

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

PROJETO INTEGRAÇÃO ESCOLA-EMPRESA-GOVERNO

R E L A T Ó R I O

Empresa: POLIPROPILENO S/A

Estagiário: Verônica de A. Amorim

Orientador-Empresa: JOÃO DEWAY G.N. SEGUNDO

Orientador-Universidade: Prof<sup>o</sup> *Maria do Socorro de Sácerda*

Relatório nº 01

Período: 18.01 a 16.07.84



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB



# I N D I C E

## APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

### 1. INTRODUÇÃO

- 1.1. Aspectos gerais
- 1.2. Produção do Polipropileno
- 1.3. Propriedades físicas
- 1.4. Aplicações

### 2. TERMOPLÁSTICOS REFORÇADOS OU CARREGADOS

- 2.1. Polipropileno modificado com Talco e  $\text{CaCO}_3$
- 2.2. Propriedades

### 3. POLIPROPILENO MODIFICADO COM FIBRA E MICROESFERA DE VIDRO

### 4. POLIPROPILENO MODIFICADO COM ELASTÔMERO

### 5. POLIPROPILENO ADITIVADO

- 5.1. Efeito do calor
- 5.2. Efeito da luz solar
- 5.3. Aditivos utilizados em Polipropileno

### 6. PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO

- 6.1. Extrusão
- 6.2. Injeção

### 7. TRABALHOS REALIZADOS

- 7.1. Programa de Avaliação nº 347
- 7.2. Programa de Avaliação nº 353
- 7.3. Programa de Avaliação nº 312

### 8. BIBLIOGRAFIA



## APRESENTAÇÃO DA EMPRESA:

A POLIPROPILENO S/A é uma empresa localizada no Polo Petroquímico de Camaçari, o principal Complexo Petroquímico integrado da América do Sul e um dos maiores do mundo. Foi fundada a 10 de outubro de 1974 com o objetivo principal de atender à crescente demanda do polipropileno no Brasil, reflexo do notável desempenho e consequente aumento de consumo deste polímero em todo o mundo.

Durante os quatro anos que se sefuiram a sua fundação foram construídas as suas instalações industriais, formados os seus quadros operacionais e implantada a sua estrutura comercial.

Increvendo-se hoje no contexto das principais empresas nacionais voltadas para a auto-suficiência da indústria petroquímica, a POLIPROPILENO, produz 60.000 toneladas nominais de homopolímeros, copolímeros e compostos de polipropileno, proporcionando substancial economia de divisas para o Brasil.

Ao par de estar contribuindo em todo o país com o aumento da produção e o crescimento de centenas de empresas dedicadas ao setor industrial a que se acha integrada, a POLIPROPILENO também propicia outros importantes benefícios à região Norte-Nordeste, colaborando com sua participação no processo de desenvolvimento integrado da economia nacional.

Afora suas unidades operacionais e sofisticados sistemas anti-poluição, ali também estão instaladas a sua sede e o seu Centro de Pesquisas e Desenvolvimento de Mercado. Funcionando ininterruptamente, as modernas unidades operacionais formam imponente conjunto industrial, produzindo com a mais avançada tecnologia, o termoplástico de melhor desempenho e maior crescimento de demanda no mundo inteiro.

## 1. INTRODUÇÃO:

### 1.1. Aspectos gerais do Polipropileno:

A participação do Polipropileno no consumo de termoplásticos vem crescendo a elevadas taxas no mercado nacional e internacional. sua fácil processabilidade, aliada ao baixo custo por volume e excelente conjunto de propriedades físicas, bem como a substituição de outros termoplásticos, com vantagens técnicas e econômicas.

O Polipropileno pertence à classe das poliolefinas que inclui os polietilenos.

Em 1933 o polietileno de baixa densidade foi produzido acidentalmente em uma autoclave quando se tentava a oxidação do benzaldeído.

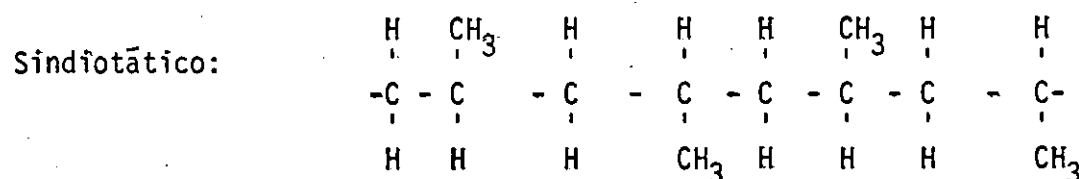
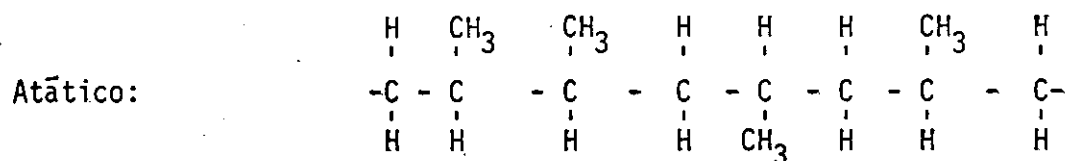
Em razão da falta de seletividade do processo, o LDPE possui cadeias desordenadas com muita ramificação, por esta razão as cadeias encontram dificuldades de empacotamento e conseqüentemente baixa cristalização.

Em 1952/3 Ziegler desenvolveu um tipo de polimerização para o polietileno conseguindo um polímero com menos ramificações tornando o produto mais rígido e com maior temperatura de amolecimento.

Natta utilizando o desenvolvimento de Ziegler modificou o processo para adaptá-lo à polimerização do propeno para conseguir um polímero estereorregular produzindo um polímero rígido e com uma temperatura de amolecimento de 150°C e densidade em torno de 0.905g/cm<sup>3</sup>.

Através desse processo é que hoje mundialmente se fabrica polipropileno de forma comercializável.

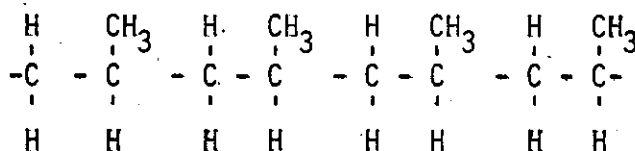
Na polimerização do propeno existem três formas estruturais possíveis, como segue:



.../...



Isotático:



A forma isotática é preferencial, pois confere as propriedades físicas importantes e adequadas ao polímero.

A forma atática é indesejável devido à falta de regularidade, conferindo ao polímero propriedades inadequadas e não utilizáveis.

Apesar de ser indesejável, sempre há a formação de estrutura atática (+ 6%) que é extraído do polímero no processo de purificação.

Em função da disposição das moléculas que constituem o polímero, ele pode ser classificado em orientado e não-orientado. A princípio, define-se orientação como o alinhamento da estrutura cristalina em materiais poliméricos, de modo a torná-lo altamente uniforme.

As características físico-mecânicas dos dois tipos de polipropileno são mostradas na tabela 1.

A densidade do polipropileno igual a  $0.905\text{g/cm}^3$  torna-o o mais leve dos plásticos. ele não é transparente, exceto na forma de filmes. Apresenta na forma não-orientada, resistência à tração duas vezes maior que a do polietileno. quando orientado, essa resistência torna-se quatro vezes maior.

Sua permeabilidade ao vapor d'água e ao oxigênio é inferior à do polietileno.

Na forma não-orientada é extremamente frágil às baixas temperaturas, necessitando ser laminado a outros filmes para esse tipo de utilização.

O polipropileno tem boa resistência a ácidos fortes e álcalis, não sendo afetado pela maioria dos solventes orgânicos à temperatura ambiente, exceto aos hidrocarbonetos clorados.

As temperaturas elevadas; benzeno, xileno e tolueno são solventes que interferem no comportamento do polipropileno. também é atacado pelo ácido nítrico concentrado. É muito boa a resistência a gases e ao vapor d'água. Na impressão, é necessário o tratamento de superfície devido à sua não polaridade.

## 1.2. Produção do Polipropileno:

O processo de polimerização do propeno pode ser visto na figura 1, a seguir. Basicamente, o processo consiste nas seguintes fases:

- Produção do Catalisador
- Polimerização (homo e copolímero)
- Purificação (separação do polímero)
- Secagem
- Aditivação
- Granulação
- Embalagem

Além dessas fases temos outra auxiliar que é a recuperação de diluente para reciclo.

#### Produção do Catalisador:

O catalisador Ziegler-Nafta deve ser produzido na própria planta.

Nesta área além da produção do catalisador, prepara-se também uma solução de ativador, o qual beneficiará o meio reagente tornando-o eficiente.

É formada então uma solução em concentrações dentro de certas especificações que irá para os reatores de polimerização.

A fabricação deste, é passo importante na qualidade e eficiência do polímero, sendo produzido pela reação entre tetracloreto de titânio e trietil alumínio.

#### Polimerização:

O gás propeno obtido a partir do craqueamento da nafta é levado até os reatores de polimerização. Esta é a área mais importante do processo, ocorrendo nela a reação.

O propeno líquido passa por um vaporizador e entra nos reatores, 5 vasos de aço inox associados em série. Os vapores têm camisas e trocadores de calor internos para resfriamento, e são equipados com agitadores. A reação de polimerização ocorre em meio diluente utilizando-se um hidrocarboneto e em presença de cloretos de titânio e alquis de alumínio que compõem o complexo catalisador-co-catalisador.

O hidrogênio é injetado junto com o propeno como controlador do tamanho molecular do polímero.

A reação do catalisador é adicionada à solução de fase diluente que então é alimentada ao primeiro reator de polimerização.

Para produção de copolímero injeta-se eteno no 4º e 5º reator. Forma-se a lama de polímero ou copolímero que irá para área de complexação onde o catalisador será desativado por tratamento com álcool.

.../...

### Purificação e Secagem:

Nesta área é extraído o catalisador e adicionado água gelada à massa polimérica que por diferença de densidade é feita a separação, sendo retirado o PP atático que apresenta menor densidade em relação ao isotático.

Após a extração do catalisador, o polímero vai para área de secagem onde é seco usando o princípio de fluidização (leito fluidizado). É usado o  $N_2$  para secagem.

### Aditivação:

O pó já seco com propriedades químicas é aditivado para evitar degradação durante a passagem na rosca e conferir ao produto determinadas propriedades.

### Granulação:

Após a aditivação o pó é passado por uma rosca, onde é fluidizado apenas por cisalhamento e posteriormente granulado, adquirindo sua forma final (pellets).

## 1.3. Propriedades físicas do Polipropileno:

As propriedades físicas do polipropileno dependem basicamente dos seguintes fatores:

- Peso molecular, ou seja índice de fluidez
- Grau de cristalinidade
- Estrutura química, ou seja, se é homopolímero ou copolímero.

Praticamente, todos os tipos de polipropileno produzidos comercialmente, possuem o mesmo grau de cristalinidade, portanto, as propriedades físicas dos polipropilenos fornecidos ao mercado dependem exclusivamente do índice de fluidez, o qual é inversamente proporcional ao seu peso molecular, e da sua estrutura química.

A tabela 2 apresenta a influência do índice de fluidez e estrutura química nas propriedades físicas do polipropileno.

Analisando esta tabela, podemos concluir que, quanto maior o índice de fluidez, ou seja, menor o peso molecular médio do polipropileno, temos:

- Maior resistência à tração
- Maior rigidez
- Maior dureza
- Menor resistência ao impacto

Com relação à estrutura química, notamos que o polipropileno copolímero em relação ao homopolímero com mesmo índice de fluidez, apresenta:

.../...





- Maior resistência ao impacto, principalmente a baixas temperaturas.
- Menor resistência à tração
- Menor rigidez
- Menor HDT
- Menor dureza
- Ligeiramente menor ponto de amolecimento Vicat.

Obviamente, tais propriedades não dependem exclusivamente do material, condições de processamento também influem substancialmente nas propriedades físicas dos produtos moldados.

Assim, por exemplo, aumentando-se a temperatura do molde, verifica-se um aumento na rigidez e na resistência à tração com prejuízo da resistência ao impacto no produto final. fato inverso ocorrerá quando se aumentar a temperatura do cilindro.

#### 1.4. Aplicação em termos gerais do Polipropileno:

##### 1.4.1. Extrusão:

- |               |   |  |
|---------------|---|--|
| <b>Filme</b>  | } | Tubular → Filme para embalagem biorientado e não-orientado/fitilhos, sacaria de rãfia.   |
|               |   | Plano → Fitilhos, filme para embalagem não orientado e biorientado, rãfia revestida de polipropileno, sacaria de rãfia, tecido para fundo de carpetes. |
| <b>Perfis</b> | } | Chapas → Revestimento de tanque, copos de yogurte e margarina termoformado, equipamentos diversos.   |
|               |   | Tubos → Para água, para produtos químicos, água quente, esgotos do m̄sticos, etc.  |
|               |   | Monofilamento → Cerdas de vassouras e escovas, cordas e barbantes.   |
|               |   | Perfis → Fita de arquear, perfis diversos, revestimento de cabos, etc.   |
| <b>Fibras</b> | { | Fibra → Cobertores, carpetes, roupas.  |



#### 1.4.2. Injeção:

Indústria Farmacêutica - Vasilhames, seringas, estojos, tampas, cosméticos, etc.

Eletrodomésticos - Carcaça de aparelhos, componentes, tampas de máquina de lavar, etc.

Indústria Automobilística - Caixas de bateria, painéis, pára-choques, etc.

Móveis - Cadeiras, camas, armários, etc.

Utensílios Domésticos - Jarras, garrafas térmicas, assento sanitário, copos, pratos, etc.

Eletrônicos - Caixa para circuito, carcaça para equipamento de medição, etc.

Embalagem - Potes e embalagens para indústrias alimentícias, diversos.

Brinquedos - Em geral

Calçados - Salto de sapatos feminino.

#### 1.4.3. Sôpro:

Sôpro Injetado { Indústria farmacêutica e cosméticos  
Embalagens diversas

Sôpro Extrudado { Farmacêutica e cosméticos - frascos para sôro e embalagens diversas.  
Embalagens de alimento - vasilhame para óleo, embalagem em geral.  
Embalagens diversas - embalagem para detergente e diversos.  
Indústria automobilística - tanque de expansão, componente para sistema de refrigeração, etc.  
Brinquedos - diversos

.../...

## 2. TERMOPLÁSTICOS REFORÇADOS OU CARREGADOS:

Cargas são substâncias orgânicas ou inorgânicas, aplicadas aos termoplásticos em altas concentrações com a finalidade principal de alterar as seguintes propriedades; resistência a altas e baixas temperaturas, estabilidade dimensional e concentrações na moldagem. As cargas têm sido muito utilizadas para redução dos custos dos termoplásticos. Quando aplicadas adequadamente, resultam propriedades bastante distintas das obtidas com o termoplástico natural, sendo que algumas dessas propriedades são comuns a maioria das cargas utilizadas normalmente:

- Reduzem a absorção de água
- Reduzem a contração na moldagem
- Melhoram a estabilidade dimensional
- Aumentam a resistência à deflexão
- Alteram o acabamento (alteram o acabamento natural do termoplástico tornando-o fosco, em alguns casos escuro, em outros fosco e escuro).

Reforços são agentes modificadores aplicados aos termoplásticos com a finalidade de aumentar sua resistência à tração, resistência a deflexão e resistência à deformação sob carga.

Um conceito muito importante que deve ser claramente entendido é a diferença entre reforçar e carregar. Nos polímeros reforçados, adiciona-se aditivos específicos denominados agentes ligantes que tem a função de provocar uma ligação "química" entre a carga e as macromoléculas do polímero, enquanto que nos polímeros carregados, tal aditivação não existe, ou seja, a carga está simplesmente "misturada", incorporada à massa plástica.

Nas cargas comumente utilizadas em polímeros termoplásticos são normalmente classificadas em fibrosas e não fibrosas. Como exemplo de cargas fibrosas, destacamos a fibra de vidro de carbono e de asbestos. No grupo denominado cargas não fibrosas as mais utilizadas são talco e carbonato de cálcio.

### 2.1. Polipropileno modificado com talco e carbonato de cálcio:

O talco e o carbonato de cálcio constituem as cargas não fibrosas mais utilizadas nas formulações de compostos especiais de polipropileno.

.../...

### 2.1.1. Talco:

Com relevantes aplicações na indústria automobilística, o polipropileno com talco vem conquistando parcela bastante significativa do mercado de termoplásticos modificadores.

O talco é um material cristalino natural, composto de óxidos hidratados de magnésio e silício, com a fórmula teórica:  $3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ou 31,7% MgO, 63,5% SiO<sub>2</sub> e 4,8% H<sub>2</sub>O.

Esta composição varia de acordo com a localidade de extração do talco.

A tabela 7, abaixo, mostra as análises químicas de alguns tipos de talcos comerciais.

LOCALIZAÇÃO	Análise Química ( % )					REFERÊNCIA
	SiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Talco puro/comp. teórica	63,46	31,79	-	-	-	Handbook of Filler
Montana	62,65	30,23	-	0,31	1,51	And Reiforcements
California	60,20	27,98	2,60	1,25	2,50	
New York	66,23	25,71	2,26	1,05	0,13	
URSS	61,80	32,40	0,60	0,30	0,30	Termoplásticos
Japão	55,20	29,90	1,20	4,10	4,10	Reforçados
Brasil (Bahia)	60,0	31,00	0,10	2,50	0,40	Catalogada Magnesita

A forma das partículas também variam segundo a localidade de extração. Elas podem ter formas lamelar, agulhadas, microfibrosas ou granular. O tamanho de partícula varia entre 1 a 50 micras. Este tamanho está determinado pelo tipo de talco e pelo processo de moagem utilizado na sua produção. Normalmente costuma-se trabalhar com tamanho de partículas em torno de 15 micras, entretanto, especificações recentes, especialmente das indústrias automobilísticas e de eletrodomésticos, vem exigindo o emprego de talco micronizado, ou seja, com tamanho de partículas na faixa de 3 a 9 micras.

Nas formulações especiais de polipropileno são utilizados 20% a 40% de talco o que proporciona ao material uma maior rigidez e conseqüentemente um aumento no módulo de flexão e na temperatura de deflexão térmica possibilitando, desta forma, a utilização desse material em peças grandes e espessas, diminuindo também a contração no molde.

Apesar do incremento de algumas propriedades, observa-se um decréscimo na resistência ao impacto e ductilidade dos materiais carregados com talco; isto devido à morfologia lamelar das suas partículas.

Para a obtenção de um material de melhor qualidade é de fundamental importância uma boa incorporação e dispersão da carga mineral no polímero.

#### 2.1.2. Carbonato de Cálcio:

Com propriedades e aplicações bem semelhantes ao talco, o  $\text{CaCO}_3$  vem sendo largamente utilizado em formulações especiais de polipropileno devido ao baixo custo, fácil dispersão e melhor acabamento superficial, quando comparado com outras cargas minerais, especialmente na moldagem de peças com espessura mais grossa, as quais necessitam de uma maior resistência ao impacto, onde tem maior aceitação que o talco.

Isto devido ao considerável grau de estericidade das partículas do  $\text{CaCO}_3$  que se dispersam melhor no polímero possibilitando uma maior resistência ao impacto do que no caso das partículas lamelares do talco.

