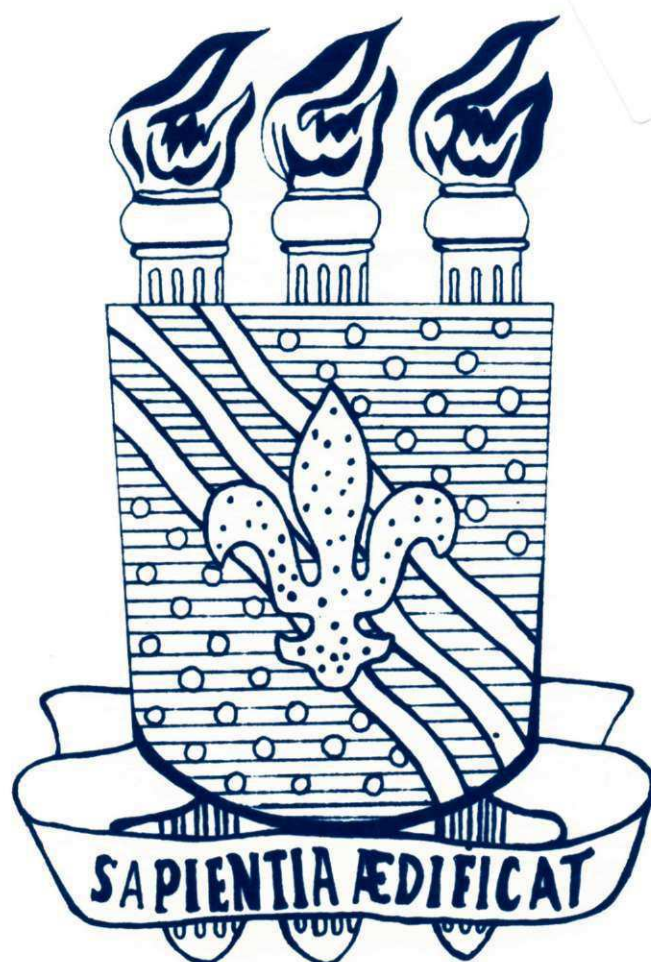


Universidade Federal da Paraíba

PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA.



ESTÁGIO SUPERVISIONADO : CPC - COMPANHIA
PETROQUÍMICA DE CAMAÇARI

Aluna : LISIANE NAVARRO DE LIMA

Mat. 8311460 -1

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

RELATÓRIO FINAL
ESTÁGIO SUPERVISIONADO

TRABALHO APRESENTADO POR:

LISIANE NAVARRO DE LIMA

LOCAL DO ESTÁGIO: CPC - COMPANHIA PETROQUÍMICA DE
CAMAÇARI.

ORIENTADOR : PHD GUILLERMO NAHUI PALOMINO

SUPERVISOR DA EMPRESA : ENG. MARCOS A. DE SOUZA AGUIAR

CAMPINA GRANDE-PB



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

ESTÁGIO SUPERVISIONADO - JULGADO EM 08 / 07 / 89

NOTA: DEZ (10)

EXAMINADORES

Stor & Tamer

- gustav

- Guilherme

CAMPINA GRANDE-PB

ÍNDICE

	PÁGINAS
SÍMBOLOS	
1. INFORMAÇÕES SOBRE A INDÚSTRIA	01
1.1 - NOME	01
1.2 - PRODUTOS SINTETIZADOS	01
1.3 - PROCESSO	01
1.4 - MATÉRIA PRIMA	01
1.5 - LABORATÓRIO	02
2. A RESINA DE PVC	02
2.1 - TIPOS DE RESINAS FABRICADAS PELA CPC	03
3. A PRODUÇÃO DA RESINA	04
4. PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO	10
4.1 - PROCESSO DE EXTRUSÃO	10
4.2 - PROCESSO POR INJEÇÃO	11
4.3 - PROCESSO POR SOPRO	12
4.4 - PROCESSO POR MOLDAGEM ROTACIONAL	13
4.5 - PROCESSO POR CALANDRAGEM	13
4.6 - PROCESSO POR ESPALMAGEM	14
4.7 - PROCESSO POR IMERSÃO	14
5. ENSAIOS DE MATERIAIS	15
5.1 - ENSAIOS REALIZADOS PARA O CONTROLE DE QUALI- DADE DO PRODUTO (PVC)	15
5.2 - ENSAIOS ESPECIAIS	16

6. TRABALHOS EXPERIMENTAIS	17
6.1 - OBJETIVO	17
6.2 - INTRODUÇÃO	18
6.3 - MATERIAIS E MÉTODOS	20
6.4 - CÁLCULOS	21
6.5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
6.6 - CONCLUSÃO	23
7. APLICAÇÃO DO PLASTÔMETRO NA DETERMINAÇÃO DE PRO PRIEDADES DE POLÍMEROS	23
7.1 - OBJETIVO	23
7.2 - INTRODUÇÃO	24
7.3 - MATERIAIS E MÉTODOS	26
7.4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
7.5 - DISCUSSÃO	34
7.6 - CONCLUSÃO	35
8. BIBLIOGRAFIA	36

SÍMBOLOS

- A.D. - Água desmineralizada
- A.G. - Agente dispersante
- D - Diâmetro
- EDC - Dicloroetano
- EP - Polimerização em emulsão
- F_p - Força resultante
- L - Comprimento
- MVC - Monômero de cloreto de vinila
- m - Massa do fundido
- η_a - Viscosidade aparente
- η - Viscosidade intrínseca
- η_{inh} - Viscosidade inerente
- η_r - Viscosidade relativa
- η_{sp} - Viscosidade específica
- P - Queda de pressão
- Q - Vazão
- r - Raio
- t - Tempo
- V - Volume
- σ_a - Tensão de cisalhamento
- $\dot{\gamma}_a$ - Taxa de deformação
- pcr - Porcentagem por 100g de resina

1. INFORMAÇÕES SOBRE A INDÚSTRIA

1.1 - NOME

CPC - Companhia Petroquímica Camaçari.

1.2 - PRODUTOS SINTETIZADOS

1.2.1 - EDC (dicloroetano)

1.2.2 - HCl

1.2.3 - Cloreto de Vinila monômero

1.2.4 - Policloreto de Vinila (Resinas)

- SP - 700

- SP - 900

- SP - 1100

- SP - 113

- SP - 111

1.3 - PROCESSO

1.3.1 - Polimerização em suspensão.

1.4 - MATÉRIA PRIMA

1.4.1 - Para fabricação de dicloroetano

- Etileno

- Oxigênio

- Acido Cloridrico

1.5 - LABORATÓRIO

Planta Piloto - Área encarregada do desenvolvimento de todos os projetos de novas resinas, pesquisas, controle e precauções devidas no processo de produção do PVC.

DILAB (Divisão de Laboratório) - Os ensaios requeridos ou os de rotina são efetuados e os resultados dos testes são enviados a produção através do Relatório Diário de Qualidade. A liberação de qualquer um dos produtos só é feita após a total análise de suas características.

DINAP (Divisão de Análises e Processamento) - Área responsável pelo desenvolvimento de novos produtos e apoio a Assistência Técnica.

Área de PVC - Nesta área ocorre a síntese do PVC, ou seja, a transformação do MVC em PVC, através do processo de suspensão.

2. A RESINA DE PVC

O cloreto de Polivinila (PVC) é um dos membros da família dos polímeros termoplásticos conhecidos como "vinílicos".

É uma resina sintética obtida pela polimerização do cloreto de vinila, que consiste na união de várias moléculas, formando longas cadeias. Desta forma, é possível com a variação das condições de polimerização, a obtenção de resinas com características determinadas para aplicações diversas.

Com o aumento do peso molecular, melhoram as propriedades mecânicas, e aumenta também sua viscosidade no estado de fusão, dificultando a transformação.

O PVC é o polímero produzido e comercializado pela CPC - Companhia Petroquímica Camaçari, com a marca NORVIC. Apresenta-se na forma de pó branco, muito fino, inodoro e com diferentes pesos moleculares. Como polímero puro, requer para o seu processamento de ser composto com aditivos como estabilizantes, plastificantes, etc. No caso de compostos rígidos não contendo aditivos para alto impacto o efeito dos aditivos nas propriedades mecânicas é menos acentuado, no caso de compostos plastificados a introdução do plastificante, dependendo do tipo e da quantidade, resultará no desaparecimento da rigidez e nas possibilidades da fabricação de produtos que mantêm uma boa flexibilidade, mesmo a baixas temperaturas.

Os compostos de cloreto de polivinila (PVC) podem ser transformados ou processados por calandragem, extrusão, injeção, sopro, moldado por compressão e termoformados.

2.1 - TIPOS DE RESINAS FABRICADAS PELA CPC.

2.1.1 - SP - 700

Baixa viscosidade, fácil processamento, boa transparência, indicado para produção de injeção de rígidos, sopro, extrusão de filmes e perfis rígidos, calandragem e extrusão de laminados rígidos.

2.1.2 - SP - 900

Baixa viscosidade, fácil processamento, boa transparência, indicado para extrusão de filmes semi-rígidos, extrusão de tubos e perfis rígidos, calandragem e extrusão de laminados flexíveis.

2.1.3 - SP - 1100

Viscosidade média, processamento regular, boa transparência, indicado para produção de filmes e laminados flexíveis e semi-rígidos, isolamento de fios elétricos, tubos, mangueiras e perfis rígidos.

2.1.4 - EP - 120

Indicado para camada "TOP" de espalmados, couro sintético e piso.

2.1.5 - EP - 121

Indicado para moldagem rotacional, revestimento por imersão, moldagem por imersão, espalmagem sobre papel ou tecido.

2.1.6 - EP - 123

Indicado para moldagem rotacional, revestimento por imersão, moldagem por imersão, espalmagem sobre papel ou tecido.

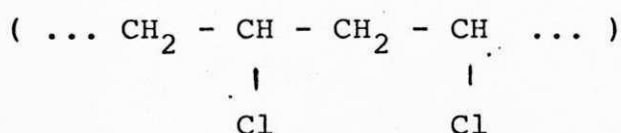
3. A PRODUÇÃO DA RESINA

No processo de suspensão, empregado na CPC, o monômero de cloreto de vinila é disperso por meios mecânicos na água contendo pequenas quantidades de agentes de suspensão. O tipo e a quantidade de agentes de suspensão determina as dimensões das gotas de monômero dispersas e portanto o tamanho da partícula do polímero resultante (entre 50 e 300 μ), a forma da partícula e sua porosidade.

A polimerização por suspensão do cloreto de vinila,

é normalmente iniciada, a partir de radicais livres, formada por decomposição térmica de peróxidos e azo-compostos, nas temperaturas entre 50 e 70°C. Esses iniciadores, são solúveis em cloreto de vinila, realizam praticamente decomposição completa, durante a polimerização e subsequente decomposição durante a secagem da resina.

As moléculas de policloreto de vinila que resultam da polimerização, são feitas de uma sequência, de unidades de monômeros unidos quimicamente e prevalecendo o arranjo cabeça-cauda, com respeito um ao outro.



As moléculas não são, entretanto, completamente lineares, pois possuem ramificações a cerca de cada 100 unidades estruturais.

As moléculas de PVC tem uma baixa tendência de se arranjam em área ordenadas no tipo de estrutura cristalina. A fração de produto capaz de formar cristaletes no policloreto de vinila, normalmente dispensável no mercado, é de cerca de 10% isto é, em uma matriz amorfa na qual pequenas zonas cristalinas são encontradas.

As características físicas do PVC sofrem uma variação brusca em temperaturas ao redor de 75°C. Essa temperatura, que corresponde a uma passagem do estado vítreo para o estado elástico, é comumente indicada como a temperatura de transição ou a temperatura de transição vítreo ou a temperatura de amolecimento, Tg. Na temperatura Tg, as resinas de PVC aumentam seu grau de liberdade molecular e, portanto, têm tendência a perder sua

estabilidade dimensional.

O PVC, sendo uma resina termoplástica, não possui um ponto de fusão definido, mas um ponto de fusão que progride com o aumento da temperatura. Para um PVC não plastificado, a temperatura para seu processamento é normalmente acima de 160°C e depende do peso molecular da resina, da formação e do processo de transformação.

