

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS
LABORATORIO DE TERMICA

NOVEMBRO, 1972

ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE O COEFICIENTE DE MISTURA, EM SEÇÕES DE TESTES
COMPORTANDO SUBCANAIS SIMÉTRICOS, PELO EMPREGO DE TÉCNICA ESPECTROFOTO
MÉTRICA

Angela Menin Teixeira de Souza

Tese submetida ao Curso de Ciências e Técnicas Nucleares da Universida
de Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários para
a obtenção do grau de Mestre em Ciências

1972

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi elaborado no Laboratório de Térmica da Divisão de Reatores do Instituto de Pesquisas Radioativas e faz parte de seu programa experimental.

Agradeço ao Prof. Milton Campos, Diretor do Instituto de Pesquisas Radioativas; por haver permitido a preparação desta tese dentro do programa de trabalho do I.P.R..

Meus reconhecimentos ao Dr. Paulo de Carvalho Tófani pela sugestão do assunto e valiosa orientação em todas as fases deste trabalho.

Agradeço igualmente a grande colaboração dos colegas do Laboratório de Térmica, especialmente Ivan Padrão de Vasconcelos Paiva, Luiz Duarte Lage, Euler de Abreu Domingues, Hamilton Eustáquio de Mattos, José Rui da Silva Machado, Carlos Aurélio de Almeida e Álvaro Samartano Filho.

Igualmente agradeço às Srtas. Francisca Maria Satler, Catarina Maria de Pádua e Iêda Maria Rodrigues, pelos serviços de datilografia e ao Sr. Leonardo Machado Costa pelos serviços de fotografias.

Í N D I C E

| | PÁGINA |
|--|--------|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| 2.1. Introdução | 3 |
| 2.2. Análise por Subcanais | 3 |
| 2.2.1. Discretização em subcanais | 3 |
| 2.2.2. Mistura entre subcanais | 4 |
| 2.2.3. Publicações sobre a mistura natural por difusão turbulenta. | 5 |
| 2.2.4. Método de correlação dos efeitos de mistura. | 5 |
| 2.3. Técnicas Experimentais | 6 |
| 2.3.1. Geometrias das seções de testes | 6 |
| 2.3.2. Fluxo de calor | 6 |
| 2.3.3. Traçadores | 7 |

| | PÁGINA |
|---|--------|
| 2.3.4. Injeção, extração e detecção de traçador | 7 |
| 2.3.5. Princípios da espectrofotometria | 7 |
| 2.4. Conclusões | 1 |
| 3. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL | 10 |
| 3.1. Introdução | 10 |
| 3.2. Circuito Hidráulico | 10 |
| 3.3. Seções de Testes | 11 |
| 3.3.1. Escolha da geometria do canal | 11 |
| 3.3.2. Descrição das seções de testes | 11 |
| 3.3.3. Simulação dos fluxos de calor | 13 |
| 3.4. Sistema de Utilização do Traçador | 13 |
| 3.4.1. Escolha do traçador | 13 |
| 3.4.2. Dispositivos de injeção | 13 |
| 3.4.3. Extração de amostras | 15 |
| 3.5. Instrumentos de Medida no Circuito Principal | 15 |
| 3.5.1. Pressões estáticas | 15 |
| 3.5.2. Vazões | 15 |

| | |
|---|----|
| 3.6. Espectrofotômetros | 16 |
| 4. ESTUDO EXPERIMENTAL | 18 |
| 4.1. Introdução | 18 |
| 4.2. Condições Experimentais | 18 |
| 4.3. Experiências Preliminares | 19 |
| 4.3.1. Aferição dos medidores de vazão | 19 |
| 4.3.2. Teste hidráulico das seções de testes | 19 |
| 4.3.3. Aferição da bomba dosadora | 19 |
| 4.3.4. Escolha da concentração de injeção | 19 |
| 4.3.5. Determinação da adsorção nas tubulações | 20 |
| 4.3.6. Levantamento da curva concentração-transmitância | 20 |
| 4.4. Descrição de uma Experiência Típica | 20 |
| 4.5. Apresentação dos Resultados Experimentais | 21 |
| 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS | 23 |
| 5.1. Introdução | 23 |
| 5.2. Preposição do Modelo de Análise | 23 |
| 5.2.1. Aspecto hidrodinâmico do escoamento | 23 |

| | PÁGINA |
|---|--------|
| 5.2.2. Transporte de traçador entre os subcanais | 24 |
| 5.2.3. Coeficientes de mistura | 25 |
| 5.3. Métodos de Cálculo dos Coeficientes de Mistura | 25 |
| 5.4. Análise dos Resultados Obtidos com a Seção de Testes Nº 1. | 26 |
| 5.4.1. Evolução de concentração | 26 |
| 5.4.2. Influência da distância de intercomunicação nos coeficientes de mistura. | 26 |
| 5.4.3. Influência das condições de escoamento nos coeficientes de mistura. | 26 |
| 5.4.4. Influência do entreferro no coeficiente de mistura integrado. | 27 |
| 5.5. Análise dos Resultados Obtidos com a Seção de Testes Nº 2. | 28 |
| 5.5.1. Influência da diferença de pressão, entre os subcanais, no coeficiente de mistura. | 28 |
| 5.5.2. Evolução de concentração | 28 |
| 5.5.3. Influência da distância de intercomunicação e das condições de escoamento. | 28 |
| 5.6. Comparação entre os Resultados Obtidos com as Seções de Testes Nº 1 e Nº 2. | 28 |
| 5.7. Estimativa dos Erros | 29 |

| | PÁGINA |
|---|--------|
| 5.8. Comparação com Resultados de Outros Experimentadores | 30 |
| 6. CONCLUSÕES | 32 |

1. INTRODUÇÃO

Os núcleos dos reatores de potência são constituídos por matrizes de varetas combustíveis paralelas, geralmente confinadas em um duto. O calor gerado por fissão nuclear é removido pelo fluido refrigerante que escoar ao longo dos canais delimitados pelos feixes combustíveis.

Inicialmente, os cálculos térmicos dos reatores nucleares eram feitos levando-se em conta os valores médios, em cada seção transversal do feixe, dos parâmetros termodinâmicos. Desde que há interesse em aumentar a potência específica dos reatores, este cálculo global não é suficiente, pois os fatos dos fluxos neutrônicos não serem iguais em todas as varetas combustíveis e de que estas definem seções de passagem complexas para o fluido refrigerante acarretam neste, heterogeneidades de entalpia e velocidade. Estas heterogeneidades tendem a serem diminuídas por processos de mistura que ocorrem no seio do refrigerante. Para se levar em conta tais processos o canal é discretizado em regiões (subcanais) e a seguir suas influências recíprocas são consideradas. Coeficientes que permitem levar em conta os efeitos dos processos de mistura são utilizados nos códigos de cálculo térmico de elementos combustíveis pela análise por subcanais.

No presente estudo, determina-se experimentalmente coeficientes de mistura entre dois subcanais simétricos, semelhantes aos encontrados nos reatores refrigerados a água leve, e investiga-se a variação destes coeficientes com a vazão de refrigerante, o espaçamento entre as varetas e o comprimento de intercomunicação entre os subcanais.

O trabalho é composto por:

- Análise de trabalhos realizados sobre mistura entre sub-canais de feixes de varetas combustíveis.
- Descrição do dispositivo experimental utilizado.
- Apresentação das experiências realizadas e dos resultados obtidos.
- Análise dos resultados.
- Conclusões do estudo.

2. ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

2.1. Introdução

Neste capítulo, discorre-se, inicialmente, sobre os problemas de discretização dos canais de reatores em subcanais e sobre a maneira de se levarem em conta as influências recíprocas destes últimos. Estudam-se, em seguida, as técnicas experimentais de simulação da geometria e dos processos de difusão de calor encontrados nos feixes combustíveis.

2.2. Análise por subcanais

2.2.1. Discretização em subcanais

Para se analisar, com maior detalhe, a evolução das grandezas termodinâmicas do fluido refrigerante dos feixes combustíveis nucleares ao longo dos canais apresentando forma complexa, é necessário discretizá-los em subcanais definidos de modo que as interações entre estes sejam as menores possíveis. Para isto, são levadas em consideração, a simetria da geometria e da distribuição de fluxo de calor no feixe. Os limites dos subcanais são fixados por linhas fictícias que unem os centros de duas varetas combustíveis adjacentes e pelas paredes das próprias varetas ou do canal que as contem. Esta forma de discretização em subcanais é apresentada na figura 1 para dois tipos diferentes de feixes de elementos combustíveis.

A geometria dos sub-canais tem as seguintes características:

- passo: comprimento entre os eixos de duas varetas adjacentes.
- entreferro: distância mínima entre os perímetros de duas varetas vizinhas.
- passo relativo: relação entre o passo e o diâmetro das varetas.

2.2.2. Mistura entre sub-canais

A influência da mistura entre sub-canais de um feixe de elementos combustíveis, nos gradientes de temperatura desenvolvidos ao longo dos canais, é considerada geralmente como uma superposição de efeitos separados que podem ser tratados independentemente.

Estes efeitos dependem da disposição das varetas nos feixes e dos dispositivos utilizados para manter estas varetas em suas posições e/ou para intensificar a mistura no meio do feixe.

Os efeitos de mistura são classificados de acordo com sua origem e orientação:

Mistura natural:

Ocorre em um feixe onde o escoamento se processa com ausência de dispositivos espaçadores ou promotores de mistura ou quando a influência destes dispositivos é desprezível.

A mistura natural pode ser devida a dois processos:

- difusão turbulenta, que é um efeito não direcional, devido unicamente à turbulência de escoamento.
- vazão transversal segundo uma direção preferencial causada por gradientes radiais de pressão entre os sub-canais. Estes gradientes podem ser induzidos por diferenças de geometria e/ou de carga térmica.

Mistura forçada:

Esta é induzida pela presença de dispositivos promotores de mistura.

Os dois efeitos da mistura forçada são:

- dispersão local em espaçadores ou promotores de mistura que a intensificam sem que haja sentido preferencial.
- vazão induzida por dispositivos mecânicos segundo uma direção previamente escolhida.

A condução molecular pode, em alguns casos, ter efeito importante.

2.2.3. Publicações sobre a mistura natural por difusão turbulenta.

Neste trabalho interessa-se, particularmente, pelo estudo da mistura natural por difusão turbulenta.

Alguns experimentadores como Hetsroni et alia (2), Singleton (1), Du Bousquet (3) e Paiva (4) estudaram este efeito em geometrias a dois subcanais simétricos.

Em sua maioria, as experiências foram efetuadas para a obtenção de coeficiente de difusão clássico de transporte de massa. Os resultados experimentais foram apresentados como um coeficiente de difusão relacionado ao número de Péclet, em função do número de Reynolds.

2.2.4. Método de correlação dos efeitos de mistura.

Na figura 2, é apresentado um canal composto por dois subcanais simétricos, i e j. A análise do processo de mistura por difusão turbulenta é feita considerando-se uma vazão transversal fictícia de massa por unidade de comprimento, w , denominada vazão de mistura. Neste caso deve-se impor a condição que o fluxo total de massa de água, na frente entre os dois subcanais, seja nulo: $w_{ij} = w_{ji}$. O comprimento efetivo de mistura, z_{ij} , é a distância transversal segundo a qual as grandezas físicas, consideradas constantes em um subcanal, são transportadas de i para j.

Se as partículas de fluido transportam natureza química ou entalpia pode-se escrever as equações de conservação, para o subcanal i:

$$M_i \frac{dC_i}{dz} = F_i P_i + \sum_j w_{ij} (C_i - C_j) \quad (2.1)$$

$$M_i C_i \frac{dT_i}{dz} = \phi_i P_{ci} + \sum_j w_{ij} C_{ij} (T_i - T_j) \quad (2.2)$$

O coeficiente de mistura, entre os dois sub-canaís adjacentes, i e j , é definido pela relação:

$$S = \frac{w_{ij}}{eG} \quad (2.3)$$

sendo w_{ij} o fluxo transversal de massa de água e G o fluxo axial de massa de água, conforme mostrado na figura 2 .

2.3. Técnicas experimentais

2.3.1. Geometria das seções de testes:

As seções de testes utilizadas para o estudo de mistura entre sub-canaís de reatores devem possuir características geométricas as mais próximas possíveis das encontradas nos feixes de elementos combustíveis.

No presente caso, como o efeito de mistura de interesse é o devido a difusão turbulenta entre sub-canaís simétricos, as seções de testes simulam unicamente dois sub-canaís de um feixe de malha quadrada. Na figura 3 , é mostrada a geometria tomada como base para a seção de testes. Foram feitas simplificações desta geometria, e a seção transversal finalmente usada é mostrada na figura 11 .

Singleton (1), Hetsroni et alia (2), Du Bousquet (3) e Paiva (4), utilizaram também em suas experiências, seções de testes com a forma simplificada apresentada na figura 4 .

2.3.2. Fluxo de calor

As vazões de mistura podem ser calculadas a partir de medidas de temperatura ou de concentrações ao longo dos sub-canaís, de acordo com as equações de conservação 2.1 e 2.2.

No primeiro caso, as distribuições dos fluxos de calor devem ser as mais próximas possíveis das encontradas nos reatores. Porém, como se deseja avaliar os fluxos através da fronteira de intercomunicação dos sub-canaís, por simplicidade pode-se aplicar um gradiente de temperatura entre eles evitando assim o aquecimento ao longo da seção de testes. O processo comumente utilizado é a injeção, em um dos sub-canaís, de fluido,

de mesma natureza que o fluido principal a uma temperatura mais elevada que a deste.

No caso da determinação da mistura ser feita por meio de medidas de concentração, em um dos sub-canais é injetado um traçador.

2.3.3. Traçadores

Os traçadores usados nos estudos dos fenômenos de mistura entre sub-canais devem possuir características físicas próximas das do fluido principal para que se obtenha uma mistura homogênea. Além disto, o traçador deve possuir alguma propriedade que permita sua detecção. Segundo a sua fase, os traçadores podem ser classificados em:

- traçadores gasosos: Entre estes os mais comuns são: Hélio, Hidrogênio, Argônio, Oxigênio, Óxido de carbono, Gás carbonico.
- traçadores líquidos: Soluções de Permanganato de potássio, de Cromato de sódio, de Cloreto de sódio e de Azul de metileno, estão entre os traçadores líquidos mais empregados.

2.3.4. Injeção, extração e detecção de traçador.

Na figura 5, estão mostrados alguns dispositivos empregados na injeção e extração do traçador, localmente ou em todo o sub-canal. Sua escolha depende da geometria do canal onde é feita a injeção ou extração e da região do escoamento a ser explorada.

As técnicas correntes de detecção de traçador, conforme sua natureza são:

Termometria, Calorimetria, Termocondutimetria, Eletrocondutimetria, Radiometria, Espectrometria de Massa e Espectrofotometria.

As técnicas utilizadas pelos experimentadores que testaram geometrias a dois sub-canais simétricos foram a de injeção de água quente por Hetsroni et allia (2), corante por Singleton (1), sal por Du Bousquet (3) e radioisótopos por Paiva (4).

2.3.5. Princípios da Espectrofotometria.

Ao incidirmos um feixe de energia radiante em um meio homogêneo,

uma fração desta energia é perdida por reflexão (aproximadamente 4% da luz visível em uma interface ar-vidro). Do restante, uma parte é absorvida pelo meio e outra parte é transmitida.

Se considerarmos este meio subdividido em camadas de mesma espessura, em cada uma delas a intensidade da luz transmitida é uma mesma fração da intensidade da luz incidente. Esta fração depende da composição do meio e, portanto, em uma solução, é diretamente proporcional à concentração, C , do soluto.

O decréscimo da intensidade do feixe em cada camada de espessura l é:

$$-\frac{dI}{de} = K_1 C I \quad (2.4)$$

Se I_1 a intensidade do feixe incidente e I_2 a intensidade emergente de um meio de espessura l , tem-se:

$$-\ln \frac{I_2}{I_1} = K_1 C l \quad (2.5)$$

A relação I_2/I_1 é definida como sendo a transmitância T . Esta transmitância pode variar com o comprimento de onda da luz incidente de acordo com o espectro de absorção do meio.

Para uma luz monocromática de comprimento de onda λ , tem-se que:

$$\log T = -K l C \quad (2.6)$$

Por meio de espectrofotômetros pode-se determinar a transmitância de uma solução, relativa à de outra solução, tomada como base, incidindo-se sobre ela um feixe de luz monocromática. Como a transmitância da água e de ar são aproximadamente 100% para qualquer comprimento de onda, determina-se valores absolutos de transmitância quando água ou ar fôr usado como padrão.

2.4. CONCLUSÕES

A partir da análise dos trabalhos de Rogers e Todreas (5) e Tófani (6), bem como documentos por estes citados, observa-se que:

- Valores dos coeficientes de mistura são necessários em cálculos mais precisos dos elementos combustíveis nucleares em feixe.
- Para melhor domínio dos fenômenos envolvidos, há necessidade de se terem valores experimentais de coeficientes decorrentes de cada processo de mistura, com técnicas diversas.
- Há interesse, para dado processo de mistura, de se conhecer, com maior detalhe a influência de parâmetros, tais como o entreferro e a distância de intercomunicação, no coeficiente de mistura.
- Alguns autores confundem, erroneamente, o coeficiente de mistura com o coeficiente clássico de difusão de massa.
- Os coeficientes são obtidos considerando-se os valores de grandezas em pontos privilegiados dos sub-canais em contradição à hipótese básica - de se considerar seus valores médios em cada um destes.

3. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

3.1. Introdução

Os equipamentos utilizados na determinação experimental dos coeficientes de mistura entre subcanais são descritos neste capítulo. Trata-se de um circuito hidráulico devidamente instrumentado, duas seções de teste comportando sistemas distintos de injeção de traçador, dispositivo de extração e análise espectrofotométrica das amostras.

3.2. Circuito hidráulico

O circuito hidráulico é constituído, considerando-se o sentido do escoamento, por uma bomba alimentada com água a temperatura ambiente, um recipiente de admissão de fluido na seção de testes, uma seção de testes de forma complexa e dois ramos independentes de saída.

Dois fluxogramas foram adotados, como mostrado nas figuras 6 e 7, a serem utilizados com duas seções de testes comportando sistemas diversos de injeção traçador.

A bomba centrífuga principal utilizada é marca Albrizzi-Petry, modelo 212 Alfa 32 de 2 estágios, tipo 2128, acoplada a um motor elétrico de 5,5 HP que permite uma altura manométrica de 15 m.c.a. para uma vazão máxima de 3,3

l/s. Um desvio de bomba assegura seu funcionamento nas condições nominais para qualquer vazão na seção de testes.

Este circuito comporta medidas de vazão e pressão.

Fotografias do circuito são mostradas nas figuras 8 e 9 .

3.3. Seções de testes

3.3.1. Escolha da geometria do canal

As varetas dos elementos combustíveis, em feixe de malha quadrada, dos reatores a água leve são dispostas como apresentado na figura 1 . Adotou-se, para as seções de testes, seções transversais simulando dois subcanais simétricos adjacentes com possibilidade de se estudar, posteriormente, subcanais assimétricos em paralelo.

3.3.2. Descrição das seções de testes

Foram utilizadas duas seções de testes, ambas montadas a partir de chapas de plexiglas, o que nos permite uma visualização do escoamento durante as experiências. As peças componentes das seções de testes são fixadas entre si por parafusos, a estanqueidade sendo garantida por juntas e cordões de borracha.

3.3.2.1. Seção de testes Nº 1

A primeira seção de testes está mostrada na fotografia da figura 10

Nas figuras 11 e 12 são apresentados, respectivamente, cortes transversal e longitudinais.

Esta seção é constituída por dois subcanais simétricos de 1650 mm de comprimento e nos permite fixar o valor do entreferro entre 0 e 5 mm. Os subcanais são isolados por meio de duas régua de aço inoxidável de 0,5 mm de espessura.

Uma régua é fixa e separa os subcanais ao longo dos primeiros 700 mm. Nos 950 mm restantes, a separação é feita por uma régua móvel o que permite variar a distância de intercomunicação entre os subcanais.

Esta seção de testes é conectada ao circuito, em sua extremidade inferior, por meio de um reservatório, esquematizado na figura 13, que alimenta independentemente os 2 subcanais. A extremidade superior é ligada aos dois ramos independentes de saída por meio de uma peça como a da figura 14.

3.3.2.2. Seção de testes Nº 2

A segunda seção de testes utilizada é apresentada nas fotografias da figura 15. Cortes transversal e longitudinal são mostrados nas figuras 16 e 17.

Esta seção tem um comprimento de 1700 mm e o entreferro pode ser fixado em 1, 3 ou 5 mm.

Longitudinalmente, os subcanais são isolados, de maneira análoga a 1ª seção, por meio de 2 réguas de aço inoxidável de 0,5 mm de espessura, sendo que neste caso a régua fixa é de 600 mm.

No que concerne às dimensões das seções transversais dos dois subcanais, três opções de acoplamento são possíveis; tendo-se razões entre áreas dos subcanais iguais a 1, 1,5 e 2. O subcanal de referência tem dimensões fixas, iguais às da primeira seção.

A alimentação dos dois subcanais é feita por meio de um único reservatório fixado na extremidade inferior da seção de testes. Fotografias de reservatório são mostradas nas figuras 18 e 19.

A conexão da extremidade superior da seção de testes ao circuito é feita por meio de peças como as das figuras 20 e 21, correspondentes aos três tipos de acoplamento possíveis.

3.3.3. Simulação dos fluxos de calor

Simulam-se os fluxos de calor através das fronteiras comuns entre os subcanais em paralelo com auxílio da analogia entre os processos de difusão de calor e massa. Um traçador é injetado em um dos subcanais e sua presença ao longo do outro subcanal é investigada.

3.4. Sistema de utilização do traçador

3.4.1. Escolha do traçador

A escolha do traçador recaiu num corante, técnica experimental de estudo de mistura com a qual não se dispõe de resultados comparáveis aos resultados disponíveis com técnicas de traçador salino ou radioativo. Acrescenta-se a este fato, a disponibilidade no local de equipamento necessário à espectrofotometria.

O corante escolhido foi o azul de metileno pelas razões seguintes:

- disponibilidade dado o baixo custo;
- apresenta cor intensa a baixos valores da concentração (da ordem de 10^{-4} g/l) o que permite sua injeção num escoamento sem perturbação do mesmo;
- facilmente solúvel em água até 10 g/l ;
- sua estabilidade de cor é grande não havendo necessidade de medidas rápidas;
- apresenta um pico de transmissão mínima acentuado para um comprimento de onda de 665 m μ . Um dos espectros de transmissão levantado é apresentado na figura 22.

3.4.2. Dispositivos de injeção

A injeção de corante no circuito foi feita de duas maneiras distintas correspondendo as duas seções de testes utilizadas.

3.4.2.1. Dispositivo de injeção N^o 1

Primeiramente, a injeção foi feita por meio de uma bomba

dosadora simples Degremont, mostrada na fotografia da figura 23, com vazão regulável de 67 a 670 cm³/min, suportando uma pressão de recalque de até 4 kgf/cm² acionada por um motor elétrico, trifásico de 1/3 HP.

A saída da bomba foi conectada à tubulação de alimentação de um dos subcanais no ponto mostrado no fluxograma da figura 6. Para impedir o retorno do corante injetado, a bomba dispõe de 4 válvulas de retenção de acordo com a figura 24.

A vazão de injeção da bomba foi determinada a partir do gráfico mostrado na figura 25 de acordo com a pressão no ponto de injeção para cada condição de operação. Os valores de injeção de solução utilizados variaram de 150 a 600 cm³/min.

3.4.2.2. Dispositivo de injeção N^o 2

O fluxograma do segundo dispositivo de injeção é apresentado na figura 26.

O circuito injetor é alimentado por um reservatório no qual é colocado a solução de corante. Uma bomba centrífuga de 3 C.V. marca Albrizzi Petry, com altura manométrica de 30 m à vazão nominal de 3 l/s faz circular a solução. O circuito é provido de um desvio de bomba para assegurar o funcionamento da bomba nas condições nominais para qualquer vazão de injeção.

A medida da vazão é feita através de um rotâmetro Landa cuja escala é de 0,04 a 0,3 l/s com graduação de 0,005 l/s.

São feitas medidas de pressão na extremidade injetora com auxílio de um manômetro Bourdon de escala de 0 a 5 kgf/cm² e graduação de 0,1 kgf/cm². Outro manômetro Bourdon de escala de 0 a 10 kgf/cm² e graduação de 0,2 kgf/cm² foi instalado após o rotâmetro.

A vazão de injeção é determinada de modo que a pressão na ponta injetora seja igual a pressão na seção de testes, mas deve ser baixa o suficiente para ser desprezível em relação à vazão de água no circuito principal. Uma válvula de retenção assegura o sentido correto do fluxo de traçador.

A extremidade injetora do circuito é conectada diretamente à seção de testes (a 50 mm da extremidade inferior) a um dos dois subcanais. Detalhes deste injetor são apresentados na figura 17.

A uma distância de 50 mm acima da injeção, foram fixados, nos dois subcanais, misturadores como na figura 27, para homogeneizar a solução.

3.4.3. Extração de amostras

As amostras foram recolhidas por meio de mini-tubos inseridos nas tubulações de saída correspondentes a cada subcanal como indicado na figura 28. Os pontos de extração são indicados nos fluxogramas mostrados nas figuras 6 e 7.

3.5. Instrumentos de medida no circuito principal

3.5.1. Pressões estáticas

Três manômetros tipo Bourdon de escalas 0 a 6 kgf/cm², 0 a 10 kgf/cm² e 0 a 5 kgf/cm² foram instalados, respectivamente, no recalque da bomba hidráulica, no ponto de injeção e na seção de testes, conforme está indicado no fluxograma da figura 6.

3.5.2. Vazões

As medidas de vazão foram feitas em 3 pontos do circuito por medidores tipo diafragma acoplados a manômetros diferenciais Meriam modelo 30ED25PM.

Um dos medidores foi instalado após a bomba, na tubulação de alimentação da seção de testes. Suas características são as seguintes: diâmetro interno do flange de 52,3 mm, diâmetro interno da placa de orifício de 30,9 mm, manômetro Meriam com escala de leitura 10-100 GPM.

Dois outros medidores foram instalados nas tubulações de saída da seção de testes. Apresentam as seguintes características: diâmetro interno dos flanges de 40,8 mm, diâmetro interno da placa de orifício de 22mm, manômetro Meriam: escala de leitura 10-100 GP.

O fluido utilizado nos 3 manômetros Meriam foi o fluido Meriam 295 de densidade igual $2,95 \text{ g/cm}^3$.

3.6. Espectrofotômetros

Uma primeira série de medidas foi feita em um espectrofotômetro Perkin-Elmer modelo 450 mostrado na figura 29. Este primeiro cobre comprimentos de onda de uma região próxima a infra-vermelha (2,7 microns) até a ultravioleta (165 milimicrons). Possui como fontes luminosas uma lâmpada incandescente a tungstênio ou uma lâmpada a arco de deutério. Um duplo monocromador dispersa a luz da fonte em um espectro contínuo e seleciona a faixa de comprimento de onda da luz. Seus detetores são fotomultiplicadores ou células de sulfato de chumbo.

O aparelho permite registrar em gráfico de rolo o espectro contínuo de transmitância da amostra na faixa de comprimentos de onda previamente selecionada.

A maior parte das medidas foram realizadas com um segundo espectrofotômetro de fabricação Carl Zeiss devido sua maior disponibilidade, rapidez de leitura e facilidade de amplificação.

O sistema completo utilizado mostrado na fotografia de figura 30, é constituído pelos seguintes componentes:

- Fonte luminosa composta de uma lâmpada de hidrogênio que emite luz de com-

Um dos medidores foi instalado após a bomba, na tubulação de alimentação da seção de testes. Suas características são as seguintes: diâmetro interno do flange de 52,3 mm, diâmetro interno da placa de orifício de 30,9 mm, manômetro Meriam com escala de leitura 10-100 GPM.

Dois outros medidores foram instalados nas tubulações de saída da seção de testes. Apresentam as seguintes características: diâmetro interno dos flanges de 40,8 mm, diâmetro interno da placa de orifício de 22mm, manômetro Meriam: escala de leitura 10-100 GP.

O fluido utilizado nos 3 manômetros Meriam foi o fluido Meriam 295 de densidade igual $2,95 \text{ g/cm}^3$.

3.6. Espectrofotômetros

Uma primeira série de medidas foi feita em um espectrofotômetro Perkin-Elmer modelo 450 mostrado na figura 29. Este primeiro cobre comprimentos de onda de uma região próxima a infra-vermelha (2,7 microns) até a ultravioleta (165 milimicrons). Possui como fontes luminosas uma lâmpada incandescente a tungstênio ou uma lâmpada a arco de deutério. Um duplo monocromador dispersa a luz da fonte em um espectro contínuo e seleciona a faixa de comprimento de onda da luz. Seus detetores são fotomultiplicadores ou células de sulfato de chumbo.

O aparelho permite registrar em gráfico de rolo o espectro contínuo de transmitância da amostra na faixa de comprimentos de onda previamente selecionada.

A maior parte das medidas foram realizadas com um segundo espectrofotômetro de fabricação Carl Zeiss devido sua maior disponibilidade, rapidez de leitura e facilidade de amplificação.

O sistema completo utilizado mostrado na fotografia de figura 30, é constituído pelos seguintes componentes:

- Fonte luminosa composta de uma lâmpada de hidrogênio que emite luz de com-

primentos de onda na região de ultra-violeta e uma lâmpada incandescente para emissão de luz em outras regiões de espectro.

- Monocromador M4Q11 que serve para selecionar a faixa de onda de espectro contínuo da fonte luminosa, na qual se quer trabalhar. No monocromador ajusta-se a abertura da fenda, pela qual passa o feixe luminoso, e o valor de comprimento de onda deste feixe.
- Comutador de provas com caixa de receptores, para seleção da amostra a ser lida. Na caixa receptora estão um fotomultiplicador tipo 1P28 para medições entre 200 e 600 $m\mu$ e uma fotocélula MC 100 rV para medidas entre 600 e 1000 $m\mu$. A caixa de receptores é equipada com filtros para impedir a influência de luz dispersa.
- Aparelho indicador que dispõe de um visor no qual há uma escala para leitura de transmitância. Este aparelho dispõe ainda de controles de tempo de resposta e de amplificação da medida.
- Aparelhos para conexão das fontes luminosas à rede.

4. ESTUDO EXPERIMENTAL

4.1. Introdução

Apresentam-se, neste capítulo, o processo de obtenção dos valores requeridos para a determinação dos coeficientes de mistura entre subcanais, as precauções tomadas no sentido de se obterem resultados confiáveis e, finalmente, os resultados das medidas.

Estes resultados são agrupados, de acordo com sua procedência, relativamente às duas seções de testes utilizadas.

4.2. Condições experimentais

Os parâmetros variados durante as experiências foram :

- Entreferro : fixado, sucessivamente, em 5, 3 e 1 mm na primeira seção de testes . Na segunda seção de testes manteve-se um entreferro de 5 mm.
- Distância axial de intercomunicação dos dois subcanais: sua variação foi feita na faixa de 0 a 800 mm, em posições próximas a 0,200,300,400,600 e 800 mm. Nota-se que com distância máxima de 800 mm restam ainda 150 mm, no caso da primeira seção, e 300 mm, no caso da segunda, antes da ramificação da saída.

- Vazão de massa de água : tomou valores entre 0,26 e 1,4 l/s, correspondendo a número de Reynolds de 1 a 5×10^4 . Em consequência, a pressão nas seções de testes variou entre os valores de 2 a 3,5 kgf/cm² no primeiro caso e de 2,0 a 4,5 kgf/cm² no segundo.

4.3. Experiências preliminares

4.3.1. Aferição dos medidores de vazão

Os medidores de vazão instalados nas tubulações foram calibrados com medidas de volume e tempo. A alimentação de água foi feita por meio de um recipiente a nível constante.

Nas figuras de 31 a 33 são apresentadas as curvas de aferição. Os valores das medidas foram devidamente corrigidos.

4.3.2. Teste hidráulico das seções de testes

As pressões máximas de teste aplicadas ao circuito foram : no caso da primeira seção de teste aproximadamente 5 kgf/cm² e no caso da segunda 6 kgf/cm². A estas pressões observou-se perfeito desempenho mecânico e estanqueidade absoluta dos sistemas.

4.3.3. Aferição da bomba dosadora

As vazões de injeção da bomba dosadora em função da pressão de recalque foram determinadas a partir de medidas de volume e tempo, a pressão constante.

Os resultados obtidos concordaram com as curvas fornecidas pelo fabricante, apresentadas na figura 25.

4.3.4. Escolha da concentração de injeção

Foram efetuadas experiências preliminares para a determinação da concentração da solução de corante a ser injetada. Estas concentrações

variaram de 1 a 5 g/l nas faixas de vazões de injeção e vazões de água utilizadas durante as experiências. A eficiência da mistura foi verificada visualmente.

4.3.5. Determinação da adsorção nas tubulações

Para a verificação da adsorção de corante nas paredes das tubulações, foram determinadas as concentrações da solução nos pontos de injeção e em uma das derivações de saída com os subcanais isolados entre si. As medidas foram efetuadas 5, 7 e 9 minutos após o início da injeção para toda a faixa de vazão utilizada. Os resultados obtidos da evolução de concentração com a concentração de injeção e as condições de escoamento são apresentadas na tabela 1.

Nota-se que a adsorção é pouco importante quando se considera um único subcanal. A fortiori, esta é desprezível quando se consideram as diferenças de concentração entre os dois subcanais paralelos.

4.3.6. Levantamento da curva concentração-transmitância

A curva concentração versus transmitância, mostrada na figura 34, foi levantada a partir da determinação, no espectrofotômetro, das transmitâncias de soluções de concentrações conhecidas. Estas transmitâncias foram determinadas no comprimento de onda correspondente ao pico de transmissão mínima do corante.

4.4. Descrição de uma experiência típica

Primeiramente, a seção de testes é montada com um valor fixo de entreferro. A distância de intercomunicação entre os subcanais é ajustada pela posição da régua móvel. Com o circuito completamente cheio de água a vazão e a pressão na seção de testes são ajustadas, simultaneamente, a valores pré-fixados. As experiências são realizadas em circuito aberto evitando reciclagem de corante.

Se o sistema de injeção empregado é o primeiro, a vazão de injeção da bomba

ba dosadora é ajustada ao valor desejado por meio do posicionamento adequado do excêntrico que acopla a bomba ao motor elétrico. No caso do segundo sistema injetor, o circuito é ajustado de modo que se tenham medidas iguais de pressão na ponta injetora e na seção de testes. A vazão de injeção pode ser lida no rotâmetro do circuito injetor.

Após decorrido um tempo suficiente para o estabelecimento do regime, da ordem de cinco minutos, tem início a coleta de amostras. Cada amostra é recolhida durante 30 segundos e a seguir é analisada no espectrofotômetro. Em cada condição experimental foram extraídas amostras em número de 1 a 5, de cada subcanal.

A utilização do espectrofotômetro requer, inicialmente, a seleção do comprimento de onda para leitura de transmitância. A fonte luminosa, o filtro e a abertura da fenda que devem ser utilizados neste comprimento de onda são fornecidos pelo catálogo do fabricante. O aparelho deve ser ligado no mínimo meia hora antes do início das leituras, tempo necessário para atingir suas condições de funcionamento. No comutador de provas são colocadas duas cubetas de cristal de quartzo de mesmas dimensões. Uma delas contém a amostra, que deve ser diluída de modo que se tenha uma solução cuja transmitância possa ser determinada, e na outra cubeta deve ser colocada uma substância padrão, no caso a água. Tem-se, deste modo, a transmitância relativa.

Para a determinação dos valores de transmitância. O aparelho é, primeiramente, zerado com a fenda de luz fechada. A seguir, o padrão é situado em frente ao feixe de luz. A amplificação é ajustada de modo que no centro do visor do espectrofotômetro apareça o valor de transmitância igual a 100. Depois deste ajuste, o feixe luminoso é dirigido para a amostra tendo-se o valor de transmitância.

4.5. Apresentação dos resultados experimentais

4.5.1. Seção de testes Nº 1

Na tabela 2 são apresentados os valores das concentrações nos dois

subcanais da Seção de testes para valores considerados de entreferro , distância axial de intercomunicação e número de Reynolds do escoamento . A concentração de corante na entrada da Seção de testes, apresentada nessas tabelas, é calculada a partir do conhecimento das concentrações em cada subcanal. Nas duas últimas colunas são mostradas as concentrações nos subcanais normalizadas em relação a concentrações de entrada do subcanal onde foi feita a injeção. As médias parciais encontradas nas tabelas representam a média dos resultados obtidos com as diferentes amostras recolhidas durante uma única experiência. Para cada conjunto de valores de entreferro, distância de intercomunicação e número de Reynolds foram extraídas, a partir de médias parciais, médias globais.

4.5.2. Seção de testes nº 2

Na tabela 3 são apresentados os resultados encontrados com a segunda seção de testes para um valor de entreferro e vários valores da distância de intercomunicação e dos números de Reynolds.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

5.1. Introdução

Os coeficientes de mistura entre subcanais são obtidos, neste capítulo, com auxílio de modelo proposto.

Investiga-se, primeiramente, a influência das dimensões da fronteira de intercomunicação e das condições de escoamento nos coeficientes provenientes dos testes, com as seções de testes comportando diferentes sistemas de injeção. Os resultados obtidos são, em seguida, comparados a resultados disponíveis na literatura.

5.2. Proposição do Modelo de Análise:

Na figura 35, está esquematizado um elemento de volume representando um trecho dos dois subcanais da seção de testes entre as cotas z e $z + \Delta z$. Nesta figura foram indicadas as vazões de massa do fluido principal, as vazões de massa e concentrações de traçador, em cada subcanal, à entrada e à saída do elemento, relativos aos valores de vazões e concentração à cota média do elemento.

5.2.1. Aspecto hidrodinâmico do escoamento.

O fato dos dois subcanais das seções de testes utilizadas serem simétricos, implica em vazão de massa constante em cada subcanal, ao longo de todo o seu comprimento. Porém, devido ao fato do escoamento ser turbulento, há trocas de partículas entre os subcanais. Embora o fluxo total de partículas na fronteira seja nulo, o traçador é levado de um subcanal

para o outro por este processo. Ao fluxo de partículas de um subcanal para o outro é associada uma vazão de massa transversal fictícia, como indicado na figura citada.

5.2.2. Transporte de traçador entre os subcanais.

Quando se injeta traçador no subcanal i , estabelece-se um fluxo de traçador de i para j , ao longo da fronteira de intercomunicação, de comprimento Δz . Este fluxo é dado por:

$$\phi_t = \frac{\Delta m}{e \Delta z} \quad (5.1)$$

As concentrações de corante, nos subcanais, são definidas, em cada elemento de volume por:

$$C = \frac{m}{M+m} \approx \frac{m}{M} \quad (5.2)$$

Devido ao fluxo de traçador, há, em cada elemento de volume considerado, incrementos nos valores das concentrações, dados por:

$$\Delta C_j = \frac{\Delta m}{M} \quad (5.3)$$

$$\Delta C_i = - \frac{\Delta m}{M} \quad (5.4)$$

A concentração média, em cada seção transversal do elemento considerado, é:

$$\frac{C_i + C_j}{2} = \frac{C_0}{2} \quad (5.5)$$

A vazão transversal de massa do traçador é relacionada à vazão transversal fictícia, nesta seção transversal, pela concentração média.

Tem-se:

$$\frac{\Delta m}{\Delta w} = \frac{C_0}{2} \quad (5.6)$$

5.2.3. Coeficiente de mistura.

O coeficiente de mistura, definido pela equação (2.3) como a relação entre os fluxos de massa transversal e axial, é obtido pelas equações (5.6), (5.1) e (5.3). Tem-se:

$$S = \frac{2 M \Delta C_j}{e G \Delta z C_0} \quad (5.7)$$

Sendo A, a área transversal de um subcanal, tem-se:

$$S = \frac{2 A \Delta C_j}{e \Delta z C_0} \quad (5.8)$$

Definindo-se C_{jn} como a concentração em j normalizada em relação à concentração na entrada de i, tem-se:

$$S = \frac{2 A \Delta C_{jn}}{e \Delta z} \quad (5.9)$$

5.3. Métodos de Cálculo dos Coeficientes de Mistura:

A partir da equação (5.9), são determinados os coeficientes de mistura global e integrado.

O coeficiente de mistura global é calculado considerando-se que a concentração varia linearmente, em cada subcanal, com a distância de intercomunicação, para cada valor de número de Reynolds e do entreferro. Isto significa que o coeficiente de mistura global é constante ao longo do subcanal para cada condição de escoamento. As retas correspondentes a evolução linear da concentração foram ajustadas pelo método dos mínimos quadrados, a partir das concentrações obtidas, ao longo do canal.

Define-se, como coeficiente de mistura integrado, o calculado a partir dos valores da concentração de corante encontradas nas saídas dos subcanais para cada valor da distância axial de intercomunicação entre os subcanais, do número de Reynolds do escoamento e do entreferro.

5.4. Análise dos Resultados Obtidos com a Seção de Testes Nº 1.

5.4.1. Evolução de concentração.

Nas figuras de 36 a 45 são apresentadas as evoluções axiais das concentrações no subcanal j, normalizadas em relação à concentração de entrada no subcanal i. Os pontos apresentados nestes gráficos correspondem aos valores das médias finais apresentadas na tabela 2 .

Verifica-se que o coeficiente angular da reta, que melhor se ajusta a estes pontos, diminui quando se aumenta o número de Reynolds do escoamento, e é maior no caso do maior entreferro.

5.4.2. Influência da distância de intercomunicação nos coeficientes de mistura.

Na tabela 4 são apresentados os coeficientes de mistura integrados, correspondentes a cada valor de concentração encontrado durante as experiências. As médias destes valores estão representadas, nesta tabela, como médias parciais. Para cada número de Reynolds, distância axial de intercomunicação e entreferro foi extraída a média destas últimas (médias finais). As curvas do coeficiente de mistura integrado versus distância de intercomunicação apresentadas nas figuras de 46 a 55 , foram levantadas a partir das médias finais.

Nestas figuras incluem-se ainda os coeficientes de mistura globais conforme os dados da tabela 5 .

Verifica-se, que para entreferro de 5mm, os valores de coeficiente de mistura global aproximam-se mais dos valores do coeficiente de mistura integrado, do que no caso de entreferro de 1mm. A maior ondulação no início das curvas correspondentes ao entreferro de 1 mm deve estar relacionada ao problema de estabelecimento mais demorado do regime no caso do pequeno entreferro.

5.4.3. Influência das condições de escoamento nos coeficientes de mistura.

A influência do número de Reynolds nos coeficientes de mistura

global e integrado pode ser avaliada pelos gráficos das figuras 56 a 66.

Verifica-se que, no caso de entreferro de 1 mm, as curvas que descrevem a variação dos coeficientes de mistura global e integrado, com o número de Reynolds, tendem a se aproximarem e a tornarem-se lineares à medida que se aumenta Δz . Já nos casos de entreferrros de 3 a 5 mm, estas curvas são praticamente coincidentes e lineares para todos os valores de Δz utilizados nas experiências.

As retas encontradas para o coeficiente de mistura integrado, com a distância de intercomunicação entre os subcanais igual a 80cm, para cada valor de entreferro, ajustadas pelo método dos mínimos quadrados, são dadas por:

$$e = 5 \text{ mm} \quad S = 0,0112 - 5,50 \times 10^{-8} \text{ Re} \quad (5.10)$$

$$e = 3 \text{ mm} \quad S = 0,0204 - 14,75 \times 10^{-8} \text{ Re} \quad (5.11)$$

$$e = 1 \text{ mm} \quad S = 0,0418 - 28,00 \times 10^{-8} \text{ Re} \quad (5.12)$$

Nota-se que o coeficiente angular destas retas é muito pequeno e, portanto, o coeficiente de mistura é praticamente independente do número de Reynolds.

5.4.4. Influência do entreferro no coeficiente de mistura integrado.

Para visualização da influência do entreferro no coeficiente de mistura integrado foram feitos gráficos deste coeficiente versus entreferro, a partir dos dados da tabela 4. Os pontos apresentados nas figuras de 57 a 71 correspondem aos coeficientes de mistura encontrados, para cada entreferro, com todos os valores do número de Reynolds usados nas experiências com cada uma das distâncias de intercomunicação Δz . Nas figuras de 72 a 76, os pontos correspondem aos coeficientes de mistura obtidos, com cada entreferro, para todas as distâncias de intercomunicação Δz e um único número de Reynolds.

Pelos gráficos apresentados, nota-se que o valor do coeficiente de mistura decresce com o aumento do entreferro.

5.5. Análise dos Resultados Obtidos com a Seção de Testes Nº 2.

5.5.1. Influência da diferença de pressão, entre os subcanais, no coeficiente de mistura.

Como o sistema injetor utilizado é conectado diretamente à seção de testes, foi investigada a influência, no coeficiente de mistura, da diferença de pressão, entre a pressão de injeção e a pressão do canal. Para isto, fixou-se a distância de intercomunicação em 80cm e o número de Reynolds em 3×10^4 e variou-se a diferença de pressão, de 0,1 a 0,7 Kgf/cm².

Os resultados obtidos são apresentados na figura 77. Verifica-se que a influência deste gradiente, no coeficiente de mistura, é desprezível, entre os valores considerados.

5.5.2. Evolução de concentração.

As curvas de evolução de concentração estão apresentadas nas figuras de 78 a 82, correspondentes a valores apresentados na tabela 2.

5.5.3. Influência da distância de intercomunicação e das condições de escoamento.

Neste caso, a influência, no coeficiente de mistura, da distância de intercomunicação e das condições de escoamento, é mostrada nas figuras de 83 a 87 e de 88 a 91, com valores das tabelas 6 e 7, respectivamente.

5.6. Comparação entre os Resultados Obtidos com as Seções de Testes Nº 1 e Nº 2.

O confronto entre as figuras de 41 a 45 e as figuras 78 a 82 permite observar que as evoluções de concentração são, aproximadamente, iguais. Em consequência, as influências do comprimento de intercomunicação e das condições de escoamento no coeficiente de mistura são idênticas para as duas seções de testes. Isto pode ser confirmado pela comparação entre as figuras de 51 a 55 e as de 83 a 87, no primeiro caso, e as figuras de 62 a 66, e as de 88 a 91, no segundo.

5.7. Estimativa dos Erros

Os erros que afetam os coeficientes de mistura encontrados provêm de fatores de naturezas diversas, sua determinação exata sendo muito complexa.

Procurou-se minimizar os erros devidos a medidas, fazendo-se aferição prévia dos aparelhos, porém a avaliação de erros tais como flutuações de vazão e pressão durante as experiências, erros nas diluições da solução de corante para análise espectrofotométricas e irregularidades inevitáveis nas seções de testes é impossível. Por isto, preferiu-se dar um tratamento estatístico aos resultados, embora tal processo indique somente a dispersão dos resultados.

Foram calculados os desvios padrões nas medidas de concentração e a partir deles encontrou-se os desvios padrões nos coeficientes de mistura.

O desvio padrão nas médias parciais de concentração é definido por :

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{\sum (C - \bar{C})^2}{N}} \quad (5.13)$$

onde \bar{C} é a média parcial das concentrações encontradas em cada experiência, C é a concentração de cada amostra analisada e N é o número de amostras recolhidas para experiência.

Como a concentração média final é média de dois valores, tem-se:

$$\bar{C}_m = \frac{(\bar{C}_1 + \bar{C}_2)}{2} + \sigma_m \quad (5.14)$$

$$(\sigma_m)^2 = \left(\frac{\partial \bar{C}_m}{\partial \bar{C}_1} \sigma_{\bar{C}_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial \bar{C}_m}{\partial \bar{C}_2} \sigma_{\bar{C}_2} \right)^2 \quad (5.15)$$

$$\sigma_m = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_{\bar{C}_1}^2 + \sigma_{\bar{C}_2}^2} \quad (5.16)$$

Como o coeficiente de mistura é relacionado diretamente à concentração, tem-se:

$$\sigma_s^2 = \left(\frac{\partial S}{\partial \bar{C}_m} \sigma_m \right)^2 \quad (5.17)$$

$$\sigma_s^2 = \left(\frac{2 A}{e \Delta z} \right)^2 \sigma_m^2 \quad (5.18)$$

$$\sigma_s = \frac{2 A}{e \Delta z} \sigma_m \quad (5.19)$$

Na análise dos resultados obtidos, verifica-se que o erro relativo máximo, $2 \sigma_m / \bar{C}_m$, varia, aproximadamente, de :

10 a 30% para o entreferro de 1 mm

2 a 10% para o entreferro de 3 mm

5 a 25% para o entreferro de 5 mm

Observa-se que as menores dispersões nas medidas de concentração correspondem aos maiores valores da distância de intercomunicação associadas - aos maiores valores do número de Reynolds do escoamento.

A dispersão nos coeficientes de mistura é avaliada pelo erro máximo relativo $2 \sigma_s / S$ que tem, aproximadamente, a mesma faixa de variação com as mesmas características de dependências da distância de intercomunicação e do número de Reynolds.

5.8. Comparação com Resultados de Outros Experimentadores

A comparação com o número reduzido de resultados disponíveis na litera-

tura só é possível quanto às influências do número de Reynolds do escoamento e do entreferro de intercomunicação no coeficiente de mistura integrado.

Na figura 92 são considerados os resultados de Du Bousquet (3) e Paiva, (4), correspondentes a subcanais simétricos e, a títulos de informação, os resultados de Tófani (7) e Courtaud (8), provenientes de feixes de 9 a 25 varetas aquecidas, respectivamente. Estes valores, correspondentes ao comprimento total dos canais, são comparados com os resultados obtidos as seções de testes Nº 1 e Nº 2.

Na figura 93 são considerados os resultados de Du Bousquet (3), Paiva, (4) e Tófani (7), comparados aos resultados obtidos com a seção de testes - Nº 1, correspondendo ao comprimento total do canal e número de Reynolds de 50.000 .

Infere-se, do confronto destes conjuntos de curvas, que os resultados experimentais obtidos neste estudo, com uso de técnicas diferentes às adotadas pelos referidos experimentadores, apresentam as mesmas tendências gerais, encontrando-se dentro da faixa, que abrange os resultados publicados. Não se dispõe de resultados mais abrangentes susceptíveis de serem comparados - à totalidade dos resultados obtidos neste trabalho.

6. CONCLUSÕES

Coefficientes de mistura entrẽ dois subcanais simétricos adjacentes foram determinados. Estudou-se, sistematicamente, a influẽncia, nestes coefficients, de parâmetros levados em conta no cálculo dos feixes combustíveis, quais sejam, dimensões da fronteira de intercomunicação e o número de Reynolds.

O método experimental adotado, empregando-se traçador corante, mostrou-se bastante acessível e os resultados obtidos são comparáveis aos resultados disponíveis na literatura com outras técnicas experimentais, notando-se a ausência de resultados com a mesma técnica utilizada na determinação do coeficiente de mistura. Os resultados obtidos abrangem os resultados publicados.

Propõe-se que, em etapa posterior, se faça uso da flexibilidade da seção utilizada na fase final dos testes, quanto à possibilidade de desigualdade dos subcanais, adotando-se a técnica utilizada, de modo a se estudarem outros processos de mistura.

Finalmente, este trabalho, encerra mais uma etapa, no conhecimento dos fenômenos de mistura que ocorrem quando do escoamento de um fluido monofásico ao longo dos elementos combustíveis dos reatores nucleares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) - N. R. SINGLETON - Mixing due to eddy diffusion between parallel open flow channels. Carnegie Institute of Technology. Tese 1959
- (2) - G. HETSRONI, J. LEON, M.HAKIM - Cross flow and mixing of water between semi-open channels. Nuclear Science and Engineering, Vol.34, P. 189, 1968.
- (3) - J.L. Du BOUSQUET - Étude du mélange entre deux sous canaux d'un élément combustible nucléaire à grappe. Université de Grenoble - Tese 1969.
- (4) - I.P.V. PAIVA - Determinação experimental do coeficiente de mistura entre subcanais simétricos. Instituto de Pesquisas Radioativas. Tese 1972
- (5) - J.T. ROGERS, N.E.TODREAS - Coolant interchannel mixing in reactor fuel rod bundles. Single-phase coolants. ASME winter Annual Meeting, New - York, 1-5 dezembro 1968.
- (6) - P.C. TOFANI - Étude du mélange dans un assemblage d'éléments combustibles en grappe de réacteur nucléaire université de Grenoble - Tese 1970.

(7) - P.C.TOFANI - Mixing study in a heated rod bundle. Trabalho apresen-
tado no Annual Meeting da American Nuclear Society Boston, 1971.

(8) - J.M. COURTAUD - Comunicação pessoal. 1972

NOMENCLATURA

1. Letras Latinas:

- A - área transversal do subcanal
- C - concentração
- c - calor específico à pressão constante
- e - entreferro
- F - fluxo de massa
- G - vazão de massa em uma área de passagem unitária
- I - intensidade do feixe luminoso
- K_1 - constante da equação (2.4)
- K - constante da equação (2.6)
- M - vazão de massa
- m - vazão axial de massa de traçador
- Δm - vazão transversal de massa de traçador
- P_c - perímetro aquecido
- P_i - perímetro de injeção

p - passo relativo do feixe

Re - número de Reynolds

S - coeficiente de mistura

s - passo do feixe

T - transmitância ou temperatura

Δz - distância axial de intercomunicação entre subcanais

Δw - vazão de massa transversal fictícia.

2. Letras Gregas:

ϕ - fluxo de calor

ϕ - fluxo de traçador
 \dagger

σ - desvio padrão

3. Índices Inferiores:

i - referente ao subcanal i

j - referente ao subcanal j

ij - referente às interações entre os subcanais i e j

c - referente à entrada da seção de testes.