As características gerais apresentadas pela carga para que possa ser utilizada nas formulações de compostos especiais de polipropileno são as seguintes:

- Carbonato puro - ao redor de 97,8%
- CaO - " " de 54,8%
- Teor de  $\text{SiO}_2$  - máximo 0,4%
- Ferro ( $\text{Fe}_a\text{O}_3$ ) - " 0,015%
- Magnésio ( $\text{MgO}$ ) - " 1,50%
- Alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) - " 0,75%
- Manganês - ausente
- Unidade - máximo 0,10%
- Dens.aparente - máximo 0,9%
- Tam. de partícula - 1,0 a 8,0 micras

O  $\text{CaCO}_3$  pode ser fornecido com e sem tratamento das partículas; apesar de que os tipos tratados são mais adequados por apresentarem uma maior facilidade de dispersão no material plástico e melhorarem as propriedades reológicas do material.

.../...

## 2.2. Propriedades:

As propriedades mecânicas do composto especial dependem do tipo e teor de carga presente no polímero base utilizado, isto é, polipropileno homopolímero ou copolímero. Na tabela 3 a seguir, podemos verificar as principais propriedades dos compostos especiais produzidos pela Polipropileno S/A, em comparação com o polipropileno homopolímero e copolímero.

## 3. POLIPROPILENO MODIFICADO COM FIBRA E MICROESFERA DE VIDRO:

### 3.1. Fibras de vidro:

As fibras de vidro empregadas como reforço de termoplásticos são filamentos de vidro especiais medindo 3 milímetros de comprimento e 13 microns de diâmetro.

Por sua alta resistência à tração, quando bem acopladas ao termoplástico, conferem-lhe:

- Maior resistência à tração, maior resistência à flexão, desprezíveis contrações na moldagem e maior resistência à deflexão.

As propriedades dos termoplásticos reforçados com fibra de vidro, dependem, fundamentalmente, dos seguintes fatores:

- Do comprimento das fibras (normalmente entre 0,6 e 0,5mm), do teor de vidro (normalmente entre 10 e 30%), do agente ligante empregado para uma adesão perfeita entre vidro e termoplástico e da orientação das fibras no produto final.

As etapas de preparação e processamento dos compostos especiais contendo fibra de vidro são de fundamental importância para a obtenção de artigos com boas propriedades mecânicas. Todavia, durante o processo de moldagem alguns cuidados especiais devem ser tomados, principalmente, devido à abrasividade e comprimento das fibras no produto.

A incorporação da fibra de vidro aumenta a viscosidade do polipropileno no estado fundido devendo por isso, trabalhar com temperaturas no cilindro da ordem de 15 a 25°C acima da temperatura necessária para se moldar a mesma peça com polipropileno sem carga. A temperatura da 1ª zona não pode ser muito baixa, pois quanto menor a temperatura menor será o comprimento médio das fibras no produto final, o que irá prejudicar as propriedades físicas do produto moldado. Efeito verificado principalmente na resistência ao impacto.

Ao se injetar polipropileno com fibra de vidro, deve-se utilizar a máxima velocidade possível; - baixa velocidade da rosca, contra-pressão mínima possível.



### 3.2. MICROESFERA DE VIDRO:

Hã dois tipos de microesferas de vidro utilizãveis como carga para plãsticos: sãlidas e ocas; todavia, somente as primeiras são utilizadas como carga na fabricação de compostos especiais termoplãsticos.

Estas apresentam-se como transportes sob o microscãpio e brancas em massa. Podem ser produzidas em vãrios tamanhos de partìculas, entretanto, para termoplãsticos, as mais comumente utilizadas possuem tamanho de partìculas na faixa de 4 a 44 micras. O tipo de vidro empregado na sua fabricação tem a seguinte composição:

- SiO<sub>2</sub> - 72%
- Na<sub>2</sub>O - 14%
- CaO - 10%, etc

A tabela 4 mostra a influẽncia da fibra e microesfera de vidro nas propriedades fìsicas do polipropileno homopolìmero.

### 4. POLIPROPILENO MODIFICADO COM ELASTÔMERO:

Elastômeros são utilizados geralmente como modificadores de impacto por aumentar bastante a resistẽncia ao impacto do polipropileno a baixas temperaturas (-40°C), e elevar a flexibilidade e alãngamento à ruptura do material.

Estes podem ser adicionados ao polìmero tanto no processo de produção como durante a sua transformação sendo que neste ùltimo caso, pode-se obter produtos com maiores teores de elastômero associados a uma larga faixa de índices de fluidez.

### 5. POLIPROPILENO ADITIVADO:

#### 5.1. Efeito do Calor:

Como todo termoplãstico o polipropileno ã susceptìvel à degradação na presença do calor. O radical metil pendurado na cadeia do polipropileno ã um ponto vulnerãvel à degradação tãrmica.

A oxidação de um polìmero altera sua estrutura e resulta na degradação de suas propriedades fìsicas e quìmicas.

Na maioria dos polìmeros oxidãveis, a oxidação se dã numa reação em cadeia, atravẽs de radicais livres formados com o oxigẽnio formam radicais perõxi que por sua vez reagem com o polìmero formando hidroperõxidos que propagam a reação em cadeia.

A fase de iniciação deste processo oxidativo pode tãmbem resultar do ataque direto do polìmero pelo oxigẽnio nos pontos de insaturação ou outros "pontos fracos" do polìmero.

.../...



Ao nível macromolecular, a oxidação do polímero é manifestada pela formação de cor (amarelecimento), pela perda da resistência à tração e do alongamento, pelo desenvolvimento de odor e mudanças na viscosidade do polímero quando fundido.

## 5.2. Efeito da luz solar:

Como todos os termoplásticos poliolefínicos o PP quando exposto a intempéries sofre degradação pelo efeito dos raios ultra-violeta.

Aproximadamente 4% da luz solar que atinge a superfície do globo é composta de energia UV de  $10^{-7}$  a  $4 \times 10^{-7}$  m de comprimento de onda.

Quando o produto final é exposto a essa condição o polímero deverá ser estabilizado para não sofrer degradação.

Diversos são os fatores dos quais depende a intensidade da radiação ultra-violeta incidente sobre a superfície terrestre:

- época do ano:

latitude

altitude

turbidez da atmosfera

espessura da camada de ozônio

A unidade de energia incidente por unidade de área comumente utilizada é o Langley (LY), ou seja, 1 Langley = 1 cal/cm<sup>2</sup>.

## 5.3. Aditivos utilizados em Polipropileno:

### 5.3.1. Antioxidantes:

São substâncias que quando presentes em um sistema, em concentrações, geralmente abaixo de 1% inibem ou retardam o processo de oxidação. Estes podem ser agrupados em duas classes. Aqueles que inibem a oxidação através de reação com os radicais livres (bloqueadores de radicais) e aqueles que decompõem peróxidos em produtos estáveis.

Os primeiros são os fenóis estericamente bloqueados e as aril-aminas secundárias. Os principais tipos de decompositores de peróxidos são os fosfitos e flocésteres.

O polipropileno é estabilizado termicamente com antioxidantes especiais para ser protegido de duas formas:

a) No processamento

b) Na aplicação final

A) Durante o processo de transformação o PP é submetido ao calor e a presença de oxigênio. Para evitar essa degradação, o polímero é aditivado para estabilidade de fluxo. A figura 2 mostra o efeito desta estabilização.

A= sem estabilização

B= estabilizado

.../...





B) Após ser transformado, o polímero deverá ser utilizado em condições adversas. Dependendo das condições de transformação este deverá ser estabilizado.

A figura 3 mostra a influência desta estabilização

#### 5.3.2. Agente deslizante:

Existe aplicação onde o polímero será submetido à fricção. Desta feita um baixo coeficiente de fricção deverá ser conseguido para melhor deslizamento.

#### 5.3.3. Agente Anti-bloqueio:

Especificamente filmes tubulares de PP para embalagens, deverão ser aditivados contra o bloqueio das paredes do filme, causado pela justaposição desta, em vista do alto nível de polimento da superfície.

#### 5.3.4. Desativador de Metais:

No caso de uma aplicação onde o polipropileno deverá manter contato com metais de transição, principalmente cobre, este tipo de aditivo deve ser utilizado, pois, tais metais atuam como catalisador do processo de degradação.

#### 5.3.5. Agente Anti-flama:

Para o caso de aplicação específica onde as normas de segurança exigem tais características do polímero.

#### 5.3.6. Antiestático:

Como todo termoplástico, o polipropileno é susceptível ao acúmulo de cargas estáticas. Há casos onde esta característica é altamente prejudicial à aplicação. Para estes casos um aditivo que minimize o acúmulo de carga estática é requerido.

#### 5.3.7. Agente de Expansão:

São introduzidos quando se requer baixa densidade e elevada rigidez.

#### 5.3.8. Antiácido:

São incorporados com a finalidade de neutralizar o resíduo de catalisador e outras substâncias que não foram totalmente extraídas do polímero, para evitar danos no equipamento de transformação.

.../...

### 5.3.9. Pigmentos:

Além do branco conseguido com o dióxido de titânio e o preto conseguido através do carbonblack, existe uma enorme variedade de pigmentos orgânicos e inorgânicos mais complexos que fornecem uma grande variedade de cores.

### 5.3.10. Protetores à Radiação Ultra-violeta:

A radiação ultra-violeta, produz a degradação do termoplástico por quebra molecular ou aceleração da oxidação. Quando há quebra de molécula, reduz seu grau de polimerização e, conseqüentemente, ocorre a queda de suas propriedades. Portanto, esses aditivos, são substâncias que absorvem ou modificam a radiação ultra-violeta, inibindo sua ação.

O negro de fumo, apresenta bons resultados como protetor UV devido ao seu alto grau de absorção da luz. Nas poliolefinas, adição de 2% de negro de fumo de tamanho de partícula suficientemente pequeno proporciona uma perfeita proteção contra a radiação ultra-violeta.

De modo geral os aditivos devem ter certas características básicas como:

- serem eficientes em pequenas concentrações
- não serem voláteis ou extraíveis pela ação da água.
- não migrarem a superfície (exceto para o ldeslizante, anti-bloqueio e anti-estático).
- não descolorir a peça
- não alterarem as propriedades básicas da resina ou do moldado.
- não serem tóxicos na concentração usada.
- não transmitirem odores.

## 6. PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO:

A versatilidade do PP permite que este seja transformado por quase todos os processos existentes; todavia, os processos acompanhados foram: extrusão e injeção.

### 6.1. Extrusão:

O processo de extrusão consiste no aquecimento e pressão que sofre uma resina geralmente termoplástica que, levada ao estado pastoso é forçada através de uma matriz produzindo em forma contínua determinado produto.

É um processo versátil que produz uma grande variedade de produtos, tais como: tubos, mangueiras, chapas, perfilados, revestimentos de fios e cabos e principalmente filmes.

O processo pode ser dividido em 4 etapas:

1. Plastificação da matéria prima;
2. Vazão controlada do produto plastificado e fundido através de uma matriz para moldagem na forma desejada;

.../...



3. Solidificação do produto com o tamanho e forma finais.

#### 4. ENROLAMENTOS E/OU CORTES FINAIS:

A resina é colocada no funil de alimentação e por uma cavidade atravessa a abertura do cilindro até a rosca. Esta, no seu movimento rotativo, empurra os grânulos ou o pó para frente, por causa dos seus filetes e do atrito com o cilindro, fazendo-os sofrer uma mudança de estado físico de acordo com a temperatura em cada zona de aquecimento do cilindro. A temperatura do cilindro é maior a partir da segunda zona de aquecimento para frente, onde a matéria-prima irá sofrer uma compressão e plastificação. No último setor da rosca, onde se dá a homogeneização do material, este se encontra em estado pastoso para facilitar a passagem através do disco quebra fluxo e entrar no cabeçote, tomando o feitio da matriz cujas características determinam o produto final.

##### 6.1. Principais componentes da extrusora:

Funil de alimentação - O propósito deste componente é conduzir o polímero frio em pó ou grânulos, da caçamba ao canhão.

Rosca - É o componente mais importante da máquina. Ela promove o transporte, homogeneização, aquecimento do material e o pressiona contra o polímero através da matriz. O desenho da rosca obedece em cada caso, as exigências da resina a ser transformada escolhendo-se sempre aquelas de características técnicas adequadas.

A rosca se divide em três partes fundamentais:

Zona de alimentação: - é a secção que promove o transporte do material desde a parte de baixo do funil de alimentação até a zona de compressão:

Zona de compressão: - nesta zona acontece uma diminuição gradual da altura dos filetes para que se consiga uma compressão volumétrica dos grãos já perto da fusão e conseqüentemente a remoção de ar preso na massa o qual é forçado a recuar e sair pelo funil. Esta zona deve ser projetada não só para compactar o material, como também levando em consideração a troca de volume conforme o material passa do estado sólido ao estado viscoso. Nesta zona há um aumento de força de cisalhamento sobre a massa pelo movimento relativo da superfície com relação à parede do cilindro.

### Zona de Dosificação:

Esta consiste na parte final da rosca, atuando como uma bomba dosificadora que transporta o material fundido à pressão e volume constante. A relação entre o volume de uma volta da rosca na zona de alimentação e uma volta na zona de dosificação chama-se relação de compressão da rosca.

O PP como todo termoplástico possui um comportamento em fluxo diferente de um fluido Newtoniano como pode ser observado na figura 4. Assim sendo, o desenho da rosca é de extrema importância para dar o melhor rendimento na extrusão.

A figura 5 e tabela 5 fornecem desenho e dimensão da rosca apropriada para o PP, projetado com base a intensivas pesquisas reológicas.

### Cilindro ou Canhão:

O cilindro é planejado para resistir à pressões geralmente altas, é fabricado com aço liga, nitretado, resistente à altas temperaturas. Sua superfície interior lisa e tratada para resistir à ação de corrosivos abrasivos.

Divide-se em zonas de aquecimento, sendo a temperatura menor na entrada do material e maior no final do cabeçote.

Utilizam-se atualmente cilindros relativamente longos com relações de comprimento para o diâmetro interno (L/D) situadas entre 20 e 24, para conseguir boa plastificação e homogeneização do polímero que está sendo extrudado.

O calor necessário para a plastificação é proveniente do atrito imposto à massa e do sistema externo de aquecimento.

Necessita-se de resfriamento no canhão quando se trabalha com a rosca em alta rotação, quando o canhão é muito longo ou quando se pretende uma boa mistura.

No fim do cilindro encontra-se geralmente, um disco quebra fluxo, que serve para filtrar o material e ao mesmo tempo aumentar a pressão no final da rosca, obtendo-se melhor plastificação. Controlam também fluxo turbulento da rosca alimentam a matriz uniformemente.

O cabeçote também é uma parte importante na extrusora e deve ter características para manter fluxo laminar durante a extrusão para evitar variação no fluxo e consequentemente no extrudado.

Como características básicas podemos dizer que um cabeçote deverá ter um ângulo de entrada de  $10^\circ$  e uma relação  $L/D = 30:1$ .

.../...

### 6.1.2. Fatores que podem ser variados para modificar a função do mecanismo:

#### a) Diâmetro e comprimento da rosca (L/D)

- a quantidade de material que se pode manejar, mantendo as outras variáveis constantes, varia com o diâmetro da rosca e a profundidade da mesma.
- o comprimento do parafuso afeta em:  
taxa a que o calor deve ser fornecido para que o material atinja uma certa temperatura.
- quantidade de calor gerado por atrito.
- área disponível para aquecimento por indução.

#### b) Passo do parafuso e forma de hélice:

- a rosca a uma rotação constante - porém variando-se o passo da mesma vai afetar na taxa a que o material se desloca para frente e na taxa de cisalhamento que o termoplástico sofre, gerando assim o calor e homogeneização. Portanto, quanto maior for o passo, menor a taxa de cisalhamento e maior a descarga de material.
- a profundidade da rosca a uma constante rotação afeta diretamente na descarga volumétrica de material, sendo diretamente proporcional. Ainda, a profundidade afeta no calor gerado por atrito.

#### c) O "design" geral dos filetes e o espaço livre entre os mesmos e as paredes do canhão.

- o espaço livre afeta de maneira tal, que, sendo a rosca muito folgada, a eficiência do processo diminui, sendo muito justa, pode haver cisalhamento localizado não desejado, dependendo do material e viscosidade do mesmo.
- A forma dos filetes afetam no cisalhamento e certos tipos de filetes com inclinação grande, formando ângulos agudos, formam "pontos mortos" gerando degradação do material.

#### d) Velocidade rotacional da rosca:

Aumentando-se a rotação da rosca, aumenta-se a quantidade de calor gerado por atrito e a descarga volumétrica.

#### e) Matriz e grelha (cabecote)

- a forma do cabecote depende do material e de sua viscosidade de trabalho, assim como da forma final que o polímero deve tomar.
- a restrição para o fluxo fundido, dado pela grelha, matriz e torpedo, proporcionam duas importantes funções a saber:  
aumenta a pressão de trabalho, isto é, o material flui devido à pressão também, e com isto, maior cisalhamento é gerado, maior será o calor gerado

internamente. A segunda importante função do cabeçote é que o material que passa por ele seguramente estará homogêneo.

f) Temperaturas do canhão, rosca, matriz e material:

- A variação da temperatura tem um efeito fatal em se tratando de otimização do processo por extrusão. A viscosidade do material depende da temperatura e portanto a descarga da máquina extrusora é influenciada pela temperatura do material.
- Cada material tem sua temperatura de extrusão ótima; acima da qual é difícil de se obter um polímero; abaixo da qual a extrusão não é perfeita, o material não é homogeneizado, ocorre fratura do fundido e o equipamento trabalha sob grande esforço.

### 6.1.3. Extrusão de Filmes:

Um filme é geralmente definido como um material com espessura até 0,25mm, sendo que para espessuras maiores o produto recebe o nome de chapa. Existem fundamentalmente dois métodos diferentes de extrusão de filmes que são:

- extrusão de filme tubular e extrusão por matriz plana.

O equipamento necessário para extrusão de filmes consta de uma extrusora equipada com uma matriz adequada, equipamento para o resfriamento do filme fundido, um sistema puxador ou arrastador e uma unidade de embobinamento.

Extrusão de filme com matriz plana:

Neste processo o material fundido é forçado através de uma matriz plana e o produto resultante é resfriado num banho de água ou por rolos refrigeradores (Cast).

Nos dois casos a essência do processo consiste no resfriamento rápido do filme, que deve ser iniciado após sua saída da matriz. Com o resfriamento rápido há a formação de pequenos cristálitos que proporcionam um filme claro.

No método de resfriamento por intermédio de rolos refrigerados utilizam-se dois ou mais rolos cromados em cujo interior circula água fria e obtém-se um produto de alto brilho e transparência.

Neste processo a largura do filme é muito grande em relação ao diâmetro do cabeçote, de modo que o caminho percorrido pela massa em direção às laterais é maior do que o percorrido na parte central.



Utilizando-se uma matriz com saídas múltiplas obtêm-se uma compensação de fluxo, apesar da largura do filme. A face interna da matriz deve ser acabada precisamente e deve ser bem polida para se evitar marcas na superfície do filme ou variações em sua espessura. Para este tipo de matriz é necessário um material com pequena viscosidade, utilizando para isso, temperaturas elevadas, uma contra-pressão satisfatória e um controle rigoroso da estabilidade térmica do material que está sendo trabalhado.

#### Extrusão de filme tubular:

Um dos processos mais importantes de extrusão é o filme tubular. Neste, o polímero fundido que vem do cabeçote entra na matriz lateralmente ou pela parte de baixo. Pelo centro da matriz que é circular, penetra o ar necessário para inflar o filme que dá a forma de tubo. Este pode ser puxado para cima, para baixo ou horizontalmente, dependendo da natureza da unidade, sem que isso influencie no produto final. A pressão na bolha ou tubo é mantida numa extremidade pelos rolos puxadores e na outra pela matriz. É importante que a pressão do ar injetado seja constante para que se tenha maior uniformidade na largura e espessura do filme.