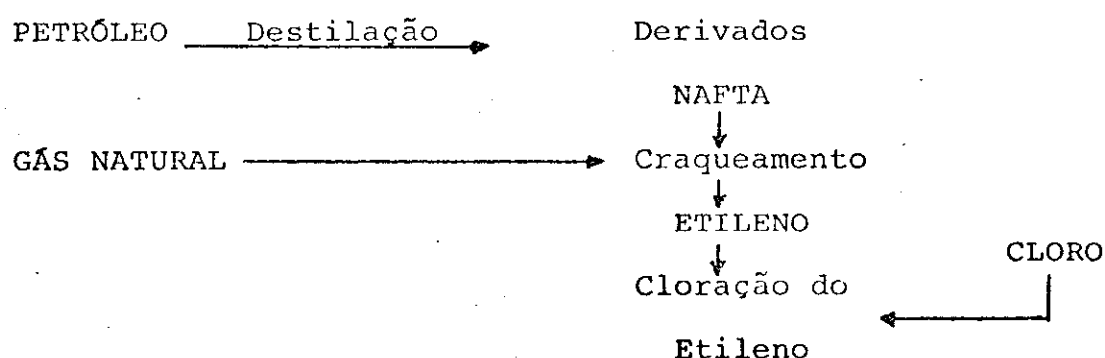
Os pesos moleculares das resinas de policloreto de vinila, dependem principalmente da temperatura de polimerização, estando todas as outras condições iguais, o peso molecular da resina diminui com o aumento da temperatura de polimerização. Resinas de baixo peso molecular podem também ser obtidas, entretanto, pela adição durante o processo de polimerização de substâncias comumente conhecidas como "Agentes de Transferência de Cadeia", capazes de limitar o comprimento das cadeias poliméricas.

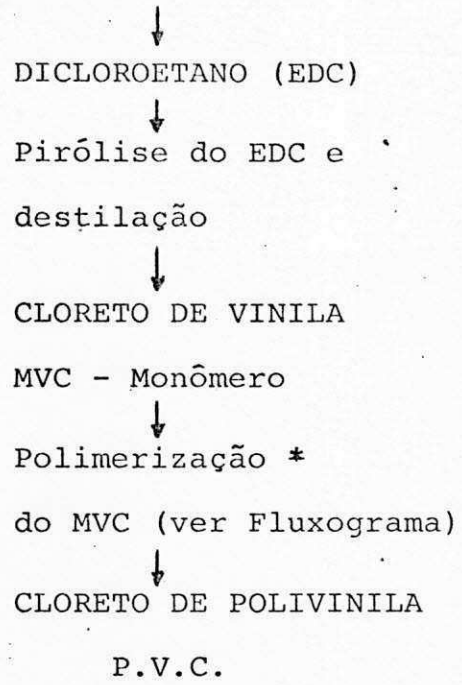
Muitos policloretos de vinila têm um peso molecular médio M_n na faixa entre 50.000 e 100.000. O peso molecular tem efeito marcante nas características das resinas, por exemplo:

- com o aumento do peso molecular as propriedades mecânicas aumentam;

- com o aumento do peso molecular a viscosidade em estado fundido aumenta e, portanto, haverá dificuldade no processo de moldagem.

OBTENÇÃO DO PVC

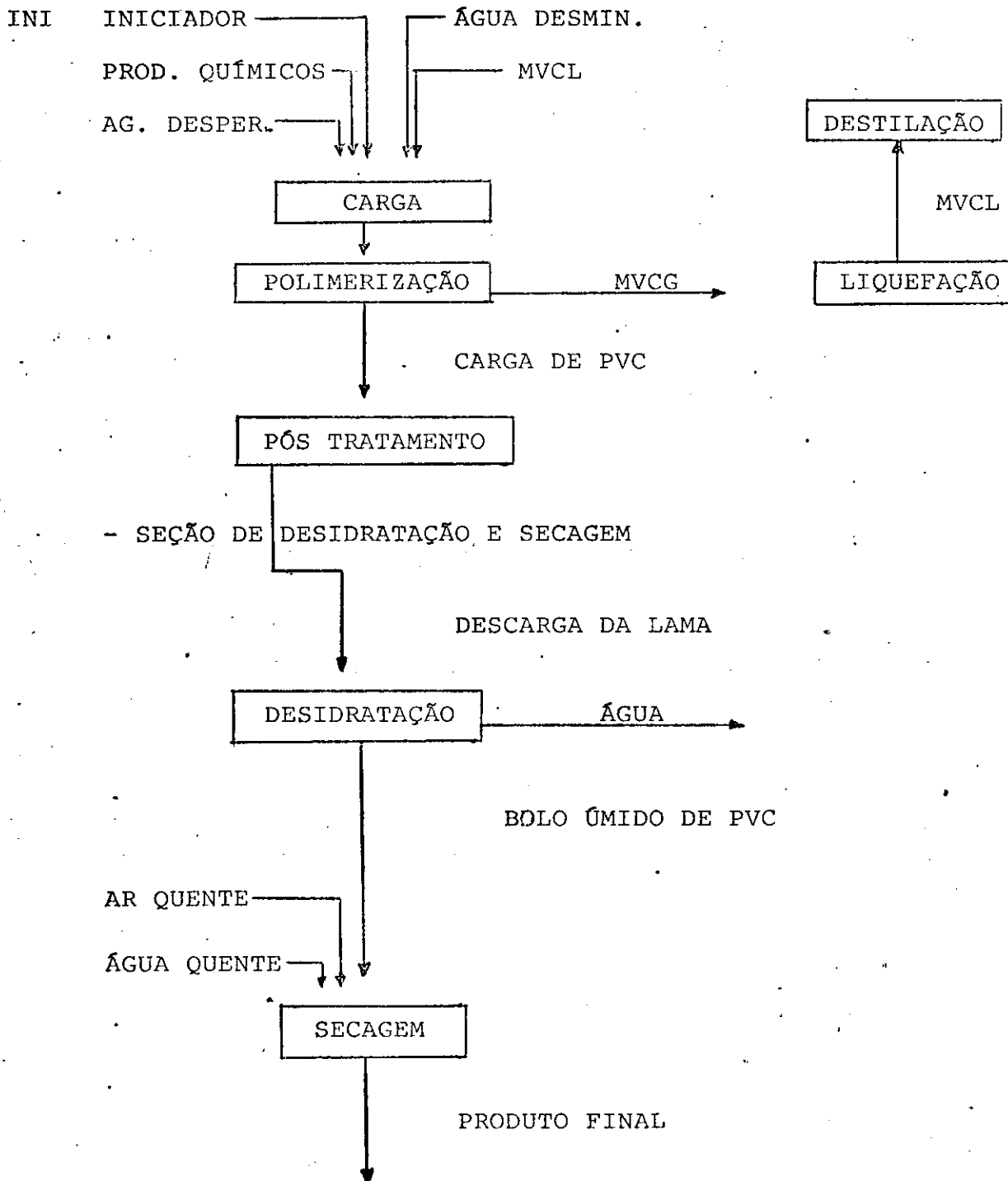




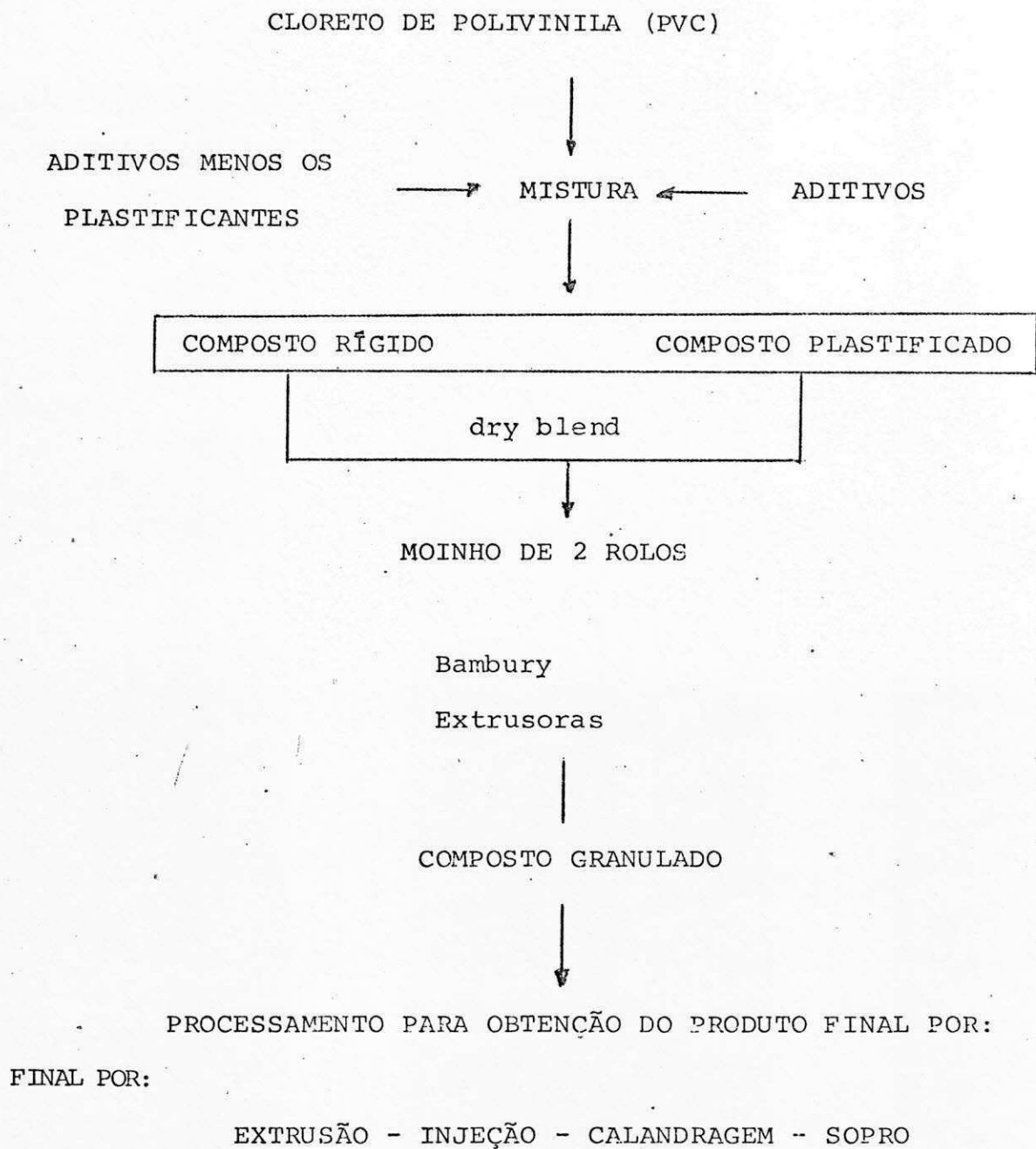
* Processos: Suspensão
Emulsão
Massa

FLUXOGRAMA

- SEÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO

- SEÇÃO DE RECUPERAÇÃO
E DESTILAÇÃO DO MVC
NÃO REAGIDO.

OBTENÇÃO DO COMPOSTO



4. PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO

4.1 - PROCESSO DE EXTRUSÃO

INDUSTRIAIS

CONSTRUÇÃO CIVIL

Tubos rígidos (água, esgoto, eletroduto)

Tubos flexíveis

Fios e Cabos

Perfis rígidos (esquadrias, forro, rodapé, etc)

Perfis flexíveis (guarnições, juntas de dilatação, etc)

AUTOMOBILÍSTICA

Cabinhos

Frisos

Perfis de vedação, acabamento

Painéis (reforçados)

Carpete (forração)

Mangueiras para gasolina, ar, etc,

Estofamento.

ELETRODOMÉSTICOS

Perfis rígidos para geladeira, etc.

Perfis flexíveis - gachetas imantadas para geladeiras e outros.

MÓVEIS

Perfis rígidos para gavetas e para acabamentos.

Perfis flexíveis para acabamento.

Laminados para estofamentos (couro sintético)

SANEAMENTO

Tubos rígidos, água, esgoto

TELECOMUNICAÇÕES E ENERGIA ELÉTRICA

Fios e cabos.

IRRIGAÇÃO

Tubos rígidos

Tubos flexíveis

Tubos para poços artesianos.

EMBALAGEM

Laminados rígidos para vacuum

Laminados flexíveis para embalagem de vestuários, cama, mesa e banho.

Filmes refratários e esticáveis para embalagens industriais, comerciais e alimentícias.

DIVERSAS

Capas escolares

Perfis diversos

Material de papelaria

Sondas cirúrgicas.

4.2 - PROCESSO POR INJEÇÃO

INDÚSTRIAS

CONSTRUÇÃO CIVIL

Conexões

Caixas de luz (para interruptor)

Ralos

Caixas sifonadas

Sifões.

AUTOMOBILÍSTICA

Peças técnicas diversas.

