcial dos requisitos para a
obtenção do título de MESTRE em
Engenharia Agrícola.

Maio - 1989

Aos meus pais,

José (*in memoriam*)

e

Maria Luiza

pelos ensinamentos,

exemplos e carinho...

A minha esposa

Raquel

e aos nossos queridos

Otto + Karen

Por muito que digamos,
muito nos ficará por dizer,
mas o resumo de tudo o que
se pode dizer é: que o
mesmo Deus está em todas
as coisas.

(Eclesiástico 43-29)

AGRADECIMENTOS

Ao Prof Dr Cheu-Shang Chang , pela orientação e dedicação concedida.

Ao Prof Dr Inácio M. Dal Fabbro, pelas sugestões e incentivo.

Ao Prof Dr Cláudio B. Sverzut, pelo apoio e colaboração.

Ao Prof Dr Kil Jin Park, pela colaboração na análise dimensional.

Ao Prof Dr Paulo S.G. Magalhães, pelo apoio e incentivo.

Ao Prof Nelson Luis Cappelli, pela amizade, pelas sugestões, estímulo e colaboração.

Ao Prof Antonio L. Beraldo, pelo incentivo e sugestões.

Ao Prof Antonio Carlos De Oliveira Ferraz, pela amizade e estímulo.

À COPERSUCAR, pela doação da matéria prima.

Ao Centro Nacional de Engenharia Agrícola (CENEA), pelo empréstimo do condicionador de sinais.

Ao Centro de Tecnologia (CT) da UNICAMP, pela usinagem do transdutor e empréstimo do durômetro.

À Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), em especial ao Departamento de Máquinas Agrícolas (D.M.A.).

A Jose Maria da Silva, pelo auxílio prestado durante a montagem do banco de ensaios.

A Marcos Aurélio Miguel pelo auxílio na montagem eletrônica.

Aos colegas, Cezário B. Galvão; Gerson Araujo de Medeiros; Benedito Prado Pereira pela colaboração na coleta dos dados.

Aos colegas, amigos e a todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;

SUMÁRIO

Dedicatória	ii
Epígrafe	iv
Agradecimentos.....	v
Sumário	vii
Resumo.....	xiii
Abstract	xiv
1. Introdução.....	1
2. Revisão de literatura	4
2.1. Colhedoras.....	4
2.2. Estudos realizados sobre o corte do colmo da cana-de-açúcar.....	4
2.3. Propriedades Mecânicas da cana-de-açúcar....	6
2.4. O Processo de Serração.....	9
2.4.1. Generalidades.....	9
2.4.2. Serras Circulares	10
2.4.3. Estudos dos esforços envolvidos no corte..	11
3. Materiais e Métodos.	13
3.1. Generalidades.....	13

3.2.	MATERIAIS.....	13
3.2.1.	Cana-de-açúcar.....	13
3.2.2.	Serras.....	14
3.2.3.	Bancada de ensaios.....	15
3.2.4.	Instrumentação.....	17
3.2.4.1.	Transdutor de forças e conjugado do tipo reativo de mesa.....	17
3.2.4.2.	Condicionador de sinais.....	23
3.2.4.3.	Registrador	23
3.2.4.4.	Durômetro.....	23
3.2.4.5.	Tacômetro.....	24
3.2.4.6.	Paquímetro.....	24
3.2.4.7.	Multímetro digital.....	24
3.2.4.8.	Massas aferidas.....	24
3.2.4.9.	Sensor Óptico.....	24
3.2.4.10.	Amplificador.....	26
3.3.	Métodos.....	28
3.3.1.	Teoria básica de análise.....	28
3.3.1.1.	Parâmetros básicos envolvidos.....	28
3.3.1.2.	Análise dimensional.....	32
3.3.2.	Descrição dos ensaios.....	36
4.	Resultados e análise.	40
4.1.	Generalidades.....	40
4.2.	Análise estatística dos dados.....	40
4.3.	Análise dos resultados.....	48
5.	Conclusões	50
6.	Sugestões para trabalhos futuros.....	52

7. Referências Bibliográficas.....	53
Apêndice I	57
Apêndice II	108

Lista de Figuras

3.1.	Aspecto geral das serras circulares.....	15
3.2.	Esquema da bancada de ensaios	15
3.3.	Vista geral da bancada de ensaios.....	17
3.4.	Detalhe do transdutor	18
3.5.	Esquema elétrico correspondente à força vertical.....	19
3.6.	Esquema elétrico correspondente à força horizontal.....	20
3.7.	Esquema elétrico correspondente ao conjugado.....	20
3.8.	Usinagem do transdutor	22
3.9.	Etapa de colagem dos extensômetros elétricos de resistência	22
3.10	Esquema elétrico do sensor óptico.....	25
3.11	Esquema elétrico de um canal do amplificador de sinais.....	26

3.12	Esquema elétrico da fonte de alimentação dos amplificadores de sinais.....	27
3.13.	Detalhe dos angulos de contato do dente	29
3.14.	Esquema da estrutura para calibração do transdutor	37
3.15.	Vista do engastamento da cana e do sensor óptico	38
3.16.	Registro dos sinais de saída	38
4.1.	Correlação entre $\Pi_A (R_e)$ e $\Pi_c (E_c)$	45
4.2.	Correlação entre $\Pi_A (R_e)$ e $\Pi_s (V_c)$	46
4.3.	Correlação entre $\Pi_A (R_e)$ e Π_s	47

Lista de tabelas

3.1.	Serras circulares utilizadas no corte do colmo da cana-de-açúcar.....	14
3.2.	Variáveis pertinentes na análise dimensional do processo de corte do colmo	33
4.1.	Fase iterativa da análise não-linear , obtido através do programa computacional SAS®.....	40
4.2.	Resumo estatístico da análise não-linear, obtido através do programa computacional SAS®.....	41
4.3.	Estimação dos parâmetros, erro assintótico e intervalo de confiança, obtido através do programa computacional SAS®.....	42
4.4.	Matriz assintótica de correlação dos parâmetros, obtido através do programa computacional SAS®.....	43

RESUMO

Serras circulares tem sido bastante utilizadas para o corte de árvores e madeiras, sendo também considerada uma boa opção para utilização no sistema de corte das colhedoras de cana-de-açúcar, entretanto as informações disponíveis não são ainda suficientes para tal aplicação.

Com o objetivo de obter maiores informações sobre o desempenho de serras circulares no corte do colmo da cana-de-açúcar, um equipamento especial para teste em laboratório foi construído, incluindo um transdutor de forças e conjugado do tipo reativo de mesa, capaz de medir forças em duas direções e o conjugado relacionado, e um mecanismo de controle de velocidades. Foram realizados testes através de uma combinação entre: uma variedade de cana-de-açúcar, quatro diâmetros de serras, quatro velocidades tangenciais da serra e quatro velocidades de avanço da cana-de-açúcar.

Os resultados foram analisados através de um estudo dimensional com dez variáveis envolvidas, acompanhado de uma análise estatística. Permitindo assim, mostrar quais os parâmetros que se relacionam com a resistência específica ao corte, assim como a que nível ocorre este relacionamento. Permitindo também selecionar a geometria adequada do disco de corte e a melhor combinação de velocidades para projetos de mecanismos de corte.

ABSTRACT

Disc saw has been widely used for cutting tree and wood. It is also considered to be a good cutting unit for construction sugar cane cutter, but it is short of design information. In order to find out the detailed performance characteristics of disc saw for cutting sugar cane stalk, a special laboratory test device was designed and constructed, which included a table type strain gauge transducer for measuring two dimensional forces, and torque with a speed control mechanism. One sugar cane variety, four different diameter disc saw and four different speed combinations were tested.

The data were analysed with dimensional analysis with ten variable measurements. The results allowed to show the least force and power requirement for sugar cane stalk cutting and also help to select proper geometries of the disc saw and the best speed combination for construction of cutting mechanism.

1. INTRODUÇÃO

Na cultura da cana-de-açúcar, a colheita mecanizada é, sem dúvida, um alvo de grande interesse em seu desenvolvimento tecnológico, evidenciando os estudos e determinações dos parâmetros fundamentais envolvidos no projeto de colhedoras. A participação da colheita no custo agrícola é de doze pontos percentuais, de acordo com os relatos de BRAUMBECK & BANCHI (1988).

No Brasil somente uma pequena porcentagem, menos de cinco por cento, da cana-de-açúcar é colhida mecanicamente. No entanto alguns dos produtores no estado de São Paulo estão incrementando a porcentagem de colheita mecanizada, como a usina São Martinho em Pradópolis, S.P., que de um total de 4.1 milhões de toneladas, foram colhidas mecanicamente 2.05 milhões de toneladas na safra de 1988, o que corresponde a um aumento da ordem de 16% em relação a safra do ano anterior MAZZONE(1988b).

Os produtores de cana-de-açúcar do Brasil tem sido duramente criticados devido à queima da cana que antecede a colheita manual, sendo esta pratica proibida no estado por decreto. Esta proibição poderá forçar o setor açucareiro a adoção da colheita mecanizada MAZZONE (1988a).

Trabalhos científicos têm revelado a preocupação em analisar o corte do colmo da cana-de-açúcar com o auxílio de

analisar o corte do colmo da cana-de-açúcar com o auxílio de lâminas, pelo fato de ser este um processo que requer elevado consumo de energia, especialmente nas colhedoras de cana picada. Serras circulares são extensamente utilizadas para o corte de árvores e madeiras, porém são escassas as informações sobre os parâmetros de projetos, não se dispondo até o presente momento, de nenhuma pesquisa sobre o corte do colmo da cana-de-açúcar efetuado com auxílio de serras, o que torna relevante um estudo neste sentido, o qual certamente irá contribuir para com estas investigações.

Procurou-se neste trabalho responder às perguntas que naturalmente surgiram :

- O que representa a ação de serrar um material?
- Como poderia ser serrado o colmo da cana-de açúcar?

Para isso, buscou-se caracterizar o material biológico cana-de-açúcar, quanto à sua resistência específica ao corte, associadas aos parâmetros de dureza, densidade, velocidade angular da serra, velocidade de deslocamento da cana, forças de corte horizontal e vertical, diâmetro da serra, diâmetro da cana, dentre outros.

Com base no que foi supra mencionado temos, portanto, neste trabalho, como objetivo principal :

- a) O projeto, a construção e a calibração de um

transdutor de forças e conjugado, do tipo reativo de mesa.

b) O estabelecimento de uma metodologia experimental capaz de determinar a resistência específica ao corte, as forças envolvidas no corte, o conjugado e a demanda energética.

c) Obter uma correlação entre os parâmetros envolvidos no processo de corte do colmo da cana-de-açúcar, através de uma análise dimensional associada a uma análise estatística.

2- REVISÃO DE LITERATURA.

No processo produtivo da cana-de-açúcar, a colheita representa uma parcela bastante significativa do custo, da produção, sendo este um dos motivos que levou muitos países produtores a desenvolver rapidamente projetos de colhedoras de cana-de-açúcar.

2.1 - Colhedoras

Na Austrália, desde os anos sessenta, praticamente a totalidade do corte da cana-de-açúcar vem sendo realizada mecanicamente, utilizando-se o sistema de corte das colhedoras de cana-de-açúcar que foi desenvolvido no período entre 1956 e 1959. Segundo SPARGO & BAXTER (1974)

2.2 - Estudos realizados sobre o corte do colmo da cana-de-açúcar.

O corte do colmo da cana-de-açúcar é uma operação que consome elevada quantidade de energia, especialmente nas colhedoras de cana picada em toletes, conforme relatam SPARGO & BAXTER (1974) . Fica evidenciado que, para a introdução de qualquer melhoramento na eficiência do sistema de corte, faz-se necessário mensurar a resistência ao corte oferecida pelo colmo.

CHANG et alii (1980) mediram, através de um pêndulo duplo, acoplado a uma mola de torção, a resistência ao

corte, usando diferentes lâminas, e verificaram ser afetada significativamente pela geometria do elemento cortante e particularmente pelo afiamento da borda de corte. A razão entre a resistência ao corte de um cortador manual bem afiado e de um cortador comercial com pouco afiamento de uma colhedora, é de três a seis vezes; assim o aumento de energia envolvido não pode ser desprezado. Os autores utilizaram três tipos diferentes de cortadores comerciais, novos, os quais foram ensaiados com três variedades de cana.

DE SAINT ANTOINE et alli (1985) verificaram, através de um cortador de pêndulo, que a energia requerida no corte do colmo de cana-de-açúcar é função do ângulo de chanfro da lâmina e do ângulo de aproximação da lâmina ao colmo; o menor demanda de energia ocorreu para um ângulo de cisalhamento de vinte graus e o maior, para um ângulo de dez graus. O ângulo de chanfro foi o parâmetro que menos afetou a energia de corte, sendo que esta decresce com o incremento do ângulo de aproximação, para um ângulo de cisalhamento de vinte graus. Para os ângulos de cisalhamento menores, a energia de corte diminui quando o ângulo de aproximação é incrementado acima de dez graus. Melhores cortes, em termos de cisalhamento e porcentagem de corte do colmo, foram obtidos para grandes ângulos de aproximação e cisalhamento. Os melhores cortes, em termos de demanda de energia, foram obtidos através de um ângulo de chanfro de vinte graus. A maior parte das quebras dos colmos e a menor porcentagem de corte ocorreram quando o ângulo de cisalhamento e de aproximação foram de zero graus.

MAGALHÃES (1987) estudou a força de cisalhamento e a energia necessária para o corte do colmo da cana-de-açúcar. Foram estudadas quinze variedades, com cinco repetições cada uma, verificando o autor que a força de cisalhamento foi maior nas fibras mais novas, ou seja na parte superior do colmo, e os valores apresentados variaram de 18,3 a 91,0 kgf/cm^2 e, quanto ao consumo de energia, o requerimento foi maior na parte inferior do colmo apresentando uma demanda de 9,7 J. É importante salientar que estes valores foram obtidos através de uma determinação estática, tornando-se necessário uma correção para a sua utilização em projetos de sistemas de corte, tendo em vista que as lâminas trabalham a elevadas rotações, onde são considerados os efeitos dinâmicos das forças atuantes.

2.3 - Propriedades mecânicas da cana-de-açúcar.

SVERZUT (1982) estudou as propriedades mecânicas do colmo da cana-de-açúcar, tendo determinado o módulo de elasticidade, concluindo tratar-se de um material de comportamento não somente elástico, como também viscoelástico. devido a dependência do módulo de elasticidade com relação ao tempo.

FERRAZ (1987) estudou o comportamento mecânico do internódio do colmo da cana-de-açúcar, tendo estabelecido uma metodologia capaz de determinar as suas propriedades mecânicas.

COCHRAN et alii (1970) realizaram testes de compressão, tração e flexão, para algumas variedades de cana-de-açúcar. Os autores aplicaram no ensaio de tração, uma força de tração numa razão de deformação de 0,015 polegadas por minuto, anotando a deformação relativa a cada intervalo de cem libras. Para o ensaio de compressão foram utilizados espécimens do internódio com comprimento de 1,5 polegadas, aplicando-se aos mesmos uma compressão longitudinal à velocidade de carregamento constante e lendo-se a deformação a cada intervalo de cem libras. No ensaio de flexão foi utilizado um anel calibrado para a medição da tensão, sendo que a deflexão foi obtida através da velocidade horizontal de deslocamento da carta do registrador; a distância entre os apoios foi de vinte e quatro polegadas.

Os autores supra mencionados determinaram também outras propriedades como : dureza, densidade e porcentagem de fibra, sendo que, para a medida da dureza foi utilizado um durômetro modelo 1604 tipo "B", padronizado internacionalmente, para medidas de dureza em borrachas, plásticos, e outros materiais não metálicos. O tipo de durômetro utilizado depende da natureza do material a ser testado, com os dados sendo transportados para valores padronizados tipo "A", com o propósito de intercâmbio entre as várias marcas de durômetros fabricados. A análise estatística mostrou existir diferença significativa entre a dureza medida nas partes inferiores e superiores do colmo de

cana-de-açúcar, para todas as variedades testadas.

As propriedades de tensão, deformação, flexão, densidade, dureza e porcentagem de fibra foram analisadas estatisticamente com a finalidade de se determinar a correlação existente entre elas, tendo sido verificado uma significativa correlação entre os parâmetros tensão e deformação, como também entre dureza e porcentagem de fibra, para todas as variedades testadas. A correlação entre a medida da flexão com a densidade, bem como a correlação entre porcentagem de fibra e dureza, não foram estatisticamente significantes.

CHANG (1978) mediu a resistência à penetração, através de um equipamento especialmente construído, contendo um dinamômetro de alta sensibilidade e um sistema para controlar a velocidade de penetração em 0,56 centímetros por segundo. O pino de penetração utilizado foi de aço inoxidável comercial de 1,7 milímetros de diâmetro e 13 milímetros de ponta com um ângulo de quatorze graus para a ponta e vinte graus para a base. Verificou a resistência à penetração para o colmo da cana-de-açúcar, banana, abacaxi, sendo bastante significativo quanto à penetração o efeito da casca para a cana.

CHANG (1977) mediu a resistência ao corte de colmos de cana-de-açúcar, sendo que os resultados preliminares indicam que a distribuição da força de corte, obtidos através de fotografias de um osciloscópio, é grandemente afetada pela

casca da cana em ambos os lados do colmo. A média da resistência ao corte por unidade de diâmetro, para o primeiro internódio, usando uma lâmina com ângulo de 14 graus e espessura de 3.06 mm e 396 g de peso, foi de 3,55 à 6,10 Kgf/cm² variando de acôrdo com a localização no colmo. A velocidade ótima de corte no instante do impacto é cerca de 6 m/s para um diâmetro de colmo de 3,5 cm. Verificou ser a dureza, indicada através de um pino penetrômetro, um parâmetro que possui boa correlação com a energia e a resistência específica de corte. Todavia é necessário um estudo estatístico para detalhar este relacionamento

2.4. O Processo de Serração.

2.4.1. Generalidades.

A serração é, sem dúvida, uma operação de grande importância, tanto no processamento mecânico dos metais como das madeiras. É realizada através das serras, sendo estas basicamente de quatro tipos: serras circulares, serras de fita, serras alternativas e serras de corrente.

A operação das serras apesar de bastante simples é, contudo, cada vez mais importante para a utilização racional do equipamento, de modo a se obter o mínimo desperdício de material, o mínimo consumo energético e o máximo de precisão através de um mínimo de investimento e custo.

Para alcançar esses objetivos, as serras devem ser

critérios escolhidas, quanto ao tipo adequado, bem como quanto às condições ideais de operação. A velocidade de corte, velocidade de avanço, número e tipo de dentes, características das lâminas, dentre outros, são parâmetros fundamentais para o bom desempenho de uma serra.

2.4.2. Serras circulares

As serras circulares possuem uma capacidade de corte sensivelmente maior do que as de fita ou de barra, em virtude das altas velocidades de corte permitidas.

Quanto à construção, as serras circulares podem ser inteiriças (integrais) ou em setores (dentes postiços). As serras inteiriças são constituídas de um disco de aço rápido, com diâmetros normatizados pelas normas DIN 1837 e 1838. Os dentes das serras inteiriças podem ser planos, travados, de faces cônicas e de faces cônicas encaixadas. A forma e ângulos dos dentes são padronizados segundo a norma ISO/TC 29.

Os principais tipos de serras circulares são:

a) Serra circular de dentes planos: devido ao atrito relativamente elevado nas faces laterais, tem seu uso restrito, à cortes com pequena profundidade.

b) Serra circular de dentes travados : seus dentes são inclinados alternadamente para esquerda e para a

direita, resultando uma largura maior de corte e reduzindo o atrito nas faces laterais.

c) Serra circular de faces cônicas: possui um rebaixo nas faces de modo que a sua espessura aumente do centro em direção à periferia, permitindo inúmeras afiações. A velocidade de corte e o avanço permitidos por este tipo de serra são elevados; e por essa razão são bastante utilizados.

d) Serra circular de faces cônicas encaixadas: possui além do rebaixo, idêntico ao do tipo anterior, um chanfro adicional que reduz o atrito nas faces laterais e facilita a saída do cavaco.

e) As serras circulares em setores são constituídas de um disco de aço em cuja periferia são arrebitados uma série de segmentos dentados de aço rápido ou metal duro, apresentando a vantagem de permitir a construção de serras de grande diâmetro com economia de aço rápido.

2.4.3 - Estudo dos esforços envolvidos no corte

Segundo PERSSON (1987) o corte de um material celular, tanto de origem vegetal como animal, é mais complicado do que o corte de material homogêneo como os metais. O processo de corte ainda não é conhecido em sua totalidade, mas tem-se conhecimento que certos tipos de corte (ou material a ser cortado) produzem diferentes resultados com diferentes

esforços seguidos. O conhecimento dos valores dos esforços envolvidos no corte é indispensável para a determinação da potência de uma máquina ferramenta, ou projetos de sistemas de corte de máquinas agrícolas, permitindo dimensionar os seus distintos elementos orgânicos.

BLAMPAIN (1966) cita, como sendo a força específica de corte de um determinado metal, a força em quilogramas necessária para arrancar um cavaco de um milímetro quadrado deste metal, mediante uma ferramenta cujas qualidades e características geométricas estão bem definidas. A força específica de corte é dada pelo produto da área da secção transversal do cavaco elevado a um expoente, que depende da classe do metal, por uma constante que depende das condições de corte. A área da secção transversal de corte é obtida através do produto do avanço pela profundidade de corte.

Para se obter a potência de corte em uma serra circular, em que um dente em trabalho produz cavacos com forma semelhante à uma "vírgula", a potência exigida varia constantemente. Este fato, porém, deve ser considerado somente quando temos só um ou dois dentes simultaneamente no corte; o que ocorre, entretanto, é que mais dentes estarão juntamente cortando o material e, portanto, a potência média igualando-se à potência máxima, que é obtida do produto da força específica pela velocidade de remoção de material (volume de cavacos removidos por unidade de tempo).

3 - MATERIAIS E MÉTODOS.

3.1. GENERALIDADES

Este trabalho foi desenvolvido no laboratório de motores do Departamento de Máquinas Agrícolas (D.M.A.), da Faculdade de Engenharia Agrícola.(FEAGRI)-UNICAMP.

Foi construído especialmente uma bancada de ensaios, bem como sua instrumentação para a medição dos esforços envolvidos no corte do colmo da cana-de-açúcar.

3.2. - MATERIAIS

3.2.1. Cana-de-açúcar

Foi escolhida a variedade SP70-1143, por ser a mais representativa em termos de área plantada, no Estado de São Paulo segundo (MACHADO J^r 1988).

As amostras foram colhidas aleatoriamente no campo experimental do Centro de Tecnologia da Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo Lt^{da}-COPERSÚCAR - (Piracicaba S.P.).

Os colmos foram retirados com palha e cortados no primeiro internódio, o mais próximo possível do solo. Para facilitar o trabalho, os colmos foram cortados, em pedaços de aproximadamente um metro, momentos antes do serramento.

3.2.2. -SERRAS

Foi utilizado para o corte do colmo da cana-de-açúcar, quatro serras circulares de dentes planos, de acordo com a Tabela [3.1].

Tabela [3.1]-Serras circulares utilizadas no corte do colmo da cana-de-açúcar.

Serra	Marca	Diâmetro [mm]	Espessura [mm]	Num. Dentes por metro	Tipo ISO/TC 29
S ₁	Saturno	203.2	2.55	113	NV
S ₂	Bomfio	177.8	2.00	79	NV
S ₃	Bomfio	152.4	1.80	84	NV
S ₄	Bomfio	127.0	1.95	80	NV

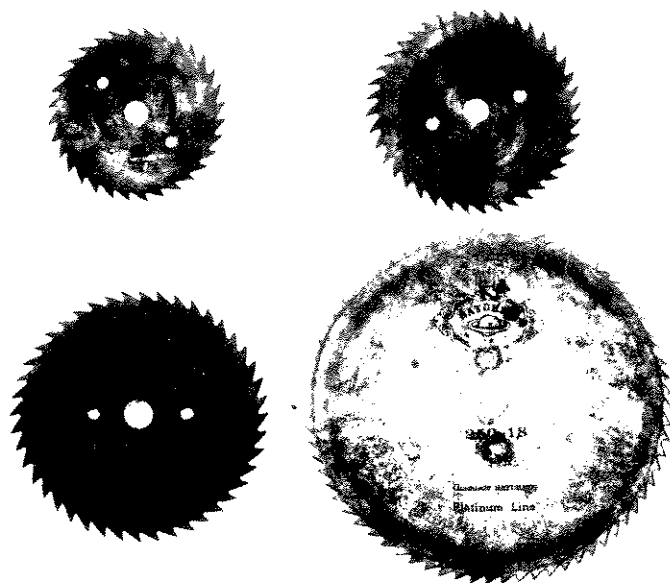


Fig 3.1.-Aspecto geral das serras circulares.