O diâmetro da bolha é normalmente uma a três vezes o diâmetro do orifício da matriz, de modo que pode-se usar uma só matriz para produzir uma gama ampla de espessuras. Pode-se iniciar o processo extrudando o material, fazendo-o passar manualmente pelos rolos guia, até os rolos puxadores; só então iniciar a injeção de ar no interior do tubo promovendo gradual expansão até se atingir a relação de expansão ou inflagem o quociente entre o diâmetro da bolha e o diâmetro do orifício anular da matriz. Relação muito grande pode implicar em instabilidade na bolha e aumento nas irregularidades e defeitos do filme. Além desse, outros fatores afetam as propriedades do filme, tais como: temperatura do cilindro e da matriz, velocidade dos rolos puxadores, velocidade de resfriamento, pressão dos rolos, etc.

Da mesma forma que do soprar o filme tubular se reduz a espessura da parede por estiramento lateral, a velocidade dos rolos guia é ajustada para dar um puxão longitudinal; assim se ajusta o grau de orientação, e portanto, a resistência relativa à tensão do filme, paralela ou perpendicularmente a seu comprimento.

O resfriamento no filme de polipropileno é feito através de anéis de água por onde o filme passa e recebe uma cortina de água em toda a sua volta. Este resfriamento brusco proporciona uma alta resistência ao filme assim como alta transparência e brilho. Depois de extrudado, o filme deve passar por uma estufa para secagem completa e um posterior tratamento devido ao acúmulo de eletricidade estática. A relação de inflagem é da ordem de 1:2.

A seguir, mostramos algumas variações das propriedades do filme com a variação das condições de processo tubular-água (vide figuras 8,9, 10 e 11 no anexo 1).



As figuras 6 e 7 mostram esquematicamente os princípios de extrusão de filme plano-  
-água e tubular-água, respectivamente.

Algumas características dos processos tubular e Cast para polipropileno encontram-  
-se na tabela 6.

## 6.2. Injeção:

O processo de moldagem por injeção consiste essencialmente no amolecimento do mate-  
-rial num cilindro aquecido e a sua conseqüente injeção em alta pressão, por meio de  
-um pistão, para o interior de um molde relativamente frio, onde o polímero endurece  
-e toma a forma final. O artigo moldado pode então ser expelido do molde por meio  
-dos pinos ejetores, ar comprimido, etc. O processo é utilizado, referencialmente pa-  
-ra processar termoplásticos, apesar de que borrachas e recentemente termorrígidos  
-também podem ser processados. Esse processo pode ser dividido nas seguintes etapas:

- 1) O molde é fechado e a força de bloqueio é aplicada.
- 2) O pistão se move para a frente, carregando uma carga sólida do material previamen-  
-te aquecido e plastificado, através do orifício do bico injetor que está em contá-  
-to com o molde. o material plastificado flui através da abertura da matriz, passa  
-pelos canais de injeção, até os orifícios que levam ao interior da cavidade do  
-molde. A pressão de injeção é mantida até o enchimento das cavidades do molde.
- 3) A pressão de compensação é mantida durante o período inicial de esfriamento do  
-plástico.
- 4) O pistão é retirado
- 5) Tempo adicional de resfriamento do material
- 6) O molde abre e finalmente o artigo é retirado.

O mecanismo de alimentação é regulado pelo percurso do pistão e uma nova carga do  
-material é depositada durante o curso de retorno do pistão, estando pronta para o  
-próximo ciclo.

### Ciclo de operação:

A essência do processo completo é o ciclo de operações. O controle deste é necessá-  
-rio para obter moldados de boa qualidade.

.../...



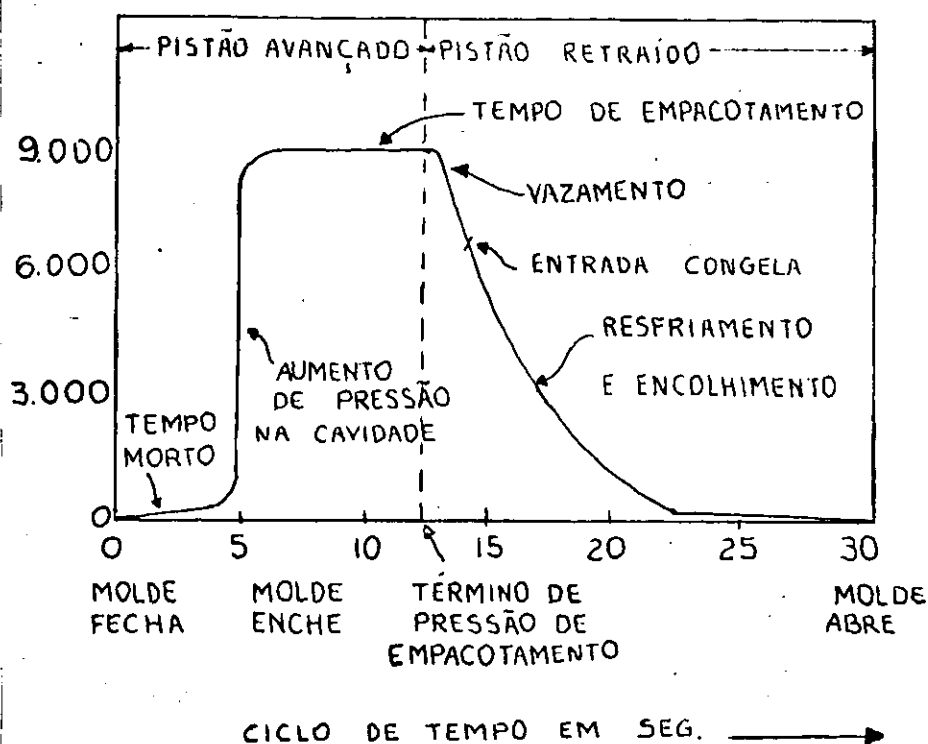


## 2. MUDANÇAS VOLUMÉTRICAS DEVIDO TEMPERATURA E PRESSÃO

O aquecimento do polímero fundido apresenta dois principais efeitos físicos: redução da viscosidade e aumento do volume devido expansão térmica. Aplicação de pressão aumenta ligeiramente a viscosidade, porém reduz o volume do fundido por compressão. Esta interação da temperatura e pressão no volume do fundido é de alta importância no processo de moldagem por injeção.

Geralmente em termoplásticos, o aumento no volume do fundido devido a um acréscimo de temperatura é maior do que a redução no volume do fundido devido a um acréscimo de pressão, de forma que menor quantidade do material fundido é injetado no molde, resultando no encolhimento mesmo no molde devido a contração térmica durante o resfriamento. Em condições normais de operação, este encolhimento devido a contração térmica é de ordem de 7-8% com polímeros amorfos e de 15 - 22% com materiais cristalinos. Isto significa que será necessária uma pressão adicional para compensar o encolhimento devido a contração térmica, reduzindo desta forma as perdas volumétricas para 3-10%. Um método de minimizar o encolhimento no molde é manter a pressão no material da cavidade durante seu resfriamento. Isto permite que maior quantidade de material seja forçado no molde durante a contração térmica, desta forma compensando até certo ponto as perdas volumétricas.

## 3. PRESSÃO NA CAVIDADE DO MOLDE



A figura mencionada apresenta a pressão na cavidade do molde em PSI versus tempo de ciclo em segundos. Quando um pistão ou parafuso começa o percurso de injeção, o material fundido passa do bocal, através da bucha, o sistema de corredores, e finalmente através das entradas começa a encher as cavidades do molde.

Devido à resistência da cavidade, a pressão necessária para encher atinge o pico apresentado na figura. Durante o resfriamento inicial mais material é forçado para contrabalançar os efeitos de contração térmica até o término do tempo de empacotamento, quando o pistão de injeção é retraído. Isto permite a vazão do material através da entrada da cavidade, até que a ação combinada da queda de pressão na cavidade e resfriamento do material fundido induz o congelamento da entrada, desta forma evitando maiores perdas do material. A pressão interna do fundido no molde, continua, porém com o resfriamento e encolhimento do material, a pressão na cavidade apresenta uma queda contínua até que a pressão residual cessa. O molde pode ser aberto neste ponto, porém o moldado necessita tempo adicional de resfriamento para atingir adequada rigidez, evitando distorção na sua ejeção do molde.

### 3.1. Tempo de empacotamento:

Um aumento no tempo de empacotamento, resulta em um aumento correspondente no tempo necessário para que a pressão na cavidade decaia para zero. Isto significa um aumento nos ciclos de resfriamento dos moldados.

O objetivo de aumentar o tempo de empacotamento é de contrabalançar os efeitos de contração térmica, que ocorre no fundido dentro da cavidade do molde, de forma que o encolhimento final no moldado é reduzido.

### 3.2. Efeitos da temperatura do cilindro e temperatura do molde:

Aumentando a temperatura do cilindro, aumenta a pressão na cavidade do molde (baixa viscosidade reduz as perdas de transmissão da pressão), mas este efeito pode ser anulado pelo aumento de vazamento do fundido devido a mesma queda de viscosidade.

A queda inicial na percentagem de encolhimento do material no molde, com aumento da temperatura do molde é anulada pela vazão do material fundido à temperaturas mais elevadas do cilindro de aquecimento. Caso o pistão seja retirado antes do congelamento da entrada para a cavidade do molde, então um aumento na temperatura do molde resulta numa rápida queda de pressão na cavidade. Isto é causado pelo aumento de vazamento do material fundido devido a baixa viscosidade do fundido e um período longo para congelamento da entrada para a cavidade

Este efeito do aumento de temperatura do molde é apresentado pelo aumento na percentagem de encolhimento do material no molde.

#### 4. TAXA DE RESFRIAMENTO

A taxa de resfriamento do moldado é importante em determinar a taxa de produção, porém ela também controla os seguintes três fatores que contribuem na qualidade do moldado:

- a) Nível de acabamento superficial
- b) Grau de relaxação da orientação e conseqüentemente o nível de tensões congeladas no moldado.
- c) O grau de cristalinidade (para polímeros cristalinos).

##### 4.1. Efeito de taxa de resfriamento na cristalinidade:

Baixa taxa de resfriamento (prolongado período de resfriamento) resulta em alta cristalinidade para moldados de termoplásticos cristalinos, o efeito sendo apresentado pelo aumento da densidade do material. Com aumento do grau de cristalinidade atingindo (aumento de densidade) as propriedades dependentes da densidade do material também aumentam.

A taxa de resfriamento e portanto a densidade, são controladas pela temperatura do molde, e, também pela temperatura do fundido, sendo que altas temperaturas do fundido resulta em baixa taxa de resfriamento e portanto um aumento na densidade do moldado.

##### 4.2. Gradiente de densidade ao longo do moldado:

A densidade ao longo do moldado não é constante por vários motivos:

Primeiro: A capacidade do molde para remover o calor varia devido a diferenças na espessura do metal do molde e distância das paredes da cavidade do molde aos canais de refrigeração. Além disso, a região da entrada para a cavidade do molde é mais quente que as extremidades, visto que a primeira é aquecida pela passagem constante do material fundido para o interior da cavidade, de forma que as diferenças de temperatura no molde de ordem de 50-100°C são possíveis entre esta região e as extremidades. Isto significa que o material na região de entrada leva mais tempo para resfriar-se, apresentando maior cristalinidade, observada pelo aumento de densidade nesta região. Estas condições favorecem a formação de um gradiente de densidade ao longo do moldado, o que é comum em moldados de todos os polímeros cristalinos.

.../...



Para evitar o gradiente de densidade ao longo do moldado, deve-se manter também um gradiente de resfriamento, isto é, refrigeração mais alta na região da entrada do que na região das extremidades do moldado.

#### 4.3. Gradiente de densidade na seção transversal do moldado:

As camadas do fundido em contato imediato com as paredes do moldado, resfriarão bem mais rápido do que o material do centro apresentará maior densidade e consequentemente maior encolhimento que a superfície externa do moldado: Isto resulta em tensões internas entre a região do centro e as camadas da superfície, que por sua vez gera tensões internas em excesso podem causar séria redução nas propriedades mecânicas, térmicas e químicas do produto final.

#### 4.4. Efeito da taxa de resfriamento sobre o acabamento superficial:

A taxa de resfriamento é importante no controle do acabamento superficial do moldado. Resfriamento prolongado (altas temperaturas do molde) resulta em alto brilho superficial do moldado, principalmente visto que resfriamento prolongado permite um maior período de relaxação da superfície do moldado, de forma que os defeitos na superfície do polímero devido a fluxo grosseiro do fundido ou defeitos adquiridos do molde possam se anular.

### 5. CISALHAMENTO

Além de aquecimento direto, a viscosidade do polímero pode ser reduzida sujeitando o material à cisalhamento. No fundido não-cisalhado, as cadeias moleculares estão intimamente emaranhadas e portanto resistem o movimento da massa.

Caso, uma parte da massa é deslocada fisicamente em relação a uma outra, as cadeias emaranhadas serão arrastadas e se alinharão na direção do fluxo. A resistência de desmaranhamento dependerá das características do polímero em questão. Ex.: peso molecular e sua distribuição, grau de ramificação, presença de plastificante, etc. Para um determinado material, altas tensões e taxas de cisalhamento resulta em um maior número de cadeias alinhadas, de forma que menor será o grau de resistência das cadeias moleculares anteriormente emaranhadas, baixando a viscosidade e facilitando o fluxo do material.

.../...

## 6. Orientação

Controle da viscosidade é essencial pela sua influência na orientação do material polimérico e conseqüentemente das propriedades do produto final. Quando o material fundido flui através do sistema, a velocidade do polímero na região do centro será maior que a velocidade das camadas externas, devido a um arrastamento do fundido nas paredes de passagem do molde, e relativamente alta viscosidade das camadas externas devido o efeito de resfriamento nas paredes do molde. Esta diferença de viscosidade, faz com que as cadeias moleculares nas regiões de fluxo se estiquem da sua forma aleatória e se orientam numa forma linear.

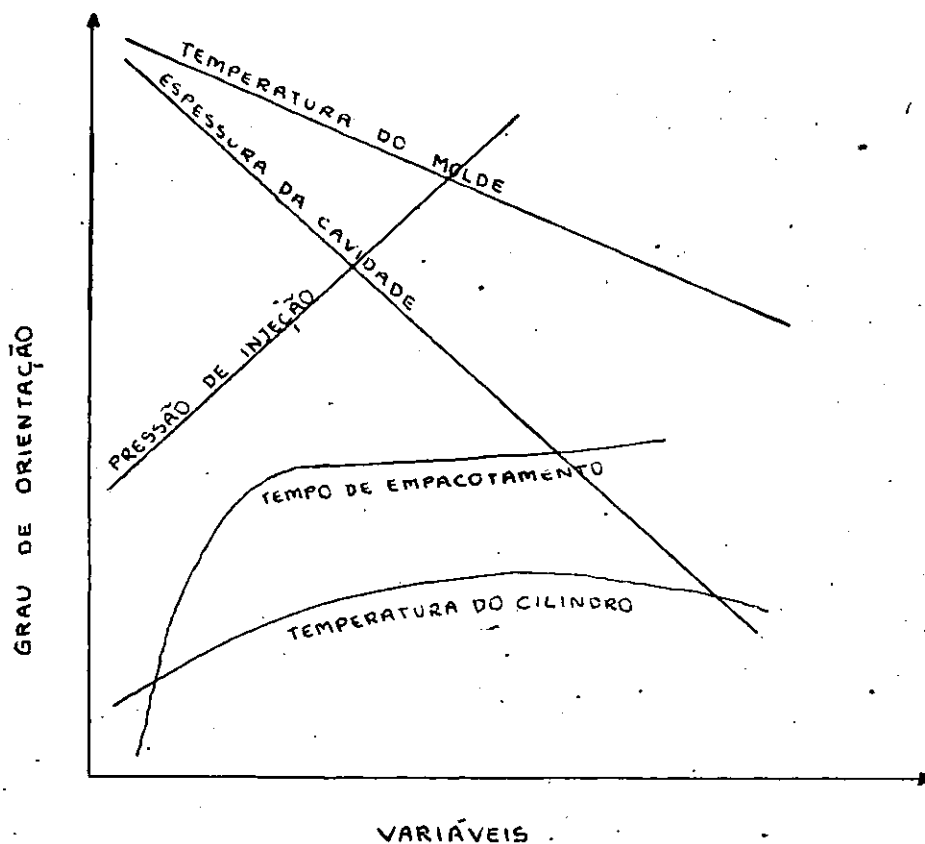
Durante o enchimento da cavidade do molde, o material de alta velocidade de fluxo da região central espalha-se e entra em contato com as paredes resfriadas do molde e imediatamente se congela. Visto que este material está a alta temperatura e é exposto a um baixo nível de cisalhamento, as cadeias moleculares são pouco orientadas, e portanto a superfície do moldado apresenta uma pele de baixo nível de orientação. Entretanto, o material depositado imediatamente em seguida desta pele, não se solidifica instantaneamente, visto que é agora isolado termicamente, pelo material da pele, das paredes resfriadas do molde. Com perda de temperatura, este material gradativamente torna-se viscoso. Sob a influência da pressão de injeção, este material viscoso continua a escoar, apesar que mais vagarosamente que o material quente da região central. Cisalhamento sob essas condições, resulta em alto nível de orientação.

Após enchimento total da cavidade, cisalhamento cessa e as cadeias orientadas podem relaxar para a sua forma aleatória de início. As camadas do polímero em contato íntimo com as paredes do molde apresentam baixo grau de orientação, enquanto que as regiões altamente orientadas próximas à superfície relaxam um pouco, devido às suas perdas de calor rápido ao molde. As regiões orientadas próximas ao centro quente, porém, porém, terão um alto nível de relaxação, visto que estas retêm o calor por períodos mais longos. Este enchimento e relaxação, resulta num gradiente de orientação na direção transversal a espessura do moldado, sendo que o material na região do centro apresenta baixa orientação.

.../...

### 6.1. Efeito dos fatores de processamento na orientação:

Os efeitos das condições de processamento e as condições do molde sobre a orientação no moldado podem ser usados na figura abaixo.



## 7. DEFEITOS MAIS COMUNS NA INJEÇÃO E SUAS PROVÁVEIS CORREÇÕES

### a) Peça não completada:

· aumentar a dosagem do material

· aumentar a pressão de injeção

· aumentar a temperatura do canhão, do bico e do molde

· aumentar a velocidade de injeção

se a máquina não tiver capacidade para injetar com rosca parada deve ser utilizada a injeção com intrusão (caso a máquina possua intrusão), este item é observado mais geralmente para peças de maior espessura e peso.

Usar contra-pressão no carregamento da rosca

Problema com o molde: podem ser aumentados os canais de injeção e distribuição, ou, podem ser feitas saídas de ar.