SANEAMENTO

Conexões

Luvas

Derivações, etc,

IRRIGAÇÃO

Engates rápidos para linhas móveis

Aspersores

EMBALAGENS

Caixas

Potes

Diversos.

CALÇADOS

Solados (sapatos, tênis, botas).

Bolas

Calçados de segurança

Sandálias

4.3 - PROCESSO POR SOPRO

INDÚSTRIA

EMBALAGEM

Frasco para óleo

Frasco para vinho

Frasco para pinga

Frasco para vinagre

Frasco para detergente

Frasco para shampoos, etc.

4.4 - PROCESSO POR MOLDAGEM ROTACIONAL

INDÚSTRIAS

BRINQUEDOS

Bonecas

Bolas

Outros

DIVERSAS

Cones de sinalização

4.5 - PROCESSO POR CALANDRAGEM

INDÚSTRIA

CONSTRUÇÃO CIVIL

Mantas para impermeabilização, lonas

Revestimento de parede

IRRIGAÇÃO

Mantas para canais de distribuição de água

Mantas para tanques ou lagoas

SANEAMENTO

Mantas para revestimento de canais de distribuição de água e canais de esgotos.

DIVERAS

Laminados para lonas de caminhão

Laminados para armazéns infláveis

Laminados para armazéns de líquido

Laminados para toldo

Laminados para capas de chuva, jaquetas, etc.

Laminados para tanques de criação de camarões, rãs ,
peixes, etc.

4.6 - PROCESSO POR ESPALMAGEM

INDÚSTRIAS

MÓVEIS

Laminados para estofamento

AUTOMOBILÍSTICA

Laminados para estofamento

CALÇADOS

Laminados para cabedal (sapatos/bolsas)

CONSTRUÇÃO CIVIL

Pisos flexíveis (piso frio)

VESTUÁRIO

Tecidos impermeabilizados

Malas

Bolsas

4.7 - PROCESSO POR IMERSÃO

INDÚSTRIAS

DIVERSAS

Revestimento de frascos de vidro

Revestimento de cabos de ferramenta

Luvras cirúrgicas

Luvras de segurança

Discos fonográficos

Massas anti-ruído

Massas para vedação automobilísticas

Espumas para selos e outras aplicações

Vedantes para tampas metálicas

Vernizes para revestimento metálicos

5. ENSAIOS DE MATERIAIS

Um ensaio é uma operação que tem como finalidade medir ou constatar uma única ou várias propriedades simultaneamente.

Para se preparar ensaios precisos, mais reprodutíveis e mais significativos, as indústrias de materiais plásticos, universidades interessadas e grupos independentes, estão continuamente aperfeiçoando-os e desenvolvendo alguns ensaios melhores para o futuro.

Os ensaios dos materiais tem as seguintes finalidades

- permitir a obtenção de informações rotineiras da qualidade de um determinado produto.
- desenvolver novas e melhores informações sobre materiais conhecidos ou, então, desenvolver novos materiais.
- obter medições precisas das propriedades ou constantes físicas.

5.1 - ENSAIOS REALIZADOS PARA O CONTROLE DE QUALIDADE DO PRODUTO (PVC).

- Determinação da densidade aparente no PVC. Esse método consiste na determinação da densidade aparente de uma amostra, através da massa e volume de determinada quantidade da amostra.

- Determinação da distribuição granulométrica. A distribuição granulométrica e a forma das partículas do PVC tem grande influência no seu processamento, por exemplo: na absorção do plastificante, no escoamento do fluxo, deve-se ter muito cuidado na determinação da distribuição granulométrica.

- Determinação do Fish-Eyes nas resinas. Fish-Eyes são pontos duros e brilhantes que não absorveram plastificantes, são provenientes da presença de materiais estranhos no composto ou pela não uniformidade dos grãos da resina.

- Ensaio de processamento por Extrusão-Sopro. Este método tem por finalidade avaliar a qualidade da resina por meio de apreciação visual da garrafa, no aspecto da superfície, cor, transparência, presença de fish-eyes e pontos não gelificados. Esse ensaio é realizado em resinas de baixo peso molecular.

- Ensaio de processamento por Extrusão. Ensaio feito em resinas de médio peso molecular, tendo por finalidade avaliar por meio de um teste de extrusão de uma fita, a qualidade da resina por apreciação visual do perfil obtido, no seu aspecto de superfície, transparência, cor, presença de fish-eyes e pontos não gelificados.

- Ensaio para determinação do grau de contaminação. Este ensaio é feito através da observação visual numa massa de PVC espalhada numa placa de vidro sob ação da luz. A contaminação é caracterizada por pontos pretos decorrentes de impurezas e de outros agentes contaminadores.

- Ensaio para determinação da estabilidade térmica em banho de óleo. Esse ensaio determina o tempo necessário para que um composto de PVC apresente sua degradação térmica, caracterizada pela cor preta.

5.2 - ENSAIOS ESPECIAIS

- Ensaio para determinação do valor K. O valor K é utilizado como parâmetro do peso molecular do PVC, quanto maior o valor K, maior o peso molecular da resina.

Este método consiste na determinação do valor K medindo

do-se à viscosidade de uma determinada solução à 25°C de PVC em ciclohexanona usando-se viscosímetros UBBELOHDE.

- Ensaio para determinação das propriedades de Tração. Este método abrange a determinação das propriedades de tração de plásticos na forma de corpos de prova normalizados, e quando ensaiados sob condições definidas de pré-tratamento, temperatura, umidade e velocidade da máquina de ensaio.

As propriedades de tração podem sofrer variações influenciadas por fatores tais como: método de preparação do corpo de prova, velocidade de separação de garras e condições ambientais do ensaio.

- Ensaio para determinação da resistência ao Impacto. Este método visa a determinação da resistência à ruptura de materiais. Nos ensaios Charpy e Izod, o entalhe produz uma concentração de tensão no corpo de prova, a qual torna a fratura mais frágil do que dúctil. Os resultados de todos os ensaios expressos em formas de energia absorvida por unidade de espessura do corpo de prova.

- Ensaio para determinação do Índice de Fluidiez (MELT FLOW INDEX). Este método visa a determinação da velocidade de extrusão de resinas termoplásticas fundidas através de uma matriz com o comprimento e diâmetro do orifício especificados, sob condições previstas de temperatura e pressão.

6. TRABALHOS EXPERIMENTAIS

DETERMINAÇÃO DO PESO MOLECULAR ATRAVÉS DA VISCOSIDADE

6.1 - OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é mostrar que medidas de viscosidade podem fornecer informações sobre o formato e por

UFPB - PRQ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
 CAS * CONTROLE ACADEMICO SETORIAL
 ALUNO - 8311460-1 - LISIANE NAVARRO DE LIMA

HISTORICO

CODIGO	N O M E	PER	MED.	SIT	CRD	C/H
*****	*****	***	***	***	***	***
H020417	EST DE PROBL BRASILEIROS I	831	9,0	A	02	030
H030250	LINGUA PORTUGUESA	831	7,7	A	05	075
T010022	INTRODUCAO A ALGEBRA	831	7,2	A	04	060
T010081	CALCULO DIF E INTEGRAL I	831	7,8	A	04	060
T02063X	QUIMICA GER I (QUIM-COUR-MAT)	831	7,7	A	04	060
T060461	CIENCIAS DO AMBIENTE	831	8,2	A	03	045
T100021	FISICA GERAL I	831	5,0	A	04	060
H010381	ECONOMIA	832	****	T	04	060
H040175	ADMINISTRACAO	832	7,0	A	04	060
T01009X	CALCULO DIF E INTEGRAL II	832	6,1	A	04	060
T010529	ALGEBRA VETORIAL E GEOM ANAL	832	7,3	A	04	060
T020214	QUIMICA EXPERIMENTAL	832	7,9	A	02	030
T020648	QUIMICA GER II (QUIM-COU-MAT)	832	8,8	A	04	060
T10003X	FISICA GERAL II	832	6,1	A	04	060
T100277	FISICA EXPERIMENTAL I	832	7,7	A	04	060
H040213	ENGENHARIA ECONOMICA	841	****	T	04	060
T010073	ALGEBRA LINEAR	841	7,3	A	04	060
T010103	CALCULO DIF E INTEGRAL III	841	4,2	R	05	075
T021083	QUIMICA ANALITICA	841	7,3	A	02	030
T021091	QUIMICA ANALITICA EXPERIMENTAL	841	7,9	A	04	060
T100048	FISICA GERAL III	841	5,5	A	04	060
T100064	MECANICA GERAL I	841	5,6	A	04	060
H010381	ECONOMIA	842	7,3	A	04	060
T010103	CALCULO DIF E INTEGRAL III	842	1,7	R	05	075
T010111	EQUACOES DIFERENCIAIS LINEARES	842	7,7	A	04	060
T100056	FISICA GERAL IV	842	****	T	05	075
T100072	MECANICA GERAL II	842	5,0	A	04	060
T100285	FISICA EXPERIMENTAL II	842	7,5	A	04	060
H020344	SOCIOLOGIA INDUSTRIAL I	851	7,2	A	03	045
H030196	INTRODUCAO A PSICOLOGIA	851	8,7	A	04	060
T010103	CALCULO DIF E INTEGRAL III	851	5,0	A	05	075
T010146	ESTATISTICA I	851	7,0	A	04	060
T020109	FISICO-QUIMICA I	851	8,5	A	04	060
T021253	QUIMICA ORGANICA I (MAT)	851	9,0	A	04	060
T060011	RESISTENCIA DOS MATERIAIS I	851	5,1	A	05	075
H030110	INGLES	852	8,3	A	05	075

(CONTINUA)

* EMISSAO NORMAL * NAT. ING. - VESTIBULAR
 EM 10/08/89
 CURSO - 21 ENG DE MATERIAIS

ESCOLAR

CODIGO	N O M E	PER	MED.	SIT	CRD	C/H
*****	*****	***	***	***	***	***
40213	ENGENHARIA ECONOMICA	852	8,8	A	04	060
20354	TERMODINAMICA E MAQ TERMICAS	852	7,3	A	04	060
20656	FENOM DE TRANSP(ENG QUI/ MAT)	852	7,0	A	06	090
21032	CIENCIA DOS MATERIAIS	852	8,9	A	05	075
00056	FISICA GERAL IV	852	****	T	05	075
20133	FISICO-QUIMICA EXP I	861	8,1	A	02	030
2029X	PROCESSOS QUIMICOS	861	6,4	A	05	075
2080X	CERAMICA I	861	8,2	A	06	090
20834	POLIMEROS I	861	9,0	A	06	090
21105	CIENCIA DOS MATER EXPERIMENTAL	861	7,9	A	02	030
70939	METAIS I	861	2,0	R	06	090
00056	FISICA GERAL IV	861	7,2	A	05	075
20425	EST DE PROBL BRASILEIROS II	862	8,0	A	02	030
21008	REOLOGIA	862	9,1	A	05	075
21040	TRANSFERENCIA DE CALOR	862	5,4	A	04	060
21059	TRANSFERENCIA DE MATERIA	862	****	F	04	060
21261	QUIM ORGAN EXP I (MAT)	862	8,1	A	02	030
40010	INT A CIENCIA DA COMPUTACAO	862	8,1	A	04	060
70351	GEOM DESC INT DES TECNICO	862	5,7	A	04	090
70734	METODOLOGIA P/DES.DE PROJETOS	862	8,5	A	02	030
20387	INSTITUICOES DO DIREITO	871	8,8	A	03	045
30307	VOLEIBOL - FEM	871	8,5	A	02	030
21059	TRANSFERENCIA DE MATERIA	871	6,2	A	04	060
30716	MINERALOGIA (ENG MATERIAIS)	871	6,6	A	04	060
40037	CALCULO NUMERICO	871	7,0	A	03	045
70939	METAIS I	871	7,1	A	06	090
20826	CERAMICA II	872	8,3	A	06	090
20842	POLIMEROS II	872	8,5	A	06	090
21067	OPERACOES UNITARIAS	872	8,3	A	05	075
30724	TRATAMENTO DE MINERIOS I (MAT)	872	8,8	A	06	090
70998	METAIS II	872	7,8	A	06	090
20974	TOP ESPECIAIS EM ENG MATERIAIS	880	7,0	A	04	060
20907	TECN DE FABRICAC.DE POLIMEROS	881	7,9	A	04	060
20931	PROCESSOS DE CONF.EM CERAMICA	881	8,2	A	06	090
20974	TOP ESPECIAIS EM ENG MATERIAIS	881	7,0	A	04	060
21377	TEEMAT (FRATURAS EM METAIS)	881	****	T	04	060