TABELA Nº 1
 ADSORÇÃO NAS TUBULAÇÕES

| $Re \times 10^{-4}$ | C_{inj} (g/l) | Tempo de extração (min) | T1 | $10^4 C_0$ (g/l) | T2 | $10^4 C_I$ (g/l) | C_I/C_0 |
|---------------------|--------------------|-------------------------------|------|---------------------|------|---------------------|-----------|
| 1 | 0,25 | 5 | 6,5 | 65,0 | 6,5 | 65,0 | 1,000 |
| | | 7 | 6,5 | 65,0 | 6,5 | 65,0 | 1,000 |
| | | 9 | 6,3 | 65,6 | 6,6 | 64,8 | 0,988 |
| | 1,00 | 5 | 30,5 | 28,2 | 31,0 | 28,0 | 0,992 |
| | | 7 | 30,0 | 28,6 | 30,0 | 28,6 | 1,000 |
| | | 9 | 30,5 | 28,2 | 30,5 | 28,2 | 1,000 |
| 2 | 0,25 | 5 | 19,7 | 38,3 | 20,0 | 38,0 | 0,992 |
| | | 7 | 19,5 | 38,5 | 19,5 | 38,5 | 1,000 |
| | | 9 | 19,0 | 39,3 | 19,5 | 38,5 | 0,98 |
| | 1,00 | 5 | 31,3 | 27,6 | 32,0 | 27,1 | 0,982 |
| | | 7 | 31,5 | 27,5 | 31,5 | 27,5 | 1,000 |
| | | 9 | 31,5 | 27,5 | 32,0 | 27,1 | 0,985 |
| 3 | 0,25 | 5 | 36,5 | 24,0 | 37,0 | 23,8 | 0,992 |
| | | 7 | 35,7 | 24,5 | 36,1 | 24,1 | 0,984 |
| | | 9 | 36,5 | 24,0 | 36,5 | 24,0 | 1,000 |
| | 1,00 | 5 | 45,6 | 18,9 | 45,8 | 18,8 | 0,995 |
| | | 7 | 45,0 | 19,0 | 45,6 | 18,9 | 0,995 |
| | | 9 | 45,0 | 19,0 | 46,0 | 18,5 | 0,974 |
| 4 | 0,25 | 5 | 46,0 | 18,5 | 46,2 | 18,3 | 0,989 |
| | | 7 | 43,0 | 20,1 | 43,2 | 20,0 | 0,995 |
| | | 9 | 46,2 | 18,3 | 46,5 | 18,1 | 0,989 |
| | 1,00 | 5 | 26,7 | 31,4 | 28,0 | 30,3 | 0,965 |
| | | 7 | 27,0 | 31,1 | 27,2 | 31,0 | 0,997 |
| | | 9 | 26,7 | 31,4 | 27,2 | 31,0 | 0,987 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm.
 $\Delta z = 20$ cm
 N = 10000

| | θ_1 (%) | DIL | $10^4 \rho_1$ (g/l) | θ_2 (%) | DIL | $10^4 \rho_2$ (g/l) | $10^4 \rho_3$ (g/l) | $10^4 \rho_0$ (g/l) | C_{in} | C_{je} |
|-----------------|-------------------|-------|------------------------|-------------------|-----|------------------------|------------------------|------------------------|----------|----------|
| | 27,50 | 25,00 | 775,15 | 72,40 | - | 8,04 | 783,19 | 0,989 | 0,0102 | |
| | 27,10 | 25,00 | 783,84 | 67,00 | - | 9,88 | 793,72 | 0,987 | 0,0124 | |
| | 27,20 | 25,00 | 781,66 | 65,90 | - | 1,02 | 791,94 | 0,987 | 0,0129 | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,988 | 0,0119 | |
| | 38,00 | 50,00 | 1166,80 | 76,10 | - | 6,86 | 1173,70 | 0,994 | 0,0058 | |
| | 39,00 | 50,00 | 113,59 | 74,00 | - | 7,52 | 1143,40 | 0,993 | 0,0066 | |
| | 39,40 | 50,00 | 1123,80 | 71,40 | - | 8,37 | 1132,20 | 0,993 | 0,0074 | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,993 | 0,0066 | |
| Média final | | | | | - | | | 0,990 | 0,0092 | |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 20$ cm

Re = 20000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₂ (g/l) | 10 ⁴ C ₃ (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | C _{in} | C _{out} |
|-----------------|-----------------------|-------|---|-----------------------|-----|---|---|---|-----------------|------------------|
| | 31,40 | 50,00 | 1393,0 | 77,80 | - | 6,33 | 1399,3 | | 0,995 | 0,0042 |
| | 31,00 | 50,00 | 1408,2 | 73,50 | - | 7,68 | 1415,9 | | 0,995 | 0,0054 |
| | | | | | | | | | | |
| Médias Parciais | | | | | | | | | 0,995 | 0,0050 |
| | 43,00 | 50,00 | 1020,2 | 77,00 | - | 6,58 | 1026,8 | | 0,994 | 0,0064 |
| | 42,00 | 50,00 | 1048,1 | 83,40 | - | 4,69 | 1052,8 | | 0,996 | 0,0045 |
| | 42,50 | 50,00 | 1034,0 | 78,50 | - | 6,12 | 1040,1 | | 0,994 | 0,0059 |
| Médias Parciais | | | | | | | | | 0,994 | 0,0056 |
| Média final | | | | | | | | | 0,995 | 0,0053 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 20$ cm

ite = 30000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₂ (g/l) | 10 ⁴ C ₃ (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | C _{in} | C _{je} |
|-----------------|-----------------------|--------|---|-----------------------|-----|---|---|---|-----------------|-----------------|
| | 50,00 | 100,00 | 1688,6 | 84,20 | - | 4,46 | 1687,1 | 0,997 | 0,0026 | |
| | 49,20 | 100,00 | 1720,8 | 83,70 | - | 4,60 | 1725,4 | 0,997 | 0,0027 | |
| | 49,20 | 100,00 | 1720,8 | 87,50 | - | 3,55 | 1724,3 | 0,998 | 0,0021 | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,998 | 0,0025 | |
| | 49,00 | 100,00 | 1730,5 | 87,50 | - | 3,55 | 1734,0 | 0,998 | 0,0020 | |
| | 48,10 | 100,00 | 1774,4 | 85,30 | - | 4,15 | 1778,6 | 0,998 | 0,0023 | |
| | 49,50 | 100,00 | 1706,4 | 82,40 | - | 4,97 | 1711,4 | 0,997 | 0,0029 | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,998 | 0,0024 | |
| Média final | | | | | - | | | 0,997 | 0,0024 | |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$e = 1 \text{ mm}$
 $\Delta z = 20 \text{ cm}$
 $Re = 40000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_1$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_j$ (g/l) | $10^4 C_o$ (g/l) | ρ_{in} | ρ_{jt} |
|-----------------|--------------|--------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|-------------|-------------|
| | 49,70 | 100,00 | 1696,80 | 81,40 | - | 5,26 | | 0,997 | 0,0030 |
| | 49,20 | 100,00 | 1720,80 | | - | | 1725,2 | 0,997 | 0,0026 |
| | 49,50 | 100,00 | 1706,4 | 84,00 | - | 4,51 | 1710,9 | 0,997 | 0,0026 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,997 | 0,0028 |
| | 48,10 | 100,00 | 1774,4 | 82,10 | - | 5,06 | 1779,5 | 0,997 | 0,0028 |
| | 48,50 | 100,00 | 1754,8 | 82,50 | - | 4,94 | 1759,7 | 0,997 | 0,0028 |
| | 48,60 | 100,00 | 1749,9 | 86,50 | - | 3,82 | 1753,7 | 0,998 | 0,0022 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,997 | 0,0026 |
| Média final | | | | | - | | | 0,997 | 0,0027 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

$\Delta z = 30$ cm

Re = 10000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C _i (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) | 10 ⁴ C _o (g/l) | C _{in} | C _{pn} |
|-----------------|-----------------------|-------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 25,5 | 100,0 | 3279,7 | 6,0 | - | 67,1 | 3346,8 | 0,9799 | 0,0201 |
| | 26,9 | 100,0 | 3152,9 | 12,0 | - | 50,7 | 3203,6 | 0,9842 | 0,0158 |
| | 26,2 | 100,0 | 3215,5 | 17,1 | - | 42,3 | 3257,8 | 0,9870 | 0,0130 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9837 | 0,0163 |
| | 50,0 | 100,0 | 1682,6 | 44,0 | - | 19,9 | 1702,5 | 0,9883 | 0,0117 |
| | 49,7 | 100,0 | 1696,8 | 39,6 | - | 22,4 | 1719,1 | 0,9870 | 0,0130 |
| | 50,0 | 100,0 | 1682,6 | 28,5 | - | 30,2 | 1712,8 | 0,9824 | 0,0176 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9859 | 0,0141 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9848 | 0,0152 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 30$ cm

Re = 20000

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_i$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_j$ (g/l) | $10^4 C_o$ (g/l) | U_{in} | U_{out} |
|-----------------|--------------|-------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|-----------|
| | 37,2 | 50,0 | 1192,0 | 64,5 | - | 10,8 | 1202,8 | 0,9910 | 0,0090 |
| | 36,5 | 50,0 | 1214,5 | 65,5 | - | 10,4 | 1224,9 | 0,9915 | 0,0085 |
| | 35,5 | 50,0 | 1247,5 | 73,0 | - | 7,8 | 1255,3 | 0,9937 | 0,0063 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9921 | 0,0079 |
| | 54,7 | 100,0 | 1469,5 | 69,0 | - | 12,5 | 1482,0 | 0,9916 | 0,0084 |
| | 55,0 | 100,0 | 1456,5 | 58,9 | - | 12,9 | 1469,4 | 0,9912 | 0,0088 |
| | 55,0 | 100,0 | 1456,5 | 54,0 | - | 15,0 | 1471,5 | 0,9898 | 0,0102 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9908 | 0,0091 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9915 | 0,0085 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 30$ cm

Re = 30000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₂ (g/l) | 10 ⁴ C ₃ (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | C _{in} | C _{fin} |
|-----------------|-----------------------|-------|---|-----------------------|-----|---|---|---|-----------------|------------------|
| | 55,5 | 100,0 | 1435,0 | 67,0 | - | 9,9 | 1444,9 | 1444,9 | 0,9932 | 0,0068 |
| | 55,2 | 100,0 | 1447,9 | 66,0 | - | 10,2 | 1458,1 | 1458,1 | 0,9930 | 0,0070 |
| | 55,5 | 100,0 | 1435,0 | 67,0 | - | 9,9 | 1444,9 | 1444,9 | 0,9932 | 0,0068 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | | 0,9931 | 0,0069 |
| | 56,5 | 100,0 | 1392,7 | 69,0 | - | 9,2 | 1401,9 | 1401,9 | 0,9934 | 0,0066 |
| | 57,1 | 100,0 | 1367,6 | 81,3 | - | 5,3 | 1372,9 | 1372,9 | 0,9961 | 0,0039 |
| | 57,5 | 100,0 | 1351,0 | 78,9 | - | 6,0 | 1357,0 | 1357,0 | 0,9956 | 0,0044 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | | 0,9950 | 0,0050 |
| Média final | | | | | - | | | | 0,9941 | 0,0059 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 30$ cm

ne = 40000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | C _{in} | C ₀ |
|-----------------|-----------------------|-------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|----------------|
| | 59,9 | 100,0 | 1254,0 | 77,5 | - | 6,4 | 1260,4 | 0,9950 | 0,0051 |
| | 59,3 | 100,0 | 1277,9 | 79,0 | - | 6,0 | 1283,4 | 0,9953 | 0,0046 |
| | 59,8 | 100,0 | 1258,0 | 80,1 | - | 5,6 | 1263,6 | 0,9955 | 0,0047 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9953 | 0,0048 |
| | 57,6 | 100,0 | 1346,9 | 71,0 | - | 8,5 | 1355,4 | 0,9937 | 0,0063 |
| | 58,7 | 100,0 | 1302,1 | 69,5 | - | 9,0 | 1311,1 | 0,9931 | 0,0069 |
| | 57,6 | 100,0 | 1346,9 | 70,1 | - | 8,8 | 1355,7 | 0,9935 | 0,0065 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9934 | 0,0066 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9943 | 0,0057 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 30$ cm

ke = 50000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ c ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ c _j (g/l) | 10 ⁴ c ₀ (g/l) | c _{in} | c _{fn} |
|-----------------|-----------------------|-------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 56,5 | 100,0 | 1392,7 | 82,0 | - | 5,1 | 1397,8 | 0,9963 | 0,0036 |
| | 57,5 | 100,0 | 1351,0 | 85,8 | - | 4,0 | 1355,0 | 0,9970 | 0,0030 |
| | 57,6 | 100,0 | 1346,9 | 88,8 | - | 3,4 | 1350,3 | 0,9975 | 0,0025 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9969 | 0,0031 |
| | 55,1 | 100,0 | 1452,2 | 69,0 | - | 9,2 | 1461,4 | 0,9937 | 0,0063 |
| | 55,9 | 100,0 | 1418,0 | 68,0 | - | 9,5 | 1427,5 | 0,9933 | 0,0067 |
| | 56,2 | 100,0 | 1405,3 | 68,5 | - | 9,4 | 1414,7 | 0,9934 | 0,0066 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9935 | 0,0065 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9952 | 0,0048 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$e = 1 \text{ mm}$
 $\Delta z = 40 \text{ cm}$
 $ne = 10000$

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ c _i (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ c _j (g/l) | 10 ⁴ c _o (g/l) | v _{in} | v _{ju} |
|-----------------|-----------------------|--------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 46,50 | 100,00 | 1854,7 | 11,70 | - | 51,27 | 1906,0 | 0,973 | 0,0269 |
| | 45,50 | 100,00 | 1906,3 | 10,30 | - | 54,30 | 1960,5 | 0,972 | 0,0276 |
| | 46,20 | 100,00 | 1870,0 | 8,90 | - | 57,76 | 1927,8 | 0,970 | 0,0299 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,972 | 0,0282 |
| | | | | | - | | | | |
| | | | | | - | | | | |
| | | | | | - | | | | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | | |
| Média final | | | | | - | | | 0,972 | 0,0282 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONFIGURAÇÕES

$e = 1 \text{ mm}$
 $\Delta z = 40 \text{ cm}$
 $Re = 20000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_i$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_j$ (g/l) | $10^4 C_o$ (g/l) | C_{in} | C_{jL} |
|-----------------|--------------|--------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 68,50 | 100,00 | 922,00 | 48,10 | - | 17,75 | 939,8 | 0,981 | 0,0189 |
| | 68,20 | 100,00 | 946,24 | 44,00 | - | 19,86 | 966,1 | 0,979 | 0,0206 |
| | 67,50 | 100,00 | 970,71 | 42,50 | - | 20,68 | 991,4 | 0,979 | 0,0209 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,980 | 0,0201 |
| | 55,70 | 100,00 | 1426,50 | 28,20 | - | 30,41 | 1456,9 | 0,979 | 0,0209 |
| | 55,30 | 100,00 | 1443,60 | 27,60 | - | 30,92 | 1474,5 | 0,979 | 0,0210 |
| | 55,10 | 100,00 | 1452,20 | 29,00 | - | 29,75 | 1481,9 | 0,980 | 0,0201 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,979 | 0,0206 |
| Média final | | | | | - | | | 0,980 | 0,0204 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$e = 1 \text{ mm}$
 $\Delta z = 40 \text{ cm}$
 $Re = 30000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_i$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_j$ (g/l) | $10^4 C_o$ (g/l) | C_{in} | C_{jn} |
|-----------------|--------------|-------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 68,6 | 100,0 | 932,4 | 54,0 | - | 15,0 | 943,4 | 0,9842 | 0,0158 |
| | 68,6 | 100,0 | 932,4 | 54,9 | - | 14,6 | 947,0 | 0,9846 | 0,0154 |
| | 69,0 | 100,0 | 918,6 | 52,2 | - | 15,8 | 934,4 | 0,9831 | 0,0169 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9839 | 0,0160 |
| | 60,9 | 100,0 | 1214,8 | 42,9 | - | 20,5 | 1235,3 | 0,9834 | 0,0166 |
| | 61,5 | 100,0 | 1191,5 | 45,1 | - | 19,3 | 1210,8 | 0,9841 | 0,0159 |
| | 63,0 | 100,0 | 1134,4 | 41,5 | - | 21,2 | 1155,6 | 0,9816 | 0,0184 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9830 | 0,0169 |
| MÉDIA FINAL | | | | | - | | | 0,9835 | 0,0165 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm
 $\Delta z = 40$ cm
 $h_e = 40000$

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₂ (g/l) | 10 ⁴ C ₃ (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | C _{in} | C _{ju} |
|-----------------|-----------------------|-------|---|-----------------------|-----|---|---|---|-----------------|-----------------|
| | 71,0 | 100,0 | 850,8 | 57,0 | - | 13,7 | 864,5 | 0,9841 | 0,0159 | |
| | 69,9 | 100,0 | 887,8 | 55,9 | - | 14,2 | 902,0 | 0,9842 | 0,0157 | |
| | 70,4 | 100,0 | 870,9 | 56,3 | - | 14,0 | 884,9 | 0,9841 | 0,0158 | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9842 | 0,0158 | |
| | 64,2 | 100,0 | 1089,6 | 47,0 | - | 18,3 | 1107,9 | 0,9835 | 0,0165 | |
| | 64,0 | 100,0 | 1097,0 | 46,1 | - | 18,7 | 1115,7 | 0,9832 | 0,0168 | |
| | 64,6 | 100,0 | 1074,9 | 45,7 | - | 19,0 | 1093,9 | 0,9827 | 0,0173 | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9831 | 0,0169 | |
| Média final | | | | | - | | | 0,9836 | 0,0163 | |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 40$ cm

Re = 50000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₂ (g/l) | 10 ⁴ C ₃ (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | ρ_{in} | ρ_{jn} |
|-----------------|-----------------------|-------|---|-----------------------|-----|---|---|---|-------------|-------------|
| | 65,5 | 100,0 | 1082,1 | 55,4 | - | 14,4 | 1056,5 | 0,9864 | 0,0136 | |
| | 64,7 | 100,0 | 1071,2 | 52,5 | - | 15,7 | 1086,9 | 0,9856 | 0,0144 | |
| | 65,1 | 100,0 | 1056,0 | 53,0 | - | 15,4 | 1072,0 | 0,9856 | 0,0144 | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9858 | 0,0141 | |
| | 60,6 | 100,0 | 1226,5 | 48,4 | - | 17,6 | 1244,1 | 0,9859 | 0,0141 | |
| | 61,0 | 100,0 | 1210,9 | 48,5 | - | 17,5 | 1228,4 | 0,9857 | 0,0143 | |
| | 60,5 | 100,0 | 1230,4 | 47,3 | - | 18,1 | 1248,5 | 0,9855 | 0,0145 | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9857 | 0,0143 | |
| Média final | | | | | - | | | 0,9858 | 0,0142 | |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$e = 1 \text{ mm}$
 $\Delta z = 60 \text{ cm}$
 $Re = 10000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_1$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_3$ (g/l) | $10^4 C_0$ (g/l) | C_{in} | C_{ju} |
|-----------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 58,7 | 50,0 | 651,0 | 30,4 | - | 28,6 | 679,7 | 0,9579 | 0,0421 |
| | 58,6 | 50,0 | 653,0 | 31,0 | - | 28,2 | 681,2 | 0,9586 | 0,0413 |
| | 58,7 | 50,0 | 651,0 | 30,2 | - | 28,8 | 679,8 | 0,9577 | 0,0423 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9581 | 0,0419 |
| | 57,1 | 50,0 | 683,8 | 32,3 | - | 27,2 | 711,0 | 0,9618 | 0,0382 |
| | 58,1 | 50,0 | 663,2 | 32,4 | - | 27,1 | 690,3 | 0,9607 | 0,0393 |
| | 56,7 | 50,0 | 692,1 | 28,7 | - | 30,0 | 722,1 | 0,9585 | 0,0415 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9603 | 0,0397 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9592 | 0,0408 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 60$ cm

ie = 20000

| | η_1 (%) | DIL | $10^4 C_1$ (g/l) | η_2 (%) | DIL | $10^4 C_2$ (g/l) | $10^4 C_0$ (g/l) | C_{in} | C_{fin} |
|-----------------|-----------------|------|---------------------|-----------------|-----|---------------------|---------------------|----------|-----------|
| | 46,5 | 25,0 | 463,7 | 53,6 | - | 15,2 | 478,8 | 0,9683 | 0,0317 |
| | 46,6 | 25,0 | 462,4 | 52,7 | - | 15,6 | 478,0 | 0,9674 | 0,0326 |
| | 45,5 | 25,0 | 476,6 | 53,3 | - | 15,3 | 491,9 | 0,9689 | 0,0311 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9682 | 0,0318 |
| | 67,4 | 50,0 | 487,1 | 55,1 | - | 14,5 | 501,6 | 0,9710 | 0,0289 |
| | 67,9 | 50,0 | 478,3 | 56,4 | - | 14,0 | 492,3 | 0,9716 | 0,0284 |
| | 67,4 | 50,0 | 487,1 | 53,9 | - | 15,0 | 502,2 | 0,9700 | 0,0300 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9709 | 0,0291 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9695 | 0,0304 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 60$ cm $\rho_0 = 30000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 c_1$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 c_2$ (g/l) | $10^4 c_0$ (g/l) | ρ_{in} | ρ_{out} |
|-----------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|-------------|--------------|
| | 47,2 | 25,0 | 454,8 | 61,2 | - | 12,0 | 466,8 | 0,9742 | 0,0258 |
| | 47,6 | 25,0 | 449,8 | 60,3 | - | 12,4 | 462,2 | 0,9732 | 0,0268 |
| | 46,9 | 25,0 | 458,6 | 57,4 | - | 13,5 | 472,1 | 0,9713 | 0,0287 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9729 | 0,0271 |
| | 70,9 | 50,0 | 427,1 | 60,9 | - | 12,1 | 439,2 | 0,9723 | 0,0277 |
| | 71,5 | 50,0 | 417,1 | 63,1 | - | 11,3 | 428,4 | 0,9736 | 0,0264 |
| | 71,2 | 50,0 | 422,1 | 60,8 | - | 12,2 | 434,3 | 0,9719 | 0,0281 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9726 | 0,0274 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9728 | 0,0272 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 60$ cm

Re = 40000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ c ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ c ₃ (g/l) | 10 ⁴ c ₀ (g/l) | c _{in} | c _{ju} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 51,0 | 25,0 | 408,9 | 61,9 | - | 11,8 | 420,7 | 0,9720 | 0,0280 |
| | 50,4 | 25,0 | 415,9 | 61,9 | - | 11,8 | 427,7 | 0,9725 | 0,0275 |
| | 50,5 | 25,0 | 414,7 | 61,7 | - | 11,8 | 426,6 | 0,9722 | 0,0277 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9723 | 0,0277 |
| | 72,0 | 50,0 | 408,8 | 63,5 | - | 11,2 | 429,0 | 0,9734 | 0,0266 |
| | 72,5 | 50,0 | 400,6 | 63,2 | - | 11,3 | 411,9 | 0,9726 | 0,0273 |
| | 72,1 | 50,0 | 407,2 | 63,5 | - | 11,2 | 418,3 | 0,9733 | 0,0267 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9731 | 0,0269 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9727 | 0,0273 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

$\Delta z = 60$ cm

Re = 50000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C _i (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) | 10 ⁴ C _o (g/l) | C _{in} | C _{jn} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 47,0 | 25,0 | 457,3 | 57,4 | - | 13,5 | 470,9 | 0,9712 | 0,0236 |
| | 47,0 | 25,0 | 457,3 | 58,1 | - | 13,3 | 470,5 | 0,9718 | 0,0262 |
| | 46,8 | 25,0 | 459,9 | 57,9 | - | 13,3 | 473,2 | 0,9718 | 0,0232 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9716 | 0,0284 |
| | | | | | - | | | | |
| | | | | | - | | | | |
| | | | | | - | | | | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | | |
| Média final | | | | | - | | | 0,9716 | 0,0284 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 80$ cm

Re = 10000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C _i (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) | 10 ⁴ C _o (g/l) | C _{in} | C _{fn} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 22,3 | 10,0 | 359,9 | 47,9 | - | 17,8 | 377,6 | 0,9527 | 0,0472 |
| | 22,3 | 10,0 | 359,9 | 41,6 | - | 21,2 | 381,0 | 0,9444 | 0,0556 |
| | 22,1 | 10,0 | 361,9 | 45,2 | - | 19,2 | 381,1 | 0,9496 | 0,0504 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9489 | 0,0511 |
| | 29,0 | 10,0 | 297,5 | 53,3 | - | 15,3 | 312,8 | 0,9510 | 0,0489 |
| | 28,0 | 10,0 | 305,8 | 51,2 | - | 16,3 | 322,0 | 0,9495 | 0,505 |
| | 28,2 | 10,0 | 304,1 | 52,0 | - | 15,9 | 320,0 | 0,9503 | 0,0497 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9503 | 0,0497 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9496 | 0,0504 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 80$ cm

ke = 15000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C _i (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) | 10 ⁴ C _o (g/l) | C _{in} | C _{je} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 36,6 | 10,0 | 242,3 | 64,6 | * | 10,7 | 253,0 | 0,9575 | 0,0425 |
| | 36,1 | 10,0 | 245,5 | 64,1 | - | 10,9 | 256,4 | 0,9574 | 0,0426 |
| | 36,0 | 10,0 | 246,2 | 65,4 | - | 10,5 | 256,6 | 0,9592 | 0,0408 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9580 | 0,0419 |
| | 47,6 | 10,0 | 179,9 | 76,2 | - | 6,8 | 186,7 | 0,9634 | 0,0419 |
| | 36,1 | 10,0 | 185,5 | 74,2 | - | 7,5 | 192,9 | 0,9613 | 0,0387 |
| | 36,0 | 10,0 | 185,7 | 74,0 | - | 7,5 | 193,0 | 0,9610 | 0,0390 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9619 | 0,0381 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9600 | 0,0400 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$e = 1 \text{ mm}$
 $\Delta z = 80 \text{ cm}$
 $Re = 20000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_i$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_j$ (g/l) | $10^4 C_o$ (g/l) | C_{in} | C_{jn} |
|-----------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 35,0 | 10,0 | 252,9 | 67,5 | - | 9,7 | 262,6 | 0,9630 | 0,0370 |
| | 35,4 | 10,0 | 250,2 | 65,4 | - | 10,5 | 260,5 | 0,9599 | 0,0401 |
| | 35,5 | 10,0 | 249,5 | 62,5 | - | 11,5 | 261,0 | 0,9558 | 0,0442 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9596 | 0,0404 |
| | 37,0 | 10,0 | 239,7 | 65,4 | - | 10,5 | 250,1 | 0,9582 | 0,0418 |
| | 36,1 | 10,0 | 245,5 | 66,8 | - | 9,9 | 255,5 | 0,9610 | 0,0390 |
| | 35,9 | 10,0 | 246,8 | 66,3 | - | 10,1 | 257,0 | 0,9606 | 0,0394 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9600 | 0,0400 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9597 | 0,0403 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

 $\Delta z = 80$ cm

Re = 25000

| | η_1 (%) | DIL | $10^4 c_i$ (g/l) | η_2 (%) | DIL | $10^4 c_j$ (g/l) | $10^4 c_o$ (g/l) | c_{in} | c_{μ} |
|-----------------|-----------------|------|---------------------|-----------------|-----|---------------------|---------------------|----------|-----------|
| | 50,1 | 10,0 | 167,8 | 75,9 | * | 6,9 | 174,7 | 0,9604 | 0,0396 |
| | 43,3 | 10,0 | 171,6 | 74,0 | - | 7,5 | 179,1 | 0,9580 | 0,0420 |
| | 48,5 | 10,0 | 175,5 | 75,4 | - | 7,1 | 182,9 | 0,9612 | 0,0388 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9598 | 0,0402 |
| | 44,6 | 10,0 | 195,4 | 72,1 | - | 8,1 | 203,5 | 0,9600 | 0,0400 |
| | 44,6 | 10,0 | 195,4 | 72,4 | - | 8,0 | 203,4 | 0,9604 | 0,0396 |
| | 45,0 | 10,0 | 193,2 | 74,4 | - | 7,4 | 200,6 | 0,9631 | 0,0369 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9612 | 0,0388 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9605 | 0,0395 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$e = 1 \text{ mm}$
 $\Delta z = 80 \text{ cm}$
 $Re = 30000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_1$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_3$ (g/l) | $10^4 C_0$ (g/l) | C_{in} | C_{out} |
|-----------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|-----------|
| | 40,7 | 10,0 | 217,1 | 70,0 | - | 8,8 | 225,9 | 0,9608 | 0,0392 |
| | 42,5 | 10,0 | 206,8 | 71,4 | - | 8,4 | 215,2 | 0,9611 | 0,0389 |
| | 43,5 | 10,0 | 201,3 | 72,5 | - | 8,0 | 209,3 | 0,9617 | 0,0383 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9612 | 0,0388 |
| | 40,0 | 10,0 | 221,2 | 71,0 | - | 8,5 | 229,7 | 0,9630 | 0,0370 |
| | 40,5 | 10,0 | 218,2 | 70,5 | - | 8,7 | 226,9 | 0,9618 | 0,0382 |
| | 40,6 | 10,0 | 21,76 | 70,4 | - | 8,7 | 226,4 | 0,9615 | 0,0385 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9621 | 0,0379 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9616 | 0,0383 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$\phi = 1 \text{ mm}$

$\Delta z = 80 \text{ cm}$

$Re = 35000$

| | η_1 (%) | ϕ_{12} | $10^4 \phi_{11}$ (g/l) | η_2 (%) | DIL | $10^4 \phi_{23}$ (g/l) | $10^4 \phi_{30}$ (g/l) | ϕ_{in} | ϕ_{out} |
|-----------------|-----------------|-------------|---------------------------|-----------------|-----|---------------------------|---------------------------|-------------|--------------|
| | 49,1 | 10,0 | 172,6 | 79,9 | - | 5,7 | 178,3 | 0,9680 | 0,0320 |
| | 49,0 | 10,0 | 173,0 | 80,6 | - | 5,5 | 178,5 | 0,9692 | 0,0308 |
| | 47,9 | 10,0 | 178,4 | 83,4 | - | 4,7 | 183,1 | 0,9744 | 0,0256 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9705 | 0,0295 |
| | 47,2 | 10,0 | 182,0 | 74,2 | - | 7,6 | 188,6 | 0,9606 | 0,0394 |
| | 47,6 | 10,0 | 180,0 | 74,7 | - | 7,5 | 187,5 | 0,9610 | 0,0390 |
| | 45,5 | 10,0 | 190,0 | 75,5 | - | 7,5 | 187,5 | 0,9643 | 0,0357 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9620 | 0,0380 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9662 | 0,0338 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm

$\Delta z = 80$ cm

NE = 40000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C _i (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) | 10 ⁴ C _o (g/l) | C _{in} | C _{jn} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 47,2 | 10,0 | 181,9 | 78,5 | - | 6,1 | 188,0 | 0,9674 | 0,0326 |
| | 45,6 | 10,0 | 190,1 | 78,1 | - | 6,2 | 196,4 | 0,9682 | 0,0318 |
| | 46,7 | 10,0 | 184,4 | 78,4 | - | 6,2 | 190,6 | 0,9677 | 0,0323 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9678 | 0,0322 |
| | 44,8 | 10,0 | 194,3 | 75,0 | - | 7,2 | 201,5 | 0,9642 | 0,0358 |
| | 44,8 | 10,0 | 194,3 | 74,5 | - | 7,4 | 201,7 | 0,9635 | 0,0365 |
| | 44,7 | 10,0 | 194,8 | 75,5 | - | 7,0 | 201,2 | 0,9651 | 0,0349 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9642 | 0,0357 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9660 | 0,0340 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$e = 1 \text{ mm}$
 $\Delta z = 80 \text{ cm}$
 $h_e = 40000$

| | W_1 (%) | DIL | $10^4 C_i$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_j$ (g/l) | $10^4 C_0$ (g/l) | C_{lm} | C_{pu} |
|-----------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 49,6 | 10,0 | 170,2 | 80,4 | - | 5,5 | 175,7 | 0,9684 | 0,0316 |
| | 50,2 | 10,0 | 167,3 | 83,4 | - | 4,7 | 172,0 | 0,9727 | 0,0273 |
| | 49,5 | 10,0 | 170,3 | 82,0 | - | 5,1 | 175,7 | 0,9710 | 0,0230 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9707 | 0,0293 |
| | 61,0 | 10,0 | 120,0 | 85,0 | - | 4,2 | 124,2 | 0,9662 | 0,0338 |
| | 60,6 | 10,0 | 121,0 | 84,2 | - | 4,5 | 125,5 | 0,9649 | 0,0351 |
| | 58,5 | 10,0 | 132,0 | 83,8 | - | 4,6 | 136,6 | 0,9662 | 0,0337 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9658 | 0,0342 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9682 | 0,0318 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 1 mm
 $\Delta z = 80$ cm
 $te = 50000$

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C _i (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) | 10 ⁴ C _o (g/l) | C _{in} | C _{ju} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 42,2 | 10,0 | 208,5 | 73,9 | - | 7,6 | 216,0 | 0,9650 | 0,0350 |
| | 42,0 | 10,0 | 209,6 | 76,7 | - | 6,7 | 216,3 | 0,9691 | 0,0309 |
| | 42,1 | 10,0 | 209,0 | 77,2 | - | 6,5 | 215,6 | 0,9697 | 0,0302 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9680 | 0,0320 |
| | 42,8 | 10,0 | 205,1 | 71,9 | - | 8,2 | 213,3 | 0,9615 | 0,0385 |
| | 42,0 | 10,0 | 209,6 | 73,4 | - | 7,7 | 217,3 | 0,9645 | 0,0355 |
| | 41,9 | 10,0 | 210,2 | 72,4 | - | 8,0 | 212,2 | 0,9631 | 0,0362 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9630 | 0,0370 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9655 | 0,0345 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$\Delta = 3 \text{ mm}$
 $A = 80 \text{ cm}$
 $10^4 = 10000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_1$ (g/L) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_j$ (g/L) | $10^4 C_o$ (g/L) | C_{in} | C_{jn} |
|--------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 33,7 | 25,0 | 654,6 | 15,8 | - | 44,1 | 698,7 | 0,9368 | 0,0632 |
| | 33,8 | 25,0 | 652,8 | 13,8 | - | 47,4 | 700,2 | 0,9323 | 0,0676 |
| | 33,9 | 25,0 | 651,1 | 14,5 | - | 46,2 | 697,3 | 0,9338 | 0,0662 |
| Água Parcial | | | | | - | | | 0,9343 | 0,0657 |
| | 53,0 | 25,0 | 386,1 | 38,0 | - | 23,3 | 403,4 | 0,9430 | 0,0570 |
| | 53,0 | 25,0 | 386,1 | 38,8 | - | 22,8 | 408,9 | 0,9441 | 0,0559 |
| | 53,5 | 25,0 | 380,5 | 35,6 | - | 24,9 | 405,4 | 0,9386 | 0,0614 |
| Água Parcial | | | | | - | | | 0,9419 | 0,0581 |
| Água Total | | | | | - | | | 0,9381 | 0,0619 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 3 mm
 $\Delta z = 80$ cm
 $ke = 15000$

| | T ₁ (%) | MLL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | v _{in} | v _{je} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 29,8 | 10,0 | 291,0 | 47,5 | - | 18,0 | 309,0 | 0,9416 | 0,0584 |
| | 28,5 | 10,0 | 301,6 | 50,5 | - | 16,6 | 318,2 | 0,9479 | 0,0521 |
| | 28,5 | 10,0 | 301,6 | 49,8 | - | 16,9 | 318,5 | 0,9469 | 0,0531 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9454 | 0,0545 |
| | 28,6 | 10,0 | 300,8 | 44,1 | - | 19,8 | 320,6 | 0,9382 | 0,0618 |
| | 27,9 | 10,0 | 306,6 | 45,3 | - | 19,2 | 325,8 | 0,9412 | 0,0588 |
| | 28,5 | 10,0 | 301,6 | 42,0 | - | 21,0 | 322,5 | 0,9350 | 0,0650 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9381 | 0,0619 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9418 | 0,0582 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

ϕ = 3 mm
 Δz = 80 cm
 N₀ = 20000

| | η_1 (%) | DIL | $10^4 c_1$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 c_j$ (g/l) | $10^4 c_o$ (g/l) | c_{in} | c_{jn} |
|-----------------|-----------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 40,7 | 10,0 | 217,1 | 52,7 | - | 15,6 | 236,2 | 0,9330 | 0,0670 |
| | 40,5 | 10,0 | 218,2 | 54,5 | - | 14,8 | 233,0 | 0,9366 | 0,0634 |
| | 40,0 | 10,0 | 221,2 | 55,0 | - | 14,6 | 235,7 | 0,9382 | 0,0618 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9359 | 0,0641 |
| | 37,9 | 10,0 | 234,0 | 52,5 | - | 15,7 | 249,6 | 0,9372 | 0,0628 |
| | 37,0 | 10,0 | 239,7 | 54,5 | - | 14,8 | 254,5 | 0,9419 | 0,0581 |
| | 37,6 | 10,0 | 235,9 | 52,5 | - | 15,7 | 251,5 | 0,9377 | 0,0623 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9389 | 0,0610 |
| Média Final | | | | | - | | | 0,9374 | 0,0625 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$\sigma = 3$ mm

$\Delta z = 80$ cm

$i/c = 25000$

| | η_1 (%) | DIL | $10^4 c_i$ (g/L) | η_2 (%) | DIL | $10^4 c_j$ (g/L) | $10^4 c_o$ (g/L) | v_{in} | v_{fin} |
|-----------------|-----------------|------|---------------------|-----------------|-----|---------------------|---------------------|----------|-----------|
| | 46,3 | 10,0 | 186,5 | 70,5 | - | 8,7 | 195,2 | 0,9555 | 0,0444 |
| | 46,8 | 10,0 | 183,9 | 72,0 | - | 8,2 | 192,1 | 0,9574 | 0,0426 |
| | 46,6 | 10,0 | 185,0 | 70,1 | - | 8,8 | 193,8 | 0,9545 | 0,0455 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9558 | 0,0442 |
| | 43,3 | 10,0 | 202,4 | 60,4 | - | 12,3 | 214,7 | 0,9425 | 0,0575 |
| | 43,2 | 10,0 | 202,9 | 62,8 | - | 11,4 | 214,3 | 0,9467 | 0,0533 |
| | 44,6 | 10,0 | 195,4 | 12,3 | - | 12,3 | 207,7 | 0,9406 | 0,0594 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9433 | 0,0567 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9495 | 0,0504 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 3 mm
 $\Delta z = 80\text{cm}$
 RE = 30000

| | μ_1 (%) | DIL | $10^4 C_1$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_3$ (g/l) | $10^4 C_0$ (g/l) | μ_{fin} | $\mu_{0,5}$ |
|-----------------|----------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|-------------|-------------|
| | 36,4 | 10,0 | 243,5 | 60,5 | - | 12,3 | 252,8 | 0,9519 | 0,0481 |
| | 36,5 | 10,0 | 242,9 | 54,1 | - | 15,0 | 257,9 | 0,9420 | 0,0580 |
| | 36,5 | 10,0 | 242,9 | 60,0 | - | 12,5 | 255,4 | 0,9510 | 0,0489 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9428 | 0,0517 |
| | 35,1 | 10,0 | 252,2 | 53,3 | - | 15,3 | 267,5 | 0,9428 | 0,0572 |
| | 34,9 | 10,0 | 253,5 | 56,6 | - | 13,9 | 267,4 | 0,9428 | 0,0519 |
| | 34,6 | 10,0 | 255,6 | 53,2 | - | 15,3 | 270,9 | 0,9433 | 0,0567 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9445 | 0,0553 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9465 | 0,0535 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 3 mm
 $\Delta z = 80 \text{ cm}$
 $Re = 35000$

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C _i (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | C _{in} | C _{out} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|------------------|
| | 47,6 | 10,0 | 179,9 | 71,5 | - | 8,3 | 188,3 | 0,9557 | 0,0443 |
| | 47,5 | 10,0 | 180,4 | 69,4 | - | 9,0 | 189,5 | 0,9522 | 0,0477 |
| | 47,7 | 10,0 | 179,4 | 70,4 | - | 8,7 | 188,1 | 0,9537 | 0,0463 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9534 | 0,0461 |
| | | | | | - | | | | |
| | | | | | - | | | | |
| | | | | | - | | | | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | | |
| Média final | | | | | - | | | 0,9534 | 0,0461 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 3 mm
 $\Delta z = 80$ cm
 NS = 40 000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₂ (g/l) | 10 ⁴ C ₃ (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | v _{in} | v _{je} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|---|-----------------|-----------------|
| | 45,1 | 10,0 | 192,7 | 64,1 | - | 10,9 | 203,6 | 0,9463 | 0,0537 | |
| | 45,9 | 10,0 | 188,5 | 65,2 | - | 10,5 | 199,1 | 0,9471 | 0,0529 | |
| | | | | | | | | | | |
| Médias Parciais | | | | | | | | | 0,9467 | 0,0533 |
| | 45,2 | 10,0 | 192,2 | 73,5 | - | 7,7 | 199,9 | 0,9615 | 0,0384 | |
| | 44,4 | 10,0 | 196,4 | 64,5 | - | 10,8 | 207,2 | 0,9479 | 0,0520 | |
| | 44,2 | 10,0 | 197,5 | 68,2 | - | 9,5 | 207,0 | 0,9543 | 0,0457 | |
| Médias Parciais | | | | | | | | | 0,9546 | 0,0454 |
| Média final | | | | | | | | | 0,9506 | 0,0493 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 3 mm

 $\Delta z = 80$ cm

Re = 45000

| | η_1 (%) | DIL | $10^4 C_1$ (g/l) | η_2 (%) | DIL | $10^4 C_j$ (g/l) | $10^4 C_o$ (g/l) | C_{10} | C_{20} |
|-----------------|-----------------|------|---------------------|-----------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 53,5 | 10,0 | 152,2 | 72,2 | - | 8,1 | 160,3 | 0,9494 | 0,0506 |
| | 52,8 | 10,0 | 155,3 | 80,5 | - | 5,5 | 160,9 | 0,9656 | 0,0344 |
| | 52,5 | 10,0 | 156,7 | 78,2 | - | 6,2 | 162,9 | 0,9618 | 0,0382 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9590 | 0,0410 |
| | 48,9 | 10,0 | 173,5 | 70,3 | - | 8,7 | 182,3 | 0,9520 | 0,0480 |
| | 48,3 | 10,0 | 176,5 | 71,6 | - | 8,3 | 184,8 | 0,9550 | 0,0450 |
| | 49,8 | 10,0 | 169,2 | 69,5 | - | 9,0 | 178,2 | 0,9494 | 0,0506 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9522 | 0,0478 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9555 | 0,0444 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$\rho = 3$ mm
 $\Delta z = 80$ cm
 $it_6 = 50000$

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | F ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₂ (g/l) | 10 ⁴ C ₃ (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | C ₁₀ | C ₁₆ |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|---|-----------------|-----------------|
| | 46,9 | 10,0 | 183,4 | 75,6 | - | - | 7,0 | 190,5 | 0,9631 | 0,0368 |
| | 46,8 | 10,0 | 183,9 | 75,4 | - | - | 7,1 | 191,0 | 0,9629 | 0,0371 |
| | 47,0 | 10,0 | 182,9 | 75,0 | - | - | 7,2 | 190,1 | 0,9621 | 0,0379 |
| Médias Parciais | | | | | - | - | | | 0,9627 | 0,0373 |
| | 46,4 | 10,0 | 186,0 | 69,6 | - | - | 9,0 | 195,0 | 0,9539 | 0,0461 |
| | 46,4 | 10,0 | 186,0 | 69,2 | - | - | 9,1 | 195,1 | 0,9533 | 0,0461 |
| | 46,9 | 10,0 | 183,4 | 69,9 | - | - | 8,9 | 192,3 | 0,9538 | 0,0462 |
| Médias Parciais | | | | | - | - | | | 0,9537 | 0,0463 |
| Média final | | | | | - | - | | | 0,9582 | 0,0418 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 20$ cm

Re = 10000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C _i (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | C _{in} | C _{jn} |
|-----------------|-----------------------|-----|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 28,6 | 50 | 0,15809 | 47,2 | - | 0,00182 | 0,15991 | 0,9886 | 0,0114 |
| | 23,5 | 50 | 0,17367 | 41,0 | - | 0,00215 | 0,17582 | 0,9878 | 0,0122 |
| | 22,8 | 50 | 0,17726 | 41,2 | - | 0,00214 | 0,17940 | 0,9881 | 0,0119 |
| | 23,5 | 50 | 0,17367 | 39,0 | - | 0,00227 | 0,17594 | 0,9871 | 0,0129 |
| | 23,5 | 50 | 0,17367 | 40,8 | - | 0,00216 | 0,17583 | 0,9877 | 0,0123 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9878 | 0,0122 |
| | 27,5 | 25 | 0,07751 | 69,6 | - | 0,00090 | 0,07841 | 0,9885 | 0,0114 |
| | 26,5 | 25 | 0,07971 | 70,5 | - | 0,00087 | 0,08085 | 0,9892 | 0,0108 |
| | 26,2 | 25 | 0,08039 | 63,7 | - | 0,00111 | 0,08149 | 0,9864 | 0,0136 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9881 | 0,0119 |
| | - | - | - | - | - | - | - | 0,9879 | 0,0121 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm
 $\Delta z = 20$ cm
 $Re = 20000$

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ c ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ c _j (g/l) | 10 ⁴ c ₀ (g/l) | c _{in} | c _{fin} |
|-----------------|-----------------------|-----|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|------------------|
| | 52,0 | 25 | 397,4 | 80,0 | - | 5,7 | 403,1 | 0,9859 | 0,0141 |
| | 50,0 | 25 | 420,6 | 73,5 | - | 7,7 | 428,3 | 0,9821 | 0,0179 |
| | 50,0 | 25 | 420,6 | 81,5 | - | 5,2 | 425,9 | 0,9877 | 0,0123 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9852 | 0,0148 |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Média final | - | - | - | - | - | - | - | 0,9852 | 0,0148 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 20$ cm

Re = 30000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C _i (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | C _{in} | C _{jn} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 35,3 | 25,0 | 627,1 | 59,1 | - | 12,9 | 639,9 | 0,9799 | 0,0201 |
| | 37,5 | 25,0 | 591,2 | 58,0 | - | 13,3 | 604,5 | 0,9780 | 0,0220 |
| | 35,4 | 25,0 | 525,4 | 65,5 | - | 10,4 | 635,8 | 0,9836 | 0,0164 |
| | 34,1 | 25,0 | 647,6 | 54,1 | - | 15,0 | 662,5 | 0,9774 | 0,0226 |
| | 34,9 | 25,0 | 633,8 | 64,0 | - | 11,0 | 644,8 | 0,9830 | 0,0170 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9804 | 0,0196 |
| | 37,1 | 25,0 | 597,6 | 75,4 | - | 7,1 | 604,7 | 0,9883 | 0,0117 |
| | 36,9 | 25,0 | 600,8 | 70,8 | - | 8,6 | 609,4 | 0,9859 | 0,0141 |
| | 34,3 | 25,0 | 644,1 | 75,5 | - | 7,0 | 651,2 | 0,9892 | 0,0108 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9878 | 0,0122 |
| Média Final | - | - | - | - | - | - | - | 0,9841 | 0,01591 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 Δz = 20 cm

Re = 40000

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_i$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_j$ (g/l) | $10^4 C_0$ (g/l) | C_{in} | C_{jn} |
|-----------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 36,4 | 25,0 | 608,9 | 74,9 | - | 7,2 | 616,1 | 0,9882 | 0,0118 |
| | 36,4 | 25,0 | 608,9 | 77,9 | - | 6,3 | 615,2 | 0,9897 | 0,0103 |
| | 35,6 | 25,0 | 622,1 | 74,4 | - | 7,4 | 629,5 | 0,9882 | 0,0118 |
| | 36,5 | 25,0 | 607,3 | 74,5 | - | 7,4 | 614,6 | 0,9880 | 0,0120 |
| | 37,5 | 25,0 | 591,2 | 68,0 | - | 9,5 | 600,8 | 0,9841 | 0,0159 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9877 | 0,0123 |
| | 41,0 | 25,0 | 538,3 | 80,7 | - | 5,5 | 543,7 | 0,9899 | 0,0101 |
| | 40,0 | 25,0 | 553,0 | 78,0 | - | 6,3 | 559,2 | 0,9888 | 0,0112 |
| | 39,8 | 25,0 | 555,9 | 78,0 | - | 6,3 | 562,2 | 0,9888 | 0,0112 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9892 | 0,0108 |
| Médias Finais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9884 | 0,0116 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 20$ cm

Re = 50000

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_i$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_j$ (g/l) | $10^4 C_0$ (g/l) | C_{in} | C_{jn} |
|-----------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 46,3 | 25,0 | 466,2 | 77,5 | - | 6,4 | 472,7 | 0,9864 | 0,0137 |
| | 46,5 | 25,0 | 463,7 | 80,6 | - | 5,5 | 469,2 | 0,9883 | 0,0117 |
| | 44,0 | 25,0 | 496,4 | 80,5 | - | 5,5 | 502,0 | 0,9890 | 0,0110 |
| | 43,6 | 25,0 | 501,9 | 80,0 | - | 5,7 | 507,5 | 0,9888 | 0,0112 |
| | 44,3 | 25,0 | 492,4 | 80,3 | - | 5,6 | 498,0 | 0,9888 | 0,0112 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9882 | 0,0118 |
| | 47,4 | 25,0 | 452,3 | 80,2 | - | 5,6 | 458,0 | 0,9877 | 0,0123 |
| | 44,6 | 25,0 | 488,4 | 79,0 | - | 6,0 | 494,4 | 0,9879 | 0,0121 |
| | 45,4 | 25,0 | 477,9 | 79,4 | - | 5,9 | 483,7 | 0,9879 | 0,0121 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9878 | 0,0121 |
| Média Final | - | - | - | - | - | - | - | 0,9880 | 0,0120 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$\theta = 5$ MP
 $\Delta z = 30$ CM
 $Re = 10000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 \sigma_1$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 \sigma_2$ (g/l) | $10^4 \sigma_0$ (g/l) | v_{in} | σ_{00} |
|-----------------|--------------|------|--------------------------|--------------|-----|--------------------------|--------------------------|----------|---------------|
| | 47,0 | 50,0 | 914,7 | 32,7 | - | 26,9 | 941,6 | 0,9714 | 0,0286 |
| | 48,6 | 50,0 | 875,0 | 29,0 | - | 29,7 | 904,7 | 0,9671 | 0,0328 |
| | 46,0 | 50,0 | 940,2 | 29,7 | - | 29,2 | 969,4 | 0,9699 | 0,0301 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9695 | 0,0305 |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Média final | - | - | - | - | - | - | - | 0,9695 | 0,0305 |

TAB. 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÃO

$\phi = 5 \text{ mm}$

$\Delta z = 30 \text{ cm}$

$100 = 20000$

| | ϕ_1 (%) | DBL | $10^3 \phi_1$ (g/l) | ϕ_2 (%) | DBL | $10^3 \phi_2$ (g/l) | DIL | $10^4 \phi_2$ (g/l) | $10^4 \phi_1$ (g/l) | ϕ_{in} | ϕ_{out} |
|-----------------|-----------------|------|------------------------|-----------------|-----|------------------------|-----|------------------------|------------------------|-------------|--------------|
| | 35,7 | 25,0 | 520,4 | 60,8 | - | - | - | 12,2 | 632,6 | 0,9807 | 0,0193 |
| | 34,5 | 25,0 | 640,7 | 60,0 | - | - | - | 12,5 | 653,2 | 0,9809 | 0,0191 |
| | 34,5 | 25,0 | 640,7 | 60,2 | - | - | - | 12,4 | 653,1 | 0,9810 | 0,0190 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,9809 | 0,0191 |
| | 36,0 | 25,0 | 615,4 | 65,6 | - | - | - | 10,4 | 635,8 | 0,9834 | 0,0166 |
| | 34,5 | 25,0 | 640,7 | 61,0 | - | - | - | 12,1 | 652,8 | 0,9814 | 0,0186 |
| | 35,0 | 25,0 | 632,1 | 61,5 | - | - | - | 11,9 | 644,1 | 0,9815 | 0,0185 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,9821 | 0,0179 |
| Média final | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,9815 | 0,0185 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 30$ cm

UG = 30000

| | T ₁ (%) | SUB | 10 ⁴ C ₁ (µ/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₂ (µ/l) | 10 ⁴ C ₃ (µ/l) | 10 ⁴ C ₄ (µ/l) | V ₁₀ | C ₁₀ |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|---|-----------------|-----------------|
| | 36,1 | 25,0 | 613,8 | 66,9 | - | 9,9 | 623,7 | 0,9841 | 0,0159 | |
| | 36,5 | 25,0 | 607,3 | 66,6 | - | 10,0 | 617,3 | 0,9838 | 0,0162 | |
| | 36,8 | 25,0 | 602,4 | 67,6 | - | 9,7 | 612,1 | 0,9842 | 0,0158 | |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9840 | 0,0160 | |
| | 34,6 | 25,0 | 639,0 | 64,4 | - | 10,8 | 649,8 | 0,9833 | 0,0167 | |
| | 34,8 | 25,0 | 635,5 | 64,2 | - | 10,9 | 646,4 | 0,9831 | 0,0168 | |
| | 34,5 | 25,0 | 640,7 | 58,6 | - | 13,1 | 653,7 | 0,9800 | 0,0200 | |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9822 | 0,0178 | |
| Média final | - | - | - | - | - | - | - | 0,9831 | 0,0169 | |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÕES DE CONCENTRAÇÕES

$e = 5$ mm
 $\Delta z = 30$ cm
 $u_0 = 40000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 c_1$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 c_2$ (g/l) | $10^4 c_0$ (g/l) | c_{in} | c_{jn} |
|-----------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 36,5 | 25,0 | 607,3 | 72,6 | - | 8,0 | 615,2 | 0,9870 | 0,0130 |
| | 38,5 | 25,0 | 575,6 | 70,5 | - | 8,7 | 584,9 | 0,9851 | 0,0149 |
| | 39,8 | 25,0 | 556,0 | 69,6 | - | 9,0 | 564,9 | 0,9841 | 0,0159 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9854 | 0,0146 |
| | 35,5 | 25,0 | 623,7 | 64,5 | - | 10,8 | 634,5 | 0,9830 | 0,0170 |
| | 36,0 | 25,0 | 615,4 | 64,5 | - | 10,8 | 626,2 | 0,9828 | 0,0172 |
| | 35,6 | 25,0 | 622,1 | 64,2 | - | 10,9 | 633,0 | 0,9828 | 0,0172 |
| Médias Gerais | | | | | - | | | 0,9828 | 0,0172 |
| Média Final | | | | | - | | | 0,9841 | 0,0159 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

Δ = 5 m
 Δ = 30 m
 Δ = 50000

| | $\frac{C_1}{C_0}$ (%) | DIL | $10^4 C_1$ (E/L) | $\frac{C_2}{C_1}$ (%) | DIL | $10^4 C_2$ (E/L) | $10^4 C_0$ (E/L) | C_{in} | C_{ju} |
|-----------------|--------------------------|------|---------------------|--------------------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 35,2 | 25,0 | 628,8 | 64,6 | - | 10,7 | 639,5 | 0,9832 | 0,0168 |
| | 35,0 | 25,0 | 632,1 | 64,7 | - | 10,7 | 642,9 | 0,9833 | 0,0167 |
| | 34,5 | 25,0 | 640,7 | 64,7 | - | 10,7 | 651,4 | 0,9835 | 0,0164 |
| Órgãos Parciais | | | | | - | | | 0,9834 | 0,0166 |
| | 41,0 | 25,0 | 538,3 | 82,8 | - | 4,9 | 543,2 | 0,9910 | 0,0089 |
| | 39,9 | 25,0 | 554,4 | 77,6 | - | 6,4 | 560,8 | 0,9886 | 0,0114 |
| | 39,7 | 25,0 | 557,4 | 77,7 | - | 6,4 | 563,8 | 0,9887 | 0,0113 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9894 | 0,0105 |
| Médias Gerais | | | | | - | | | 0,9864 | 0,0136 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm.

 $\Delta z = 40$ cm

hc = 10000

| | F ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ e ₁ (g/l) | T ₂ (s) | MIL | 10 ⁴ e ₃ (g/l) | 10 ⁴ e ₀ (g/l) | % ₀ | % ₁ |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|----------------|----------------|
| | 44,0 | 25,0 | 426,4 | 54,3 | - | 14,9 | 511,3 | 0,9709 | 0,0291 |
| | 43,5 | 25,0 | 503,2 | 56,6 | - | 13,9 | 517,1 | 0,9731 | 0,0269 |
| | 44,5 | 25,0 | 489,7 | 52,9 | - | 15,5 | 505,2 | 0,9693 | 0,0307 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9711 | 0,0289 |
| | 46,8 | 25,0 | 459,9 | 52,2 | - | 15,8 | 475,7 | 0,9668 | 0,0332 |
| | 46,5 | 25,0 | 463,7 | 55,5 | - | 14,3 | 478,0 | 0,9700 | 0,0300 |
| | 46,2 | 25,0 | 467,5 | 57,1 | - | 13,7 | 479,4 | 0,9716 | 0,0284 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9694 | 0,0306 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9702 | 0,0297 |

TABELA Nº 2.