3.2.3. -BANCADA DE ENSAIOS

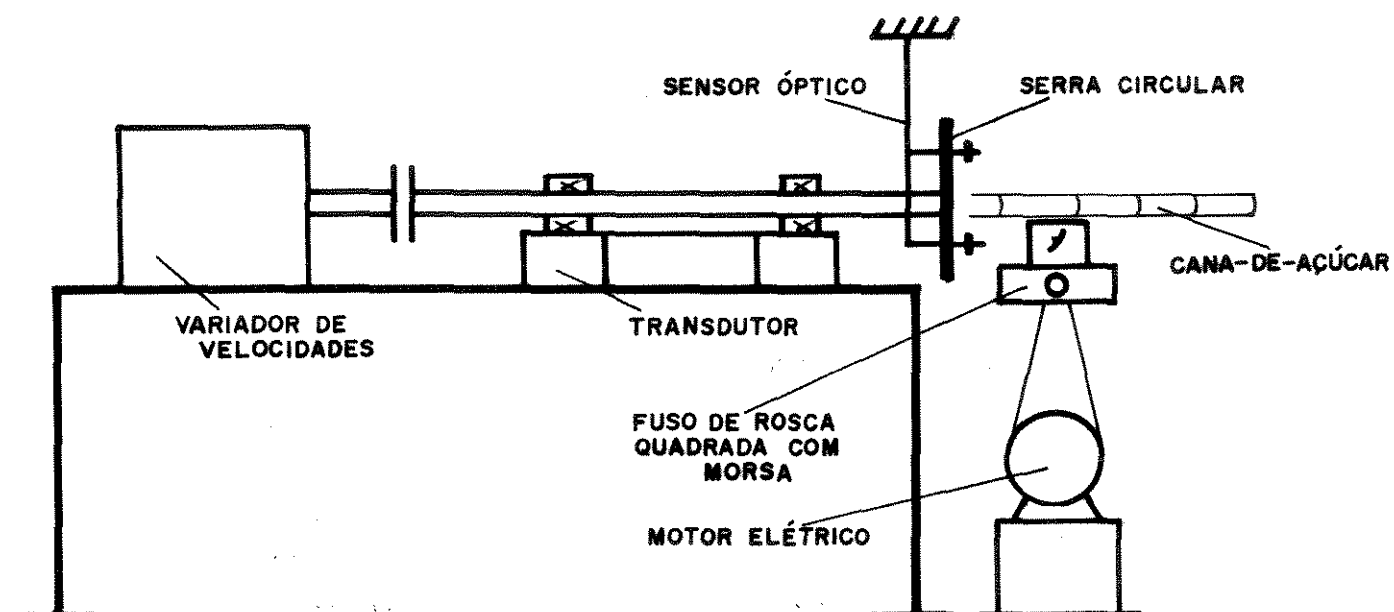


Fig 3.2 - Esquema da bancada de ensaios.

A bancada de ensaios foi construído especialmente para viabilizar a realização do presente estudo, sendo constituído basicamente de:

- Uma bancada de estrutura metálica com tampo em chapa de aço.

- Um variador de velocidades, marca "SHIMPO", contendo um motor elétrico de 2 Hp, fixado sobre a bancada através de coxins de borracha.

- Um transdutor de forças e conjugado, do tipo reativo de mesa, fixado na bancada, bem como uma estrutura para sua calibração.

- Serra circular fixada a um eixo acoplado ao variador de velocidades, através de um acoplamento flexível, e suportado por dois mancais de rolamentos solidários ao transdutor.

- Um fuso de rôsca quadrada com porca guia, para movimentar a cana-de-açúcar em direção à serra.

- Um motor elétrico com potência de 2 Hp à 1730 rpm, para a movimentação do fuso, contendo um sistema de transmissão por engrenagens e correntes, o qual possibilita a obtenção das seguintes velocidades: 461,561,816,993 [mm/s] respectivamente.

-Um sensor óptico para o registro do início e final do corte.

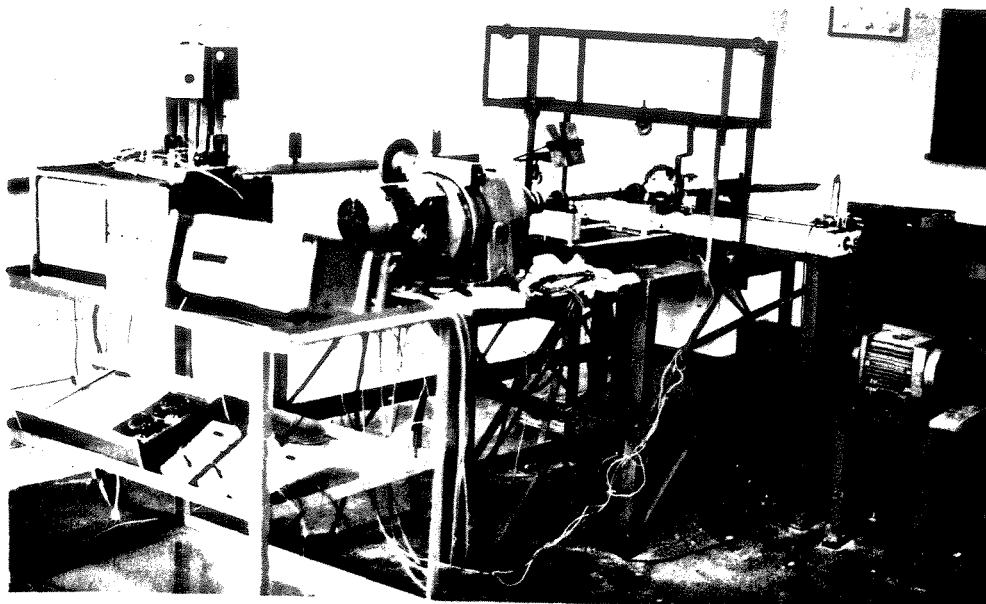


Fig 3.3 -Vista geral da bancada de ensaios.

3.2.4- INSTRUMENTAÇÃO

3.2.4.1.-Transdutor de forças e conjugado, do tipo reativo de mesa.

Projeto, construção e calibração do transdutor de força e conjugado, do tipo reativo de mesa, segundo GODWIN (1975) e CHANG & LAU (1986).

Foi utilizado dois anéis octogonais, cujos detalhes construtivos encontram-se na Figura abaixo:

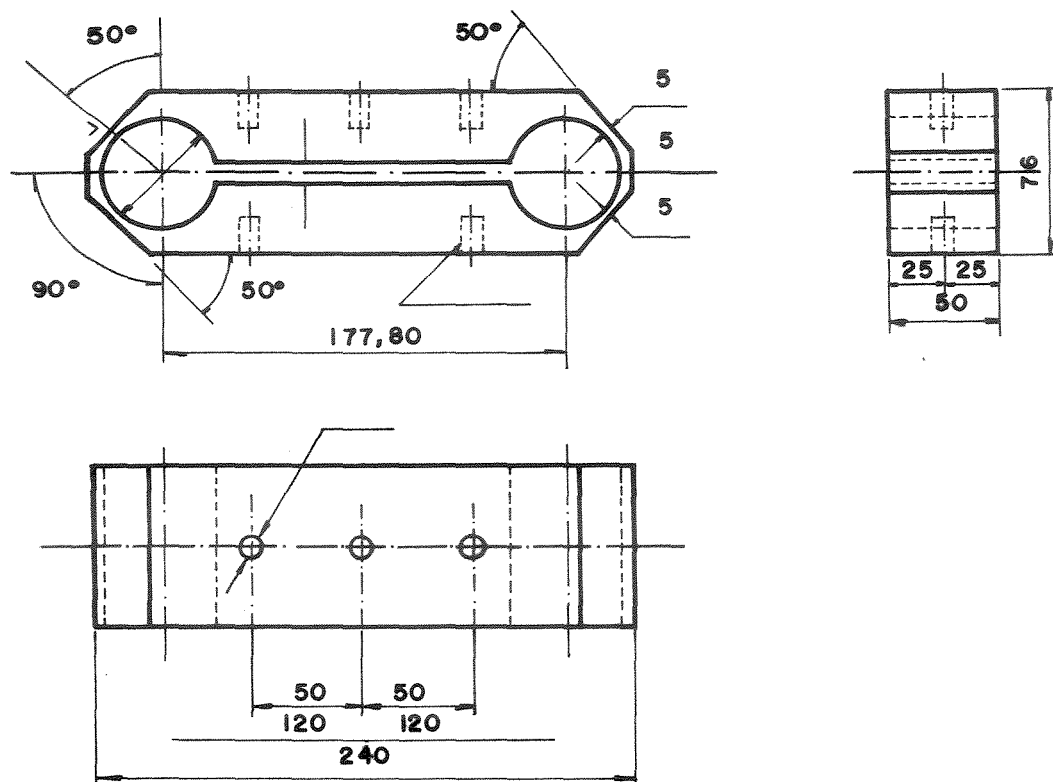


Fig 3.4 Detalhe do transdutor.

Características técnicas do transdutor :

Material Alumínio ABNT 6260	$E = 6.12 \times 10^3 \text{ Kgf/mm}^2$
Extensômetros elétricos	marca : KYOWA
	tipo : KFC-5-350-CI-23
Escala Nominal - E.N.	
Força Vertical	125 Kgf
Força Horizontal	60 Kgf
Conjugado	$2.5 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}$
Gauge Factor	$2.15 \pm 1\%$
Rendimento Térmico	$\pm 1.8 \mu\epsilon/^\circ\text{C}$
Alimentação Máxima	10 V

Impedância de Entrada	350 Ω nominal
Impedância de Saída	350 Ω nominal
Isolamento	> 500 M Ω
Temperatura de utilização	-20°C a +80°C
Compensação de temperatura	20°C a 60°C
Variação da Sensibilidade c/a temperatura dentro da faixa de compensação	0.015% da E.N. /°C
Sobrecarga admissível sem alteração das características metrológicas	1.5 * E.N.
Sobre carga admissível sem destruição mecânica	3*E.N.

Foi feita uma ligação em série entre as pontes de cada transdutor cujos esquemas elétricos estão mostrados nas Figuras [3.5],[3.6] e [3.7].

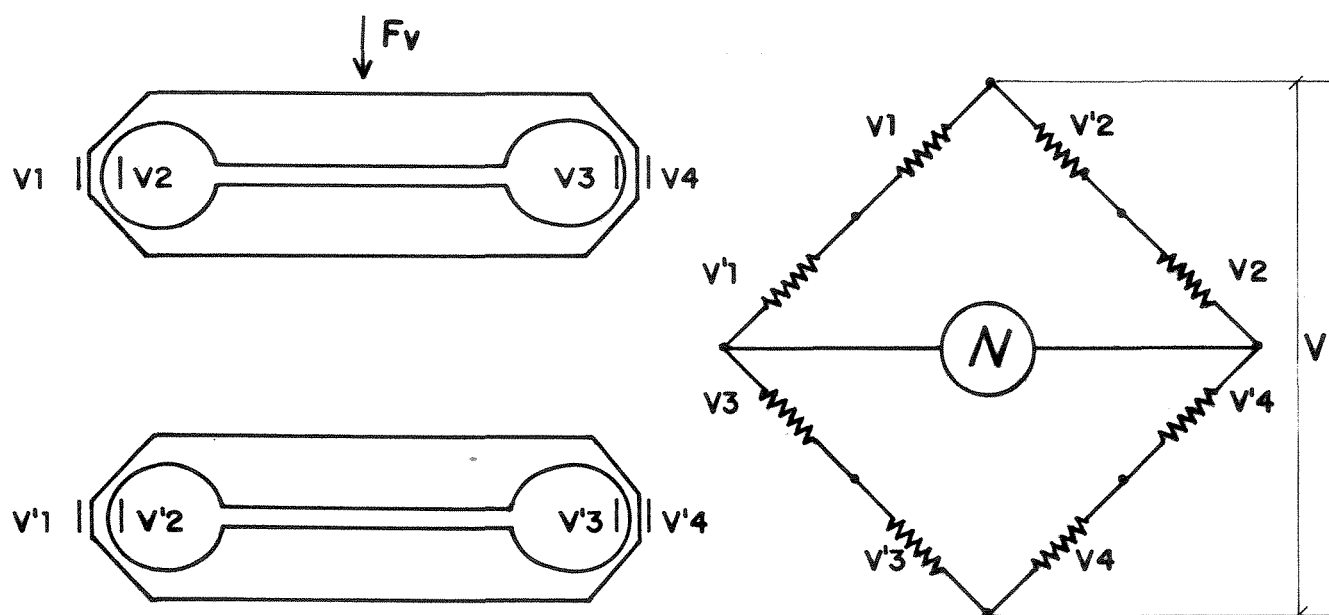


Fig 3.5 Esquema elétrico correspondente à força vertical.

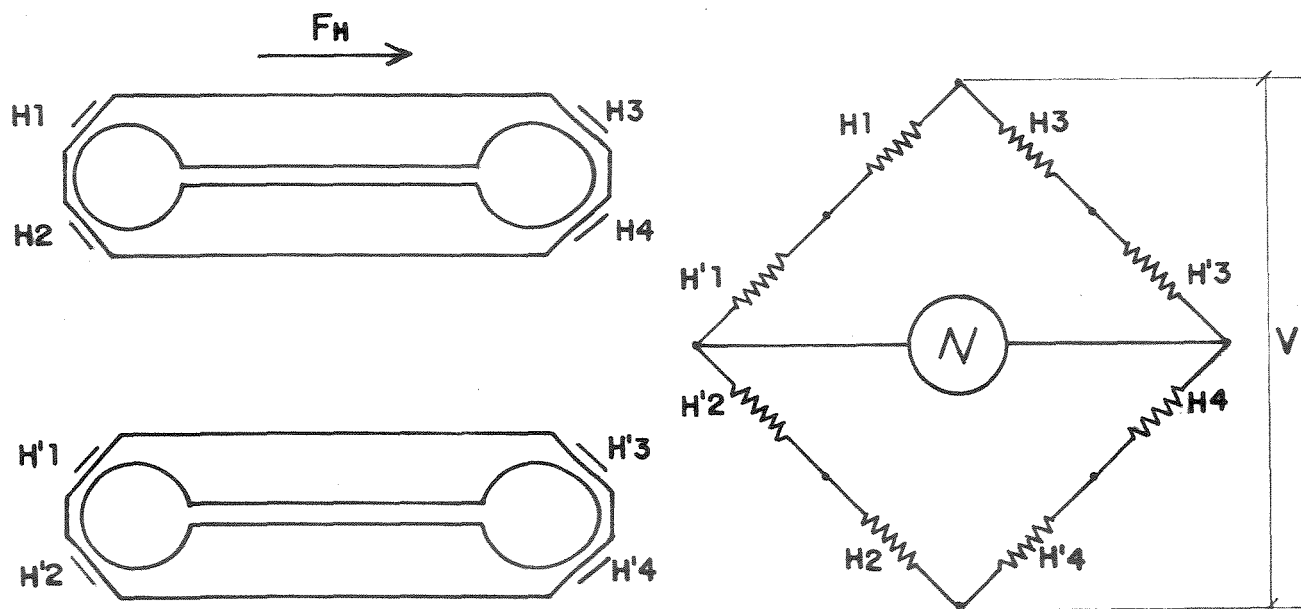


Fig 3.6 Esquema elétrico correspondente à força horizontal

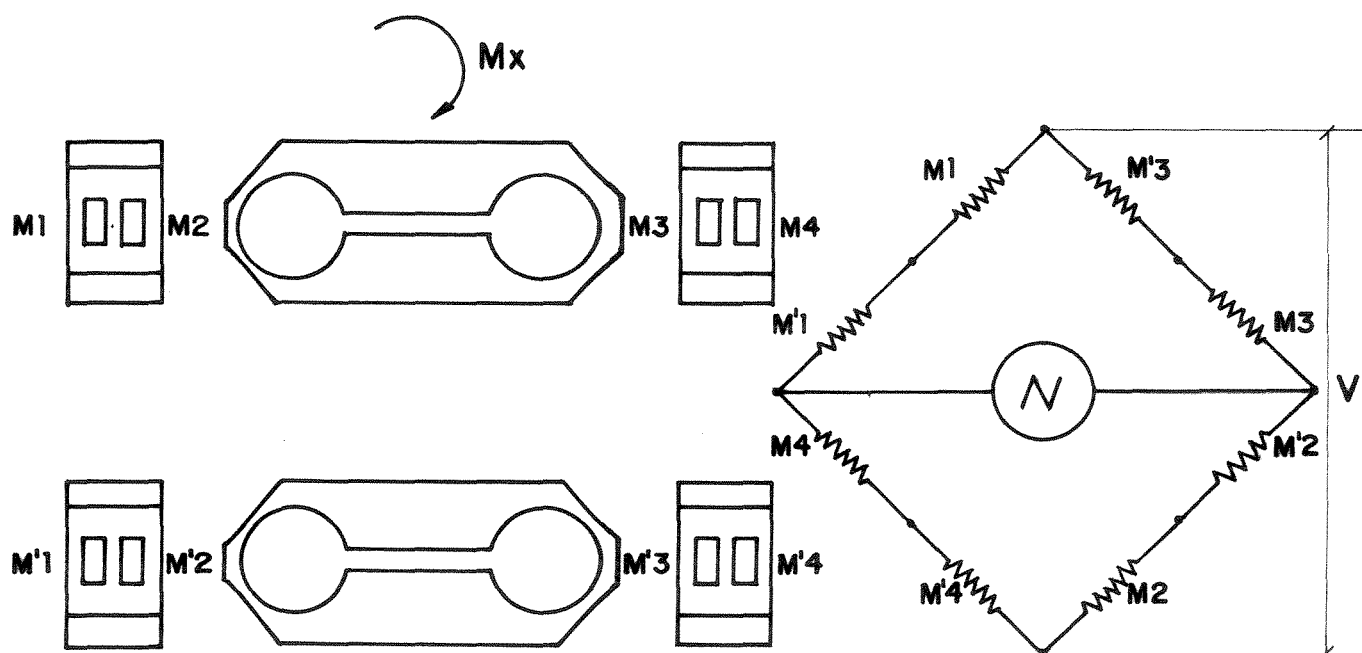


Fig 3.7 Esquema elétrico correspondente ao conjugado.

A calibração foi realizada colocando-se carregamentos conhecidos em um canal e medindo-se a voltagem de saída simultaneamente nos três canais. Através da repetição desta operação para todos os canais, obtém-se a matriz de calibração e portanto as respectivas equações.

$$\begin{vmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} F_v \\ F_H \\ M_x \end{vmatrix}$$

$$\theta_1 = K_{11} * F_v + K_{12} * F_H + K_{13} * M_x \quad [3.1]$$

$$\theta_2 = K_{21} * F_v + K_{22} * F_H + K_{23} * M_x \quad [3.2]$$

$$\theta_3 = K_{31} * F_v + K_{32} * F_H + K_{33} * M_x \quad [3.3]$$

onde : θ_1, θ_2 e θ_3 = voltagem de saída

F_v = carregamento vertical

F_H = carregamento horizontal

M_x = conjugado aplicado

A matriz de calibração obtida foi:

$$K_{11} = 1.82 \quad K_{12} = 0.10 \quad K_{13} = 0.05$$

$$K_{21} = 0.04 \quad K_{22} = -0.02 \quad K_{23} = 0.08$$

$$K_{31} = -0.05 \quad K_{32} = -0.42 \quad K_{33} = 2.07$$

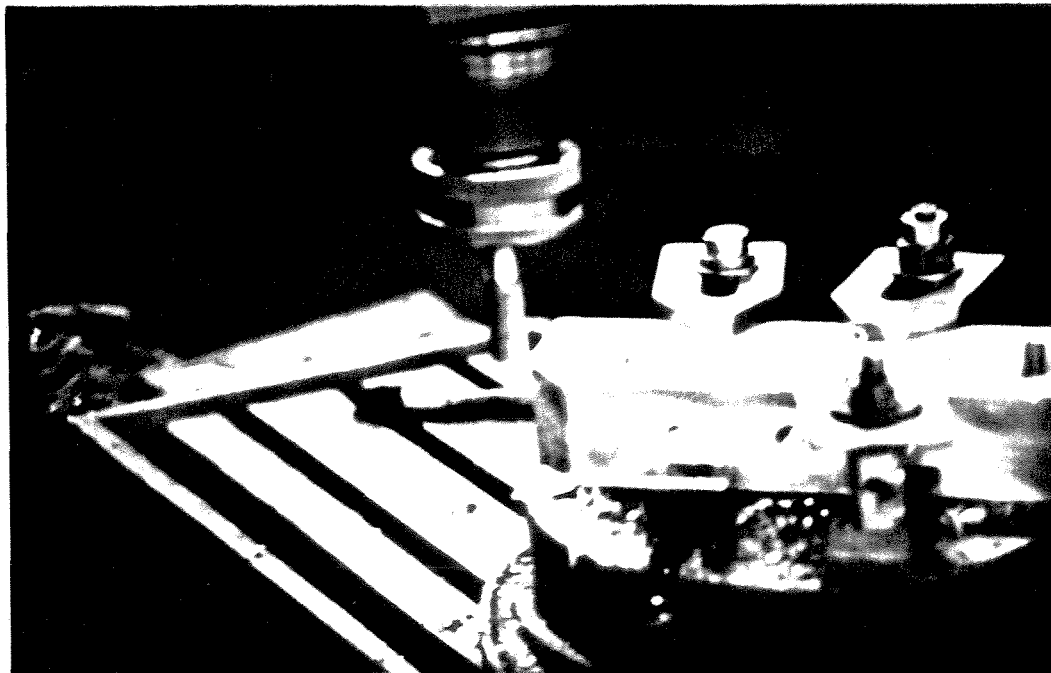


Fig 3.8 Usinagem do transdutor.

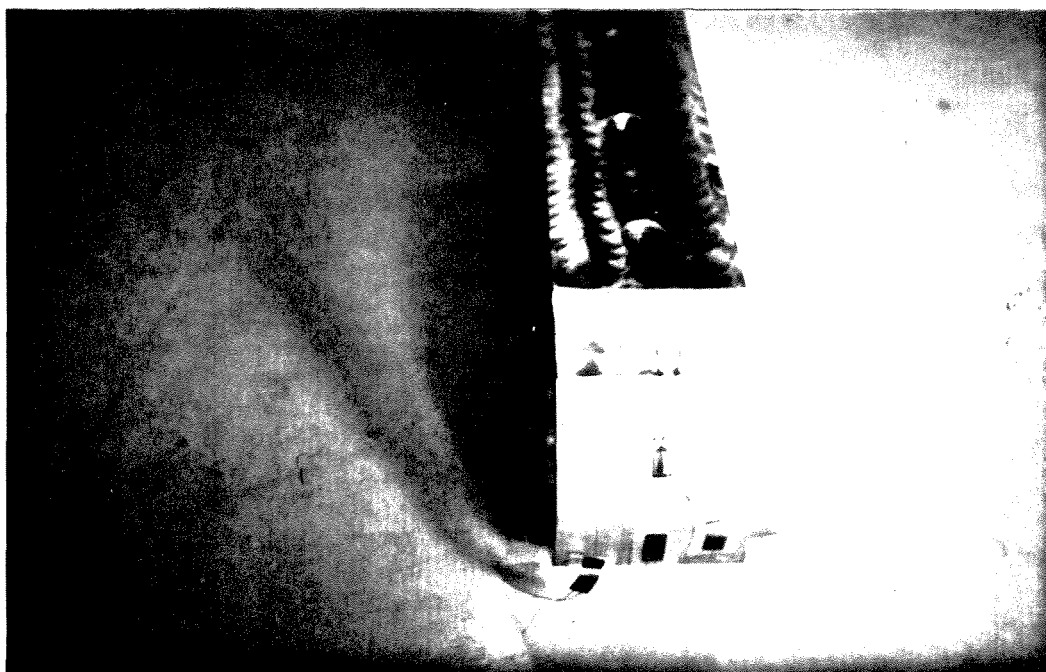


Fig 3.9. Etapa de colagem dos extensômetros elétricos de resistência

3.2.4.2 Condicionador de sinais.

KYOWA - DYNAMIC STRAIN AMPLIFIER - DPM-G series

Número de canais : 6

Faixa de aplicação da ponte : 60 a 1000 Ω

Voltagem da ponte : 0,5V ou 2,0V a 5 KHz $\pm$ 5%

Faixa de balanceamento da ponte : resistivo 1%

capacitivo 2000 pF

Saída : 40 mA

Impedância de saída : 10 Ω

Gage Factor : 2,00 (constante)

Standart calibration strain : ± 100 , ± 300 , ± 1000 ,
 $\pm 3000 \times 10^6$ strain

Ajuste da sensibilidade 5 etapas : 1, 1/3, 1/10, 1/30 e 1/100
 e variação contínua de 1 a 1/4

Frequencia de resposta : DC 2000 Hz

Ruído : 40 dB para saída máxima

3.2.4.3 Registrador.

7404 A Oscillographic Recorder

HP 17402 A LOW GAIN DC Preamplifier

Número de canais 4 canais analógicos

Velocidade da carta 5, 10, 25, 50, 100, 200 mm/seg e mm/min

3.2.4.4 Durômetro.

Marca : OTTO WOLPERT - WERKE G.m.b.H.