INFORME - NE PARA USO EXCLUSIVO DO ENCOMENDANTE

P 08 82

UFPB - PRO-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
CAS * CONTROLE ACADEMICO SETORIAL
ALUND - 8311460-1 - LISIANE NAVARRO DE LIMA

* EMISSAO NORMAL * NAT. ING. - VESTIBULAR
EM 10/08/89
CURSO - 21 ENG DE MATERIAIS

H I S T O R I C O

E S C O L A R

CODIGO	N O M E	PER	MED.	SIT	CRD	C/H	CODIGO	N O M E	PER	MED.	SIT	CRD	C/H

(CONTINUACAO)													
T050474	ELETROTECNICA GERAL	881	8,8	A	04	060	T021016	ESTG. SUPERVISIONADO (ENG MAT)	882	****	F	02	080
T071153	ENSAIOS DE MATERIAIS	881	7,0	A	04	050	T021016	ESTG. SUPERVISIONADO (ENG MAT)	891	10,0	A	02	080
T071161	MATERIAIS CONJUGADOS	881	8,6	A	04	050	*****	*****	*****	*****	*	**	***

CREDITOS SOLICITADOS - 293
CREDITOS ACUMULADOS - 271
CRE - COEF REND ESCOLAR - 7,0
CARGA HORARIA TOTAL - 4145

** O CURSO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS FOI RECONHECIDO PELA PORTARIA N.460 DE 21/11/83

RESULTADO DO VESTIBULAR

PORTUGUES	- 0750	BIOLOGIA	- 0583
LINGUA ESTRANGEIRA	- 0617	FISICA	- 0713
ESTUDOS SOCIAIS	- 0520	QUIMICA	- 0567
MATEMATICA	- 0679		

TOTAL DE PONTOS - 0657

CONVENCAO

A - APROVADO * R - REPR POR NOTAS * F - REPR POR FALTAS
T - TRANCADO * D - DISPENSADO * M - MATRICULADO

ALBANTSA RAPOSO EULALIO
COORDENADORA DO C.A.S.

MOORE - I/E PARA USO EXCLUSIVO DO ENCOMENDANTE

consequente o peso molecular.

6.2 - INTRODUÇÃO

Quando um polímero é dissolvido em um solvente, a solução passa a ter uma viscosidade consideravelmente maior do que o solvente puro, este aumento é uma consequência do maior tamanho das macromoléculas e pode ser relacionado ao peso molecular do polímero na solução. Medidas de viscosidade da solução são facilmente determinadas e servem como um método útil, não só para avaliação do peso molecular, mas também como estimativa da configuração da cadeia molecular.

A determinação da viscosidade absoluta usando viscosímetro capilar é baseada na aplicação da "Lei de Poisenille". Considerando um tubo capilar de comprimento "l" e raio "r", através do qual um líquido de viscosidade η é passado a uma diferença de pressão "P" mantida no tubo, então pode ser mostrado:

$$\eta = P\pi r^4 t / 8Vl$$

onde:

P - Pressão hidrostática;

r - Raio do capilar;

t - Tempo de escoamento

l - Comprimento do capilar;

V - Volume calibrado entre as 2 marcas.

No viscosímetro capilar normal nós medimos o tempo necessário para um volume fixado de líquido passar no capilar. Os parâmetros r, V e l são constantes para um viscosímetro particular assim como a variação de P com o volume é também uma constante, isto é conveniente para medir viscosidade relativo ao solvente puro:

$$\eta_r = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t}{t_0}$$

onde:

η_r - É a viscosidade relativa;
 t, t_0 - são os tempos de fluxo.

É conveniente definir alguns termos empregados em viscosimetria de polímeros.

- Viscosidade relativa (η_{rel})

$$\eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t}{t_0}$$

onde:

t - tempo de escoamento da solução (s);
 t_0 - tempo de escoamento do solvente (s).

- Viscosidade específica (η_{sp})

$$\eta_{sp} = \eta_{rel} - 1$$

onde:

η_{rel} - Viscosidade relativa.

- Viscosidade inerente (η_{inh})

$$\eta_{inh} = \frac{\ln \eta_{rel}}{C}$$

onde:

C - Concentração da solução (g/dl).

- Viscosidade intrínseca obtida pelo método gráfico (η)

$$\eta = \lim_{C \rightarrow 0} (\eta_{inh})_C = 0$$

MÉTODO TEÓRICO

Equação de Huggins: útil para comparação com a viscosidade intrínseca obtida pelo método gráfico.

$$\frac{\eta_{sp}}{C} = [\eta] (1 + K_H [\eta] C)$$

Cálculo do peso molecular usando a equação de Mark - Houwink.

$$[\eta] = K\bar{M}^a$$

onde:

$[\eta]$ - Viscosidade intrínseca;

\bar{M} - peso molecular viscosimétrico médio;

K e a - variam com as diferentes combinações (polímero-solvente e temperatura).

6.3 - MATERIAIS E MÉTODOS

6.3.1 - Materiais

Balões volumétricos, pipetas de 50 ml e 5 ml, funil de vidro sinterizado, banho termostático $\pm 25^{\circ}\text{C}$, viscosímetro, balança analítica, cronômetro, banho-maria, bomba de vácuo.

6.3.2 - Métodos

1. Pesa-se 0,5 g de resina em balança analítica.
2. Transfere-se todo o volume para o balão de 100 ml.
3. Junta-se a este 80 ml de ciclo-hexanona agitando-se continuamente para evitar a formação de grumas, tampando-se em seguida coloca-se em banho-maria ($\pm 80^{\circ}\text{C}$) por 30 minutos.
4. Depois de aquecido, resfria-se a temperatura ambiente.
5. Completar o volume com ciclo-hexanona.

6. Logo após passa-se para o tubo nº 1 do viscosímetro imerso em banho a $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

7. Após certo tempo, succionar, através da bomba de vácuo, até o centro do bulbo superior.

8. Vedar a parte superior do tubo nº 3.

9. Medir o tempo de passagem do líquido, entre as duas marcas. Faz-se 3 medidas de cada amostra (solução) e 3 para o solvente puro, e tira-se a média dessas medidas, de terminando-se assim o tempo médio de escoamento.

Da fórmula:

$$\eta_{rel} = \frac{t}{t_0}$$

onde:

t - Tempo médio de escoamento da solução;

t₀ - tempo médio de escoamento do solvente.

Determinando-se o valor de η_{rel} , olha-se a tabela que relaciona VISCOSIDADE RELATIVA x VALOR K e teremos o valor K.

6.4 - CÁLCULOS

Para resina SP - 1100

Pelo gráfico, temos, $\eta = 0,970$

$$[\eta] = K\bar{M}^a$$

$$0,970 = 204 \times 10^{-5} \bar{M}^{0,56}$$

$$\bar{M} = 60.341$$

Pelo método teórico, para C = 0,5 g/100 ml, temos:

$$\eta = 0,958$$

Resina SP - 900, pelo gráfico = 0,880

$$[\eta] = K\bar{M}^a$$

$$0,880 = 204 \times 10^{-5} \bar{M}^{0,56}$$

$$\bar{M} = 50.710$$

Pelo método teórico, para C = 0,5 g/100 ml, temos:

$$\eta = 0,877$$

$$\text{Resina SP - 700, pelo gráfico} = 0,720$$

$$[\eta] = K\bar{M}^a$$

$$0,720 = 204 \times 10^{-5} \bar{M}^{0,56}$$

$$\bar{M} = 35.437$$

Pelo método teórico, para $C = 0,5 \text{ g/100 ml}$, temos:

$$\eta = 0,715$$

$$\text{Resina PA - 702, pelo gráfico} = 1,670$$

$$[\eta] = K\bar{M}^a$$

$$1,670 = 204 \times 10^{-5} \bar{M}^{0,56}$$

$$\bar{M} = 159.198$$

Pelo método teórico, para $C = 0,5 \text{ g/100 ml}$, temos:

$$\eta = 1,688$$

$$\text{Resina PB - 100, pelo gráfico} = 1,375$$

$$[\eta] = K\bar{M}^a$$

$$1,375 = 204 \times 10^{-5} \bar{M}^{0,56}$$

$$\bar{M} = 112.512$$

Pelo método teórico, para $C = 0,5\text{g/100 ml}$, temos

$$\eta = 1,341$$

$$\text{Resina PB - 107, pelo gráfico} = 1,550$$

$$[\eta] = K\bar{M}^a$$

$$1,550 = 204 \times 10^{-5} \bar{M}^{0,56}$$

$$\bar{M} = 139.350$$

Pelo método teórico, para $C = 0,5\text{g/100 ml}$, temos

$$\eta = 1,601$$

6.5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para determinação da viscosidade intrínseca destas resinas foram preparadas soluções a 0,2; 0,3; 0,5 e 0,7 g/dl do PVC em ciclo-hexanona. Utilizamos o viscosímetro UBBELOHDE, a

temperatura de 25°C.

RESINA	n_{rel}	VK	n_{sp}	η_{iner}	n_{int}	PM
SP-1100	1,558	66,8	0,558	0,887	0,970	60.341
SP-900	1,504	63,7	0,504	0,816	0,880	50.710
SP-700	1,401	57,2	0,401	0,674	0,720	35.437
PA-702	2,086	88,4	1,086	1,470	1,670	159.198
PB-110	1,825	79,1	0,825	1,203	1,375	112.512
PB-107	2,019	86,3	1,019	1,405	1,550	139.350

As resinas analisadas, apresentaram os resultados esperados, pois as mesmas já tinham sido submetidas a outros tipos de ensaios, os quais determinam o peso molecular.

6.6 - CONCLUSÃO

Podemos constatar a coerência na obtenção da viscosidade intrínseca a partir de soluções de polímeros a várias concentrações e a concordância com os resultados calculados a partir da equação de Huggins.

A determinação do peso molecular viscosimétrico a partir desta propriedade e das constantes (K e a), bastante conhecido para o PVC, se mostra, portanto, como resultados satisfatórios.

7. APLICAÇÃO DO PLASTÔMETRO NA DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES DE POLÍMEROS.

7.1 - OBJETIVO

Usualmente, as propriedades reológicas dos polímeros submetidos a médias e altas taxas de deformação, são determina

das através do reometro capilar. Devido ao seu alto custo, uma alternativa seria a tentativa de determinar tais propriedades, por meio de um equipamento mais acessível.

O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade da utilização do Plastômetro, na determinação destas propriedades.

7.2 - INTRODUÇÃO

A reologia estuda a deformação e fluxo dos polímeros. Através destes estudos alguns problemas tecnológicos podem ser resolvidos e com uma noção das propriedades de fluxo dos polímeros, algumas vantagens podem ser geradas, tais como: conhecimento das falhas de processamento, defeitos que são de origem reológicas, permite selecionar o melhor polímero para determinadas condições de trabalho e algumas informações sobre a estrutura molecular do polímero.

A maioria dos termoplásticos apresentam comportamento de pseudoplasticidade, essa pseudoplasticidade é obtida através de curvas de fluxo. Com um estudo reológico do material pode-se conferir-se se o mesmo é realmente pseudoplástico, isso pode ser comprovado se a viscosidade aparente decrescer com o aumento da taxa de cisalhamento.

Cada tipo de processo utilizado para a transformação dos polímeros tem uma faixa ampla de cisalhamento, que varia de acordo com o tipo de rosca, velocidade da rosca, comprimento da rosca, forma dos filetes, condições de trabalho (temperatura e pressão), etc.

Com o plastômetro, variando a temperatura e a pressão, podem ser feitas as curvas de fluxo a baixas faixas de viscosidade e taxas de deformação, isto é, processo de compressão e calandragem, sendo um meio bem acessível de analisar as

propriedades reológicas.

No fluxo de um polímero, a viscosidade será a característica mais importante, sendo uma forma de fricção (atrito) do fundido. A facilidade de fluxo depende da mobilidade das cadeias moleculares e das forças intermoleculares.

Existem alguns fatores que influenciam diretamente no fluxo viscoso, tais como: temperatura, pressão, história do cisalhamento e estrutura molecular.

No equipamento utilizado (plastômetro), o polímero fundido é forçado através de um capilar de comprimento e diâmetro conhecidos, pela aplicação de uma carga sobre o pistão; a vazão volumétrica é medida através dos valores de IF encontrados e da densidade das amostras nas condições experimentais, pela relação:

$$Q = \frac{m}{d \times t}$$

onde:

- m - Massa do fundido (g);
- d - densidade do fundido (g/m^3);
- t - tempo de corte (s).