.../...



b) Queima ou amarelamento:

- diminuir a temperatura do canhão e do bico
- diminuir a velocidade de injeção
- Usar bico com maior abertura
- Aumentar os canais de injeção e distribuição
- Fazer furos para saída de ar no molde
- Poderá ser problema de material

c) - Peças com rebarba:

- Diminuir a pressão de injeção
- Diminuir a temperatura do canhão
- Diminuir a pressão e manter (ou recalque) e o tempo
- Aumentar a força de fechamento do molde
- Diminuir a velocidade de injeção
- Ajustar o molde

d) - Peças sem brilho:

- Aumentar a temperatura do canhão e do bico
- Estufar o material caso esteja úmido
- Aumentar a dosagem do material
- Diminuir a velocidade de injeção
- Aumentar a velocidade de rotação da rosca no carregamento e usar contra-pressão
- Injetar com rosca girando caso tenha intrusão

e) - Peças empenadas ou ovalizadas:

- Diminuir a pressão da injeção
- Aumentar a temperatura do canhão
- Diminuir a pressão de manter (ou recalque) e o tempo de manter
- Diminuir a velocidade de injeção
- Aumentar o tempo de resfriamento
- Machos ou núcleos excessivamente quentes sem refrigeração

f) - Peças fracas sem resistência, quebradiças:

- Aumentar ou diminuir a temperatura do canhão, (excesso ou falta de gelificação ocasiona este problema.
- Diminuir a pressão de manter (recalque) e o tempo
- Carregar a rosca usando contra-pressão
- Injetar com instrução se a máquina tiver
- Poderá ser problema de matéria-prima ou formulação



g) - Peças com superfície ondulada ou formas de escama:

- Aumentar a pressão de injeção
- Aumentar a pressão de manter (recalque)
- Diminuir a velocidade de injeção
- Aumentar o tempo de manter e de resfriamento

## 7.2. Programa de Avaliação nº 353 - Campanha de Copolímero.

### 7.2.1. Introdução Teórica:

A resistência ao impacto a baixas temperaturas do polipropileno é um tanto sensível às condições de fabricação e ensaio. Esta sensibilidade resulta da presença de uma transição dominante no propileno ao redor de  $0^{\circ}\text{C}$ . No polietileno de alta densidade a transição dominante é a transição B de temperatura inferior. Assim, a restrição do movimento molecular que conduz ao comportamento frágil tem lugar no polipropileno a uma temperatura não muito inferior a ambiente, enquanto que no polietileno se produz a uma temperatura muito mais baixa ( $-70^{\circ}\text{C}$ ).

Para solucionar o problema da fragilidade tem-se ampliado o uso de copolímeros em bloco de propileno com etileno. Estes são mais resistentes ao impacto e se utilizam em aplicações de moldagem por injeção.

Campanhas de copolímeros em bloco propeno-eteno são realizados constantemente pela POLIPROPILENO S/A, com a finalidade de obter materiais com melhor desempenho a baixas temperaturas. Sendo acompanhadas pelo DEPAT (Departamento de Assistência Técnica e Desenvolvimento do Produto) e DEPRO (Departamento de Processos).

Durante estas campanhas são realizados testes de resistência ao impacto Drop-Weight e Izod segundo normas da ASTM. ( D 3020 e D-256), consecutivamente).

O teste de resistência ao impacto Drop-Weight avalia a resistência ao impacto do material, através de ensaios de corpos de prova em forma de placas submetidas a um choque direto com um peso em queda livre. É realizado em média 50 corpos de prova, a fim de se determinar a altura e peso nos quais os corpos de prova resistam ao impacto para 50% de fratura. Os resultados são obtidos multiplicando-se a altura pela massa determinados no teste.

..../....

**Procedimento:**

Injeta-se 50 discos em condições padronizadas para cada tipo de material;

- Corta-se em forma retangular numa guilhotina; deixa-se em uma sala à temperatura e umidade controlada; condiciona-se por uma hora em banho metanol à temperatura apropriada para cada material, e começa-se a testar as amostras.

Obs.: O controle da temperatura é feito utilizando-se termômetro digital. O abaixamento desta é feito através de gelo seco.

**- Teste de Resistência ao Impacto Izod - IZOD:**

Os ensaios para determinação da Resistência ao Impacto indicam a energia necessária para romper corpos de prova sob condições padronizadas como:

Fixação do corpo de prova, entalhamento e velocidade de impacto do pêndulo.

A energia desprendida pelo pêndulo durante a ruptura do c.p é a soma de energias requeridas para:

- 1- Iniciar a fratura do corpo de prova
- 2- Propagar a fratura de um lado a outro
- 3- Lançar a parte superior do corpo de prova (fator de correção)
- 4- Flexionar o corpo de prova
- 5- Produzir vibração no braço do pêndulo
- 6- Produzir vibração ou movimento horizontal na estrutura ou base da máquina
- 7- Vencer o atrito no apoio do pêndulo e no mecanismo para indicação de energia e para vencer a resistência do ar.
- 8- Para deformar plasticamente o c.p.
- 9- Vencer o atrito causado pela fricção da ponta do pêndulo ou outra parte do mesmo) sobre a face curvada do c.p.

Para materiais frágeis (relativamente) em cujo caso a energia para propagação de fratura é pequena em comparação com a energia para iniciação da fratura, a energia de impacto indicada é para todas as finalidades práticas, a soma dos itens (1) e (3). O fator de correção (3) é importante quando são ensaiados materiais frágeis de alta densidade.

No teste de impacto Izod de um corpo de prova com um raio fino de entalhe, apenas uma pequena quantidade de energia é necessária para iniciar a fratura, e a energia absorvida é principalmente aquela para propagar a fratura.

.../...



Os tipos de ruptura para cada corpo de prova, são:

C - Ruptura completa: é uma ruptura na qual o c.p. separa-se em dois pedaços (ou mais).

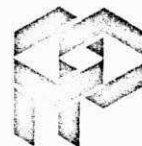
H - Ruptura articulada: é uma ruptura incompleta tal que uma parte do corpo de prova não consegue se sustentar por si só, sobre a horizontal, quando a outra parte é mantida verticalmente (o ângulo formado entre as partes é menor que  $90^{\circ}$ ).

P - Ruptura Parcial: é uma ruptura incompleta que não se enquadra na definição de ruptura articulada, porém que tenha fraturado no mínimo 90% da distância entre a vértice do entalhe e o lado oposto.

No ensaio tipo Izod as fibras do corpo de prova, do lado oposto ao que se apresenta o entalhe, são comprimidas durante a fratura e podem somente estar submetidas a tração no final da ruptura, quando o momento de uma metade em relação à outra tende a quebrar as fibras remanescentes.

O entalhe no corpo de prova Izod serve para concentrar tensões, diminuir a deformação plástica e dirigir a fratura para uma região de corpo de prova atrás do entalhe. A dispersão de energia na ruptura é então reduzida; entretanto, devido às diferenças nas propriedades elásticas e viscoelásticas dos plásticos, a reação para um dado entalhe varia entre os diversos materiais. Na comparação entre um material plástico e outro o ensaio de resistência ao impacto não deve ser considerado um indicador seguro da resistência total ou resistência ao impacto. Alguns materiais são sensíveis ao entalhe e por consequência grandes concentrações de tensão devido a operação para preparar o entalhe. Por exemplo: poliamidas e poliacetal, que em peças moldadas estão considerados entre os mais resistentes materiais, são extremamente sensíveis aos entalhes e nos ensaios de resistência ao impacto exibem resultados bastante baixos, na amostra entalhada. Através desses testes podemos verificar a elevação no nível de qualidade do produto, e ainda, através dos dados obtidos corrigir possíveis falhas.

Todavia, durante esta campanha, o acompanhamento foi feito através do teste de resistência ao impacto Drop-Weight, Cor, Nibs e MFI. ficando fora o teste de resistência impacto Izod.



**T R A B A L H O S   R E A L I Z A D O S**



7.1.

AVALIAÇÃO DO PROGRAMA Nº 347

7.1.1. OBJETIVO:

Desenvolver o composto especial em experiência, granulado, contendo agente expensor.

7.1.2. CONCLUSÃO:

Conseguiu-se granular o composto e este em relação ao masterbatch em pó apresentou resultados semelhantes.

7.1.3. MÉTODO:

As amostras foram preparadas de acordo com o quadro abaixo:

AMOSTRAS	PP COPO- LÍMERO	A	B	MB PRETO	AG. EXPANSOR DA CROMEX	Nº DE PAS SES (A)
1	100,0%	-	-	-	-	-
2	97,0%	3,0%	-	-	-	1º
3	95,0%	5,0%	-	-	-	1º
4	92,0%	8,0%	-	-	-	1º
5	90,0%	10,0%	-	-	-	1º
6	85,0%	15,0%	-	-	-	1º
7	97,0%	3,0%	-	-	-	2º
8	95,0%	5,0%	-	-	-	2º
9	92,0%	8,0%	-	-	-	2º
10	90,0%	10,0%	-	-	-	2º
11	85,0%	15,0%	-	-	-	2º
12	97,0%	-	3,0%	-	-	-
13	95,0%	-	5,0%	-	-	-
14	92,0%	-	8,0%	-	-	-
15	90,0%	-	10,0%	-	-	-
16	85,0%	-	15,0%	-	-	-
17	93,7%	-	-	6,3%	-	-
18	90,7%	3,0%	-	6,3%	-	1º e 2º
19	88,7%	5,0%	-	6,3%	-	1º e 2º
20	86,7%	8,0%	-	6,3%	-	1º e 2º
21	84,7%	10,0%	-	6,3%	-	1º e 2º
22	78,7%	15,0%	-	6,3%	-	1º e 2º
23	83,75%	-	-	6,25%	10,0%	1º e 2º



- Preparou-se a amostra "A" num misturador tipo "V" por 20 minutos e granulou-se na Borg-Mar, efetuando-se 2 passes.

Formulação: Copolímero de etileno 90,0%  
Agente expensor 10,0%

Obs.: Essa mistura foi cuidadosa visando a melhor homogeneização possível. Para isto, foi utilizado óleo mineral Nujol.

Foi tomado como amostra "B" o masterbatch p $\bar{o}$ .

Com A (1 $\bar{9}$  e 2 $\bar{9}$  passe) em várias concentrações e PP copolímero) preparou-se as onze primeiras amostras.

Com "B" preparou-se as amostras de 12 a 16 em um misturador tipo "V" por 20 minutos.

Com A (1 $\bar{9}$  e 2 $\bar{9}$  passe misturados aleatoriamente) e MB preto preparou-se as amostras de 18 a 22.

A amostra 23 foi preparada para efeito comparativo utilizando agente expensor da CROMEX.

Preparadas todas as amostras injetou-se corpos de prova em forma de placas suficientes para realização dos testes.

#### CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO:

Borg-Mar (anexo 5)

Oriente (anexo 6)

#### 1.4. Testes Necessários:

Densidade  $\frac{m}{V}$  das placas

Resistência ao impacto Izod

#### 1.5. Resultados:

(no anexo 2)

#### 1.6. Detalhes da Conclusão:

As condições de processamento encontradas para granulação do composto estão no anexo 2.

Tomando como base a importância da temperatura na otimização do processo de extrusão, verificou-se que acima de 165 $^{\circ}$ C na última zona da extrusora o material começava a expandir, e que abaixo desta mesma temperatura não se obtinha uma extrusão perfeita,

.../...

acarretando assim a não homogeneização do material, além do equipamento ficar submetido a grande esforço, sendo este efeito verificado pela alta amperagem do motor. Em termos de dispersão não se obteve um bom resultado com apenas uma passagem pela extrusora. Porém ao efetuar-se um segundo passe obteve-se uma dispersão aceitável. Esta será melhorada utilizando um teor de 5% de agente expensor na formulação do masterbatch.

Quanto à moldagem por injeção observou-se nas primeiras amostras a expansão não uniforme nas placas, sendo verificada com maior resultado na superfície das mesmas. As temperaturas das duas últimas zonas do cilindro foram aumentadas, o que resolveu em parte o problema, mas deve-se levar em consideração que as próprias condições da máquina não favorecem uma melhor uniformização. A distribuição não uniforme de bolhas nas placas exerce influência direta na determinação das propriedades, principalmente resistência ao impacto Izod, onde vão ser utilizados corpos de prova usinados e entalhados. Podendo o entalhe ser feito numa região onde existe uma maior concentração de bolhas, contribuindo desta forma para obtenção de dados não confiáveis. Sendo assim, far-se-á uma comparação entre as amostras verificando os resultados obtidos, sem contudo, considerá-los como absolutos.

Deve-se considerar que a porcentagem de agente expensor utilizada na formulação deste composto foi diferente da concentração utilizada no masterbatch normalmente utilizado, o que não possibilita uma avaliação mais precisa no comportamento deste material (granulado) em relação ao masterbatch pó. Comparando-se as amostras, verifica-se que as amostras contendo o composto granulado apresentam uma maior resistência ao impacto Izod que as contendo masterbatch pó. Porém com a incorporação do masterbatch preto houve uma queda desta propriedade. Exceto a amostra 17, que ao contrário do que se esperava, não apresentou alteração quando comparada a amostra 1 (padrão). Mesmo com a incorporação do MB preto os resultados foram semelhantes aos obtidos com o composto normalmente utilizado.

Comparando-se as amostras 21 e 23, nota-se que a amostra contendo o masterbatch granulado apresenta uma melhor performance para resistência ao impacto Izod que a amostra contendo agente expensor da CROMEX, valendo salientar que ambas utilizaram concentrações iguais destes agentes expansores. A partir dos dados obtidos o teste de densidade verifica-se que as amostras contendo o composto granulado apresentaram resultados semelhantes às contendo masterbatch em pó. Conclui-se ainda que, pode-se reduzir a densidade, aumentando a concentração do agente expensor até um certo ponto, a partir daí esta propriedade permanece constante. Isto devido às próprias condições oferecidas pela máquina.

Melhores resultados poderiam ser obtidos com a utilização de uma máquina apropriada para injeção de expandidos e com um molde de maior espessura. Isto facilitaria uma maior

expansão, com distribuição mais uniforme de bolhas nas placas, e conseqüentemente uma menor densidade.

## 7.2. AVALIAÇÃO DO PROGRAMA Nº 353:

7.2.1. OBJETIVO: Avaliar a campanha de copolímeros maio/84, na qual foram produzidos os seguintes grades.

- Copolímero "A"
- Copolímero "B"
- Copolímero "C"

7.2.2. CONCLUSÃO: Obteve-se bons resultados com esta campanha. Os copolímeros "C" e "B" apresentaram resultados semelhantes aos de campanhas anteriores.

Merecendo destaque o copolímero "C", cujos resultados estiveram acima dos obtidos com a campanha de fevereiro/84. Conseguindo-se um aumento considerável na resistência ao impacto sem que houvesse alteração nas demais variáveis.

O copolímero A atingiu o objetivo esperado com a sua produção, apresentando resultados médios dentro das especificações técnicas.

7.2.3. MÉTODO: Procedeu-se o acompanhamento contínuo de todas as bateladas produzidas, avaliando-se a resistência ao impacto Drop-Weight à temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  para o copolímero C e  $-30^{\circ}\text{C}$  para os copolímeros A e B.

### 7.2.4. Resultados Obtidos:

No anexo 3

### 7.2.5. Detalhes da Conclusão:

Os objetivos que cada material deveria alcançar encontram-se no quadro abaixo:

Material	MFI (g/10')	Nibs	Cor (Máx.)	D.W (m.Kg)
Copolímero A	(1,5 - 2,5)	0/300	C	1,4
Copolímero B	(1,0 - 2,0)	M	C	1,4
Copolímero C	(2,8 - 5,2)	M	C	1,4





Com base nos dados obtidos com esta campanha, verifica-se que os copolímeros produzidos apresentaram bons resultados. O copolímero C foi produzido a partir do pó CM 14 em um total de 407,45 t., dentre as quais, 241.48 toneladas apresentaram resistência ao impacto D.W. de (1,4-1,5) m.Kg. Destacando-se por apresentar um aumento considerável na resistência ao impacto em relação à campanha de fevereiro/84 sem que houvesse alteração significativa nas demais variáveis. Isto pode ser observado através da tabela 6 onde encontram-se resultados médios de algumas campanhas anteriores.

Das 64 bateladas produzidas nenhuma apresentou problema de cor. Quanto ao índice de fluidez, este manteve-se próximo ao limite inferior da faixa especificada, enquanto que o alvo seria o índice de fluidez mais alto, o que seria o ideal para materiais de moldagem.

O copolímero B apresentou resultados muito bons para resistência ao impacto D.W. De um total de 298,92 toneladas produzidas, 242.33 toneladas apresentaram resistência ao impacto maior ou igual a 1,5m.Kg.

Das 47 bateladas apenas uma na linha B apresentou IF fora de especificação; estando as demais bateladas próximas ao limite superior da faixa especificada. Não houve problema quanto à cor. Apresentando-se a maioria das bateladas com cor "A" e "B". Através das tabelas (2) e (5) nota-se que os resultados obtidos para este grade foram similares aos de campanhas anteriores. Sendo ligeiramente superiores aos da campanha de setembro/84.

O copolímero A atingiu o objetivo esperado com a sua produção, apresentando resultados médios dentro das especificações; todavia, mesmo dentro das especificações, os resultados obtidos foram ligeiramente inferiores ao esperado.

Na linha A foram produzidas 10 bateladas das quais, 5 apresentaram resistência ao impacto Drop-Weight inferior ao esperado (vide tabela 7). Para solucionar este problema, fez-se algumas modificações em planta, aumentando-se a percentagem de etileno e reduzindo-se o IF do material. Alterando-se estas variações, conseguiu-se um aumento considerável na resistência ao impacto das demais bateladas.

Os resultados obtidos para o índice de fluidez não foram satisfatórios, pois apesar da média das bateladas estarem dentro da faixa de especificação, 4 bateladas apresentaram IF superior ao máximo especificado.

Não houve nenhum problema quanto à cor e Nibs. Na linha B foram produzidas 46 bateladas, sendo que 22 apresentaram resistência ao impacto D.W. menor que 1.4 m:Kg.

Entretanto, com a média das bateladas obteve-se um valor igual ao mínimo especificado. Os resultados obtidos para o índice de fluidez foram melhores que os da linha "A", com apenas 1 batelada fora de especificação.

Não houve problema quanto à cor e Nibs.

Comparando os resultados obtidos para este grade com as quatro últimas campanhas, verifica-se que os valores médios encontrados para resistência ao impacto foram ligeiramente superiores aos da campanha de agosto/83 e inferiores às demais campanhas (tabela 4).

### 7.3. AVALIAÇÃO DO PROGRAMA Nº 312:

7.3.1. OBJETIVO: Verificar a influência de um determinado tipo de anti-ácido e resina epóxi na coloração dos compostos com talco.

7.3.2. Estes aditivos não interferem na coloração dos compostos com talco.

7.3.3. MÉTODO: Preparou-se as amostras abaixo no misturador tipo Henschell durante 3 minutos a 1200 RPM. Colocou-se essas amostras em um misturador tipo "V" durante 30 minutos.

Fez-se bolinhos na Borg-Mar e moeu-se para posterior granulação.

Granuladas todas as amostras, levou-se à estufa para secagem da água arrastada durante a granulação.

Injetou-se corpos de prova na Oriente para realização dos testes.

Condições de Processamento:

Borg-Mar (no anexo 7)

Oriente (no anexo 8)

Amostras	Pó de Poli-propileno	Antioxi-dante I.	Antioxi-dante II	Anti-ácido	Absorvedor de umidade	Resina epóxi	Carga (talco)	Pigmento branco
A	57,96%	0,12%	0,30%	0,12%	1,00%	0,50%	40,00%	-
B	57,86%	0,12%	0,30%	0,12%	1,00%	0,60%	40,00%	-
C	57,76%	0,12%	0,30%	0,12%	1,00%	0,70%	40,00%	-
D	54,96%	0,12%	0,30%	0,12%	1,00%	0,50%	40,00%	3,00%
E	54,76%	0,12%	0,30%	0,12%	1,00%	0,70%	40,00%	3,00%
F	53,96%	0,12%	0,30%	1,12%	1,00%	0,50%	40,00%	3,00%
G	53,76%	0,12%	0,30%	1,12%	1,00%	0,70%	40,00%	3,00%

### 7.3.4. Testes Necessários:

Cor / Dispersão 3 MFI / Tempo de Vida à 160°C.