Shore C segundo DIN 53505

Escala de 0 a 100 com 20 divisões.

3.2.4.5. Tacômetro.

Marca : Takotron

Modelo : T D 100 4 dígitos com memória

Faixa de medição 1 a 9999 rpm - 0.1 a 999.9 m/min

3.2.4.6. Paquímetro.

Marca : MITUTOYO

Precisão 0.02 [mm]

Comprimento 200 [mm]

3.2.4.7. Multímetro digital.

Marca : RE -SOM Eletrônica Ltda.

Modelo : MIC 7000 FT DMM

3.2.4.8. Massas aferidas pelo Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO), pertencentes ao Departamento de Máquinas Agrícolas (D.M.A.) - FEAGRI.

02 unid de 5 kg 10 unid de 1 kg

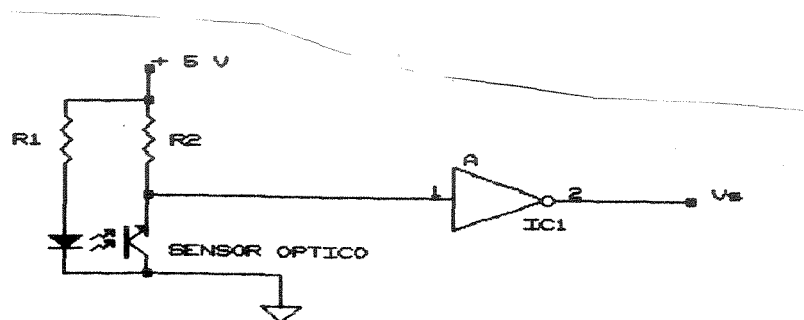
02 unid de 0.5kg 02 unid de 0.2kg

05 unid de 0.1kg

3.2.4.9 Sensor óptico

Projeto e construção de um sensor óptico, utilizado para precisar o instante do corte do colmo da cana.

Foi contruído o sensor óptico de acordo com o esquema elétrico abaixo:



onde : IC1 = 74LS14

R1 = resistor 47 Ω 1/8 W 1%

R2 = resistor 100 Ω 1/8 W 1%

Sensor Óptico - fototransistor BPW42

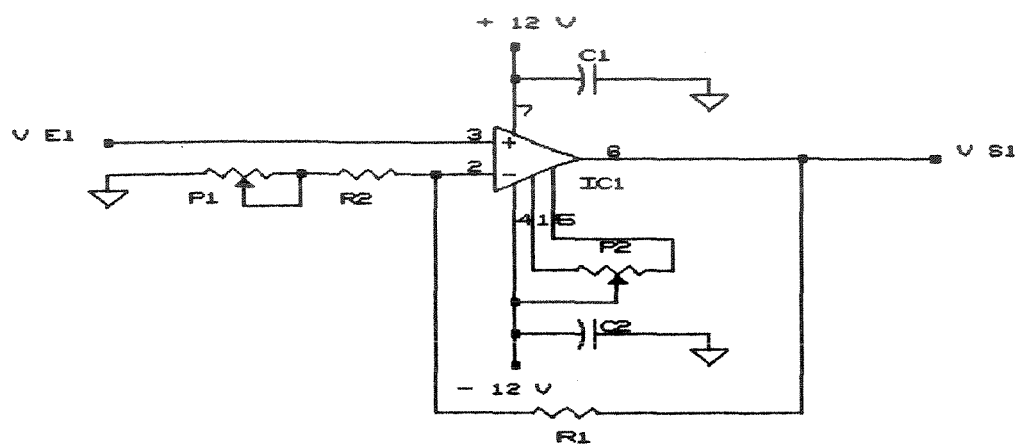
diodo emissor CQW 14

Fig [3.10] Esquema elétrico do sensor óptico.

3.2.4.10 Amplificador

Projeto e construção de um amplificador de sinais, com três canais.

Foi construído o amplificador de acordo com o esquema elétrico abaixo:



onde: $ICI = 3140$

R_1 = resistor de $10\text{ K}\Omega$ $1/4\text{ W}$ 1%

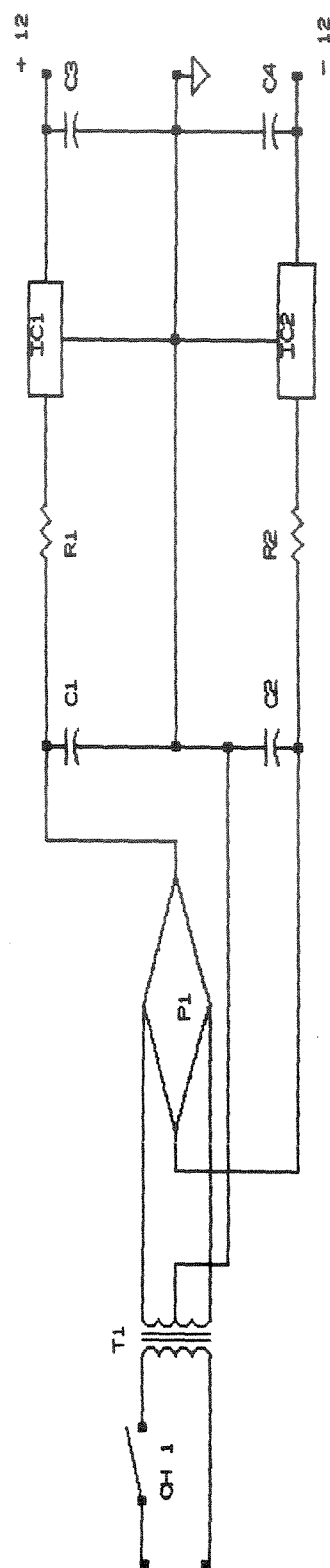
R_2 = resistor de $10\text{ K}\Omega$ $1/4\text{ W}$ 1%

P_1 = trimpot de precisão $10\text{ K}\Omega$

P_2 = trimpot de precisão $10\text{ K}\Omega$

C_1 = capacitor cerâmico 100 nF

Fig 3.11 Esquema elétrico de um canal do amplificador de sinais.



onde : T_1 = transformador 110V - 12+12V

P_1 = ponte retificadora SKB 1.2/04

C_1 = capacitor eletrolítico $2200\mu\text{F} \times 16\text{V}$

C_2 = capacitor eletrolítico $2200\mu\text{F} \times 16\text{V}$

Fig 3.12 Esquema elétrico da fonte de alimentação dos amplificadores

3.3 -MÉTODOS.

Apresenta-se a seguir a metodologia básica de análise, assim como a descrição dos ensaios realizados.

3.3.1. Teoria Básica de Análise.

3.3.1.1. Parâmetros Básicos Envolvidos.

Para comparar as características das distintas condições de desempenho, os parâmetros pertinentes a resistência específica ao corte, energia de corte e conjugado.

Os parâmetros de corte foram avaliados e definidos como:

A - Resistência específica ao corte.

Considerando um dente em trabalho, num dado instante temos:

$$R_e = \frac{F_c}{L_s * h} \dots\dots\dots [3.4]$$

onde: R_e = resistência específica ao corte [kgf/mm]²

F_c = Força de corte [kgf]

L_s = Largura da serra [mm]

h = espessura do cavaco no instante considerado [mm]

Para a obtenção da resistência específica de corte, R_c , tomou-se um valor médio da espessura do cavaco h_m , que é definido por BLAMPAIN (1966) como sendo a relação entre a área do cavaco e o comprimento do arco que a aresta do dente descreve durante o corte.

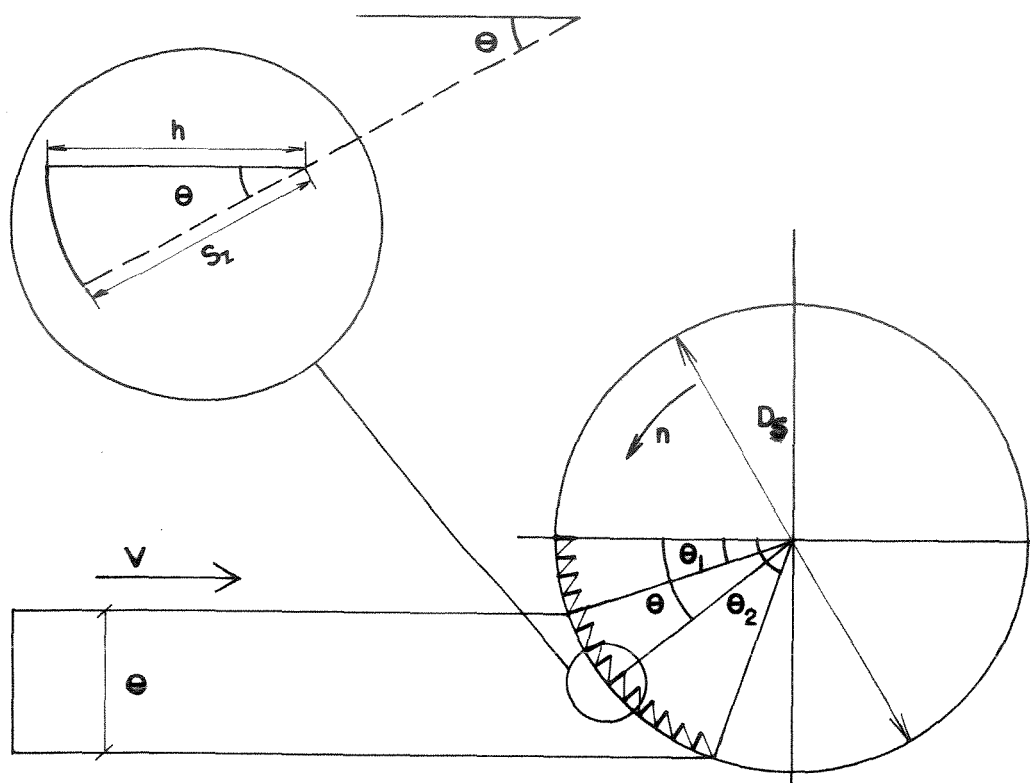


Fig 3.13- Detalhe dos ângulos de contacto do dente.

De acordo com a Fig 3.13 tem-se:

$$h_m = \frac{1}{\theta_2 - \theta_1} * \int_{\theta_1}^{\theta_2} s_z * \sin \theta_1 d\theta \dots\dots\dots [3.5]$$

onde: θ_1 e θ_2 = ângulo inicial e final de contacto do dente
[rad]

s_z = comprimento do cavaco [mm]

$$h_m = \frac{1}{\theta_2 - \theta_1} * S_z * (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \dots \dots \dots [3.6]$$

$$h_m = \frac{1}{\theta_2 - \theta_1} * S_z * \frac{2 * e}{D_s} \dots \dots \dots [3.7]$$

onde: D_s = diâmetro da serra [mm]

e = espessura do material a ser cortado [mm]

como $S_z = \frac{V}{n * Z} \dots \dots \dots [3.8]$

onde: V = velocidade de avanço da serra [mm/seg]

n = velocidade angular da serra [seg^{-1}]

Z = número de dentes da serra

então:

$$h_m = \frac{1}{\theta_2 - \theta_1} * \frac{V}{n * Z} * \frac{2 * e}{D_s} \dots \dots \dots [3.9]$$

B- Energia de corte.

Como o número de dentes em trabalho numa serra circular é relativamente grande, comparando-se com uma fresa frontal, a variação da energia de corte com a entrada e saída dos dentes no material, é pequena. (Serras, O processo de serramento s/d). Portanto pode-se calcular o valor médio da energia de corte e admiti-lo constante.

A energia de corte é obtida através do produto da força média de corte pelo número efetivo de dentes em trabalho , dado por:

$$E_c = R_e * L_e * h_m * D_s * Z * \frac{\theta_2 - \theta_1}{4\pi} \dots \dots \dots [3.10]$$

onde: E_c = energia de corte [watts]

substituindo-se [3.9] em [3.10] tem-se:

$$E_c = R_e * L_s * e * \frac{V}{n * 2\pi} \dots\dots\dots [3.11]$$

de [3.11] tem-se:

$$R_e = \frac{E_c * n * 2\pi}{L_s * e * V} \dots\dots\dots [3.12]$$

$$\text{como } E_c = F_H * D_c + F_v * \frac{D_s}{2} \dots\dots\dots [3.13]$$

onde: F_H = força de corte horizontal.

D_c = diâmetro da cana.

F_v = força de corte vertical.

$$\text{então, } R_e = (F_H * D_c + F_v * \frac{D_s}{2}) * \frac{n * 2\pi}{L_s * e * V} \dots\dots [3.14]$$

Devido ao fato do material a ser cortado possuir forma geométrica cilíndrica, deve-se calcular uma "espessura média equivalente" dada por:

$$E_{me} = \frac{2 * D_c}{n} * \sum_{i=0}^{\pi/2} \text{sen } i \dots\dots\dots [3.15]$$

onde: E_{me} = espessura média equivalente [mm]

i = ângulo [rad]

n = número de ângulos considerados

Substituindo-se [3.15] em [3.14] obtém-se

$$R_e = \left(F_H * D_c + F_v * \frac{D_s}{2} \right) * \frac{n * 2\pi}{E_m * L_s * V} \dots\dots [3.16]$$

Verificou ser o cálculo do esforço de corte para serras circulares análogo ao das enxadas rotativas e das fresas frontais.

3.3.1.2. Análise Dimensional.

Análise dimensional é um método de dedução lógica dos grupos de variáveis envolvidas em um processo. Devido ao fato de estarem envolvidas dez variáveis neste estudo, bem como da possibilidade da utilização dos resultados obtidos, em estudos futuros através da aplicação da teoria da similitude justificando assim a utilização da análise dimensional para o presente trabalho. Baseado no Teorema dos "Π termos" de Buckingham conforme nos sugere MURPHY (1950). Foram obtidos um grupo de sete "Π termos" adimensionais independentes descritos pelas equações [3.20] a [3.26].

As variáveis pertinentes, os símbolos e as dimensões básicas, estão listados na Tabela [3.2].

Tabela 3.2. - Variáveis Pertinentes na Análise Dimensional do Processo de Corte do Colmo da Cana-de-açúcar.

	VARIÁVEL	SÍMBOLO	DIMENSÕES
K 1	Força de corte vertical	F_v	$M L T^{-2}$
K 2	Força de corte horizontal	F_H	$M L T^{-2}$
K 3	Espessura da Serra	L_s	L
K 4	Velocidade de avanço	V_c	$L T^{-1}$
K 5	Rotação	n	T^{-1}
K 6	Diâmetro da serra	D_s	L
K 7	Diâmetro da cana	D_c	L
K 8	Densidade da cana	δ	$M L^{-3}$
K 9	N ^o dentes por unid. compr.	N_D / M	L^{-1}
K 10	Dureza	D_u	—

Matriz Dimensional

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀
M	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
L	1	1	1	1	0	1	1	-3	-1	0
T	-2	-2	0	-1	-1	0	0	0	0	0

Como a característica da matriz dimensional é $m = 3$, e este fenômeno físico envolve dez grandezas, pelo Teorema de Buckingham temos sete grupos adimensionais independentes.

$$K_1 = -K_2 - K_8 \dots \dots \dots [3.17]$$

$$K_4 = -K_3 - K_6 - K_7 + 4 \times K_8 + K_9 \dots \dots \dots [3.18]$$

$$K_5 = K_3 + K_6 + K_7 - 2 \times K_8 - K_9 \dots \dots \dots [3.19]$$

Matriz Solução

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀
Π ₁	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Π ₂	0	0	1	-1	1	0	0	0	0	0
Π ₃	0	0	0	-1	1	1	0	0	0	0
Π ₄	0	0	0	-1	1	0	1	0	0	0
Π ₅	0	0	0	4	-2	0	0	1	0	0
Π ₆	0	0	0	1	-1	0	0	0	1	0
Π ₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Os sete "Pi termos" descritos neste fenômeno podem ser escritos como:

$$\Pi_1 = [F_H] * [F_V]^{-1} \dots \dots \dots [3.20]$$

$$\Pi_2 = [L_s] * [n] * [V_c]^{-1} \dots \dots \dots [3.21]$$

$$\Pi_3 = [n] * [D_o] * [V_c]^{-1} \dots \dots \dots [3.22]$$

$$\Pi_4 = [n] * [D_o] * [V_c]^{-1} \dots \dots \dots [3.23]$$

$$\Pi_5 = [V_c]^4 * [\delta] * [F_V]^{-1} * [n]^{-2} \dots \dots \dots [3.24]$$

$$\Pi_6 = [V_c] * [N_D/M] * [n]^{-1} \dots \dots \dots [3.25]$$

$$\Pi_7 = \text{adimensional (dureza)}. \dots \dots \dots [3.26]$$

Combinando-se os "pi termos" de acordo com a equação [3.16] tem-se:

$$\Pi_A = \frac{(\Pi_1 * \Pi_4 + \Pi_3) * \Pi_5}{\Pi_5 * \Pi_2 * \Pi_6} \dots \dots \dots [3.27]$$

$$\Pi_B = \frac{\Pi_3}{\Pi_5} \dots \dots \dots [3.28]$$

$$\Pi_C = \frac{\Pi_1 * \Pi_4 + \Pi_3}{\Pi_5} \dots \dots \dots [3.29]$$

Onde: Π_A corresponde a R_e ,
 Π_B ao conjugado e
 Π_C ao consumo energético.

Segundo MAUAD & MARTINI ,aplicando-se o Teorema de Bridgman, pode-se escrever :

$$\Pi_A = K * \Pi_B^{b_0} * \Pi_3^{c_0} * \Pi_C^{d_0} * \Pi_5^{e_0} * \Pi_6^{f_0} * \Pi_7^{g_0} \dots\dots\dots [3.30]$$

ou

$$\text{Log } \Pi_A = K + b_0 * \text{Log } \Pi_B + c_0 * \text{Log } \Pi_3 + d_0 * \text{Log } \Pi_C + \\ + e_0 * \text{Log } \Pi_5 + f_0 * \text{Log } \Pi_6 + g_0 * \text{Log } \Pi_7 \dots [3.31]$$

A equação [3.31] foi utilizada para a obtenção dos resultados descritos no capítulo 4.

3.3.2 Descrição dos ensaios

As amostras de cana-de-açúcar foram submetidas ao corte, através do seguinte procedimento :

Inicialmente foi feita uma calibração do transdutor, através de uma estrutura especialmente construída,colocou-se convenientemente pesos conhecidos provocando o registro de forças horizontais e verticais.

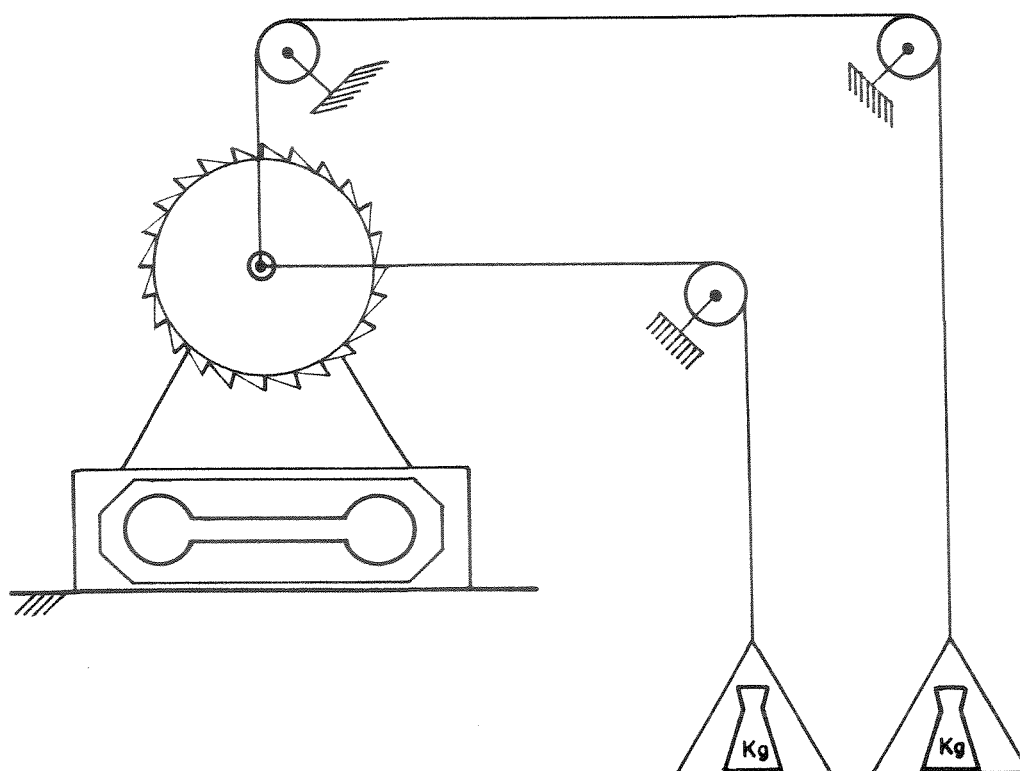


Fig 3.14 - Esquema da estrutura para calibração do transdutor.

Em seguida engastou-se o colmo a ser cortado em uma morsa solidária à porca guia (Vide Fig [3.15])

Em seguida foram efetuadas três medidas do diâmetro e dureza do colmo, podendo-se então se iniciar o corte ligando-se os motores, acionador do fuso e variador de velocidades, e o registrador. Foram utilizados três canais do registrador, sendo que dois deles para o registro das forças verticais e horizontais, e o terceiro conectado ao sensor óptico, permitindo assim a identificação do exato momento inicial e final do corte.

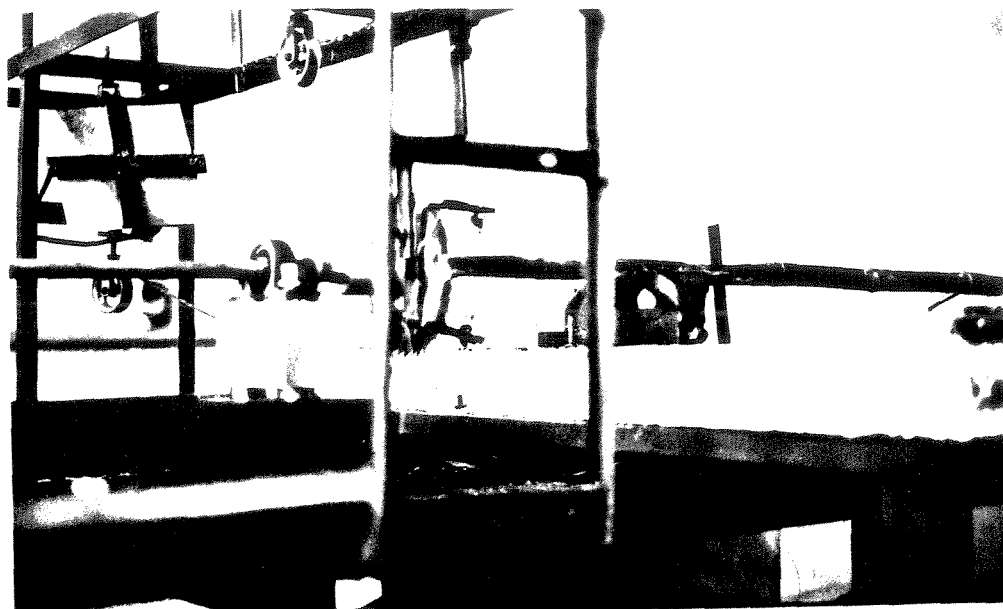


Fig 3.15 Vista do engastamento da cana e do sensor
óptico

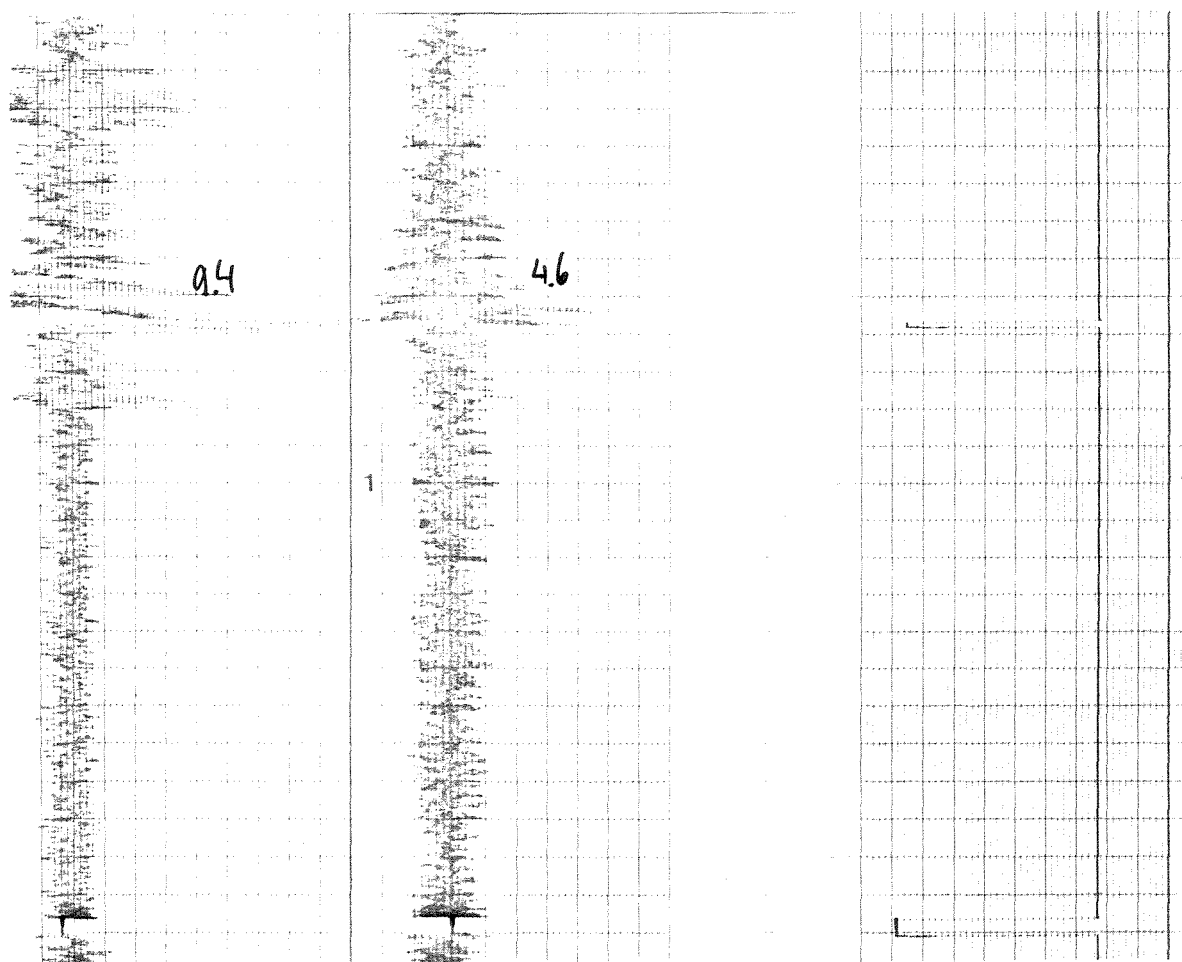


Fig 3.16 - Registro dos sinais de saída

Através da combinação entre quatro velocidades de avanço da cana (993,816,562,461 mm/s), quatro diâmetros de serra (2.55,2.00,1.95,1.80 mm) e quatro rotações (850,1050,1250,1400 rpm) com cinco repetições cada totalizando trezentos e vinte cortes.