A taxa de deformação aparente na parede do capilar, é dada por:

$$\dot{\gamma}_a = \frac{4Q}{\pi \times (r)^3}$$

onde:

- Q - Vazão volumétrica (m^3/s);
- r - raio do capilar (matriz) (m).

A tensão de cisalhamento na parede do capilar é dada pela relação:

$$\sigma_a = \frac{P}{4} \times \frac{D}{L}$$

onde:

P - Queda de pressão (N/m^2);

D - diâmetro da matriz (m)

L - comprimento da matriz (m).

onde P é calculado a partir da equação:

$$F_p = A_p \times P$$

onde: F_p - Força resultante da carga capilar sobre o pistão (N);

A_p - área da seção transversal do pistão (m^2).

A viscosidade aparente do fundido é obtida pela relação:

$$\eta_a = \frac{\sigma_a}{\dot{\gamma}_a} \quad \frac{(N/m^2)}{(s^{-1})} \quad (\text{Dificuldade de processamento}).$$

O índice de potência n' é obtido pelo coeficiente angular da curva $\log \sigma \times \log \dot{\gamma}_a$, pela relação:

$$n' = \frac{\log \sigma_1 - \log \sigma_2}{\log \dot{\gamma}_{a1} - \log \dot{\gamma}_{a2}} \quad (\text{Grau de não-newtonianidade do fluido}).$$

A energia de ativação do fluxo é determinada pelo coeficiente angular da curva $\ln \eta \times 1/T$ (dependência do fluido com relação à temperatura).

O fator de consistência K é obtido através da curva $\log \sigma \times \log \dot{\gamma}_a$ quando $\log \dot{\gamma}_a \rightarrow 0$.

7.3 - MATERIAIS E MÉTODOS

7.3.1 - Materiais

Formulação utilizada

- PVC - 100 pcr
- Poli istab RM - 4 pcr (Estabilizante)
- Plastabil BL-1 1 pcr (Estabilizante)
- Estearato de Cálcio 0,5 pcr (Lubrificante)

- TiO_2 0,5 pcr
- Drapex 6,8 5 pcr.

7.3.2 - Aparelho

O aparelho é essencialmente um plastômetro de extrusão operando a uma temperatura estabelecida, consistindo de um cilindro de aço aquecido e controlado termostaticamente, com uma matriz na extremidade inferior e um pistão carregado, operando dentro do cilindro. O esquema geral é mostrado na Figura 1.

7.3.3 - Método de Ensaio

Este método visa a determinação da velocidade de extrusão de resinas termoplásticas fundidas através de uma matriz com o comprimento e diâmetro do orifício especificado sob condições previstas de temperatura e pressão.

O índice de fluidez é de grande importância na caracterização, especificação e controle de qualidade de termoplástico que exibem viscosidade relativamente baixas no estado fundido.

A massa em gramas que flui através de uma matriz especificada, sob condições pré-determinadas de pressão e temperatura em dez minutos, constitui o "índice de fluidez" da amostra. Quanto mais viscoso for o material, menos material fluirá e portanto, a quantidade em gramas que flui em dez minutos será menor. Por sua vez, como a viscosidade é, diretamente proporcional ao peso molecular médio do polímero ensaiado, o "índice de fluidez" resulta ser inversamente proporcional ao peso molecular médio.

Uma vez que o comportamento de fluxo dos ter

plásticos fundidos é Não-Newtoniano, a viscosidade determinada sob um conjunto de condições, não pode ser extrapolada para aplicações em qualquer outro conjunto de condições, por exemplo: às pressões elevadas que se encontram nos processos industriais de extrusão e moldagem por injeção. O índice de fluidez obtido com o plastômetro de extrusão não é uma propriedade fundamental do polímero, mas sim um parâmetro definido empiricamente, influenciado pelas propriedades físicas, estrutura molecular do polímero e condições de ensaio.

7.3.4 - Condições de Procedimento

Condições normalizadas de ensaio são dadas na Tabela 1.

As seguintes condições tem sido usadas satisfatoriamente para os materiais abaixo:

MATERIAIS	CONDICÕES
Poliacetal	E, M
Polimetilmetacrilato	H, I
Acrilonitrila - Butadieno-Estireno	G
Ester Celulósicos	D, E, F
Poliamida	K, Q, R, S
Policlorotrifluoretileno	J
Polietileno	A, B, D, E, F, N
Policarbonato	O
Polipropileno	L
Poliestireno	G, H, I, P
Polivinil acetal	C

7.3.5 - Método - Operação Manual

- Selecionar as condições de temperatura e

carga listada na Tabela 1, de acordo com as especificações do material e desde que o índice de fluidez esteja compreendido entre 0,15 e 50g/10 min.

- O aparelho deve estar limpo. A temperatura do cilindro, pistão e matriz deve ter sido atingida pelo menos 15 minutos antes de ser iniciado o ensaio. Quando o aparelho é usado repetidamente, não é necessário aquecer o pistão e a matriz por 15 minutos.

- Introduzir no orifício do cilindro uma quantidade de 3 a 8 g de termoplástico, cujo índice de fluidez se queira determinar (ver Tabela 2 para selecionar a quantidade de material conforme o índice de fluidez esperado).

Compactar o material com a ferramenta apropriada e em seguida introduzir o pistão com ou sem carga conforme o índice de fluidez do material. Se o índice de fluidez do material é alto, isto é, de 10 a 50 g/10 min, a perda da amostra, durante o período de pré-aquecimento, pode ser apreciável. Neste caso, um pistão sem carga ou com carga menor, pode ser usado durante este período, e deve ser trocada pelo peso desejado no final do tempo do pré-aquecimento.

- Seis a oito minutos depois de introduzido o material no cilindro, a carga selecionada é aplicada ao pistão pode descer sob a ação da gravidade ou para ser forçado mais rapidamente; com uma pressão manual, até que um filamento livre de bolhas seja extrudado e a marca inferior do pistão esteja 5 a 10 mm acima da borda superior do cilindro.

Para obtenção dos resultados mostrados nas Tabelas a seguir, foram utilizados os seguintes dados:

$$d_p = 9,474 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$d_m = 2,095 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$l_n = 8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

7.4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.4.1 - Tabelas

CARGA (kg) AMOSTRAS	$Q \times 10^{-9} \text{ (m}^3/\text{s)}$		
	15,0	20,0	25,0
SP - 700	9,92	21,00	31,69
SP - 900	4,23	7,23	12,30
SP - 1100	1,40	3,50	5,90

Tabela 1 - Vazões (Q) a 190°C.

CARGAS (kg) AMOSTRAS	$Q \times 10^{-9} \text{ (m}^3/\text{s)}$		
	15,0	20,0	25,0
SP - 700	20,38	33,84	56,54
SP - 900	5,69	7,79	16,84
SP - 1100	2,10	5,60	9,50

Tabela 2 - Vazões (Q) a 195°C.

CARGAS (kg) AMOSTRAS	$Q \times 10^{-9} \text{ (m}^3/\text{s)}$		
	15,0	20,0	25,0
SP - 700	35,40	60,08	88,20
SP - 900	6,08	14,00	27,77
SP - 1100	4,10	6,80	11,80

Tabela 3 - Vazões (Q) a 200°C.

CARGA (kg)		$Q \times 10^{-9} \text{ (m}^3/\text{s)}$		
		15,0	20,0	25,0
AMOSTRAS				
SP - 700		48,0	90,08	153,05
SP - 900		22,46	37,31	56,61
SP - 1100		9,10	15,00	26,40

Tabela 4 - Vazões (Q) a 205°C.

CARGA (kg)	F (N)	$\Delta P \text{ (N/m}^2) \times 10^3$	$\sigma \text{ (N/m}^2) \times 10^3$
15,0	147,1	2086,5	136,6
20,0	196,1	2781,5	182,1
25,0	245,1	3476,6	227,6

Tabela 5 - Valores de Tensão de Cisalhamento a Partir das Cargas Utilizadas.

$\sigma \text{ (N/m}^2) \times 10^3$	$\dot{\gamma} \text{ (s}^{-1})$		
	SP - 700	SP - 900	SP - 1100
136,6	12,02	5,14	1,70
182,1	28,00	8,78	4,25
227,6	42,25	14,9	7,17

Tabela 6 - Taxa de Deformação a 190°C.

σ (N/m ²) x 10 ³	$\dot{\gamma}$ (s ⁻¹)		
	SP - 700	SP - 900	SP - 1100
136,6	24,70	6,92	2,54
182,1	41,02	9,44	6,79
227,6	68,53	20,47	19,88

Tabela 7 - Taxa de Deformação à 195°C.

σ (N/m ²) x 10 ³	$\dot{\gamma}$ (s ⁻¹)		
	SP - 700	SP - 900	SP - 1100
136,6	42,91	7,39	4,97
182,1	72,82	17,01	8,24
227,6	106,91	33,75	14,30

Tabela 8 - Taxa de Deformação à 200°C.

σ (N/m ²) x 10 ³	$\dot{\gamma}$ (s ⁻¹)		
	SP - 700	SP - 900	SP - 1100
136,6	58,18	27,30	11,03
182,1	110,06	45,35	18,18
227,6	185,51	68,81	32,00

Tabela 9 - Taxa de Deformação a 205°C.

SP - 700		SP - 900		SP - 1100	
$\dot{\gamma} (S^{-1})$	$\eta (N.S/m^2)$	$\dot{\gamma} (S^{-1})$	$\eta (N.S/m^2)$	$\dot{\gamma} (S^{-1})$	$\eta (N.S/m^2)$
12,02	$11,36 \times 10^3$	5,14	$26,57 \times 10^3$	1,70	$80,30 \times 10^3$
28,00	$6,50 \times 10^3$	8,78	$20,74 \times 10^3$	4,25	$42,84 \times 10^3$
42,25	$5,40 \times 10^3$	14,9	$15,27 \times 10^3$	7,17	$31,74 \times 10^3$

Tabela 10 - Variação da Viscosidade com Taxa de Deformação à 190°C.

SP - 700		SP - 900		SP - 1100	
$\dot{\gamma} (S^{-1})$	$\eta (N.S/m^2)$	$\dot{\gamma} (S^{-1})$	$\eta (N.S/m^2)$	$\dot{\gamma} (S^{-1})$	$\eta (N.S/m^2)$
24,70	$5,53 \times 10^3$	6,92	$19,74 \times 10^3$	2,54	$53,78 \times 10^3$
41,02	$4,44 \times 10^3$	9,44	$19,3 \times 10^3$	6,79	$26,82 \times 10^3$
68,53	$3,32 \times 10^3$	20,47	$11,12 \times 10^3$	11,51	$19,77 \times 10^3$

Tabela 11 - Variação da Viscosidade com Taxa de Deformação à 200°C.

SP - 700		SP - 900		SP - 1100	
$\dot{\gamma} (S^{-1})$	$\eta (N.S/m^2)$	$\dot{\gamma} (S^{-1})$	$\eta (N.S/m^2)$	$\dot{\gamma} (S^{-1})$	$\eta (N.S/m^2)$
42,91	$3,18 \times 10^3$	7,39	$18,48 \times 10^3$	5,00	$27,00 \times 10^3$
72,82	$2,50 \times 10^3$	17,01	$10,70 \times 10^3$	8,20	$22,00 \times 10^3$
106,91	$2,13 \times 10^3$	33,75	$6,74 \times 10^3$	14,00	$16,00 \times 10^3$

Tabela 12 - Variação da Viscosidade com Taxa de Deformação à 200°C.

SP - 700		SP - 900		SP - 1100	
$\dot{\gamma} (5^{-1})$	$\eta (N.S/m^2)$	$\dot{\gamma} (5^{-1})$	$\eta (N.S/m^2)$	$\dot{\gamma} (5^{-1})$	$\eta (N.S/m^2)$
58,18	$2,35 \times 10^3$	27,30	$5,00 \times 10^3$	11,03	$12,38 \times 10^3$
110,06	$1,65 \times 10^3$	45,35	$4,01 \times 10^3$	18,18	$10,02 \times 10^3$
185,51	$1,23 \times 10^3$	68,81	$3,30 \times 10^3$	32,00	$7,11 \times 10^3$

Tabela 13 - Variação da Viscosidade com Taxa de Deformação à 205°C.