### 7.3.5. Resultados:

(anexo 4)

### 7.3.6. Detalhes da Conclusão:

Através da tabela de resultados em anexo, pode-se notar a não interferência destes aditivos na coloração dos compostos com talco. Apresentando-se as amostras A, B e C com coloração creme, e as demais amostras com coloração branco leitoso, devido à presença do pigmento branco utilizado na formulação.

Em termos de dispersão verifica-se através dos discos uma superfície lisa com boa aparência, evidenciando-se desta forma, uma boa dispersão.

Quanto ao tempo de vida, nota-se através das três primeiras amostras uma diminuição do tempo de vida a  $160^{\circ}\text{C}$  com o aumento da concentração da resina epóxi utilizada. esse efeito não era o esperado, pois esta resina reveste as partículas do talco, diminuindo a porosidade, e, conseqüentemente, melhora a resistência a temperatura na presença de oxigênio.

Comparando-se as amostras (A) com (D) e (C) com (E) verifica-se um acréscimo no tempo de vida das amostras D e C na presença do pigmento branco utilizado.

Comparando-se as amostras (D) com (F) e (E) com (G) nota-se uma diminuição do tempo de vida do material a uma temperatura de  $160^{\circ}\text{C}$  com o aumento da concentração do anti-ácido presente nesta formulação.

### 7.3.7. Ação:

Sugere-se a abertura de um novo programa visando descobrir a melhor maneira possível de incorporação dos aditivos; onde a maior atenção deve estar voltada para incorporação entre resina epóxi-talco. Visto que, neste programa, o aumento da concentração da resina epóxi diminuiu o tempo de vida do material, por não apresentar uma influência considerável na diminuição da porosidade do composto causada pela presença da carga.



A N E X O I

Figura 1:

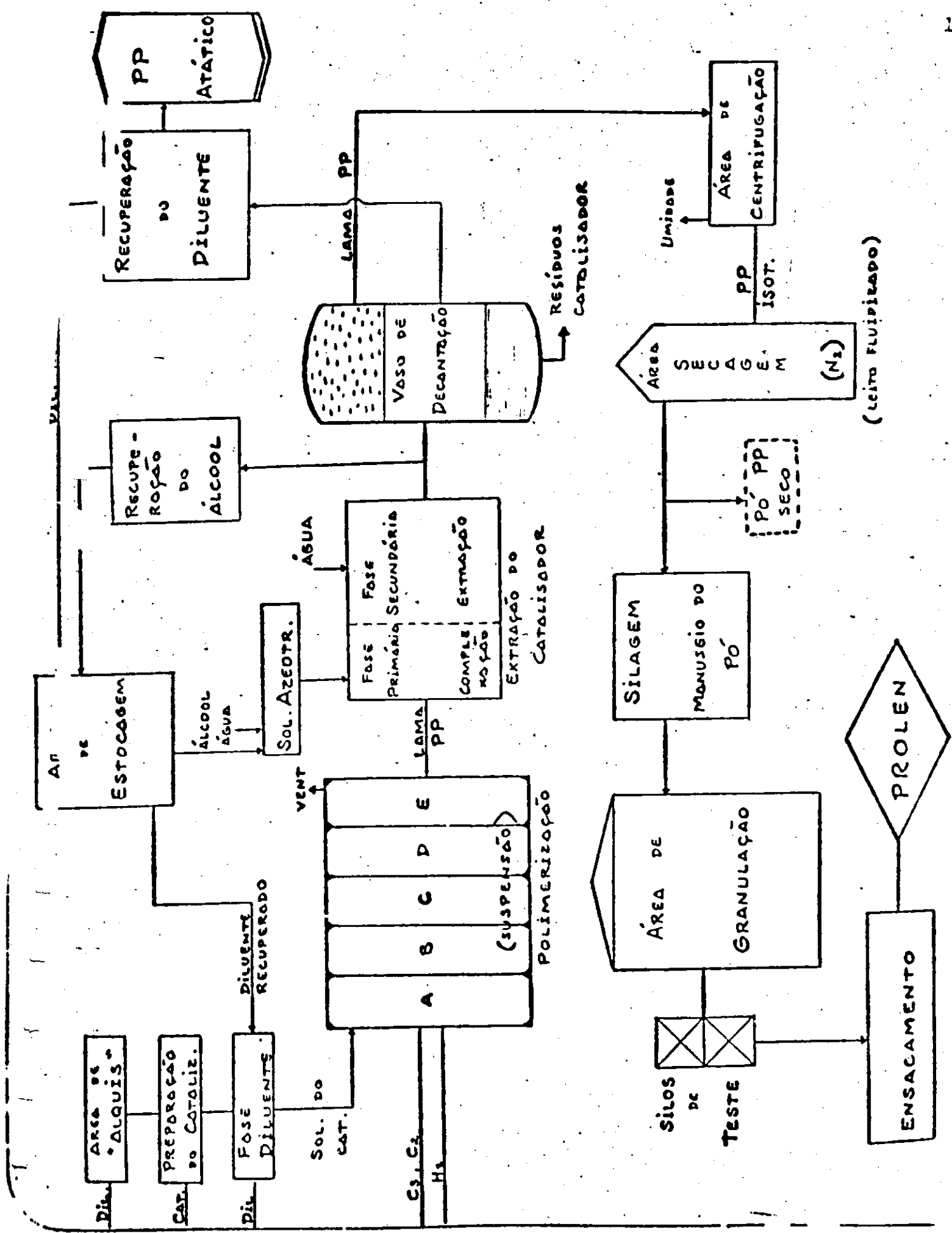
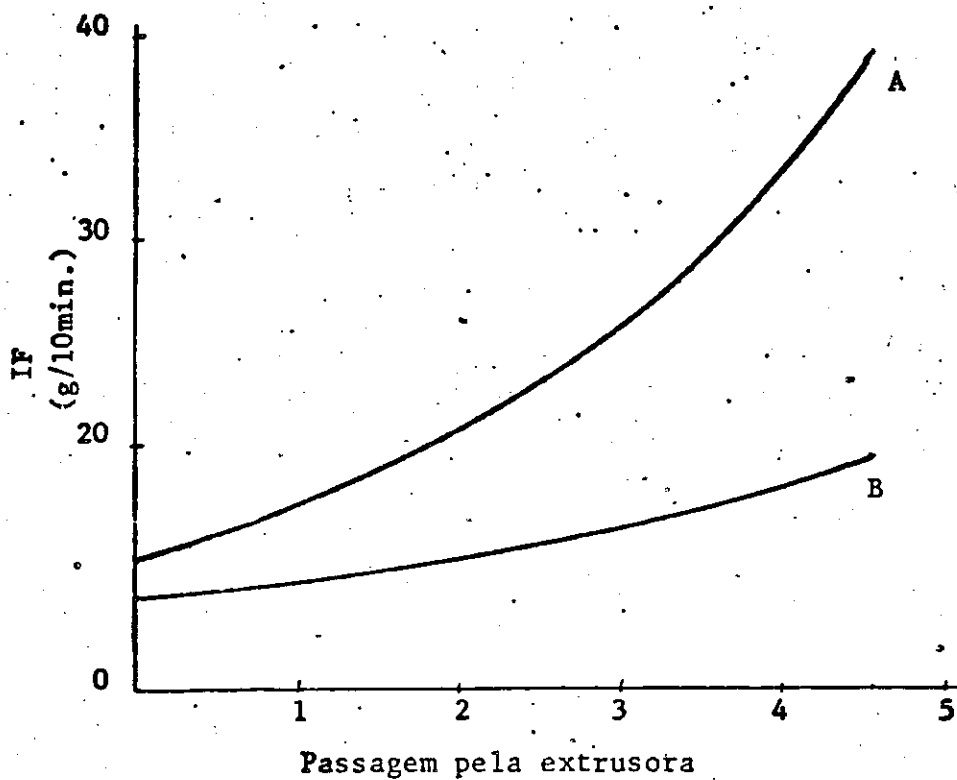


Figura 2.



A = Sem estabilização  
B = Estabilizado

Figura 3.

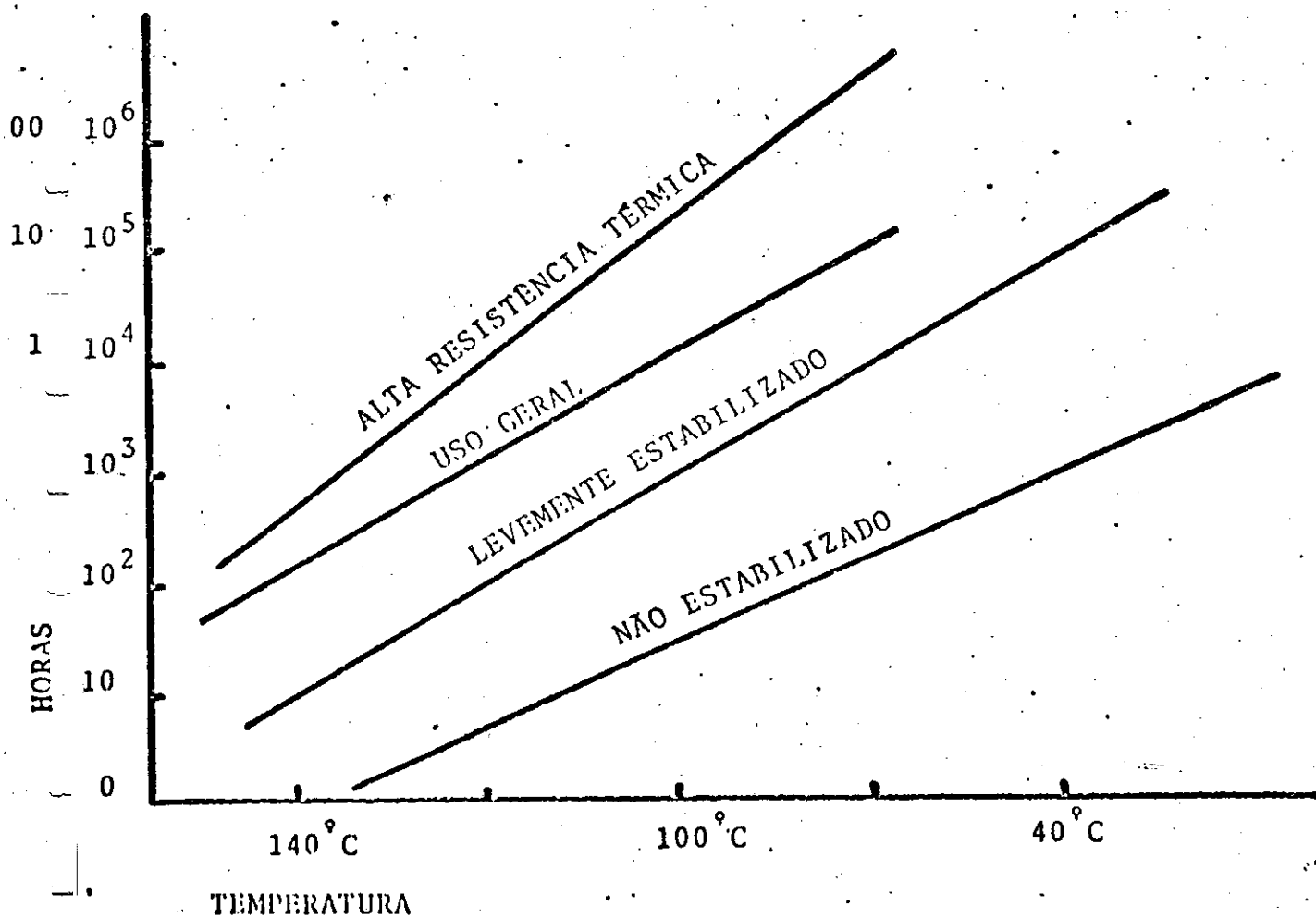




Figura 4.

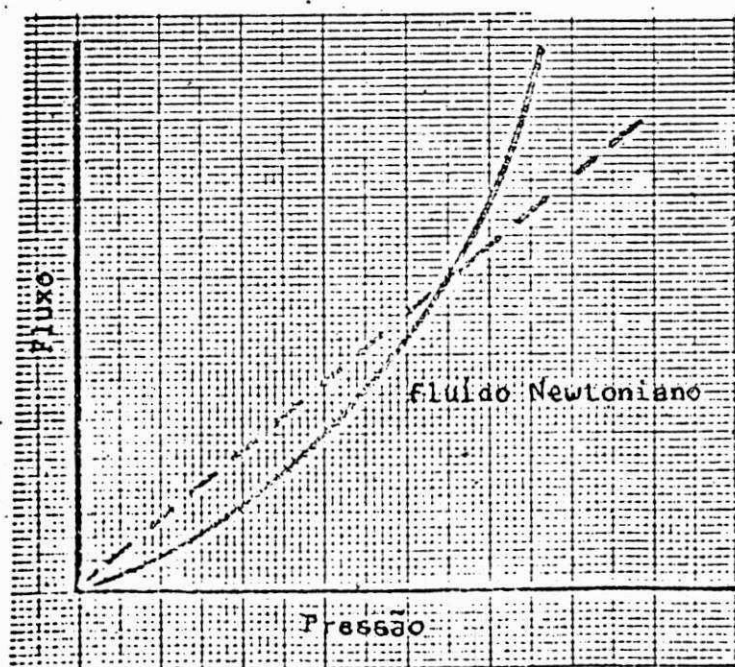


Tabela 5

	UNIDADE	ASTM MÉTODO	HOMOPOLÍMERO CARREGADO C/20% FIBRA VIDRO	HOM. C/ 20% DE TALCO	HOM. C/ 40% DE TALCO	COP. C/ 20% DE TALCO	COP. C/ 40% DE TALCO	HOM. C/ 40% DE CACO3	COP. C/ 40% DE CACO3	HOM. REFORÇADO C/ 20% DE FIBRA VIDRO
RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	MN/m <sup>2</sup>	D-638	35,0	36,5	35,0	28,5	28,0	35,0	26,0	72,4
RESISTÊNCIA AO IMPACTO IZOD 23°C	ft.lb/in	D-256	0,8	0,62	0,55	0,90	0,75	0,75	1,6	1,7
MÓDULO DE FLEXÃO	GN/m <sup>2</sup>	D-790	3,9	3,3	4,2	3,0	3,5	3,5	3,0	4,96
TEMPERATURA AMOLECIMENTO VICAT	°C	D-1525	153	150	150	147	147	150	150	158
TEMPERATURA DE DISTORÇÃO AO CALOR 455KN/m <sup>2</sup>	°C	D-648	122	125	133	114	130	125	115	155
1820KN/m <sup>2</sup>			93	80	97	75	90	75	75	140
CONTRAÇÃO NO MOLDE	%	-	0,2 - 1,0	1,0 - 1,8	0,8-1,4	1,0 - 1,8	0,8 - 1,4	1,0 - 2,0	1,0 - 1,8	0,2 - 1,0
DUREZA , ROCKWELL	-	D-785	R-107	R-105	R-110	R-98	R-94	R-105	R-90	R-107
DENSIDADE	g/cm <sup>3</sup>	-	1,04	1,04	1,24	1,04	1,24	1,20	1,20	1,04





Figura 6.

## ROSCA PARA POLIPROPILENO

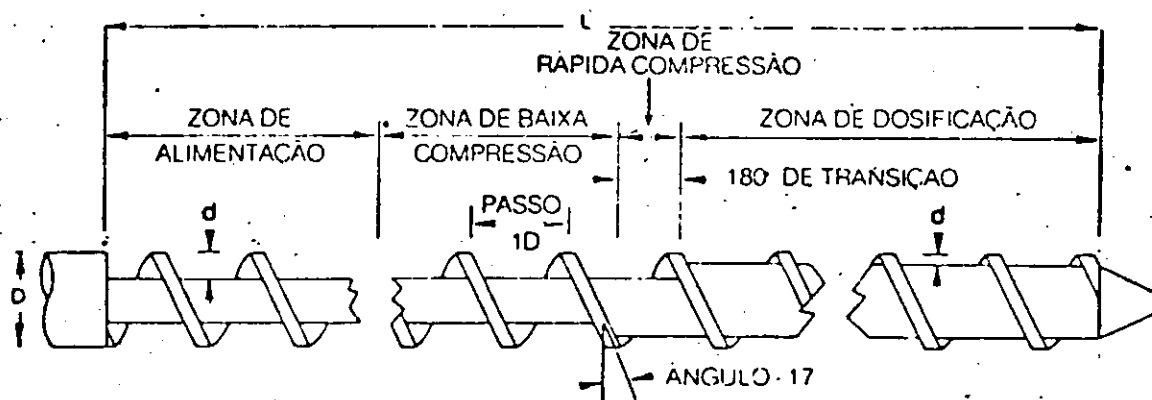
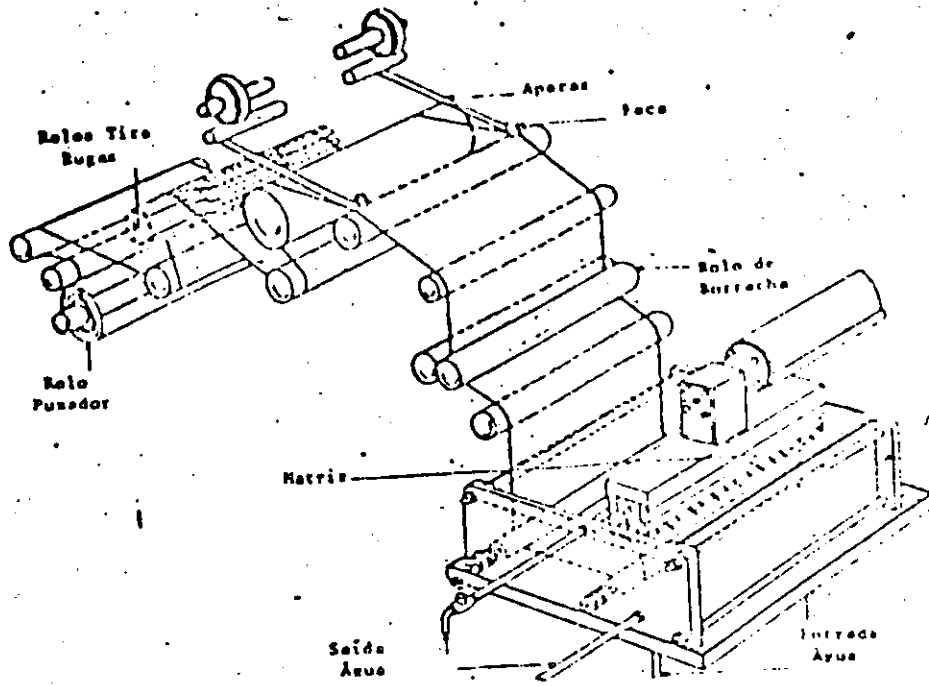


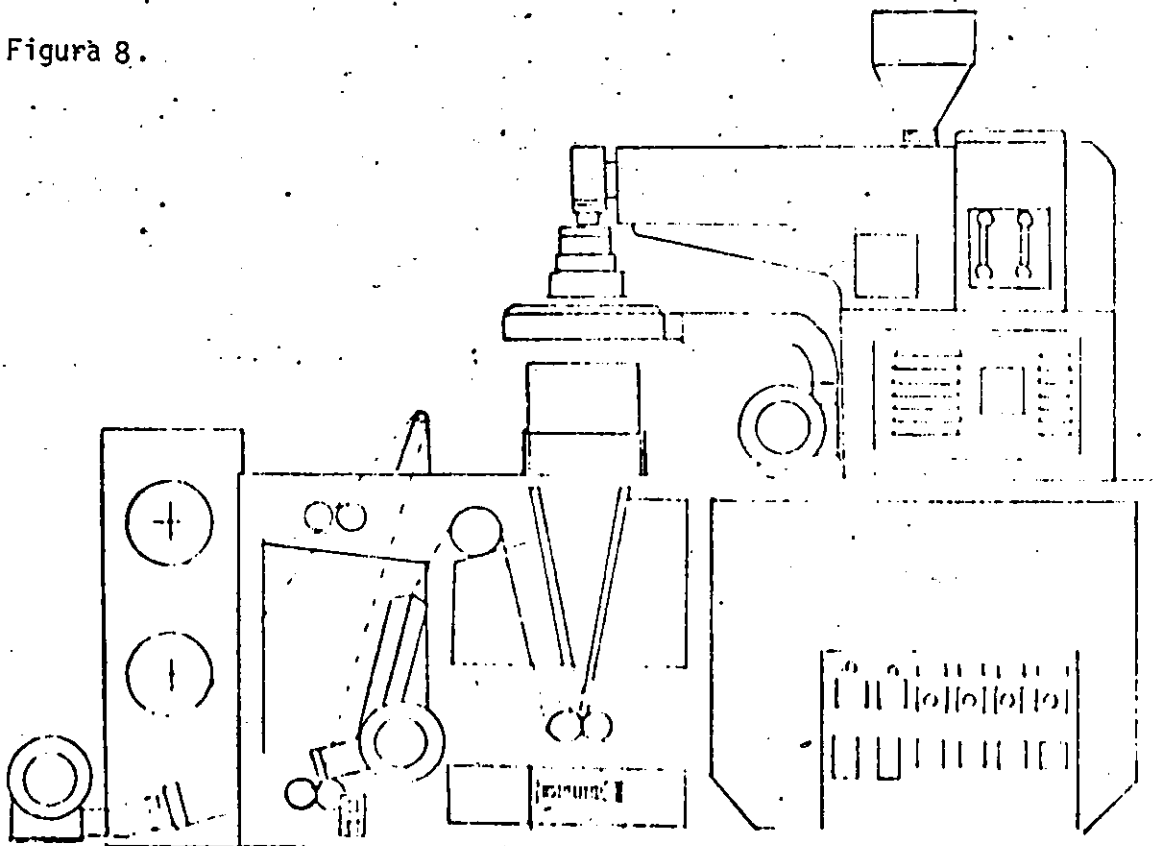
Figura 7.