Os dados foram analisados através de um programa computacional SAS[®] (vide Apêndice II), utilizou-se para a estimação dos parâmetros da equação [3.27], uma análise não linear com a aplicação do método de Gaus-Newton. cujos resultados estão apresentados no capítulo 4.

4. RESULTADOS E ANALISE.

4.1. Generalidades.

Apresenta-se no presente capítulo o resultado dos ensaios realizados.

As tabelas apresentadas no apêndice I, contém todos os dados obtidos e calculados através do programa computacional LOTUS 1-2-3TM, baseados nas equações desenvolvidas no capítulo anterior.

4.2. Análise estatística dos dados.

Os resultados da análise estatística realizada através do programa computacional SAS[®], estão apresentados nas Tabelas seguintes:.

Tabela 4.1.-Fase Iterativa da Análise Não-Linear.
obtido através do programa computacional
SAS[®]

ANALISE DIMENSIONAL -					
MINIMOS QUADRADOS FASE ITERATIVA NAO LINEAR					
VARIÁVEL DEPENDENTE		LA = LOG Π_A		MÉTODO: GAUSS-NEWTON	
ITERAÇÃO	K	BO	CO	RESIDUO	SS
	DO	EO	FO		
	GO				
0	1.000000000	1.000000000	1.000000000	133129.203983279	

```

1.0000000000
1 1.855885675 0.753059559 -0.3127955 2.952156223260
0.834265512 0.688167697 -1.073787
0.060479627
1.855885675 0.753059559 -0.3127955 2.952156223260
0.834265512 0.688167697 -1.073787
0.060479627
2 1.855885675 0.753059559 -0.3127955 2.952156223260
0.834265512 0.688167697 -1.073787
0.060479627

```

Tabela 4.2. - Resumo estatístico da análise
não-linear obtido através do
programa computacional SAS®.

SUMÁRIO ESTATÍSTICO				
VARIÁVEL	DEPENDENTE	LA = LOG Π_A		
		DF	SOMA DOS QUADRADOS	MÉDIA QUADR.
REGRESSÃO		7	6432.7095167	918.9585024
RESÍDUO		319	2.9521562	0.0092544
TOTAL DE INCORRETO		326	6435.6616729	
TOTAL CORRETO		325	1134.7956960	

Tabela 4.3. - Estimação dos parâmetros, erro assintótico e intervalo de confiança, obtido através do programa computacional SAS®.

PARAMETRO	ESTIMADO	ASSINTÓTICO	ASSINTÓTICO 95 %	
			ERRO PADRÃO	INTERVALO DE CONFIANÇA
			ACIMA	ABAIXO
K	1.855885675	0.66057349977	0.5562364541	3.1555348957
BO	0.753059559	0.48775067588	-0.2065683792	1.7126874979
CO	-0.312795528	0.50343495244	-1.3032815885	0.6776905331
DO	0.834265512	0.15387112373	0.5315308638	1.1370001602
EO	0.688167697	0.50520278418	-0.3057964945	1.6821318890
FO	-1.073787176	0.03749481018	-1.1475565611	-1.0000177910
GO	0.060479627	0.12206965359	-0.1796870317	0.3006462854

Tabela 4.4. - Matriz assintótica de correlação dos parâmetros, obtida através do programa computacional SAS®.

MATRIZ ASSINTÓTICA DE CORRELAÇÃO DOS PARÂMETROS

CORR	K	BO	CO	DO
K	1.0000	0.0156	0.1010	-0.4821
BO	0.0156	1.0000	-0.9557	-0.0373
CO	0.1010	-0.9557	1.0000	-0.2550
DO	-0.4821	-0.0373	-0.2550	1.0000
EO	-0.1284	0.9559	-0.9983	0.2572
FO	-0.4258	-0.1021	-0.0556	0.5444
GO	-0.9567	-0.0164	-0.0981	0.4388
CORR	EO	FO	GO	
K	-0.1284	-0.4258	-0.9567	
BO	0.9559	-0.1021	-0.0164	
CO	-0.9983	-0.0556	-0.0981	
DO	0.2572	0.5444	0.4388	
EO	1.0000	0.0468	0.1125	
FO	0.0468	1.0000	0.3578	
GO	0.1125	0.3578	1.0000	

A equação final obtida à partir dos
parâmetros estimados é dada por:

$$\begin{aligned} \Pi_A = & 1.856 * \Pi_B \quad \quad \quad 0.753 \quad \quad -0.313 \quad \quad 0.834 \quad \quad 0.688 \quad \quad -1.074 \\ & \quad \quad \quad * \Pi_B \quad \quad \quad * \Pi_C \quad \quad * \Pi_D \quad \quad * \Pi_E \\ & \quad \quad \quad 0.061 \\ & * \Pi_F \quad \quad \quad \dots\dots\dots [4.1] \end{aligned}$$

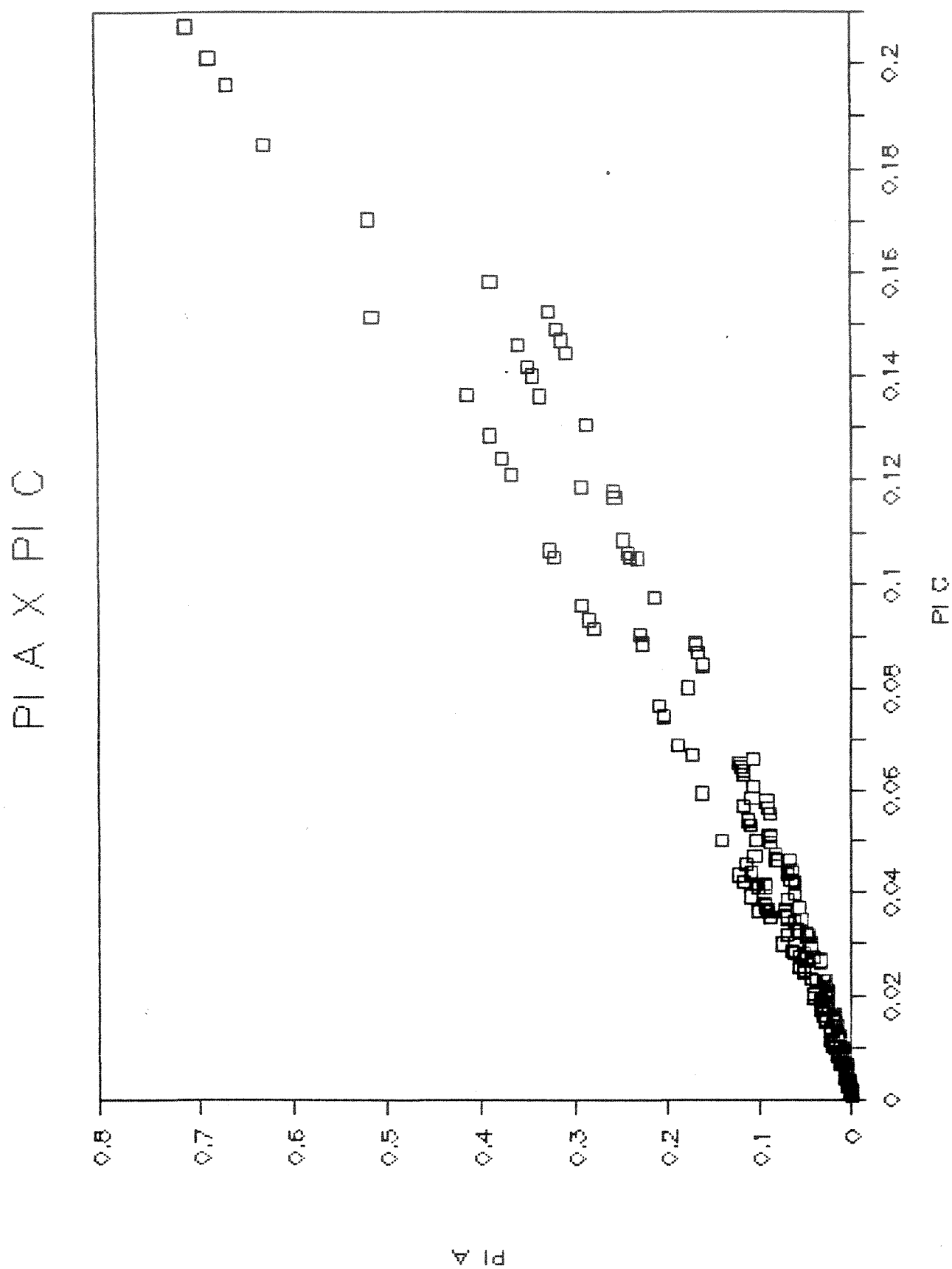


Fig. [4.1] Correlação entre $\Pi_A (Re)$ e $\Pi_c (Ec)$

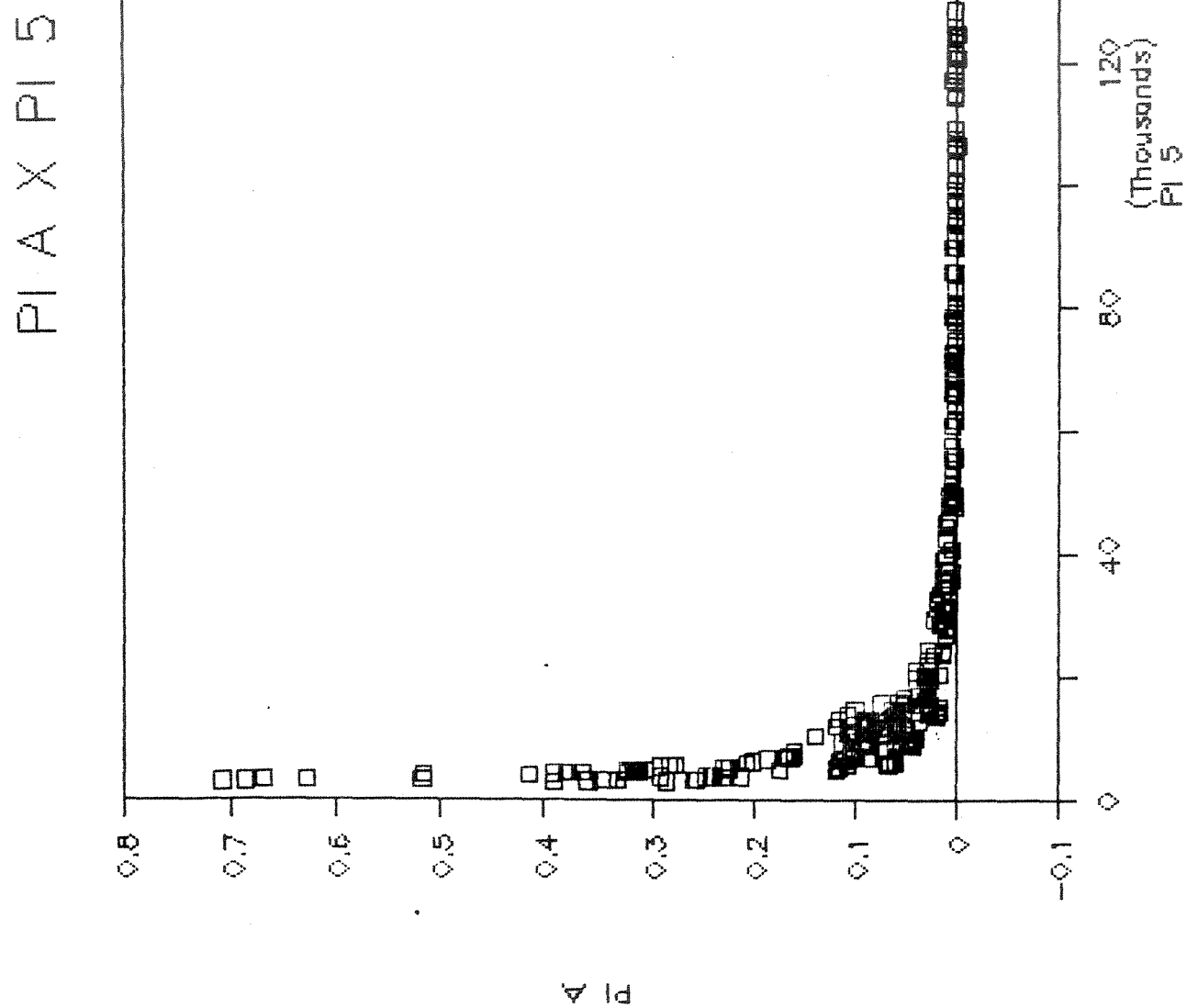
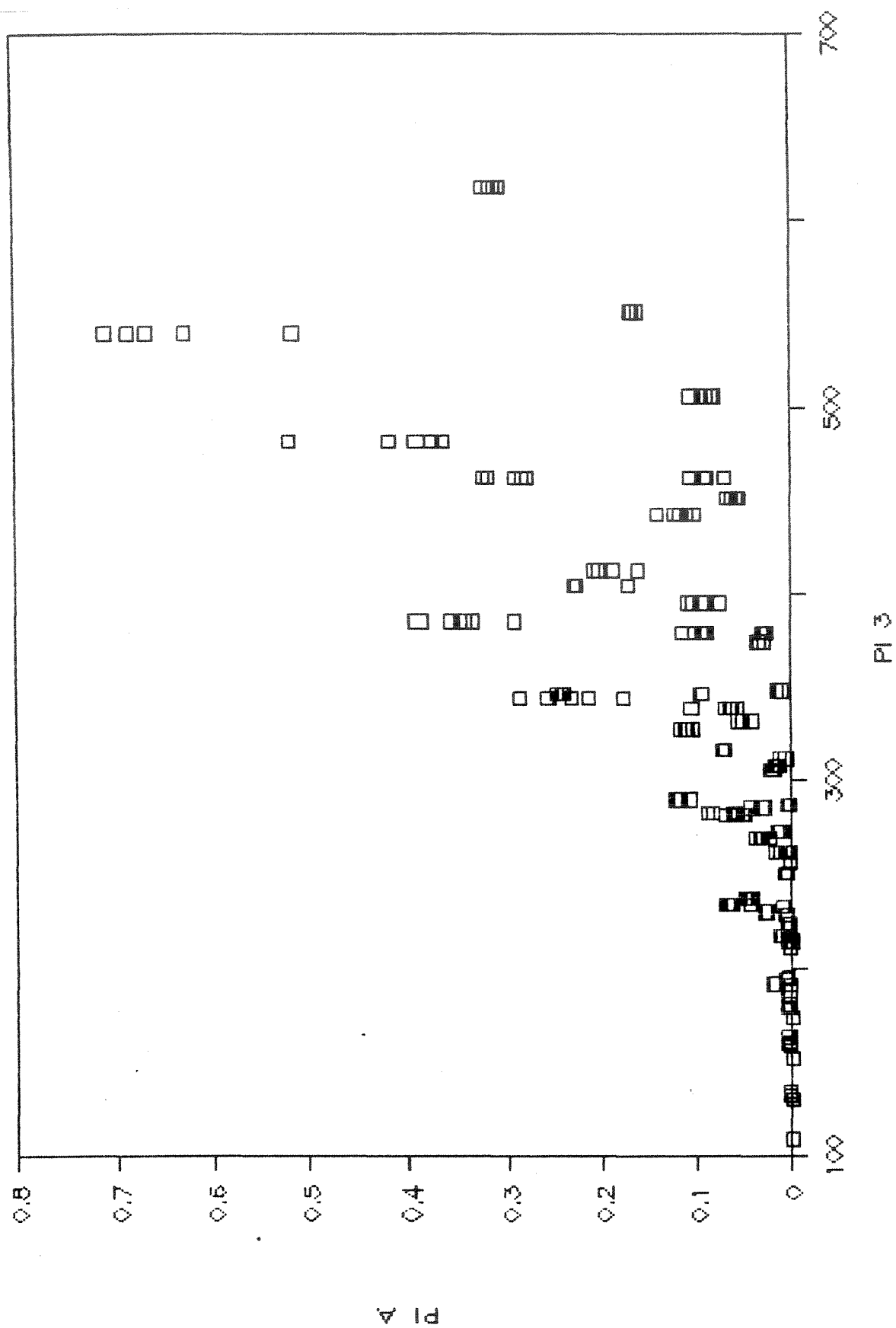


Fig 4.2 Correlação entre Π_A (R_e) e Π_5 (V_c)

PIA X PI 3

Fig 4.3 Correlação entre Π_A (Re) e Π_3

4.3 Análise dos Resultados.

Observando-se a Equação [4.1.] e a matriz de correlação assintótica dos parâmetros e as Figuras [4.1] a [4.3], chegou-se às seguintes considerações:

Muito embora o expoente do termo Π_7 , 0,061 correspondente à dureza do colmo da cana, tenha um valor pequeno, este apresenta uma contribuição significativa para com o valor do coeficiente multiplicativo K, de acordo com a Tabela [4.4] apresentando uma correlação de -0.9567 entre o expoente do termo Π_7 e o coeficiente K. O que torna este expoente, embora com valor pequeno, não desprezível.

Os expoentes dos adimensionais Π_5 e Π_6 apresentam valores negativos, o que permite deduzir que o diâmetro da serra e o número de dentes por unidade de comprimento são inversamente proporcionais à resistência específica de corte. Devido ao valor absoluto do expoente do termo Π_6 ser maior do que o Π_5 , a resistência específica de corte é mais influenciada pelo número de dentes da serra por unidade de comprimento do que pelo seu diâmetro.

Os parâmetros que mais influenciaram a resistência específica ao corte foram respectivamente: a energia, o conjugado e a velocidade de avanço da cana, dado aos valores dos respectivos expoentes.

Está contemplado nos adimensionais $\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5$ e Π_6 a relação entre a velocidade de avanço da cana e a rotação da serra.

A relação (Π_1) entre as forças de corte horizontal e vertical, influencia de maneira multiplicativa a energia de corte e portanto, ocorrem o mesmo para a resistência específica ao corte.

É importante salientar que as forças de atrito entre a cana e o disco da serra foram consideradas imbutidas na resistência específica ao corte.

Verifica-se através da Fig [4.1], ser linear a relação entre Π_A e Π_C e pelas equações [3.27],[3.29],[3.21],[3.22] e [3.22] , tem-se que o coeficiente angular das retas é dado pelo quociente entre as razões: $(N_b/m) / D_s$; V_c / n , observa-se na Fig.[4.1.] apenas tres curvas distintas o que é explicado pelo número de dentes por unidade de comprimento de duas serras ser muito próximo (vide Tabela [3.1.]).

Pelo gráfico mostrado na fig [4.2.], verificamos ser a relação entre Π_A (R_e) e Π_5 (V_c) inversamente proporcional, possibilitando a obtenção da melhor velocidade de avanço da cana para a menor R_e .

As equações de [3.20] a [3.27] permitem a identificar como sendo quadrática a relação entre Π_A (R_e) e Π_3 .

5. CONCLUSÕES

Dentro das condições do ensaio, a análise dos resultados obtidos permitiram chegar às seguintes conclusões:

O transdutor de forças e conjugado, do tipo reativo de mesa, mostrou atender às expectativas desejadas no seu projeto, tendo em vista a matriz de calibração obtida e os resultados alcançados.

A metodologia apresentada por este trabalho mostrou ser eficiente para o estudo do corte do colmo da cana-de-açúcar, tendo em vista a obtenção consistente das características pretendidas do material biológico em estudo.

O número de dentes por unidade de comprimento da serra, tem influência significativa na resistência específica ao corte.

A dureza da casca mostrou ser um dos parâmetros de fundamental importância na resistência específica ao corte, dada sua alta correlação com o coeficiente multiplicativo K.

A energia envolvida no corte, o conjugado e a velocidade de deslocamento da cana foram, respectivamente os parâmetros que possuíram os maiores expoentes na equação [4.1].

Devido a analogia observada no cálculo dos esforços de corte com o dos envolvidos nas enxadas rotativas, concluímos que a metodologia empregada neste estudo torna-se perfeitamente aplicável nas novas investigações com enxadas rotativas.

Existe a necessidade de estudos das forças de atrito do colmo da cana com as faces laterais das serras circulares, durante todo o processo de corte.

Os resultados alcançados por este trabalho, oferecem uma contribuição importante para o projeto de mecanismos de corte do colmo da cana-de-açúcar.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.

Estudar comparativamente o corte realizado através de serras e de lâminas.

Investigar as perdas de material envolvidos no corte com utilização de serras.

Comparar a resitência específica ao corte de vários tipos de serras, inclusive as cônicas encaixadas, visando diminuir o atrito nas faces laterais.

Investigar diferentes geometrias de dentes, visando a otimização do corte.

Desenvolver uma metodologia e padronização para a determinação da dureza de materiais biológicos, bem como, estudar sua correlação com o módulo de elasticidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- BLAMPAIN , E. Teoria y práctica de las herramientas de corte. 2.ed.ampl. Barcelona,Espanha, Editorial Gustavo Gili, 1966.
- BRAUNBECK, O. & BANCHI, A. D. Carregamento mecânico-redução de impurezas minerais. São Paulo,S.P. 1988.B. T. COPERSUCAR (43) 35-42.
- CAMPBELL,M. 1-2-3TM : The complete reference. Ottawa, Canada. 1986. Mc Graw-Hill, 892pp.
- CHANG, C.S. Measuring cutting resistance of sugar cane stalks,Agricultural Engineering, International Society of Sugar Cane Technologists. Manila, Philippines, 1977. 2151-2157.
- CHANG, C.S. Pin penetrometer index of agricultural material.Warszawa, Polônia .1978. Physical Properties of Plant Materials and Their Influence on Technological Processes, Panstwone Wydawnictwo Naukone. 471-476.
- CHANG, C.S. ; BERNARDI ,J.A. ; MAZIERO,V.G. Measuring cutting resistance of sugar cane stalks with pendulums, Agricultural Engineering Manila, Philippines. 1980. Internacional Society of Sugar Cane Technologists. vol I 946-955

- CHANG, C.S. & LAU, M.S. Design of strain gauge transducer. Singapore, 1986. 12p. Mimeo.
- COCHRAN, B.J. & BAKER, G. Engineering properties of sugar cane and their relationship to mechanical harvesting. St Joseph, M I, ASAE, 1970. (Paper ASAE n. 70-359)
- DE SAINT ANTOINE, L. ; MALCOLM, E.W. ; COCHRAN, B.J. , Energy requered for cutting sugar cane stalks, St Joseph, M I, ASAE, 1985. (Paper ASAE n. SWR 85-203).
- FERRAS, A.C.O. Propriedades mecânicas do internódio da cana-de-açúcar : uma contribuição metodológica. Campinas, 1987. 98p [Tese Mestrado].
- GODWIN, R.J. An extended octogonal ring transducer for use in tillage studies. Silsoe, Inglaterra. J. agric. Engng. Res. 1975. 20, 347-352.
- ISO/TC 29 Designation of profile shape of saw teeth, 1980
- MACHADO J^r, G.R. Censo varietal 1986 das usinas cooperadas COPERSUCAR do estado de São Paulo e centro-Sul do Brasil. São Paulo, S.P., 1988
- B.T. COPERSUCAR (44) 10-13.