7.5 - DISCUSSÃO

a) As resinas analisadas (SP - 700, SP - 900, SP-1100) apresentaram comportamento pseudoplástico, independente da temperatura e do peso molecular, viscosidade do fundido é inversamente proporcional a taxa de deformação. As resinas de peso molecular médio e alto apresentaram uma pseudoplasticidade mais pronunciado, principalmente a altas taxas de deformação e temperatura baixa (curvas $\log \eta_a \times \log \dot{\gamma}_a$ e $\log \sigma \times \log \dot{\gamma}_a$).

b) A viscosidade do fundido nas taxas de deformação mais baixas é inversamente proporcional à temperatura de processamento e ao peso molecular, entretanto, a alta taxa de deformação a viscosidade é menos influenciada pela temperatura.

c) Os dados apresentados pelo índice de fluidez (plastômetro de extrusão) proporcionaram informações limitadas sobre o comportamento reológico, visto que, fornecem resultados de processabilidade somente a baixos valores de tensões e taxas de deformação, não necessariamente os valores encontrados através dos diferentes tipos de processamento.

7.6 - CONCLUSÃO

Os resultados preliminares obtidos pelo uso do Plastômetro, estão sendo consistentes com o que se esperava com relação ao comportamento reológico do PVC, com base na influência do peso molecular, temperatura de processamento e taxa de deformação sobre a viscosidade do fundido. No entanto, para se ter certeza desses resultados, deve-se fazer uma avaliação dos compostos analisados através do Reometro Capilar, comparando, em termos de valores numéricos, com os resultados encontrados no Plastômetro nas mesmas condições e a partir daí poder-se chegar a uma conclusão sobre a utilização do Plastômetro para determinação de propriedades reológicas.

8. BIBLIOGRAFIA

- 1) Apostila da CPC - Processo de Polimerização.
- 2) BRETAS, R.S., Reologia, Plástico Moderno, nº 176, p. 28 ,
Editora QD Ltda, 1987.
- 3) FORMAZARO, S.V., Materiais Plásticos: Ensaio para Contro-
le de Qualidade, 1983.
- 4) JENKIS, A.D., Polymer Science - A Materials Science Handbook
- 5) NASS, J., Encyclopedia of PVC, Macmillan Publishing Co ,
New York, 1982.
- 6) MANO, E.B., Introdução a Polímeros, Editora Edgard Blucher
Ltda, 1985.

Scritto: 11/10/1960 Pilato C. 110

Viscosità Polimeri de colima

Polymer	Solvent	Temp. [°C]	K x 10 ⁵ [dl/g]	a	No. of Samples Fr. W.P.	Mol. Wt. Range M x 10 ⁻⁴	Method	Ref.
Polystyrene (Cont'd.) ster type, anionic		25		g' = 0.84(4 branches)* g' = 0.90(3 branches)*			LS	78
Poly(p-bromostyrene)	benzene	20	95.5	0.53	10 --	3-30	OS	87
Poly(p-chlorostyrene)	butanone	25	29	0.59	7 --	3-140	LS	88
		20	24.1	0.605	-- 7	2-40	LS	89
		25	13.2	0.645	-- 7	1-244	LS	90
Poly(2,5-dichlorostyrene)	toluene	30	13.0	0.64	6 --	3-140	LS	88
		21	12.6	0.69	9 --	7-66	LS	91
		30.5	35.5	0.50	8 --	50-130	LS	92
Poly(3,4-dichlorostyrene)	ethyl acetate/ethanol (15/1 wt)	30.5	35.5	0.50	8 --	50-130	LS	92
Poly(2,4-dimethylstyrene)	butyl acetate/butanol (13/1 wt)	32.9		0.50	8 --	40-540	LS	93
Poly(2,4-dimethylstyrene)	toluene	30	9.52	9.70	-- 9	5-120	LS	94
Poly(p-iodostyrene)	dioxane	20	33	0.51	10 6	10-118	IV	95
Poly(p-methoxystyrene)	butanone	35	8.6	0.68	6 --	1-100	LS	88
	toluene	30	18.0	0.62	6 --	1-100	LS	83
Poly(α-methylstyrene)	benzene	30	24.9	0.647	4 --	14-91	OS	96
		30	1.7	0.87	? --	?	LS	97
	toluene	25	7.81	0.73	-- 6	3-60	SD	98
		30	2.2	0.80	6 --	1-100	LS	88
		30	10.8	0.71	-- 13	3-66	LS	99
Poly(styrenesulfonic acid)	benzene/methanol (79.4/20.6 mol)	30	76.8	0.50	4 --	14-91	OS	96
	aqueous HCl (0.52M)	25	63.5	1.0	3 --	18-46	IV	100
	aqueous NaCl (0.52M)	25	57.5	1.0	3 --	18-46	IV	100

* g' = [η] of branched molec./[η] of linear molec. with same mol. wt.

Polymer	Solvent	Temp. [°C]	K x 10 ⁵ [dl/g]	a	No. of Samples Fr. W.P.	Mol. Wt. Range M x 10 ⁻⁴	Method	Ref.
Poly(vinyl alcohol)	water	25	20	0.76	6 --	0.6-2.1	OS	101
		25	(300)	(0.50)	4 --	0.9-17	SD	102
		25	(140)	(0.60)	3 --	1-7	SD	103
		25	67	0.55	8 --	2-20	LS	104
		30	66.6	0.64	8 --	0.6-16	OS	105
		80	94	0.56	-- 5	10-46	LS	106
Poly(vinyl bromide)	water/phenol (15/85 vol)	30	24.6	0.80	-- 21	3-12	OS	107
	cyclohexanone	25	32.8	0.55	7 --	2-10	LS	135
	tetrahydrofuran	25	15.9	0.64	7 --	2-10	LS	135
Poly(vinyl chloride)	tetrahydrofuran/methanol (83/17 vol)	20	38.8	0.50	7 --	2-10	LS	165
	benzyl alcohol	155.4	156	0.50	9 --	4-35	LS	163
		30	71.2	0.59	7 --	3-19	SA	162
	chlorobenzene	20	11.6	0.85	6 --	2.5-9.7	OS	136
		20	13.7	1	7 5	7-13	OS	137
	cyclohexanone	20	112.5	0.63	5 3	9-15	OS	137
		25	24	0.77	13 --	3-14	OS	138
	tetrahydrofuran	25	12.3	0.83	11 --	2-14	OS	139
		25	204	0.56	1 1	2-15	OS	140
		25	208	0.56	6 --	6-22	OS	161
25		174	0.55	6 --	15-52	LS	161	
30		16.3	0.77	6 --	3-19	SA	162	
20		1.63	0.92	-- 20	2-17	OS	161	
25		49.8	0.69	5 --	4-40	LS(OS)	142	
25		16.3	0.766	--	2-17	LS	143	
30	219	0.54	16 --	5-30	LS	144		
	30	83.3	0.83	7 --	3-19	SA	162	

ca₂ (M.V.)

$$[\eta] = K \bar{M}_v^a$$

Ecuación de Huggins :

$$\frac{\eta_{sp}}{c} = [\eta] (1 + K_H [\eta] c)$$

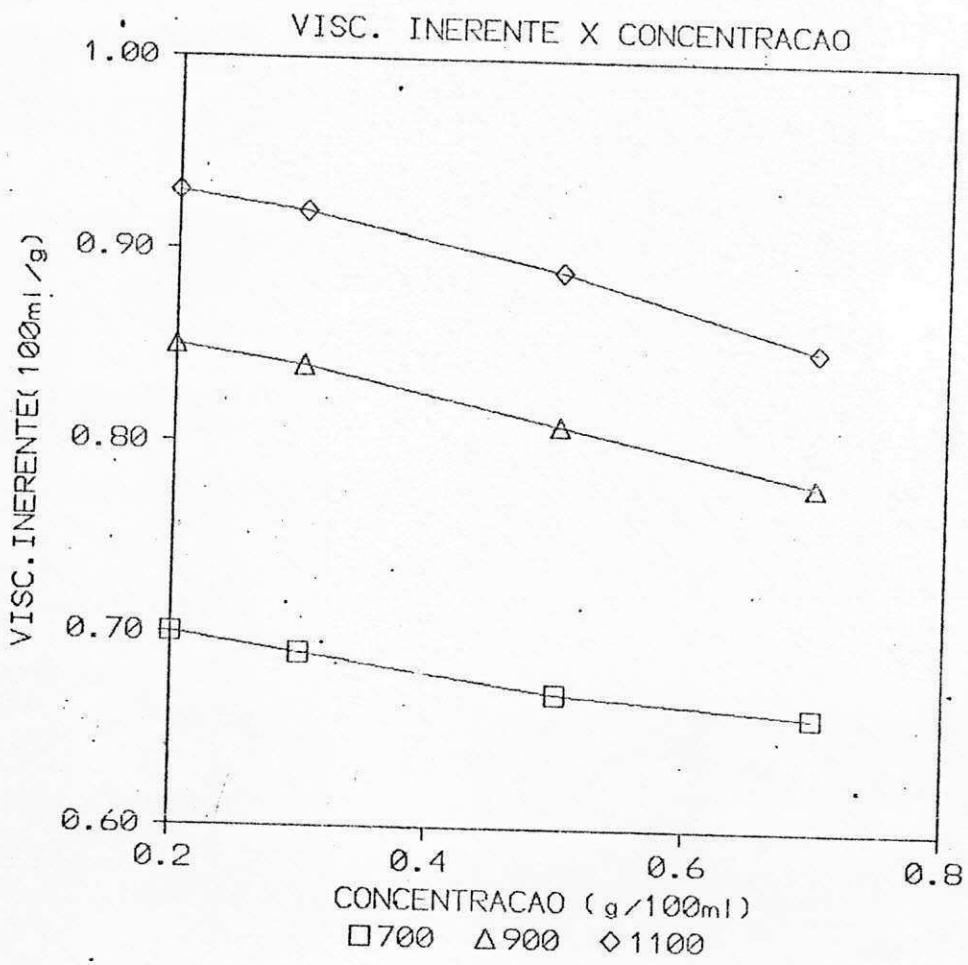
HUGGINS COEFFICIENTS

IV-143

Polymer	Solvent	T(°C)	Remarks	$[\eta]$	k_H	Ref.	
Poly(vinyl acetate) (Cont' d.)	methanol	30				81	
		32		44	0.52	77	
		39		45	0.41	77	
		46		47	0.39	77	
		toluene	18		46	0.57	77
			25		46	0.55	77, 126
	30					81	
	Poly(vinyl alcohol)	partially alcoholized	32		47	0.56	77
			39		47	0.56	77
			46		48	0.54	77
			25				82
			30				65
			30		30	0.57*	67, 65
40				40	0.59*		
40		40	0.90	66			
50		50	0.60*	67			
60		60	0.66*				
70-80		70-80	0.68*				
77		77	0.69	66			
90		90	0.71*	67			
100		100	0.74*				
130		130	0.79*				
150		150	0.84*				
170		170	0.83*				
60		60	32	1.26	66		
59		59		0.93			
Poly(vinyl chloride)	acetone	20		36	0.42	8	
	anisole	25		34	0.46	8	
	bromobenzene	25		40	0.40	8	
	butyl acetate	25		43	0.38	8	
	γ -butyrolactone	25		34	0.43	8	
	chlorobenzene	25		39	0.42	8	
	chloroform	20		38	0.49	8	
	cyclohexanone	20				49, 68	
		25		90-130	0.34	70, 69	
		30		100-121	0.35	72, 71, 73	
	cyclopentanone	20		46	0.33	8	
	1,2-dichloroethane	25		41	0.40	8	
	dimethylformamide	25		40	0.30	8	
	dioxane	25		33	0.50	8	
				40	0.48*		
				50	0.44*		
				60	0.41*		
				70	0.38*		
	ethyl acetate	25		39	0.43	8	
	ethyl acetyl acetate	25		34	0.43	8	
	methyl ethyl ketone	25		26	0.34	8	
				32	0.35		
				47-83	0.38±0.01		
	morpholine		30	71	0.64	74	
				89	0.57		
				108	0.49		
				64	0.81	74	
				79	0.67		
			50	98	0.53		
				58	0.85	74	
70				0.70			
87				0.55			
41				0.33	8		
nitrobenzene	25	29	0.42	8			
		36-76	0.37±0.01				
tetrachloroethane	25	93	0.35				
		20-143	0.28±0.02	75			
tetrahydrofuran	20	49	0.35	8			
		100% conversion					

Huggins Coefficients:

Polymer	Solvent	T(°C)	Remarks	$[\eta]$	k_H	Ref.
Poly(vinyl chloride) (Cont' d.)	tetrahydrofuran	20		171	0.31	75
				178	0.32	
		30		201-220	0.36 ± 0.02	74
			76-91	0.44 ± 0.01		
			107	0.47		
Poly(vinyl cyanoethyl ether)	tetrahydrofurfuryl alcohol	25		44	0.35	8
	tetramethylene sulfide	25		46	0.30	8
Poly(vinyl biphenyl)	benzene	20		7	0.55	95
				22-38	0.51 ± 0.04	
Poly(vinyl formate)	acetone	30		93-134	0.34 ± 0.01	76
				7	0.56	
				21-37	0.51 ± 0.03	
	acetonitrile	30		92-133	0.35 ± 0.01	76
				21-37	0.54 ± 0.02	
				91-129	0.36 ± 0.01	
	dioxane	30		7	0.51	95
				21-36	0.51 ± 0.12	
				91-126	0.36 ± 0.01	
	methyl acetate	30		21-36	0.43 ± 0.01	95
				90-122	0.36 ± 0.01	
				50	0.34	
	methyl formate	30		113	0.54	76
				48	0.30	
				162	0.51	
Poly(1-vinylnaphthalene)	benzene	20		44	0.30	76
				134	0.55	
				62	0.42	
	30		74	0.46	76	
			48	0.30		
			107	0.46		
	45		16	0.46	95	
			27	0.45		
			37	0.41 ± 0.03		
			15	0.47		
		27	0.48			
		37	0.43 ± 0.02			
		15	0.61			
65		26	0.57	95		
		36	0.43 ± 0.02			
		14	0.75			
		25	0.46			
75		36	0.44 ± 0.01	95		
		14	0.78			
		25	0.60			
		35	0.49 ± 0.01			
Poly(2-vinylnaphthalene)	benzene	20		18	0.50	95
				21	0.47	
				46	0.41	
	30		67-107	0.35 ± 0.01	95	
			18	0.50		
			21	0.49		
			45	0.43		
			66	0.41		
			86	0.38		
			106	0.36		
	45		17	0.58	95	
			20	0.57		
			43	0.45		
		63-103	0.39 ± 0.01			



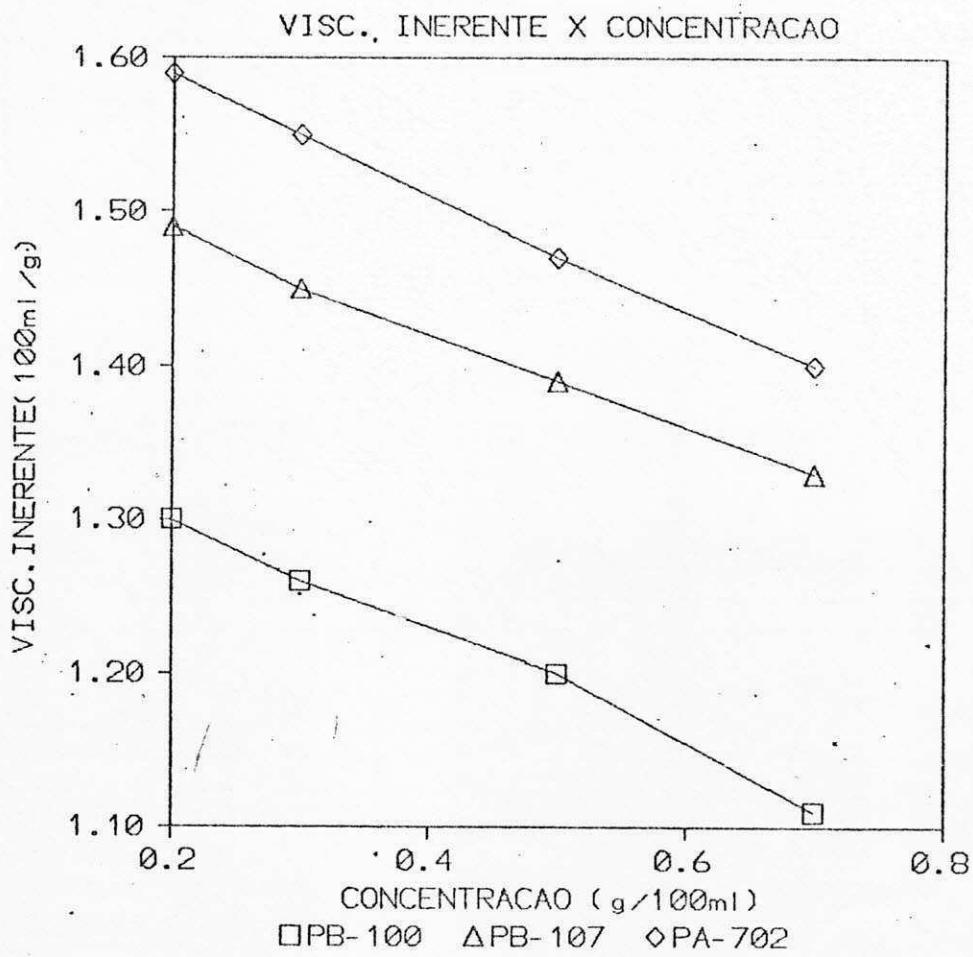


Tabela 1 - Condições de ensaio normalizadas, temperatura e carga

Condição	Temperatura °C	Carga Total in- cluindo o pis- tão, g	Pressão aproxi- mada Kg/cm ²
A	125	325	0,46
B	125	2 160	3,04
C	150	2 160	3,04
D	190	325	0,46
E	190	2 160	3,04
F	190	21 600	30,40
G	200	5 000	7,03
H	230	1 200	1,69
I	230	3 800	5,34
J	265	12 500	17,58
K	275	325	0,46
L	230	2 160	3,04
M	190	1 050	1,48
N	190	10 000	14,06
O	300	1 200	1,69
P	190	5 000	7,03
Q	235	1 000	1,41
R	235	2 160	3,04
S	235	5 000	7,03

Tabela 2 - Condições de ensaio normalizadas, massa da amostra e tempo de ensaio

Índice de fluidez g/10 min.	Massa da amostra no cilindro g	Intervalo de Tempo Segundos
0,15 a 1,0	2,5 a 3,0	360
>1,00 a 3,5	3,0 a 5,0	180
>3,5 a 10	5,0 a 8,0	60
>10 a 25	4,0 a 8,0	30
>25 a 50	4,0 a 8,0	15

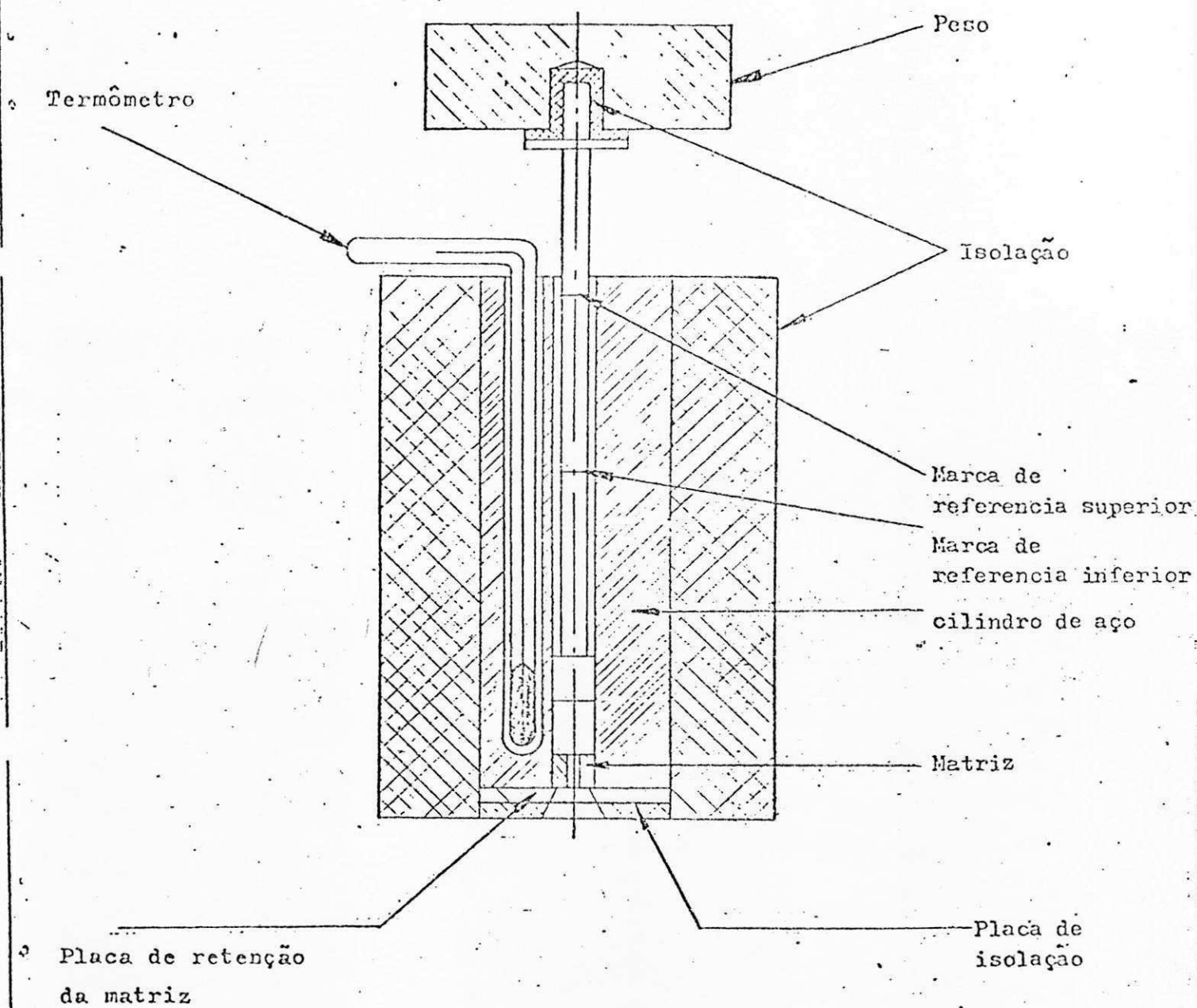
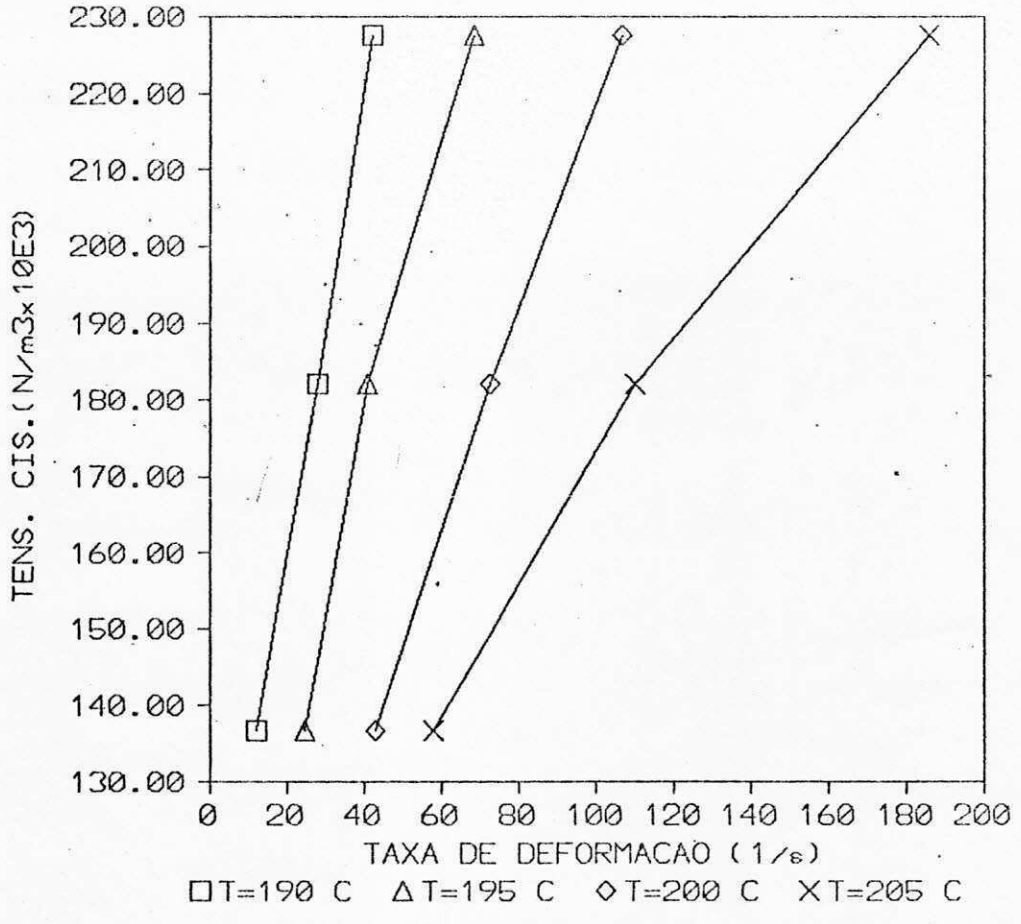
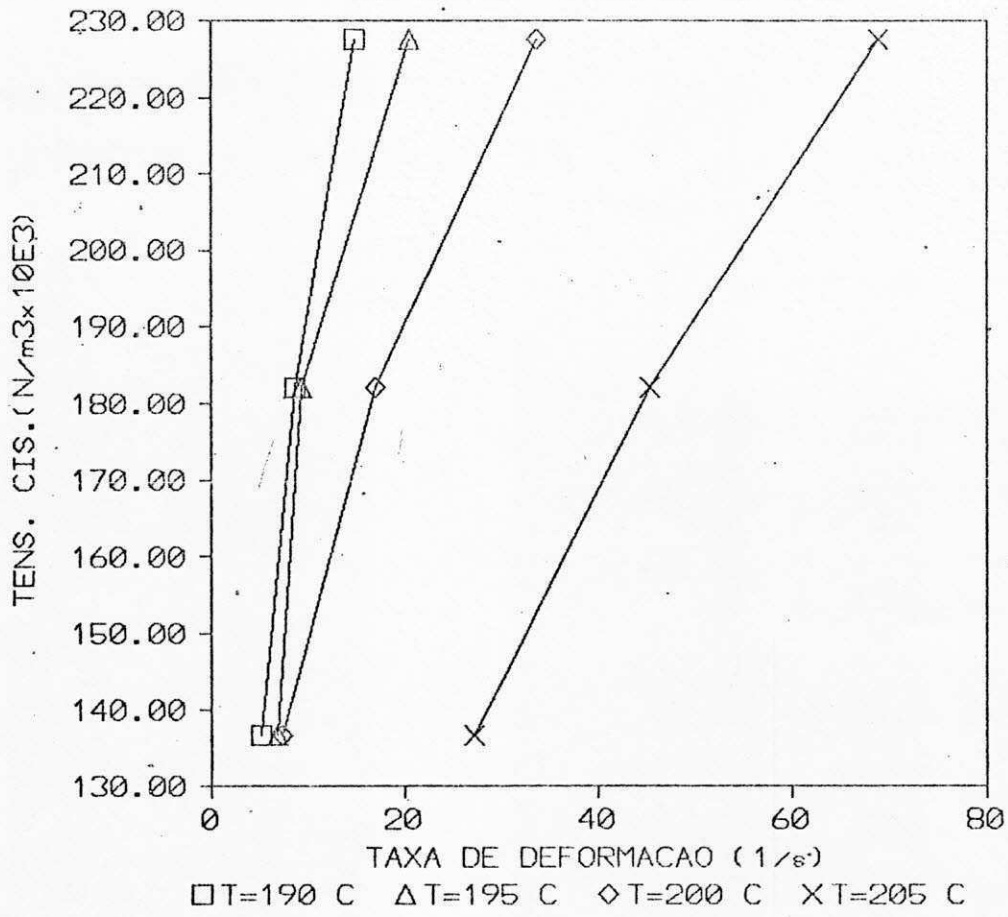