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 40$ cm

Re = 20000

| | T ₁ (%) | dil | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₂ (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | σ_{in} | σ_{ju} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|---------------|---------------|
| | 55,1 | 25,0 | 363,0 | 62,9 | - | 11,4 | 374,4 | 0,9696 | 0,0304 |
| | 55,1 | 25,0 | 363,0 | 62,9 | - | 11,4 | 374,4 | 0,9696 | 0,0304 |
| | 53,5 | 25,0 | 380,5 | 62,4 | - | 11,6 | 392,1 | 0,9705 | 0,0295 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9699 | 0,0301 |
| | 54,5 | 25,0 | 369,5 | 60,0 | - | 12,5 | 382,0 | 0,9673 | 0,0327 |
| | 53,5 | 25,0 | 380,5 | 62,5 | - | 11,5 | 392,0 | 0,9506 | 0,0294 |
| | 54,5 | 25,0 | 369,5 | 63,5 | - | 11,2 | 380,7 | 0,9707 | 0,0293 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9695 | 0,0305 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9697 | 0,0303 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm
 $\Delta z = 40$ cm
 $re = 30000$

| | μ_1 (%) | DIL | $10^4 \mu_1$ (g/l) | μ_2 (%) | DIL | $10^4 \mu_2$ (g/l) | $10^4 \mu_3$ (g/l) | $10^3 \mu_0$ (g/l) | μ_{10} | μ_{11} |
|-----------------|----------------|------|-----------------------|----------------|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|------------|
| | 69,0 | 25,0 | 229,6 | 79,1 | - | 5,9 | 235,6 | 0,9747 | 0,0253 | |
| | 69,0 | 25,0 | 229,6 | 74,1 | - | 7,5 | 237,1 | 0,9684 | 0,0316 | |
| | 69,1 | 25,0 | 228,8 | 79,1 | - | 5,9 | 234,7 | 0,9747 | 0,0253 | |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,9726 | 0,0274 |
| | 55,6 | 25,0 | 259,6 | 79,9 | - | 5,7 | 265,3 | 0,9785 | 0,0215 | |
| | 55,7 | 25,0 | 258,7 | 79,4 | - | 5,8 | 264,6 | 0,9779 | 0,0221 | |
| | 65,7 | 25,0 | 258,7 | 82,0 | - | 5,1 | 263,8 | 0,9807 | 0,0193 | |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,9790 | 0,0210 |
| Média final | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,9758 | 0,0242 |

TAABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$\phi = 5$ mm

$\Delta z = 40$ cm

$Re = 40000$

| | ϕ_1 (%) | DIL | $10^4 C_1$ (g/l) | T_1 (°C) | DIL | $10^4 C_2$ (g/l) | $10^4 C_3$ (g/l) | $10^4 C_0$ (g/l) | ϕ_{in} | ϕ_{out} |
|-----------------|-----------------|------|---------------------|---------------|-----|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|--------------|
| | 68,2 | 25,0 | 236,6 | 81,8 | - | 5,1 | 241,7 | 0,9787 | 0,0213 | |
| | 69,0 | 25,0 | 229,6 | 77,0 | - | 6,6 | 236,2 | 0,9721 | 0,0279 | |
| | 69,2 | 25,0 | 227,9 | 82,0 | - | 5,1 | 233,0 | 0,9781 | 0,0218 | |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,9763 | 0,0237 |
| | 68,0 | 25,0 | 238,3 | 78,9 | - | 6,0 | 244,3 | 0,9754 | 0,0246 | |
| | 68,1 | 25,0 | 237,4 | 79,3 | - | 5,9 | 243,3 | 0,9758 | 0,0242 | |
| | 67,5 | 25,0 | 242,7 | 79,3 | - | 5,9 | 248,6 | 0,9763 | 0,0237 | |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,9758 | 0,0242 |
| Média final | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,9761 | 0,0239 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm
 $\Delta z = 40$ cm
 ite = 50000

| | η_1 (%) | DIL | $10^4 C_1$ (g/l) | η_2 (%) | DIL | $10^4 C_2$ (g/l) | $10^4 C_3$ (g/l) | $10^4 C_0$ (g/l) | C_{10} | C_{20} |
|-----------------|-----------------|------|---------------------|-----------------|-----|---------------------|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 61,0 | 25,0 | 302,7 | 71,9 | - | 8,2 | 310,9 | 0,9736 | 0,0264 | |
| | 60,9 | 25,0 | 303,7 | 70,0 | - | 8,8 | 312,5 | 0,9717 | 0,0283 | |
| | 61,0 | 25,0 | 303,7 | 71,4 | - | 8,4 | 311,1 | 0,9731 | 0,0269 | |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9728 | 0,0272 | |
| | 55,0 | 25,0 | 364,1 | 66,1 | - | 10,2 | 374,3 | 0,9727 | 0,0273 | |
| | 54,5 | 25,0 | 369,5 | 67,2 | - | 9,8 | 379,3 | 0,9741 | 0,0259 | |
| | 54,5 | 25,0 | 369,5 | 66,5 | - | 10,1 | 379,6 | 0,9735 | 0,0255 | |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9734 | 0,0266 | |
| Média final | - | - | - | - | - | - | - | 0,9731 | 0,0269 | |

SP. 2000. 102

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

$\Delta z = 60$ cm

kg = 10000

| | h ₁ (cm) | Q ₁ (L/s) | Q ₂ (L/s) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | Q ₃ (L/s) | 10 ⁴ C ₂ (g/l) | 10 ⁴ C ₃ (g/l) | Q ₄ (L/s) | 10 ⁴ C ₄ (g/l) |
|-----------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------|---|-------------------------|---|---|-------------------------|---|
| | 45,1 | 12,5 | 240,9 | 65,4 | 10,4 | 251,4 | 0,9584 | 0,0416 | | |
| | 45,5 | 12,5 | 238,3 | 59,4 | 12,7 | 251,0 | 0,9492 | 0,0508 | | |
| | 44,9 | 12,5 | 242,2 | 60,0 | 12,5 | 254,7 | 0,9590 | 0,0491 | | |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | 0,0529 | 0,0471 | | |
| | 48,8 | 25,0 | 435,0 | 36,0 | 24,6 | 459,7 | 0,9464 | 0,0536 | | |
| | 48,6 | 25,0 | 437,5 | 37,6 | 23,6 | 461,0 | 0,9488 | 0,0512 | | |
| | 48,5 | 25,0 | 438,7 | 39,1 | 22,7 | 461,4 | 0,9509 | 0,0491 | | |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | 0,9487 | 0,0513 | | |
| Média final | - | - | - | - | - | - | 0,9508 | 0,04921 | | |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 60$ cm

RG = 20000

| | T_1 (%) | MIL | $10^4 C_1$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_2$ (g/l) | $10^4 C_0$ (g/l) | σ_{10} | $\sigma_{0,0}$ |
|-----------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|---------------|----------------|
| | 48,5 | 12,5 | 219,3 | 65,6 | - | 10,4 | 229,7 | 0,9548 | 0,0452 |
| | 44,0 | 12,5 | 248,2 | 66,0 | - | 10,2 | 258,5 | 0,9604 | 0,0396 |
| | 48,9 | 12,5 | 216,9 | 65,6 | - | 10,4 | 230,0 | 0,9543 | 0,0457 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9565 | 0,0435 |
| | 60,0 | 25,0 | 312,5 | 55,5 | - | 14,3 | 326,9 | 0,9561 | 0,0439 |
| | 59,6 | 25,0 | 316,5 | 48,0 | - | 17,8 | 334,3 | 0,9468 | 0,0532 |
| | 61,0 | 25,0 | 302,7 | 59,1 | - | 12,9 | 315,6 | 0,9592 | 0,0408 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9540 | 0,0459 |
| Média final | - | - | - | - | - | - | - | 0,9553 | 0,0447 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm
 Δz = 60 cm
 H_0 = 30000

| | θ_1 (%) | DIL | $10^4 \theta_1$ (g/l) | θ_2 (%) | DIL | $10^4 \theta_2$ (g/l) | $10^4 \theta_0$ (g/l) | θ_{10} | θ_{10} |
|-----------------|-------------------|------|--------------------------|-------------------|-----|--------------------------|--------------------------|---------------|---------------|
| | 52,2 | 12,5 | 197,5 | 71,0 | - | 8,5 | 206,1 | 0,9587 | 0,0413 |
| | 52,0 | 12,5 | 198,7 | 70,8 | - | 8,6 | 207,3 | 0,9586 | 0,0414 |
| | 51,2 | 12,5 | 203,3 | 71,0 | - | 8,5 | 211,8 | 0,9598 | 0,04017 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9590 | 0,0410 |
| | 65,5 | 25,0 | 260,5 | 68,0 | - | 9,5 | 270,0 | 0,9647 | 0,0353 |
| | 66,1 | 25,0 | 255,1 | 70,0 | - | 8,8 | 263,9 | 0,9665 | 0,0335 |
| | 65,9 | 25,0 | 256,9 | 66,9 | - | 9,9 | 266,8 | 0,9628 | 0,0372 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9647 | 0,0353 |
| Média final | - | - | - | - | - | - | - | 0,9619 | 0,0381 |

TADELA N° 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÃO

e = 5 mm

$\Delta z = 60$ cm

ke = 40000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C _i (E/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (E/l) | 10 ⁴ C ₀ (E/l) | f ₁₀ | f ₁₀ |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 54,4 | 12,5 | 185,3 | 66,0 | - | 10,2 | 195,5 | 0,9476 | 0,0524 |
| | 54,5 | 12,5 | 184,8 | 72,6 | - | 8,0 | 192,7 | 0,9586 | 0,0414 |
| | 53,7 | 12,5 | 189,1 | 73,6 | - | 7,6 | 196,8 | 0,9611 | 0,0389 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9558 | 0,0442 |
| | 55,0 | 12,5 | 182,1 | 73,2 | - | 7,8 | 189,8 | 0,9590 | 0,0410 |
| | 55,0 | 12,5 | 182,1 | 73,6 | - | 7,6 | 189,7 | 0,9596 | 0,0404 |
| | 55,0 | 12,5 | 182,1 | 63,0 | - | 11,3 | 193,4 | 0,9413 | 0,0587 |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9533 | 0,9467 |
| Média final | - | - | - | - | - | - | - | 0,9545 | 0,0454 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

$\Delta x = 60$ cm

100 = 50000

| | $\frac{W_1}{V_1}$ (%) | DIL | 10^4 g_3 (g/l) | T_2 (%) | DIL | 10^4 g_3 (g/l) | 10^4 g_j (g/l) | 10^4 g_o (g/l) | ϕ_{in} | ϕ_{out} |
|-----------------|--------------------------|------|-----------------------------|--------------|-----|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|--------------|
| | 61,5 | 12,5 | 148,9 | 77,0 | - | 6,6 | 155,5 | 0,9577 | 0,0423 | |
| | 61,4 | 12,5 | 149,4 | 79,1 | - | 5,9 | 155,4 | 0,9617 | 0,0383 | |
| | 61,0 | 12,5 | 151,4 | 77,2 | - | 6,5 | 157,9 | 0,9587 | 0,0413 | |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9594 | 0,0406 | |
| | 61,0 | 12,5 | 151,4 | 77,0 | - | 6,6 | 157,9 | 0,9583 | 0,0417 | |
| | 60,9 | 12,5 | 151,8 | 77,7 | - | 6,4 | 158,2 | 0,9597 | 0,0403 | |
| | 60,3 | 12,5 | 154,8 | 77,0 | - | 6,6 | 161,4 | 0,9592 | 0,0408 | |
| Médias Parciais | - | - | - | - | - | - | - | 0,9591 | 0,0409 | |
| Média final | - | - | - | - | - | - | - | 0,9592 | 0,0408 | |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$e = 5 \text{ mm}$
 $\Delta z = 80 \text{ cm}$
 $h_0 = 10000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_1$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_2$ (g/l) | $10^4 C_0$ (g/l) | C_{in} | C_{jn} |
|-----------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 65,0 | 25,0 | 265,1 | 46,0 | - | 18,8 | 283,9 | 0,9338 | 0,0662 |
| | 65,0 | 25,0 | 265,1 | 46,5 | - | 18,5 | 283,6 | 0,9367 | 0,0633 |
| | 64,0 | 25,0 | 274,2 | 46,5 | - | 18,5 | 292,8 | 0,9367 | 0,0633 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9350 | 0,0650 |
| | 39,0 | 10,0 | 227,2 | 54,0 | - | 15,0 | 242,2 | 0,9381 | 0,0619 |
| | 36,1 | 10,0 | 245,5 | 47,4 | - | 18,1 | 263,6 | 0,9314 | 0,0686 |
| | 36,9 | 10,0 | 240,3 | 53,0 | - | 15,4 | 255,8 | 0,9396 | 0,0604 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9363 | 0,0637 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9357 | 0,0643 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

5
80
15000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₃ (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | C _{in} | C _{jn} |
|---------------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 35,5 | 10,0 | 249,5 | 56,5 | - | 13,9 | 263,4 | 0,9471 | 0,0529 |
| | 34,4 | 10,0 | 256,3 | 55,6 | - | 14,3 | 270,6 | 0,9471 | 0,0529 |
| | 34,3 | 10,0 | 257,6 | 58,0 | - | 13,3 | 270,9 | 0,9507 | 0,0491 |
| Condições Parciais. | | | | | - | | | 0,9484 | 0,0516 |
| | | | | | - | | | 0,9484 | 0,0516 |
| | | | | | - | | | | |
| Condições Parciais | | | | | - | | | | |
| Média Final | | | | | - | | | | |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$e = 5 \text{ mm}$
 $\Delta z = 80 \text{ cm}$
 $Re = 10000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_1$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_2$ (g/l) | $10^4 C_0$ (g/l) | C_{in} | C_{jn} |
|-----------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 62,5 | 12,5 | 144,2 | 68,1 | - | 9,5 | 153,7 | 0,9382 | 0,0618 |
| | 62,1 | 12,5 | 146,1 | 68,5 | - | 9,4 | 155,4 | 0,9398 | 0,0602 |
| | 61,5 | 12,5 | 148,9 | 68,5 | - | 9,4 | 158,3 | 0,9409 | 0,0591 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9396 | 0,0604 |
| | 58,7 | 10,0 | 130,2 | 72,7 | - | 7,9 | 138,2 | 0,9425 | 0,0575 |
| | 58,0 | 10,0 | 133,0 | 71,0 | - | 8,5 | 141,6 | 0,9399 | 0,0601 |
| | 58,0 | 10,0 | 133,0 | 76,4 | - | 6,8 | 139,8 | 0,9516 | 0,0484 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9447 | 0,0553 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9421 | 0,0579 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm
 $\Delta z = 80$ cm
 ite = 25000

| | τ_1 (%) | DIL | $10^4 \sigma_1$ (g/l) | τ_2 (%) | DIL | $10^4 \sigma_2$ (g/l) | $10^4 \sigma_3$ (g/l) | $10^4 \sigma_4$ (g/l) | $10^4 \sigma_5$ (g/l) | $10^4 \sigma_6$ (g/l) |
|-----------------|-----------------|------|--------------------------|-----------------|-----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 51,0 | 10,0 | 163,6 | 74,0 | - | 7,5 | 171,1 | 0,9560 | 0,0440 | |
| | 49,5 | 10,0 | 170,6 | 75,0 | - | 7,2 | 177,8 | 0,9595 | 0,0405 | |
| | 49,5 | 10,0 | 170,6 | 73,5 | - | 7,7 | 178,3 | 0,9569 | 0,0431 | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9574 | 0,0426 | |
| | | | | | - | | | 0,9574 | 0,0426 | |
| | | | | | - | | | | | |
| | | | | | - | | | | | |
| Médias Parciais | | | | | - | | | | | |
| Média final | | | | | - | | | | | |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 80$ cm

ite = 30000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₂ (g/l) | 10 ⁴ C ₀ (g/l) | C _{in} | C _{ju} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 66,5 | 12,5 | 125,8 | 79,6 | - | 5,8 | 131,6 | 0,9559 | 0,0441 |
| | 66,0 | 12,5 | 128,0 | 78,4 | - | 6,2 | 134,2 | 0,9541 | 0,0459 |
| | 67,0 | 12,5 | 123,5 | 78,0 | - | 6,3 | 129,8 | 0,9516 | 0,0484 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9539 | 0,0461 |
| | 67,0 | 12,5 | 123,5 | 75,2 | - | 7,1 | 130,7 | 0,9453 | 0,0547 |
| | 67,5 | 12,5 | 121,3 | 73,9 | - | 7,6 | 128,9 | 0,9414 | 0,0586 |
| | 65,5 | 12,5 | 130,3 | 75,5 | - | 7,0 | 137,3 | 0,9486 | 0,0513 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9451 | 0,0549 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9495 | 0,0505 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 80$ cm

Re = 35000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/L) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/L) | 10 ⁴ C _o (g/L) | C _{in} | C _{jn} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 52,9 | 10,0 | 154,9 | 74,3 | - | 7,4 | 162,3 | 0,9542 | 0,0458 |
| | 52,4 | 10,0 | 157,1 | 72,0 | - | 8,2 | 165,3 | 0,9505 | 0,0495 |
| | 53,1 | 10,0 | 154,0 | 72,1 | - | 8,1 | 162,1 | 0,9498 | 0,0502 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9515 | 0,0485 |
| | 66,6 | 10,0 | 100,3 | 92,4 | - | 2,3 | 102,5 | 0,9780 | 0,0220 |
| | 66,6 | 10,0 | 100,3 | 89,5 | - | 3,0 | 103,2 | 0,9708 | 0,0292 |
| | 67,9 | 10,0 | 98,9 | 88,8 | - | 3,2 | 98,9 | 0,9676 | 0,0324 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9721 | 0,0279 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9618 | 0,0382 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 80 \text{ cm}$

Ne = 40000

| | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C ₁ (g/l) | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) | 10 ⁴ C _o (g/l) | C _{1R} | C _{JR} |
|-----------------|-----------------------|------|---|-----------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| | 75,0 | 12,5 | 90,1 | 84,0 | - | 4,5 | 94,6 | 0,9522 | 0,0478 |
| | 73,9 | 12,5 | 94,5 | 84,5 | - | 4,4 | 98,9 | 0,9557 | 0,0443 |
| | 74,1 | 12,5 | 93,7 | 85,0 | - | 4,2 | 97,9 | 0,9567 | 0,0433 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9549 | 0,0451 |
| | 69,5 | 12,5 | 101,3 | 77,6 | - | 6,4 | 119,1 | 0,9463 | 0,0537 |
| | 69,7 | 12,5 | 101,2 | 78,5 | - | 6,1 | 118,0 | 0,9481 | 0,0519 |
| | 69,7 | 12,5 | 101,2 | 76,2 | - | 6,8 | 118,7 | 0,9424 | 0,0576 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9456 | 0,0544 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9502 | 0,04977 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$\phi = 5$ mm
 $\Delta z = 80$ cm
 $Re = 45000$

| | T_1 (%) | DIL | $10^4 C_i$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 C_j$ (g/l) | $10^4 C_o$ (g/l) | C_{in} | C_{jn} |
|-----------------|--------------|------|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| | 65,1 | 10,0 | 105,7 | 86,4 | - | 3,8 | 109,5 | 0,9648 | 0,0352 |
| | 64,0 | 10,0 | 109,7 | 89,7 | - | 3,0 | 112,7 | 0,9737 | 0,0263 |
| | 64,5 | 10,0 | 107,9 | 86,4 | - | 3,8 | 111,7 | 0,9655 | 0,0345 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9680 | 0,0320 |
| | 63,5 | 10,0 | 111,6 | 77,1 | - | 6,5 | 118,1 | 0,9445 | 0,0555 |
| | 61,4 | 10,0 | 119,5 | 78,1 | - | 6,2 | 125,8 | 0,9503 | 0,0497 |
| | 62,1 | 10,0 | 116,8 | 76,6 | - | 6,7 | 123,6 | 0,9457 | 0,0543 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9469 | 0,0531 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9574 | 0,0426 |

TABELA Nº 2

EVOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES

$\phi = 5$ mm

$\Delta z = 80$ cm

ng = 50000

| | T_1 (%) | dil | $10^4 \phi_1$ (g/l) | ϕ_2 (%) | dil | $10^4 \phi_j$ (g/l) | $10^4 \phi_0$ (g/l) | ϕ_0 | ϕ_0 |
|-----------------|--------------|------|------------------------|-----------------|-----|------------------------|------------------------|----------|----------|
| | 71,1 | 12,5 | 105,9 | 81,6 | - | 5,2 | 111,1 | 0,9531 | 0,0469 |
| | 71,3 | 12,5 | 105,1 | 81,5 | - | 5,2 | 110,3 | 0,9525 | 0,0475 |
| | 70,9 | 12,5 | 106,8 | 82,1 | - | 5,1 | 111,8 | 0,9547 | 0,0423 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9535 | 0,0465 |
| | 65,9 | 10,0 | 102,8 | 83,1 | - | 4,8 | 107,5 | 0,9556 | 0,0444 |
| | 65,5 | 10,0 | 104,2 | 84,1 | - | 4,5 | 108,7 | 0,9565 | 0,0435 |
| | 66,0 | 10,0 | 102,4 | 83,5 | - | 4,7 | 107,1 | 0,9565 | 0,0435 |
| Médias Parciais | | | | | - | | | 0,9569 | 0,0431 |
| Média final | | | | | - | | | 0,9552 | 0,0448 |

TABELA Nº 3

EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 20$ cm

| Re | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) ^j | T ₂ (%) | DIL | 10 ⁴ C _j (g/l) ^j | 10 ⁴ C _j (g/l) ^j | C _{in} | C _{jn} |
|-------|-----------------------|-----|--|-----------------------|-----|--|--|-----------------|-----------------|
| 10000 | 22,0 | 100 | 3600 | 31,7 | - | 54,0 | 3654,0 | 0,9852 | 0,0148 |
| 20000 | 52,0 | 100 | 1520 | 30,0 | - | 28,6 | 1548,6 | 0,9815 | 0,0185 |
| 30000 | 63,0 | 100 | 1100 | 55,5 | - | 14,0 | 1114,0 | 0,9874 | 0,0126 |
| 40000 | 14,0 | 10 | 467 | 69,5 | - | 8,9 | 475,9 | 0,9813 | 0,0187 |
| 50000 | 46,4 | 10 | 182 | 91,0 | - | 2,5 | 184,5 | 0,9864 | 0,0135 |

TABELA Nº 3

EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 40$ cm

| Re | T ₁ (%) | DIL | 10 ⁴ c _i (g/l) | T ₂ (%) ² | DIL | 10 ⁴ c _j (g/l) | 10 ⁴ c _o (g/l) | c _{in} | c _{jn} |
|-------|-----------------------|-----|---|------------------------------------|-----|---|---|-----------------|-----------------|
| 10000 | 39,5 | 100 | 2225,0 | 14,1 | 2 | 93,0 | 2318,0 | 0,9599 | 0,0401 |
| 20000 | 37,7 | 100 | 2325,0 | 14,6 | 2 | 91,2 | 2416,2 | 0,9622 | 0,0378 |
| 30000 | 49,0 | 100 | 1705,0 | 9,1 | - | 57,0 | 1762,0 | 0,9673 | 0,0327 |
| 40000 | 62,5 | 100 | 1145,0 | 19,7 | - | 38,5 | 1183,5 | 0,9673 | 0,0326 |
| 50000 | 68,2 | 100 | 870,0 | 32,5 | - | 26,8 | 896,8 | 0,9680 | 0,0319 |

TABELA Nº 3

EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 60$ cm

| Re | T_1 (%) | DIL | $10^4 c_i$ (g/l) | T_2 (%) | DIL | $10^4 c_j$ (g/l) | $10^4 c_o$ (g/l) | C_{in} | C_{jn} |
|-------|--------------|-----|---------------------|--------------|-----|---------------------|---------------------|----------|----------|
| 10000 | 29,5 | 100 | 2910,0 | 17,1 | 2 | 84,0 | 2994,0 | 0,9719 | 0,0281 |
| 20000 | 47,0 | 100 | 1785,0 | 64,1 | 10 | 92,1 | 1877,1 | 0,9509 | 0,0498 |
| 30000 | 53,0 | 100 | 1500,0 | 79,0 | 10 | 53,9 | 1553,9 | 0,9653 | 0,0347 |
| 40000 | 64,5 | 100 | 1060,0 | 15,5 | - | 44,5 | 1104,5 | 0,9597 | 0,0403 |
| 50000 | 75,0 | 100 | 720,0 | 33,0 | - | 26,4 | 746,4 | 0,9646 | 0,0354 |

TABELA Nº 3

EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES

e = 5 mm

 $\Delta z = 80$ cm

| Re | T_1 (%) | DIL | $10^4 c_i$ (g/l) ⁱ | T_2 (%) | DIL | $10^4 c_j$ (g/l) ^j | $10^4 c_p$ (g/l) ^p | C_{in} | C_{jn} |
|-------|--------------|-----|----------------------------------|--------------|-----|----------------------------------|----------------------------------|----------|----------|
| 10000 | 24,0 | 100 | 3400,0 | 36,0 | 10 | 242,0 | 3642,0 | 0,9335 | 0,0664 |
| 20000 | 48,0 | 100 | 1740,0 | 10,5 | 2 | 107,0 | 1847,0 | 0,9421 | 0,0579 |
| 30000 | 63,0 | 100 | 1110,0 | 23,0 | 2 | 70,0 | 1180,0 | 0,9407 | 0,0593 |
| 40000 | 67,0 | 100 | 970,0 | 31,5 | 2 | 55,0 | 1025,0 | 0,9463 | 0,0537 |
| 50000 | 68,0 | 100 | 930,0 | 13,5 | - | 47,5 | 977,5 | 0,9514 | 0,0486 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

 $e = 1 \text{ mm}$ $\Delta z = 20 \text{ cm}$

| Re | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0356 | 0,0157 | 0,0092 | 0,0107 |
| | 0,0431 | 0,0188 | 0,0092 | 0,0089 |
| | 0,0450 | | 0,0071 | 0,0091 |
| Médias Parciais | 0,0412 | 0,0172 | 0,0085 | 0,0096 |
| | 0,0203 | 0,0222 | 0,0071 | 0,0098 |
| | 0,0228 | 0,0154 | 0,0081 | 0,0097 |
| | 0,0256 | 0,0204 | 0,0101 | 0,0075 |
| Médias Parciais | 0,0229 | 0,0194 | 0,0084 | 0,0090 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

$e = 1 \text{ mm}$

$\Delta z = 30 \text{ cm}$

| Re | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 | 50000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0463 | 0,0207 | 0,0158 | 0,0118 | 0,0084 |
| | 0,0365 | 0,0196 | 0,0162 | 0,0107 | 0,0068 |
| | 0,0300 | 0,0144 | 0,0158 | 0,0103 | 0,0058 |
| Médias Parciais | 0,0376 | 0,0183 | 0,0159 | 0,0109 | 0,0070 |
| | 0,0269 | 0,0195 | 0,0151 | 0,0145 | 0,0145 |
| | 0,0300 | 0,0203 | 0,0089 | 0,0159 | 0,0154 |
| | 0,0407 | 0,0235 | 0,0102 | 0,0150 | 0,0153 |
| Médias Parciais | 0,0325 | 0,0212 | 0,0114 | 0,0151 | 0,0151 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

e = 1 mm

 $\Delta z = 40 \text{ cm}$

| Re | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 | 50000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0466 | 0,0327 | 0,0274 | 0,0275 | 0,0236 |
| | 0,0480 | 0,0356 | 0,0267 | 0,0272 | 0,0250 |
| | 0,0519 | 0,0361 | 0,0293 | 0,0274 | 0,0249 |
| Médias Parciais | 0,0488 | 0,0348 | 0,0278 | 0,0274 | 0,0245 |
| | 0,0576 | 0,0362 | 0,0287 | 0,0286 | 0,0245 |
| | 0,0552 | 0,0363 | 0,0276 | 0,0291 | 0,0247 |
| | 0,0558 | 0,0348 | 0,0318 | 0,0300 | 0,0252 |
| Médias Parciais | 0,0562 | 0,0358 | 0,0294 | 0,0292 | 0,0248 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

e = 1 mm

 $\Delta z = 60$ cm

| Re | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 | 50000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0486 | 0,0366 | 0,0298 | 0,0323 | 0,0332 |
| | 0,0477 | 0,0376 | 0,0309 | 0,0318 | 0,0325 |
| | 0,0489 | 0,0359 | 0,0331 | 0,0320 | 0,0326 |
| Médias Parciais | 0,0484 | 0,0367 | 0,0313 | 0,0320 | 0,0328 |
| | 0,0442 | 0,0334 | 0,0319 | 0,0307 | |
| | 0,0454 | 0,0328 | 0,0305 | 0,0316 | |
| | 0,0480 | 0,0346 | 0,0324 | 0,0308 | |
| Médias Parciais | 0,0458 | 0,0335 | 0,0316 | 0,0310 | |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

$e = 1 \text{ mm}$

$\Delta z = 80 \text{ cm}$

| Re | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 | 50000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0409 | 0,0320 | 0,0339 | 0,0282 | 0,0303 |
| | 0,0482 | 0,0347 | 0,0337 | 0,0276 | 0,0267 |
| | 0,0437 | 0,0383 | 0,0332 | 0,0280 | 0,0262 |
| Médias Parciais | 0,0443 | 0,0350 | 0,0336 | 0,0279 | 0,0277 |
| | 0,0424 | 0,0362 | 0,0321 | 0,0310 | 0,0333 |
| | 0,0437 | 0,0337 | 0,0331 | 0,0316 | 0,0308 |
| | 0,0430 | 0,0341 | 0,0333 | 0,0302 | 0,0319 |
| Médias Parciais | 0,0431 | 0,0347 | 0,0328 | 0,0309 | 0,0320 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTECRADO

$e = 1 \text{ mm}$
 $\Delta z = 80 \text{ cm}$

| Re | 15000 | 25000 | 35000 | 45000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0368 | 0,0343 | 0,0277 | 0,0274 |
| | 0,0369 | 0,0364 | 0,0266 | 0,0236 |
| | 0,0352 | 0,0336 | 0,0222 | 0,0251 |
| Médias Parciais | 0,0363 | 0,0348 | 0,0255 | 0,0254 |
| | 0,0317 | 0,0347 | 0,0393 | 0,0293 |
| | 0,0335 | 0,0343 | 0,0338 | 0,0311 |
| | 0,0338 | 0,0319 | 0,0347 | 0,0292 |
| Médias Parciais | 0,0330 | 0,0336 | 0,0357 | 0,0299 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

e = 3 mm

 $\Delta z = 80$ cm

| Re | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 | 50000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0190 | 0,0202 | 0,0145 | 0,0162 | 0,0111 |
| | 0,0204 | 0,0191 | 0,0175 | 0,0159 | 0,0112 |
| | 0,0199 | 0,0186 | 0,0147 | | 0,0114 |
| Médias Parciais | 0,0198 | 0,0193 | 0,0156 | 0,0160 | 0,0112 |
| | 0,0172 | 0,0189 | 0,0172 | 0,0115 | 0,0139 |
| | 0,0168 | 0,0175 | 0,0156 | 0,0157 | 0,0141 |
| | 0,0185 | 0,0188 | 0,0171 | 0,0138 | 0,0139 |
| Médias Parciais | 0,0175 | 0,0184 | 0,0166 | 0,0137 | 0,0139 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

e = 3 mm

 $\Delta z = 80$ cm

| Re | 15000 | 25000 | 35000 | 45000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0175 | 0,0134 | 0,0133 | 0,0152 |
| | 0,0177 | 0,0128 | 0,0144 | 0,0103 |
| | 0,0160 | 0,0137 | 0,0139 | 0,0115 |
| Médias Parciais | 0,0164 | 0,0133 | 0,0139 | 0,0124 |
| | 0,0186 | 0,0173 | | 0,0144 |
| | 0,0177 | 0,0160 | | 0,0135 |
| | 0,0196 | 0,0179 | | 0,0152 |
| Médias Parciais | 0,0186 | 0,0171 | | 0,0144 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

e = 5 mm

 $\Delta z = 20$ cm

| Re | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 | 50000 |
|-----------------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | 0,0081 | 0,0101 | 0,0144 | 0,0084 | 0,0097 |
| | 0,0088 | 0,0129 | 0,0158 | 0,0073 | 0,0084 |
| | 0,0086 | 0,0088 | * 0,0117 | 0,0084 | 0,0079 |
| | 0,0093 | | 0,0162 | 0,0086 | 0,0080 |
| | 0,0088 | | 0,0122 | 0,0114 | 0,0080 |
| Médias Parciais | 0,0087 | 0,011 | 0,0141 | 0,0088 | 0,0084 |
| | 0,0082 | | 0,0084 | 0,0072 | 0,0088 |
| | 0,0077 | | 0,0101 | 0,0080 | 0,0087 |
| | 0,0097 | | 0,0078 | 0,0080 | 0,0087 |
| Médias Parciais | 0,0086 | | 0,0087 | 0,0078 | 0,0087 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

e = 5 mm

$\Delta z = 30$ cm

| Re | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 | 50000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0143 | 0,0097 | 0,0080 | 0,0065 | 0,0084 |
| | 0,0165 | 0,0096 | 0,0081 | 0,0074 | 0,0084 |
| | 0,0151 | 0,0095 | 0,0079 | 0,0080 | 0,0082 |
| Médias Parciais | 0,0151 | 0,0096 | 0,0080 | 0,0073 | 0,0083 |
| | | 0,0083 | 0,0084 | 0,0085 | 0,0045 |
| | | 0,0093 | 0,0085 | 0,0086 | 0,0057 |
| | | 0,0093 | 0,0100 | 0,0086 | 0,0057 |
| Médias Parciais | | 0,0090 | 0,0089 | 0,0086 | 0,0053 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

e = 5 mm

$\Delta z = 40$ cm

| Re | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 | 50000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0109 | 0,0114 | 0,0095 | 0,0080 | 0,0099 |
| | 0,0101 | 0,0114 | 0,0119 | 0,0105 | 0,0106 |
| | 0,0115 | 0,0111 | 0,0095 | 0,0082 | 0,0101 |
| Médias Parciais | 0,0109 | 0,0113 | 0,0103 | 0,0089 | 0,0102 |
| | 0,0125 | 0,0123 | 0,0081 | 0,0092 | 0,0103 |
| | 0,0113 | 0,0111 | 0,0083 | 0,0091 | 0,0097 |
| | 0,0107 | 0,0110 | 0,0073 | 0,0089 | 0,0099 |
| Médias Parciais | 0,0115 | 0,0115 | 0,0079 | 0,0091 | 0,0100 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

e = 5 mm

$\Delta z = 60$ cm

| Re | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 | 50000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0104 | 0,0113 | 0,0104 | 0,0131 | 0,0106 |
| | 0,0127 | 0,0099 | 0,0104 | 0,0104 | 0,0096 |
| | 0,0123 | 0,0115 | 0,0101 | 0,0098 | 0,0104 |
| Médias Parciais | 0,0118 | 0,0109 | 0,0103 | 0,0111 | 0,0102 |
| | 0,0134 | 0,0110 | 0,0088 | 0,0103 | 0,0105 |
| | 0,0128 | 0,0133 | 0,0084 | 0,0101 | 0,0101 |
| | 0,0123 | 0,0102 | 0,0093 | 0,0147 | 0,0102 |
| Médias Parciais | 0,0129 | 0,0115 | 0,0089 | 0,0117 | 0,0103 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

e = 5 mm

 $\Delta z = 80$ cm

| Re | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 | 50000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0124 | 0,0116 | 0,0083 | 0,0089 | 0,0088 |
| | 0,0123 | 0,0113 | 0,0086 | 0,0083 | 0,0089 |
| | 0,0119 | 0,0111 | 0,0091 | 0,0081 | 0,0085 |
| Médias Parciais | 0,0122 | 0,0113 | 0,0086 | 0,0085 | 0,0087 |
| | 0,0116 | 0,0108 | 0,0102 | 0,0101 | 0,0083 |
| | 0,0129 | 0,0113 | 0,0110 | 0,0097 | 0,0077 |
| | 0,0113 | 0,0091 | 0,0096 | 0,0108 | 0,0081 |
| Médias Parciais | 0,0119 | 0,0104 | 0,0103 | 0,0102 | 0,0081 |

TABELA Nº 4

COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

e = 5 mm

 $\Delta z = 80$ cm

| Re | 15000 | 25000 | 35000 | 45000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,0099 | 0,0082 | 0,0085 | 0,0066 |
| | 0,0099 | 0,0076 | 0,0093 | 0,0049 |
| | 0,0092 | 0,0081 | 0,0094 | 0,0065 |
| Médias Parciais | 0,0097 | 0,0080 | 0,0091 | 0,0060 |
| | | | 0,0041 | 0,0104 |
| | | | 0,0055 | 0,0093 |
| | | | 0,0061 | 0,0101 |
| Médias Parciais | | | 0,0052 | 0,0099 |

TABELA Nº5

COEFICIENTE DE MISTURA GLOBAL

| Re \ Entreferro (mm) | 1 | 5 |
|----------------------|---------|---------|
| 10000 | 0.04442 | 0.01217 |
| 20000 | 0.03340 | 0.01095 |
| 30000 | 0.03000 | 0.00947 |
| 40000 | 0.02813 | 0.00977 |
| 50000 | 0.02869 | 0.00905 |

TABELA Nº 6

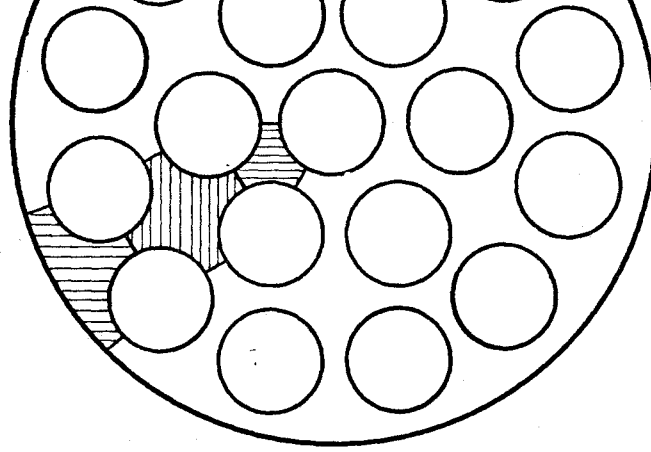
COEFICIENTE DE MISTURA INTEGRADO

 $e = 5 \text{ mm}$

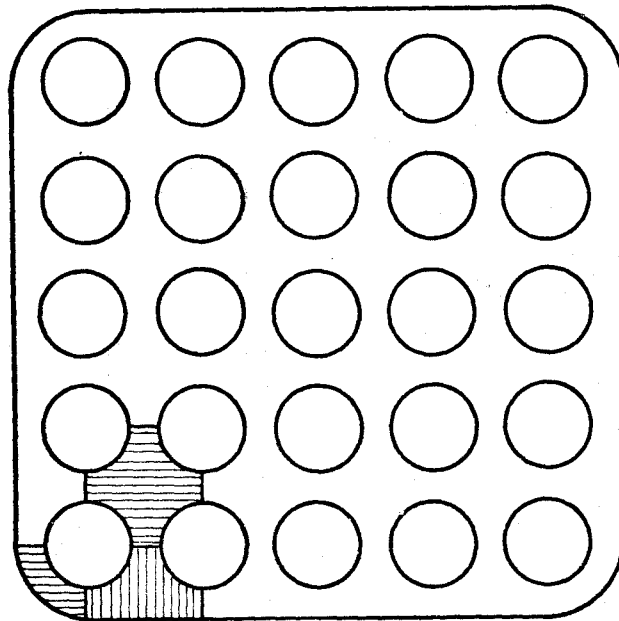
| $\Delta z(\text{cm}) \backslash Re$ | 10000 | 20000 | 30000 | 40000 | 50000 |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 20 | 0,0099 | 0,0124 | 0,0084 | 0,0125 | 0,0091 |
| 40 | 0,0154 | 0,0142 | 0,0123 | 0,0123 | 0,0120 |
| 60 | 0,0070 | 0,0125 | 0,0087 | 0,0101 | 0,0089 |
| 80 | 0,0125 | 0,0109 | 0,0112 | 0,0101 | 0,0091 |

TABELA Nº7
COEFICIENTE DE MISTURA GLOBAL

| Re | Entreferro (mm) | 5 |
|-------|--------------------|---------|
| 10000 | | 0.01130 |
| 20000 | | 0.01280 |
| 30000 | | 0.01205 |
| 40000 | | 0.01050 |
| 50000 | | 0.09040 |



DISPOSIÇÃO EM CORÔA



MALHA DE PASSO QUADRADO

TIPOS DE FEIXES E SUB-CANAIS

FIGURA-1

$$S_{ij} = \frac{\text{VAZÃO ESPECÍFICA DE MASSA TRANSVERSAL}}{\text{VAZÃO ESPECÍFICA DE MASSA LONGITUDINAL}}$$

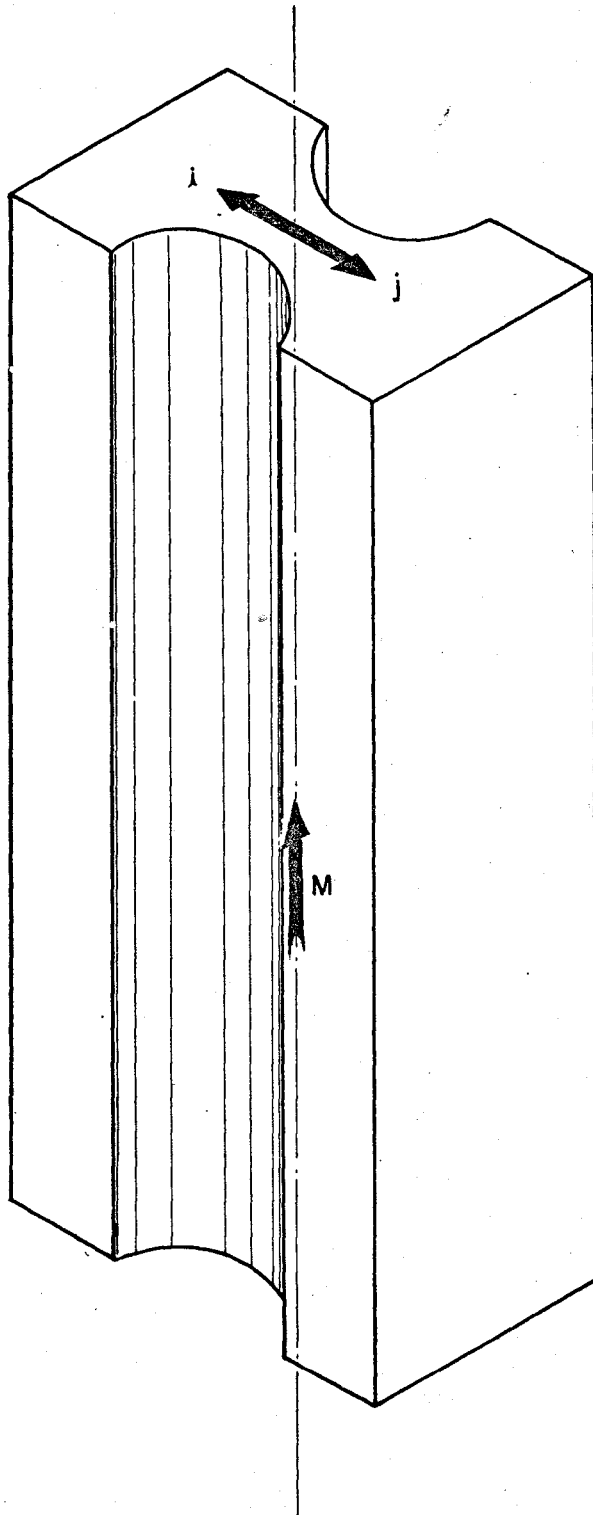
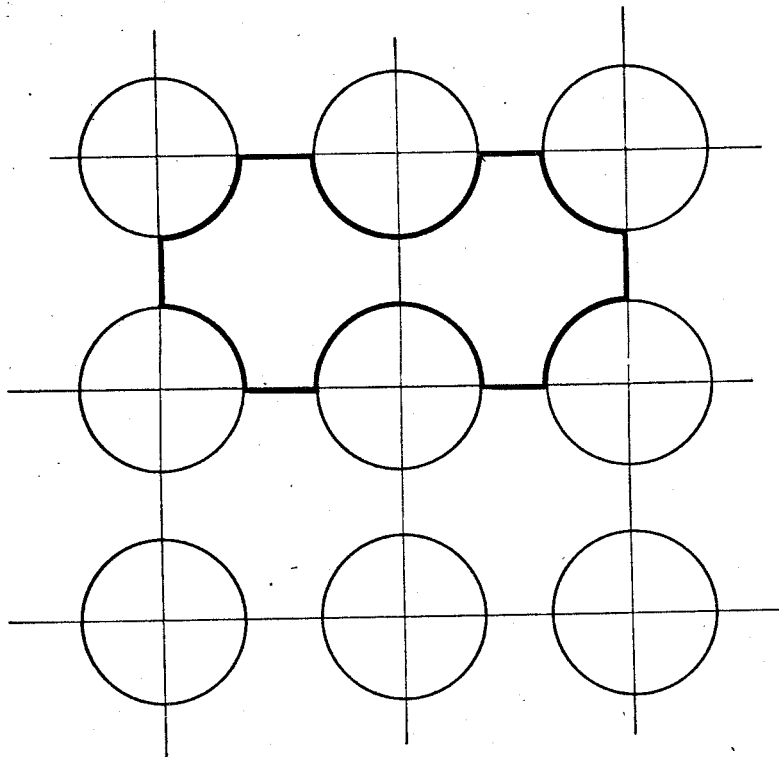


FIGURA-2

GEOMETRIA DE BASE



GEOMETRIA DE BASE SIMPLIFICADA

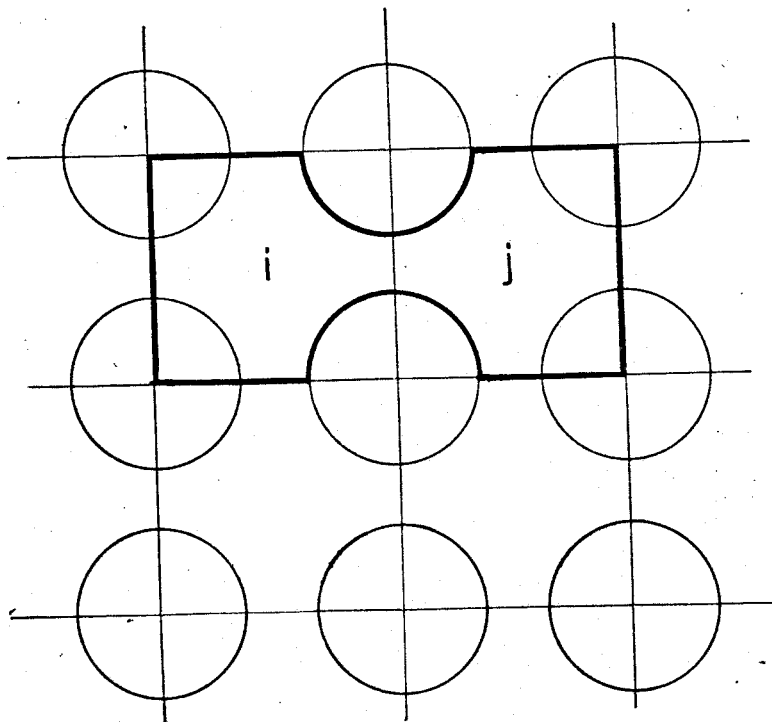
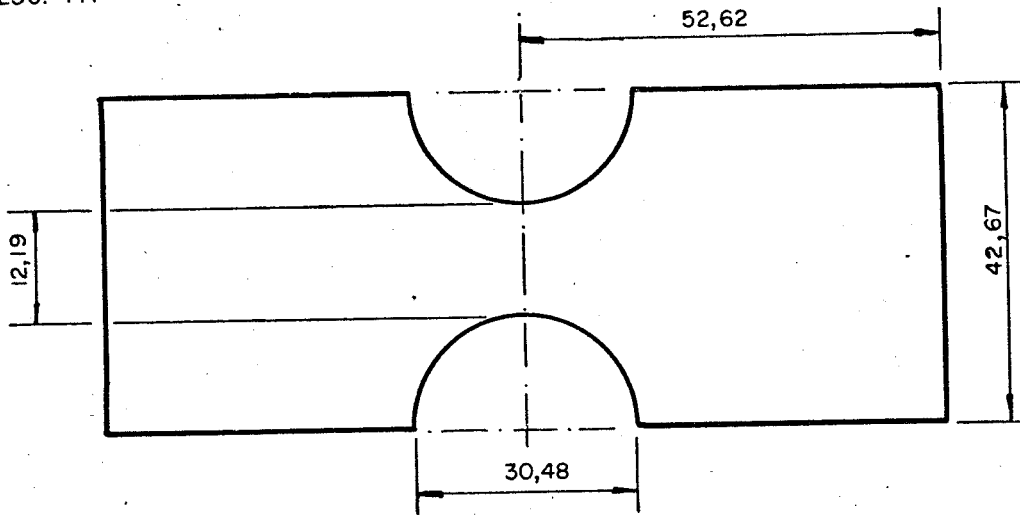
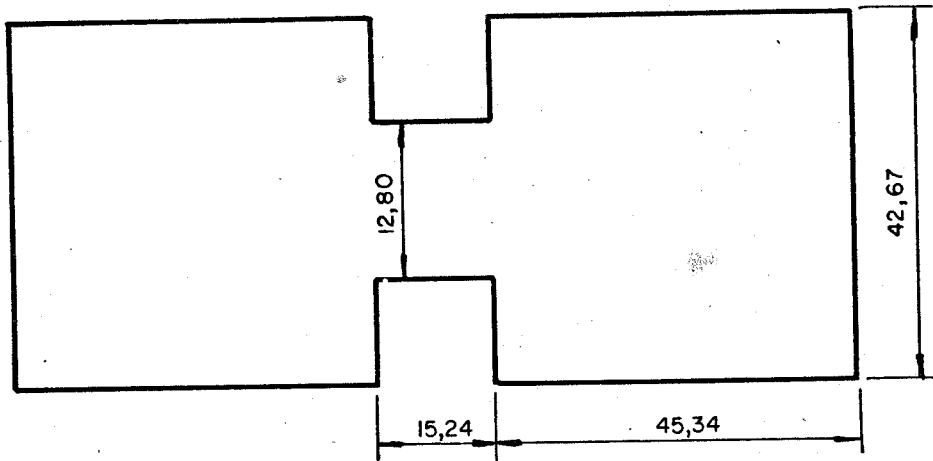


FIGURA-3

ESC. 1:1



ESC. 1:1



ESC. 2:1

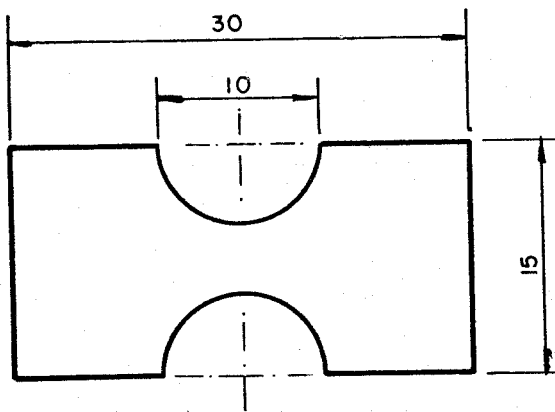


FIGURA-4

DISPOSITIVOS DE INJEÇÃO OU EXTRAÇÃO
DE TRAÇADOR

EM CANAL CIRCULAR

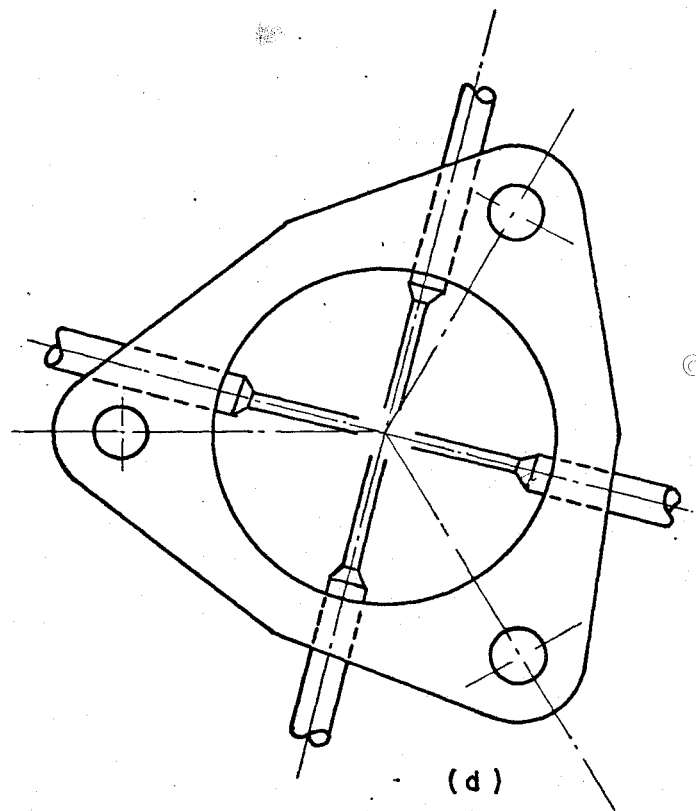
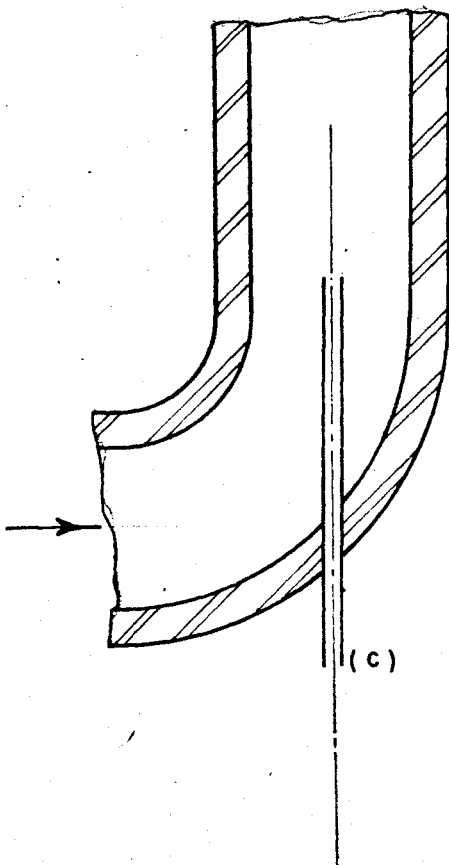
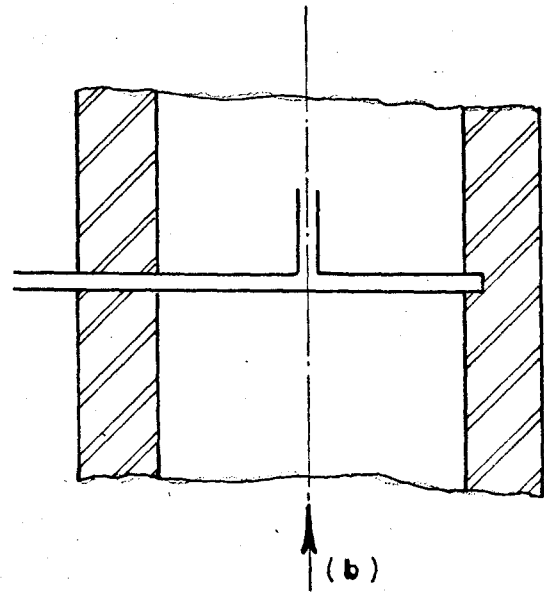
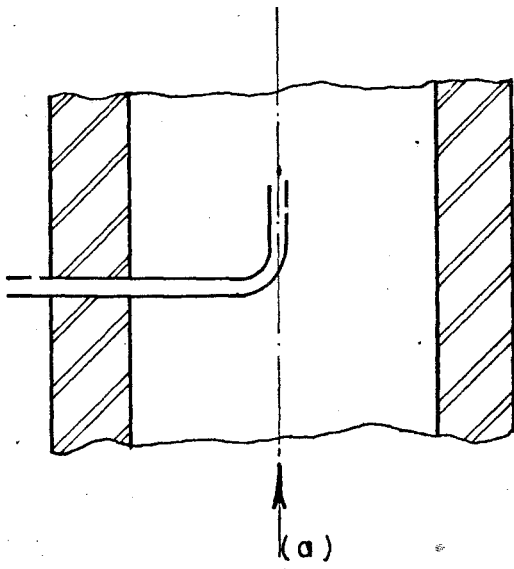
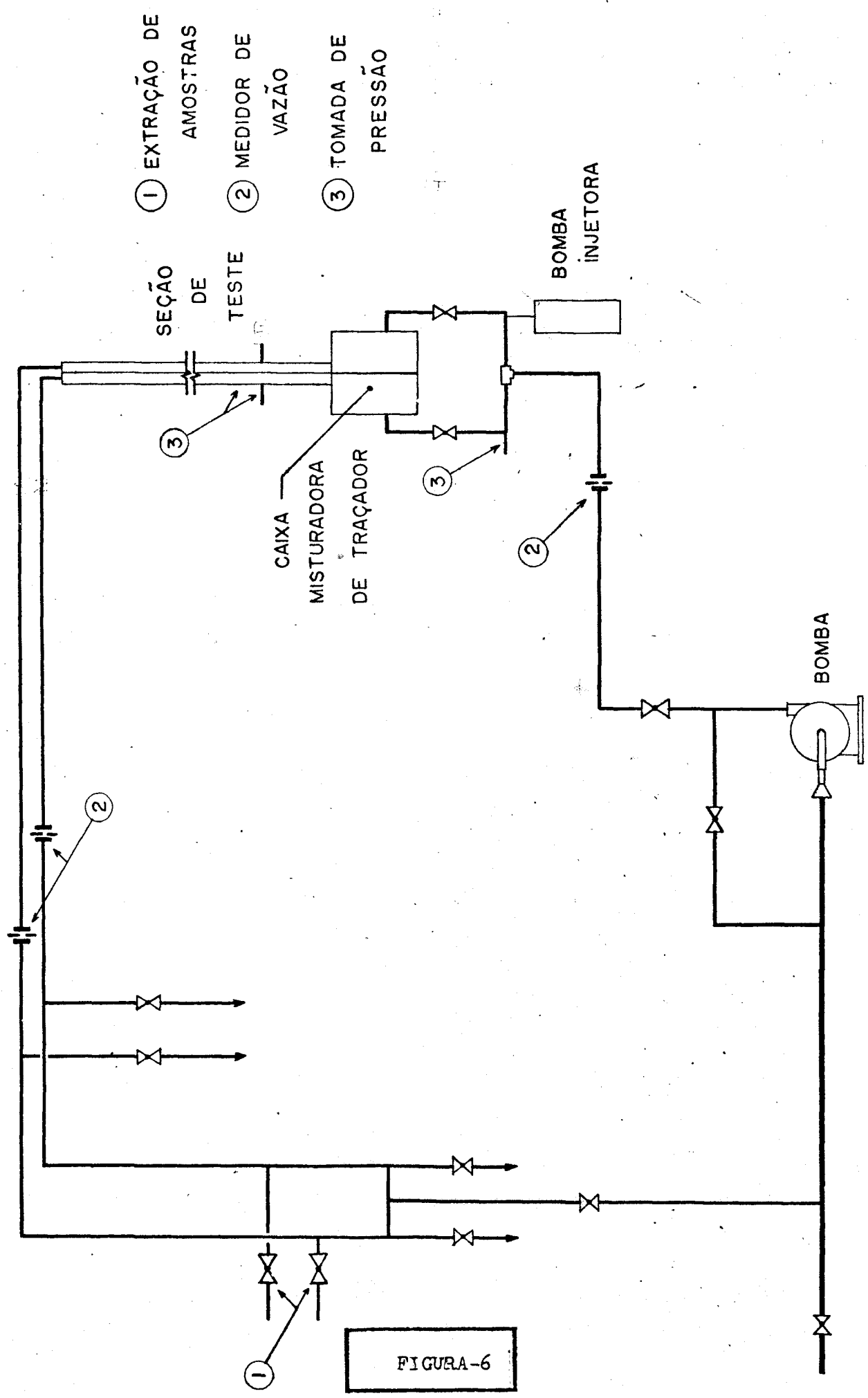