PLANO-ÁGUA

30'0

Figura 8.



TUBULAR-ÁGUA

Figura 9

VARIAÇÃO DA OPACIDADE X CONDIÇÃO DE PROCESSAMENTO

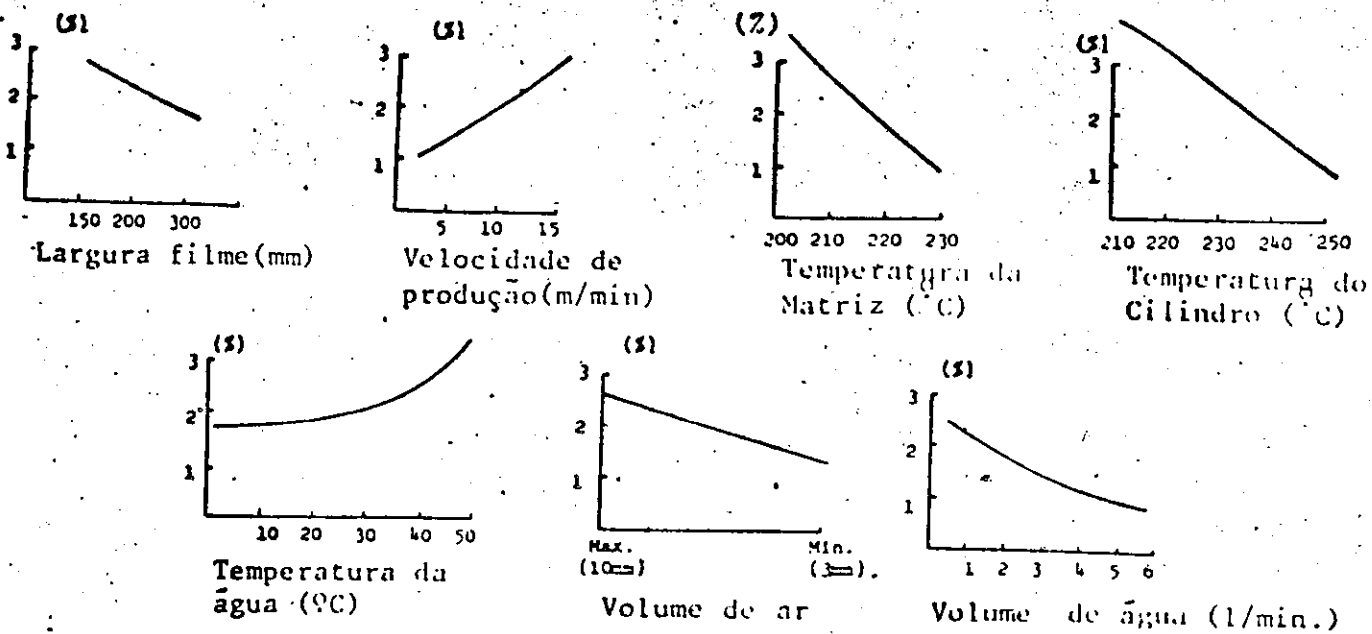


Figura 10

VARIAÇÃO DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO X CONDIÇÃO DE PROCESSAMENTO

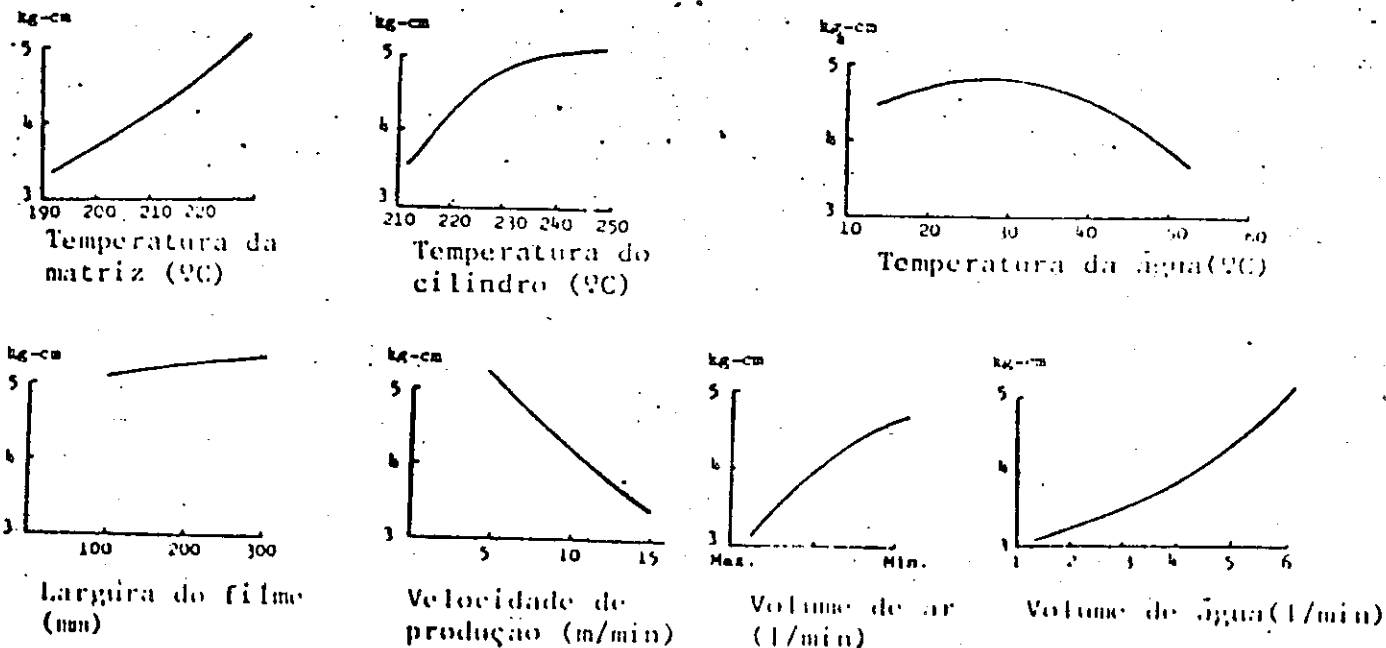


Figura 11  
 VARIAÇÃO DO COEFICIENTE DE FRICÇÃO X CONDIÇÃO DE PROCESSAMENTO

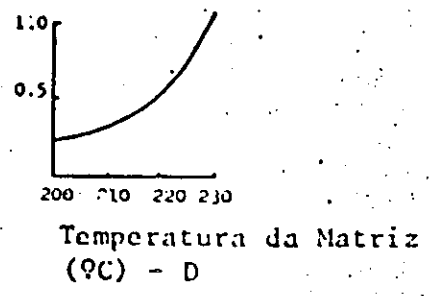
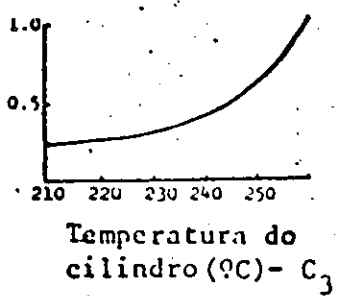
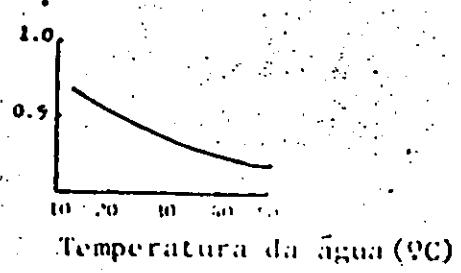
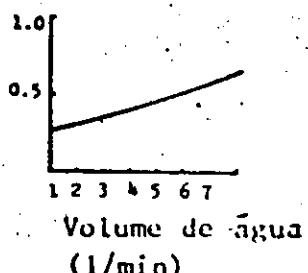
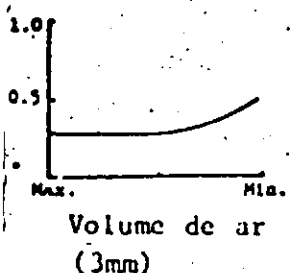


Figura 12  
 VARIAÇÃO DO BRILHO X CONDIÇÃO DE PROCESSAMENTO

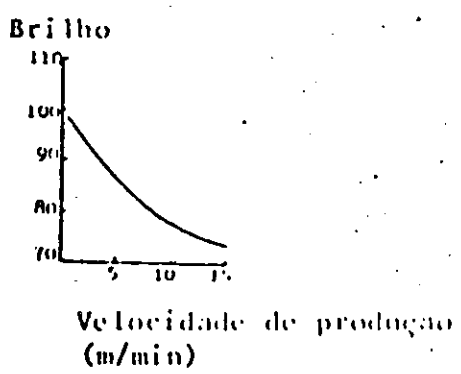
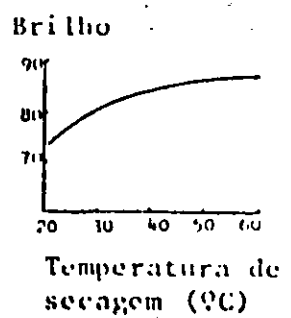
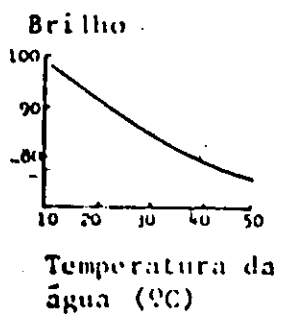
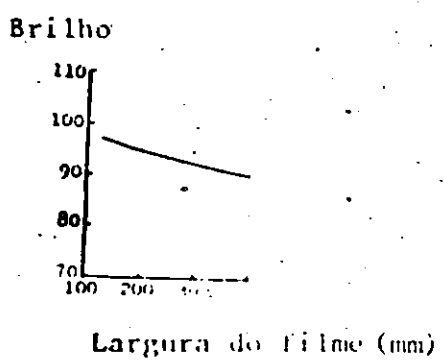
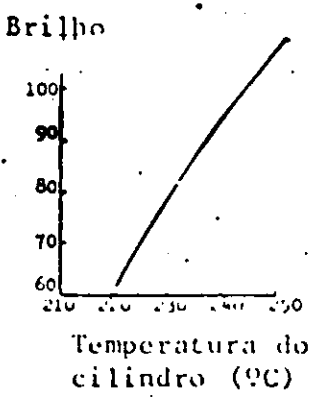
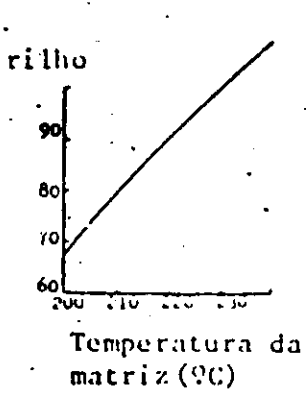


Tabela 1. Características gerais dos polipropilenos (até 75 microns).

	Não orientado	Orientado
1. Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	0,90	0,90
2. Resistência à tração (kg/cm <sup>2</sup> )	211-422	1757-2109
3. Alongamento (%)	200-500	70-100
4. Resistência ao impacto (kg/cm)	1-3	--
5. Resistência ao rasgamento (g/μ)	1,57-12,91	0,16-0,24
6. Faixa de soldagem (°C)	163-204	Requer revestimento
7. Permeabilidade ao vapor de água g/24h.m <sup>2</sup> (38°C e 90% UR filme de 25μ de espessura)	8-10	4
8. Permeabilidade a gases $\frac{\text{cm}^3 \cdot 25\mu}{\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{atm.}}$ O <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	1300-6400 7700-21000	2400 8400
9. Resistência a gorduras	Excelente	Excelente
10. Máxima temperatura de uso (°C)	121	135°C
11. Mínima temperatura de uso (°C)	Não recomendado quanto à dura- bilidade, abaixo de zero °C é crítica	-60
12. Alterações dimensionais a altas umidades relativas	Nenhuma	Nenhuma
13. Inflamabilidade	Queima lenta- mente	Queima lenta- mente
14. Maquinalidade	Regular a boa	Boa
15. Imprimibilidade	Requer trata- mento	Requer trata- mento
16. Selagem	Calor	Adesivos
17. Termo-encolhimento	Não	Alguns ti- pos

Fonte: Modern Packaging Enciclopedia - 1971.

Tabela 2.

	Unidade	Metodo de Teste	Homopolímero		Copolômero	
Índice de Fluidiez (230°C/2,16kg)	g/10min.	ASTM 1238/70	0,8	4,0	0,8	4,0
Resist. a Tração (2 pol/min.)	MN/m <sup>2</sup>	ASTM D 638/64 T	33,0	34,5	27	29
Módulo de Flexão	GN/m <sup>2</sup>	ASTM D 790/66	1,51	1,72	1,10	1,38
Resist. ao impacto IZOD	mkg/cm	BS 2782: 306 A				
23°C			0,10	0,08	0,42	0,13
0°C			0,05	0,04	0,17	0,09
-20°C			0,03	-	0,09	0,06
Temp. de Distorção ao Calor						
455 KN/m <sup>2</sup>	°C	ASTM D 648/56	105	105	100	100
1820 KN/m <sup>2</sup>			65	65	60	60
Temp. Amolecimento VICAT	°C	ASTM D 1525	148	148	144	147
Dureza ROCKWELL	Escala R	ASTM D 785/65	93	95	87	90

Tabela 3.

	UNIDADE	MÉTODO TESTE	PP HOMO	PP COPO	PP HOMO 40% TALCO	PP COPO 40% TALCO	PP HOMO 40% CaCO <sub>3</sub>	PP COPO 30% CaCO <sub>3</sub>
Resistência ao esforço de tensão	N/m <sup>2</sup>	ASTM D 638	34,5	29,0	32,5	26,0	29,0	26,0
Módulo de flexão	GPa/m <sup>2</sup>	ASTM D 790	1,72	1,38	4,0	3,30	3,20	2,30
Resistência ao Impacto (Izod)	kJ/m <sup>2</sup>							
Weight à 23°C	mg	BSZ782:306B	0,08	-	0,05	0,09	0,12	0,20
- 20°C				1,40				
Temperatura de distorção ao calor 4500N/m <sup>2</sup>	°C	ASTM D 618	105	100	130	130	115	110
1820N/m <sup>2</sup>			65	60	90	89	75	75
Temperatura de amolecimento VICAT	°C	ASTM D 1525	148	147	150	150	150	150
Dureza Shore D			74	70	76	74	75	72
Densidade	g/cm <sup>3</sup>		0,905	0,905	1,24	1,24	1,23	1,12

Tabela 4.

UNIDADE	MÉTODO TESTE	PP HOMO	PP HOMO 20% F.V. (CARREG.)	PP HOMO 20% F.V. (REFORÇ.)	PP HOMO 20% M.V.
$\text{MN/m}^2$	ASTM D 638	34.5	36.5	72.4	26.2
$\text{GN/m}^2$	ASTM D 790	1.72	3.80	4.96	2.3
mk	BS2782:306B	0.08	0.08	0.16	0.06
Temperatura de amolecimento no ensaio Drop Weight à 23°C	ASTM D 618	105	126	156	110
Temperatura de amolecimento VICAR	ASTM D 1525	148	151	158	150
Dureza	-	74	74	74	70
Densidade	-	0.905	1.00	1.04	1.00





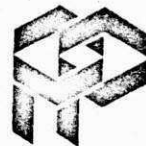
Tabela 5.