Fig. 1 - Aparelho típico para determinação do índice de fluidez.

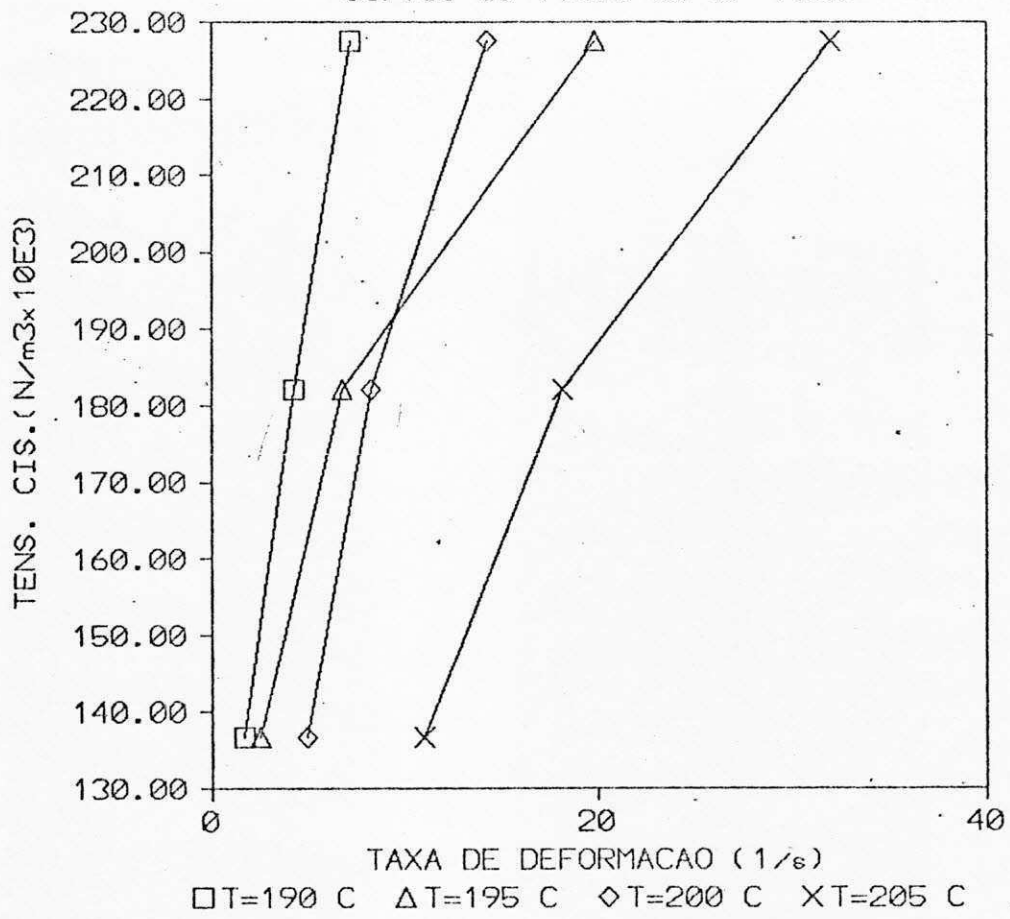
curvas de fluxo de SP-700



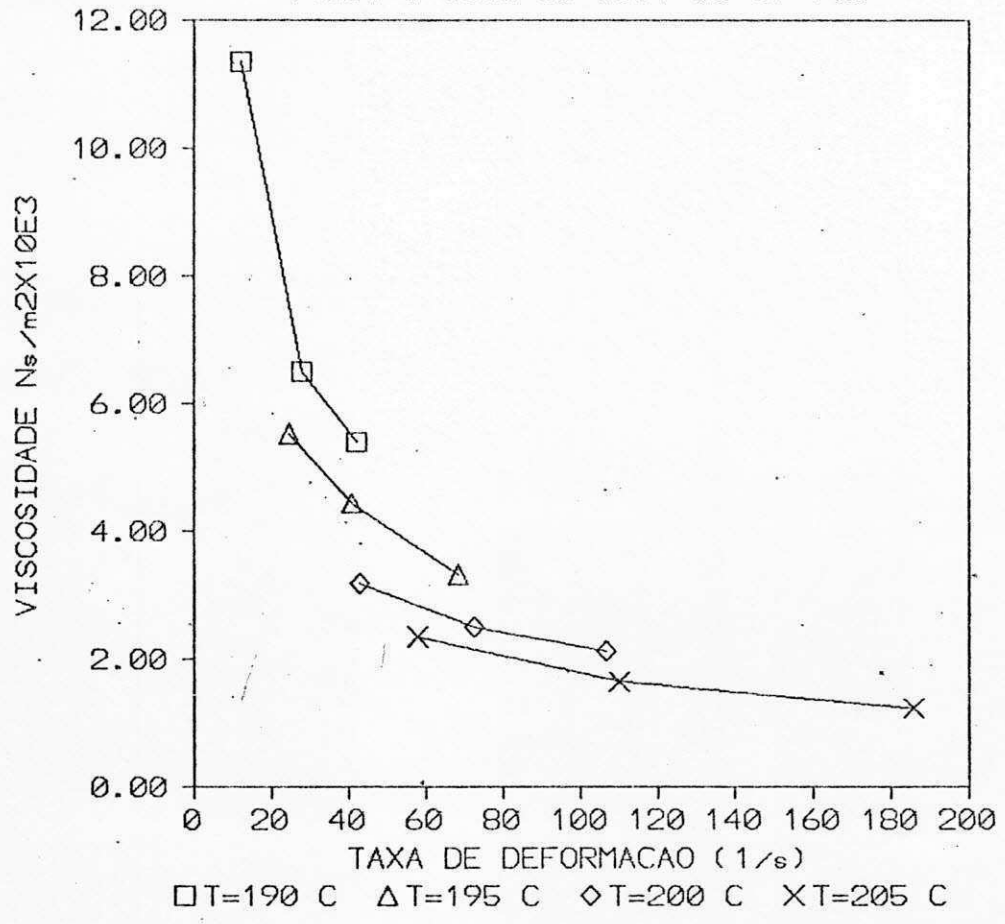
curvas de fluxo de SP-900



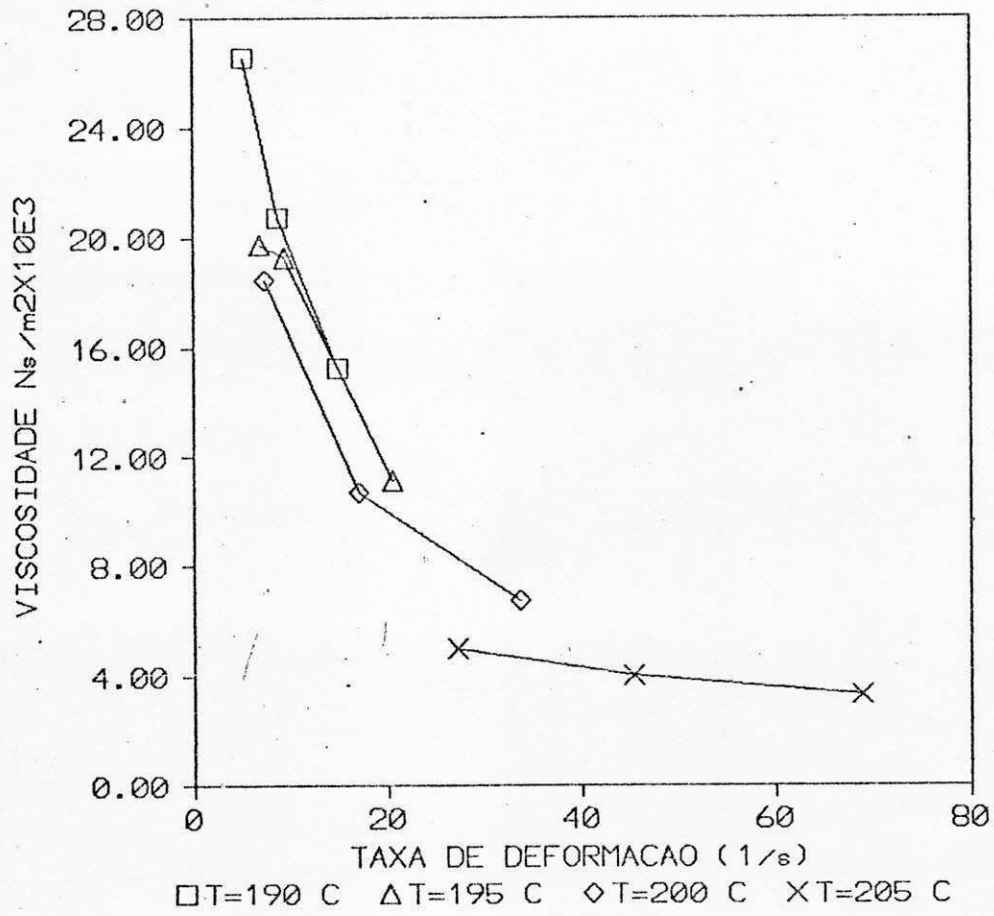
curvas de fluxo de SP-1100



visc. x taxa de def. do SP-700



visc. x taxa de def. do SP-900



vlsc. x taxa de def. do SP-1100