FIGURA-5



- ① EXTRAÇÃO DE AMOSTRAS
- ② MEDIDOR DE VAZÃO
- ③ TOMADA DE PRESSÃO

FIGURA-6

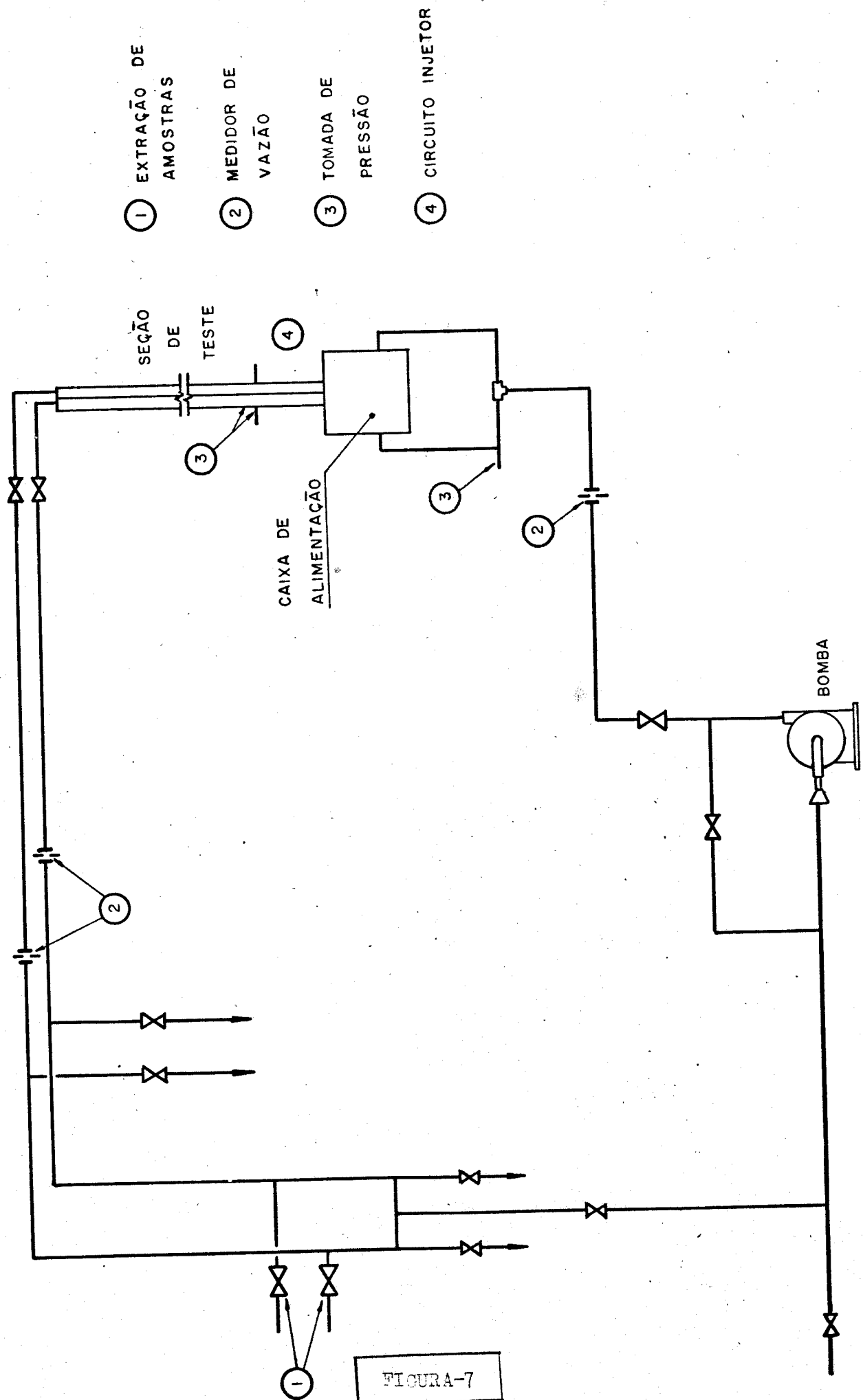
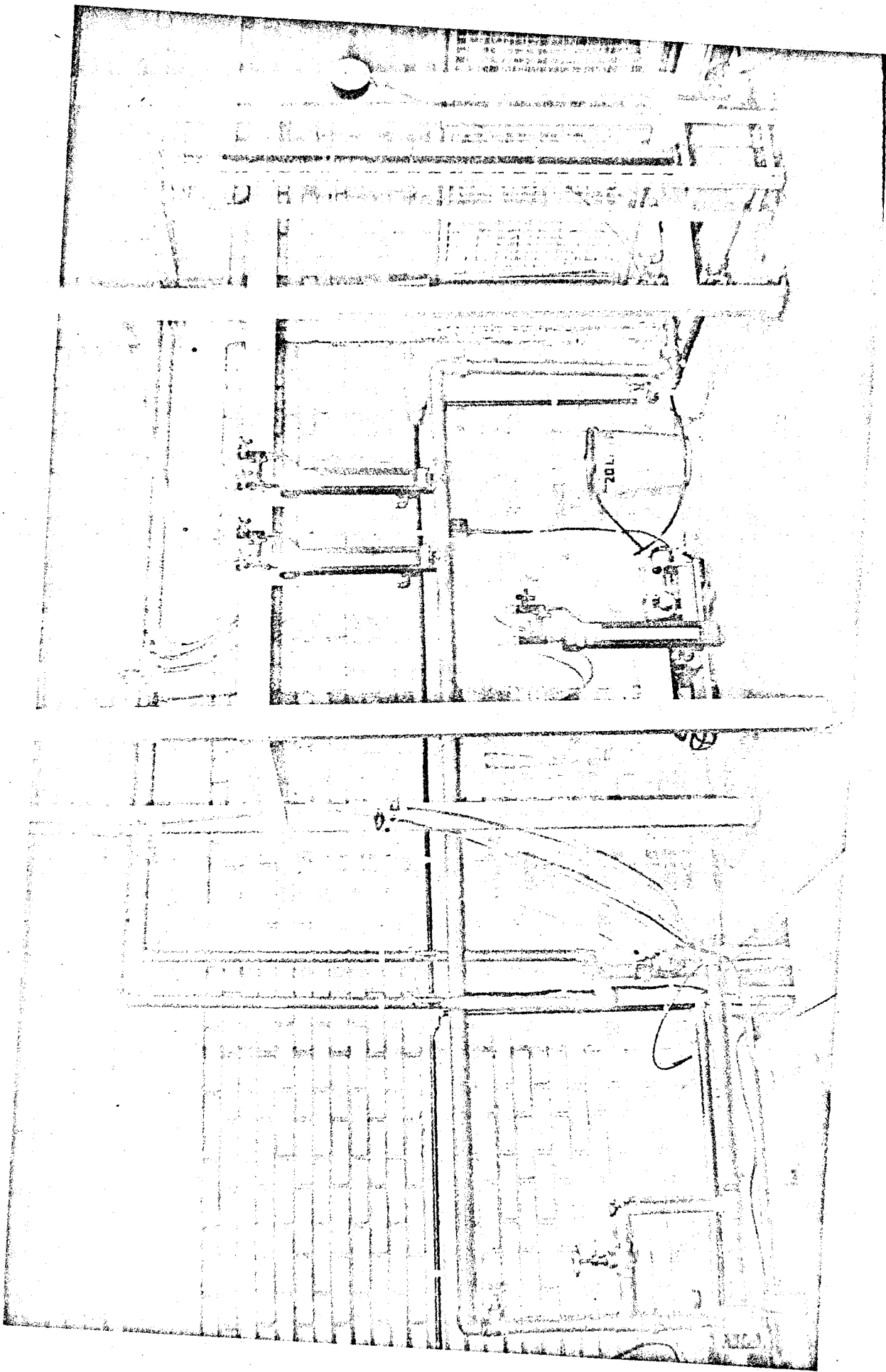


FIGURA-7



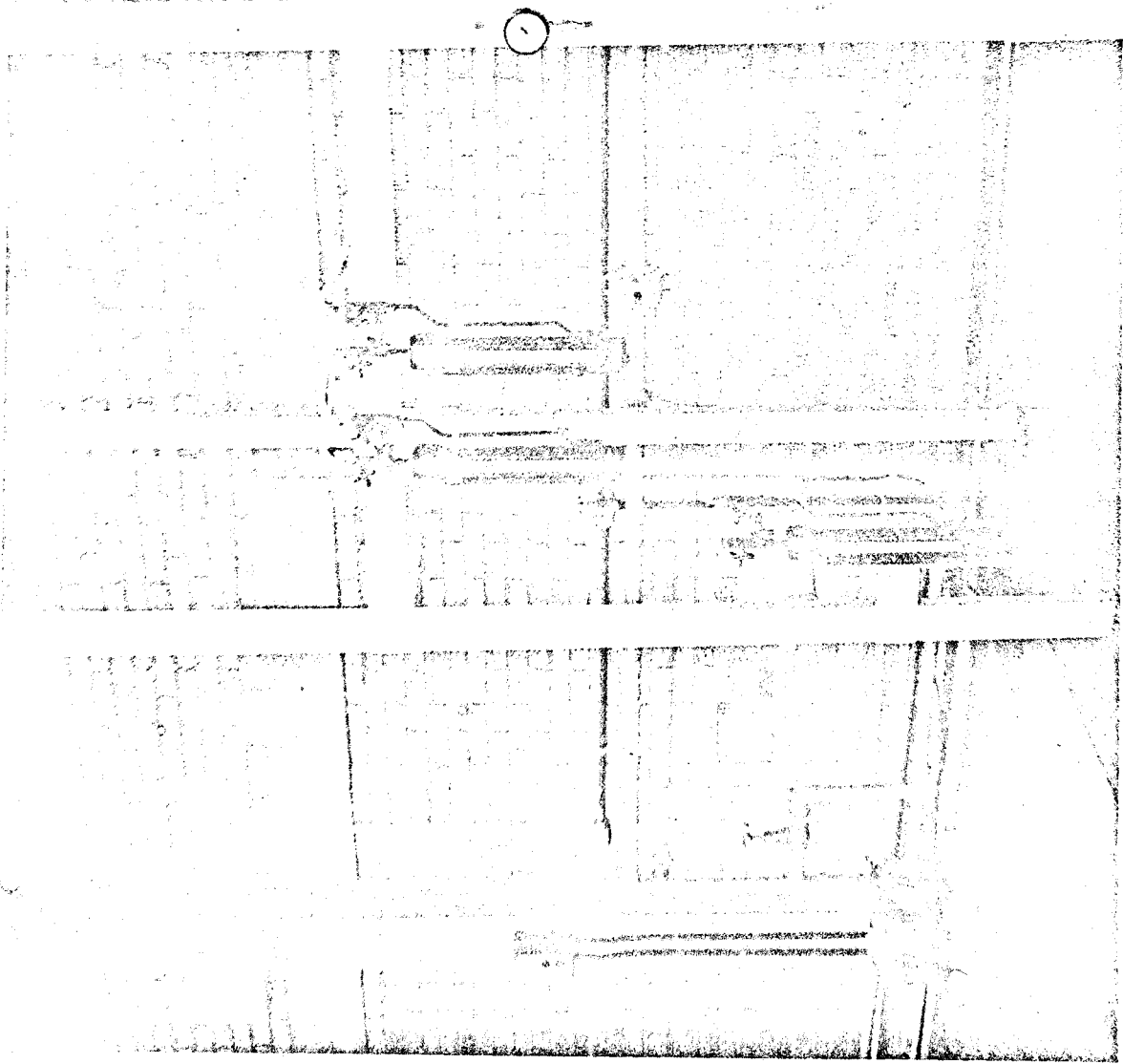


FIGURA -9

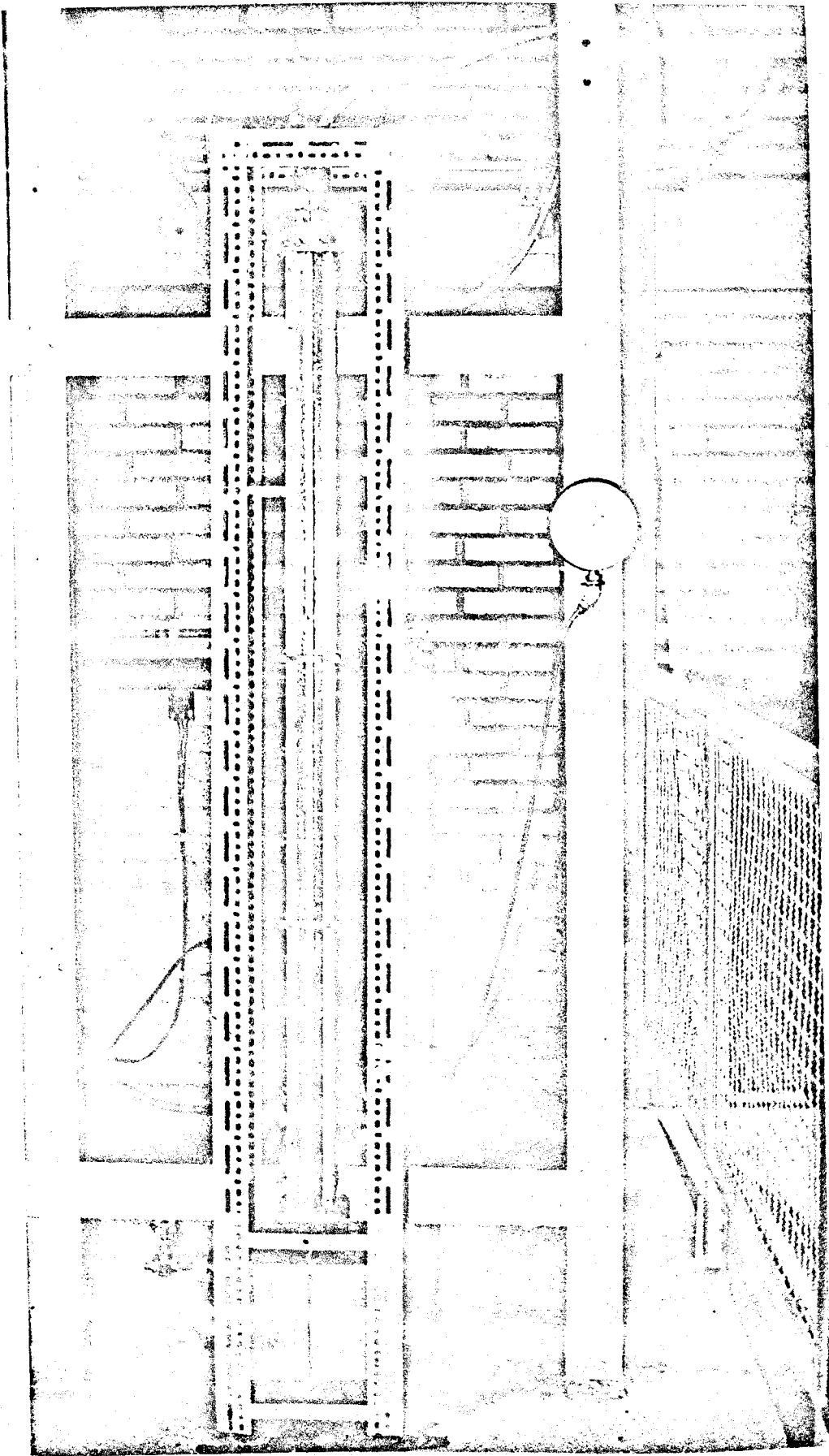
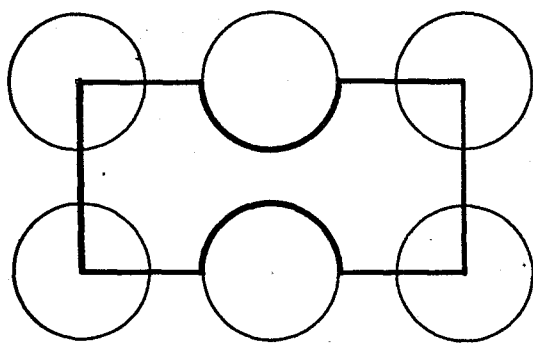
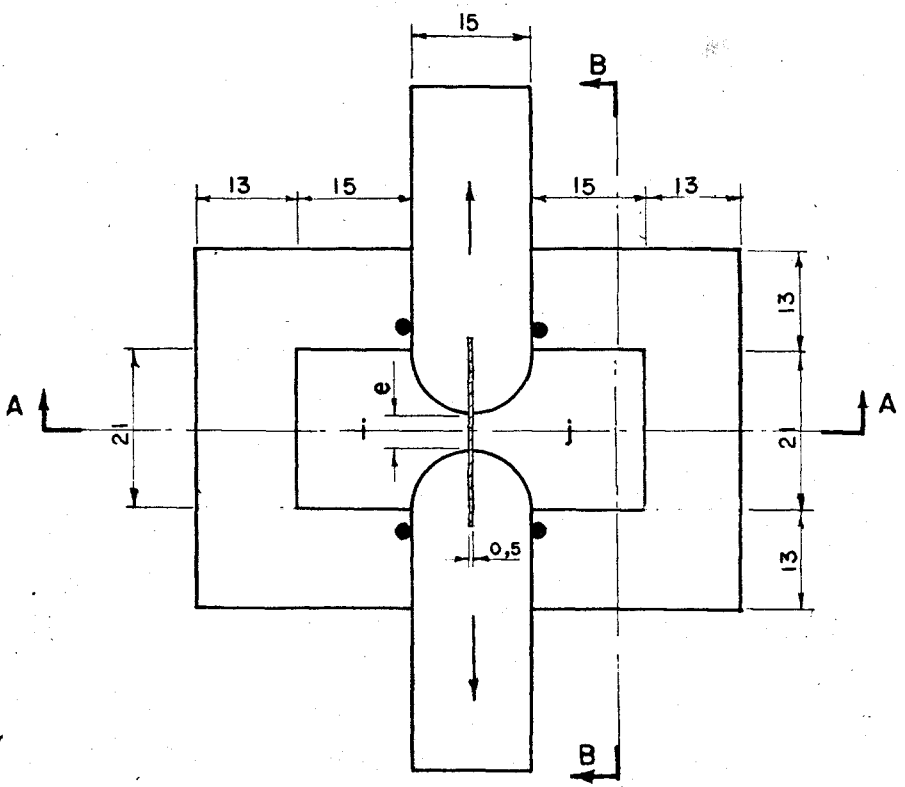


FIGURA-10

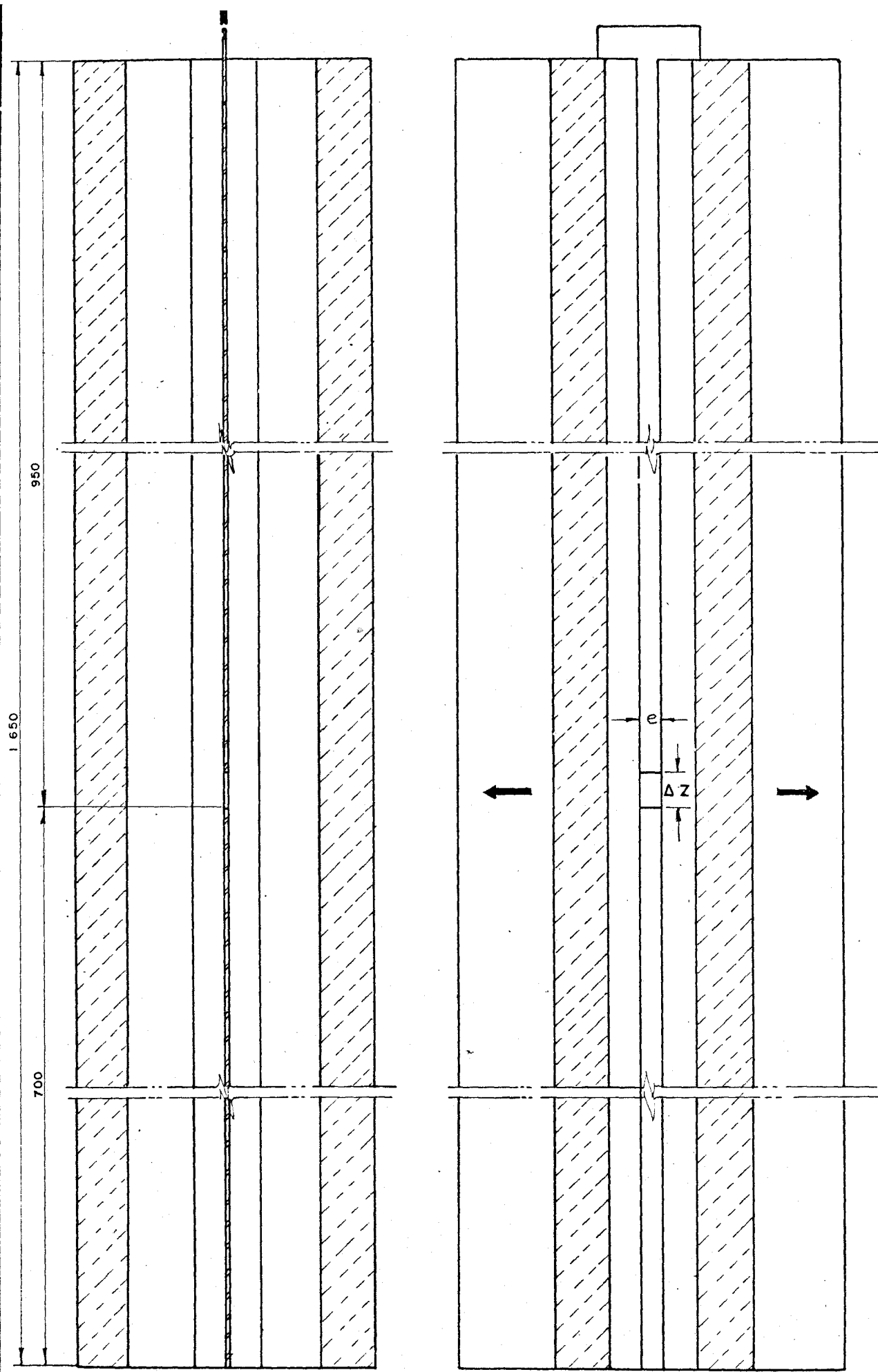


GEOMETRIA DE BASE SIMPLIFICADA.



VISTA TRANSVERSAL DA SEÇÃO DE TESTES

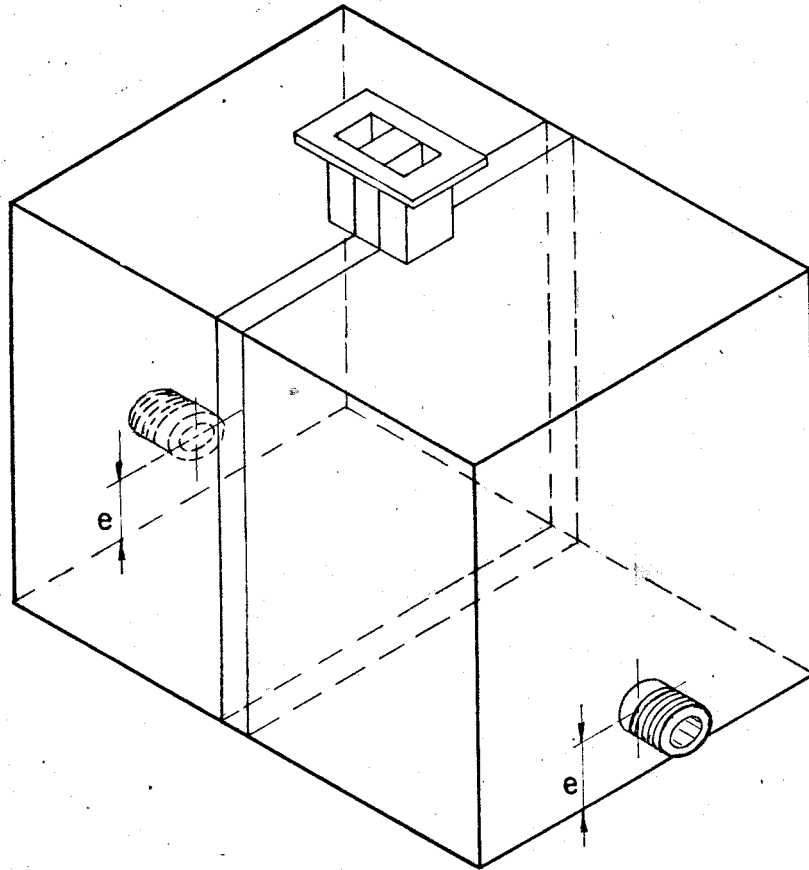
FIGURA-11



CORTE - AA

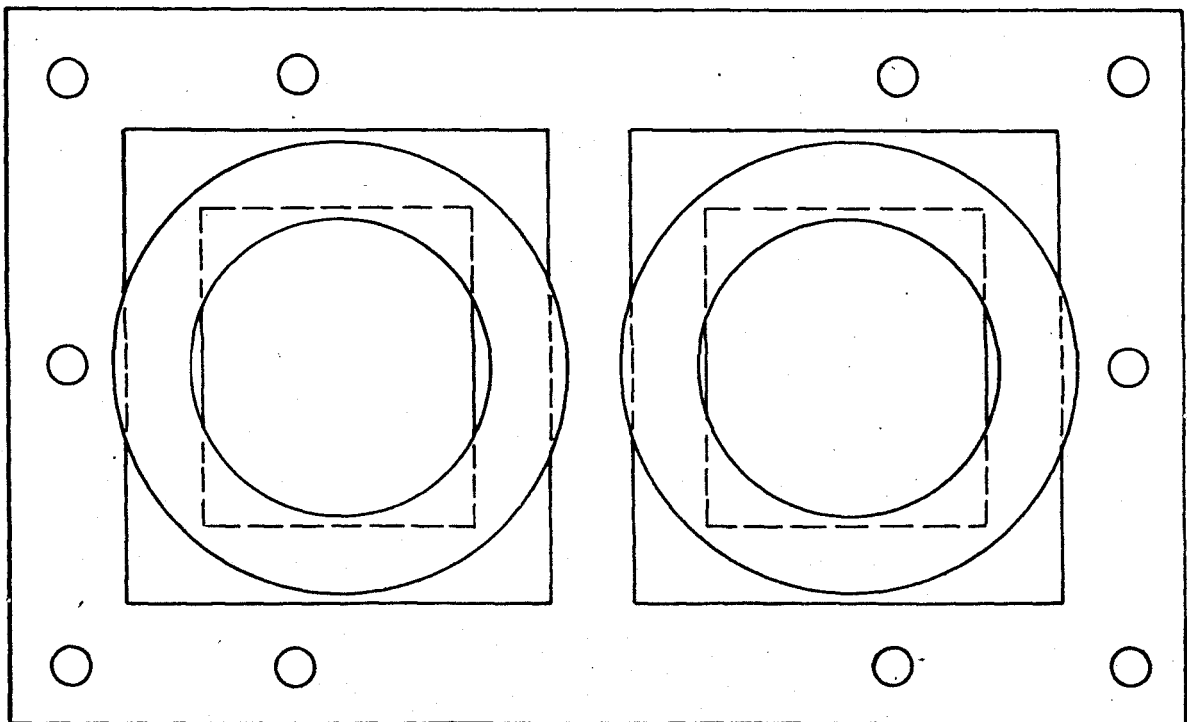
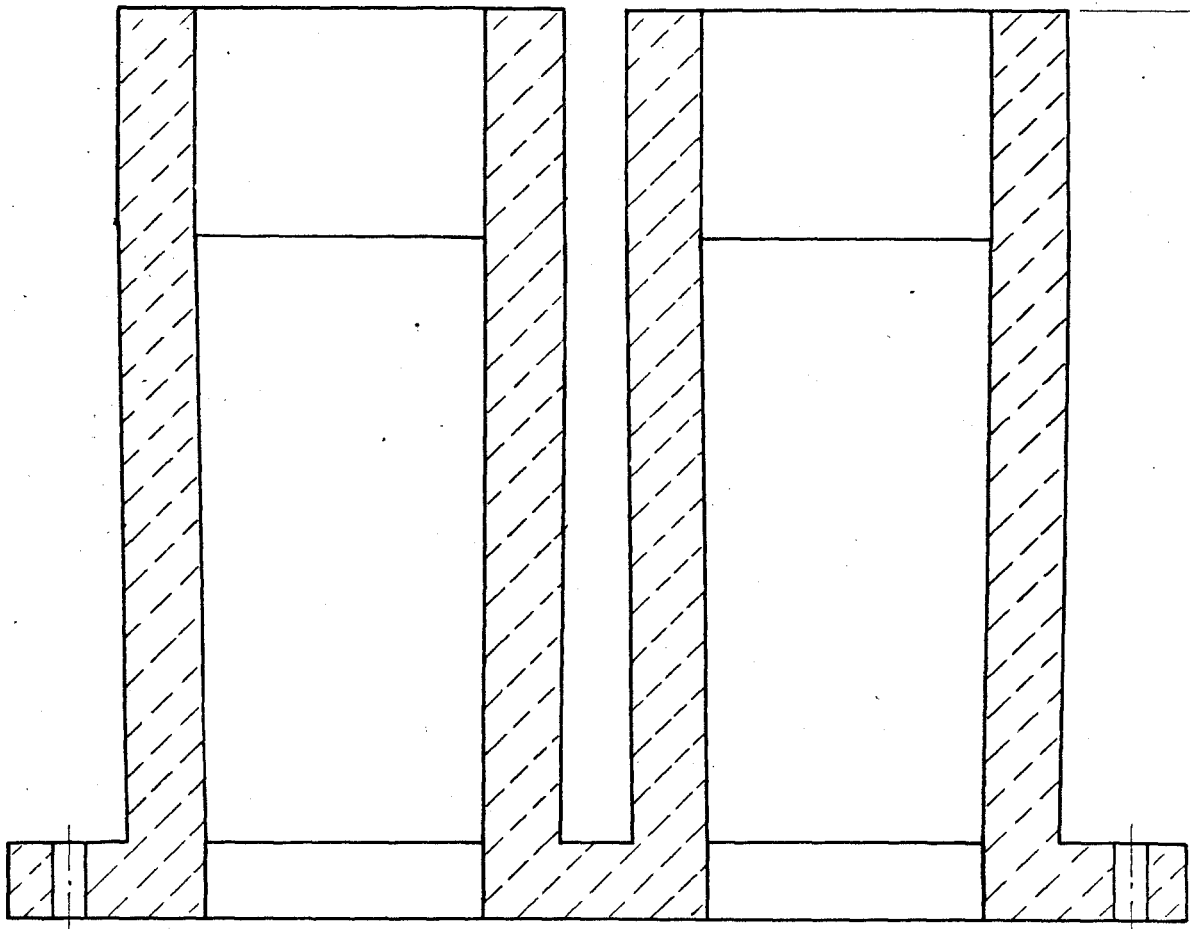
CORTE - BB

FIGURA-12



CAIXA MISTURADORA DE TRAÇADOR NA ÁGUA
EM ESCOAMENTO

FIGURA-13



PEÇA SEPARADORA DE ESCOAMENTO
A SAIDA DA SEÇÃO DE TESTES

FIGURA-14

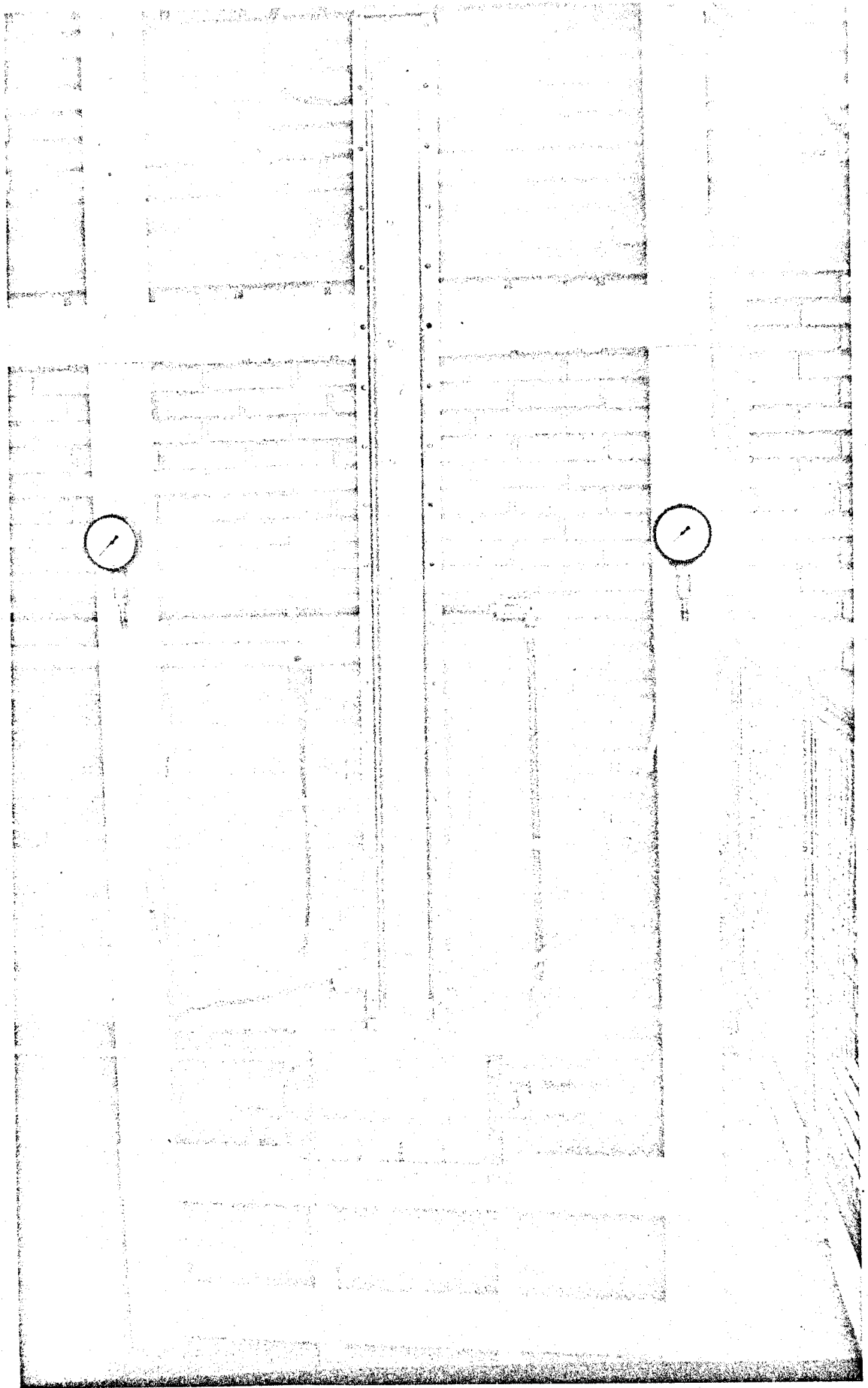


FIGURA-15

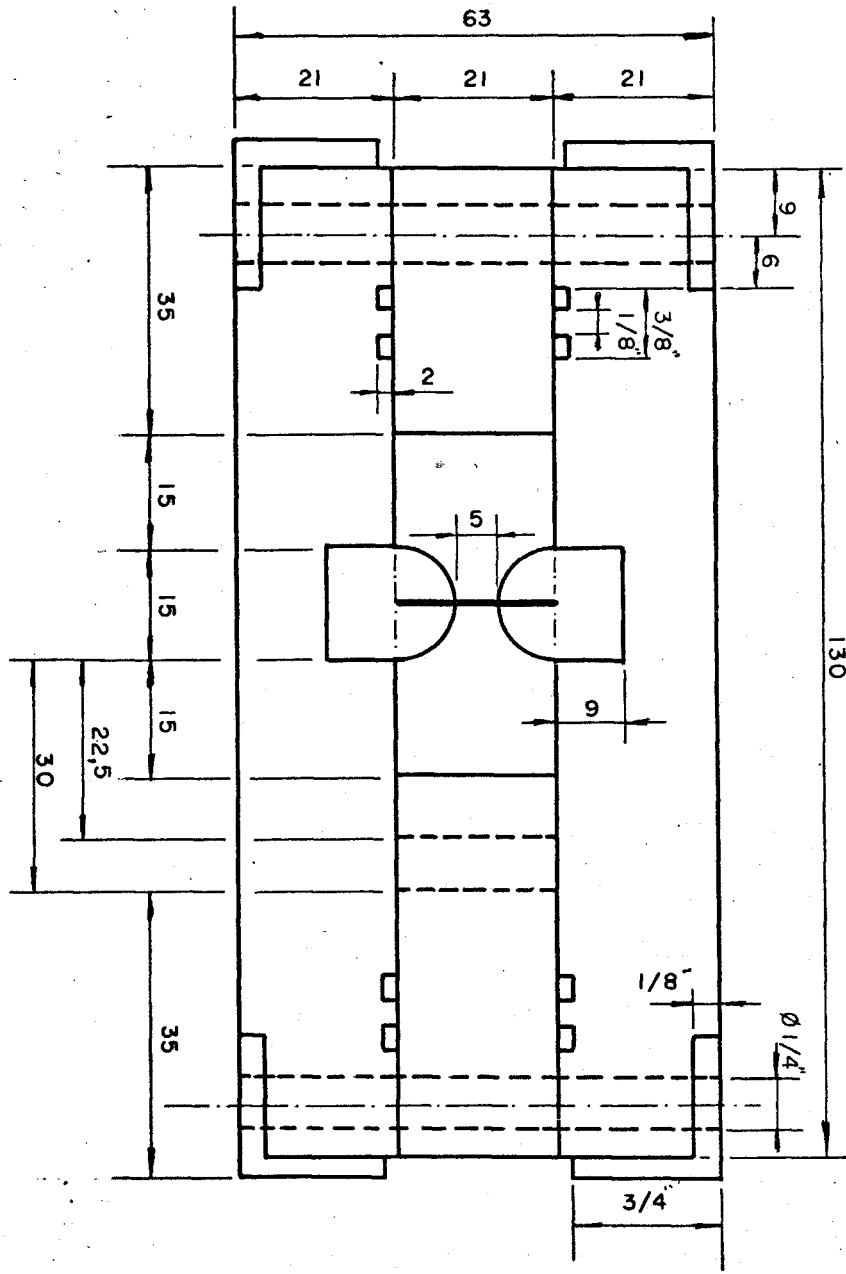


FIGURA-16

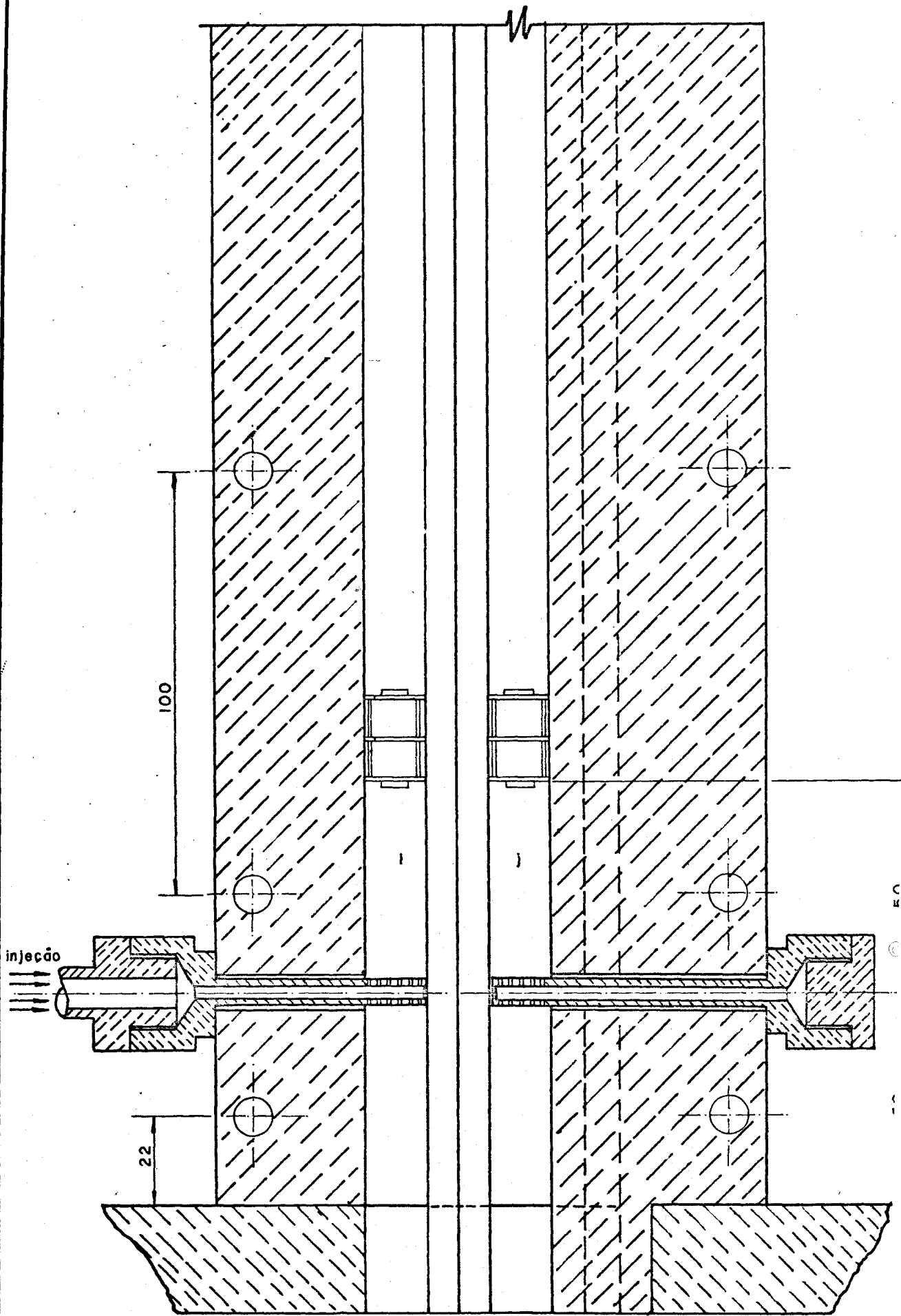


FIGURA-17

ESCALA : 1:1,25

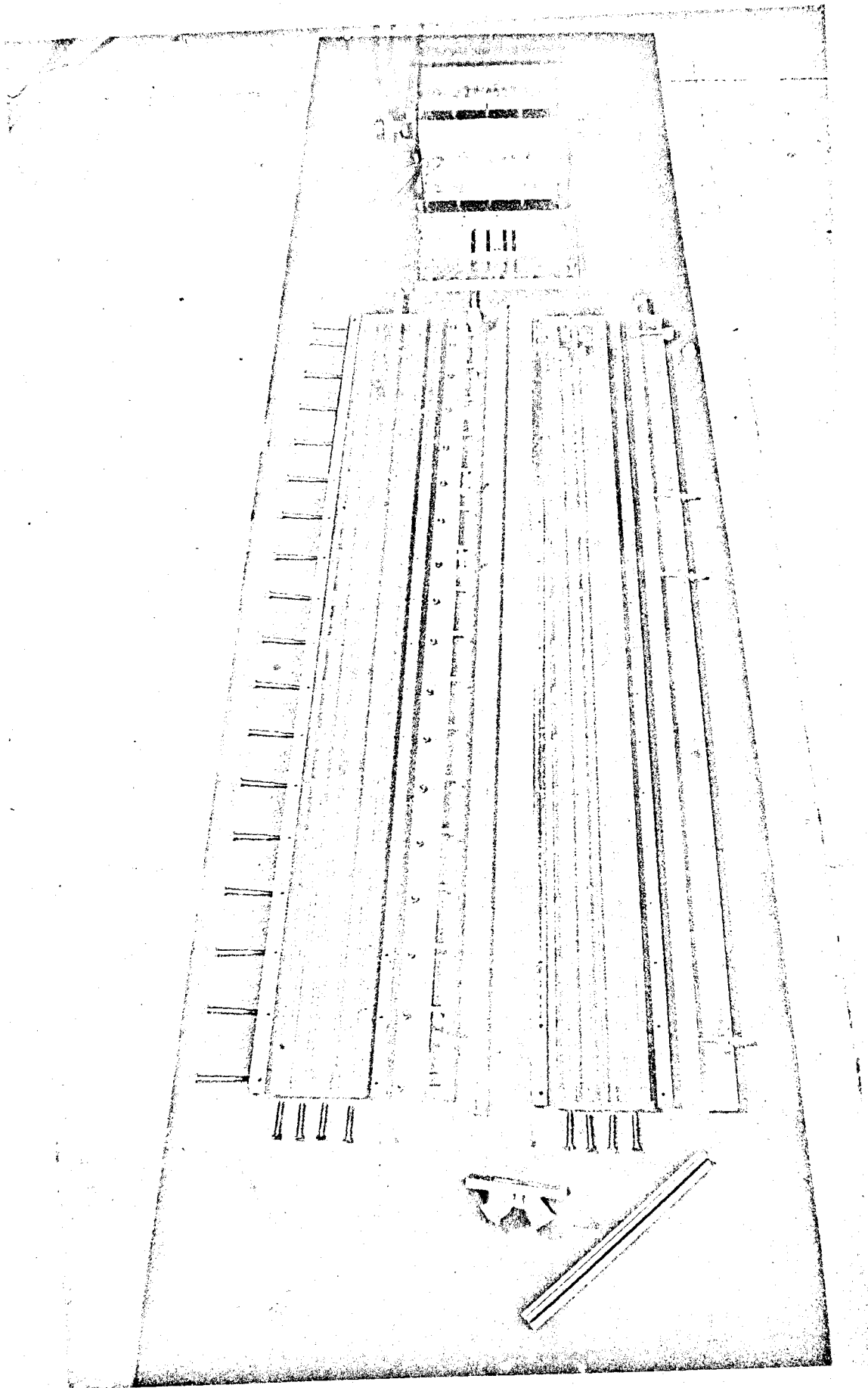


FIGURA-18

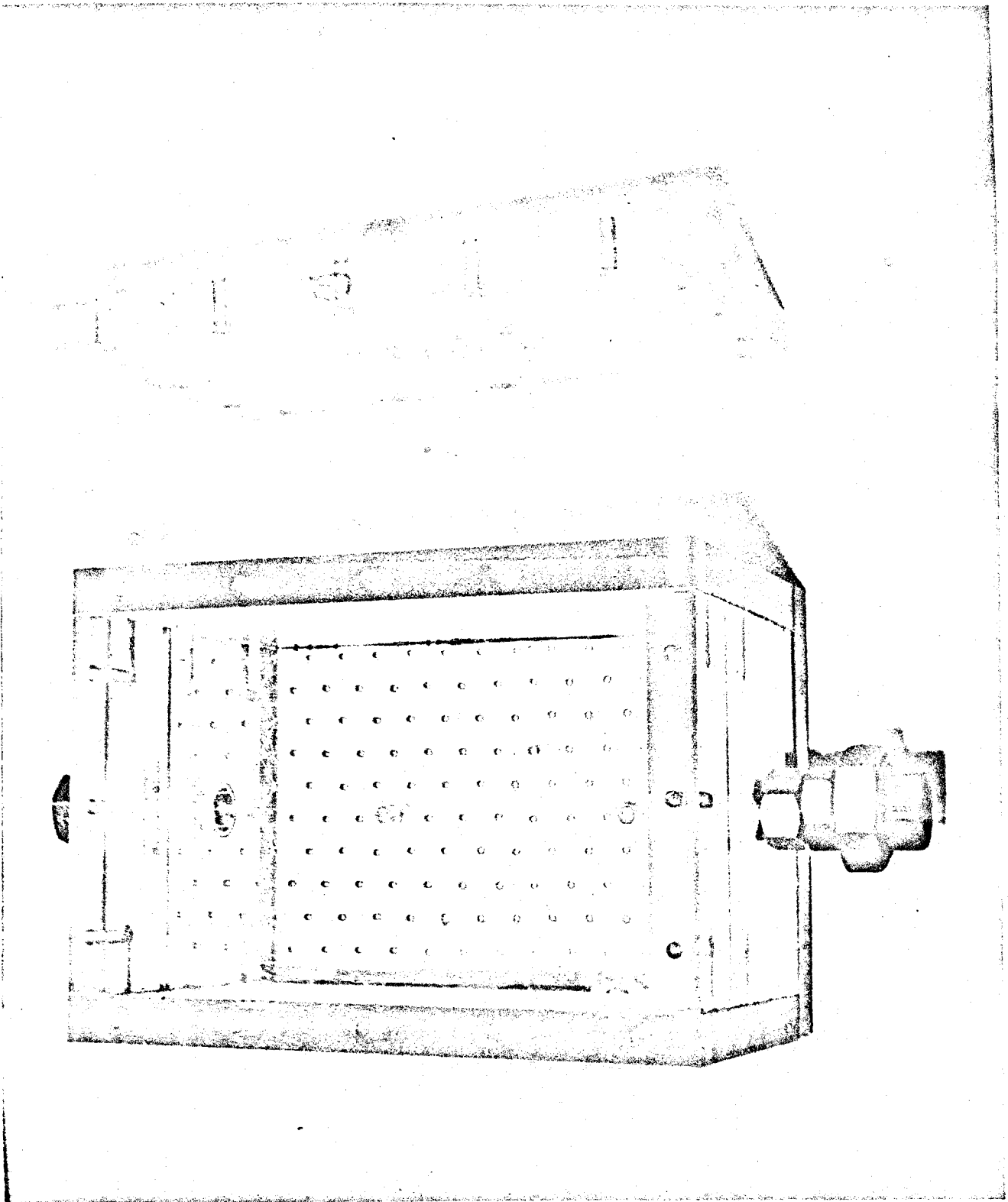


FIGURA-19

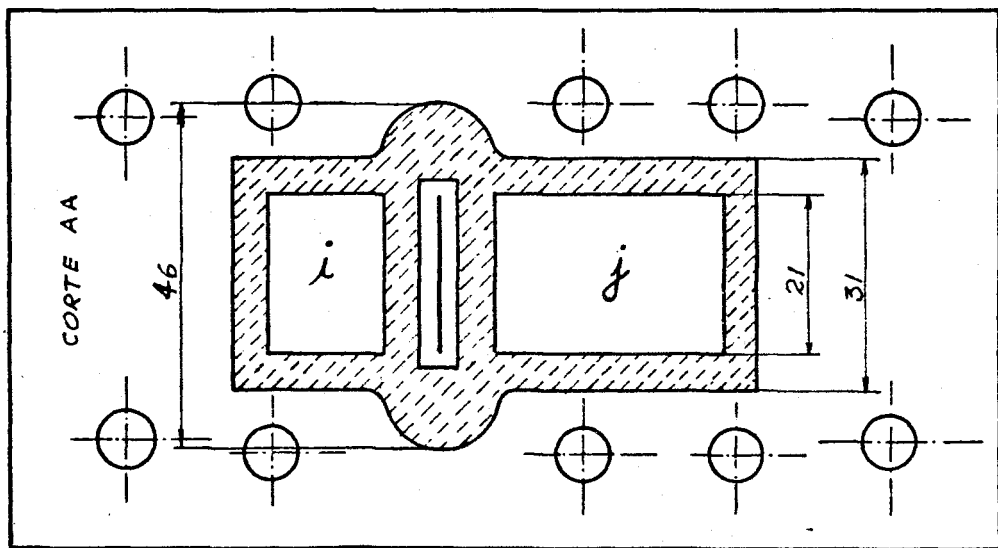
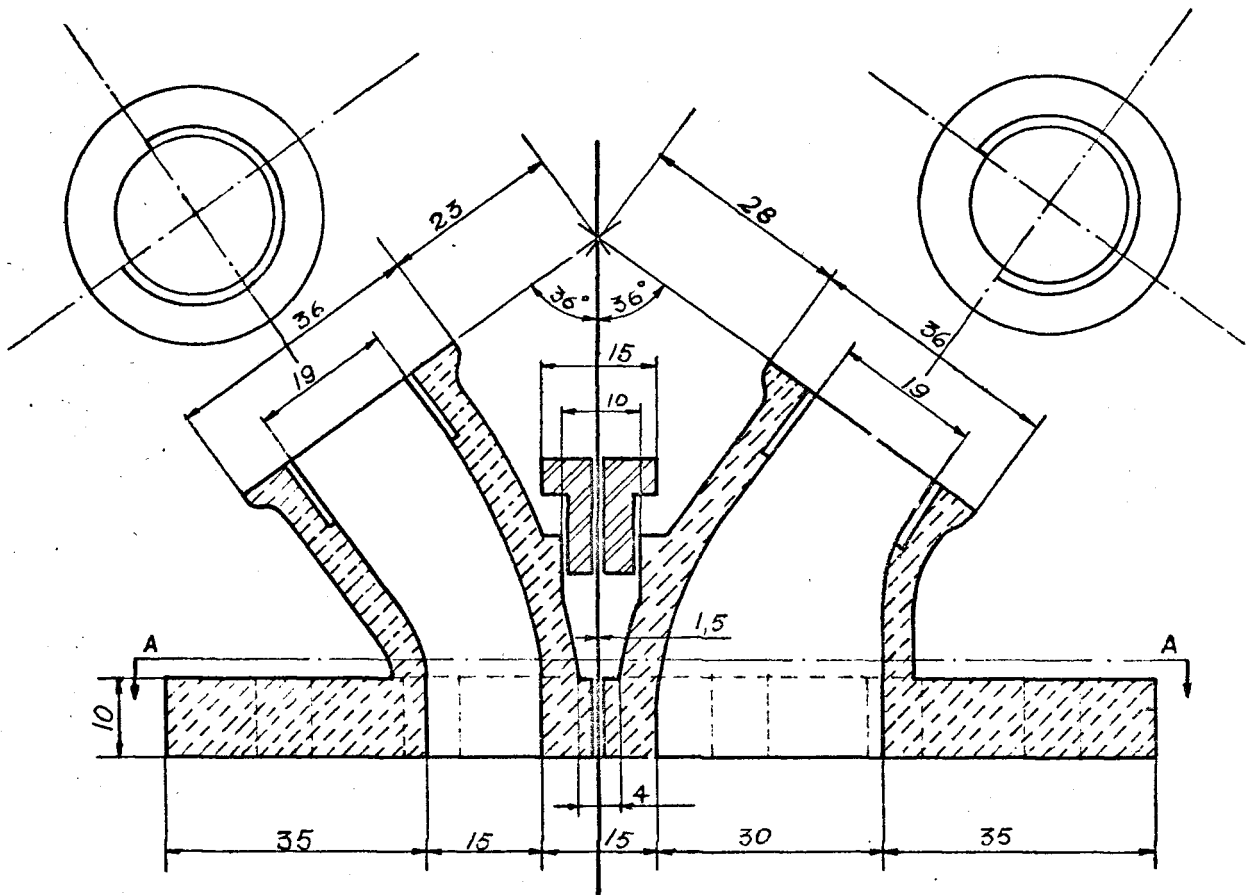


FIGURA-20

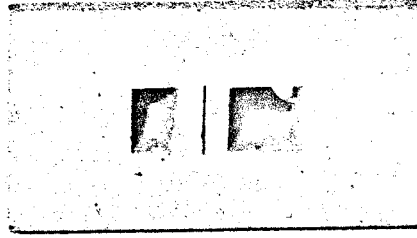
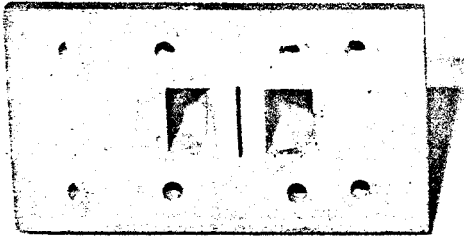
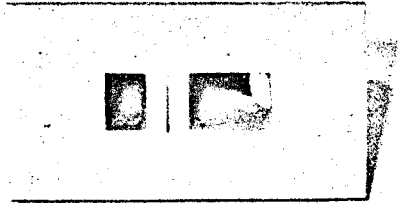
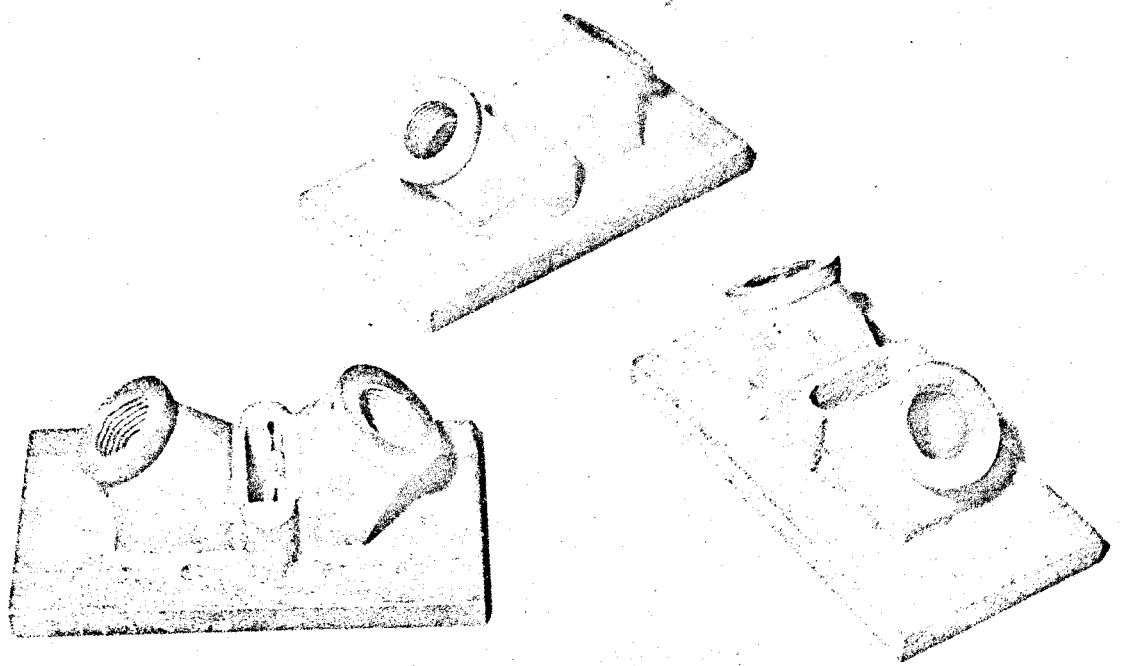