MAGALHÃES, P.S.G. Determinação dos valores da força de corte na cana-de-açúcar - XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, vol. II, 1987.

MAUAD, F.C. & MARTINS, N. Análise dimensional, São Paulo, Editora Gráfica, 1978. 207p.

MAZZONE, J. Mechanical harvesting gains ground. Sugar Y Azucar, Fort Lee, New Jersey, Ruspam Communications, (83) 6-12.1988a.

MAZZONE, J. Mechanical harvesting gains ground. Sugar Y Azucar, Fort Lee, New Jersey, Ruspam Communications, (83) 11 9-12. 1988b.

MURPHY, G. Similitude in engineering, New York, Ronald Press , 1950. 302p.

PERSSON, S. Mechanics of cutting plant material. St Joseph, MI, ASAE Technical Editor, 1987, 288p.

SAS Institute Inc. SAS[®] User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. Cary, N.C., USA. 1985. 956pp.

SERRAS; o processo de serramento. Campinas, s.d. 16p. Mimeo.

SPARGO, R.F. & BAXTER, S.N. The development of australian chopped sugar cane harvester. St

Joseph, MI , ASAE,1974. (Paper ASAE n. 74-15-25)

SVERZUT, C.B. Estudos sobre propriedades mecânicas do colmo da cana-de-açúcar. Campinas, 1982. 77p.
[Tese de mestrado - FEAA -UNICAMP]

APÊNDICE 1

Estão tabulados a seguir todos os resultados obtidos e calculados através do programa computacional LOTUS 1-2-3™, cujos valores foram gravados na extensão .PRN e posteriormente importados em ASCII, pelo programa CHIWRITER.

Vc	n	Dc	Le	Nb	Vr	Dc
816	850	127	1.95	80	5652	23.6
816	850	127	1.95	80	5652	23.6
816	850	127	1.95	80	5652	23.6
816	850	127	1.95	80	5652	23.6
816	850	127	1.95	80	5652	23.6
816	1050	127	1.95	80	6982	24.7
816	1050	127	1.95	80	6982	24.4
816	1050	127	1.95	80	6982	24.6
816	1050	127	1.95	80	6982	24.7
816	1050	127	1.95	80	6982	24.4
816	1250	127	1.95	80	8312	23.7
816	1250	127	1.95	80	8312	23.7
816	1250	127	1.95	80	8312	24.4
816	1250	127	1.95	80	8312	24.3
816	1250	127	1.95	80	8312	23.5
816	1400	127	1.95	80	9310	24.7
816	1400	127	1.95	80	9310	24.3
816	1400	127	1.95	80	9310	24.8
816	1400	127	1.95	80	9310	24.9
816	1400	127	1.95	80	9310	23.8
816	850	152.4	1.8	84	6783	22.7

Vc	n	Ds	La	Nb	Vr	Dc
816	850	152.4	1.8	84	6783	23.6
816	850	152.4	1.8	84	6783	21.9
816	850	152.4	1.8	84	6783	22.9
816	850	152.4	1.8	84	6783	22.9
816	1050	152.4	1.8	84	8379	25.1
816	1050	152.4	1.8	84	8379	25.1
816	1050	152.4	1.8	84	8379	25.5
816	1050	152.4	1.8	84	8379	25.8
816	1050	152.4	1.8	84	8379	26.4
816	1250	152.4	1.8	84	9975	26.4
816	1250	152.4	1.8	84	9975	26.3
816	1250	152.4	1.8	84	9975	26.8
816	1250	152.4	1.8	84	9975	22.9
816	1250	152.4	1.8	84	9975	23.1
816	1400	152.4	1.8	84	11172	22.7
816	1400	152.4	1.8	84	11172	23.4
816	1400	152.4	1.8	84	11172	23.1
816	1400	152.4	1.8	84	11172	23.4
816	1400	152.4	1.8	84	11172	24.2
816	1400	152.4	1.8	84	11172	24.4
816	850	177.8	2	79	7913	26.1
816	850	177.8	2	79	7913	26.6
816	850	177.8	2	79	7913	25.8
816	850	177.8	2	79	7913	26.2
816	850	177.8	2	79	7913	26.8
816	1050	177.8	2	79	9775	23.0
816	1050	177.8	2	79	9775	23.7

Vc	n	Da	La	Nb	Vt	Da
816	1050	177.8	2	79	9775	23.6
816	1050	177.8	2	79	9775	23.9
816	1050	177.8	2	79	9775	23.6
816	1250	177.8	2	79	11637	25.6
816	1250	177.8	2	79	11637	26.3
816	1250	177.8	2	79	11637	25.4
816	1250	177.8	2	79	11637	24.2
816	1250	177.8	2	79	11637	25.4
816	1400	177.8	2	79	13033	23.6
816	1400	177.8	2	79	13033	23.1
816	1400	177.8	2	79	13033	23.5
816	1400	177.8	2	79	13033	23.1
816	1400	177.8	2	79	13033	22.9
816	850	203.2	2.55	113	9044	23.6
816	850	203.2	2.55	113	9044	24.2
816	850	203.2	2.55	113	9044	25.5
816	850	203.2	2.55	113	9044	24.1
816	850	203.2	2.55	113	9044	26.6
816	1050	203.2	2.55	113	11172	24.9
816	1050	203.2	2.55	113	11172	24.8
816	1050	203.2	2.55	113	11172	23.5
816	1050	203.2	2.55	113	11172	25.4
816	1050	203.2	2.55	113	11172	25.0
816	1250	203.2	2.55	113	13299	25.0
816	1250	203.2	2.55	113	13299	24.9
816	1250	203.2	2.55	113	13299	25.4
816	1250	203.2	2.55	113	13299	24.8

Vc	n	Ds	Le	Nb	Vt	Dc
816	1250	203.2	2.55	113	13299	24.7
816	1400	203.2	2.55	113	14895	27.1
816	1400	203.2	2.55	113	14895	25.5
816	1400	203.2	2.55	113	14895	26.4
816	1400	203.2	2.55	113	14895	26.7
816	1400	203.2	2.55	113	14895	26.2
993	850	127	1.95	80	5652	26.8
993	850	127	1.95	80	5652	26.9
993	850	127	1.95	80	5652	22.5
993	1050	127	1.95	80	6982	29.5
993	1050	127	1.95	80	6982	28.0
993	1050	127	1.95	80	6982	23.0
993	1050	127	1.95	80	6982	23.7
993	1050	127	1.95	80	6982	23.2
993	1250	127	1.95	80	8312	23.2
993	1250	127	1.95	80	8312	26.7
993	1250	127	1.95	80	8312	25.5
993	1250	127	1.95	80	8312	25.1
993	1250	127	1.95	80	8312	26.7
993	1400	127	1.95	80	9310	26.5
993	1400	127	1.95	80	9310	27.5
993	1400	127	1.95	80	9310	26.7
993	1400	127	1.95	80	9310	26.1
993	1400	127	1.95	80	9310	26.2
993	1400	127	1.95	80	9310	26.2
993	850	152.4	1.8	84	6783	27.0
993	850	152.4	1.8	84	6783	25.5

Vc	n	Ds	La	Nb	Vt	Dc
993	850	152.4	1.8	84	6783	25.7
993	850	152.4	1.8	84	6783	26.1
993	850	152.4	1.8	84	6783	26.3
993	1050	152.4	1.8	84	8379	24.3
993	1050	152.4	1.8	84	8379	24.5
993	1050	152.4	1.8	84	8379	24.1
993	1050	152.4	1.8	84	8379	27.1
993	1050	152.4	1.8	84	8379	26.2
993	1050	152.4	1.8	84	8379	26.8
993	1250	152.4	1.8	84	9975	27.9
993	1250	152.4	1.8	84	9975	26.8
993	1250	152.4	1.8	84	9975	26.3
993	1250	152.4	1.8	84	9975	26.3
993	1250	152.4	1.8	84	9975	25.3
993	1250	152.4	1.8	84	9975	26.2
993	1250	152.4	1.8	84	9975	25.2
993	1400	152.4	1.8	84	11172	27.3
993	1400	152.4	1.8	84	11172	27.1
993	1400	152.4	1.8	84	11172	27.5
993	1400	152.4	1.8	84	11172	28.3
993	1400	152.4	1.8	84	11172	28.3
993	850	177.8	2	79	7913	27.5
993	850	177.8	2	79	7913	27.0
993	850	177.8	2	79	7913	26.8
993	850	177.8	2	79	7913	27.0
993	850	177.8	2	79	7913	27.0
993	1050	177.8	2	79	9775	27.2

Vc	n	De	Le	Nb	Vt	Dc
993	1050	177.8	2	79	9775	27.6
993	1050	177.8	2	79	9775	28.4
993	1050	177.8	2	79	9775	28.0
993	1050	177.8	2	79	9775	29.9
993	1250	177.8	2	79	11637	27.9
993	1250	177.8	2	79	11637	25.4
993	1250	177.8	2	79	11637	25.8
993	1250	177.8	2	79	11637	25.6
993	1250	177.8	2	79	11637	26.3
993	1400	177.8	2	79	13033	26.8
993	1400	177.8	2	79	13033	26.9
993	1400	177.8	2	79	13033	27.1
993	1400	177.8	2	79	13033	29.0
993	850	203.2	2.55	113	9044	26.5
993	850	203.2	2.55	113	9044	26.9
993	850	203.2	2.55	113	9044	28.2
993	850	203.2	2.55	113	9044	26.4
993	850	203.2	2.55	113	9044	27.0
993	1050	203.2	2.55	113	11172	29.0
993	1050	203.2	2.55	113	11172	27.3
993	1050	203.2	2.55	113	11172	26.3
993	1050	203.2	2.55	113	11172	27.4
993	1050	203.2	2.55	113	11172	28.4
993	1050	203.2	2.55	113	11172	27.3
993	1250	203.2	2.55	113	13299	26.2
993	1250	203.2	2.55	113	13299	26.5
993	1250	203.2	2.55	113	13299	27.3

Vc	n	Da	La	Nb	Vt	Dc
993	1250	203.2	2.55	113	13299	26.6
993	1250	203.2	2.55	113	13299	26.6
993	1400	203.2	2.55	113	14895	26.9
993	1400	203.2	2.55	113	14895	26.7
993	1400	203.2	2.55	113	14895	27.4
993	1400	203.2	2.55	113	14895	28.7
993	1400	203.2	2.55	113	14895	28.8
562	850	127	1.95	80	5652	23.8
562	850	127	1.95	80	5652	23.0
562	850	127	1.95	80	5652	23.0
562	850	127	1.95	80	5652	24.4
562	850	127	1.95	80	5652	22.5
562	1050	127	1.95	80	6982	21.0
562	1050	127	1.95	80	6982	24.0
562	1050	127	1.95	80	6982	25.2
562	1050	127	1.95	80	6982	22.7
562	1050	127	1.95	80	6982	23.0
562	1250	127	1.95	80	8312	23.0
562	1250	127	1.95	80	8312	23.1
562	1250	127	1.95	80	8312	25.3
562	1250	127	1.95	80	8312	25.3
562	1400	127	1.95	80	9310	25.5
562	1400	127	1.95	80	9310	23.7
562	1400	127	1.95	80	9310	23.5
562	1400	127	1.95	80	9310	26.1
562	1400	127	1.95	80	9310	25.4
562	850	152.4	1.8	84	6783	26.8

V _c	n	D _o	L _o	N _D	V _T	D _c
562	850	152.4	1.8	84	6783	27.1
562	850	152.4	1.8	84	6783	23.5
562	850	152.4	1.8	84	6783	27.5
562	850	152.4	1.8	84	6783	27.5
562	1050	152.4	1.8	84	8379	26.8
562	1050	152.4	1.8	84	8379	25.7
562	1050	152.4	1.8	84	8379	25.3
562	1050	152.4	1.8	84	8379	26.4
562	1050	152.4	1.8	84	8379	26.5
562	1250	152.4	1.8	84	9975	25.6
562	1250	152.4	1.8	84	9975	25.8
562	1250	152.4	1.8	84	9975	26.9
562	1250	152.4	1.8	84	9975	26.2
562	1250	152.4	1.8	84	9975	26.2
562	1250	152.4	1.8	84	9975	26.0
562	1400	152.4	1.8	84	11172	25.8
562	1400	152.4	1.8	84	11172	25.5
562	1400	152.4	1.8	84	11172	26.4
562	1400	152.4	1.8	84	11172	26.0
562	1400	152.4	1.8	84	11172	26.0
562	1400	152.4	1.8	84	11172	25.8
562	850	177.8	2	79	7913	27.8
562	850	177.8	2	79	7913	26.1
562	850	177.8	2	79	7913	31.1
562	850	177.8	2	79	7913	29.5
562	850	177.8	2	79	7913	29.5
562	1050	177.8	2	79	9775	29.5

Vc	n	Da	La	Nb	Vr	Da
562	1050	177.8	2	79	9775	30.3
562	1050	177.8	2	79	9775	28.5
562	1050	177.8	2	79	9775	28.5
562	1050	177.8	2	79	9775	29.6
562	1400	177.8	2	79	13033	28.5
562	1400	177.8	2	79	13033	27.8
562	1400	177.8	2	79	13033	28.5
562	1400	177.8	2	79	13033	28.4
562	1400	177.8	2	79	13033	30.0
562	1250	177.8	2	79	11637	31.4
562	1250	177.8	2	79	11637	29.5
562	1250	177.8	2	79	11637	28.1
562	1250	177.8	2	79	11637	27.0
562	1250	177.8	2	79	11637	27.9
562	1250	177.8	2	79	11637	31.0
562	850	203.2	2.55	113	9044	27.7
562	850	203.2	2.55	113	9044	25.8
562	850	203.2	2.55	113	9044	25.5
562	850	203.2	2.55	113	9044	25.8
562	850	203.2	2.55	113	9044	25.8
562	1050	203.2	2.55	113	11172	28.1
562	1050	203.2	2.55	113	11172	28.5
562	1050	203.2	2.55	113	11172	28.7
562	1050	203.2	2.55	113	11172	30.0
562	1050	203.2	2.55	113	11172	30.0
562	1250	203.2	2.55	113	13299	27.7
562	1250	203.2	2.55	113	13299	27.7

Vc	n	Ds	Le	Nb	Vt	Dc
562	1250	203.2	2.55	113	13299	27.8
562	1250	203.2	2.55	113	13299	28.5
562	1250	203.2	2.55	113	13299	29.1
562	1400	203.2	2.55	113	14895	26.5
562	1400	203.2	2.55	113	14895	26.0
562	1400	203.2	2.55	113	14895	25.1
562	1400	203.2	2.55	113	14895	25.0
562	1400	203.2	2.55	113	14895	26.4
461	850	127	1.95	80	5652	26.3
461	850	127	1.95	80	5652	25.5
461	850	127	1.95	80	5652	26.8
461	850	127	1.95	80	5652	25.8
461	850	127	1.95	80	5652	26.4
461	1050	127	1.95	80	6982	26.5
461	1050	127	1.95	80	6982	25.8
461	1050	127	1.95	80	6982	25.7
461	1050	127	1.95	80	6982	25.1
461	1050	127	1.95	80	6982	25.6
461	1250	127	1.95	80	8312	24.5
461	1250	127	1.95	80	8312	25.2
461	1250	127	1.95	80	8312	24.1
461	1250	127	1.95	80	8312	24.6
461	1250	127	1.95	80	8312	23.4
461	1250	127	1.95	80	8312	24.3
461	1400	127	1.95	80	9310	26.2
461	1400	127	1.95	80	9310	26.6
461	1400	127	1.95	80	9310	26.6

V _G	n	D _s	L _s	N _D	V _T	D _a
461	1400	127	1.95	80	9310	25.8
461	1400	127	1.95	80	9310	26.4
461	1400	127	1.95	80	9310	28.0
461	850	152.4	1.8	84	6783	27.6
461	850	152.4	1.8	84	6783	27.6
461	850	152.4	1.8	84	6783	27.2
461	850	152.4	1.8	84	6783	28.2
461	1050	152.4	1.8	84	8379	30.2
461	1050	152.4	1.8	84	8379	25.4
461	1050	152.4	1.8	84	8379	27.3
461	1050	152.4	1.8	84	8379	29.6
461	1050	152.4	1.8	84	8379	28.0
461	1250	152.4	1.8	84	9975	26.8
461	1250	152.4	1.8	84	9975	26.8
461	1250	152.4	1.8	84	9975	24.9
461	1250	152.4	1.8	84	9975	25.4
461	1250	152.4	1.8	84	9975	25.8
461	1400	152.4	1.8	84	11172	27.3
461	1400	152.4	1.8	84	11172	26.2
461	1400	152.4	1.8	84	11172	27.2
461	1400	152.4	1.8	84	11172	25.6
461	1400	152.4	1.8	84	11172	26.5
461	850	177.8	2	79	7913	28.2
461	850	177.8	2	79	7913	27.4
461	850	177.8	2	79	7913	27.6
461	850	177.8	2	79	7913	28.0
461	850	177.8	2	79	7913	27.6

Vc	n	Ds	Le	Nb	Vt	Dc
461	1050	177.8	2	79	9775	27.1
461	1050	177.8	2	79	9775	26.5
461	1050	177.8	2	79	9775	26.8
461	1050	177.8	2	79	9775	26.8
461	1050	177.8	2	79	9775	27.0
461	1250	177.8	2	79	11637	27.2
461	1250	177.8	2	79	11637	26.3
461	1250	177.8	2	79	11637	27.0
461	1250	177.8	2	79	11637	27.1
461	1250	177.8	2	79	11637	27.0
461	1400	177.8	2	79	13033	26.1
461	1400	177.8	2	79	13033	26.2
461	1400	177.8	2	79	13033	27.3
461	1400	177.8	2	79	13033	27.2
461	1400	177.8	2	79	13033	26.3
461	850	203.2	2.55	113	9044	27.8
461	850	203.2	2.55	113	9044	27.7
461	850	203.2	2.55	113	9044	26.7
461	850	203.2	2.55	113	9044	26.5
461	850	203.2	2.55	113	9044	27.7
461	1050	203.2	2.55	113	11172	26.0
461	1050	203.2	2.55	113	11172	26.0
461	1050	203.2	2.55	113	11172	25.4
461	1050	203.2	2.55	113	11172	25.0
461	1050	203.2	2.55	113	11172	26.4
461	1250	203.2	2.55	113	13299	25.0
461	1250	203.2	2.55	113	13299	24.0

Vc	n	Ds	Le	Nb	Vt	Dc
461	1250	203.2	2.55	113	13299	23.3
461	1250	203.2	2.55	113	13299	26.3
461	1250	203.2	2.55	113	13299	24.2
461	1400	203.2	2.55	113	14895	21.9
461	1400	203.2	2.55	113	14895	21.3
461	1400	203.2	2.55	113	14895	22.1
461	1400	203.2	2.55	113	14895	22.4

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
90	10.0	7.8	4880	1270	0.723
90	10.8	8.4	5269	1372	0.723
90	10.4	8.1	5075	1321	0.723
90	10.4	8.1	5075	1321	0.723
90	10.4	8.1	5075	1321	0.723
85	9.4	4.6	5421	1194	0.757
90	9.8	4.4	5605	1245	0.748
90	9.6	4.5	5514	1219	0.754
85	9.4	4.6	5421	1194	0.757
90	9.8	4.4	5605	1245	0.748
90	9.6	3.5	6427	1219	0.726
90	9.6	3.5	6427	1219	0.726
90	8.9	3.4	5989	1130	0.748
90	9.1	4.7	6268	1156	0.744
85	9.1	6.8	6493	1156	0.720
90	8.9	3.5	6726	1130	0.757
90	9.4	4.6	7217	1194	0.744
90	8.4	3.5	6377	1067	0.760
90	9.8	3.9	7417	1245	0.763
90	8.4	3.8	6397	1067	0.729
90	10.3	4.9	6112	1570	0.695
90	10.8	6.7	6560	1646	0.723
90	10.3	5.8	6170	1570	0.671
85	10.0	4.9	5949	1524	0.702
90	9.1	3.6	5342	1387	0.702
95	9.4	3.5	6829	1433	0.769

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
95	9.4	4.6	6953	1433	0.769
90	9.2	4.8	6847	1402	0.781
90	9.4	4.4	6944	1433	0.790
90	9.4	4.4	6956	1433	0.809
90	9.4	4.4	8281	1433	0.809
90	9.4	4.3	8265	1433	0.806
90	9.1	6.4	8333	1387	0.821
90	9.4	5.5	8334	1433	0.702
90	8.9	4.8	7846	1356	0.708
90	9.1	4.6	8931	1387	0.695
90	9.1	4.1	8880	1387	0.717
90	9.1	3.8	8831	1387	0.708
85	7.4	3.8	7287	1128	0.717
90	6.7	5.7	6941	1021	0.741
90	9.2	4.1	8996	1402	0.748
85	9.6	5.4	6047	1707	0.800
90	10.0	5.1	6262	1778	0.815
90	10.0	6.7	6384	1778	0.790
90	9.8	5.9	6208	1742	0.803
90	9.8	5.9	6220	1742	0.821
90	6.7	6.4	5411	1191	0.705
85	9.4	5.5	7283	1671	0.726
85	9.6	5.1	7387	1707	0.723
90	8.4	4.9	6511	1494	0.732
90	9.8	5.1	7530	1742	0.723
85	9.1	5.9	8513	1618	0.784
85	9.8	7.3	9309	1742	0.806

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
90	8.4	5.8	7897	1494	0.778
90	8.2	4.9	7587	1458	0.741
90	7.4	4.9	6931	1316	0.778
90	8.9	5.8	9267	1582	0.723
90	8.1	4.9	8373	1440	0.708
90	8.4	4.6	8633	1494	0.720
90	8.0	4.8	8264	1422	0.708
90	8.2	4.1	8364	1458	0.702
85	10.1	7.3	5710	2052	0.723
85	8.3	5.8	4689	1687	0.741
85	11.5	7.3	6476	2337	0.781
85	9.9	5.1	5479	2012	0.738
85	7.6	5.1	4312	1544	0.815
85	11.4	7.2	7913	2316	0.763
85	4.8	5.3	3509	975	0.760
85	9.3	4.0	6290	1890	0.720
85	9.5	4.3	6467	1930	0.778
85	9.6	5.4	6613	1951	0.766
85	5.4	5.8	4689	1097	0.766
80	5.7	5.1	4851	1158	0.763
80	11.3	5.3	9175	2296	0.778
85	6.1	5.3	5175	1240	0.760
85	7.2	4.1	5904	1463	0.757
85	6.7	4.7	6294	1361	0.830
90	8.5	6.7	8024	1727	0.781
90	6.2	4.9	5873	1260	0.809
90	8.9	4.7	8176	1808	0.818

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
90	5.8	4.8	5514	1179	0.803
90	12.9	11.2	5306	1638	0.642
85	12.5	9.9	5110	1588	0.675
80	11.7	6.2	4558	1486	0.677
85	12.9	10.9	5195	1638	0.566
85	12.7	11.3	6631	1613	0.743
80	12.9	6.9	6240	1638	0.705
80	12.9	9.9	6358	1638	0.579
85	12.6	10.0	6260	1600	0.597
80	9.6	10.0	4944	1219	0.584
85	9.1	10.2	5647	1156	0.584
85	10.1	8.0	6069	1283	0.672
80	9.4	9.9	5866	1194	0.642
85	9.6	8.9	5851	1219	0.632
85	12.9	9.9	7717	1638	0.672
85	11.6	9.9	7884	1473	0.667
90	10.9	9.9	7525	1384	0.692
90	7.1	9.4	5236	902	0.672
85	8.9	7.7	6048	1130	0.657
85	11.1	7.2	7261	1410	0.660
85	11.1	7.2	7261	1410	0.660
85	8.4	10.9	4704	1280	0.680
85	8.4	10.9	4656	1280	0.642
85	8.2	10.2	4517	1250	0.647
80	8.2	10.2	4529	1250	0.657
80	10.1	6.2	5086	1539	0.662
90	8.6	8.2	5573	1311	0.612