Diâmetro do Cilindro D	45mm	60mm	90mm	120mm
Rel Comprimento/Diâmetro L/D	24:1	24:1	24:1	24:1
Passo (mm)	45	60	90	120
Ângulo (graus)	17	17	17	17
Zona de alimentação				
Comprimento D	3D	3D	3D	3D
Profundidade do Canal (mm)	8.4	10	12.7	14
1ª (lenta) Zona de Compressão				
Comprimento D	8D	8D	8D	8D
Profundidade do Canal	8.4→6.3	10→7.6	12.7→7.6	14→10
2ª (rápida) Zona de Compressão				
Comprimento D	1D	1D	1D	1D
Profundidade do Canal (mm)	6.3→2.2	7.6→2.3	7.6→3.0	10→3.3
Zona de Dosificação				
Comprimento D	12D	12D	12D	12D
Profundidade do Canal (mm)	2.2	2.3	3.0	3.3
Folga entre o cilindro e a rosca (mm)	0.05	0.06	0.09	0.12
Produção Kg/h	27.0	54.0	130	280
Rotação (RPM)	120	120	100	100
Q/Wbd para zona de dosificação	0.45	0.48	0.47	0.50

## TUBULAR X CAST

Tabela 6

	CAST	TUBULAR
DIÂMETRO DA EXTRUSORA (mm) .....	120	50
ESPESSURA DO FILME (mm) .....	0,03	0,03
LARGURA DO FILME (mm) .....	600	1.000 (ABERTO)
VELOCIDADE m/min .....	200	25
PRODUÇÃO (Kg/h).....	195	40
VANTAGENS:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) AJUSTE FÁCIL DA LARGURA DO FILME</li> <li>2) BAIXO CUSTO DA MÃO DE OBRA</li> <li>3) GRANDE FAIXA DE ESPESSURA</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) BAIXO CUSTO INICIAL</li> </ol>

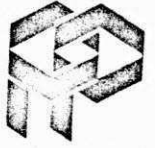


**A N • E X O    I I**

## ANEXO 2

## Resultados do P.A 347/84

Amostras	Agente expansor(%)	Trôca ( $\gamma/m$ ) 23°C	Densidade m/v ( $g/cm^3$ )
1	0	142,0	0,39
2	0,3	110,0	0,77
3	0,5	147,0	0,78
4	0,8	236,0 H	0,79
5	1,0	200,0 H	0,77
6	1,5	292,0 H	0,77
7	0,3	168,0 H	0,78
8	0,5	137,0 H	0,78
9	0,8	169,0	0,76
10	1,0	291,0	0,77
11	1,5	304,0 P	0,75
12	0,15	97,0	0,81
13	0,25	95,0	0,78
14	0,40	93,6	0,77
15	0,50	113,0	0,78
16	0,15	107,0	0,76
17	0	142,0	0,39
18	0,3	92,0	0,82
19	0,5	134,0	0,78
20	0,8	102,0	0,78
21	1,0	153,0	0,77
22	1,5	222,0 H	0,77
23		92,7	0,78



A N E X O III

Tabela 1: Valores Médios Obtidos no Acompanhamento da produção do Copolímero A - maio 84

	Linha "A"			Linha "B"		
	$\bar{x}$	$\sigma_x(\%)$	N	$\bar{x}$	$\sigma_x(\%)$	N
D.W (m.kg) -30°C	1.39"Q"	15	10	1.38"Q"	14	46
PE (%)	8.21	32	10	8.18	43	46
IF (g/10')	2.4	28	10	2.32	17	46
L/S	0.67	3	10	0.66	3	46

Tabela 2: Valores Médios Obtidos no Acompanhamento da produção do copolímero B - maio 84

	Linha "A"			Linha "B"		
	$\bar{x}$	$\sigma_x(\%)$	N	$\bar{x}$	$\sigma_x(\%)$	N
D.W (m.kg) -30°C	Q 1.56	6	25	1.52"Q"	8	10
	SQ 1.60	4	12			
PE (%)	8.41	23	37	8.53	25	10
IF (g/10')	1.65	17	37	1.86	30	10
L/S	0.66	3	37	0.67	4	10

Tabela 3 Valores Médios Obtidos no Acompanhamento da Produção do copolímero C - Maio 84

	Linha "A"			Linha "B"		
	$\bar{x}$	$\sigma x(\%)$	N	$\bar{x}$	$\sigma x(\%)$	N
D.W(m.kg) (-20°C)	1.39 <sup>Q</sup>	8	12	1.4 <sup>Q</sup>	13	38
	1.46 <sup>SQ</sup>			1.46 <sup>SQ</sup>	5	14
PE (%)	6.76	22	12	6.85	30	52
IF (g/10')	3.34	41	12	3.31	34	52
L/S	0.55	2	12	0.58	6	52

Tabela 4 Valores Médios Obtidos no Acompanhamento da produção do Cop. A desde Abril 82

Mes/Ano	Abril 82	Maio 83	Agosto 83	Dez 83	Maio 84
Teste					
DW(m.kg) -30°C	LA 1.63 <sup>Q</sup> 1.60 <sup>SQ</sup> 1.47 <sup>Q</sup>	1.50 <sup>Q</sup> 1.64 <sup>SQ</sup>	1.36 <sup>Q</sup>	1.51 <sup>Q</sup> 1.53 <sup>Q</sup>	1.39 <sup>Q</sup> 1.38 <sup>Q</sup>
	LB 1.61 <sup>SQ</sup>				
PE %	LA 6.3	8.6	7.42	8.38 8.14	8.21 8.18
	LB 6.3				
IF (g/10')	LA 1.8	1.8	1.50	2.5 2.0	2.30 2.32
	LB 1.8				
L/S	LA 0.66	0.73	0.66	0.63 0.67	0.67 0.66
	LB 0.66				

Tabela 5: Valores Médios Obtidos no Acompanhamento da Produção do Cop. B desde Setembro 82

Mes / Ano	Setembro 82	Maio 83	Agosto 83	Dezembro 83	Maio 84
D.W (m.kg)	LA	1.47 Q	1.48 Q		1.56 Q
	LB	1.44 Q	1.585 Q	1.565 Q	1.605 Q
-30°C	LA	1.41 Q	1.61 F	1.39 Q	1.52 Q
	LB			1.575 Q	1.40 Q
PE (%)	LA	—	8.92	8.91	8.43
	LB	—		8.80	8.50
IF (g/10')	LA	1.5	1.6	1.7	1.7
	LB	1.5		2.0	1.8
L/S	LA	—	0.73	0.69	0.65
	LB	—		0.68	0.63

Tabela 6: Valores Médios Obtidos no Acompanhamento da Produção do Cop. C desde Maio 83

Mes / Ano	Maio 83	Agosto 83	Dezembro 83	Fevereiro 84	Maio 84	
D.W (m.kg)	LA	1.37 Q	1.43 Q	1.08	1.39 Q	
	LB	1.46 Q	1.475 Q	1.33 Q	0.82	1.465 Q
-20°C	LA	1.525 Q	1.37 Q			
	LB		1.475 Q			
PE (%)	LA	7.34	7.23	7.22	7.15	6.76
	LB		7.27	7.22	7.20	6.85
IF (g/10')	LA	3.4	3.3	3.2	2.9	3.34
	LB		3.4	3.5	3.0	3.31
L/S	LA	0.68	0.61	0.54	0.66	0.55
	LB		0.60	0.55	0.66	0.58



Tabela 7: Resultados do Teste de Impacto Drop-Weight  
 Obtidos com os Copolímeros da Campanha-Maio 84.

LINHA "A"

Material	Batelada	Drop Weight (m.kg)	
		-20°C	-30°C
Copolímero A	023	—	1,260"
copolímero A	024	—	1,170"
copolímero A	025	—	1,230"
copolímero A	026	—	1,290"
Copolímero A	027	—	1,260"
Copolímero A	028	—	1,470"
copolímero A	029	—	1,5350"
copolímero A	030	—	1,530"
copolímero A	031	—	1,530"
Copolímero A	032	—	1,620"
copolímero B	033	—	1,590"
copolímero B	034	—	1,6250"
copolímero B	035	—	1,6850"
copolímero B	036	—	1,430"
copolímero B	037	—	1,570"
copolímero B	038	—	1,500"
copolímero B	039	—	1,570"
copolímero B	040	—	1,570"
copolímero B	041	—	1,570"
copolímero B	042	—	1,6150"
copolímero B	043	—	1,570"
copolímero B	044	—	1,5750"

Cont. da TAB. 7

Material	Batelada	Drop Weight (m.kg)	
		-20°C	-30°C
Copolímero B	045	—	1.570"
copolímero B	046	—	1.5350"
copolímero B	047	—	1.530"
copolímero B	048	—	1.5350"
copolímero B	049	—	1.6250"
copolímero B	050	—	1.5950"
copolímero B	051	—	1.5950"
copolímero B	052	—	1.530"
copolímero B	053	—	1.5950"
copolímero B	054	—	1.590"
copolímero B	055	—	1.590"
copolímero B	056	—	1.650"
copolímero B	057	—	1.620"
copolímero B	058	—	1.590"
copolímero B	059	—	1.6250"
copolímero B	060	—	1.5950"
copolímero B	061	—	1.530"
copolímero B	062	—	1.560"
copolímero B	063	—	1.650"
copolímero B	064	—	1.560"
copolímero B	065	—	1.440"
copolímero B	066	—	1.590"



Tabela 8: Resultados do teste de Impacto Drop Weight  
 Obtidos com os Copolímeros da Campanha-maio 84

LINHA "B"

Material	Batelada	Drop weight (m.kg)	
		-20°C	-30°C
cop. C	039	1.05"0"	
cop. C	040	1.47"50"	
cop. C	041	1.41"0"	
cop. C	042	1.415"0"	
cop. A	043	—	1.20"0"
cop. A	044	—	1.29"0"
cop. A	045	—	1.29"0"
cop. A	046	—	1.23"0"
cop. A	047	—	1.35"0"
cop. A	048	—	1.29"0"
cop. A	049	—	1.26"0"
cop. A	050	—	1.17"0"
cop. A	051	—	1.20"0"
cop. A	052	—	1.20"0"
cop. A	053	—	1.14"0"
cop. A	054	—	1.41"0"
cop. A	055	—	1.15"0"
cop. A	056	—	1.23"0"
cop. A	057	—	1.35"0"
cop. A	058	—	1.23"0"
cop. A	059	—	1.11"0"
cop. A	060	—	1.53"0"

Cont. da tabela 8:

Material	Batelada	Drop Weight (m. kg)	
		-20°C	-30°C
cop. A	061	—	1.41"Q"
cop. A	062	—	1.53"Q"
cop. A	063	—	1.53"Q"
cop. A	064	—	1.47"Q"
cop. A	065	—	1.59"Q"
cop. A	066	—	1.56"Q"
cop. A	067	—	1.32"Q"
cop. A	068	—	1.47"Q"
cop. A	069	—	1.23"Q"
cop. A	070	—	1.32"Q"
cop. A	071	—	1.38"Q"
cop. A	072	—	1.53"Q"
cop. A	073	—	1.44"Q"
cop. A	074	—	1.50"Q"
cop. A	075	—	1.35"Q"
cop. A	076	—	1.35"Q"
cop. A	077	—	1.32"Q"
cop. A	078	—	1.47"Q"
cop. A	079	—	1.50"Q"
cop. A	080	—	1.38"Q"
cop. A	081	—	1.47"Q"
cop. A	082	—	1.47"Q"

cont. da tabela 8:

Material	Batelada	Drop Weight (m. kg)	
		-20°C	-30°C
cop. A	083	—	1.530"
cop. A	084	—	1.560"
cop. A	085	—	1.590"
cop. A	086	—	1.590"
cop. A	087	—	1.620"
cop. A	088	—	1.560"
cop. B	089	—	1.560"
cop. B	090	—	1.400"
cop. B	091	—	1.430"
cop. B	092	—	1.400"
cop. B	093	—	1.570"
cop. B	094	—	1.610"
cop. B	095	—	1.6550"
cop. B	096	—	1.530"
cop. B	097	—	1.530"
cop. B	098	—	1.530"
cop. C	099	1.440"	—
cop. C	100	1.320"	—
cop. C	101	1.380"	—
cop. C	102	1.380"	—
cop. C	103	1.4450"	—
cop. C	104	1.410"	—

Cont. da tabela 8:

Material	Batelada	Drop Weight (m.kg)	
		-20°C	-30°C
cop. C	105	1.44"0"	—
cop. C	106	1.41"0"	—
cop. C	107	1.44"0"	—
cop. C	108	1.47"0"	—
cop. C	109	1.47"0"	—
cop. C	110	1.47"0"	—
cop. C	111	1.41"0"	—
cop. C	112	1.44"0"	—
cop. C	113	1.53"0"	—
cop. C	114	1.50"0"	—
cop. C	115	1.50"0"	—
cop. C	116	1.53"0"	—
cop. C	117	1.41"0"	—
cop. C	118	1.56"0"	—
cop. C	119	1.53"0"	—
cop. C	120	1.53"0"	—
cop. C	121	1.47"0"	—
cop. C	122	1.47"0"	—
cop. C	123	1.50"0"	—
cop. C	124	1.47"0"	—
cop. C	125	1.37"0"	—
cop. C	126	1.35"0"	—

Cont. da tabela 8:

Material	Batelada	Drop Weight (m.kg)	
		-20°C	-30°C
cop. C	127	1.4750"	—
cop. C	128	1.4750"	—
cop. C	129	1.4750"	—
cop. C	130	1.4750"	—
cop. C	131	1.4450"	—
cop. C	132	1.4750"	—
cop. C	133	1.470"	—
cop. C	134	1.470"	—
cop. C	135	1.470"	—
cop. C	136	1.410"	—
cop. C	137	1.470"	—
cop. C	138	1.440"	—
cop. C	139	1.440"	—
cop. C	140	1.290"	—
cop. C	141	1.260"	—
cop. C	142	1.290"	—
cop. C	143	1.230"	—
cop. C	144	1.350"	—
cop. C	145	1.260"	—
cop. C	146	0.870"	—



# Distribuição D.W

COP A - Linha "A" - maio/84

## Faixas de D.W (m.kg)

I - 1.17 - 1.22

II - 1.23 - 1.28

III - 1.29 - 1.34

IV - 1.35 - 1.40

V - 1.41 - 1.46

VI - 1.47 - 1.52

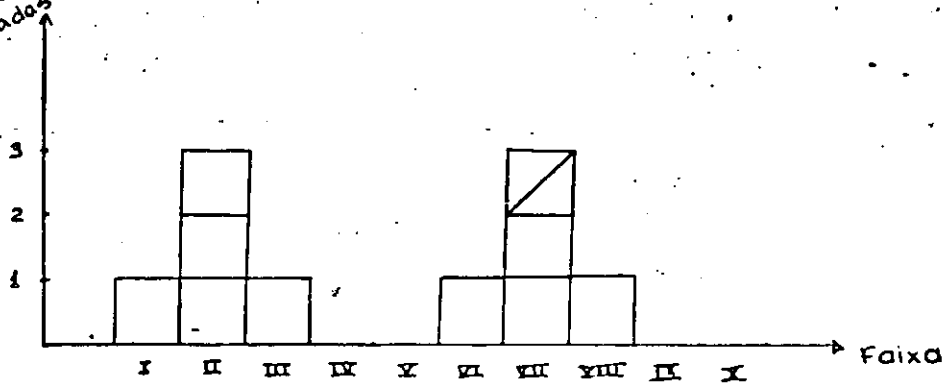
VII - 1.53 - 1.58

VIII - 1.59 - 1.64

IX - 1.65 - 1.70

X - 1.71 - 1.76

Nº de bale-  
-lados



Quebra



Semi-Quebra

# Distribuição D.W

COP A Linha "B" - Maio/84



Quebra



Semi Quebra

## Faixas de D.W (m. sq)

I. 1.11 - 1.16

II. 1.17 - 1.22

III. 1.23 - 1.28

IV. 1.29 - 1.34

V. 1.35 - 1.40

VI. 1.41 - 1.46

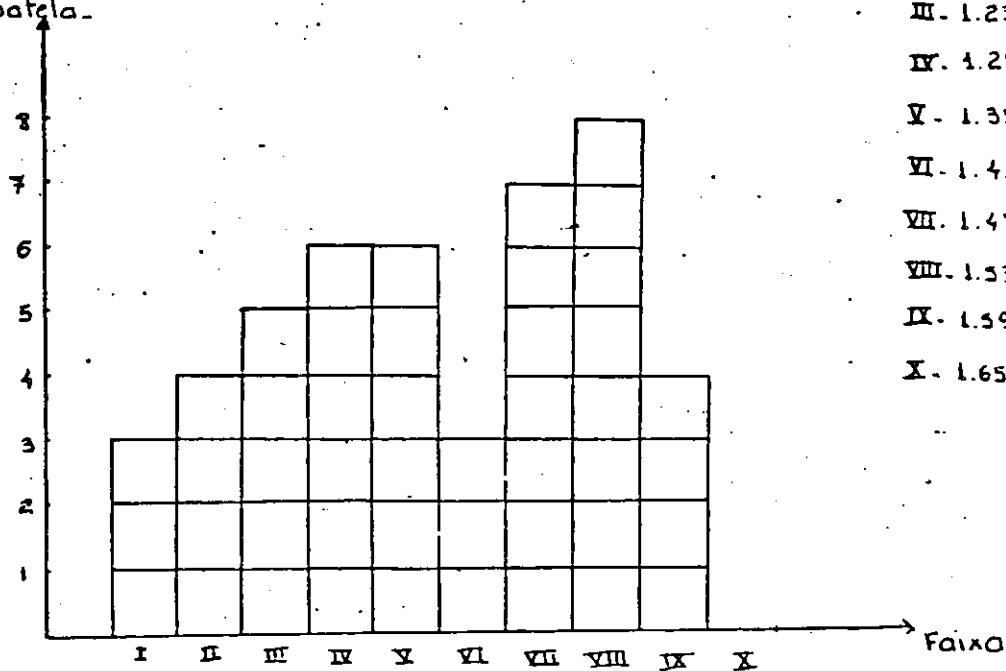
VII. 1.47 - 1.52

VIII. 1.53 - 1.58

IX. 1.59 - 1.64

X. 1.65 - 1.70

Nº de bateladas

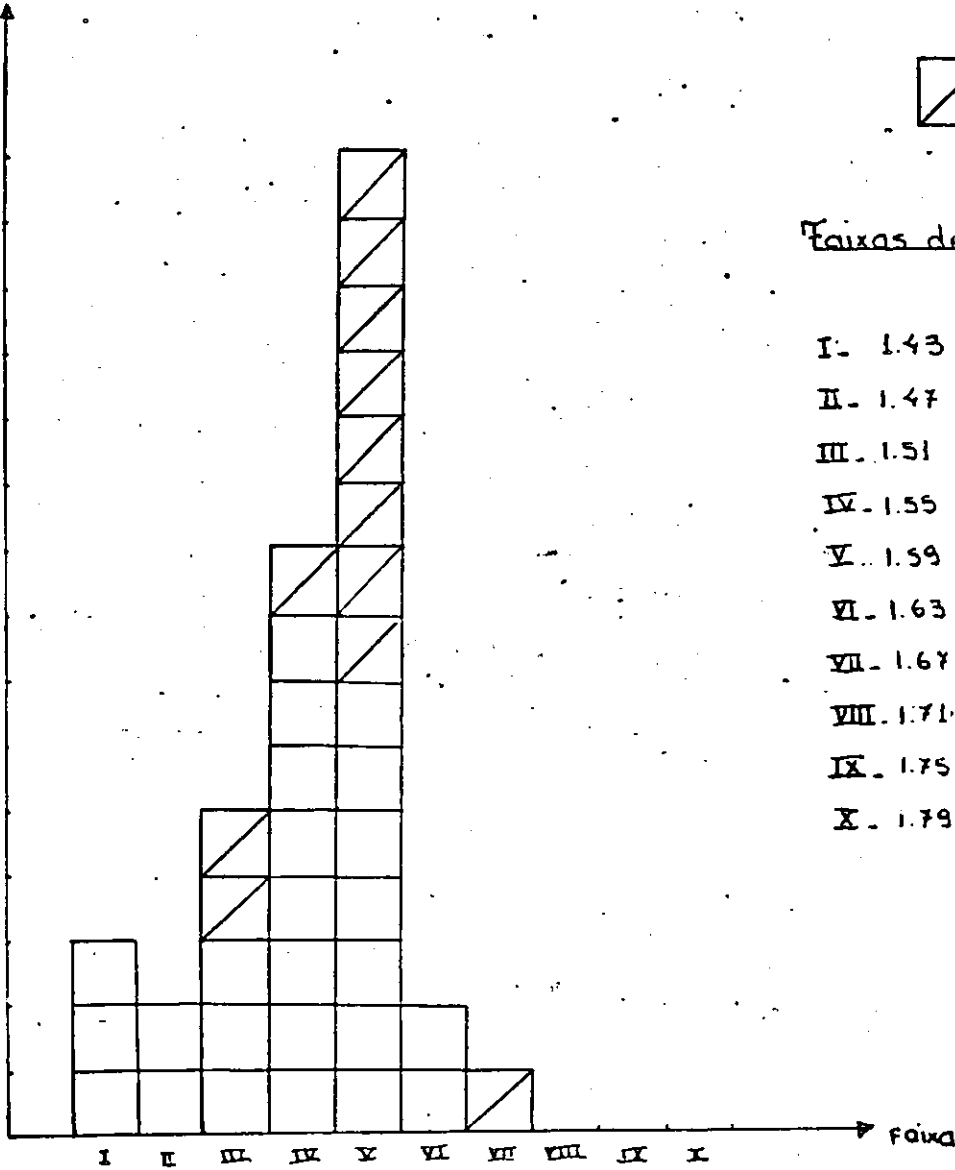


# Distribuição D.W

COF B - Linha "A" - maio/84

nº de batela-  
-das

15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1



Quebra



Semi Quebra

## Faixas de D.W (m.kg)

- I. 1.43 - 1.46
- II. 1.47 - 1.50
- III. 1.51 - 1.54
- IV. 1.55 - 1.58
- V. 1.59 - 1.62
- VI. 1.63 - 1.66
- VII. 1.67 - 1.70
- VIII. 1.71 - 1.74
- IX. 1.75 - 1.78
- X. 1.79 - 1.82