FIGURA-21

ESPECTRO TÍPICO DE UMA SOLUÇÃO DE AZUL DE METILENO EM METILENO

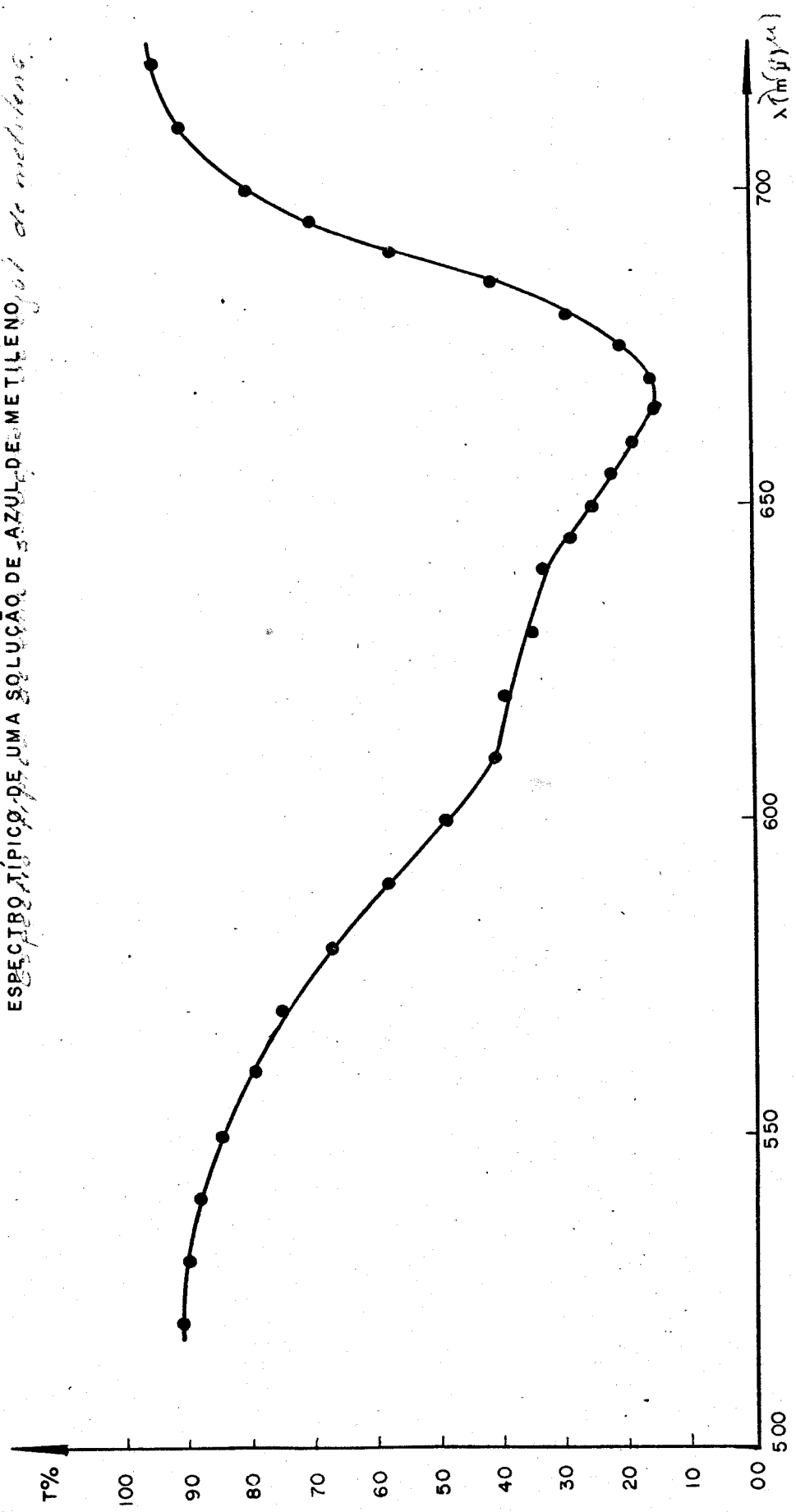


FIGURA-22

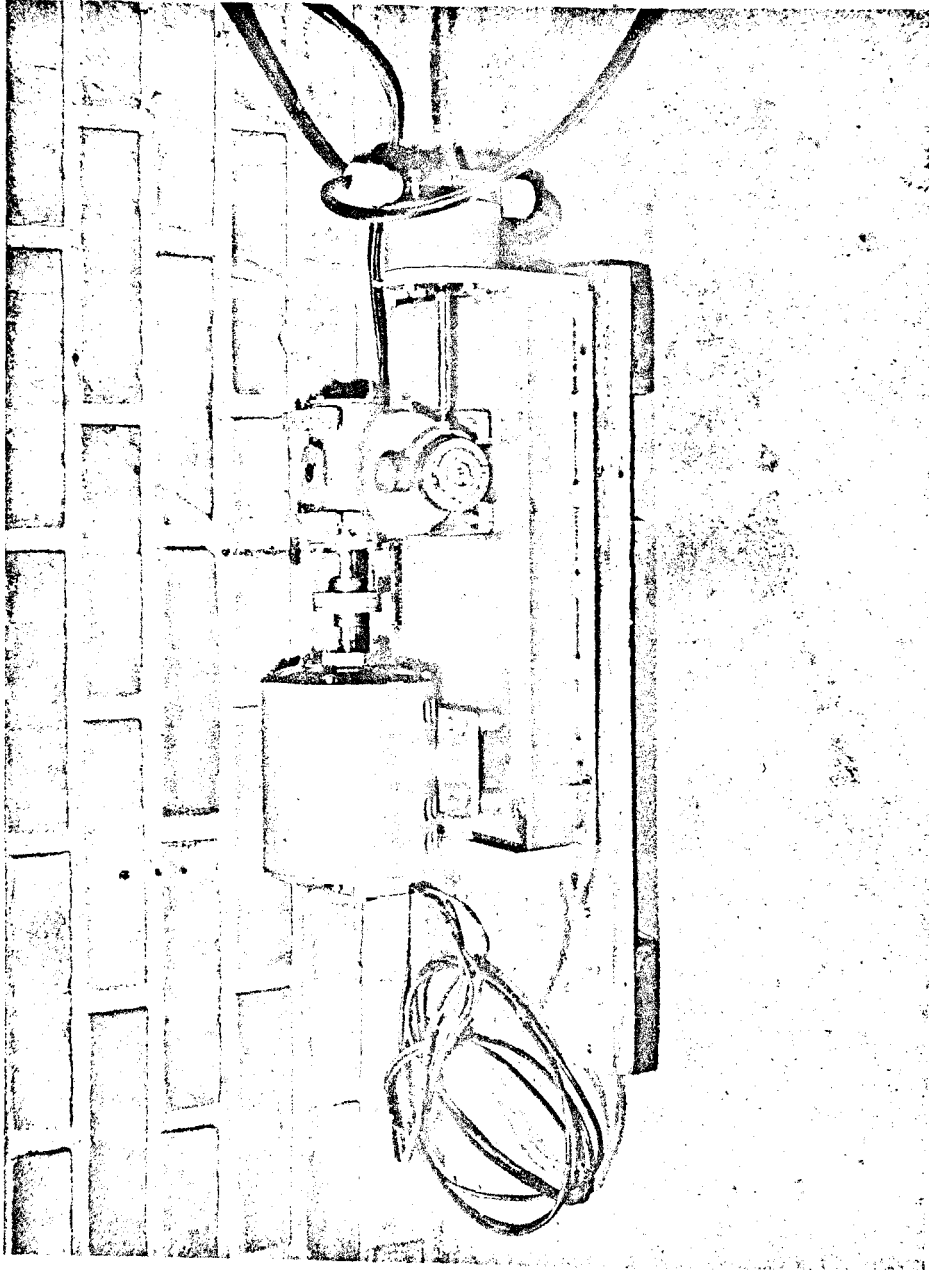


FIGURA-23

Válvula de Retenção

Válvula de Retenção

Válvula de Retenção

Válvula de Retenção

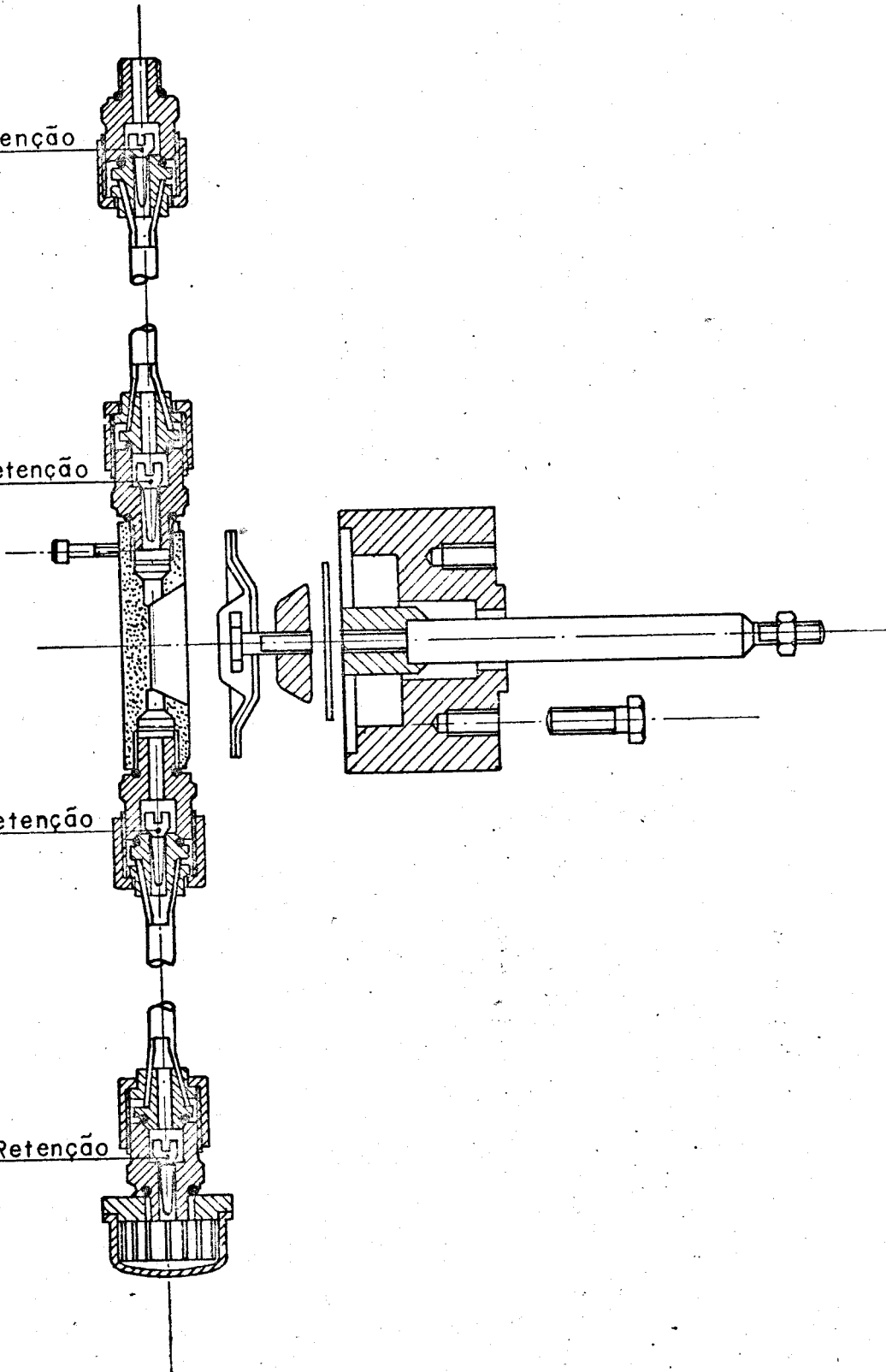
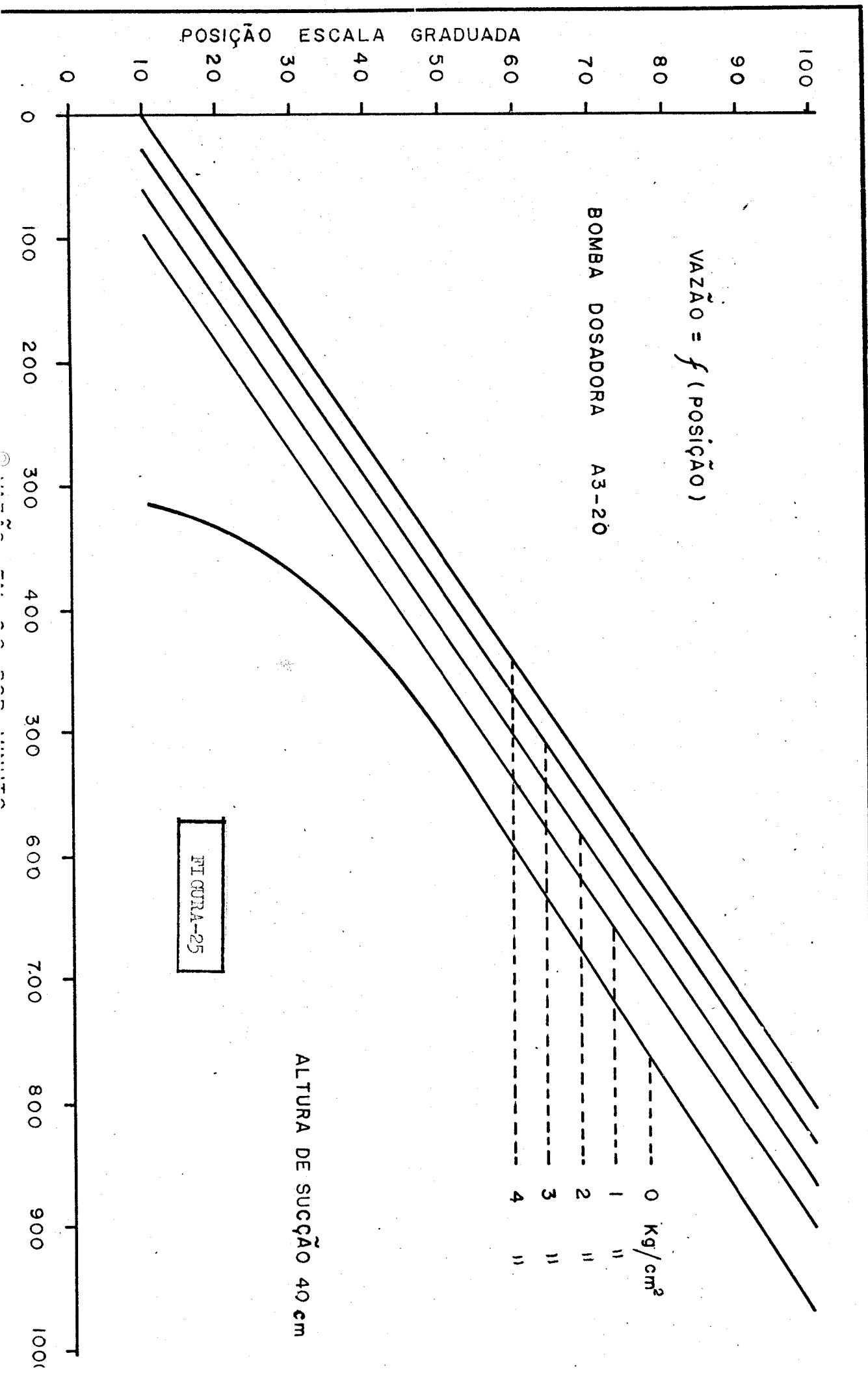


FIGURA-24



CIRCUITO INJETOR

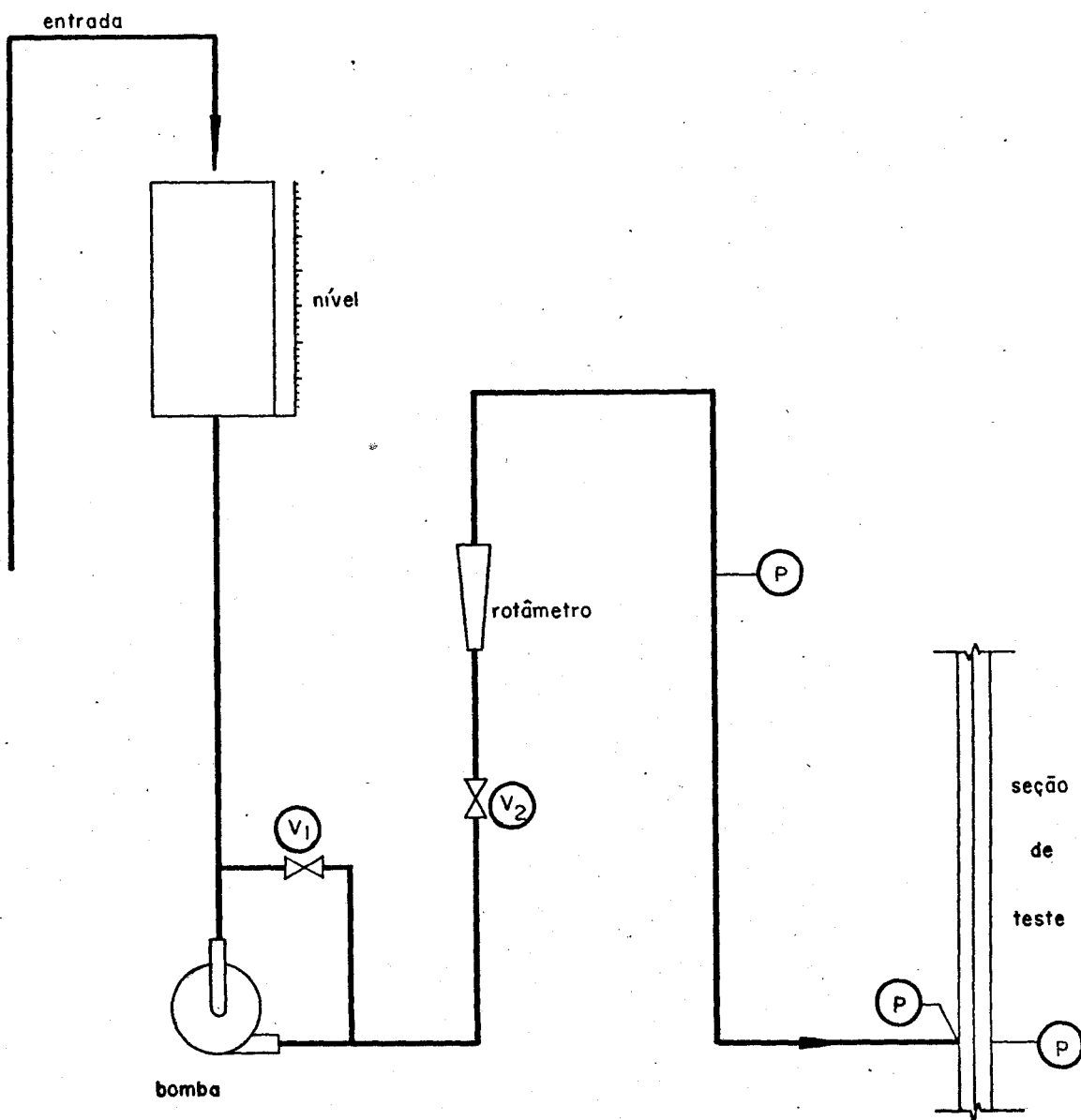


FIGURA-26

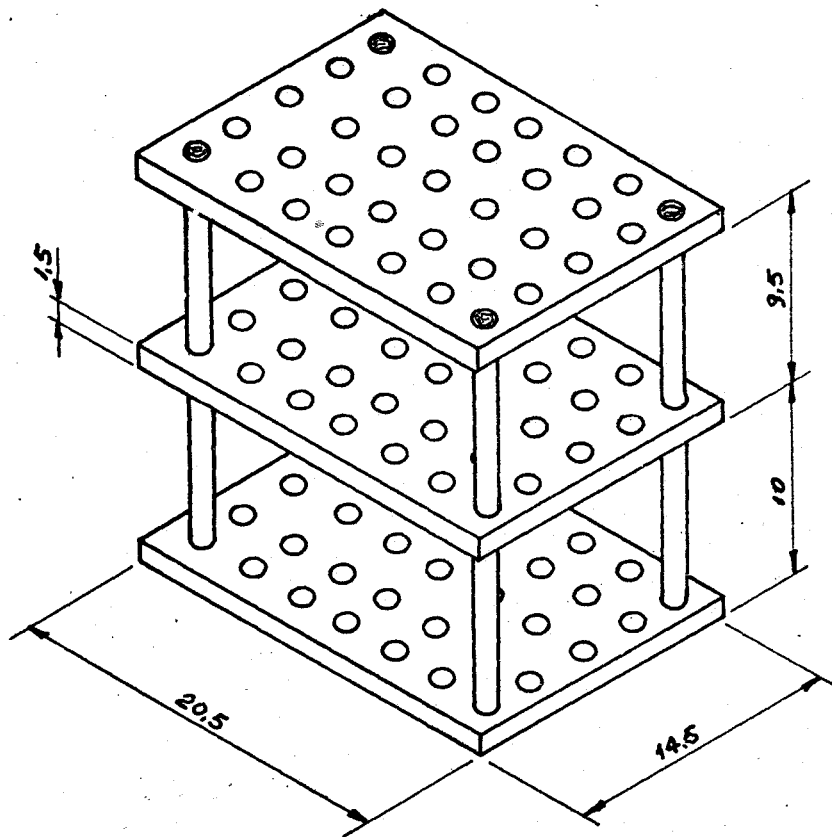
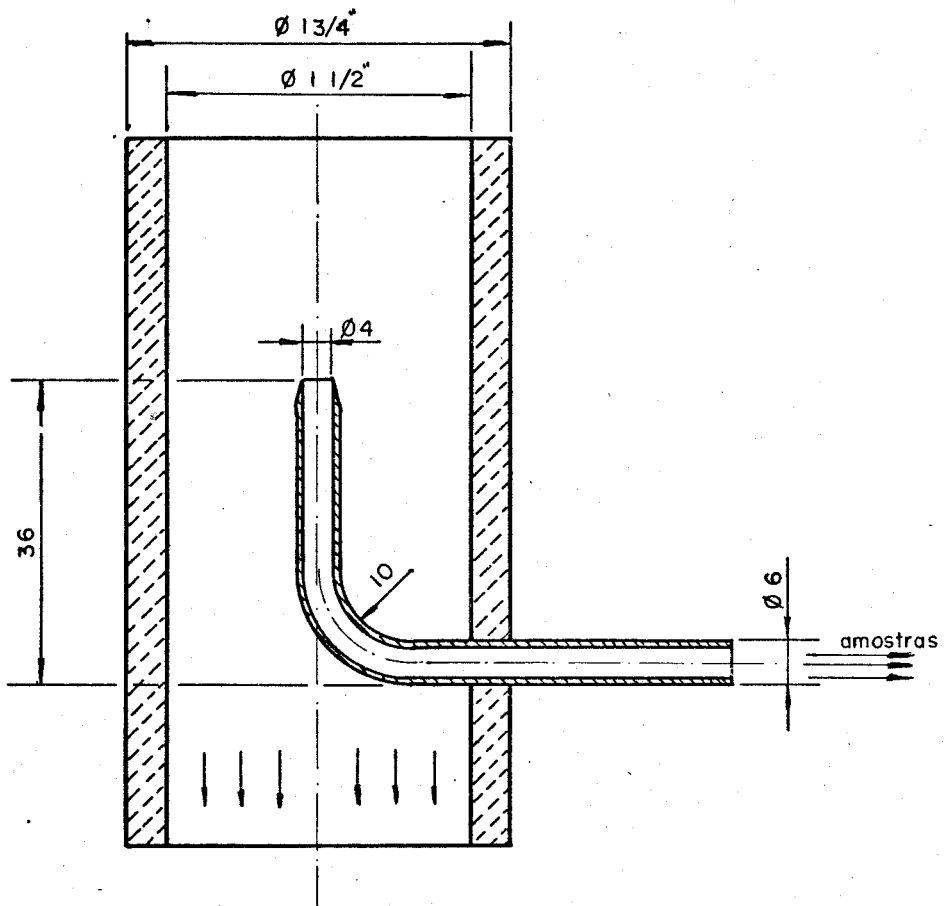


FIGURA-27

SISTEMA DE RECOLHIMENTO DE AMOSTRAS



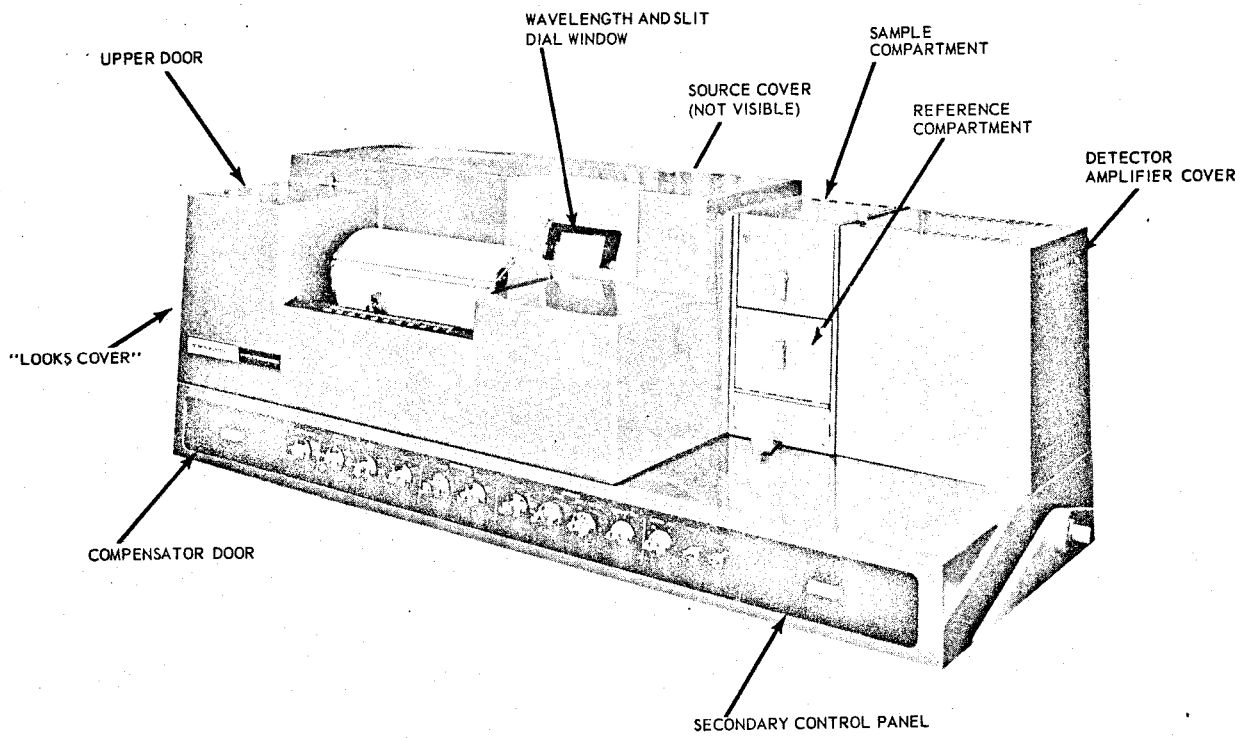


FIGURA-29

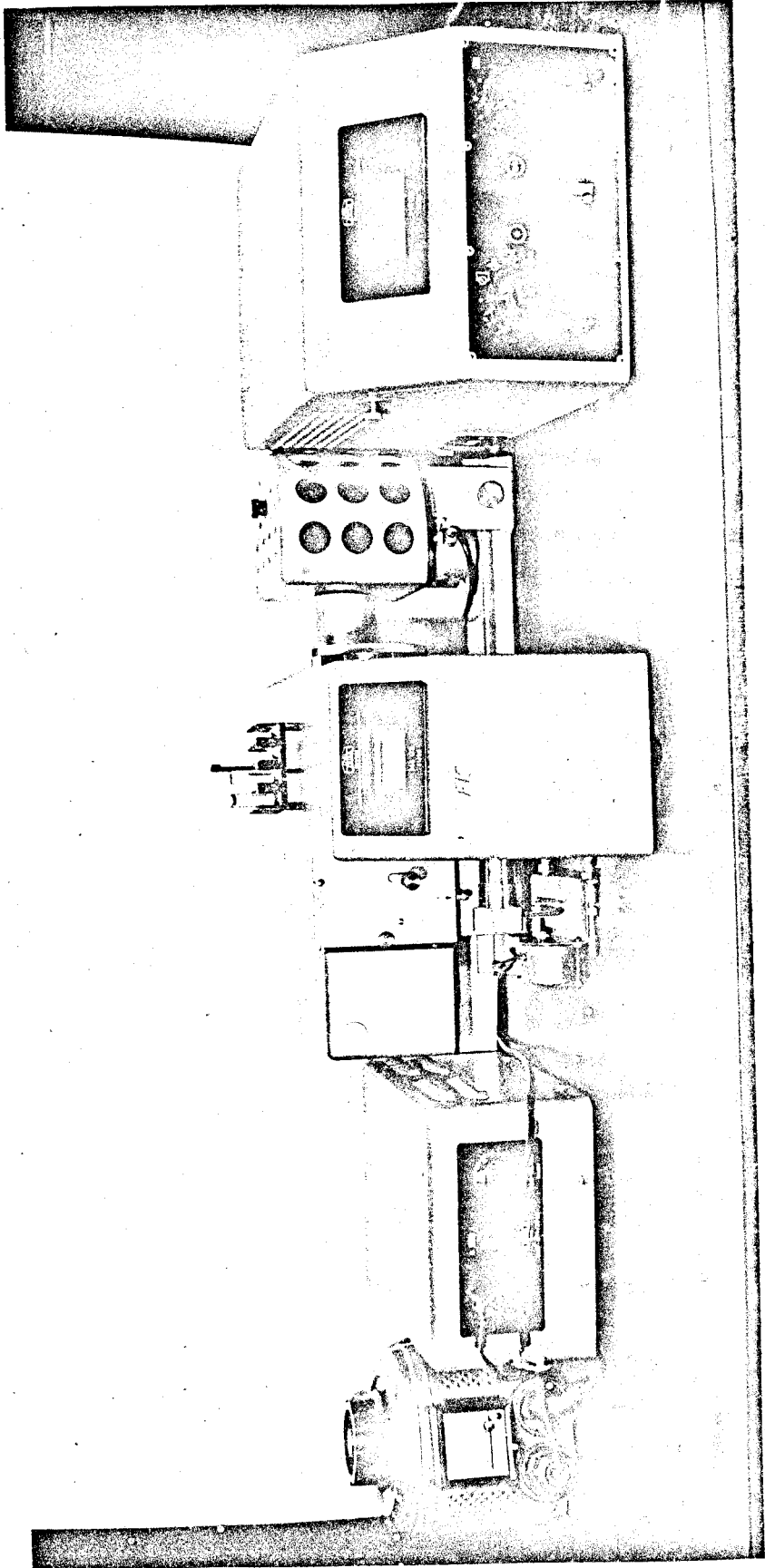


FIGURA-30

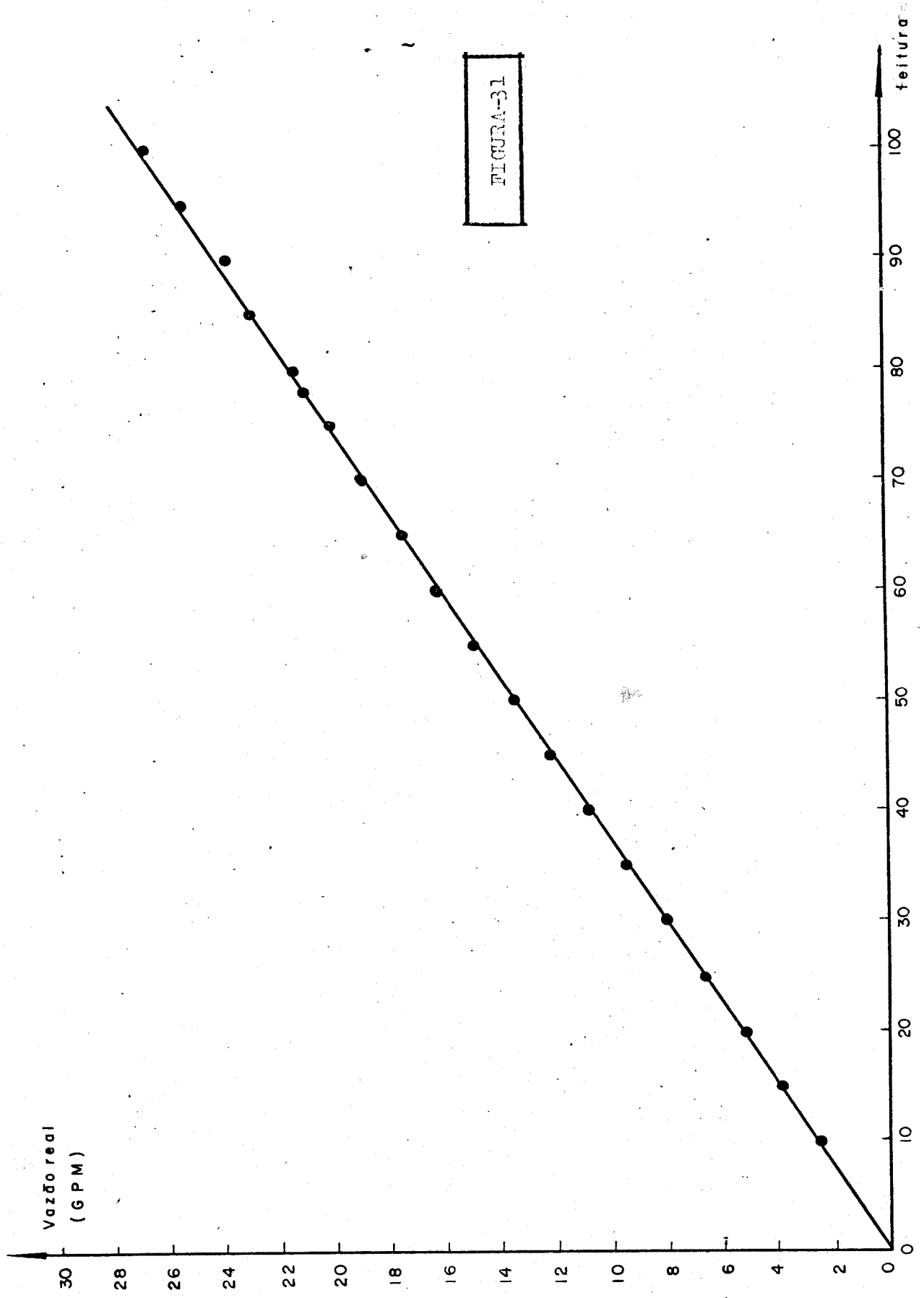


FIGURA-31

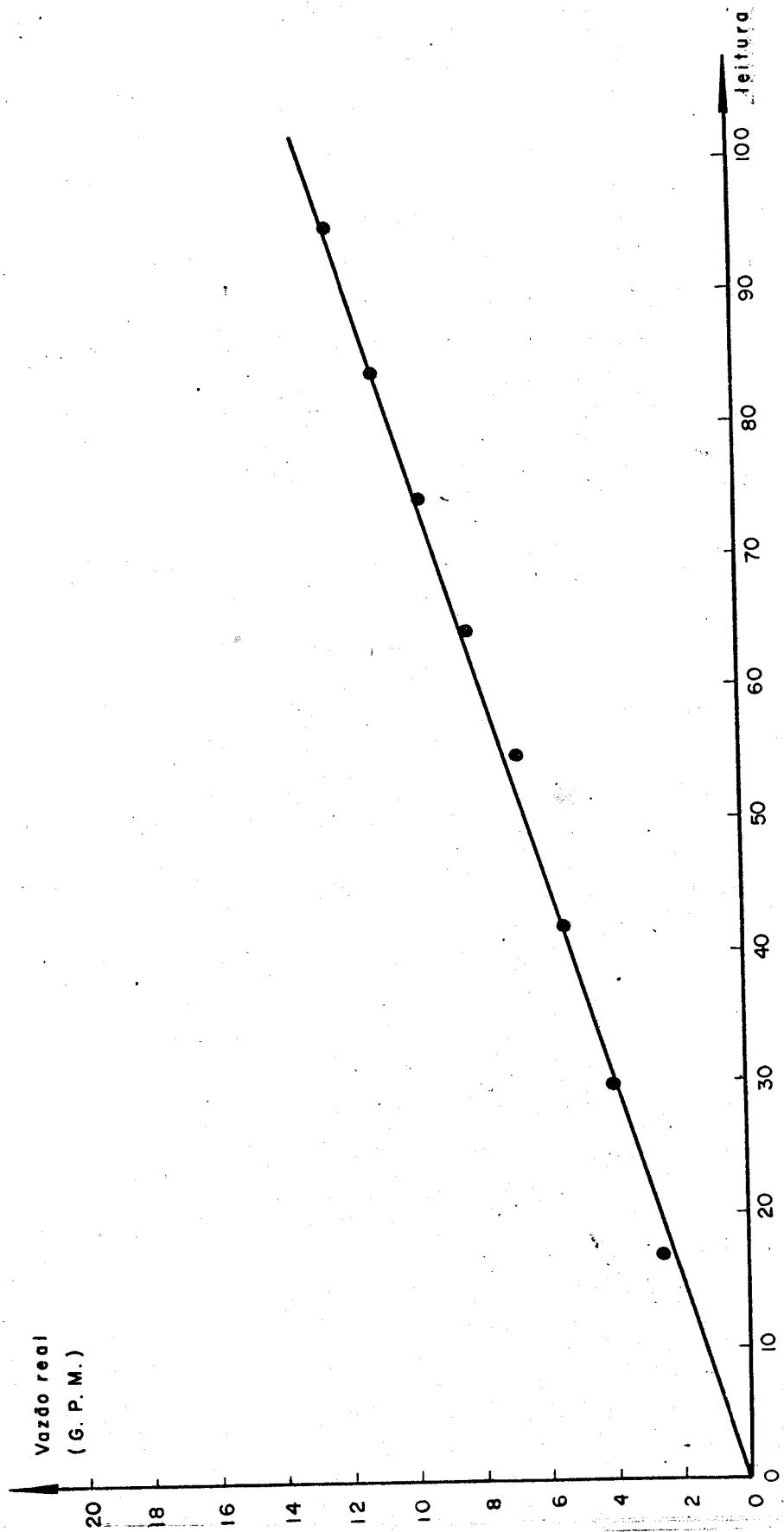


FIGURA-32

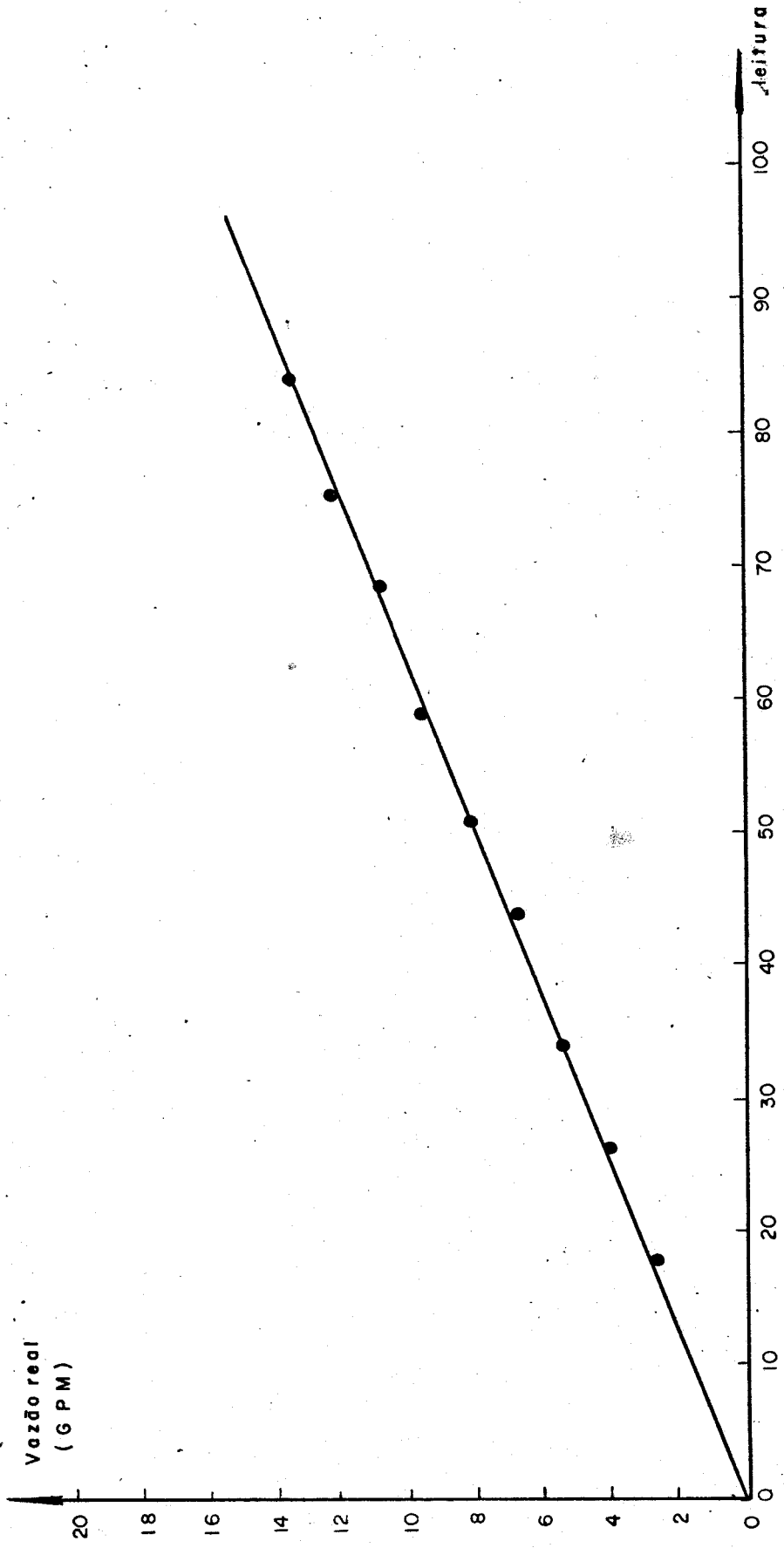


FIGURA-33

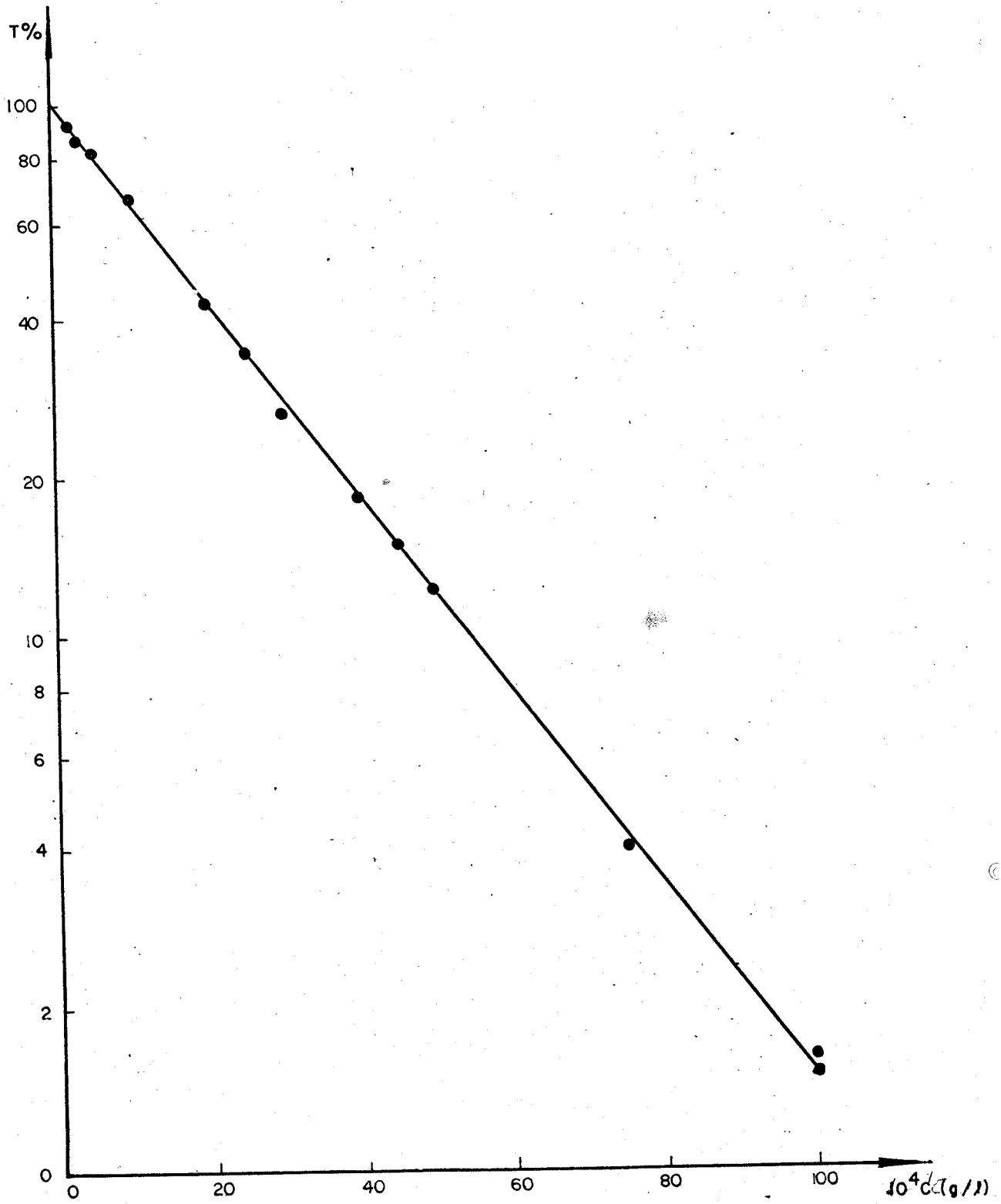
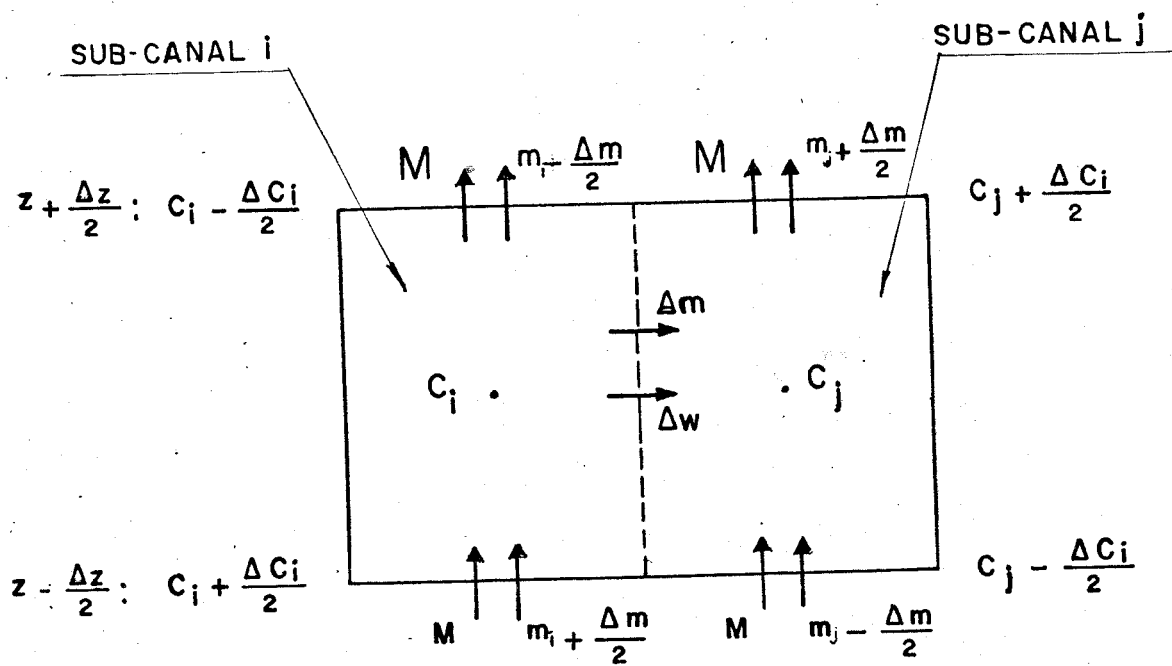