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
90	8.1	8.1	5289	1234	0.617
85	8.1	10.8	5517	1234	0.607
85	8.1	8.7	5427	1234	0.682
85	8.2	11.5	5725	1250	0.660
85	8.1	10.8	5625	1234	0.675
90	7.4	6.9	5801	1128	0.702
85	9.3	6.4	6981	1417	0.675
90	9.3	9.1	7279	1417	0.662
90	7.7	6.5	5908	1173	0.662
85	7.0	5.2	5266	1067	0.637
85	8.7	9.2	6885	1326	0.660
90	5.6	5.6	4370	853	0.634
85	8.4	9.4	7563	1280	0.687
85	6.3	5.0	5392	960	0.682
80	6.4	4.6	5423	975	0.692
80	8.7	5.7	7319	1326	0.712
80	5.7	4.6	4916	869	0.712
85	10.4	11.4	5816	1849	0.692
85	8.4	7.4	4554	1494	0.680
80	9.8	10.7	5457	1742	0.675
80	9.8	8.1	5274	1742	0.680
80	9.8	10.7	5463	1742	0.680
85	8.9	6.8	5871	1582	0.685
90	7.7	9.9	5456	1369	0.695
85	8.2	9.9	5777	1458	0.715
85	6.5	9.2	4695	1156	0.705
85	6.8	6.8	4692	1209	0.753

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
85	6.7	7.1	5494	1191	0.702
90	5.6	10.3	4972	996	0.639
90	9.9	3.5	7318	1760	0.650
90	5.6	4.1	4353	996	0.645
90	6.1	9.5	5277	1085	0.662
85	4.9	6.3	4607	871	0.675
85	6.4	7.0	5874	1138	0.677
85	8.4	7.0	7455	1494	0.682
80	6.7	4.0	5790	1191	0.730
95	10.3	5.5	4722	2093	0.667
95	9.4	5.5	4341	1910	0.677
90	10.3	4.2	4664	2093	0.710
85	7.4	4.0	3394	1504	0.665
85	7.7	5.5	3613	1565	0.680
80	8.4	4.4	4780	1707	0.730
80	6.6	5.2	3864	1341	0.687
80	5.1	5.2	3056	1036	0.662
80	5.1	4.6	3028	1036	0.690
80	4.7	5.1	2866	955	0.715
80	8.2	4.6	4668	1666	0.687
80	6.6	4.8	4550	1341	0.660
85	7.8	5.0	5327	1585	0.667
80	6.8	5.5	4752	1382	0.687
85	6.3	5.7	4441	1280	0.670
80	6.1	5.5	4298	1240	0.670
80	7.3	6.2	5732	1483	0.677
85	5.8	4.8	4539	1179	0.672

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
85	6.1	7.4	5010	1240	0.690
90	6.1	5.5	4854	1240	0.723
90	6.9	4.8	5351	1402	0.725
90	11.8	9.0	8347	1499	1.059
90	11.1	9.1	7890	1410	1.023
85	11.6	9.1	8239	1473	1.063
85	10.6	8.9	7619	1346	1.085
90	11.2	9.0	7919	1422	1.001
80	10.6	8.8	9217	1346	0.934
85	12.1	10.5	10768	1537	1.068
80	10.9	10.1	9866	1384	1.121
85	12.1	9.9	10604	1537	1.010
85	11.4	9.8	10073	1448	1.023
85	7.6	7.4	8137	965	1.023
80	7.2	6.7	7662	914	1.028
80	11.0	5.7	11045	1397	1.125
85	11.0	9.7	11771	1397	1.125
80	5.5	5.2	6671	699	1.134
80	5.4	5.8	6608	686	1.054
80	5.4	6.2	6674	686	1.045
90	5.4	6.6	6887	686	1.161
90	5.7	5.3	6891	724	1.130
85	10.5	9.3	9764	1600	1.192
85	10.8	8.2	9863	1646	1.206
80	10.6	8.6	9596	1615	1.045
75	11.3	9.0	10399	1722	1.223
80	11.2	8.9	10304	1707	1.223

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
80	4.6	4.8	5411	701	1.192
80	4.3	7.6	5548	655	1.143
80	5.0	5.5	5877	762	1.125
80	5.2	6.6	6305	792	1.174
80	7.2	7.3	8418	1097	1.179
80	5.8	6.4	8135	884	1.139
85	4.7	5.2	6603	716	1.148
80	5.0	6.4	7253	762	1.197
80	5.3	4.7	7227	808	1.165
80	5.0	7.3	7401	762	1.165
80	8.7	9.0	12111	1326	1.157
80	4.5	7.0	7534	686	1.148
80	6.3	4.4	9324	960	1.134
75	5.0	4.4	7636	762	1.174
80	5.5	4.8	8374	838	1.157
85	4.8	4.8	7446	732	1.157
85	4.6	5.0	7218	701	1.148
70	9.9	7.6	9368	1760	1.237
80	6.8	7.4	6662	1209	1.161
80	12.4	6.6	11451	2205	1.383
85	9.2	9.0	9034	1636	1.312
85	9.9	8.8	9597	1760	1.312
80	5.3	6.1	6587	942	1.312
80	5.0	6.4	6356	889	1.348
85	7.2	9.2	9053	1280	1.268
80	6.3	8.8	8047	1120	1.268
85	6.8	6.0	8139	1209	1.317

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
80	4.0	5.0	6681	711	1.268
80	5.0	4.8	8002	889	1.237
80	5.8	5.3	9253	1031	1.268
75	4.5	6.7	7751	800	1.263
80	4.3	5.3	7228	765	1.335
80	6.0	4.6	8464	1067	1.397
80	4.7	5.3	6932	836	1.312
80	6.3	4.7	8750	1120	1.250
85	7.1	4.5	9670	1262	1.201
80	7.0	7.3	10120	1245	1.241
80	5.8	5.5	8397	1031	1.379
80	6.7	3.8	5466	1361	1.232
80	5.5	3.2	4473	1118	1.148
80	6.8	3.9	5520	1382	1.134
80	7.9	3.5	6319	1605	1.148
80	5.8	4.1	4786	1179	1.148
80	5.5	3.6	5611	1118	1.250
80	5.3	3.7	5443	1077	1.268
80	5.3	3.3	5394	1077	1.277
80	5.0	3.2	5119	1016	1.335
80	5.8	3.3	5881	1179	1.335
80	5.0	4.9	6312	1016	1.232
80	5.8	5.0	7218	1179	1.232
80	6.4	3.8	7706	1300	1.237
75	5.0	4.7	6302	1016	1.268
80	5.5	3.8	6731	1118	1.294
75	6.3	5.8	8801	1280	1.179

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
75	4.9	3.8	6718	996	1.157
75	5.5	3.2	7353	1118	1.117
75	5.5	3.6	7412	1118	1.112
75	5.0	3.8	6852	1016	1.174
90	12.8	4.2	10314	1626	1.426
90	12.6	4.8	10234	1600	1.383
85	12.1	3.8	9735	1537	1.453
85	8.1	4.1	6740	1029	1.399
85	12.7	7.4	10743	1613	1.432
85	8.7	4.2	8926	1105	1.437
90	9.5	4.6	9725	1207	1.399
85	9.9	4.0	9982	1257	1.394
90	9.9	3.4	9854	1257	1.361
85	9.4	4.6	9625	1194	1.388
90	10.8	3.2	12668	1372	1.329
90	7.2	2.9	8627	914	1.367
90	9.5	3.6	11299	1207	1.307
90	8.9	2.9	10499	1130	1.334
85	10.7	3.4	12568	1359	1.269
85	11.8	4.5	14048	1499	1.318
85	7.2	4.8	10178	914	1.421
85	9.9	4.8	13552	1257	1.443
85	8.6	3.8	11677	1092	1.443
85	9.3	3.8	12517	1181	1.399
85	8.9	4.2	12145	1130	1.432
85	8.6	4.8	12003	1092	1.518
80	9.1	4.4	9707	1387	1.497

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
85	7.8	3.2	8219	1189	1.497
90	6.3	3.7	6827	960	1.475
80	6.7	2.9	7098	1021	1.529
85	5.0	3.0	6779	762	1.638
85	12.9	8.7	17387	1966	1.377
85	12.9	8.7	17519	1966	1.480
80	13.1	8.7	17920	1996	1.605
80	5.1	3.1	6870	777	1.518
90	4.4	2.3	6930	671	1.453
90	5.6	2.3	8661	853	1.453
90	5.1	2.8	8016	777	1.350
90	5.8	2.3	8919	884	1.377
90	5.5	3.1	8690	838	1.399
85	5.7	2.4	9903	869	1.480
85	4.9	2.1	8499	747	1.421
85	5.0	2.0	8654	762	1.475
85	5.6	2.7	9780	853	1.388
85	5.1	2.4	8913	777	1.437
85	11.1	5.5	12330	1974	1.529
90	10.3	4.5	11322	1831	1.486
90	11.6	5.9	12890	2062	1.497
85	11.2	4.5	12265	1991	1.518
85	11.0	4.6	12064	1956	1.497
85	9.8	4.8	13399	1742	1.470
85	7.2	4.2	9957	1280	1.437
85	9.5	6.9	13409	1689	1.453
85	9.6	4.9	13153	1707	1.453

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
85	9.6	4.9	13160	1707	1.464
90	8.2	4.5	13462	1458	1.475
85	7.8	3.9	12687	1387	1.426
85	11.2	3.9	17860	1991	1.464
90	8.8	4.2	14298	1565	1.470
85	8.0	3.9	13014	1422	1.464
85	7.0	3.1	12646	1245	1.415
85	8.7	2.7	15433	1547	1.421
80	9.5	4.7	17339	1689	1.480
90	9.2	4.7	16826	1636	1.475
90	9.0	4.5	16396	1600	1.426
80	3.7	3.5	3858	752	1.508
80	4.7	2.9	4704	955	1.502
80	3.9	3.5	4025	792	1.448
85	4.7	3.8	4796	955	1.437
80	4.7	3.5	4779	955	1.502
75	5.3	3.8	6599	1077	1.410
75	5.5	3.2	6739	1118	1.410
80	4.0	3.6	5075	813	1.377
85	5.3	3.0	6465	1077	1.356
80	6.3	3.6	7718	1280	1.432
80	5.0	3.0	7289	1016	1.356
85	5.0	3.0	7269	1016	1.302
80	4.9	3.2	7150	996	1.264
80	4.7	3.2	6943	955	1.426
80	4.7	3.6	6963	955	1.312
85	5.9	4.0	9627	1199	1.188

Du	Fcv	Fcv	RESP	T	E
85	6.0	4.0	9761	1219	1.155
85	5.8	3.9	9464	1179	1.198
85	6.2	3.4	9997	1260	1.215

П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	П ₆	П ₇
0.780	2.031	132	24.6	70938.3	76.8	90
0.778	2.031	132	24.6	65683.6	76.8	90
0.779	2.031	132	24.6	68209.9	76.8	90
0.779	2.031	132	24.6	68209.9	76.8	90
0.779	2.031	132	24.6	68209.9	76.8	90
0.489	2.509	163	31.8	49455.2	62.17	85
0.449	2.509	163	31.4	47436.6	62.17	90
0.469	2.509	163	31.7	48424.9	62.17	90
0.489	2.509	163	31.8	49455.2	62.17	85
0.449	2.509	163	31.4	47436.6	62.17	90
0.365	2.987	195	36.3	34168.6	52.22	90
0.365	2.987	195	36.3	34168.6	52.22	90
0.382	2.987	195	37.4	36856	52.22	90
0.516	2.987	195	37.2	36046	52.22	90
0.747	2.987	195	36	36046	52.22	85
0.393	3.346	218	42.4	29381.4	46.63	90
0.489	3.346	218	41.7	27818.6	46.63	90
0.417	3.346	218	42.5	31130.3	46.63	90
0.398	3.346	218	42.7	26683.1	46.63	90
0.452	3.346	218	40.8	31130.3	46.63	90
0.476	1.875	159	23.6	68872.1	80.64	90
0.620	1.875	159	24.6	65683.6	80.64	90
0.563	1.875	159	22.8	68872.1	80.64	90
0.490	1.875	159	23.9	70938.3	80.64	85
0.396	1.875	159	23.9	77954.1	80.64	90
0.372	2.316	196	32.3	49455.2	65.28	95
0.489	2.316	196	32.3	49455.2	65.28	95
0.522	2.316	196	32.8	50530.3	65.28	90

П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	П ₆	П ₇
0.468	2.316	196	33.2	49455.2	65.28	90
0.468	2.316	196	34	49455.2	65.28	90
0.468	2.757	233	40.4	34895.6	54.84	90
0.457	2.757	233	40.3	34895.6	54.84	90
0.703	2.757	233	41.1	36046	54.84	90
0.585	2.757	233	35.1	34895.6	54.84	90
0.539	2.757	233	35.4	36856	54.84	90
0.505	3.088	261	38.9	28735.6	48.96	90
0.451	3.088	261	40.1	28735.6	48.96	90
0.418	3.088	261	39.6	28735.6	48.96	90
0.514	3.088	261	40.1	35337.1	48.96	85
0.851	3.088	261	41.5	39029	48.96	90
0.446	3.088	261	41.9	28423.3	48.96	90
0.563	2.083	185	27.2	73894	75.84	85
0.510	2.083	185	27.7	70938.3	75.84	90
0.670	2.083	185	26.9	70938.3	75.84	90
0.602	2.083	185	27.3	72386	75.84	90
0.602	2.083	185	27.9	72386	75.84	90
0.955	2.574	229	29.6	69384.9	61.39	90
0.585	2.574	229	30.5	49455.2	61.39	85
0.531	2.574	229	30.4	48424.9	61.39	85
0.583	2.574	229	30.8	55342.7	61.39	90
0.520	2.574	229	30.4	47436.6	61.39	90
0.648	3.064	272	39.2	36046	51.57	85
0.745	3.064	272	40.3	33471.3	51.57	85
0.690	3.064	272	38.9	39049.8	51.57	90
0.598	3.064	272	37.1	40002.3	51.57	90
0.662	3.064	272	38.9	44326.8	51.57	90

П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	П ₆	П ₇
0.652	3.431	305	40.5	29381.4	46.05	90
0.605	3.431	305	39.6	32283.3	46.05	90
0.548	3.431	305	40.3	31130.3	46.05	90
0.600	3.431	305	39.6	32686.8	46.05	90
0.500	3.431	305	39.3	31889.6	46.05	90
0.723	2.656	212	24.6	70235.9	108.48	85
0.699	2.656	212	25.2	85467.8	108.48	85
0.635	2.656	212	26.6	61685.5	108.48	85
0.515	2.656	212	25.1	71654.8	108.48	85
0.671	2.656	212	27.7	93339.8	108.48	85
0.632	3.281	261	32	40778.9	87.82	85
1.104	3.281	261	31.9	96849.8	87.82	85
0.430	3.281	261	30.2	49987	87.82	85
0.453	3.281	261	32.7	48934.6	87.82	85
0.563	3.281	261	32.2	48424.9	87.82	85
1.074	3.906	311	38.3	60744.2	73.77	85
0.895	3.906	311	38.1	57547.1	73.77	80
0.469	3.906	311	38.9	29028.2	73.77	80
0.869	3.906	311	38	53773.5	73.77	85
0.569	3.906	311	37.8	45558.1	73.77	85
0.701	4.375	349	46.5	39029	65.86	85
0.788	4.375	349	43.8	30764	65.86	90
0.790	4.375	349	45.3	42176.5	65.86	90
0.528	4.375	349	45.8	29381.4	65.86	90
0.828	4.375	349	45	45085.2	65.86	90
0.868	1.669	109	21.8	120594.4	93.46	90
0.792	1.669	109	22.9	124453.5	93.46	85
0.530	1.669	109	23	132963.1	93.46	80

П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7
0.845	1.669	109	19.3	120594.4	93.46	85
0.890	2.062	134	31.2	80273.6	75.66	85
0.535	2.062	134	29.6	79029	75.66	80
0.767	2.062	134	24.3	79029	75.66	80
0.794	2.062	134	25.1	80910.6	75.66	85
1.042	2.062	134	24.5	106195.2	75.66	80
1.121	2.455	160	29.2	79048.5	63.55	85
0.792	2.455	160	33.6	71221.9	63.55	85
1.053	2.455	160	32.1	76525.6	63.55	80
0.927	2.455	160	31.6	74931.4	63.55	85
0.767	2.455	160	33.6	55762.9	63.55	85
0.853	2.749	179	37.4	49435.7	56.74	85
0.908	2.749	179	38.8	52610.5	56.74	90
1.324	2.749	179	37.6	80768.2	56.74	90
0.865	2.749	179	36.8	64433.1	56.74	85
0.649	2.749	179	36.9	51662.5	56.74	85
0.649	2.749	179	36.9	51662.5	56.74	85
1.298	1.541	130	23.1	185198.6	98.13	85
1.298	1.541	130	21.8	185198.6	98.13	85
1.244	1.541	130	22	189715.6	98.13	85
1.244	1.541	130	22.3	189715.6	98.13	80
0.614	1.541	130	22.5	154026.6	98.13	80
0.953	1.903	161	25.7	118543.5	79.44	90
1.000	1.903	161	25.9	125861	79.44	90
1.333	1.903	161	25.5	125861	79.44	85
1.074	1.903	161	28.7	125861	79.44	85
1.402	1.903	161	27.7	124326.1	79.44	85
1.333	1.903	161	28.3	125861	79.44	85

П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	П ₆	П ₇
0.932	2.266	192	35.1	97208.2	66.73	90
0.688	2.266	192	33.7	77348.5	66.73	85
0.978	2.266	192	33.1	77348.5	66.73	90
0.844	2.266	192	33.1	93420.9	66.73	90
0.743	2.266	192	31.8	102763	66.73	85
1.057	2.266	192	33	82682.9	66.73	85
1.000	2.266	192	31.7	128453.7	66.73	90
1.119	2.538	215	38.5	68268.4	59.58	85
0.794	2.538	215	38.2	91024.5	59.58	85
0.719	2.538	215	38.8	89602.2	59.58	80
0.655	2.538	215	39.9	65914.3	59.58	80
0.807	2.538	215	39.9	100606	59.58	80
1.096	1.712	152	23.5	149583.5	92.29	85
0.881	1.712	152	23.1	185198.6	92.29	85
1.092	1.712	152	22.9	158741.7	92.29	80
0.827	1.712	152	23.1	158741.7	92.29	80
1.092	1.712	152	23.1	158741.7	92.29	80
0.764	2.115	188	28.8	114547.7	74.71	85
1.286	2.115	188	29.2	132399.2	74.71	90
1.207	2.115	188	30	124326.1	74.71	85
1.415	2.115	188	29.6	156842.2	74.71	85
1.000	2.115	188	31.6	149922.7	74.71	85
1.060	2.518	224	35.1	107364.3	62.76	85
1.839	2.518	224	32	128453.7	62.76	90
0.354	2.518	224	32.5	72660.7	62.76	90
0.732	2.518	224	32.2	128453.7	62.76	90
1.557	2.518	224	33.1	117924.8	62.76	90
1.286	2.820	251	37.8	117031.5	56.03	85

П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7
1.094	2.820	251	37.9	89602.2	56.03	85
0.833	2.820	251	38.2	68268.4	56.03	85
0.597	2.820	251	40.9	85590.2	56.03	80
0.534	2.183	174	22.7	151035.7	132.01	95
0.585	2.183	174	23	165496.6	132.01	95
0.408	2.183	174	24.1	151035.7	132.01	90
0.541	2.183	174	22.6	210225.4	132.01	85
0.714	2.183	174	23.1	202034.8	132.01	85
0.524	2.696	215	30.7	121366	106.87	80
0.788	2.696	215	28.9	154465.8	106.87	80
1.020	2.696	215	27.8	199896.9	106.87	80
0.902	2.696	215	29	199896.9	106.87	80
1.085	2.696	215	30	216909.4	106.87	80
0.561	2.696	215	28.9	124326.1	106.87	80
0.727	3.210	256	33	108991.1	89.77	80
0.641	3.210	256	33.4	92223.2	89.77	85
0.809	3.210	256	34.4	105785.4	89.77	80
0.905	3.210	256	33.5	114181.1	89.77	85
0.902	3.210	256	33.5	117924.8	89.77	80
0.849	3.595	286	37.9	78555.4	80.15	80
0.828	3.595	286	37.6	98871.4	80.15	85
1.213	3.595	286	38.6	94008.9	80.15	85
0.902	3.595	286	40.5	94008.9	80.15	90
0.696	3.595	286	40.6	83109.3	80.15	90
0.763	2.949	192	36	13526.4	52.89	90
0.820	2.949	192	34.8	14379.4	52.89	90
0.784	2.949	192	36.1	13759.6	52.89	85
0.840	2.949	192	36.9	15057.7	52.89	85

Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	Π_5	Π_6	Π_7
0.804	2.949	192	34	14251.1	52.89	90
0.830	3.643	237	39.2	9867.8	42.82	80
0.868	3.643	237	44.8	8644.5	42.82	85
0.927	3.643	237	47.1	9596.2	42.82	80
0.818	3.643	237	42.4	8644.5	42.82	85
0.860	3.643	237	43	9175.3	42.82	85
0.974	4.337	282	51.2	9711.1	35.97	85
0.931	4.337	282	51.4	10250.6	35.97	80
0.518	4.337	282	56.3	6709.5	35.97	80
0.882	4.337	282	56.3	6709.5	35.97	85
0.945	4.858	316	63.5	10697.6	32.11	80
1.074	4.858	316	59	10895.7	32.11	80
1.148	4.858	316	58.5	10895.7	32.11	80
1.222	4.858	316	65	10895.7	32.11	90
0.930	4.858	316	63.3	10322.2	32.11	90
0.886	2.722	230	40.5	15201.1	55.54	85
0.759	2.722	230	41	14778.9	55.54	85
0.811	2.722	230	35.5	15057.7	55.54	80
0.796	2.722	230	41.6	14124.9	55.54	75
0.795	2.722	230	41.6	14251.1	55.54	80
1.043	3.363	285	50.1	22738.8	44.96	80
1.767	3.363	285	48	24325.2	44.96	80
1.100	3.363	285	47.3	20919.7	44.96	80
1.269	3.363	285	49.3	20115.1	44.96	80
1.014	3.363	285	49.5	14527.5	44.96	80
1.103	4.004	339	56.9	12724.9	37.77	80
1.106	4.004	339	57.4	15703.1	37.77	85
1.280	4.004	339	59.8	14760.9	37.77	80

П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	П ₆	П ₇
0.887	4.004	339	58.3	13925.4	37.77	80
1.460	4.004	339	58.3	14760.9	37.77	80
1.034	4.004	339	57.8	8483.3	37.77	80
1.556	4.484	380	64.3	13074.8	33.72	80
0.698	4.484	380	63.5	9339.1	33.72	80
0.880	4.484	380	65.8	11767.3	33.72	75
0.873	4.484	380	64.8	10697.6	33.72	80
1.000	4.484	380	64.8	12257.6	33.72	85
1.087	4.484	380	64.3	12790.5	33.72	85
0.768	3.025	269	42	16122.4	52.23	70
1.088	3.025	269	39.5	23472.3	52.23	80
0.532	3.025	269	47	12871.9	52.23	80
0.978	3.025	269	44.6	17349.1	52.23	85
0.889	3.025	269	44.6	16122.4	52.23	85
1.151	3.737	332	55.1	19735.5	42.28	80
1.280	3.737	332	56.6	20919.7	42.28	80
1.278	3.737	332	53.2	14527.5	42.28	85
1.397	3.737	332	53.2	16602.9	42.28	80
0.882	3.737	332	55.3	15382.1	42.28	85
1.250	4.982	443	71	14709.1	31.71	80
0.960	4.982	443	69.3	11767.3	31.71	80
0.914	4.982	443	71	10144.2	31.71	80
1.489	4.982	443	70.7	13074.8	31.71	75
1.233	4.982	443	74.7	13682.9	31.71	80
0.767	4.448	395	69.8	12300.8	35.52	80
1.128	4.448	395	65.6	15703.1	35.52	80
0.746	4.448	395	62.5	11715	35.52	80
0.634	4.448	395	60.1	10395	35.52	85

П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	П ₆	П ₇
1.043	4.448	395	62.1	10543.5	35.52	80
0.948	4.448	395	69	12724.9	35.52	80
0.567	3.857	307	41.9	23822.7	74.71	80
0.582	3.857	307	39	29020.3	74.71	80
0.574	3.857	307	38.6	23472.3	74.71	80
0.443	3.857	307	39	20204	74.71	80
0.707	3.857	307	39	27519.3	74.71	80
0.655	4.764	380	52.5	19017.9	60.48	80
0.698	4.764	380	53.2	19735.5	60.48	80
0.623	4.764	380	53.6	19735.5	60.48	80
0.640	4.764	380	56	20919.7	60.48	80
0.569	4.764	380	56	18034.2	60.48	80
0.980	5.672	452	61.6	14760.9	50.8	80
0.862	5.672	452	61.6	12724.9	50.8	80
0.594	5.672	452	61.8	11532	50.8	80
0.940	5.672	452	63.4	14760.9	50.8	75
0.691	5.672	452	64.7	13419	50.8	80
0.921	6.352	506	66	9339.1	45.36	75
0.776	6.352	506	64.8	12007.5	45.36	75
0.582	6.352	506	62.5	10697.6	45.36	75
0.655	6.352	506	62.3	10697.6	45.36	75
0.760	6.352	506	65.8	11767.3	45.36	75
0.328	3.595	234	48.5	5645.6	43.39	90
0.381	3.595	234	47	5735.3	43.39	90
0.314	3.595	234	49.4	5972.3	43.39	85
0.506	3.595	234	47.6	8921.5	43.39	85
0.583	3.595	234	48.7	5690.1	43.39	85
0.483	4.441	289	60.4	5443.3	35.12	85