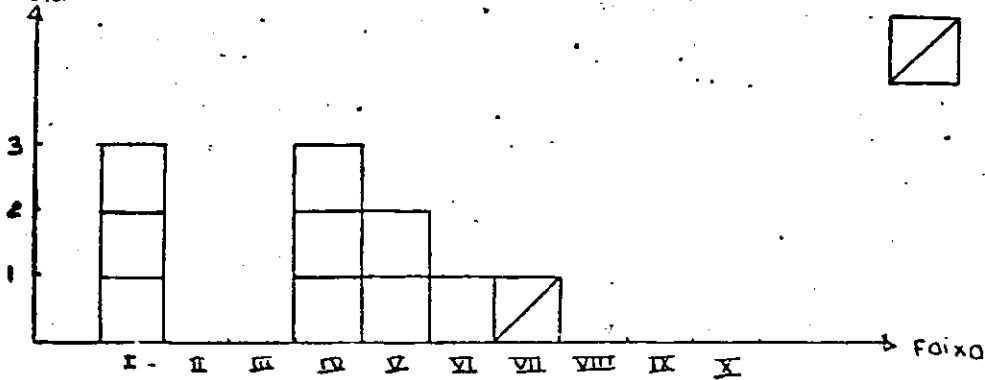
# Distribuição D.W

COP. B - Linha "B" - maio/84

## Faixas de D.W (m.kg)

I	1.40	-	1.43
II	1.44	-	1.47
III	1.48	-	1.51
IV	1.52	-	1.55
V	1.56	-	1.59
VI	1.60	-	1.63
VII	1.64	-	1.67
VIII	1.68	-	1.71
IX	1.72	-	1.75
X	1.76	-	1.79

nr. de batela-  
-das



# Distribuição Drop-Weight

COP. C Linha "A" - maio/84

## Faixas de DW (m.kg)

I - 1.23 - 1.25

II - 1.26 - 1.28

III - 1.29 - 1.31

IV - 1.32 - 1.34

V - 1.35 - 1.37

VI - 1.38 - 1.40

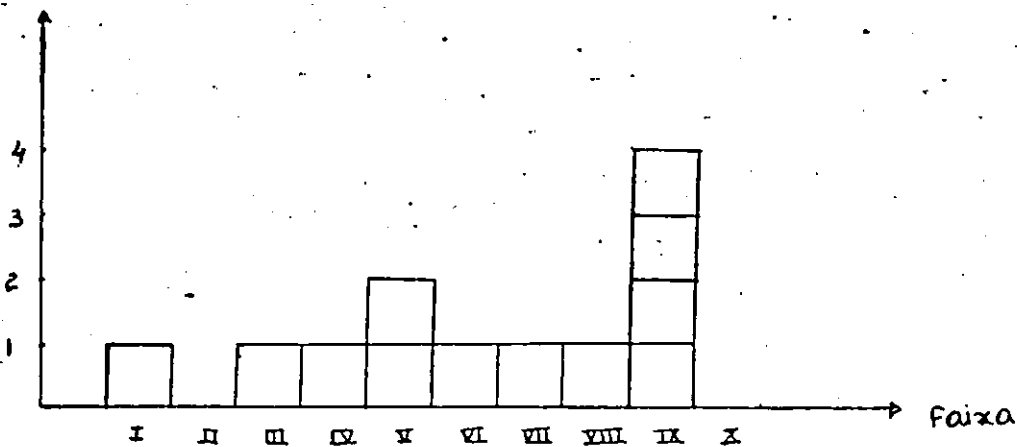
VII - 1.41 - 1.43

VIII - 1.44 - 1.46

IX - 1.47 - 1.49

X - 1.50 - 1.52

de bateladas

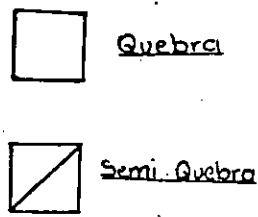


# Distribuição DW

COP C - Linha "B" - maio/84

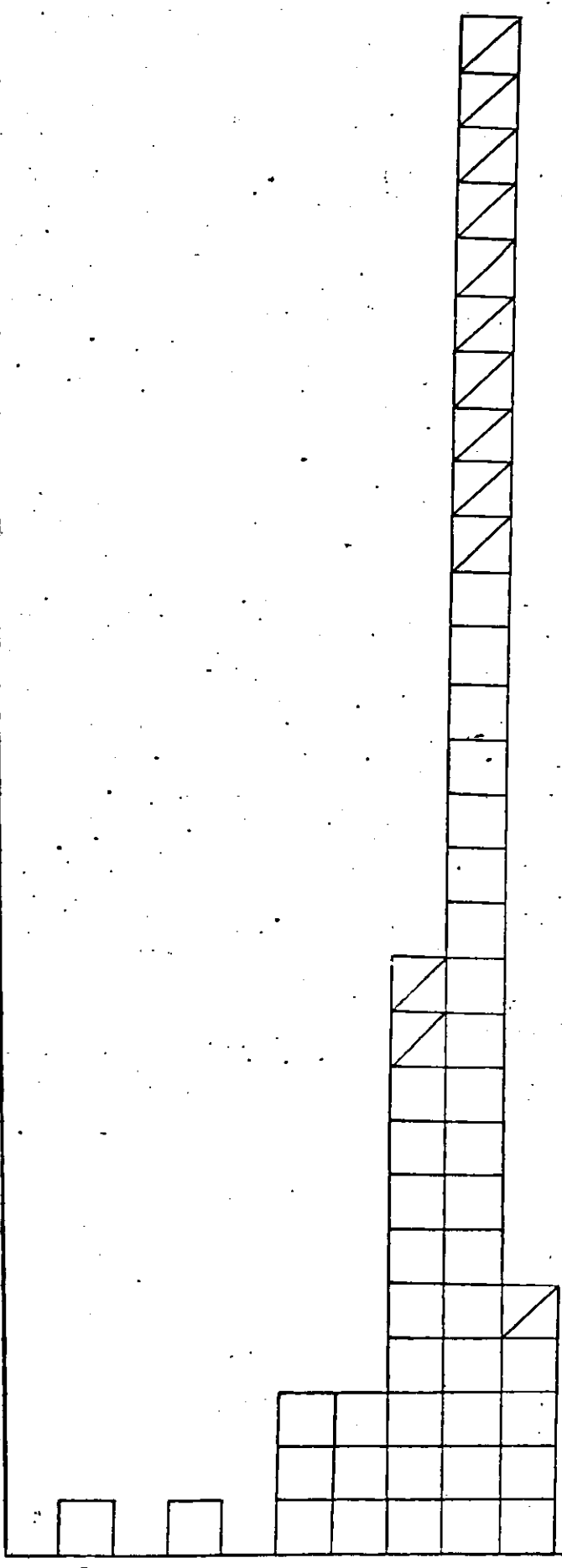
BATELADAS

28  
27  
26  
25  
24  
23  
22  
21  
20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1



## Faixas de DW (em Kg)

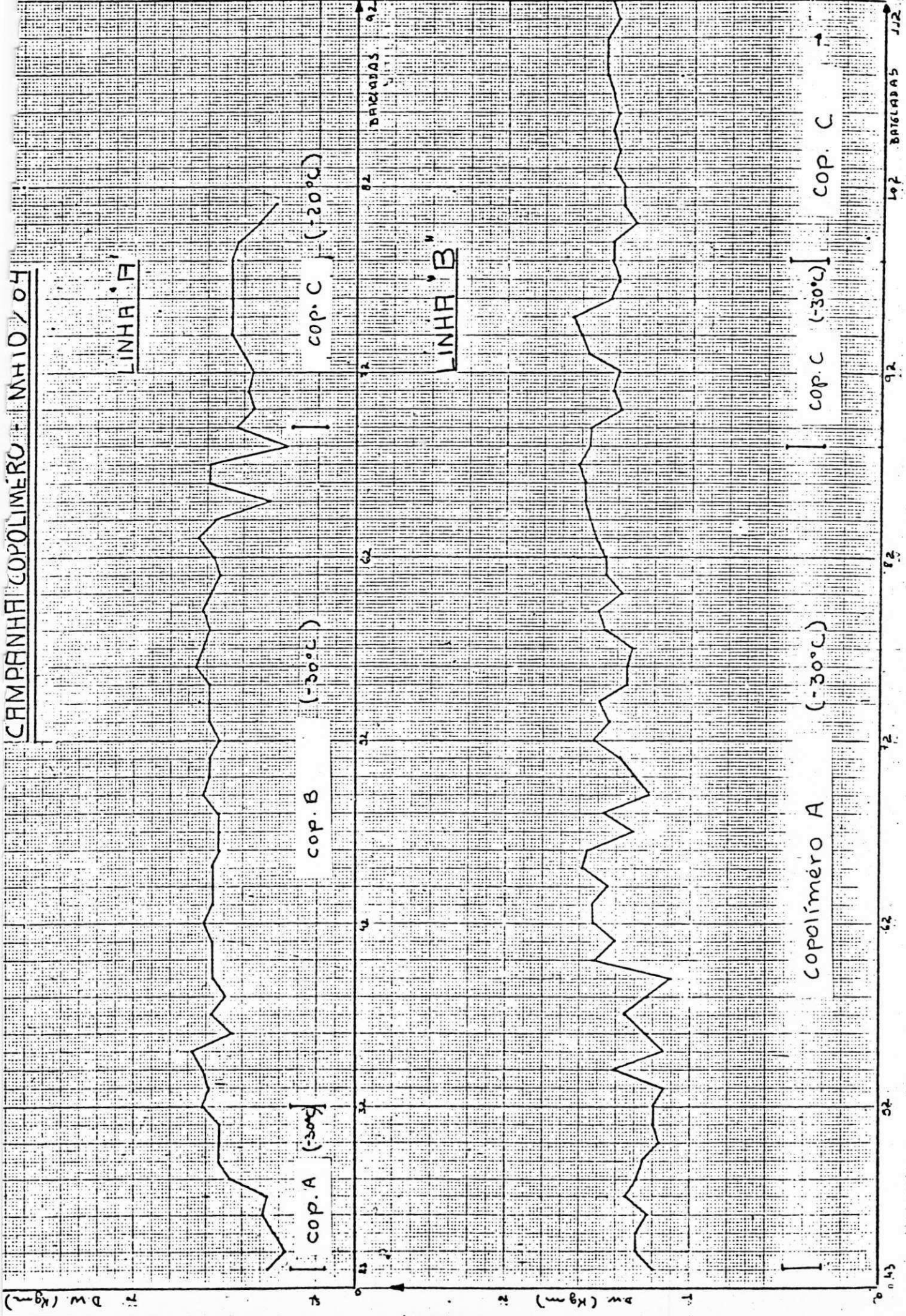
- I - 0.87 — 0.94
- II - 0.95 — 1.02
- III - 1.03 — 1.10
- IV - 1.11 — 1.18
- V - 1.19 — 1.26
- VI - 1.27 — 1.34
- VII - 1.35 — 1.42
- VIII - 1.43 — 1.50
- IX - 1.51 — 1.58
- X - 1.59 — 1.66



I II III IV V VI VII VIII IX X

faixa

CAMPANHA COPOLIMERO - MH10/04



LINHA A

LINHA B

COP. A (-30°C)

COP. B (-30°C)

COP. C (-20°C)

Copolímero A (-30°C)

COP. C (-30°C)

COP. C

0 43

0 2

0 2

0 2

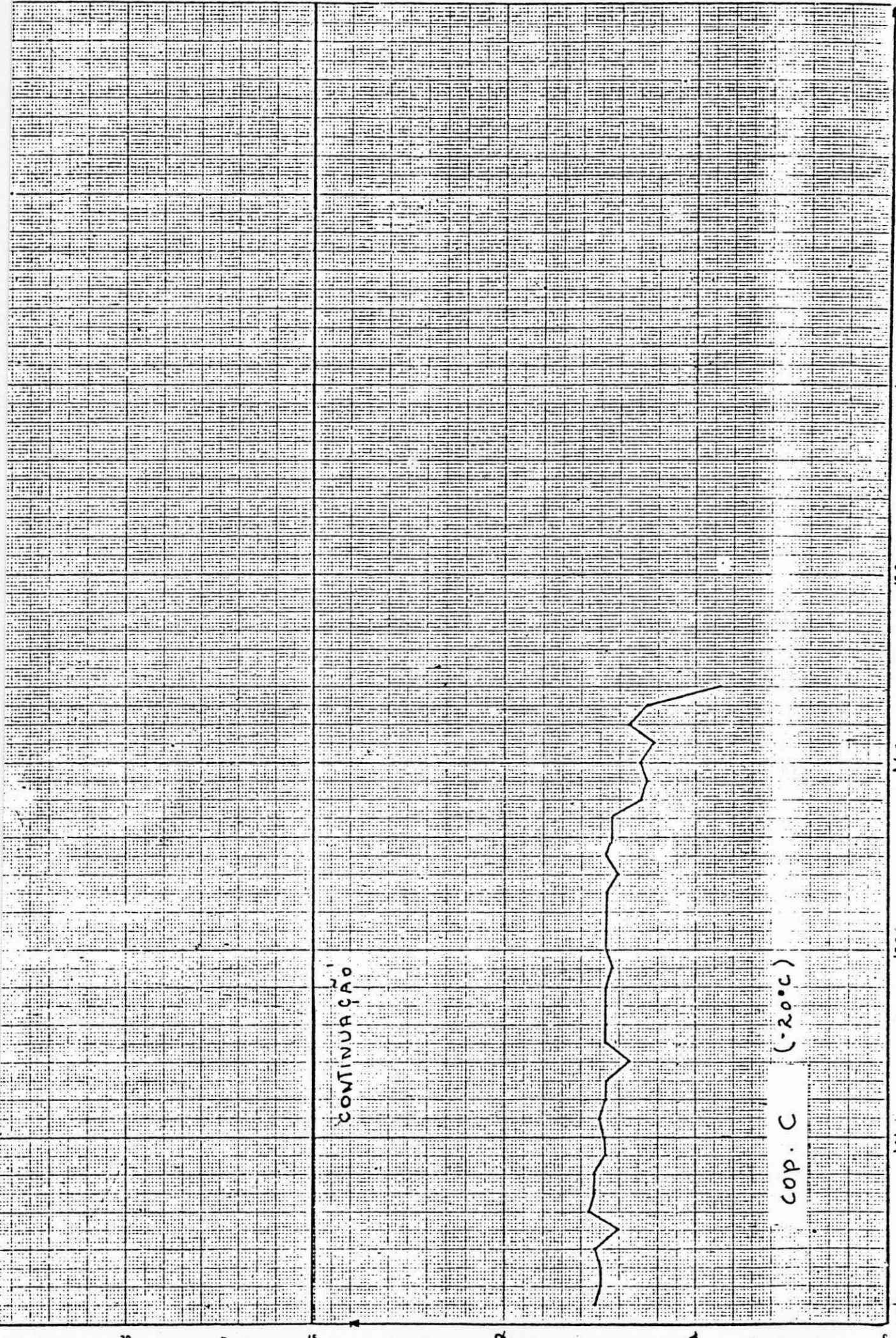
0 2

0 2

0 2

0 2

0 2



CONTINUAÇÃO

cop. C (-20°C)

0 5 10 15 20 25 30 35

12.5 13.5 14.5 15.5 16.5 17.5 18.5 19.5





**A N E X O \_ I V**

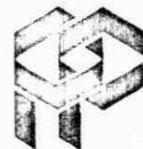


ANEXO 4

RESULTADOS DO P.A. Nº 312				
Amostras	Dispersão	IF (g/10')	Cor	Tempo de Vida (dias)
A	Boa	4,74	Creme	9
B	Boa	5,12	Creme	5
C	Boa	5,19	Creme	3
D	Boa	4,64	Branco Leitoso	3
E	Boa	4,78	Branco Leitoso	2
F	Boa	4,74	Branco Leitoso	2
G	Boa	4,96	Branco Leitoso	1



**ANEXOS V**



## ANEXO 5

1. PROCESSO: Granulação
2. MATRIZ: Cabeçote com 6 furos

### 3. TEMPERATURAS

ZONAS	I	II	III	IV	V
°C	150	160	160	165	165

4. Rotação da Rosca: 50 RPM
5. Amperagem do Motor: 25 A
6. Nº de Extrusões: 02 (passes)



ANEXO VI



## Anexo 6

1. PROCESSO: Moldagem por injeção
2. MOLDE: Placa
3. TEMPERATURAS:  
CILINDRO:

ZONAS	I	II	III	IV
°C	210	210	220	230

4. TEMPO (S)  
Injeção: 13  
Recalque: 14  
Resfriamento: 80

5. PRESSÃO (Kgf/cm<sup>2</sup>)  
Injeção: 90  
Recalque: 83

6. TEMPO DE INJEÇÃO: "3"

7. VELOCIDADE DE INJEÇÃO: Máxima

8. ROSCA

Rotação: 180 RPM

Curso de alimentação: Amostra 1 140mm

128mm (demais amostras)

OBS.: As temperaturas utilizadas a partir da amostra 13, foram:

ZONA III = 240°C e zona IV = 250°C



## ANEXO 7

### CONDIÇÕES PADRÃO DE PROCESSAMENTO

1. Processo: granulação
2. Matriz: Cabeçote com 6 furos
3. Temperaturas:

Zonas	I	II	III	IV	V
Temperaturas (°C)	210	230	240	250	230

4. Rotação da Rosca: 50 RPM
5. Amperagem do motor: 25 A



## ANEXO 8

### CONDIÇÕES PADRÃO DE PROCESSAMENTO - (OR - D/02)

1. Processo: Moldagem por injeção

2. Molde: Disco

3. Temperaturas

3.1. Cilindro

ZONAS	I	II	III	IV	BICO
°C	200	210	230	240	TOTAL

3.2. Água - Ambiente

4. Tempo (s)

4.1. Injeção - 3,0

4.2. Recalque - 4,0

4.3. Resfriamento - 15,0

5. Pressão (Kg/cm<sup>2</sup>)

5.1. Injeção - 75

5.2. Recalque - 65

5.3. Fecha,ento - 105

6. Velocidade (s)

6.1. Injeção - 2,0

6.2. Contra Pressão - 2,0

7. Rosca

7.1. Rotação - 190 RPM

7.2. Curso de Alimentação - 3,5cm





8. BIBLIOGRAFIA

1. Bill Meyer, F.W. - "Testbook of Polymer Science"
2. Rodriguez. F. - "Principles of Polymer Science"
3. Beck, R.D. - "Plastic Product Design"
4. Miles, D.C. & Briston, J.H - "Tecnologia dos Polímeros"
5. Ogorkiewick, R.M. - "Thermoplastics - Effects of Processing".
6. Handbook of Plastics Engineering" - SPE Publication
7. Machion, P.G. & Simielli, E.R - Apostila sobre polipropileno, Brasil -1980
8. Manual de Instruções de Equipamentos para extrusão de filmes tubulares de polipropileno.
9. Machion, P.G - Apostila sobre Aplicações do polipropileno em Embalagens Flexíveis - Outubro/1982.