FIGURA-34



ELEMENTO DE CANAL

FIGURA-35

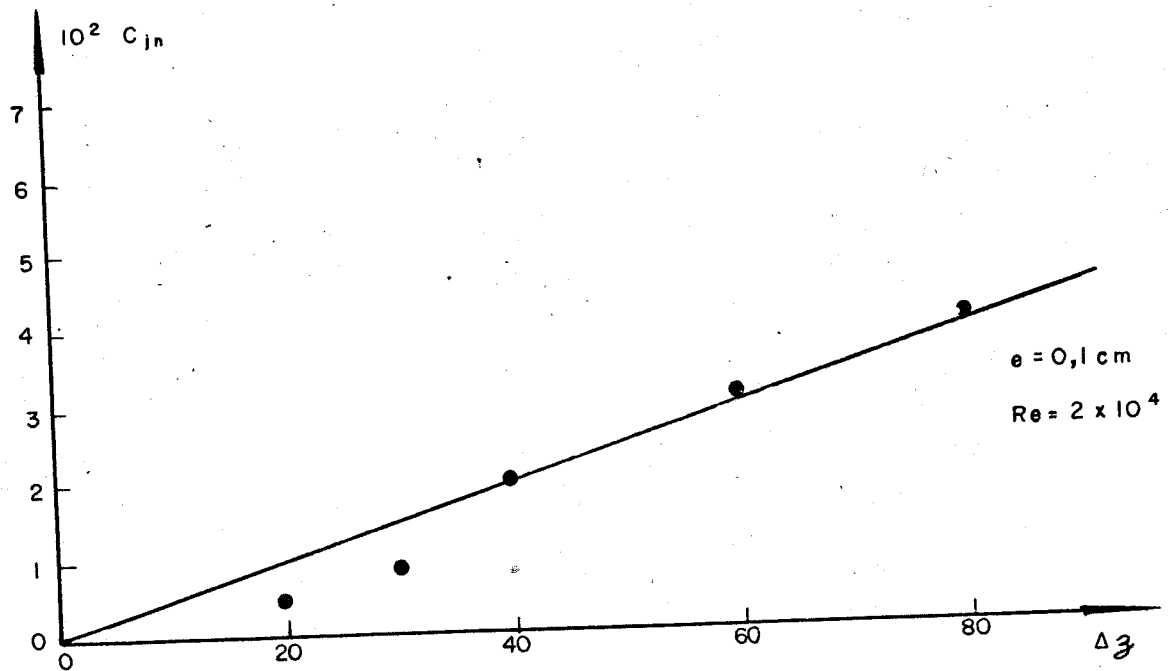


FIGURA-37

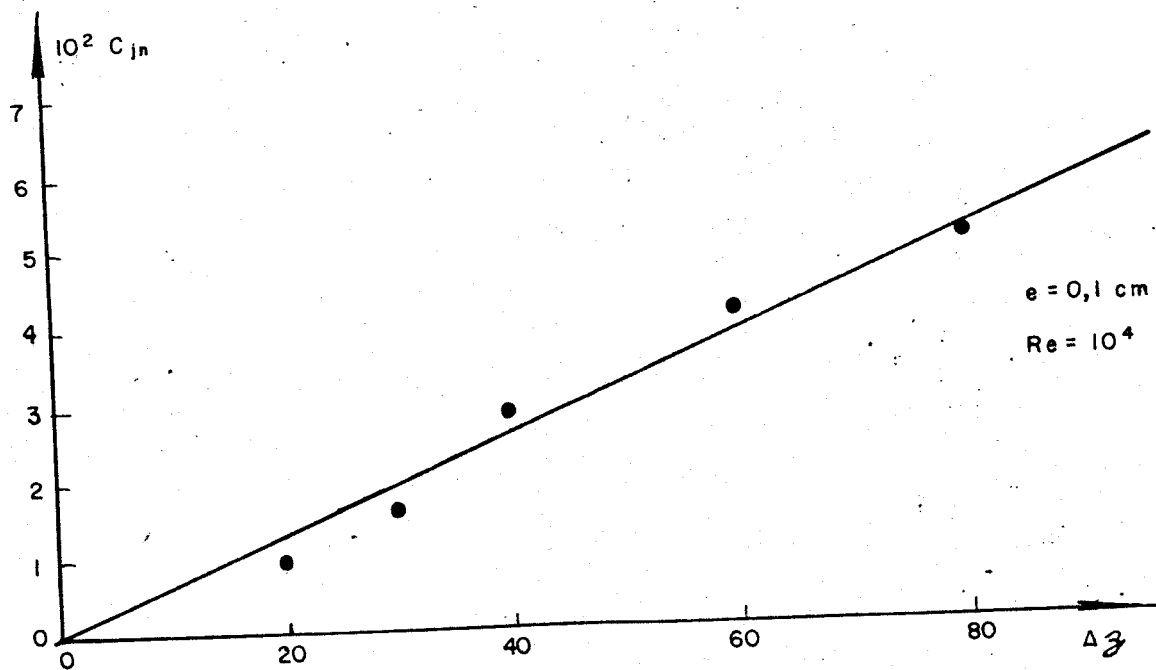


FIGURA-36

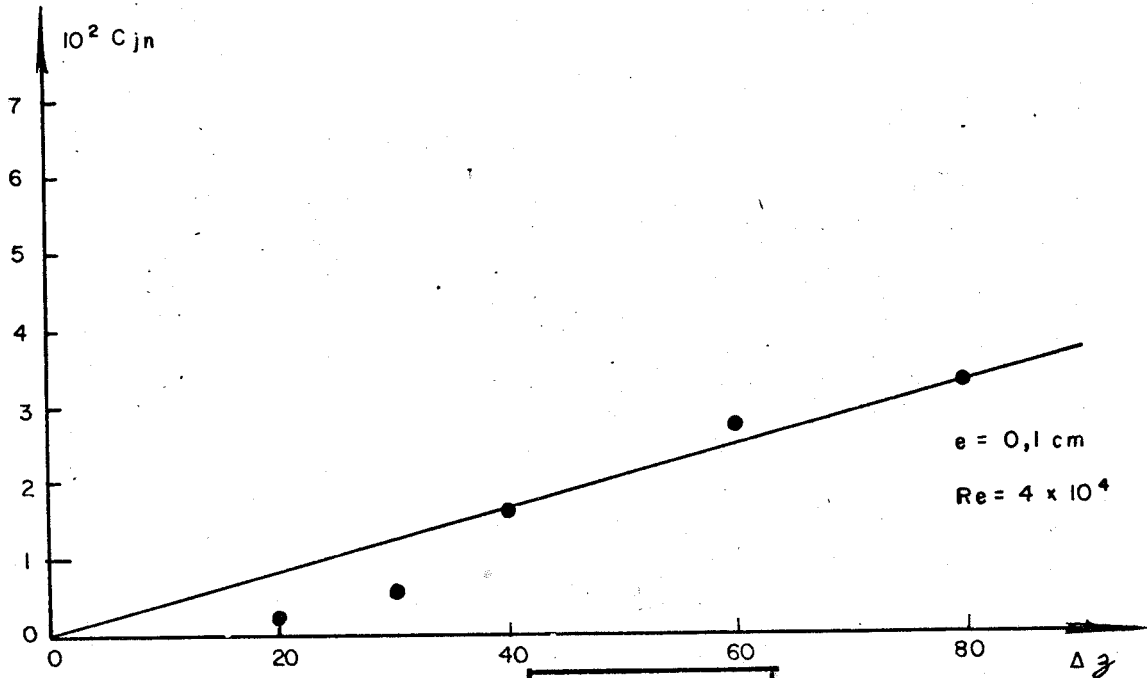


FIGURA-39

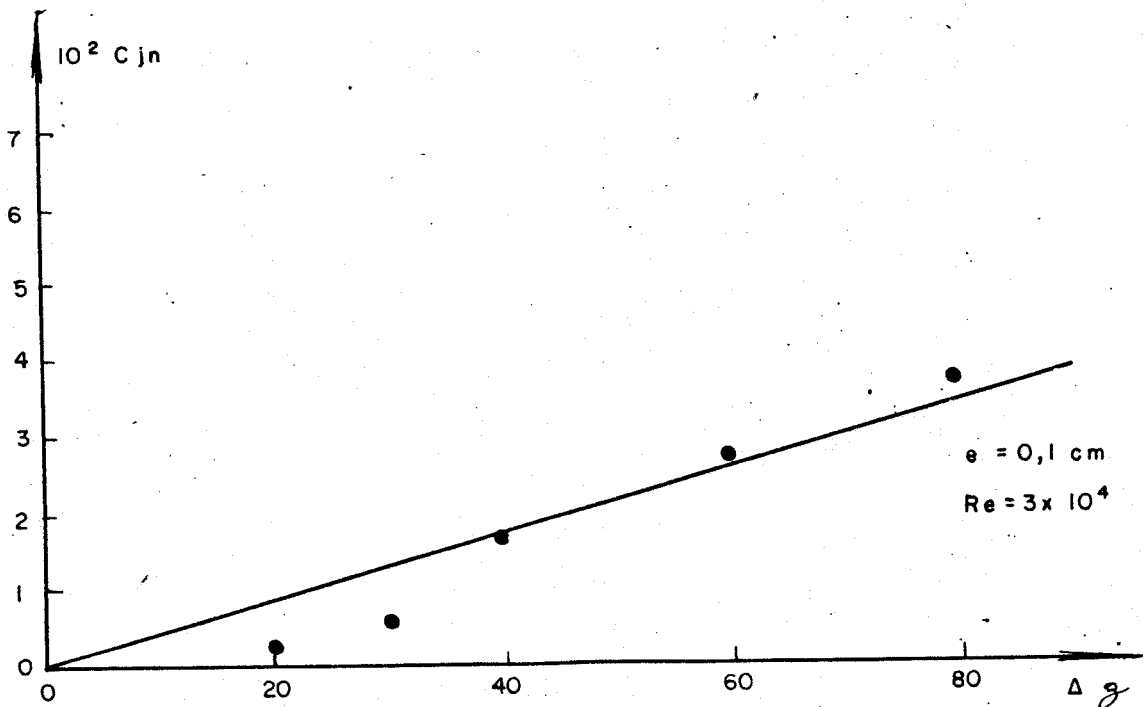


FIGURA-38

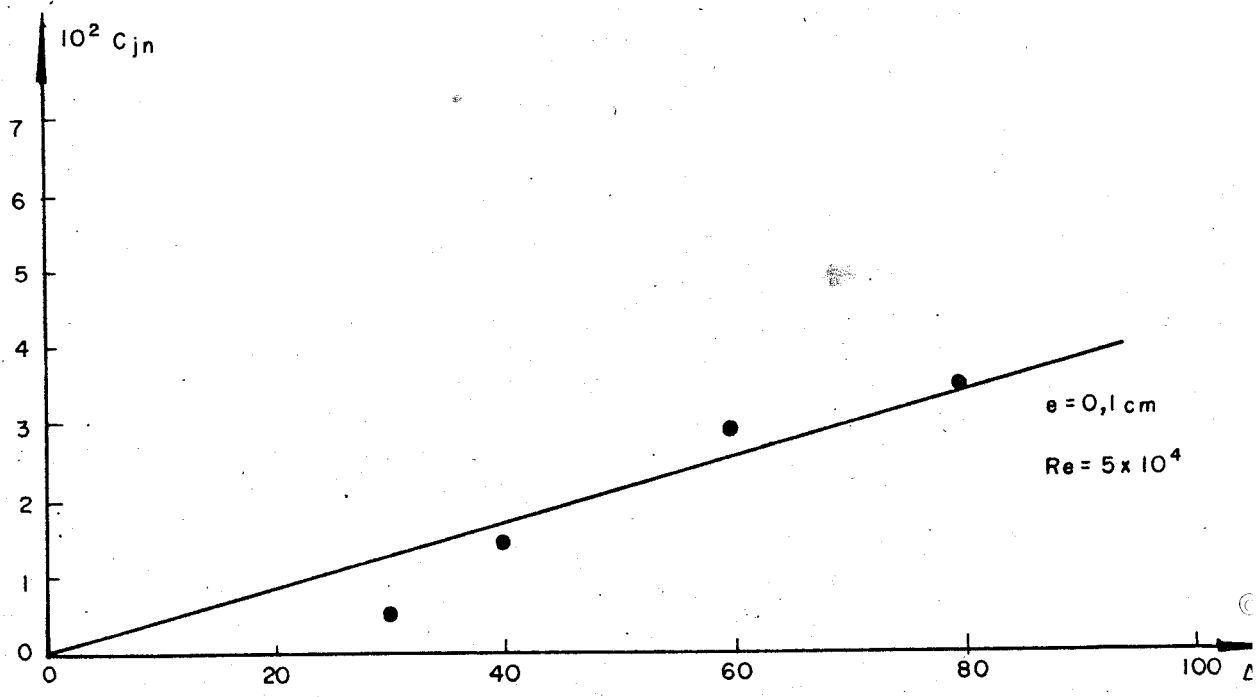


FIGURA-40

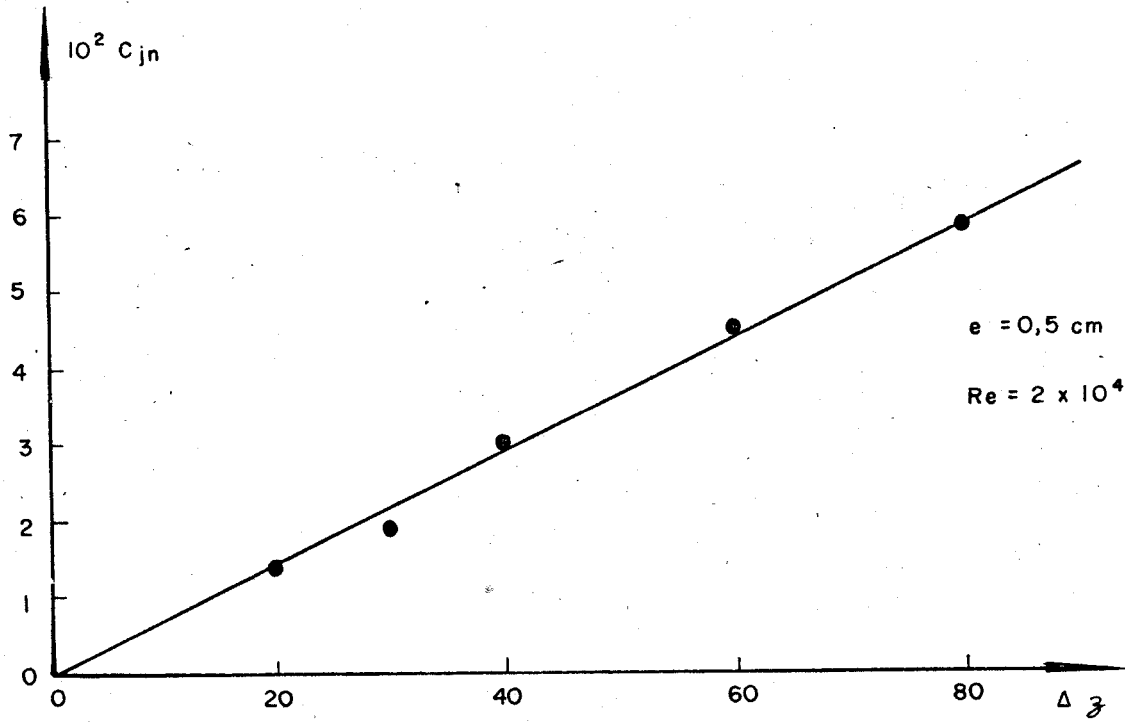


FIGURA-42

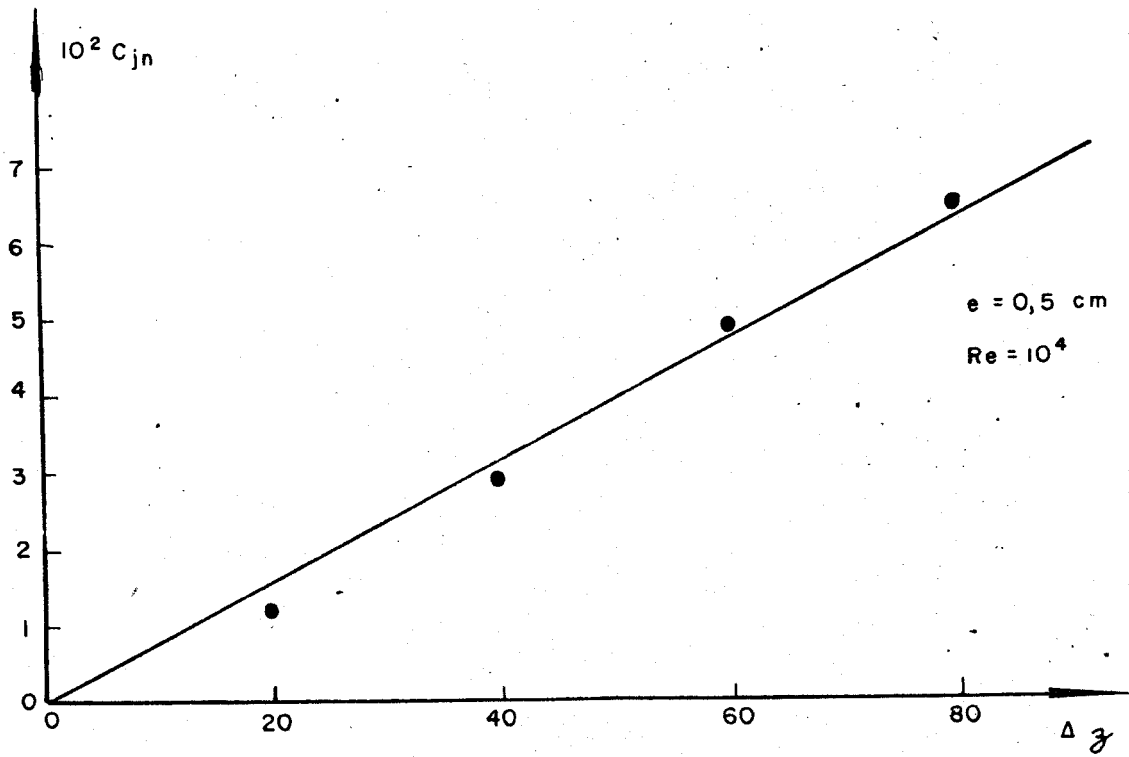


FIGURA-41

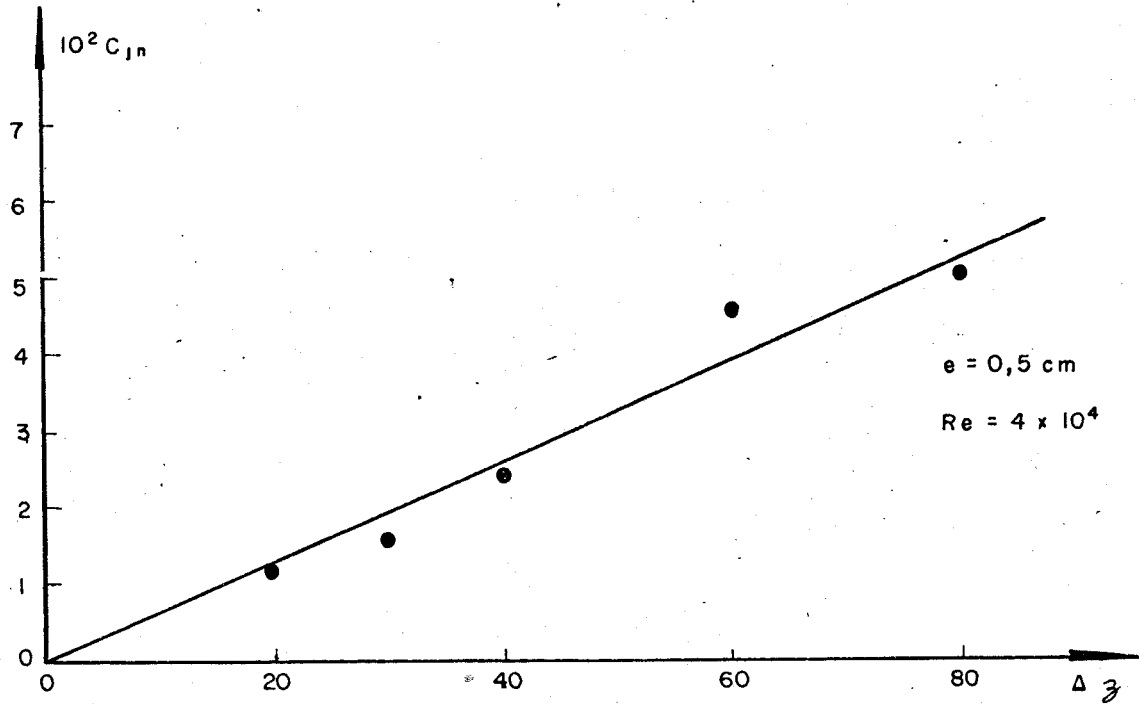


FIGURA-44

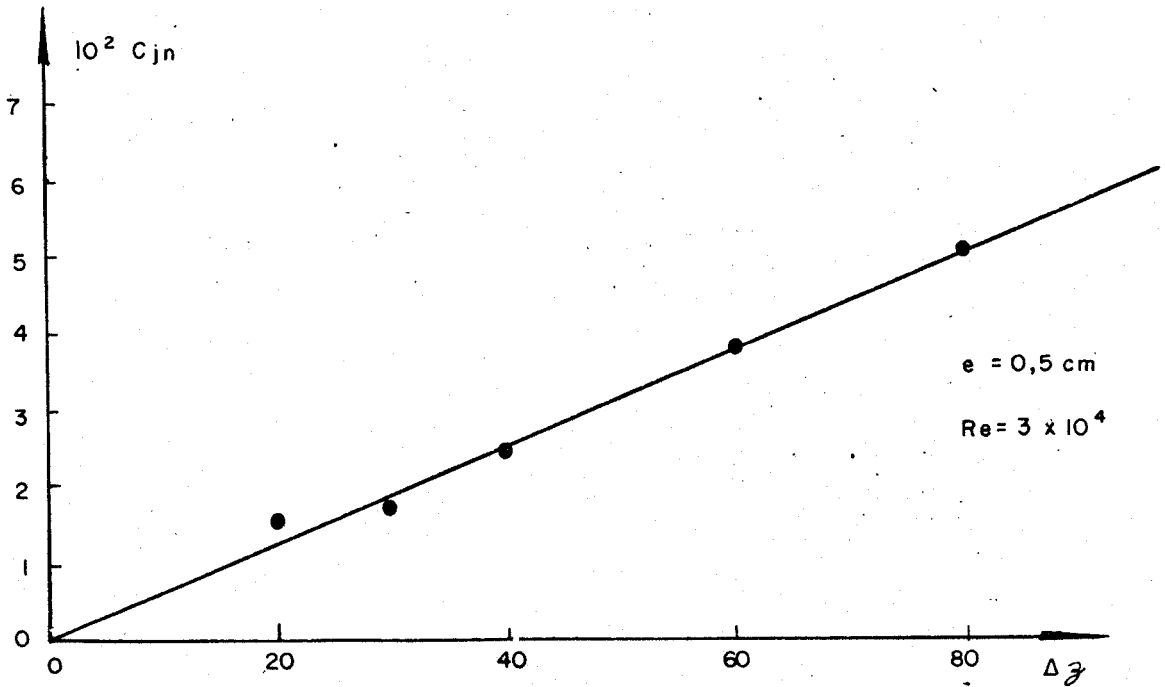


FIGURA-43

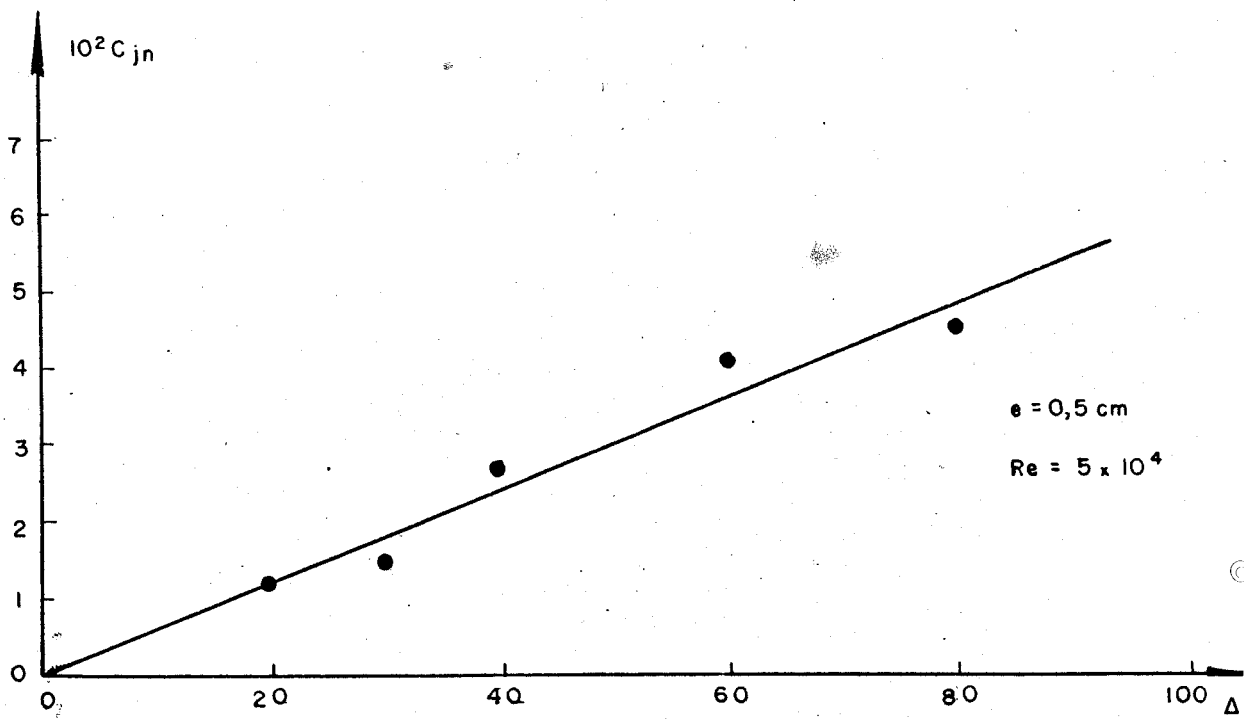


FIGURA-45

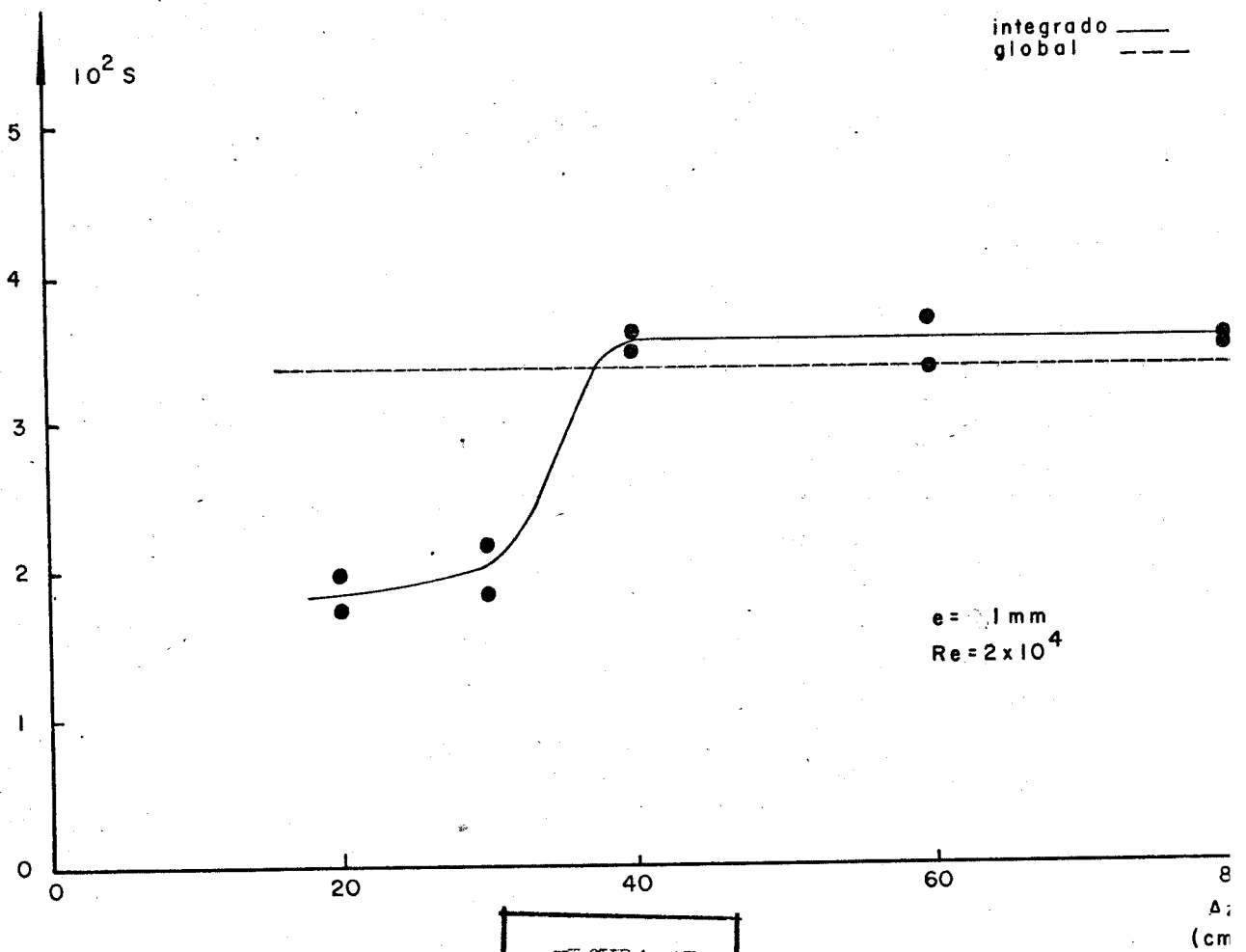


FIGURA-47

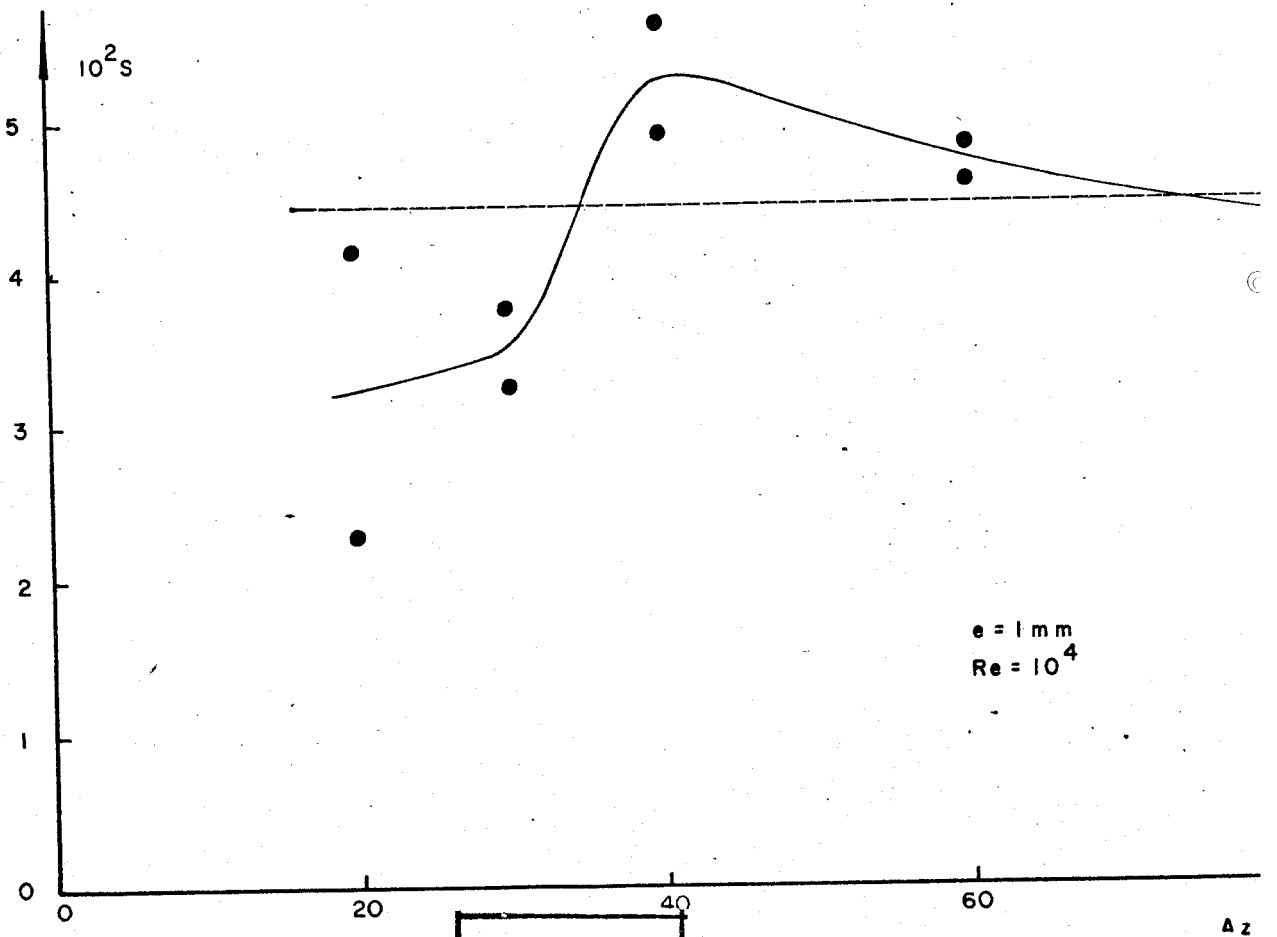


FIGURA-46

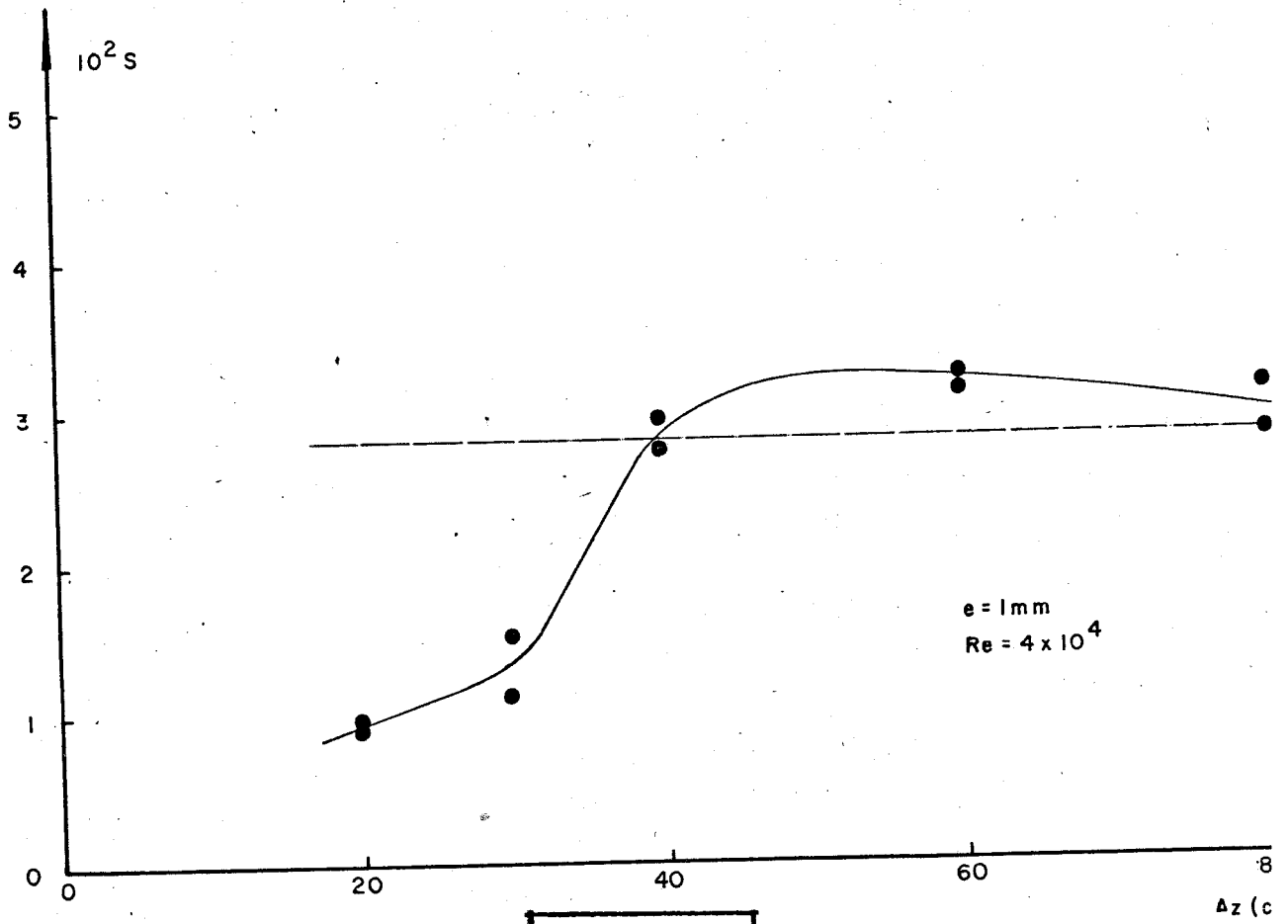


FIGURA-49

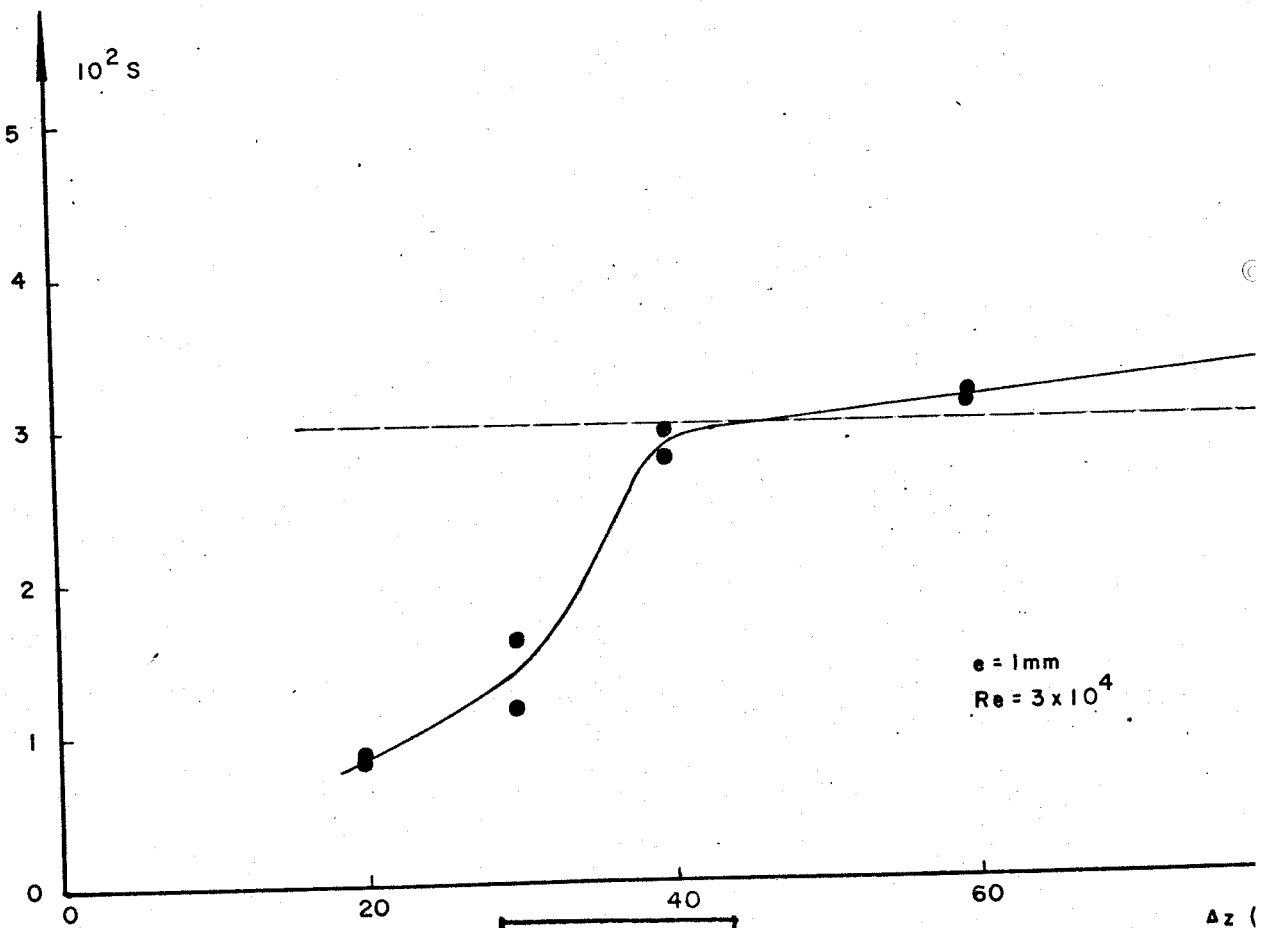


FIGURA-48

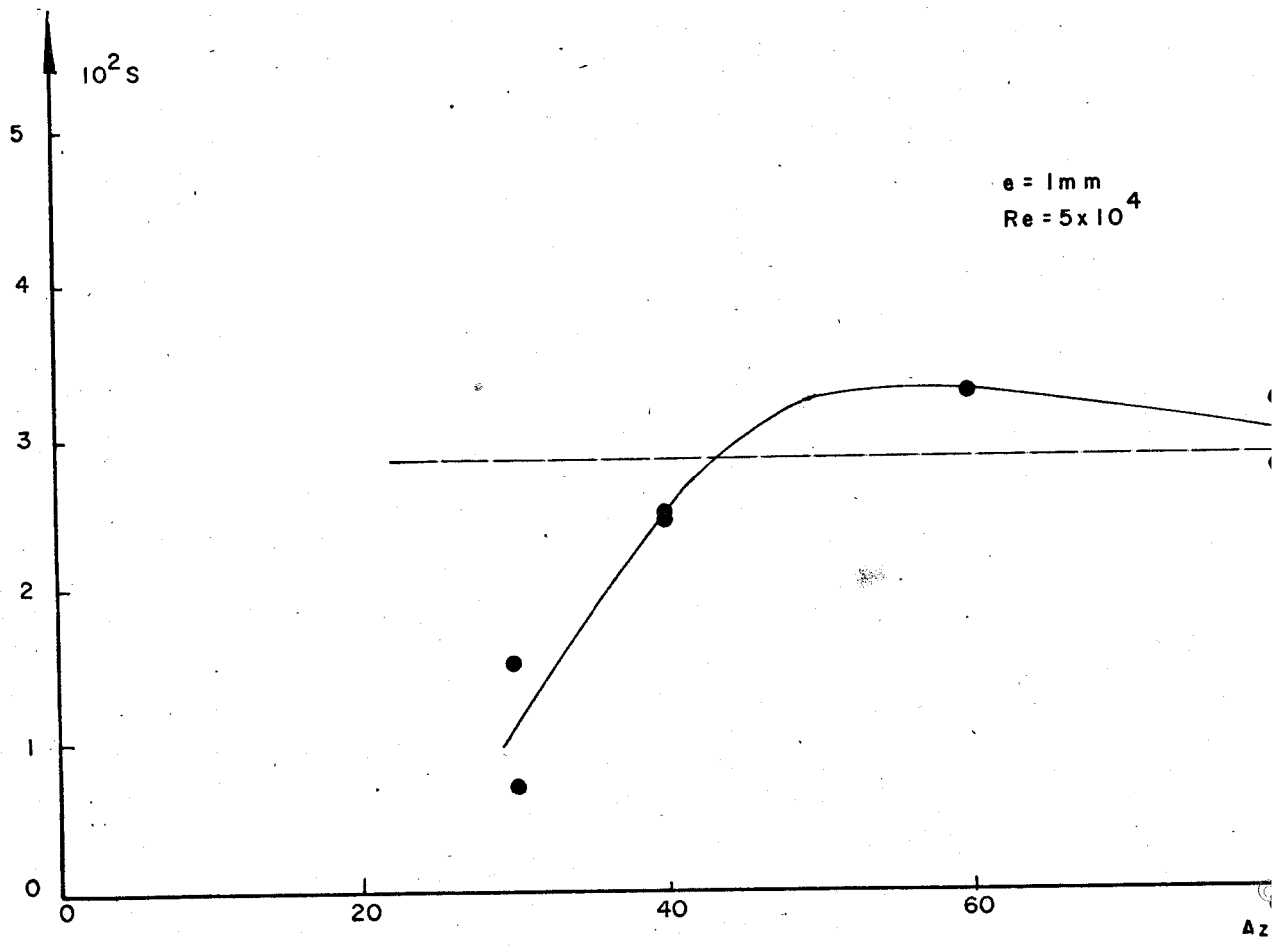


FIGURA-50

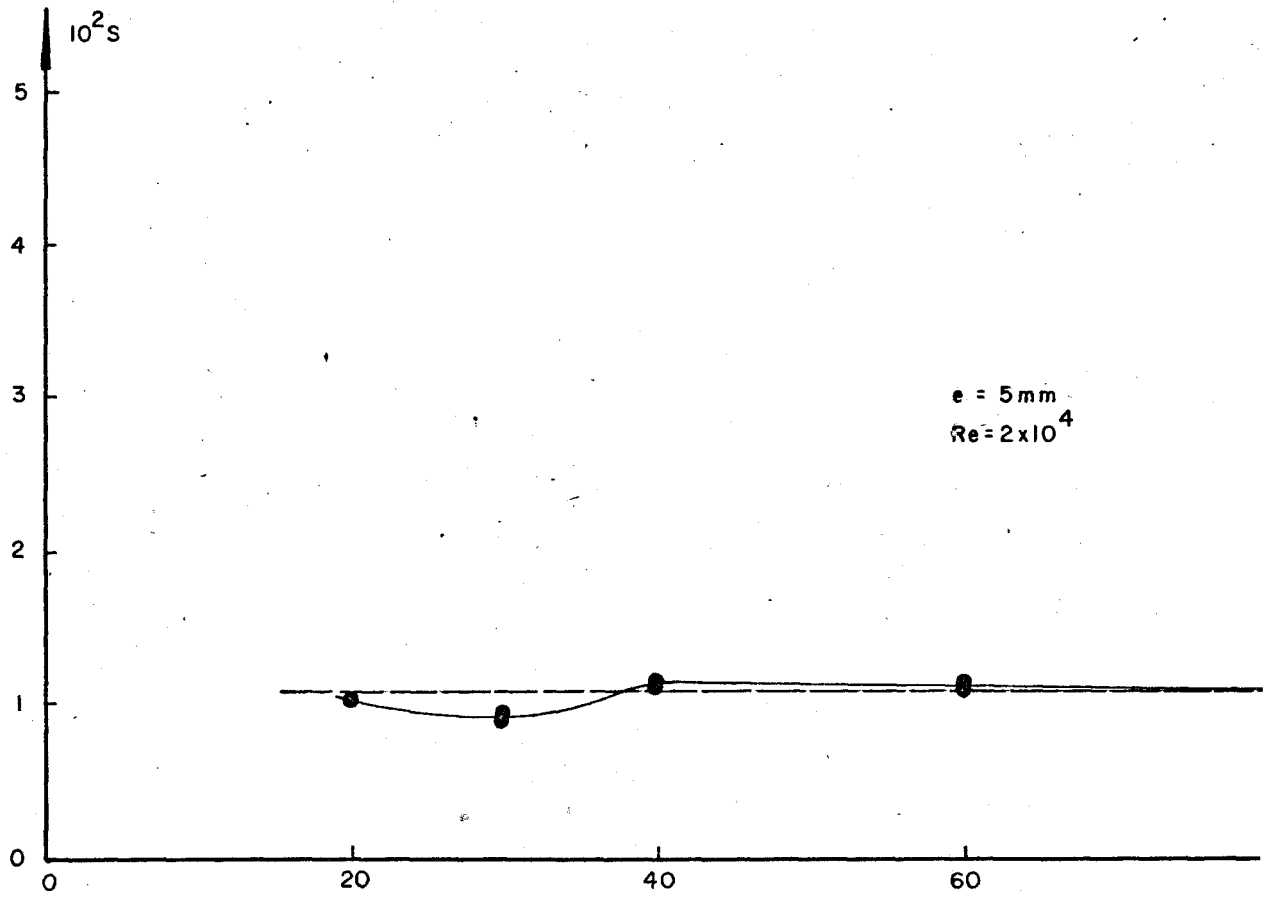


FIGURA-52

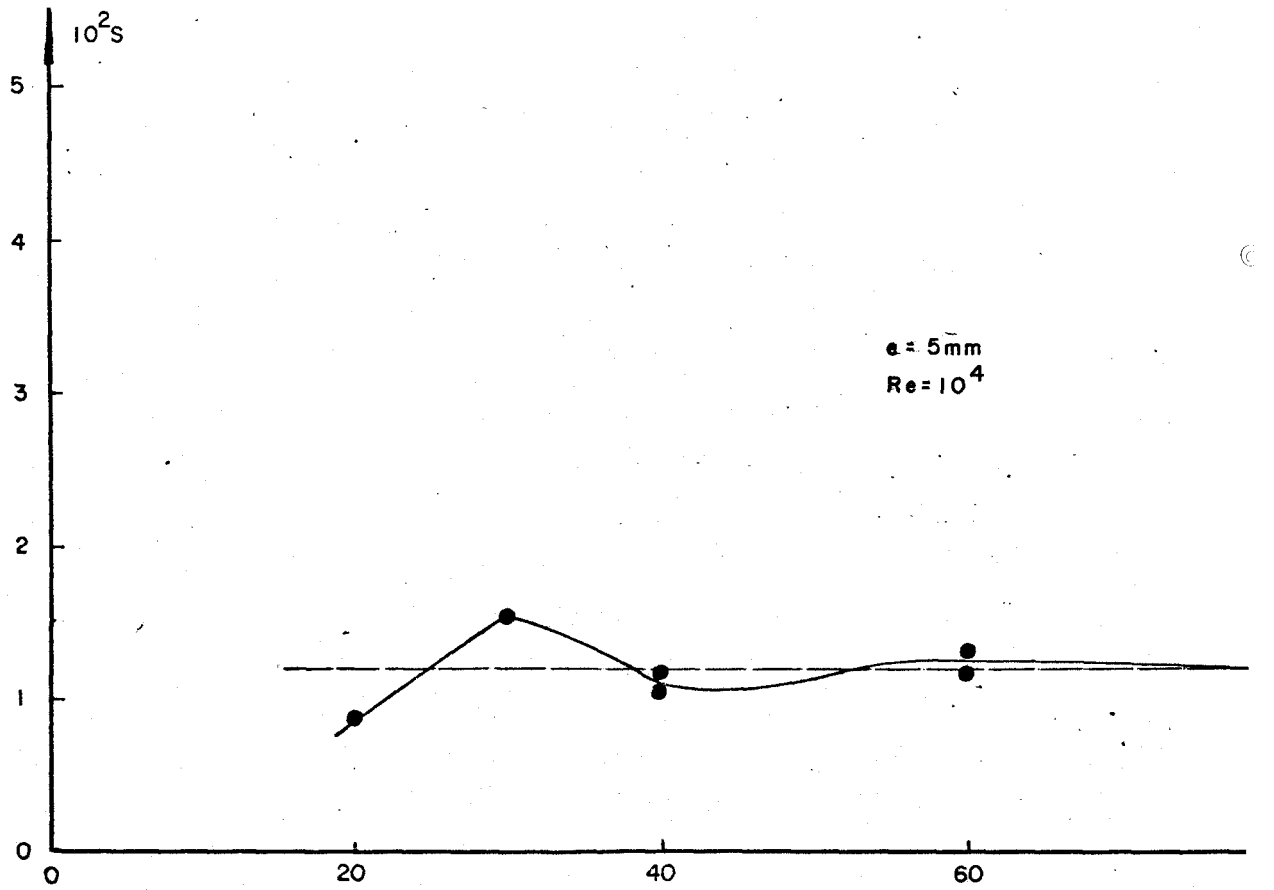


FIGURA-51

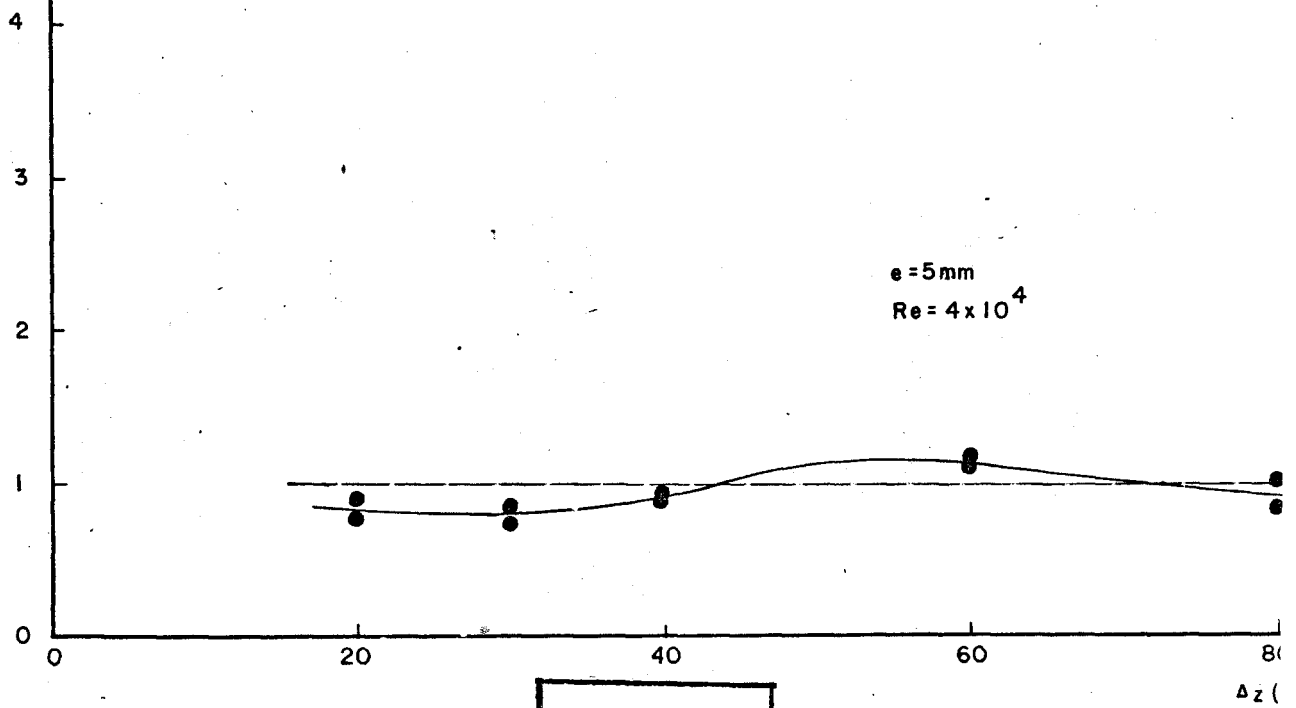


FIGURA-54

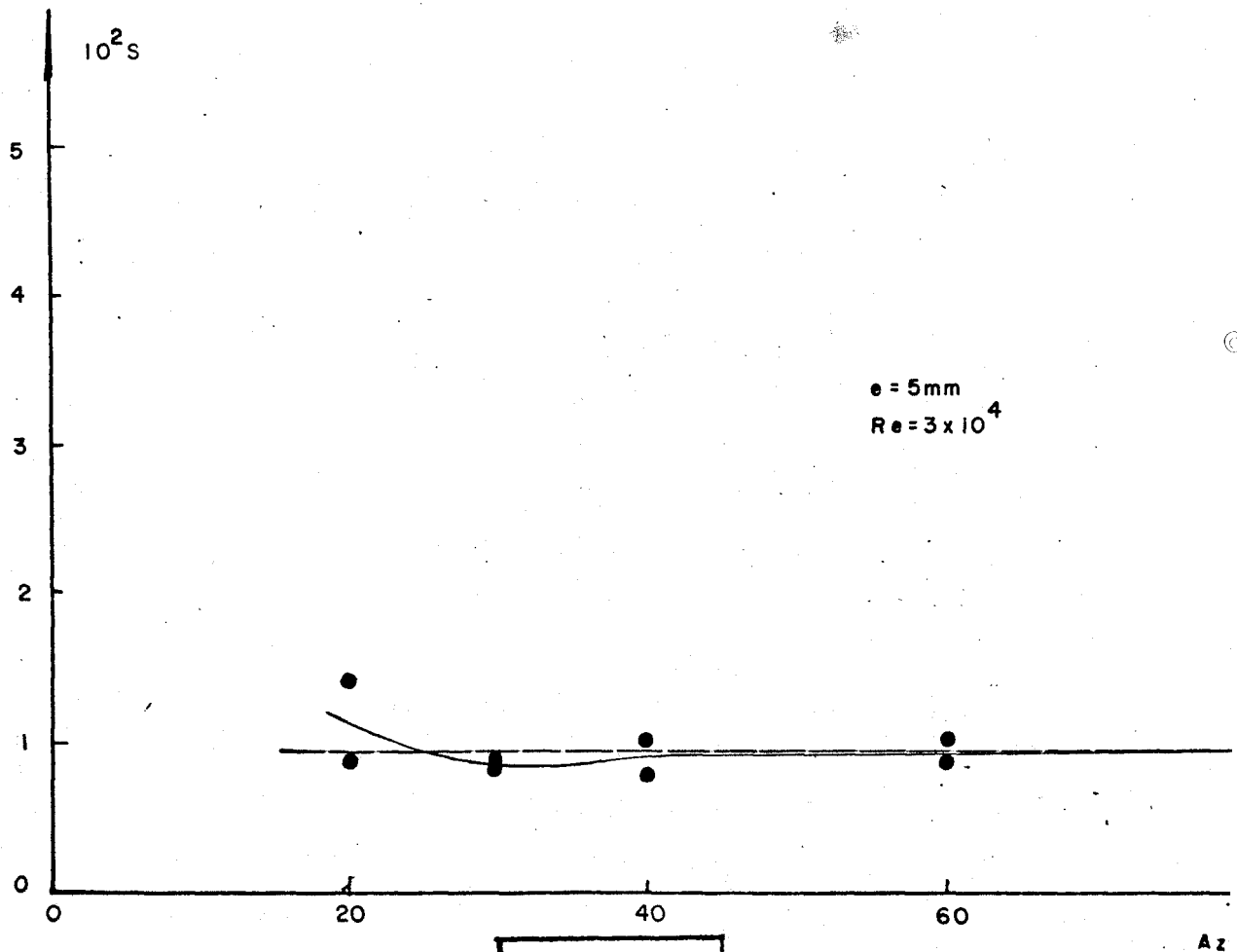


FIGURA-53

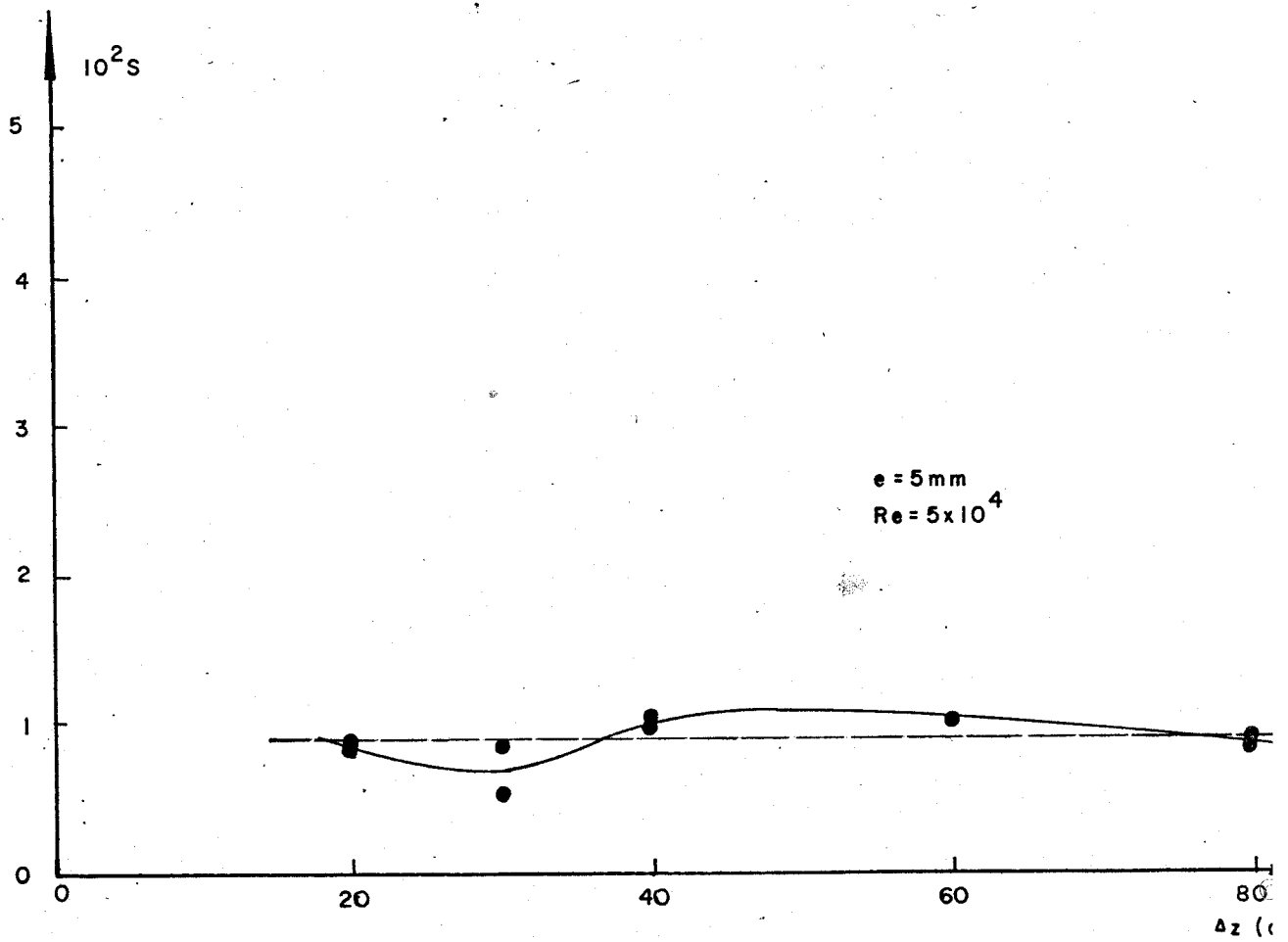