П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	П ₆	П ₇
0.484	4.441	289	58.8	4984.9	35.12	90
0.404	4.441	289	58.5	4783.5	35.12	85
0.343	4.441	289	57.2	4783.5	35.12	90
0.489	4.441	289	58.3	5038	35.12	85
0.296	5.287	344	66.4	3094	29.5	90
0.403	5.287	344	68.3	4641	29.5	90
0.379	5.287	344	65.3	3517.4	29.5	90
0.326	5.287	344	66.7	3754.5	29.5	90
0.318	5.287	344	63.4	3122.9	29.5	85
0.381	5.287	344	65.9	2831.8	29.5	85
0.667	5.922	386	79.6	3699.8	26.34	85
0.485	5.922	386	80.8	2690.7	26.34	85
0.442	5.922	386	80.8	3097.5	26.34	85
0.409	5.922	386	78.4	2864.3	26.34	85
0.472	5.922	386	80.2	2993.1	26.34	85
0.558	5.922	386	85	3097.5	26.34	85
0.484	3.319	281	50.9	7941.1	45.56	80
0.410	3.319	281	50.9	9264.7	45.56	85
0.587	3.319	281	50.2	11470.5	45.56	90
0.433	3.319	281	52	10785.7	45.56	80
0.600	4.100	347	68.8	9471.4	36.88	85
0.674	4.100	347	57.9	3671.1	36.88	85
0.674	4.100	347	62.2	3671.1	36.88	85
0.664	4.100	347	67.4	3615	36.88	80
0.608	4.100	347	63.8	9285.7	36.88	80
0.523	4.881	413	72.7	7594.3	30.98	90
0.411	4.881	413	72.7	5967	30.98	90
0.549	4.881	413	67.5	6552	30.98	90

П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7
0.397	4.881	413	68.9	5761.2	30.98	90
0.564	4.881	413	70	6075.5	30.98	90
0.421	5.466	463	82.9	4673.4	27.66	85
0.429	5.466	463	79.6	5436.4	27.66	85
0.400	5.466	463	82.6	5327.6	27.66	85
0.482	5.466	463	77.7	4756.8	27.66	85
0.471	5.466	463	80.5	5223.2	27.66	85
0.495	3.688	328	52	6510.3	42.85	85
0.437	3.688	328	50.5	7015.9	42.85	90
0.509	3.688	328	50.9	6229.7	42.85	90
0.402	3.688	328	51.6	6452.2	42.85	85
0.418	3.688	328	50.9	6569.5	42.85	85
0.490	4.555	405	61.7	4832.3	34.68	85
0.583	4.555	405	60.4	6577.3	34.68	85
0.726	4.555	405	61	4984.9	34.68	85
0.510	4.555	405	61	4933	34.68	85
0.510	4.555	405	61.5	4933	34.68	85
0.549	5.423	482	73.8	4075	29.14	90
0.500	5.423	482	71.3	4284	29.14	85
0.348	5.423	482	73.2	2983.5	29.14	85
0.477	5.423	482	73.5	3797.2	29.14	90
0.488	5.423	482	73.2	4176.9	29.14	85
0.443	6.074	540	79.3	3805.5	26.01	85
0.310	6.074	540	79.6	3061.9	26.01	85
0.495	6.074	540	82.9	2804	26.01	80
0.511	6.074	540	82.6	2895.5	26.01	90
0.500	6.074	540	79.9	2959.8	26.01	90
0.946	4.702	375	51.3	19530.9	61.29	80

П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7
0.617	4.702	375	51.1	15375.4	61.29	80
0.897	4.702	375	49.2	18529.3	61.29	80
0.809	4.702	375	48.9	15375.4	61.29	85
0.745	4.702	375	51.1	15375.4	61.29	80
0.717	5.808	463	59.2	8935.3	49.61	75
0.582	5.808	463	59.2	8610.3	49.61	75
0.900	5.808	463	57.9	11839.2	49.61	80
0.566	5.808	463	56.9	8935.3	49.61	85
0.571	5.808	463	60.1	7517	49.61	80
0.600	6.914	551	67.8	6683	41.67	80
0.600	6.914	551	65.1	6683	41.67	85
0.653	6.914	551	63.2	6819.4	41.67	80
0.681	6.914	551	71.3	7109.6	41.67	80
0.766	6.914	551	65.6	7109.6	41.67	80
0.678	7.744	617	66.5	4515	37.21	85
0.667	7.744	617	64.7	4439.7	37.21	85
0.672	7.744	617	67.1	4592.8	37.21	85
0.548	7.744	617	68	4296.5	37.21	85

Па	Пв	Пз	Пс	П5	П6	П7
0.0018	0.0019	132	0.0021	70938.3	76.8	90
0.002	0.002	132	0.0023	65683.6	76.8	90
0.0019	0.0019	132	0.0022	68209.9	76.8	90
0.0019	0.0019	132	0.0022	68209.9	76.8	90
0.0019	0.0019	132	0.0022	68209.9	76.8	90
0.0038	0.0033	163	0.0036	49455.2	62.17	85
0.0039	0.0034	163	0.0037	47436.6	62.17	90
0.0039	0.0034	163	0.0037	48424.9	62.17	90
0.0038	0.0033	163	0.0036	49455.2	62.17	85
0.0039	0.0034	163	0.0037	47436.6	62.17	90
0.0076	0.0057	195	0.0061	34168.6	52.22	90
0.0076	0.0057	195	0.0061	34168.6	52.22	90
0.0071	0.0053	195	0.0057	36856	52.22	90
0.0074	0.0054	195	0.0059	36046	52.22	90
0.0077	0.0054	195	0.0061	36046	52.22	85
0.0111	0.0074	218	0.008	29381.4	46.63	90
0.012	0.0078	218	0.0086	27818.6	46.63	90
0.0106	0.007	218	0.0076	31130.3	46.63	90
0.0123	0.0082	218	0.0088	26683.1	46.63	90
0.0106	0.007	218	0.0076	31130.3	46.63	90
0.0026	0.0023	159	0.0025	68872.1	80.64	90
0.0028	0.0024	159	0.0026	65683.6	80.64	90
0.0026	0.0023	159	0.0025	68872.1	80.64	90
0.0025	0.0022	159	0.0024	70938.3	80.64	85
0.0023	0.002	159	0.0022	77954.1	80.64	90
0.0055	0.004	196	0.0042	49455.2	65.28	95
0.0056	0.004	196	0.0043	49455.2	65.28	95

Па	Пв	Пз	Пс	П5	П6	П7
0.0055	0.0039	196	0.0042	50530.3	65.28	90
0.0056	0.004	196	0.0043	49455.2	65.28	90
0.0056	0.004	196	0.0043	49455.2	65.28	90
0.0112	0.0067	233	0.0072	34895.6	54.84	90
0.0111	0.0067	233	0.0072	34895.6	54.84	90
0.0112	0.0065	233	0.0073	36046	54.84	90
0.0112	0.0067	233	0.0073	34895.6	54.84	90
0.0106	0.0063	233	0.0069	36856	54.84	90
0.0169	0.0091	261	0.0098	28735.6	48.96	90
0.0168	0.0091	261	0.0097	28735.6	48.96	90
0.0167	0.0091	261	0.0097	28735.6	48.96	90
0.0138	0.0074	261	0.008	35337.1	48.96	85
0.0132	0.0067	261	0.0076	39029	48.96	90
0.017	0.0092	261	0.0099	28423.3	48.96	90
0.0032	0.0025	185	0.0027	73894	75.84	85
0.0033	0.0026	185	0.0028	70938.3	75.84	90
0.0034	0.0026	185	0.0029	70938.3	75.84	90
0.0033	0.0026	185	0.0028	72386	75.84	90
0.0033	0.0026	185	0.0028	72386	75.84	90
0.0054	0.0033	229	0.0037	69384.9	61.39	90
0.0072	0.0046	229	0.005	49455.2	61.39	85
0.0073	0.0047	229	0.0051	48424.9	61.39	85
0.0065	0.0041	229	0.0045	55342.7	61.39	90
0.0075	0.0048	229	0.0052	47436.6	61.39	90
0.0142	0.0076	272	0.0083	36046	51.57	85
0.0156	0.0081	272	0.009	33471.3	51.57	85
0.0132	0.007	272	0.0077	39049.8	51.57	90

Па	Пв	Пз	Пс	П5	П6	П7
0.0127	0.0068	272	0.0074	40002.3	51.57	90
0.0116	0.0061	272	0.0067	44326.8	51.57	90
0.0218	0.0104	305	0.0113	29381.4	46.05	90
0.0197	0.0094	305	0.0102	32283.3	46.05	90
0.0203	0.0098	305	0.0105	31130.3	46.05	90
0.0194	0.0093	305	0.0101	32686.8	46.05	90
0.0197	0.0096	305	0.0102	31889.6	46.05	90
0.0024	0.003	212	0.0033	70235.9	108.48	85
0.002	0.0025	212	0.0027	85467.8	108.48	85
0.0027	0.0034	212	0.0037	61685.5	108.48	85
0.0023	0.003	212	0.0031	71654.8	108.48	85
0.0018	0.0023	212	0.0025	93339.8	108.48	85
0.0063	0.0064	261	0.0069	40778.9	87.82	85
0.0028	0.0027	261	0.0031	96849.8	87.82	85
0.005	0.0052	261	0.0055	49987	87.82	85
0.0051	0.0053	261	0.0056	48934.6	87.82	85
0.0052	0.0054	261	0.0058	48424.9	87.82	85
0.0063	0.0051	311	0.0058	60744.2	73.77	85
0.0065	0.0054	311	0.006	57547.1	73.77	80
0.0123	0.0107	311	0.0114	29028.2	73.77	80
0.0069	0.0058	311	0.0064	53773.5	73.77	85
0.0079	0.0068	311	0.0073	45558.1	73.77	85
0.0118	0.0089	349	0.0098	39029	65.86	85
0.0151	0.0113	349	0.0125	30764	65.86	90
0.011	0.0083	349	0.0091	42176.5	65.86	90
0.0154	0.0119	349	0.0127	29381.4	65.86	90
0.0104	0.0077	349	0.0086	45085.2	65.86	90

Па	Пв	Пз	Пс	П5	П6	П7
0.0007	0.0009	109	0.0011	120594.4	93.46	90
0.0007	0.0009	109	0.001	124453.5	93.46	85
0.0006	0.0008	109	0.0009	132963.1	93.46	80
0.0007	0.0009	109	0.001	120594.4	93.46	85
0.0017	0.0017	134	0.002	80273.6	75.66	85
0.0016	0.0017	134	0.0019	79029	75.66	80
0.0017	0.0017	134	0.0019	79029	75.66	80
0.0016	0.0017	134	0.0019	80910.6	75.66	85
0.0013	0.0013	134	0.0015	106195.2	75.66	80
0.0025	0.002	160	0.0024	79048.5	63.55	85
0.0027	0.0022	160	0.0026	71221.9	63.55	85
0.0026	0.0021	160	0.0025	76525.6	63.55	80
0.0026	0.0021	160	0.0025	74931.4	63.55	85
0.0034	0.0029	160	0.0033	55762.9	63.55	85
0.0049	0.0036	179	0.0043	49435.7	56.74	85
0.0047	0.0034	179	0.0041	52610.5	56.74	90
0.0033	0.0022	179	0.0028	80768.2	56.74	90
0.0038	0.0028	179	0.0033	64433.1	56.74	85
0.0045	0.0035	179	0.0039	51662.5	56.74	85
0.0045	0.0035	179	0.0039	51662.5	56.74	85
0.0007	0.0007	130	0.0009	185198.6	98.13	85
0.0007	0.0007	130	0.0009	185198.6	98.13	85
0.0007	0.0007	130	0.0008	189715.6	98.13	85
0.0007	0.0007	130	0.0008	189715.6	98.13	80
0.0008	0.0008	130	0.0009	154026.6	98.13	80
0.0017	0.0014	161	0.0016	118543.5	79.44	90
0.0016	0.0013	161	0.0015	125861	79.44	90

Па	Пв	Пз	Пс	П5	П6	П7
0.0017	0.0013	161	0.0016	125861	79.44	85
0.0016	0.0013	161	0.0015	125861	79.44	85
0.0017	0.0013	161	0.0016	124326.1	79.44	85
0.0017	0.0013	161	0.0016	125861	79.44	85
0.0029	0.002	192	0.0023	97208.2	66.73	90
0.0035	0.0025	192	0.0028	77348.5	66.73	85
0.0037	0.0025	192	0.0029	77348.5	66.73	90
0.003	0.0021	192	0.0024	93420.9	66.73	90
0.0027	0.0019	192	0.0021	102763	66.73	85
0.0035	0.0023	192	0.0027	82682.9	66.73	85
0.0022	0.0015	192	0.0017	128453.7	66.73	90
0.0054	0.0031	215	0.0038	68268.4	59.58	85
0.0038	0.0024	215	0.0027	91024.5	59.58	85
0.0038	0.0024	215	0.0027	89602.2	59.58	80
0.0052	0.0033	215	0.0037	65914.3	59.58	80
0.0035	0.0021	215	0.0025	100606	59.58	80
0.0011	0.001	152	0.0012	149583.5	92.29	85
0.0009	0.0008	152	0.0009	185198.6	92.29	85
0.0011	0.001	152	0.0011	158741.7	92.29	80
0.001	0.001	152	0.0011	158741.7	92.29	80
0.0011	0.001	152	0.0011	158741.7	92.29	80
0.0022	0.0016	188	0.0018	114547.7	74.71	85
0.002	0.0014	188	0.0017	132399.2	74.71	90
0.0021	0.0015	188	0.0018	124326.1	74.71	85
0.0017	0.0012	188	0.0015	156842.2	74.71	85
0.0017	0.0013	188	0.0015	149922.7	74.71	85
0.0034	0.0021	224	0.0024	107364.3	62.76	85

Па	Пб	Пв	Пс	Пд	Пе	Пз
0.0031	0.0017	224	0.0022	128453.7	62.76	90
0.0046	0.0031	224	0.0032	72660.7	62.76	90
0.0027	0.0017	224	0.0019	128453.7	62.76	90
0.0033	0.0019	224	0.0023	117924.8	62.76	90
0.0041	0.0021	251	0.0026	117031.5	56.03	85
0.0052	0.0028	251	0.0033	89602.2	56.03	85
0.0066	0.0037	251	0.0041	68268.4	56.03	85
0.0051	0.0029	251	0.0032	85590.2	56.03	80
0.0007	0.0012	174	0.0012	151035.7	132.01	95
0.0007	0.0011	174	0.0011	165496.6	132.01	95
0.0007	0.0012	174	0.0012	151035.7	132.01	90
0.0005	0.0008	174	0.0009	210225.4	132.01	85
0.0006	0.0009	174	0.0009	202034.8	132.01	85
0.0014	0.0018	215	0.0019	121366	106.87	80
0.0011	0.0014	215	0.0015	154465.8	106.87	80
0.0009	0.0011	215	0.0012	199896.9	106.87	80
0.0009	0.0011	215	0.0012	199896.9	106.87	80
0.0009	0.001	215	0.0011	216909.4	106.87	80
0.0014	0.0017	215	0.0019	124326.1	106.87	80
0.0023	0.0023	256	0.0026	108991.1	89.77	80
0.0027	0.0028	256	0.003	92223.2	89.77	85
0.0024	0.0024	256	0.0027	105785.4	89.77	80
0.0022	0.0022	256	0.0025	114181.1	89.77	85
0.0022	0.0022	256	0.0024	117924.8	89.77	80
0.004	0.0036	286	0.0041	78555.4	80.15	80
0.0032	0.0029	286	0.0032	98871.4	80.15	85
0.0035	0.003	286	0.0035	94008.9	80.15	85

Па	Пв	Пз	Пс	П5	П6	П7
0.0034	0.003	286	0.0034	94008.9	80.15	90
0.0038	0.0034	286	0.0038	83109.3	80.15	90
0.02	0.0142	192	0.0162	13526.4	52.89	90
0.0189	0.0134	192	0.0153	14379.4	52.89	90
0.0197	0.014	192	0.016	13759.6	52.89	85
0.0182	0.0128	192	0.0148	15057.7	52.89	85
0.019	0.0135	192	0.0154	14251.1	52.89	90
0.0416	0.024	237	0.0273	9867.8	42.82	80
0.0486	0.0274	237	0.0319	8644.5	42.82	85
0.0445	0.0247	237	0.0293	9596.2	42.82	80
0.0479	0.0274	237	0.0315	8644.5	42.82	85
0.0455	0.0259	237	0.0299	9175.3	42.82	85
0.062	0.0291	282	0.0342	9711.1	35.97	85
0.0584	0.0276	282	0.0322	10250.6	35.97	80
0.0841	0.0421	282	0.0464	6709.5	35.97	80
0.0896	0.0421	282	0.0495	6709.5	35.97	85
0.0714	0.0296	316	0.0352	10697.6	32.11	80
0.0707	0.029	316	0.0349	10895.7	32.11	80
0.0714	0.029	316	0.0352	10895.7	32.11	80
0.0737	0.029	316	0.0363	10895.7	32.11	90
0.0737	0.0306	316	0.0364	10322.2	32.11	90
0.0267	0.0152	230	0.0175	15201.1	55.54	85
0.027	0.0156	230	0.0177	14778.9	55.54	85
0.0263	0.0153	230	0.0172	15057.7	55.54	80
0.0285	0.0163	230	0.0187	14124.9	55.54	75
0.0282	0.0162	230	0.0185	14251.1	55.54	80
0.0279	0.0125	285	0.0148	22738.8	44.96	80

Па	Пв	Пз	Пс	П5	П6	П7
0.0286	0.0117	285	0.0152	24325.2	44.96	80
0.0303	0.0136	285	0.0161	20919.7	44.96	80
0.0325	0.0142	285	0.0173	20115.1	44.96	80
0.0434	0.0196	285	0.0231	14527.5	44.96	80
0.0708	0.0266	339	0.0316	12724.9	37.77	80
0.0574	0.0216	339	0.0256	15703.1	37.77	85
0.0631	0.023	339	0.0281	14760.9	37.77	80
0.0629	0.0243	339	0.0281	13925.4	37.77	80
0.0644	0.023	339	0.0287	14760.9	37.77	80
0.1054	0.04	339	0.047	8483.3	37.77	80
0.0921	0.029	380	0.0367	13074.8	33.72	80
0.114	0.0407	380	0.0454	9339.1	33.72	80
0.0934	0.0323	380	0.0372	11767.3	33.72	75
0.1024	0.0355	380	0.0408	10697.6	33.72	80
0.091	0.031	380	0.0363	12257.6	33.72	85
0.0882	0.0297	380	0.0351	12790.5	33.72	85
0.0318	0.0167	269	0.0187	16122.4	52.23	70
0.0226	0.0115	269	0.0133	23472.3	52.23	80
0.0389	0.0209	269	0.0228	12871.9	52.23	80
0.0307	0.0155	269	0.018	17349.1	52.23	85
0.0326	0.0167	269	0.0191	16122.4	52.23	85
0.0421	0.0168	332	0.02	19735.5	42.28	80
0.0407	0.0159	332	0.0193	20919.7	42.28	80
0.0579	0.0229	332	0.0275	14527.5	42.28	85
0.0515	0.02	332	0.0245	16602.9	42.28	80
0.0521	0.0216	332	0.0248	15382.1	42.28	85
0.1013	0.0301	443	0.0361	14709.1	31.71	80

Па	Пв	Пз	Пс	П5	П6	П7
0.1214	0.0376	443	0.0433	11767.3	31.71	80
0.1403	0.0437	443	0.0501	10144.2	31.71	80
0.1175	0.0339	443	0.0419	13074.8	31.71	75
0.1096	0.0324	443	0.0391	13682.9	31.71	80
0.0914	0.0321	395	0.0365	12300.8	35.52	80
0.0748	0.0252	395	0.0299	15703.1	35.52	80
0.0945	0.0338	395	0.0377	11715	35.52	80
0.1044	0.038	395	0.0417	10395	35.52	85
0.1093	0.0375	395	0.0437	10543.5	35.52	80
0.0907	0.0311	395	0.0362	12724.9	35.52	80
0.0148	0.0129	307	0.0139	23822.7	74.71	80
0.0121	0.0106	307	0.0114	29020.3	74.71	80
0.015	0.0131	307	0.014	23472.3	74.71	80
0.0171	0.0152	307	0.0161	20204	74.71	80
0.013	0.0112	307	0.0122	27519.3	74.71	80
0.0287	0.02	380	0.0218	19017.9	60.48	80
0.0278	0.0192	380	0.0211	19735.5	60.48	80
0.0276	0.0192	380	0.0209	19735.5	60.48	80
0.0262	0.0181	380	0.0199	20919.7	60.48	80
0.0301	0.0211	380	0.0228	18034.2	60.48	80
0.0544	0.0306	452	0.0347	14760.9	50.8	80
0.0623	0.0355	452	0.0397	12724.9	50.8	80
0.0665	0.0392	452	0.0424	11532	50.8	80
0.0544	0.0306	452	0.0347	14760.9	50.8	75
0.0581	0.0337	452	0.037	13419	50.8	80
0.1067	0.0542	506	0.0607	9339.1	45.36	75
0.0814	0.0422	506	0.0463	12007.5	45.36	75

Па	Пв	Пз	Пс	П5	П6	П7
0.0891	0.0473	506	0.0507	10697.6	45.36	75
0.0898	0.0473	506	0.0511	10697.6	45.36	75
0.083	0.043	506	0.0473	11767.3	45.36	75
0.0665	0.0415	234	0.0443	5645.6	43.39	90
0.066	0.0408	234	0.044	5735.3	43.39	90
0.0628	0.0392	234	0.0418	5972.3	43.39	85
0.0435	0.0262	234	0.0289	8921.5	43.39	85
0.0693	0.0412	234	0.0461	5690.1	43.39	85
0.1085	0.0531	289	0.0585	5443.3	35.12	85
0.1182	0.058	289	0.0637	4984.9	35.12	90
0.1213	0.0605	289	0.0654	4783.5	35.12	85
0.1198	0.0605	289	0.0646	4783.5	35.12	90
0.117	0.0574	289	0.0631	5038	35.12	85
0.2598	0.1113	344	0.1177	3094	29.5	90
0.1769	0.0742	344	0.0801	4641	29.5	90
0.2317	0.0979	344	0.1049	3517.4	29.5	90
0.2153	0.0917	344	0.0975	3754.5	29.5	90
0.2577	0.1103	344	0.1167	3122.9	29.5	85
0.2881	0.1216	344	0.1305	2831.8	29.5	85
0.2932	0.1042	386	0.1186	3699.8	26.34	85
0.3904	0.1433	386	0.1579	2690.7	26.34	85
0.3364	0.1245	386	0.136	3097.5	26.34	85
0.3606	0.1347	386	0.1458	2864.3	26.34	85
0.3499	0.1289	386	0.1415	2993.1	26.34	85
0.3457	0.1245	386	0.1398	3097.5	26.34	85
0.0715	0.0354	281	0.0385	7941.1	45.56	80
0.0605	0.0303	281	0.0326	9264.7	45.56	85

Па	Пв	Пз	Пс	П5	П6	П7
0.0503	0.0245	281	0.0271	11470.5	45.56	90
0.0523	0.0261	281	0.0281	10785.7	45.56	80
0.0941	0.0366	347	0.041	9471.4	36.88	85
0.2415	0.0946	347	0.1052	3671.1	36.88	85
0.2433	0.0946	347	0.106	3671.1	36.88	85
0.2488	0.096	347	0.1084	3615	36.88	80
0.0954	0.0374	347	0.0416	9285.7	36.88	80
0.1624	0.0544	413	0.0594	7594.3	30.98	90
0.2029	0.0693	413	0.0743	5967	30.98	90
0.1878	0.0631	413	0.0687	6552	30.98	90
0.209	0.0717	413	0.0765	5761.2	30.98	90
0.2036	0.068	413	0.0745	6075.5	30.98	90
0.326	0.099	463	0.1065	4673.4	27.66	85
0.2798	0.0851	463	0.0914	5436.4	27.66	85
0.2849	0.0869	463	0.0931	5327.6	27.66	85
0.3219	0.0973	463	0.1052	4756.8	27.66	85
0.2935	0.0886	463	0.0959	5223.2	27.66	85
0.1127	0.0504	328	0.0543	6510.3	42.85	85
0.1035	0.0467	328	0.0499	7015.9	42.85	90
0.1178	0.0526	328	0.0568	6229.7	42.85	90
0.1121	0.0508	328	0.054	6452.2	42.85	85
0.1102	0.0499	328	0.0531	6569.5	42.85	85
0.2309	0.0838	405	0.0901	4832.3	34.68	85
0.1716	0.0616	405	0.0669	6577.3	34.68	85
0.231	0.0812	405	0.0901	4984.9	34.68	85
0.2266	0.0821	405	0.0884	4933	34.68	85
0.2268	0.0821	405	0.0885	4933	34.68	85