FIGURA-55

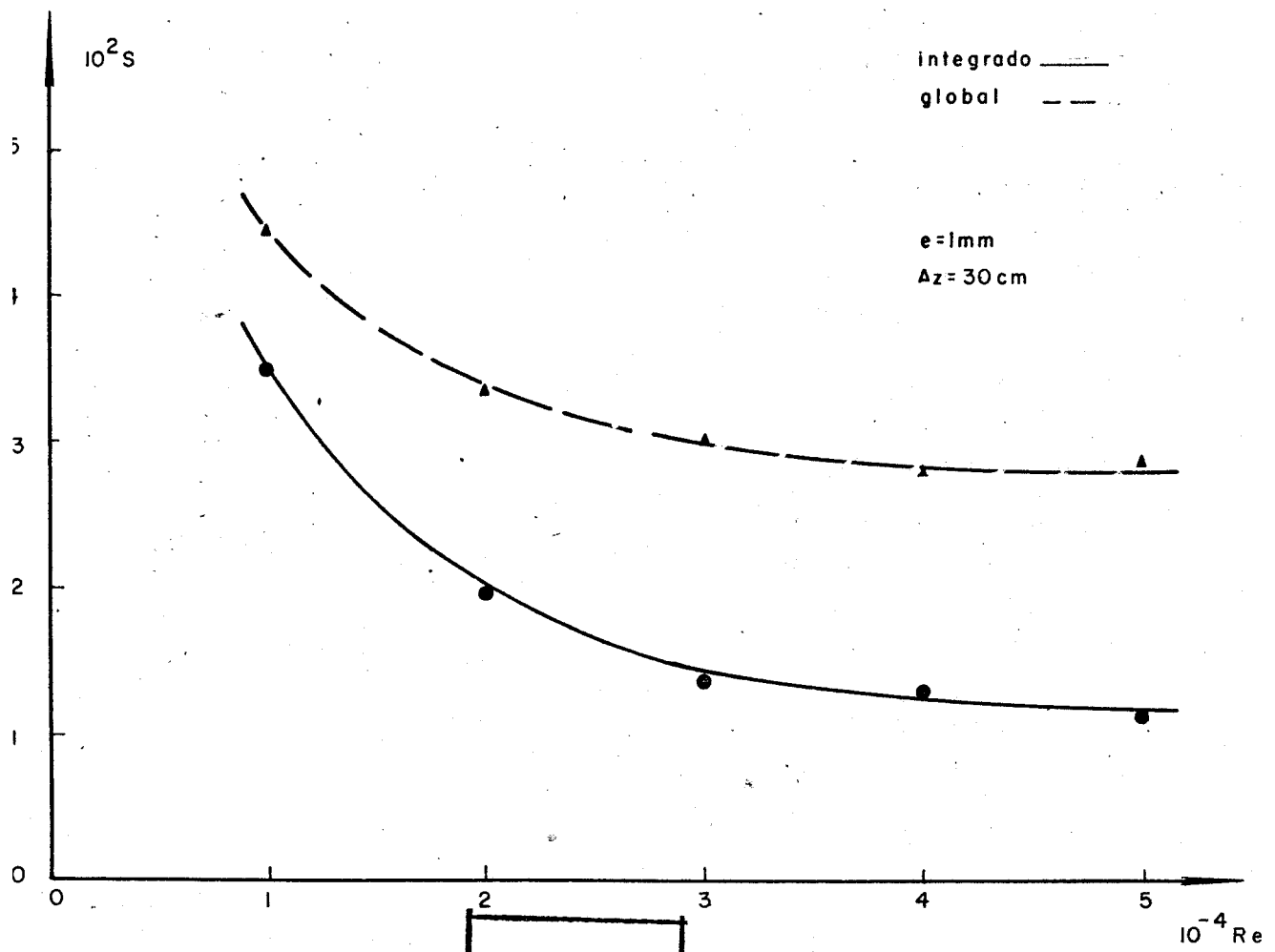


FIGURA-57

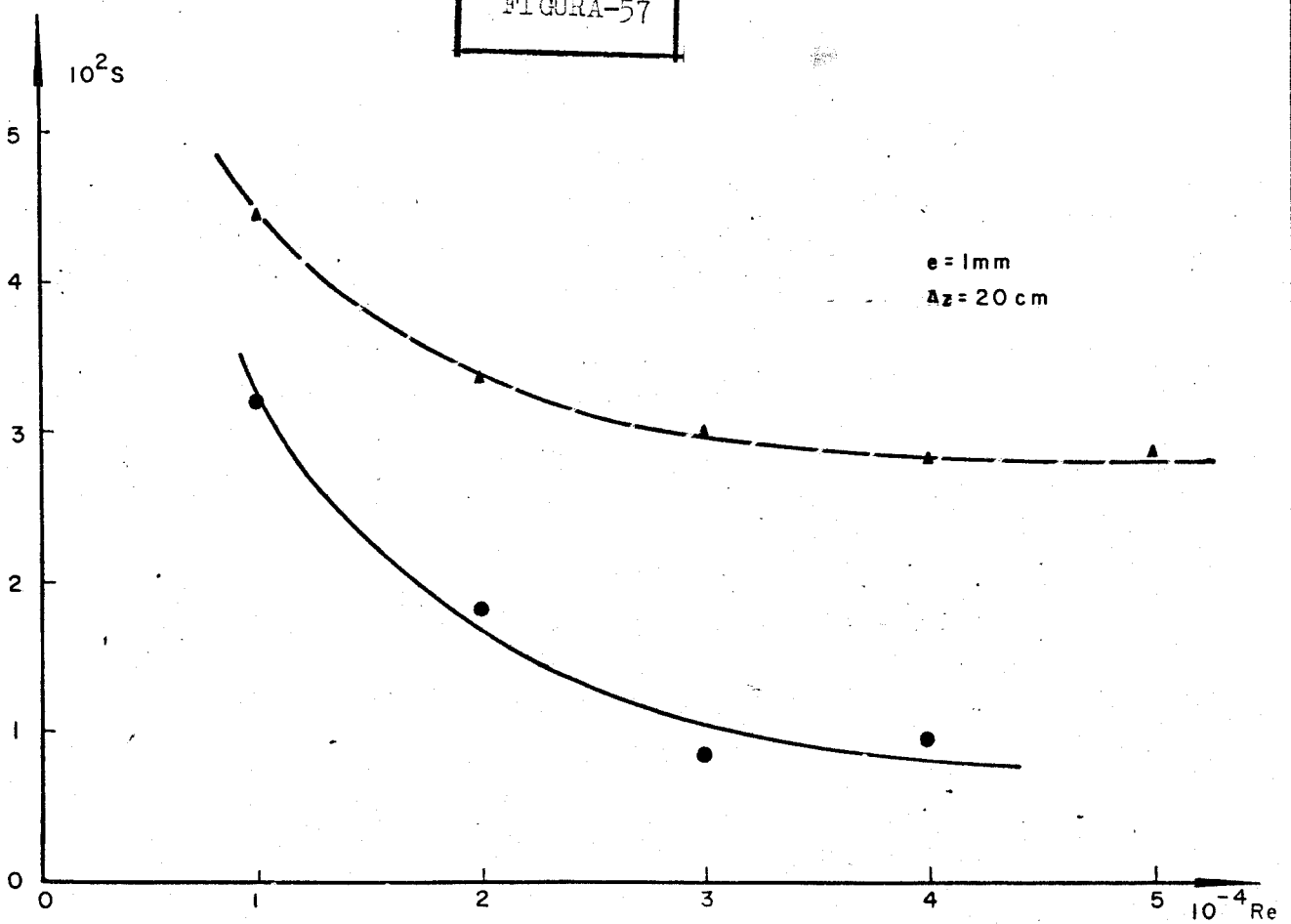


FIGURA-56

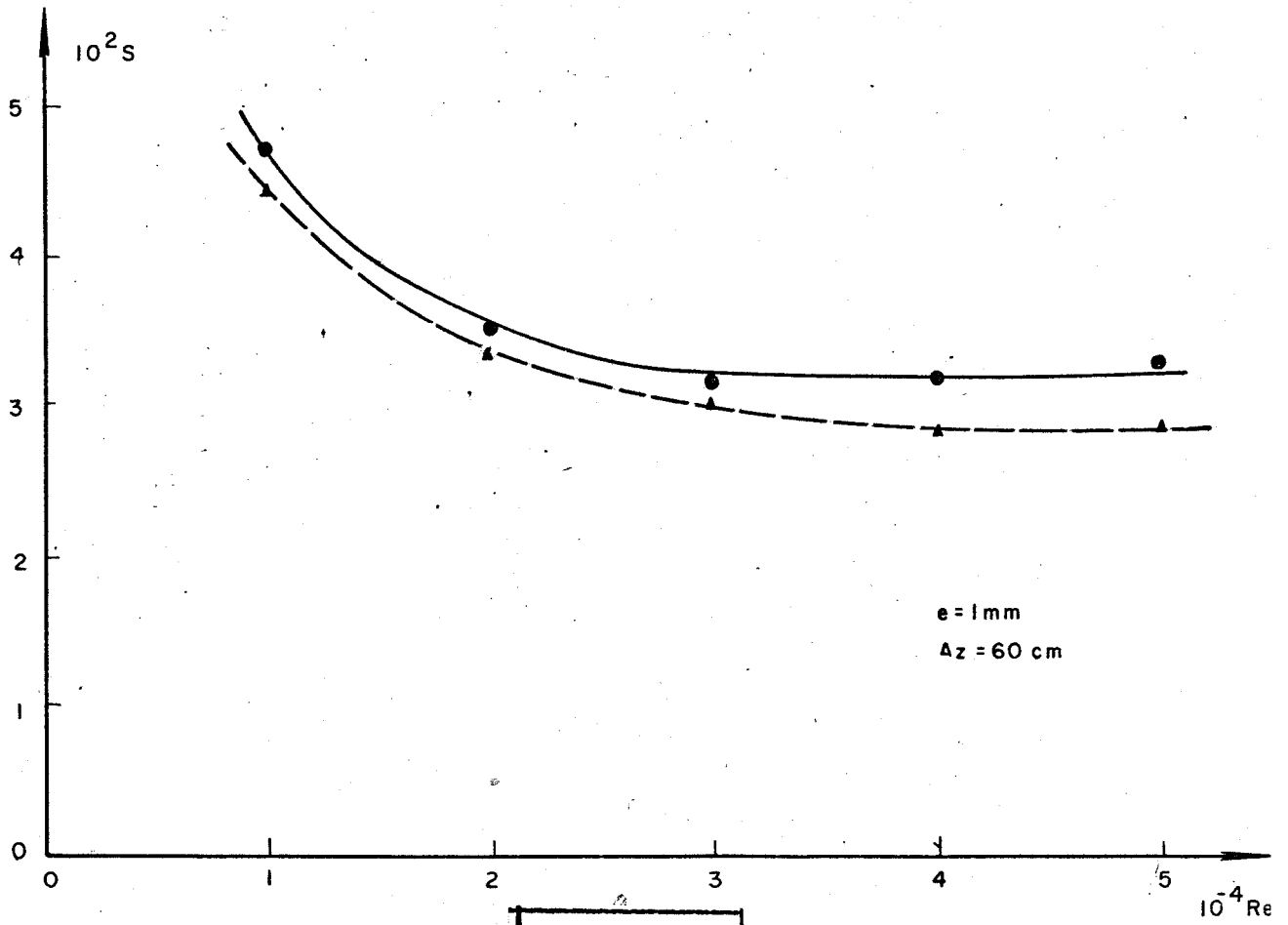


FIGURA-59

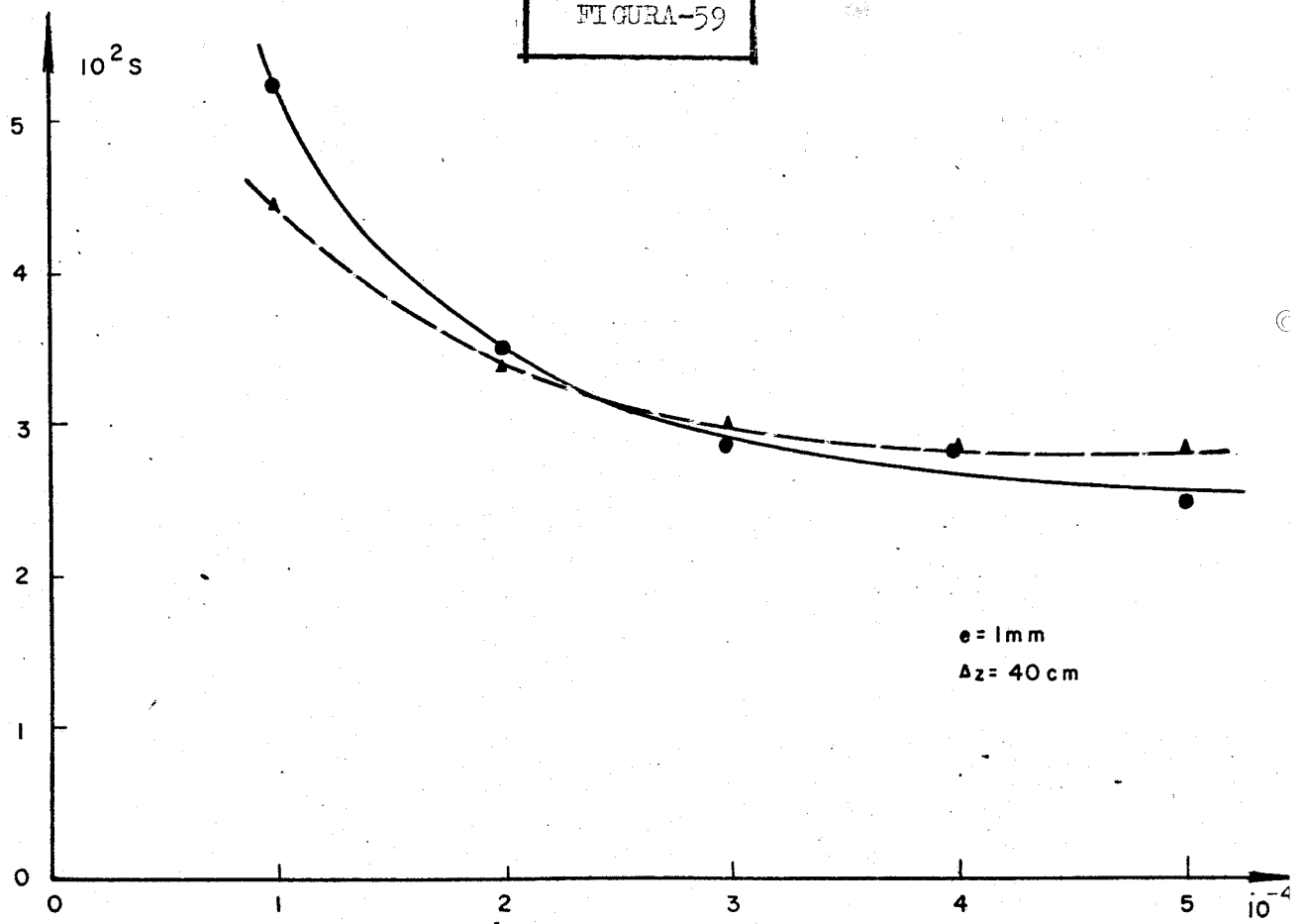


FIGURA-58

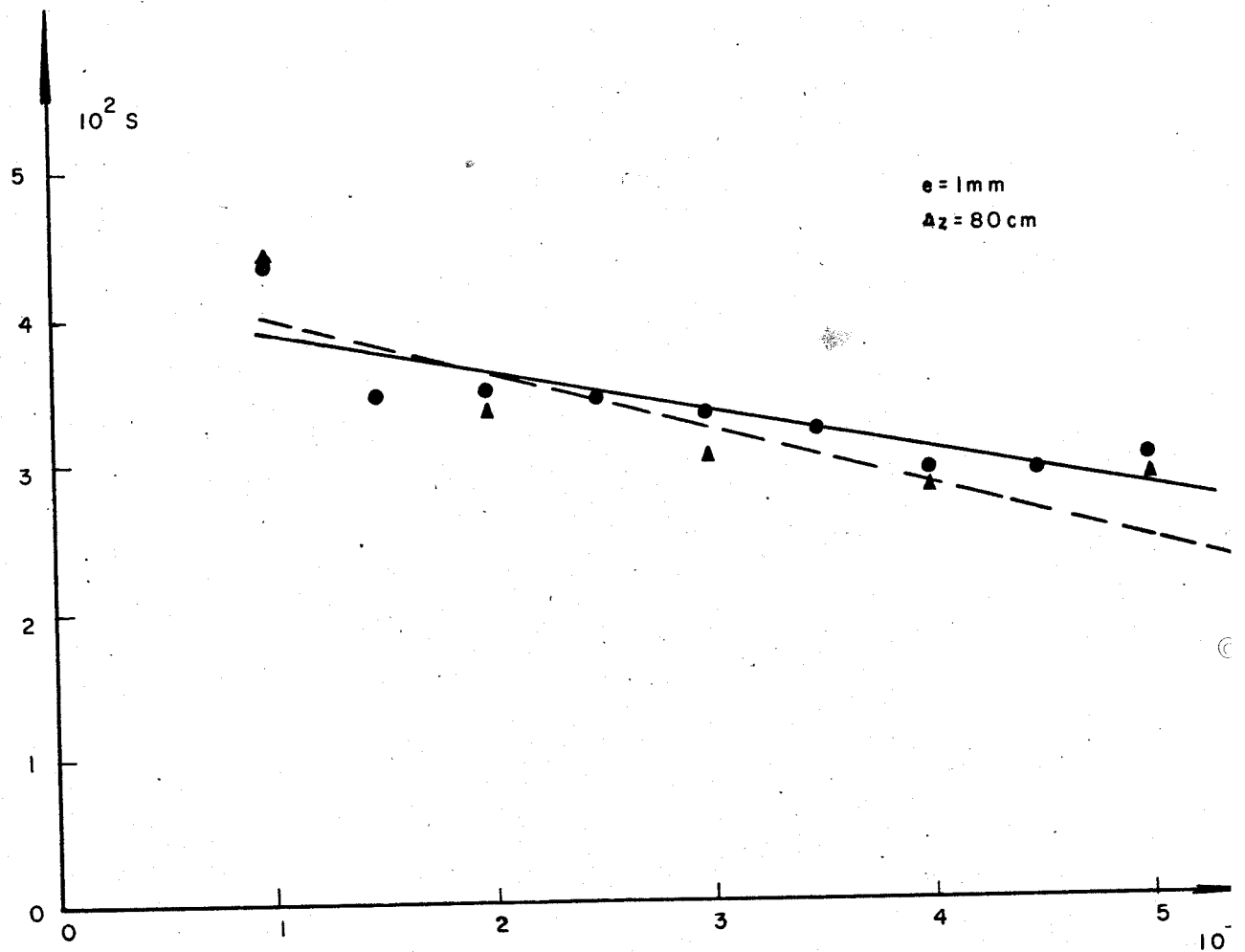


FIGURA-60

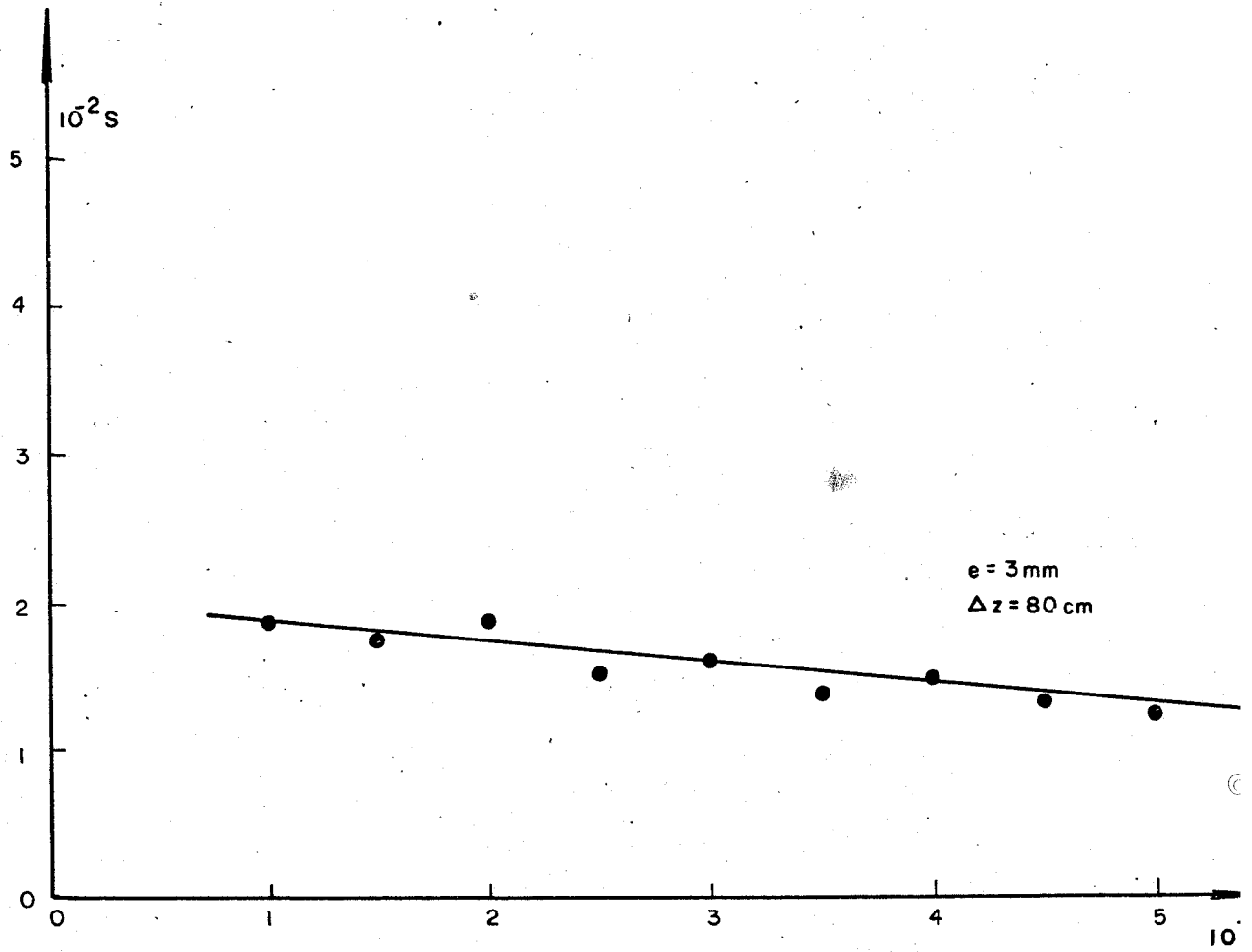


FIGURA-61

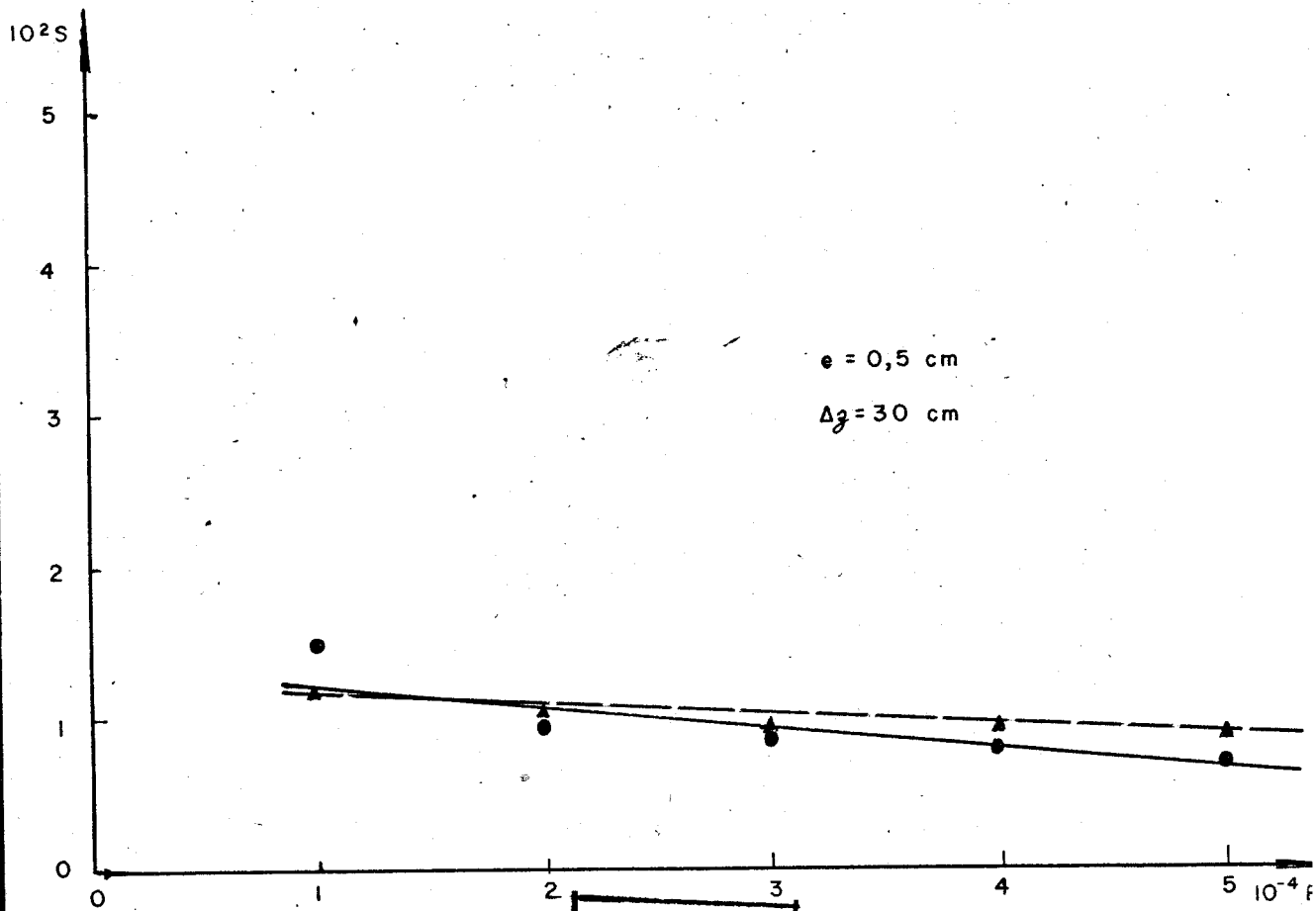


FIGURA-63

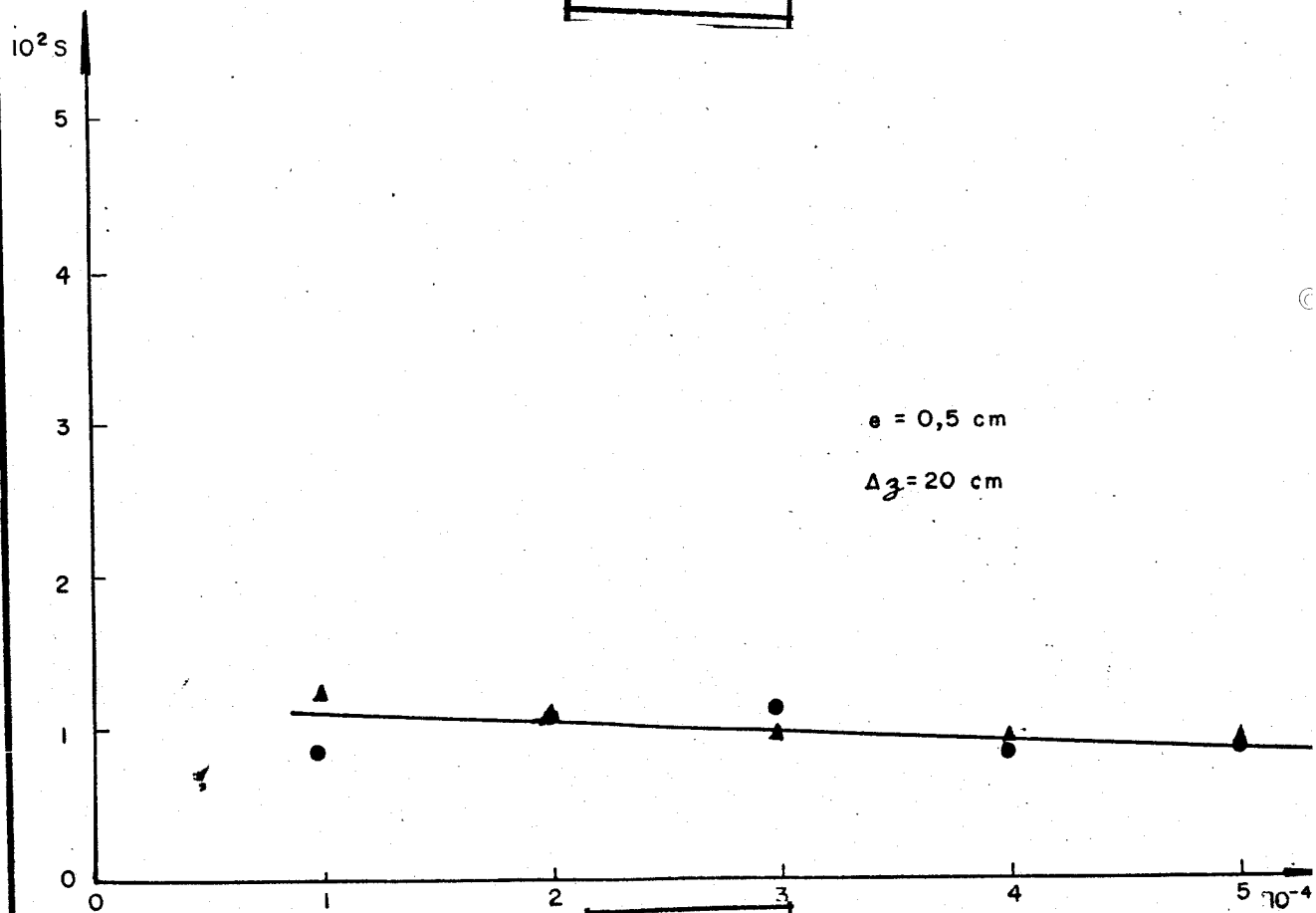


FIGURA-62

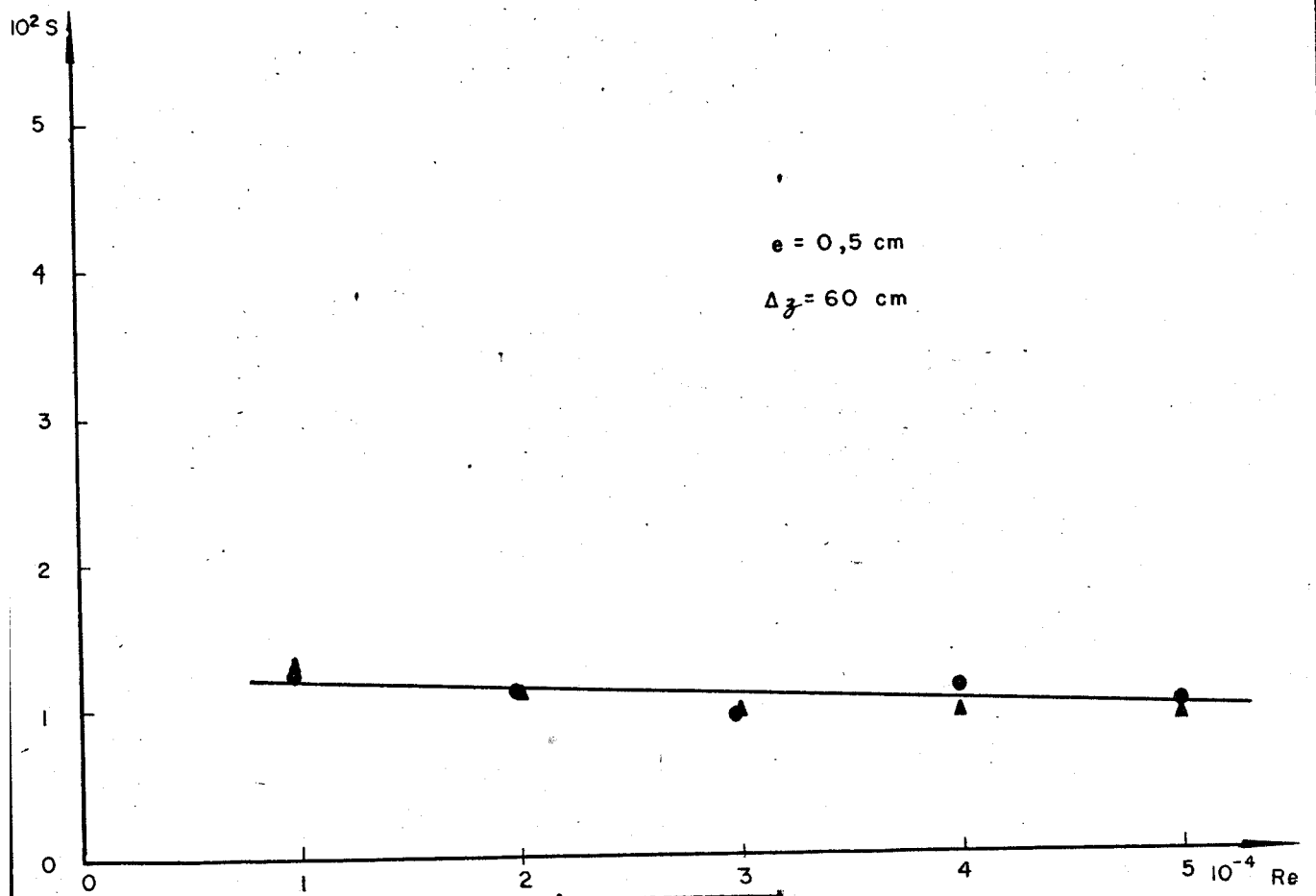


FIGURA-65

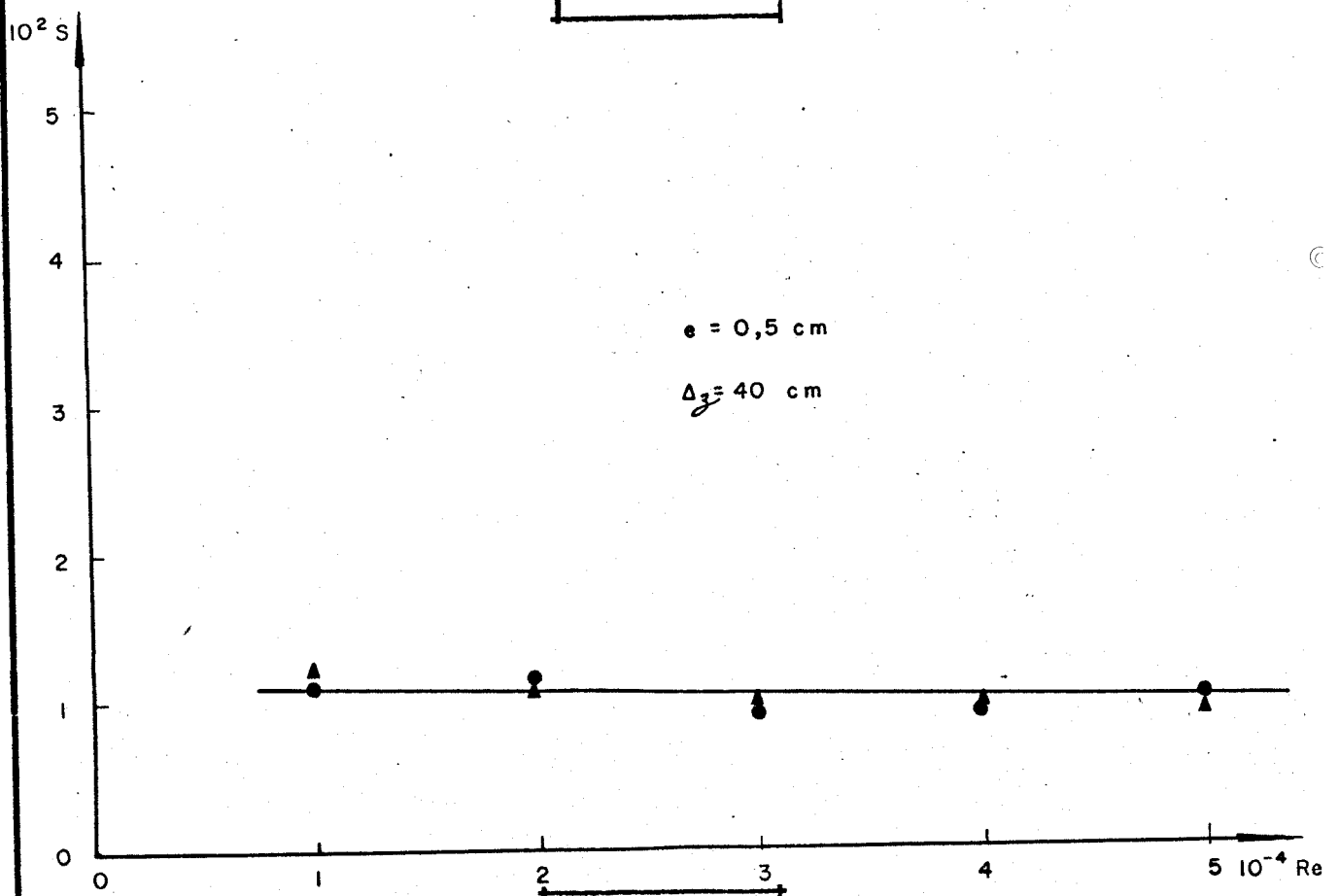


FIGURA-64

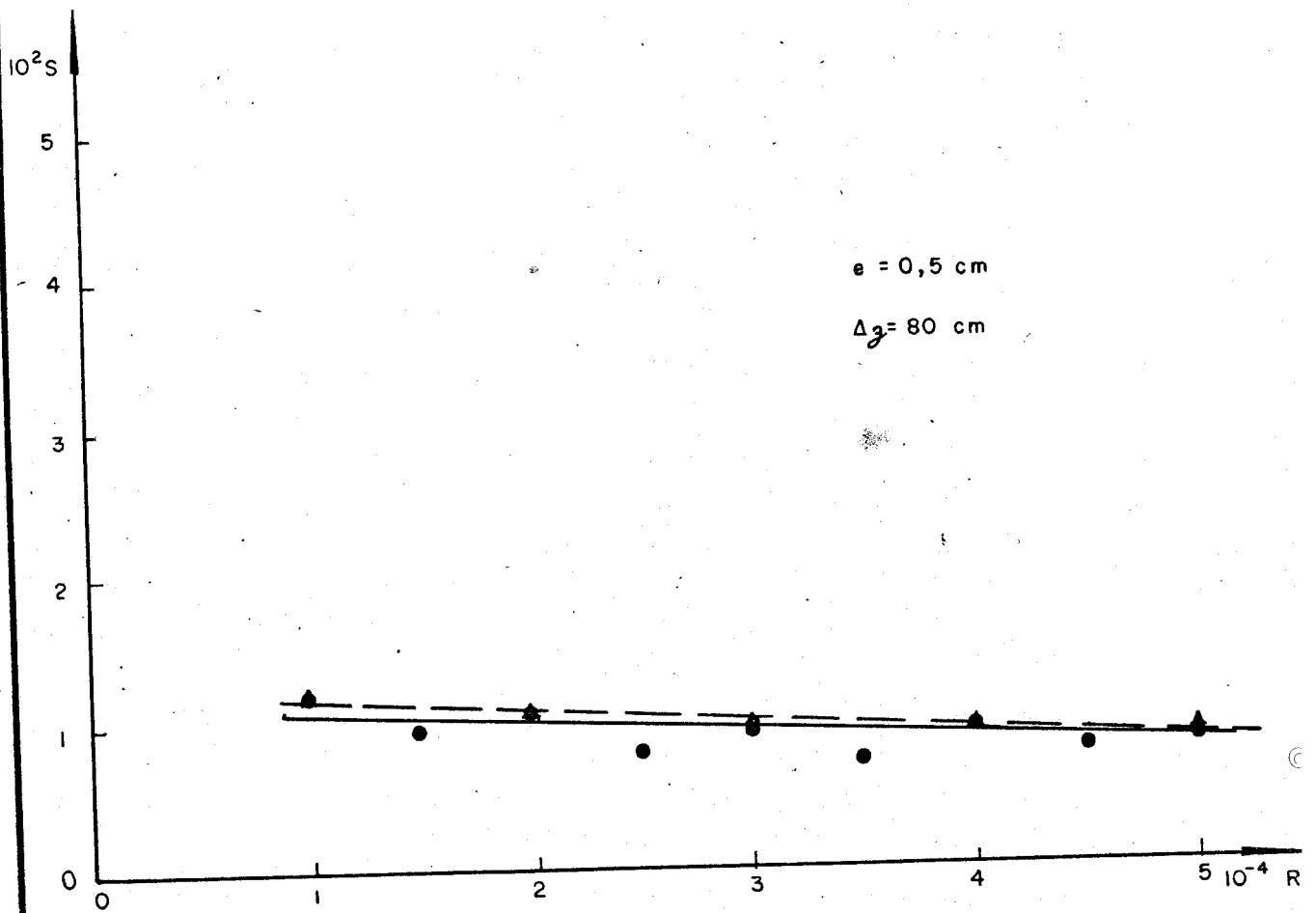


FIGURA-66

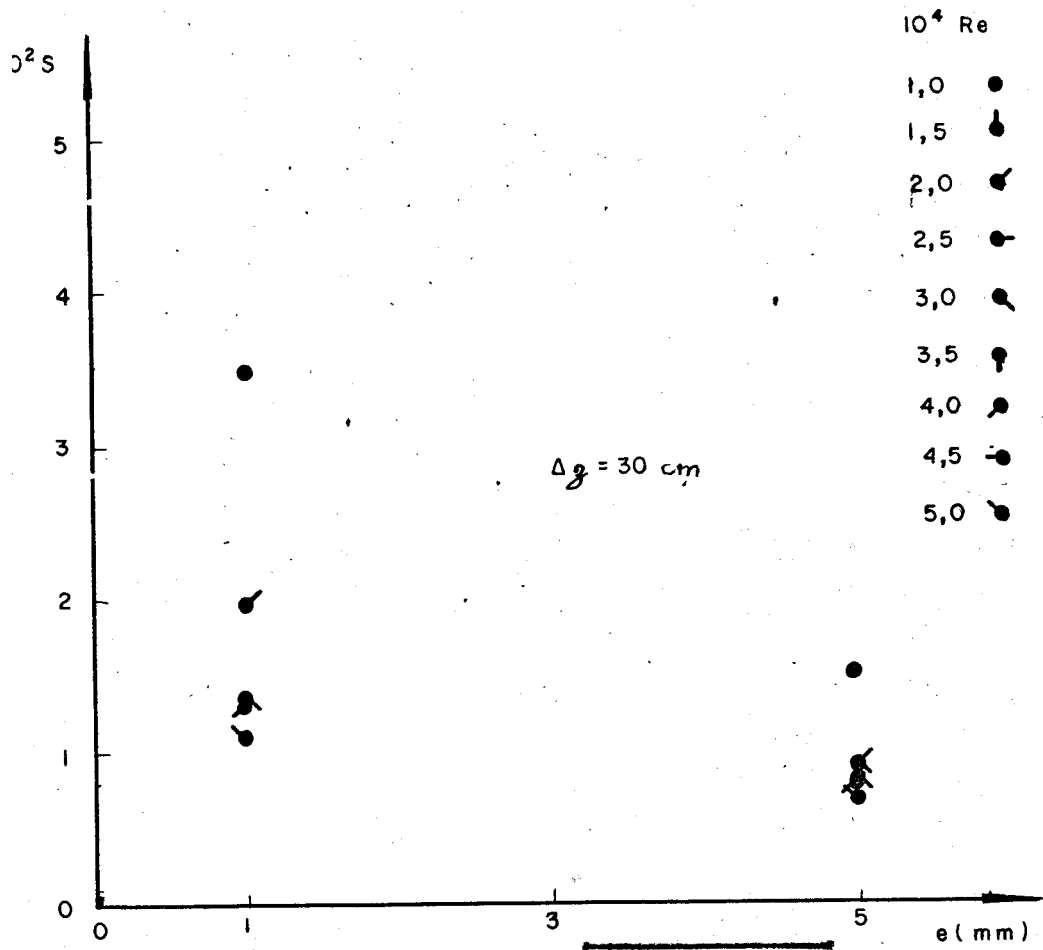


FIGURA-68

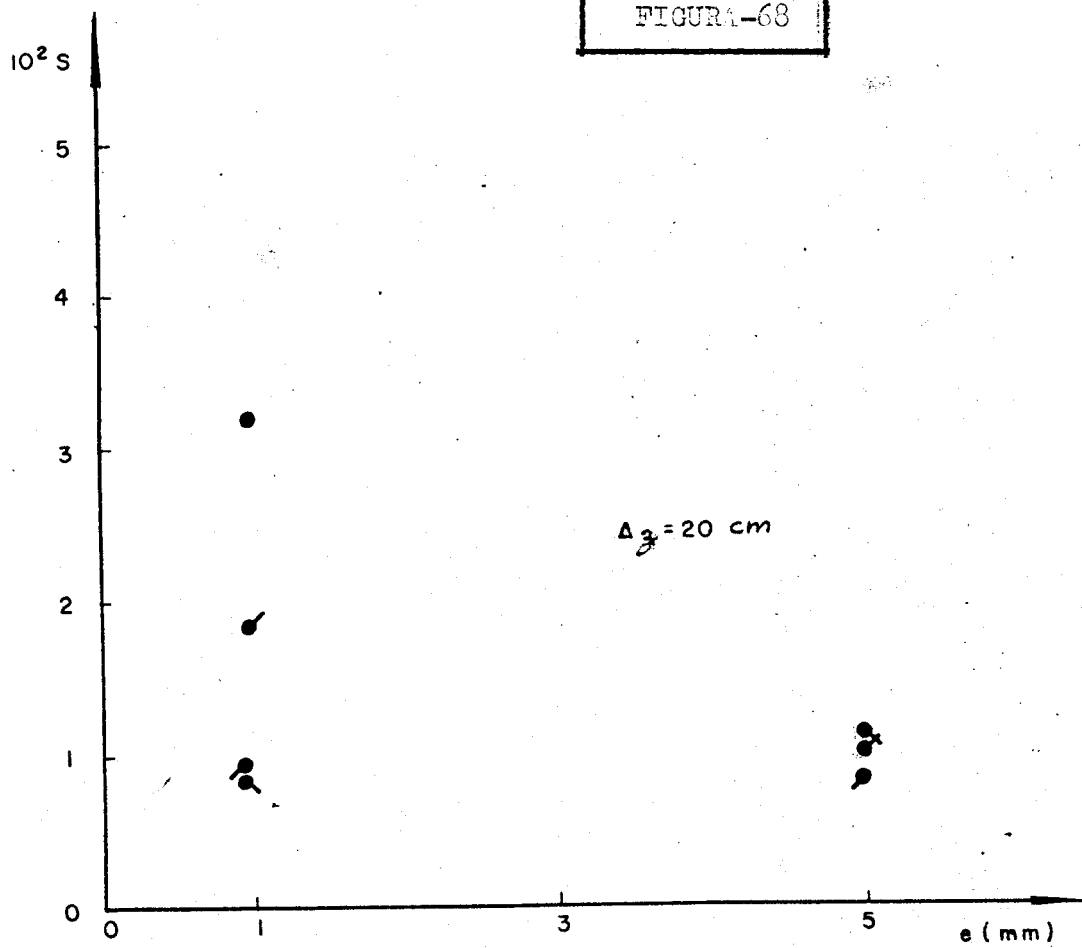


FIGURA-67

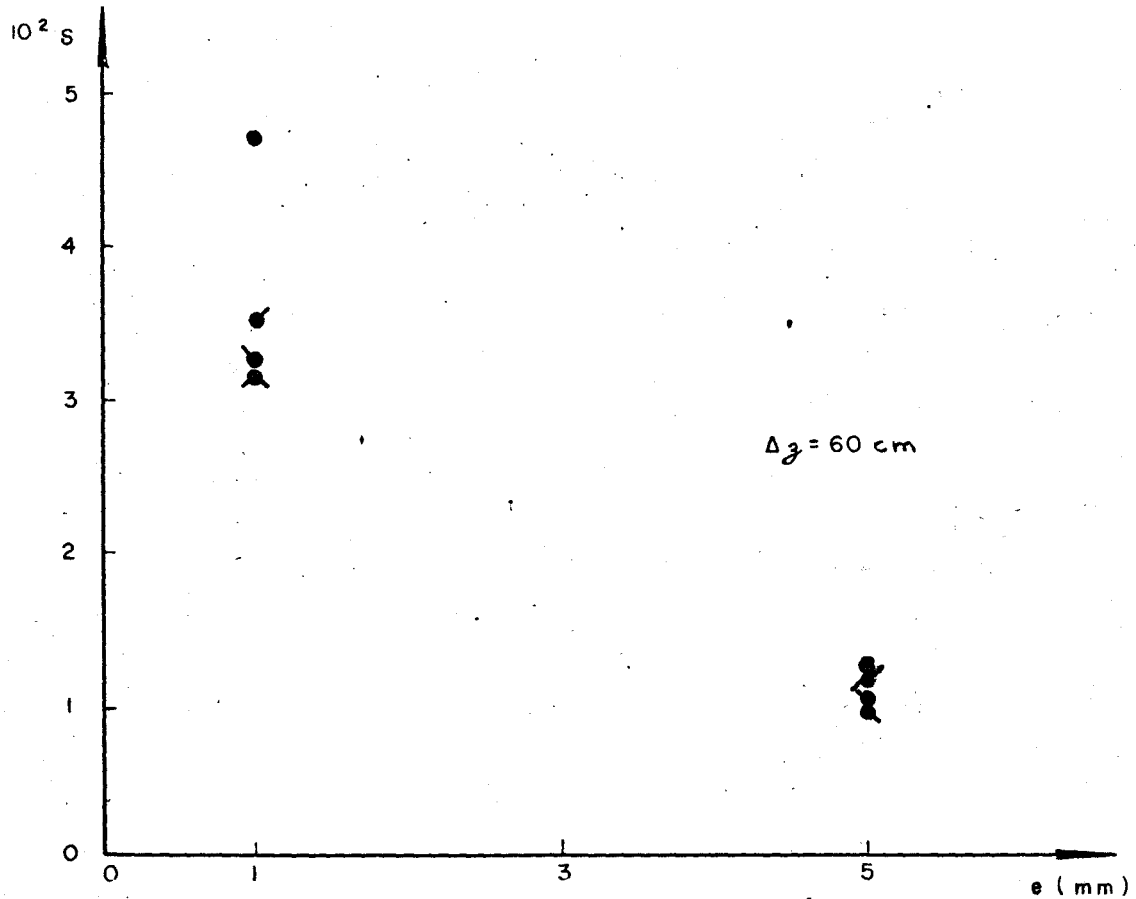


FIGURA-70

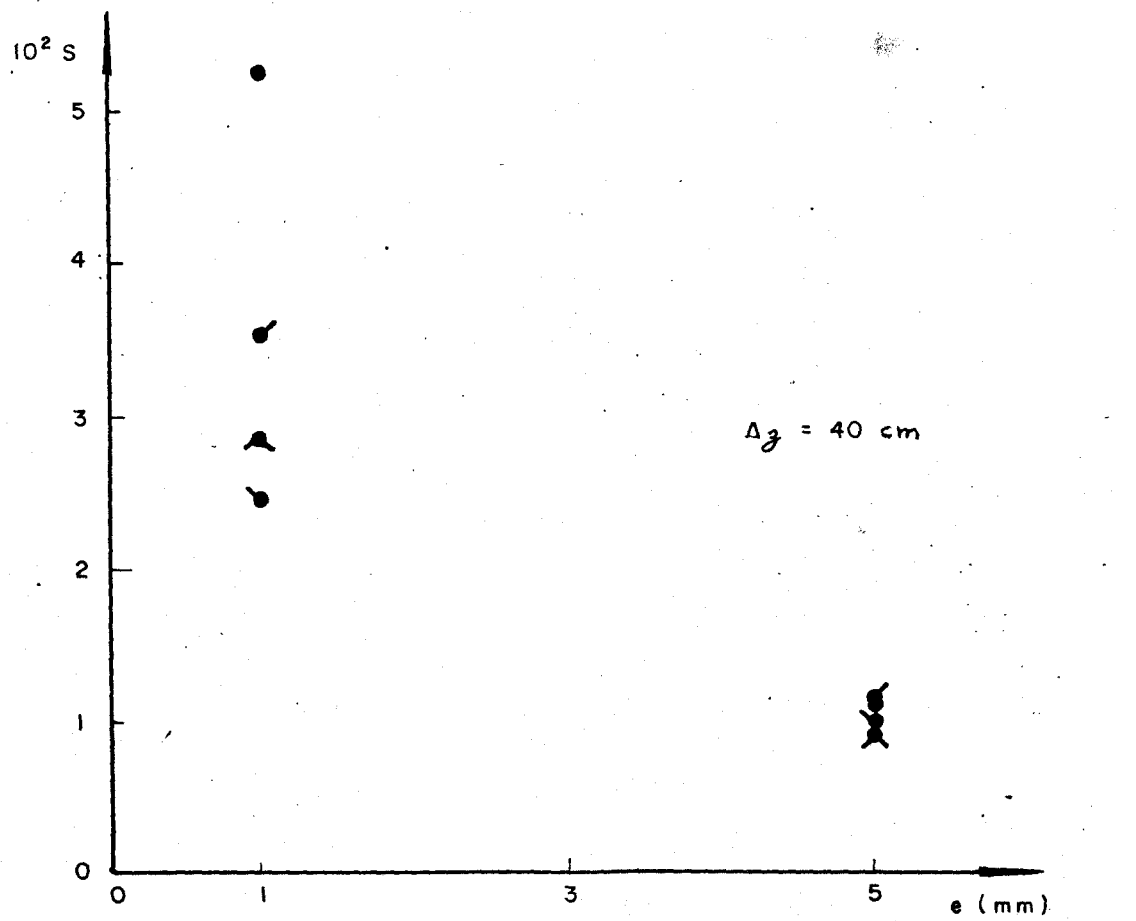


FIGURA-69

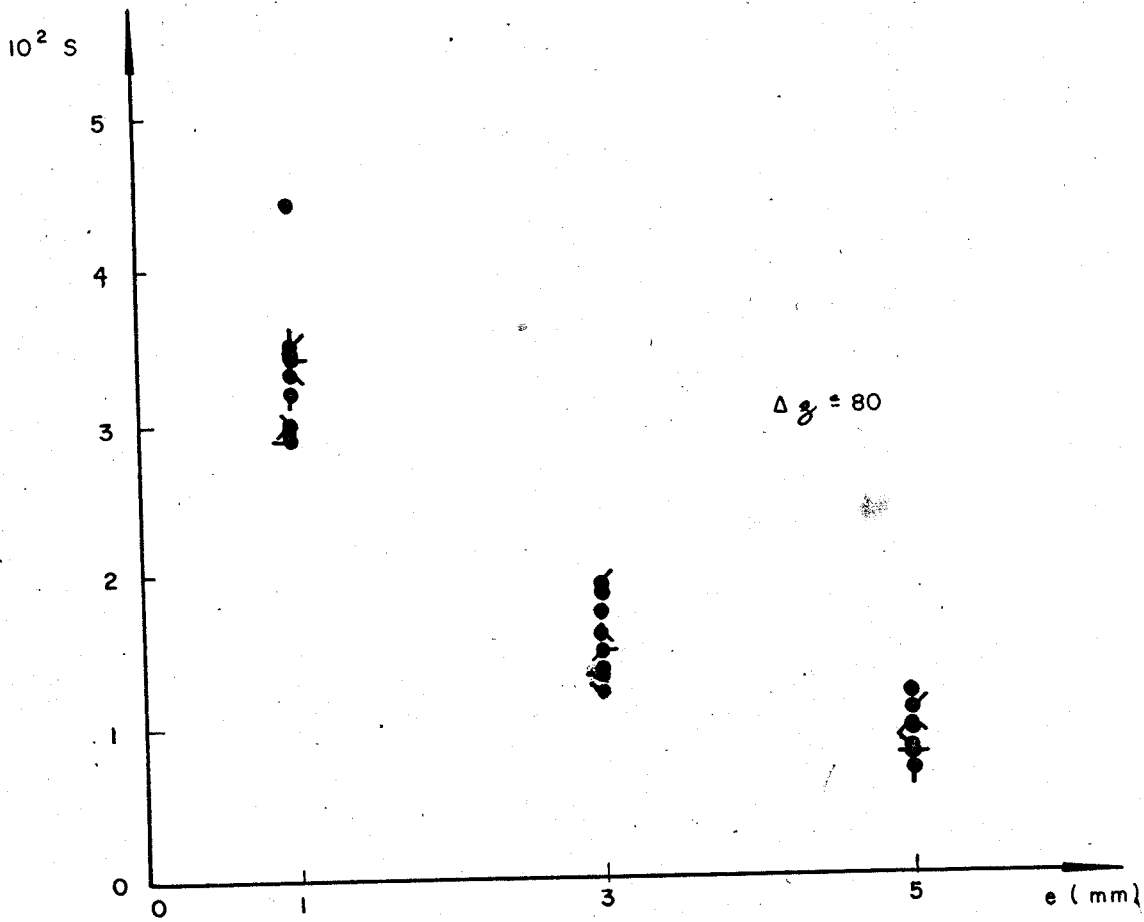


FIGURA-71

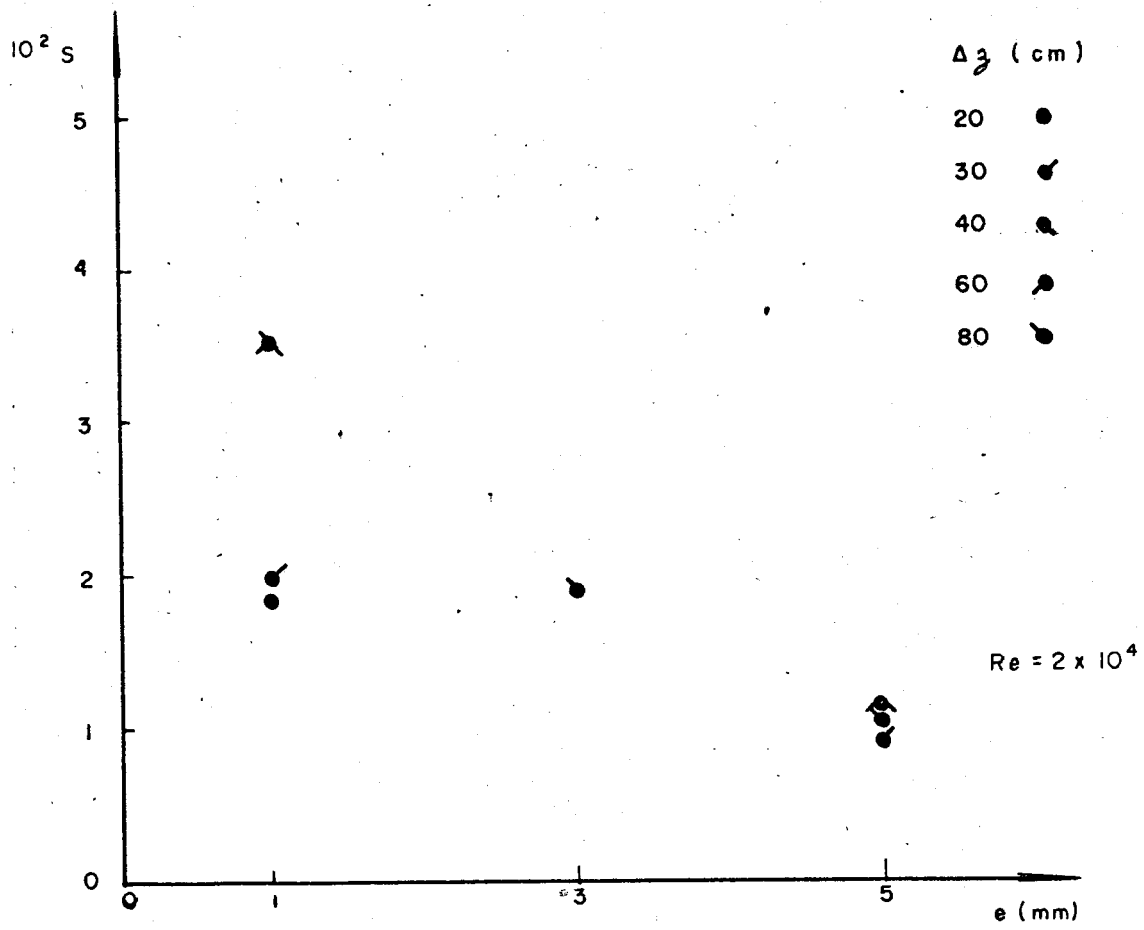


FIGURA-73

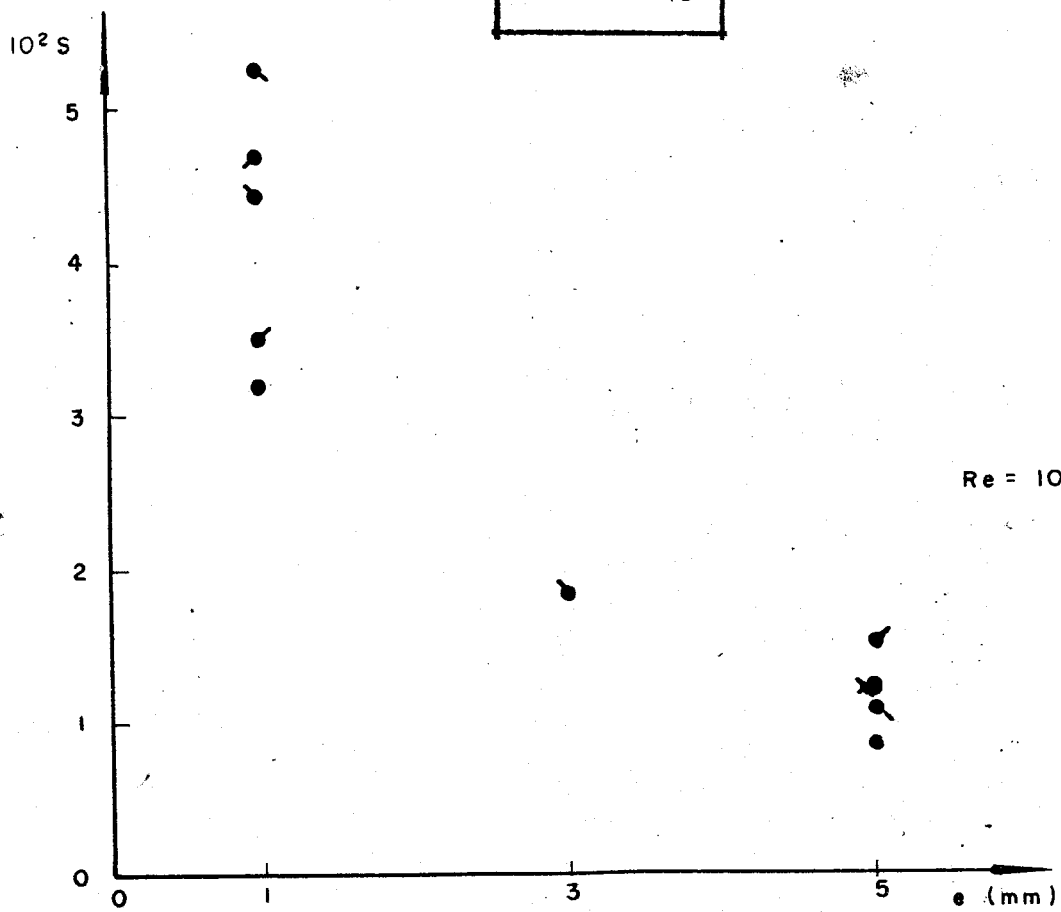


FIGURA-72

$10^2 S$

5

4

3

2

1

0

0

3

e (mm)

$Re = 4 \times 10^4$

FIGURA-75

$10^2 S$

5

4

3

2

1

0

0

3

e (mm)

$Re = 3 \times 10^4$

FIGURA-74

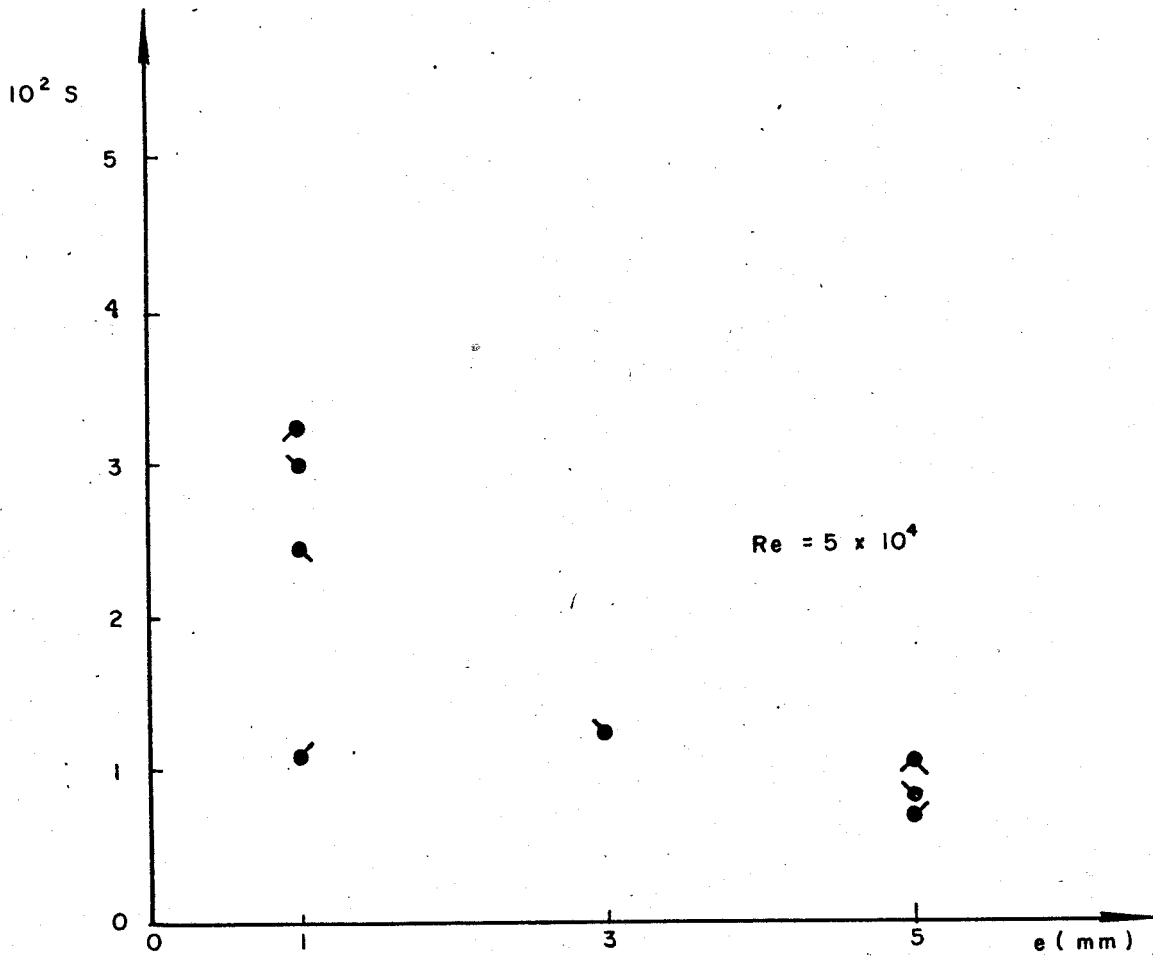


FIGURA-76

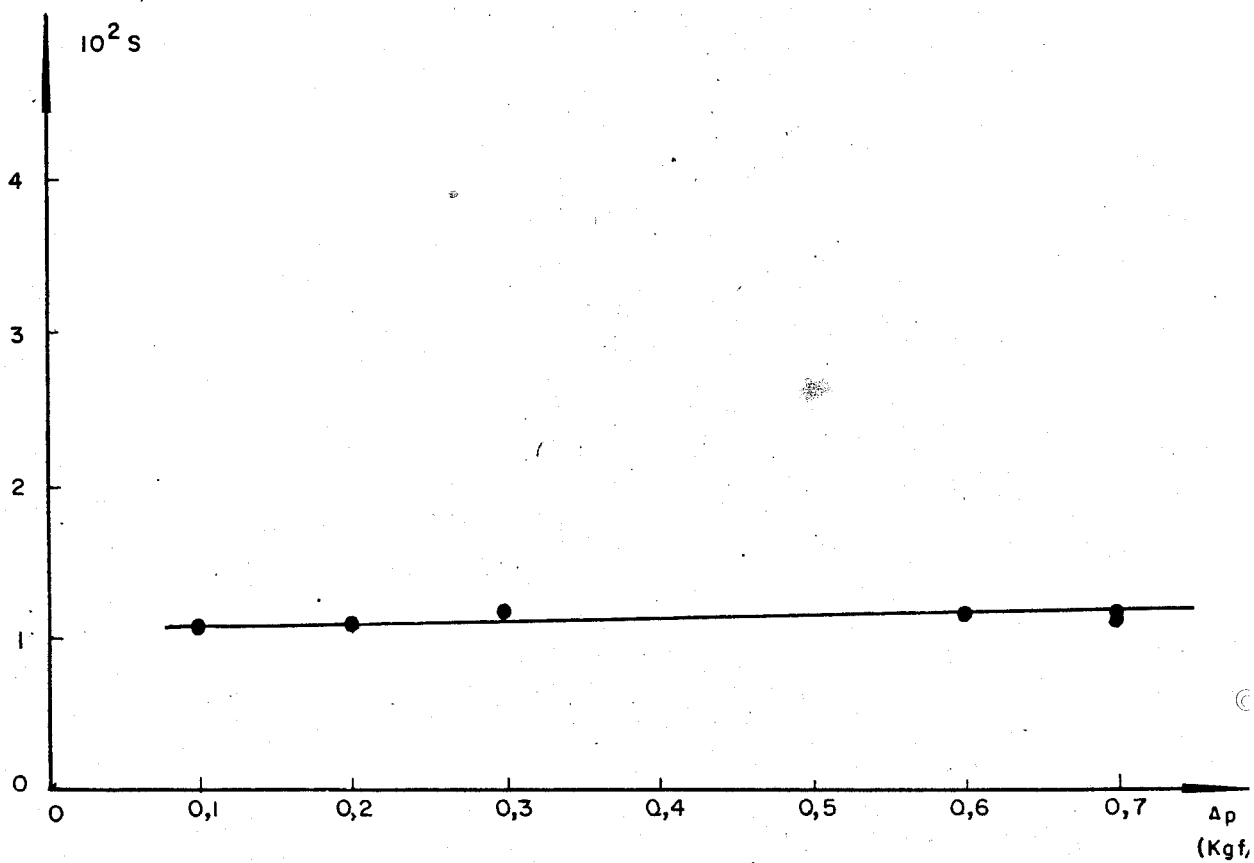


FIGURA-77

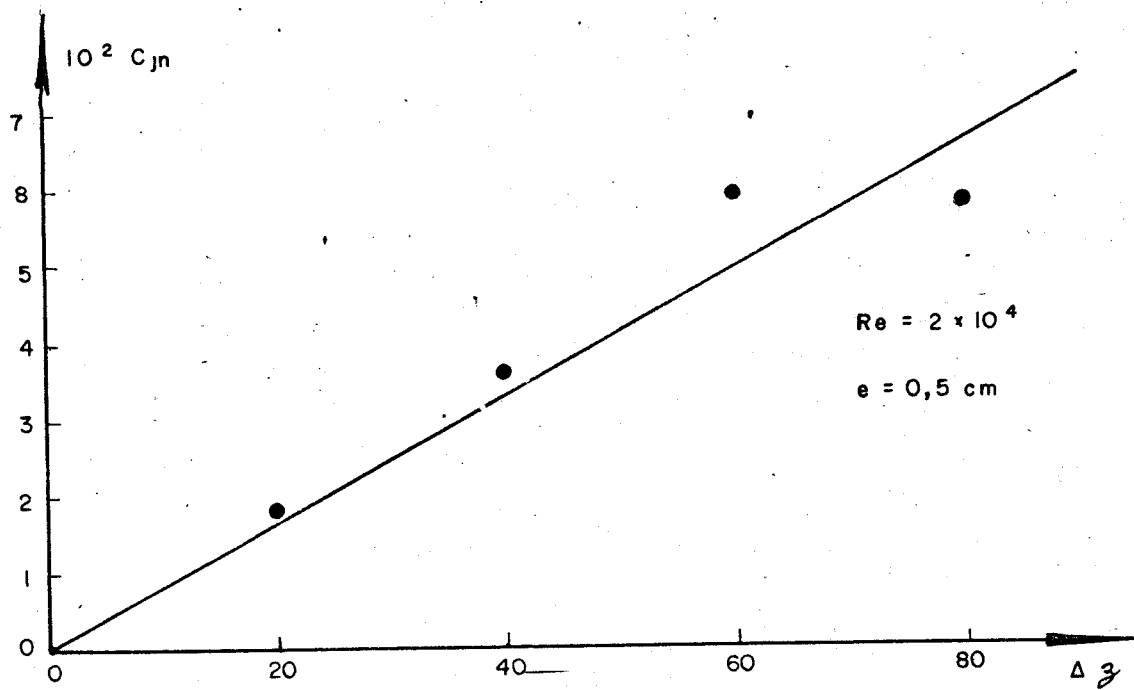


FIGURA-79

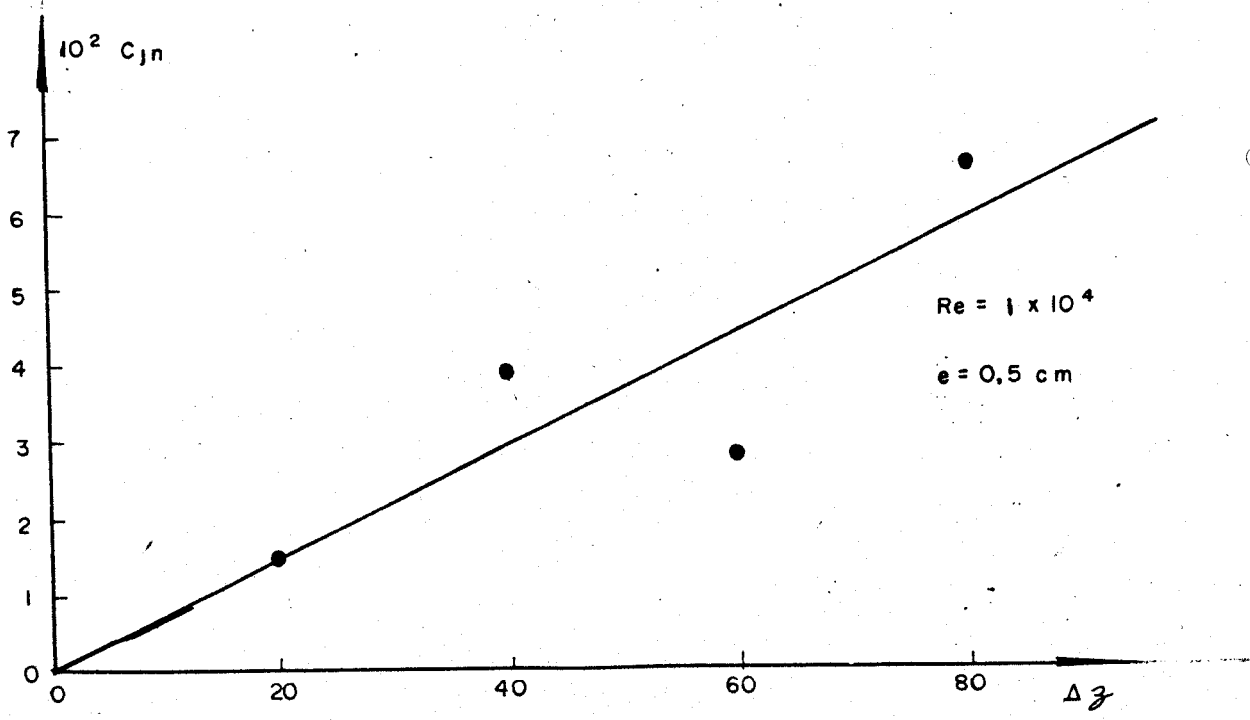


FIGURA-78

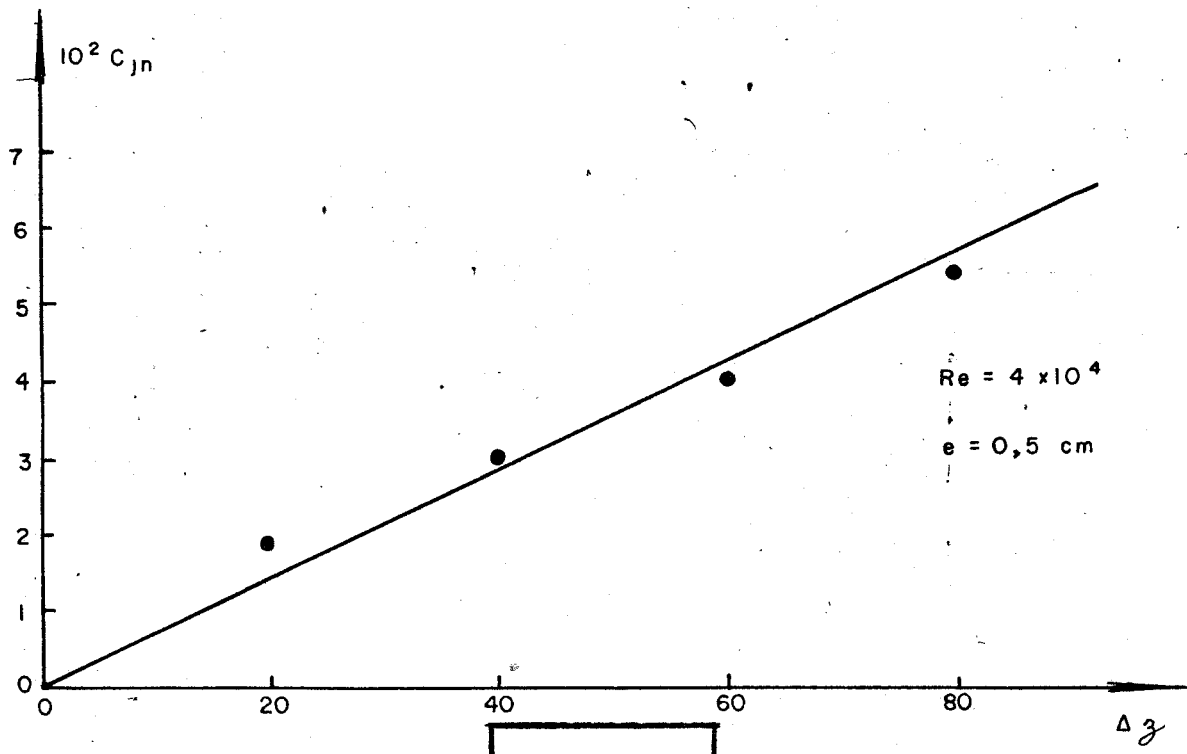


FIGURA-81

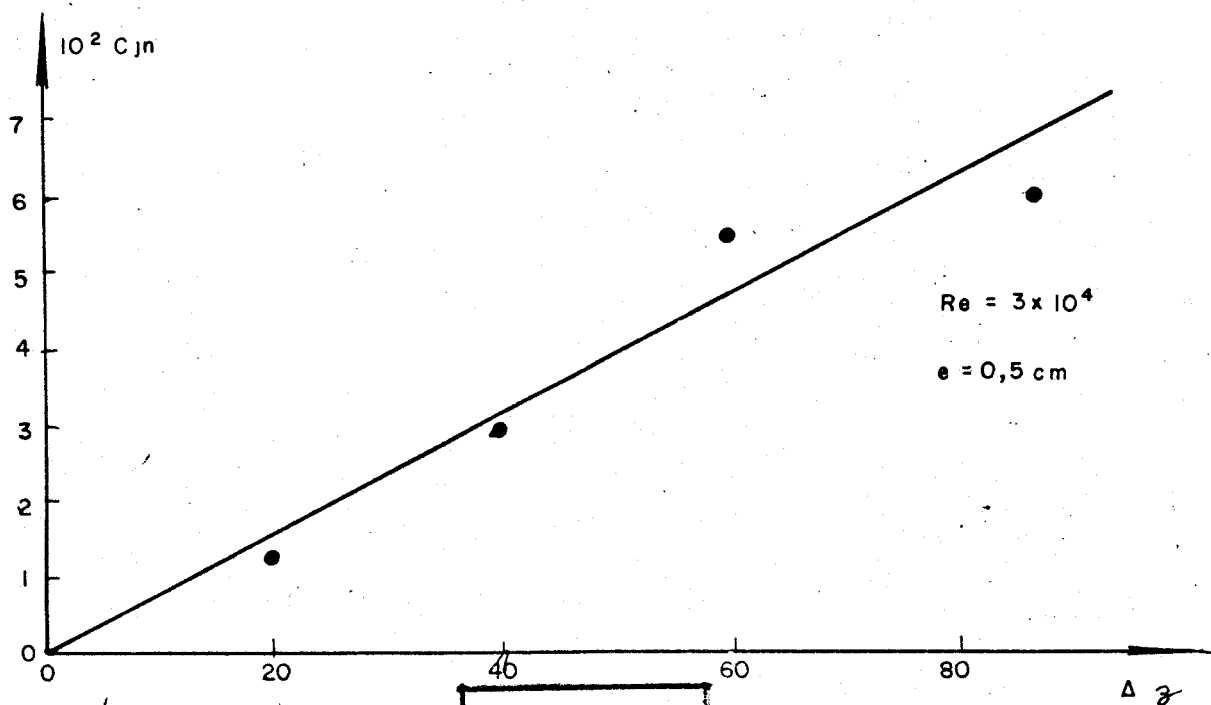


FIGURA-80

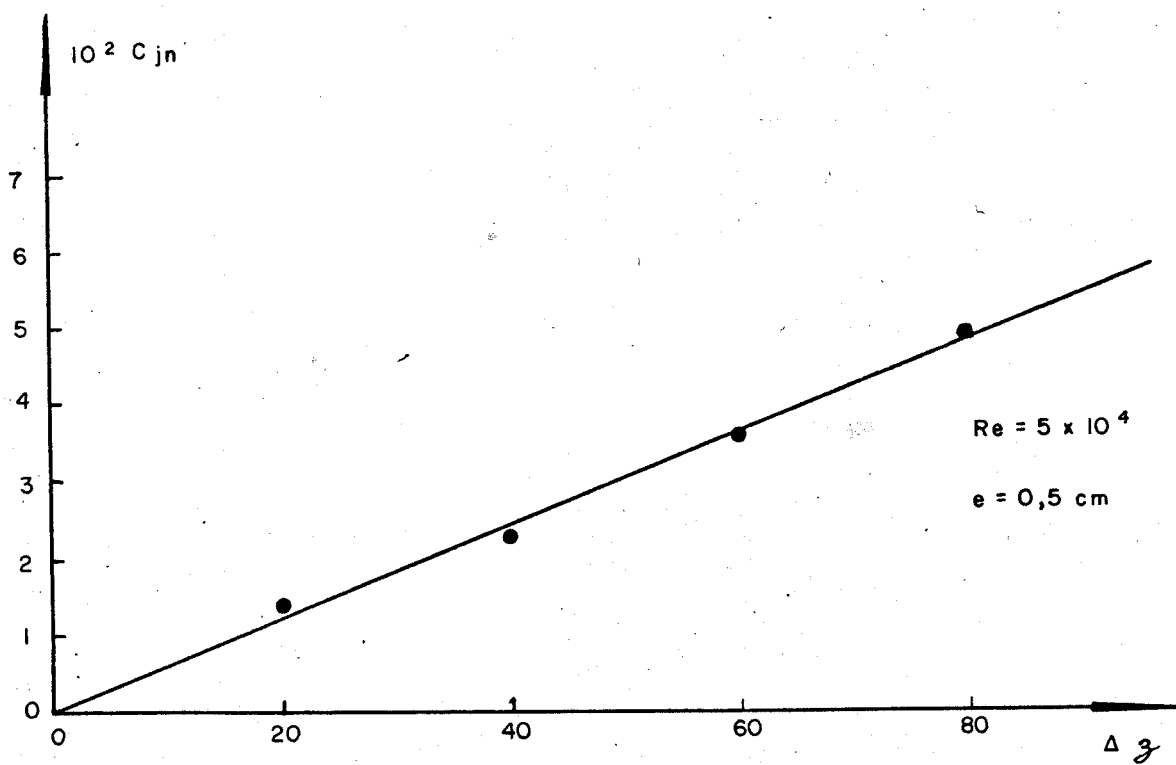


FIGURA-82

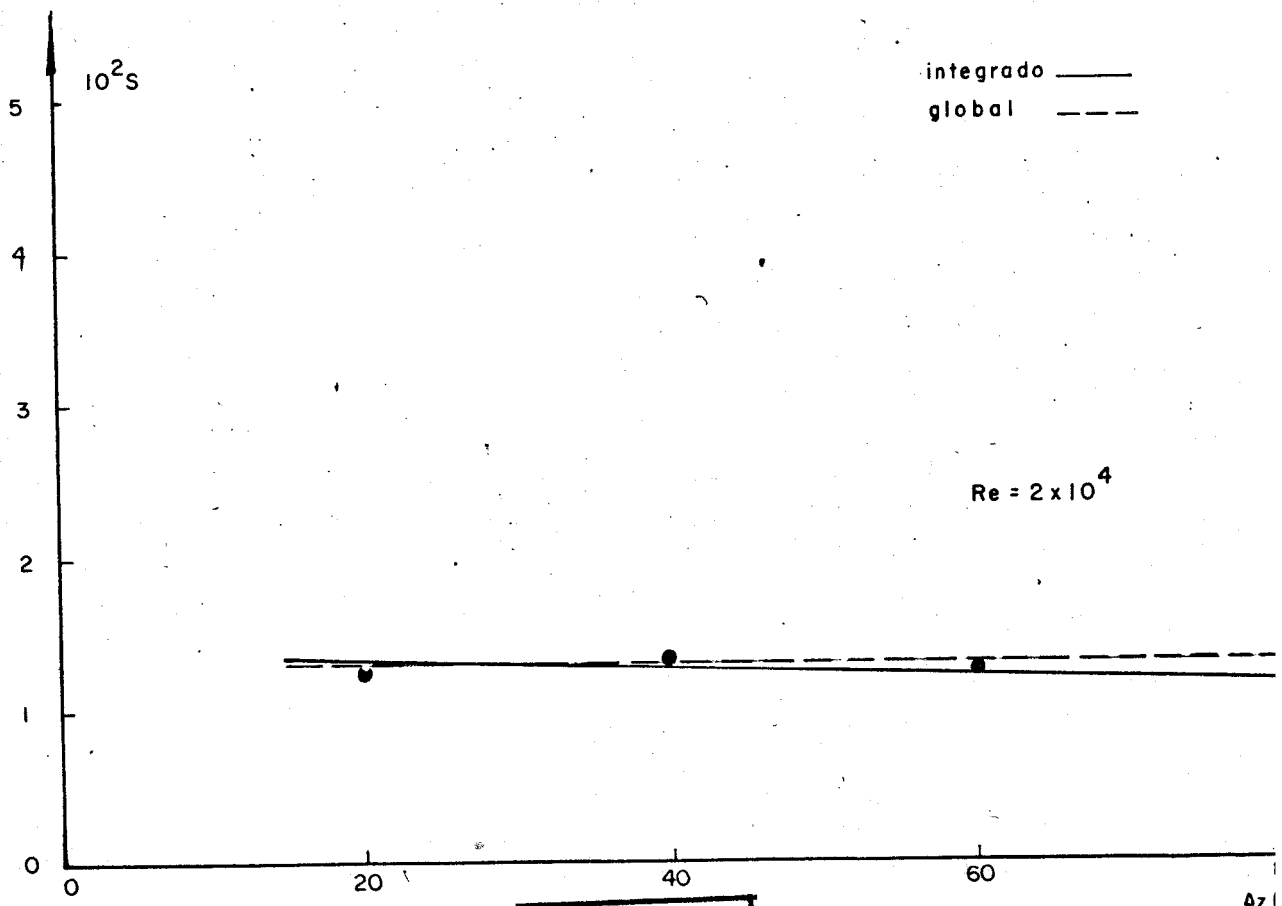


FIGURA-84

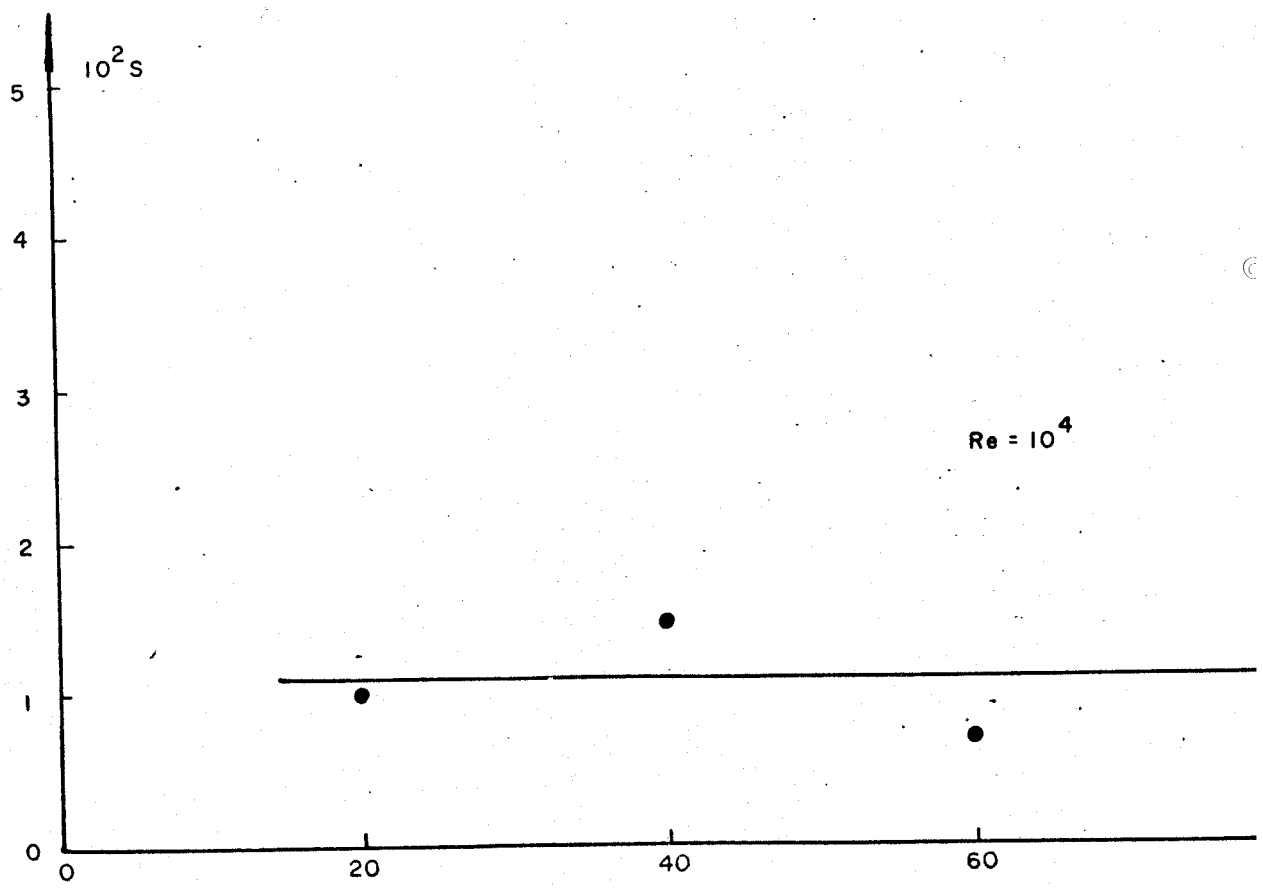


FIGURA-83

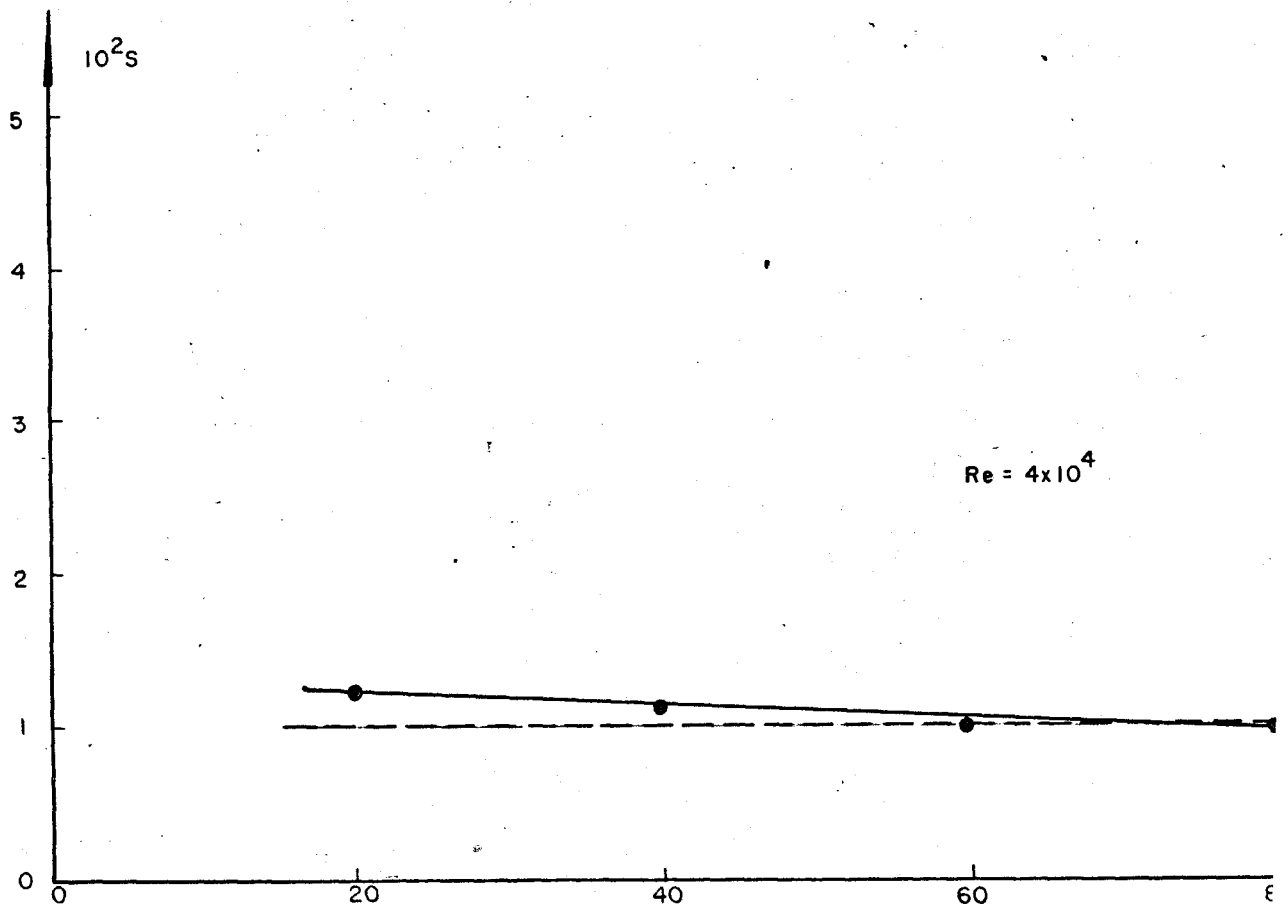


FIGURA-86

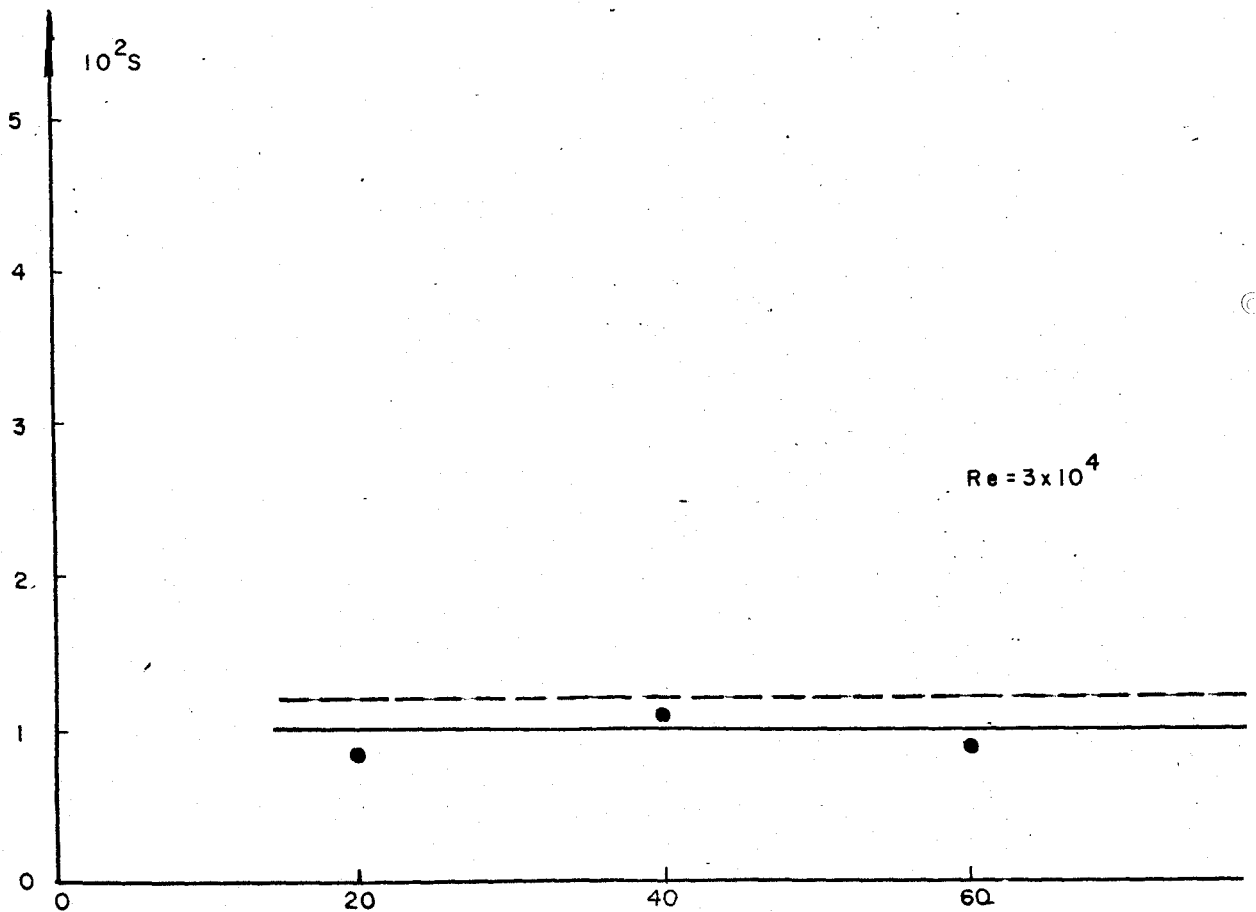


FIGURA-85

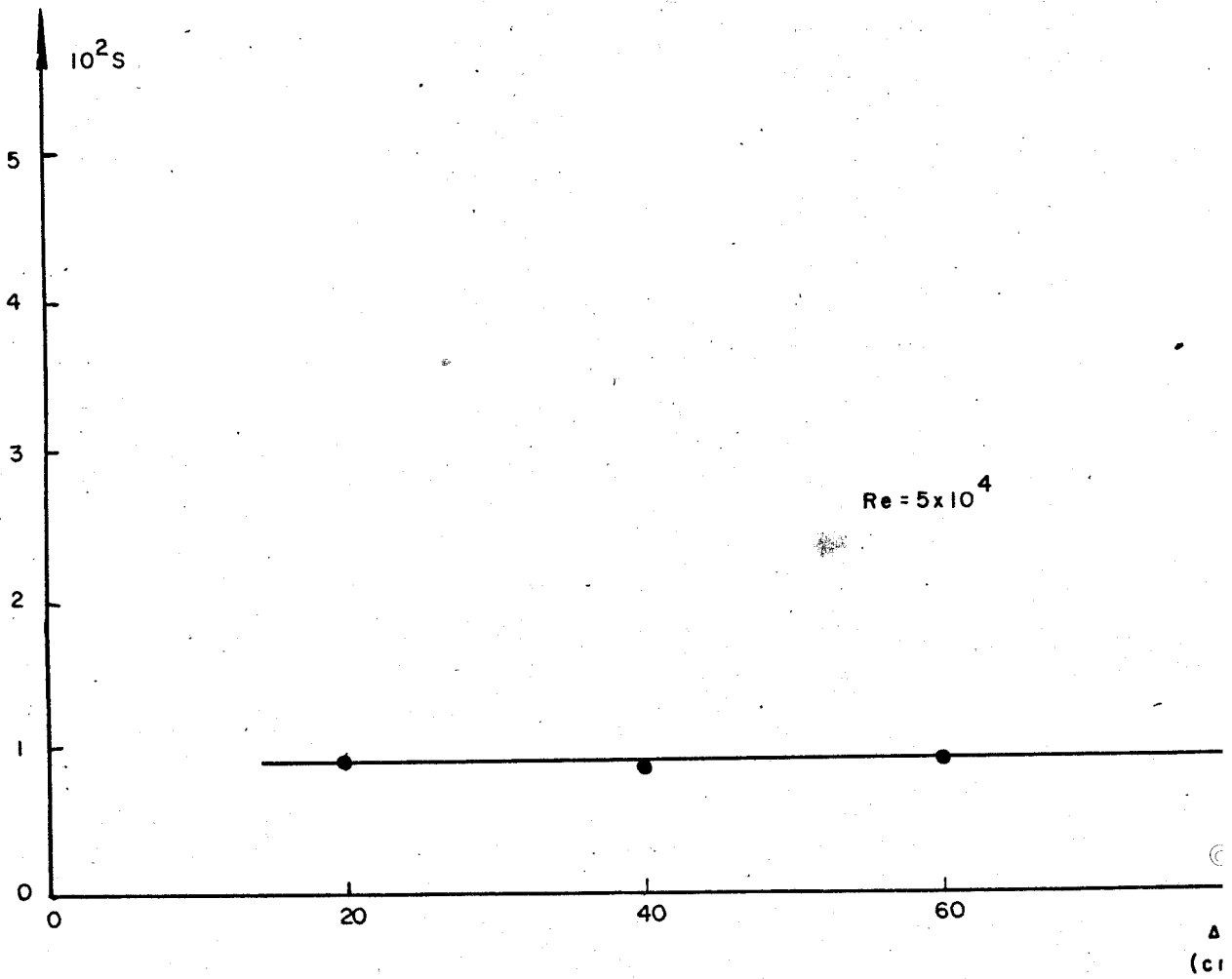


FIGURA-37

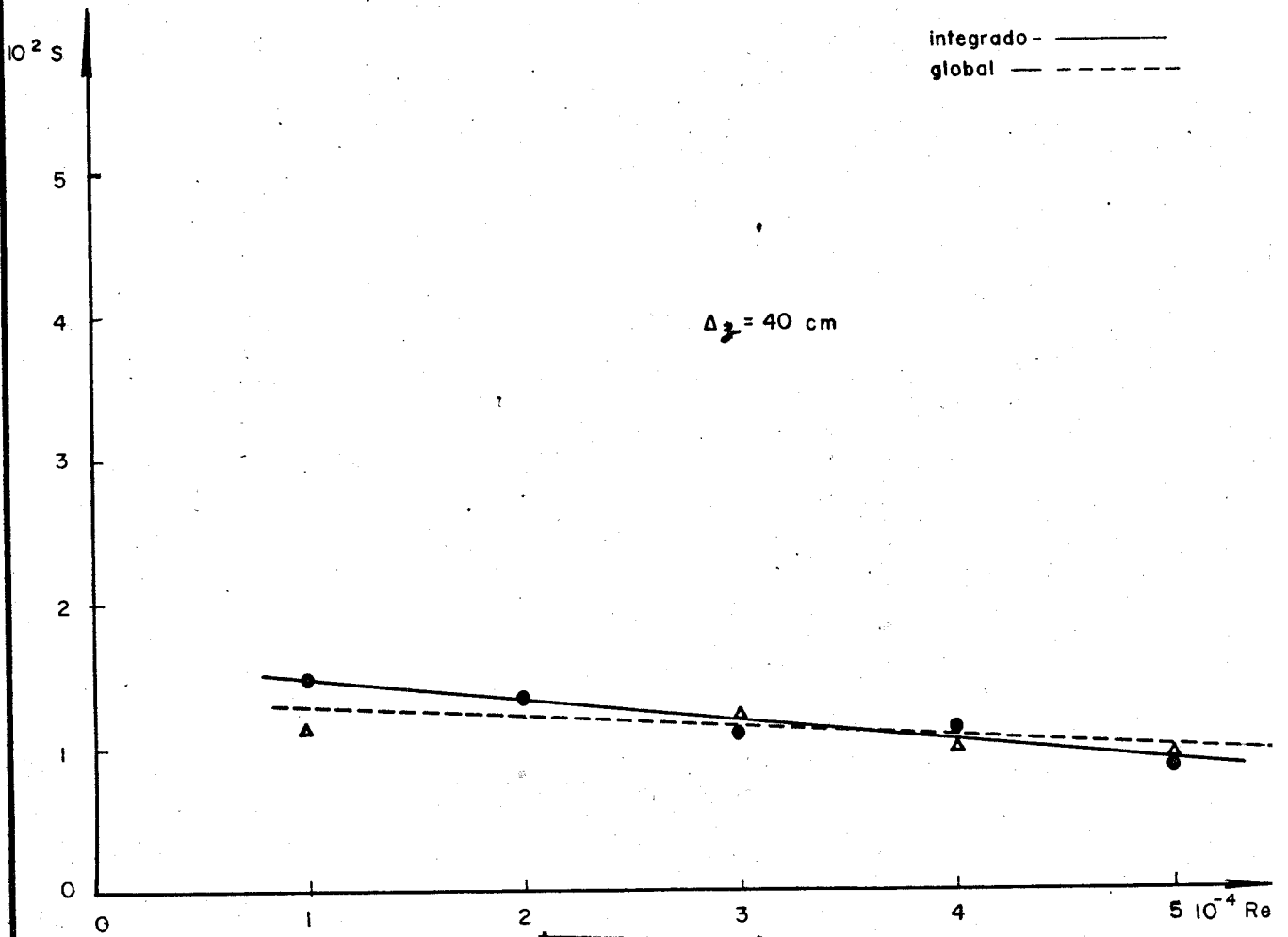


FIGURA-89

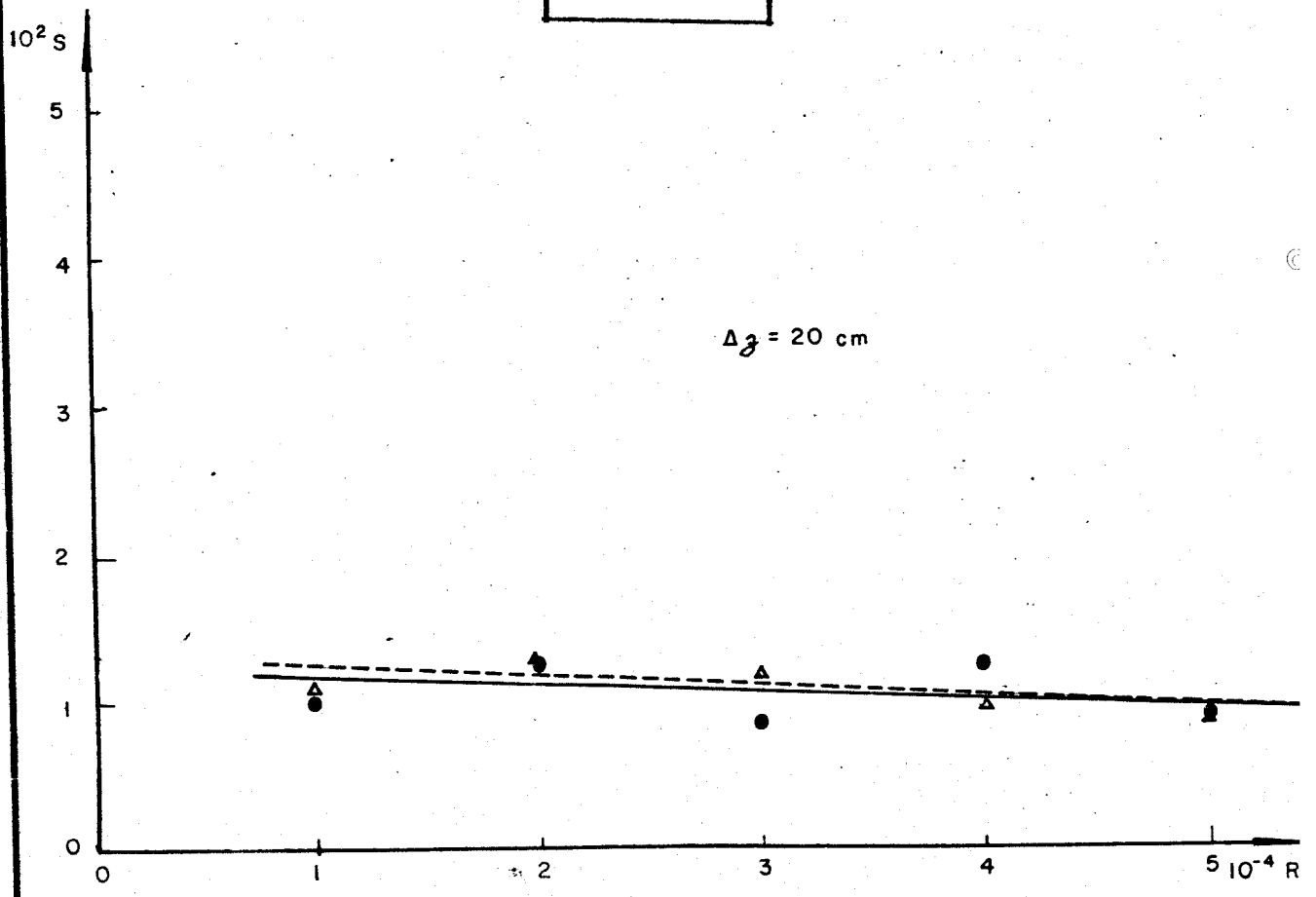


FIGURA-98

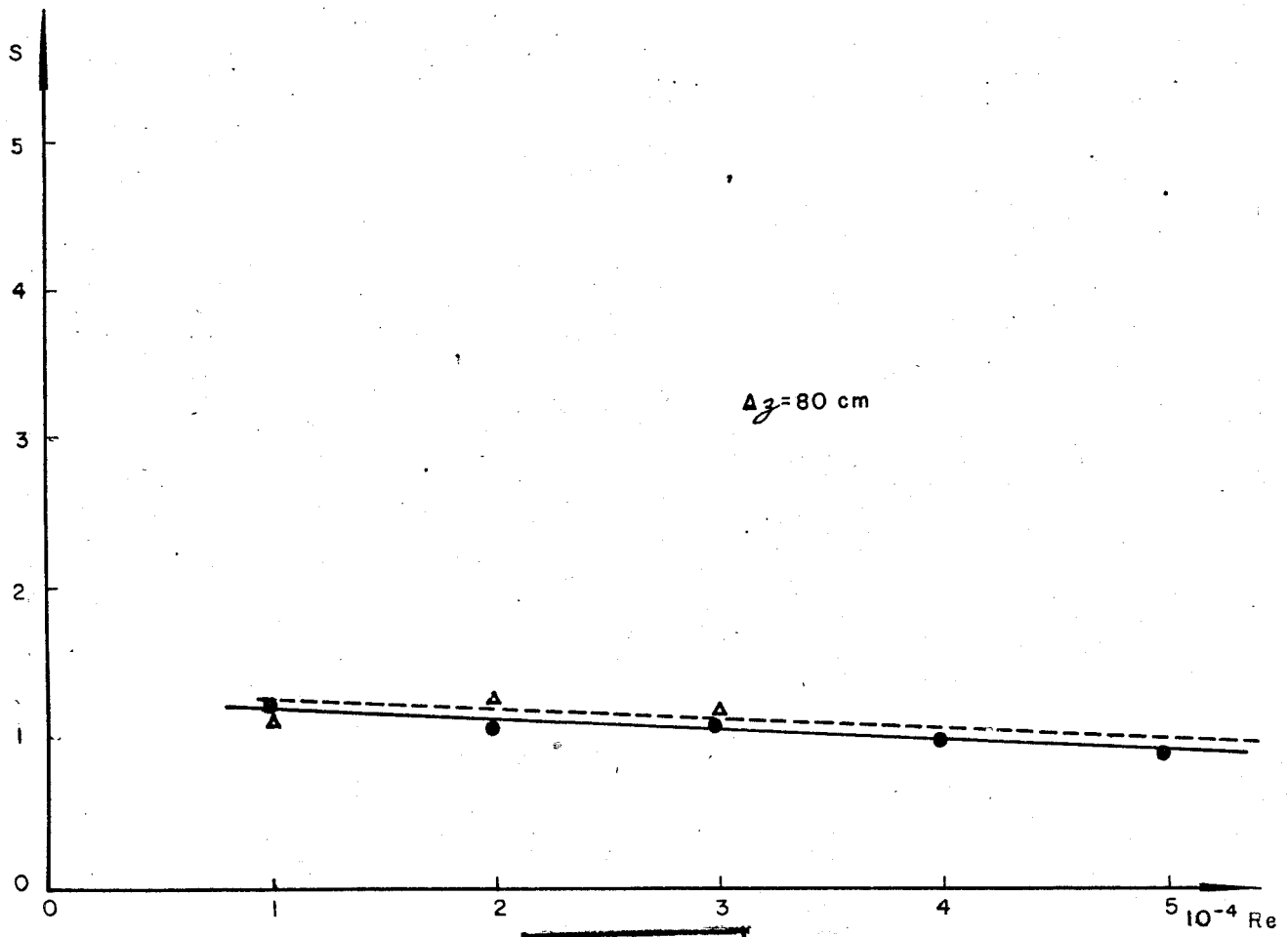


FIGURA-91

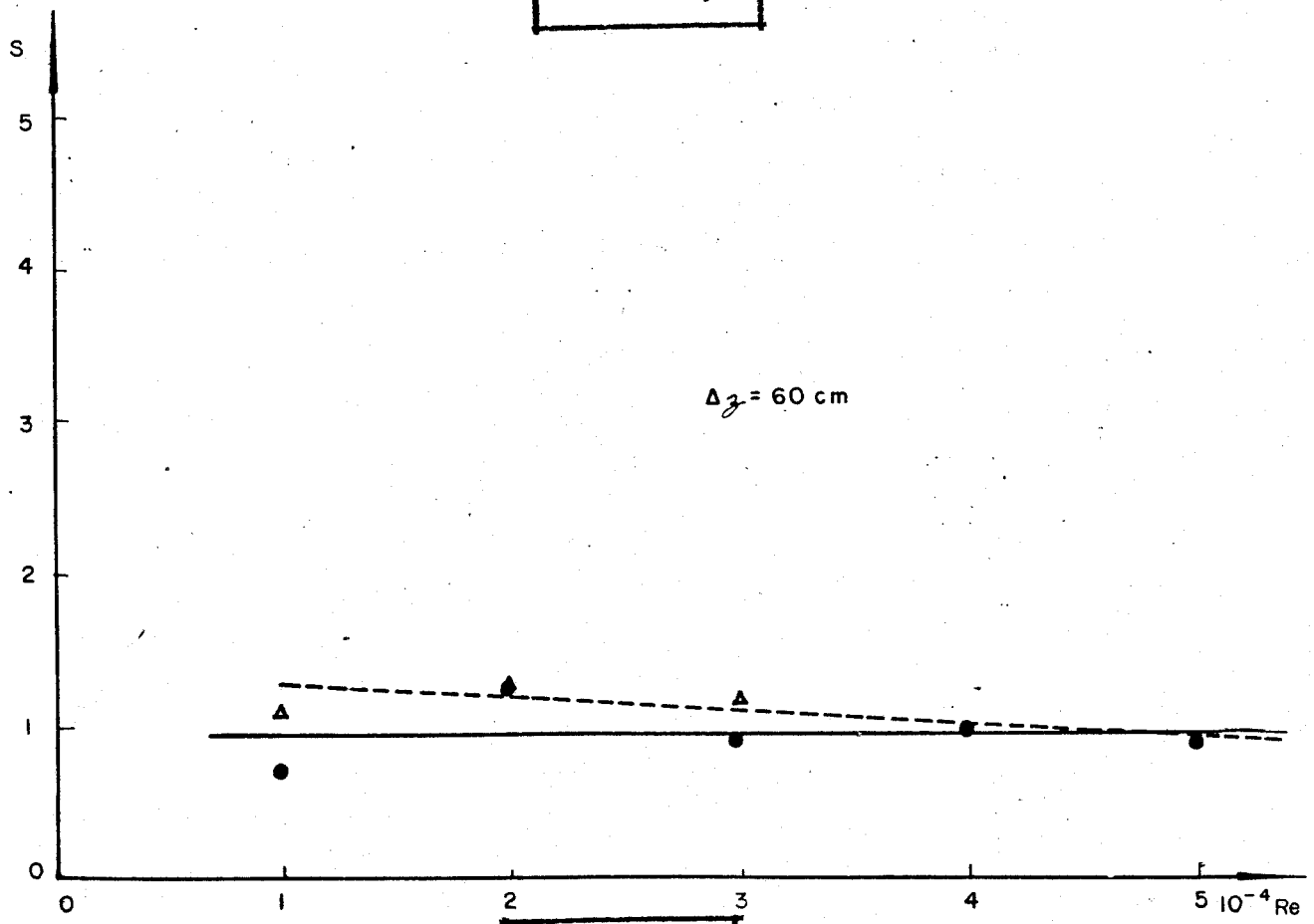


FIGURA-90

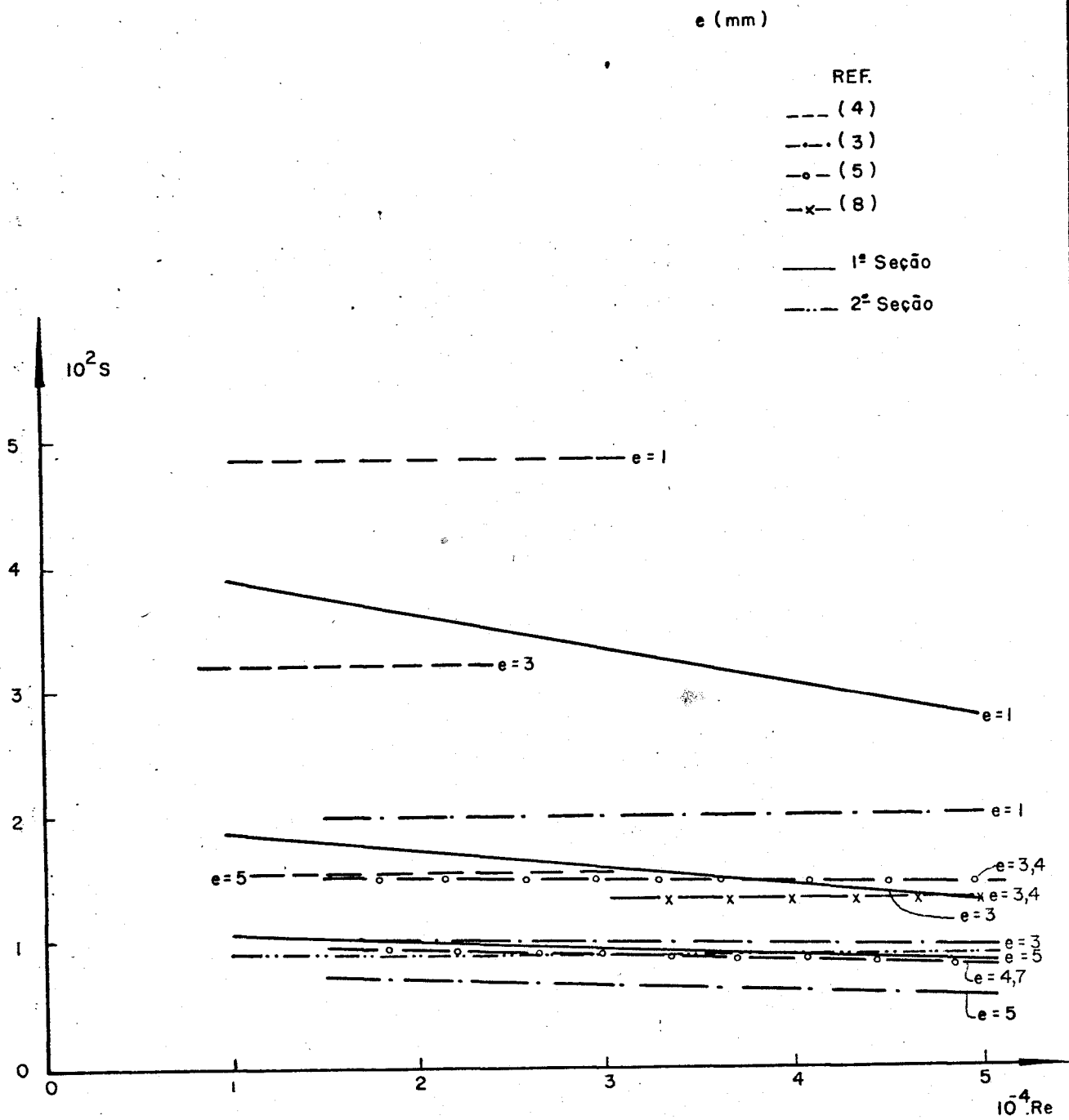


FIGURA-92

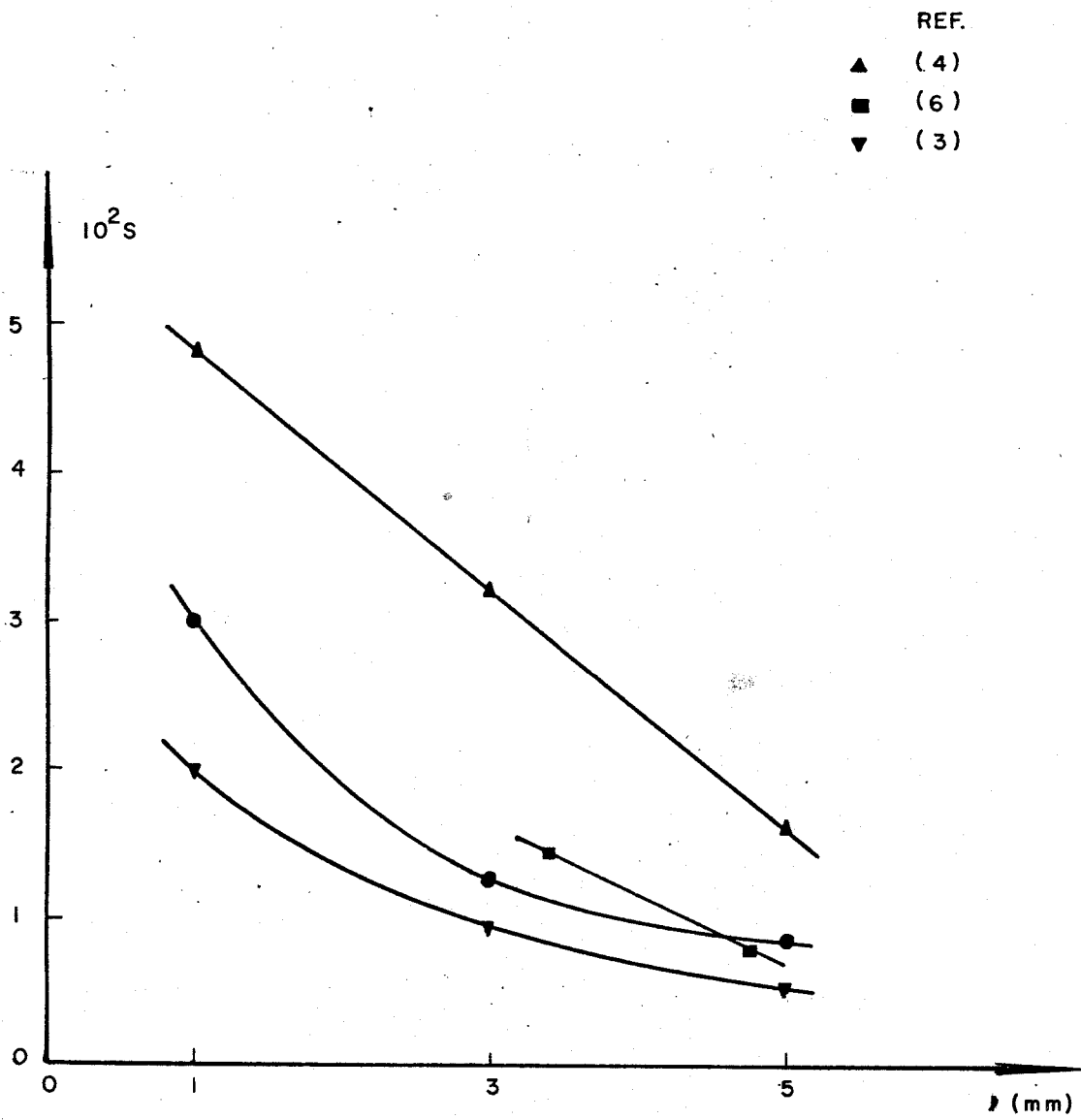


FIGURA-93

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS
LABORATORIO DE TERMICA

NOVEMBRO, 1972

ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE O COEFICIENTE DE MISTURA, EM SEÇÕES DE TESTES
COMPORTANDO SUBCANAIS SIMÉTRICOS, PELO EMPREGO DE TÉCNICA ESPECTROFOTO
MÉTRICA

Angela Menin Teixeira de Souza

Tese submetida ao Curso de Ciências e Técnicas Nucleares da Universida
de Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários para
a obtenção do grau de Mestre em Ciências

1972