Па	Пв	Пз	Пс	П5	П6	П7
0.3913	0.1183	482	0.1283	4075	29.14	90
0.3687	0.1125	482	0.1209	4284	29.14	85
0.519	0.1616	482	0.1701	2983.5	29.14	85
0.4155	0.127	482	0.1362	3797.2	29.14	90
0.3782	0.1154	482	0.124	4176.9	29.14	85
0.5165	0.1419	540	0.1511	3805.5	26.01	85
0.6303	0.1763	540	0.1844	3061.9	26.01	85
0.7082	0.1926	540	0.2072	2804	26.01	80
0.6872	0.1865	540	0.2011	2895.5	26.01	90
0.6696	0.1824	540	0.1959	2959.8	26.01	90
0.0282	0.0192	375	0.0217	19530.9	61.29	80
0.0343	0.0244	375	0.0264	15375.4	61.29	80
0.0294	0.0202	375	0.0226	18529.3	61.29	80
0.035	0.0244	375	0.0269	15375.4	61.29	85
0.0349	0.0244	375	0.0268	15375.4	61.29	80
0.0908	0.0518	463	0.0565	8935.3	49.61	75
0.0928	0.0538	463	0.0578	8610.3	49.61	75
0.0699	0.0391	463	0.0435	11839.2	49.61	80
0.089	0.0518	463	0.0554	8935.3	49.61	85
0.1062	0.0616	463	0.0661	7517	49.61	80
0.1693	0.0824	551	0.0885	6683	41.67	80
0.1688	0.0824	551	0.0883	6683	41.67	85
0.1661	0.0808	551	0.0868	6819.4	41.67	80
0.1613	0.0775	551	0.0843	7109.6	41.67	80
0.1617	0.0775	551	0.0846	7109.6	41.67	80
0.3141	0.1367	617	0.1467	4515	37.21	85
0.3185	0.139	617	0.1487	4439.7	37.21	85

Па	Пв	Пз	Пс	Пс	По	П7
0.3088	0.1344	617	0.1442	4592.8	37.21	85
0.3262	0.1436	617	0.1523	4296.5	37.21	85

APÊNDICE II

Programa elaborado para a utilização do procedimento não linear contido no Statistical Analysis Systems (SAS), implantado no computador VAX-VMS.

```
TITLE ' ANALISE DIMENSIONAL - ';
OPTIONS LINESIZE=80;
OPTIONS PAGESIZE=50;
DATA TUCO;
INPUT PIA PIB PI3 PIC PI5 PI6 PI7;
CARDS;
```

0.0018	0.0019	132	0.0021	70938.3	76.8	90
0.002	0.002	132	0.0023	65683.6	76.8	90
0.0019	0.0019	132	0.0022	68209.9	76.8	90
0.0019	0.0019	132	0.0022	68209.9	76.8	90
0.0019	0.0019	132	0.0022	68209.9	76.8	90
0.0038	0.0033	163	0.0036	49455.2	62.17	85
0.0039	0.0034	163	0.0037	47436.6	62.17	90
0.0039	0.0034	163	0.0037	48424.9	62.17	90
0.0038	0.0033	163	0.0036	49455.2	62.17	85
0.0039	0.0034	163	0.0037	47436.6	62.17	90
0.0076	0.0057	195	0.0061	34168.6	52.22	90
0.0076	0.0057	195	0.0061	34168.6	52.22	90
0.0071	0.0053	195	0.0057	36856	52.22	90
0.0074	0.0054	195	0.0059	36046	52.22	90
0.0077	0.0054	195	0.0061	36046	52.22	85
0.0111	0.0074	218	0.008	29381.4	46.63	90
0.012	0.0078	218	0.0086	27818.6	46.63	90
0.0106	0.007	218	0.0076	31130.3	46.63	90

0.0123	0.0082	218	O.0088	26683.1	46.63	90
0.0106	0.007	218	O.0076	31130.3	46.63	90
0.0026	0.0023	159	O.0025	68872.1	80.64	90
0.0028	0.0024	159	O.0026	66683.6	80.64	90
0.0026	0.0023	159	O.0025	68872.1	80.64	90
0.0025	0.0022	159	O.0024	70938.3	80.64	85
0.0023	0.002	159	O.0022	77954.1	80.64	90
0.0055	0.004	196	O.0042	49455.2	65.28	95
0.0056	0.004	196	O.0043	49455.2	65.28	95
0.0055	0.0039	196	O.0042	50530.3	65.28	90
0.0056	0.004	196	O.0043	49455.2	65.28	90
0.0056	0.004	196	O.0043	49455.2	65.28	90
0.0112	0.0067	233	O.0072	34895.6	54.84	90
0.0111	0.0067	233	O.0072	34895.6	54.84	90
0.0112	0.0065	233	O.0073	36046	54.84	90
0.0112	0.0067	233	O.0073	34895.6	54.84	90
0.0106	0.0063	233	O.0069	36856	54.84	90
0.0169	0.0091	261	O.0098	28735.6	48.96	90
0.0168	0.0091	261	O.0097	28735.6	48.96	90
0.0167	0.0091	261	O.0097	28735.6	48.96	90
0.0138	0.0074	261	O.008	35337.1	48.96	85
0.0132	0.0067	261	O.0076	39029	48.96	90
0.017	0.0092	261	O.0099	28423.3	48.96	90
0.0032	0.0025	185	O.0027	73894	75.84	85
0.0033	0.0026	185	O.0028	70938.3	75.84	90
0.0034	0.0026	185	O.0029	70938.3	75.84	90
0.0033	0.0026	185	O.0028	72386	75.84	90
0.0033	0.0026	185	O.0028	72386	75.84	90
0.0054	0.0033	229	O.0037	69384.9	61.39	90

0.0072	0.0046	229	0.005	49455.2	61.39	85
0.0073	0.0047	229	0.0051	48424.9	61.39	85
0.0065	0.0041	229	0.0045	55342.7	61.39	90
0.0075	0.0048	229	0.0052	47436.6	61.39	90
0.0142	0.0076	272	0.0083	36046	51.57	85
0.0156	0.0081	272	0.009	33471.3	51.57	85
0.0132	0.007	272	0.0077	39049.8	51.57	90
0.0127	0.0068	272	0.0074	40002.3	51.57	90
0.0116	0.0061	272	0.0067	44326.8	51.57	90
0.0218	0.0104	305	0.0113	29381.4	46.05	90
0.0197	0.0094	305	0.0102	32283.3	46.05	90
0.0203	0.0098	305	0.0105	31130.3	46.05	90
0.0194	0.0093	305	0.0101	32686.8	46.05	90
0.0197	0.0096	305	0.0102	31889.6	46.05	90
0.0024	0.003	212	0.0033	70235.9	108.48	85
0.002	0.0025	212	0.0027	85467.8	108.48	85
0.0027	0.0034	212	0.0037	61685.5	108.48	85
0.0023	0.003	212	0.0031	71654.8	108.48	85
0.0018	0.0023	212	0.0025	93339.8	108.48	85
0.0063	0.0064	261	0.0069	40778.9	87.82	85
0.0028	0.0027	261	0.0031	96849.8	87.82	85
0.005	0.0052	261	0.0055	49987	87.82	85
0.0051	0.0053	261	0.0056	48934.6	87.82	85
0.0052	0.0054	261	0.0058	48424.9	87.82	85
0.0063	0.0051	311	0.0058	60744.2	73.77	85
0.0065	0.0054	311	0.006	57547.1	73.77	80
0.0123	0.0107	311	0.0114	29028.2	73.77	80
0.0069	0.0058	311	0.0064	53773.5	73.77	85
0.0079	0.0068	311	0.0073	45558.1	73.77	85

0.0118	0.0089	349	0.0098	39029	65.86	85
0.0151	0.0113	349	0.0125	30764	65.86	90
0.011	0.0083	349	0.0091	42176.5	65.86	90
0.0154	0.0119	349	0.0127	29381.4	65.86	90
0.0104	0.0077	349	0.0086	45085.2	65.86	90
0.0007	0.0009	109	0.0011	120594.4	93.46	90
0.0007	0.0009	109	0.001	124453.5	93.46	85
0.0006	0.0008	109	0.0009	132963.1	93.46	80
0.0007	0.0009	109	0.001	120594.4	93.46	85
0.0017	0.0017	134	0.002	80273.6	75.66	85
0.0016	0.0017	134	0.0019	79029	75.66	80
0.0017	0.0017	134	0.0019	79029	75.66	80
0.0016	0.0017	134	0.0019	80910.6	75.66	85
0.0013	0.0013	134	0.0015	106195.2	75.66	80
0.0025	0.002	160	0.0024	79048.5	63.55	85
0.0027	0.0022	160	0.0026	71221.9	63.55	85
0.0026	0.0021	160	0.0025	76525.6	63.55	80
0.0026	0.0021	160	0.0025	74931.4	63.55	85
0.0034	0.0029	160	0.0033	55762.9	63.55	85
0.0049	0.0036	179	0.0043	49435.7	56.74	85
0.0047	0.0034	179	0.0041	52610.5	56.74	90
0.0033	0.0022	179	0.0028	80768.2	56.74	90
0.0038	0.0028	179	0.0033	64433.1	56.74	85
0.0045	0.0035	179	0.0039	51662.5	56.74	85
0.0045	0.0035	179	0.0039	51662.5	56.74	85
0.0007	0.0007	130	0.0009	185198.6	98.13	85
0.0007	0.0007	130	0.0009	185198.6	98.13	85
0.0007	0.0007	130	0.0008	189715.6	98.13	85
0.0007	0.0007	130	0.0008	189715.6	98.13	80

0.0008	0.0008	130	0.0009	154026.6	98.13	80
0.0017	0.0014	161	0.0016	118543.5	79.44	90
0.0016	0.0013	161	0.0015	125861	79.44	90
0.0017	0.0013	161	0.0016	125861	79.44	85
0.0016	0.0013	161	0.0015	125861	79.44	85
0.0017	0.0013	161	0.0016	124326.1	79.44	85
0.0017	0.0013	161	0.0016	125861	79.44	85
0.0029	0.002	192	0.0023	97208.2	66.73	90
0.0035	0.0025	192	0.0028	77348.5	66.73	85
0.0037	0.0025	192	0.0029	77348.5	66.73	90
0.003	0.0021	192	0.0024	93420.9	66.73	90
0.0027	0.0019	192	0.0021	102763	66.73	85
0.0035	0.0023	192	0.0027	82682.9	66.73	85
0.0022	0.0015	192	0.0017	128453.7	66.73	90
0.0054	0.0031	215	0.0038	68268.4	59.58	85
0.0038	0.0024	215	0.0027	91024.5	59.58	85
0.0038	0.0024	215	0.0027	89602.2	59.58	80
0.0052	0.0033	215	0.0037	65914.3	59.58	80
0.0035	0.0021	215	0.0025	100606	59.58	80
0.0011	0.001	152	0.0012	149583.5	92.29	85
0.0009	0.0008	152	0.0009	185198.6	92.29	85
0.0011	0.001	152	0.0011	158741.7	92.29	80
0.001	0.001	152	0.0011	158741.7	92.29	80
0.0011	0.001	152	0.0011	158741.7	92.29	80
0.0022	0.0016	188	0.0018	114547.7	74.71	85
0.002	0.0014	188	0.0017	132399.2	74.71	90
0.0021	0.0015	188	0.0018	124326.1	74.71	85
0.0017	0.0012	188	0.0015	156842.2	74.71	85
0.0017	0.0013	188	0.0015	149922.7	74.71	85

0.0034	0.0021	224	0.0024	107364.3	62.76	85
0.0031	0.0017	224	0.0022	128453.7	62.76	90
0.0046	0.0031	224	0.0032	72660.7	62.76	90
0.0027	0.0017	224	0.0019	128453.7	62.76	90
0.0033	0.0019	224	0.0023	117924.8	62.76	90
0.0041	0.0021	251	0.0026	117031.5	56.03	85
0.0052	0.0028	251	0.0033	89602.2	56.03	85
0.0066	0.0037	251	0.0041	68268.4	56.03	85
0.0051	0.0029	251	0.0032	85590.2	56.03	80
0.0007	0.0012	174	0.0012	151035.7	132.01	95
0.0007	0.0011	174	0.0011	165496.6	132.01	95
0.0007	0.0012	174	0.0012	151035.7	132.01	90
0.0005	0.0008	174	0.0009	210225.4	132.01	85
0.0006	0.0009	174	0.0009	202034.8	132.01	85
0.0014	0.0018	215	0.0019	121366	106.87	80
0.0011	0.0014	215	0.0015	154465.8	106.87	80
0.0009	0.0011	215	0.0012	199896.9	106.87	80
0.0009	0.0011	215	0.0012	199896.9	106.87	80
0.0009	0.001	215	0.0011	216909.4	106.87	80
0.0014	0.0017	215	0.0019	124326.1	106.87	80
0.0023	0.0023	256	0.0026	108991.1	89.77	80
0.0027	0.0028	256	0.003	92223.2	89.77	85
0.0024	0.0024	256	0.0027	105785.4	89.77	80
0.0022	0.0022	256	0.0025	114181.1	89.77	85
0.0022	0.0022	256	0.0024	117924.8	89.77	80
0.004	0.0036	286	0.0041	78555.4	80.15	80
0.0032	0.0029	286	0.0032	98871.4	80.15	85
0.0035	0.003	286	0.0035	94008.9	80.15	85
0.0034	0.003	286	0.0034	94008.9	80.15	90

0.0038	0.0034	286	0.0038	83109.3	80.15	90
0.02	0.0142	192	0.0162	13526.4	52.89	90
0.0189	0.0134	192	0.0153	14379.4	52.89	90
0.0197	0.014	192	0.016	13759.6	52.89	85
0.0182	0.0128	192	0.0148	15057.7	52.89	85
0.019	0.0135	192	0.0154	14251.1	52.89	90
0.0416	0.024	237	0.0273	9867.8	42.82	80
0.0486	0.0274	237	0.0319	8644.5	42.82	85
0.0445	0.0247	237	0.0293	9596.2	42.82	80
0.0479	0.0274	237	0.0315	8644.5	42.82	85
0.0455	0.0259	237	0.0299	9175.3	42.82	85
0.062	0.0291	282	0.0342	9711.1	35.97	85
0.0584	0.0276	282	0.0322	10250.6	35.97	80
0.0841	0.0421	282	0.0464	6709.5	35.97	80
0.0896	0.0421	282	0.0495	6709.5	35.97	85
0.0714	0.0296	316	0.0352	10697.6	32.11	80
0.0707	0.029	316	0.0349	10895.7	32.11	80
0.0714	0.029	316	0.0352	10895.7	32.11	80
0.0737	0.029	316	0.0363	10895.7	32.11	90
0.0737	0.0306	316	0.0364	10322.2	32.11	90
0.0267	0.0152	230	0.0175	15201.1	55.54	85
0.027	0.0156	230	0.0177	14778.9	55.54	85
0.0263	0.0153	230	0.0172	15057.7	55.54	80
0.0285	0.0163	230	0.0187	14124.9	55.54	75
0.0282	0.0162	230	0.0185	14251.1	55.54	80
0.0279	0.0125	285	0.0148	22738.8	44.96	80
0.0286	0.0117	285	0.0152	24325.2	44.96	80
0.0303	0.0136	285	0.0161	20919.7	44.96	80
0.0325	0.0142	285	0.0173	20115.1	44.96	80

0.0434	0.0196	285	0.0231	14527.5	44.96	80
0.0708	0.0266	339	0.0316	12724.9	37.77	80
0.0574	0.0216	339	0.0256	15703.1	37.77	85
0.0631	0.023	339	0.0281	14760.9	37.77	80
0.0629	0.0243	339	0.0281	13925.4	37.77	80
0.0644	0.023	339	0.0287	14760.9	37.77	80
0.1054	0.04	339	0.047	8483.3	37.77	80
0.0921	0.029	380	0.0367	13074.8	33.72	80
0.114	0.0407	380	0.0454	9339.1	33.72	80
0.0934	0.0323	380	0.0372	11767.3	33.72	75
0.1024	0.0355	380	0.0408	10697.6	33.72	80
0.091	0.031	380	0.0363	12257.6	33.72	85
0.0882	0.0297	380	0.0351	12790.5	33.72	85
0.0318	0.0167	269	0.0187	16122.4	52.23	70
0.0226	0.0115	269	0.0133	23472.3	52.23	80
0.0389	0.0209	269	0.0228	12871.9	52.23	80
0.0307	0.0155	269	0.018	17349.1	52.23	85
0.0326	0.0167	269	0.0191	16122.4	52.23	85
0.0421	0.0168	332	0.02	19735.5	42.28	80
0.0407	0.0159	332	0.0193	20919.7	42.28	80
0.0579	0.0229	332	0.0275	14527.5	42.28	85
0.0515	0.02	332	0.0245	16602.9	42.28	80
0.0521	0.0216	332	0.0248	15382.1	42.28	85
0.1013	0.0301	443	0.0361	14709.1	31.71	80
0.1214	0.0376	443	0.0433	11767.3	31.71	80
0.1403	0.0437	443	0.0501	10144.2	31.71	80
0.1175	0.0339	443	0.0419	13074.8	31.71	75
0.1096	0.0324	443	0.0391	13682.9	31.71	80
0.0914	0.0321	395	0.0365	12300.8	35.52	80

0.0748	0.0252	395	0.0299	15703.1	35.52	80
0.0945	0.0338	395	0.0377	11715	35.52	80
0.1044	0.038	395	0.0417	10395	35.52	85
0.1093	0.0375	395	0.0437	10543.5	35.52	80
0.0907	0.0311	395	0.0362	12724.9	35.52	80
0.0148	0.0129	307	0.0139	23822.7	74.71	80
0.0121	0.0106	307	0.0114	29020.3	74.71	80
0.015	0.0131	307	0.014	23472.3	74.71	80
0.0171	0.0152	307	0.0161	20204	74.71	80
0.013	0.0112	307	0.0122	27519.3	74.71	80
0.0287	0.02	380	0.0218	19017.9	60.48	80
0.0278	0.0192	380	0.0211	19735.5	60.48	80
0.0276	0.0192	380	0.0209	19735.5	60.48	80
0.0262	0.0181	380	0.0199	20919.7	60.48	80
0.0301	0.0211	380	0.0228	18034.2	60.48	80
0.0544	0.0306	452	0.0347	14760.9	50.8	80
0.0623	0.0355	452	0.0397	12724.9	50.8	80
0.0665	0.0392	452	0.0424	11532	50.8	80
0.0544	0.0306	452	0.0347	14760.9	50.8	75
0.0581	0.0337	452	0.037	13419	50.8	80
0.1067	0.0542	506	0.0607	9339.1	45.36	75
0.0814	0.0422	506	0.0463	12007.5	45.36	75
0.0891	0.0473	506	0.0507	10697.6	45.36	75
0.0898	0.0473	506	0.0511	10697.6	45.36	75
0.083	0.043	506	0.0473	11767.3	45.36	75
0.0665	0.0415	234	0.0443	5645.6	43.39	90
0.066	0.0408	234	0.044	5735.3	43.39	90
0.0628	0.0392	234	0.0418	5972.3	43.39	85
0.0435	0.0262	234	0.0289	8921.5	43.39	85

0.0693	0.0412	234	0.0461	5690.1	43.39	85
0.1085	0.0531	289	0.0585	5443.3	35.12	85
0.1182	0.058	289	0.0637	4984.9	35.12	90
0.1213	0.0605	289	0.0654	4783.5	35.12	85
0.1198	0.0605	289	0.0646	4783.5	35.12	90
0.117	0.0574	289	0.0631	5038	35.12	85
0.2598	0.1113	344	0.1177	3094	29.5	90
0.1769	0.0742	344	0.0801	4641	29.5	90
0.2317	0.0979	344	0.1049	3517.4	29.5	90
0.2153	0.0917	344	0.0975	3754.5	29.5	90
0.2577	0.1103	344	0.1167	3122.9	29.5	85
0.2881	0.1216	344	0.1305	2831.8	29.5	85
0.2932	0.1042	386	0.1186	3699.8	26.34	85
0.3904	0.1433	386	0.1579	2690.7	26.34	85
0.3364	0.1245	386	0.136	3097.5	26.34	85
0.3606	0.1347	386	0.1458	2864.3	26.34	85
0.3499	0.1289	386	0.1415	2993.1	26.34	85
0.3457	0.1245	386	0.1398	3097.5	26.34	85
0.0715	0.0354	281	0.0385	7941.1	45.56	80
0.0605	0.0303	281	0.0326	9264.7	45.56	85
0.0503	0.0245	281	0.0271	11470.5	45.56	90
0.0523	0.0261	281	0.0281	10785.7	45.56	80
0.0941	0.0366	347	0.041	9471.4	36.88	85
0.2415	0.0946	347	0.1052	3671.1	36.88	85
0.2433	0.0946	347	0.106	3671.1	36.88	85
0.2488	0.096	347	0.1084	3615	36.88	80
0.0954	0.0374	347	0.0416	9285.7	36.88	80
0.1624	0.0544	413	0.0594	7594.3	30.98	90
0.2029	0.0693	413	0.0743	5967	30.98	90

0.1878	0.0631	413	0.0687	6552	30.98	90
0.209	0.0717	413	0.0765	5761.2	30.98	90
0.2036	0.068	413	0.0745	6075.5	30.98	90
0.326	0.099	463	0.1065	4673.4	27.66	85
0.2798	0.0851	463	0.0914	5436.4	27.66	85
0.2849	0.0869	463	0.0931	5327.6	27.66	85
0.3219	0.0973	463	0.1052	4756.8	27.66	85
0.2935	0.0886	463	0.0959	5223.2	27.66	85
0.1127	0.0504	328	0.0543	6510.3	42.85	85
0.1035	0.0467	328	0.0499	7015.9	42.85	90
0.1178	0.0526	328	0.0568	6229.7	42.85	90
0.1121	0.0508	328	0.054	6452.2	42.85	85
0.1102	0.0499	328	0.0531	6569.5	42.85	85
0.2309	0.0838	405	0.0901	4832.3	34.68	85
0.1716	0.0616	405	0.0669	6577.3	34.68	85
0.231	0.0812	405	0.0901	4984.9	34.68	85
0.2266	0.0821	405	0.0884	4933	34.68	85
0.2268	0.0821	405	0.0885	4933	34.68	85
0.3913	0.1183	482	0.1283	4075	29.14	90
0.3687	0.1125	482	0.1209	4284	29.14	85
0.519	0.1616	482	0.1701	2983.5	29.14	85
0.4155	0.127	482	0.1362	3797.2	29.14	90
0.3782	0.1154	482	0.124	4176.9	29.14	85
0.5165	0.1419	540	0.1511	3805.5	26.01	85
0.6303	0.1763	540	0.1844	3061.9	26.01	85
0.7082	0.1926	540	0.2072	2804	26.01	80
0.6872	0.1865	540	0.2011	2895.5	26.01	90
0.6696	0.1824	540	0.1959	2959.8	26.01	90
0.0282	0.0192	375	0.0217	19530.9	61.29	80

0.0343	0.0244	375	0.0264	15375.4	61.29	80
0.0294	0.0202	375	0.0226	18529.3	61.29	80
0.035	0.0244	375	0.0269	15375.4	61.29	85
0.0349	0.0244	375	0.0268	15375.4	61.29	80
0.0908	0.0518	463	0.0565	8935.3	49.61	75
0.0928	0.0538	463	0.0578	8610.3	49.61	75
0.0699	0.0391	463	0.0435	11839.2	49.61	80
0.089	0.0518	463	0.0554	8935.3	49.61	85
0.1062	0.0616	463	0.0661	7517	49.61	80
0.1693	0.0824	551	0.0885	6683	41.67	80
0.1688	0.0824	551	0.0883	6683	41.67	85
0.1661	0.0808	551	0.0868	6819.4	41.67	80
0.1613	0.0775	551	0.0843	7109.6	41.67	80
0.1617	0.0775	551	0.0846	7109.6	41.67	80
0.3141	0.1367	617	0.1467	4515	37.21	85
0.3185	0.139	617	0.1487	4439.7	37.21	85
0.3088	0.1344	617	0.1442	4592.8	37.21	85
0.3262	0.1436	617	0.1523	4296.5	37.21	85

;

PROC NLIN DATA=TUCO;

LA=LOG(PIA);

LB=LOG(PIB);

LC=LOG(PI3);

LD=LOG(PI C);

LE=LOG(PI5);

LF=LOG(PI6);

LG=LOG(PI7);

PARMS K=1 BO=1 CO=1 DO=1 EO=1 FO=1 GO=1;

Z=BO*LB+CO*LC+DO*LD+EO*LE+FO*LF+GO*LG;

MODEL LA=K+Z;

DER. K=1;

DER. BO=LB;

DER. CO=LC;

DER. DO=LD;

DER. EO=LE;

DER. FO=LF;

DER. GO=LG;

RUN;