

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS  
CURSO: ENGENHARIA DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

TÍTULO: Análise do Comportamento da Fibra Natural de Si  
sal em Comparação com a Fibra Sintética de Vidro,  
em Plástico Reforçado.

ALUNA: MARIA DO SOCORRO SILVA

ORIENTADOR: MARIA DO SOCORRO LACERDA  
JOÃO KENKITE TAN

LOCAL: LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS  
CCT/PRAI/UFPB

CAMPINA GRANDE - PB

DEZEMBRO/1985



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

## Í N D I C E

	Página
1 - INTRODUÇÃO .....	04
1.1 - Aspectos Gerais .....	04
1.2 - Plástico Reforçado .....	05
2 - PROPRIEDADES COMPARATIVAS DE ALGUMAS FIBRAS .....	09
3 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS FILAMENTOS DE VIDRO ....	10
4 - AS FIBRAS DE VIDRO PODE APRESENTAR-SE DA SEGUINTE MA NEIRA .....	10
5 - COMPOSIÇÃO .....	12
5.1 - Características das Fibras de Vidro .....	14
5.2 - Aplicações das Fibras de Vidro .....	14
5.3 - Vantagens e Desvantagens das Fibras Sintéticas	16
6 - FABRICAÇÃO DA FIBRA DE VIDRO .....	19
6.1 - Acabamento da Fibra de Vidro .....	20
7 - CARACTERÍSTICAS DA FIBRA NATURAL DE SISAL .....	24
7.1 - Padronização da Fibra .....	24
7.2 - Quanto as Classes da Fibra Natural .....	24
7.3 - Tipos de Fibras .....	25
7.4 - Refugo .....	27
7.5 - Quanto as Sobras ou Restos de Fibras .....	27
7.6 - Resíduos de Beneficiamento .....	28
7.7 - Seleção e Conservação .....	29
8 - CARGAS OU MATERIAIS DE ENCHIMENTO .....	29
9 - PIGMENTOS E CORANTES .....	32
10 - DESMOLDANTES OU SEPARADORES .....	35

10.1 - Influência da Carga sobre as Propriedades Física ou Mecânica do Laminado Fibra de Vidro - Resina .....	36
10.2 - Influência do Tipo e Proporção da Carga sobre a Viscosidade da Resina .....	37
11 - METÓDO DE MODELAGEM .....	38
11.1 - Modelagem Manual ou por Contato .....	41
11.2 - Modelagem com Membrana Elástica .....	43
11.3 - Modelagem com Pistola .....	44
11.4 - Modelagem com Molde Duplo a Pressão .....	45
11.5 - Modelagem por Envolvimento ou Enrolamento ..	47
12 - DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS DE VIDRO .	50
12.1 - Resistência Específica .....	50
12.2 - Resistência ao Choque .....	51
12.3 - Estabilidade Dimensional .....	51
12.4 - Resistência Térmica .....	52
12.5 - Resistência Química .....	52
12.6 - Transmissão de Luz, Calor .....	53
- RESINA POLIÉSTER .....	54
- MATERIAIS E MÉTODOS .....	58
- TABELAS .....	60/61
- RESULTADOS EM DISCUSSÕES .....	62
- CONCLUSÃO .....	65
- BIBLIOGRAFIA .....	66

## A P R E S E N T A Ç Ã O

Este Relatório apresenta as atividades desenvolvidas por MARIA DO SOCORRO SILVA, aluna do curso de Engenharia de Materiais do Departamento de Engenharia Química do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, no período de 11 de setembro a 30 de novembro de 1985, sob a orientação dos Professores João Kenkete Tan e Maria do Socorro Lacerda.

## A G R A D E C I M E N T O S

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me permitido realizar este estágio com pleno êxito e saúde.

A toda minha família, por está sempre ao meu lado me dando bastante apoio, incentivo e grande impulso para que iniciasse minha carreira profissional.

Ao Departamento de Engenharia Química do Centro de Ciências e Tecnologia, que sempre nos deu apoio e contribuiu muito com o nosso estágio.

Aproveito a oportunidade para agradecer aos Professores João Kenkite Tan e Maria do Socorro de Lacerda, pela dedicação e orientação nas atividades.

## O B J E T I V O

Este trabalho objetivou-se em analisar o comportamento da fibra natural de sisal em comparação com a fibra sintética de vidro, em Plásticos Reforçados; visando a análise da resistência mecânica em ambos, para que possamos substituí-las em algumas moldagens de Plásticos Reforçados. Como também avaliar o custo de obtenção do produto sintético em relação ao beneficiamento da fibra de Sisal, posicionando o sisal como uma solução regional na fabricação de materiais reforçados

## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 - Aspectos Gerais

Materiais Plásticos reforçados tem um imenso campo de aplicações, surgindo no espaço dos últimos quinze anos com o aparecimento das resinas poliéster e epóxi reforçadas com fibra de vidro. Sua admirável qualidade de resistência e facilidade de moldagem com equipamento de baixo custo, prometem o deslocamento paulatino, senão a complementação dos materiais considerados clássicos. São eles: metais, vidro e madeira, que tem por si mesmo uma posição definida da Indústria, só sendo substituídos por materiais que apresentam melhores propriedades e sejam capazes de com eles competirem economicamente. Até o momento somente os plásticos reforçados com técnicas cada vez mais apuradas de obtenção, tem conseguido este resultado.

A acelerada evolução técnico-científica de nosso século vem-se polarizando em torno, principalmente nos setores da astronáutica, energia atômica, eletrônica, medicina e dos plásticos. Estas aplicações nestas indústrias requerem cada uma delas propriedades muito diferentes do material, que podem por vezes serem extremas tais como: máxima resistência específica; resistência a corrosão; ausência de absorção d'água; máxima resistência absoluta e boas propriedades dielétricas, características que nenhum material até o momento pôde reunir pro si só.

Estas propriedades extraordinárias e outras complementares permitiram aos Plásticos Reforçados ocupar o lugar

dos materiais tradicionais, além de possibilitar a solução de problemas tecnológicos modernos, que estavam além das possibilidades dos materiais tradicionais.

## 1.2 - O Plástico Reforçado

O Plástico Reforçado é constituído em primeira análise em duas partes principais (anexo 1)

Aglomerante - plásticos de diferentes naturezas, puras ou com aditivos.

Refôrço - fibras de variadas naturezas e orientações.

O aglomerante tem a finalidade de unir o elemento de reforço, responsável pela resistência mecânica, o aglomerante designa-se pelo termo matriz.

### a) Materiais Aglomerantes

Podemos dividir os materiais plásticos em dois grandes grupos:

#### Termo Plásticos

São os plásticos que no momento de emprego já se acham polimerizados e são possíveis de fusão e recuperação com elevação de temperatura. Ex: poliestireno.

No entanto estes materiais apresentam-se com um conceito diferente do que preside esta nova indústria, pois exigem moldes custosos e altas pressões de moldagem. Tem pouco emprego pois apresentam pouca adesão com os materiais comumente utilizados como reforço e sua técnica ainda não está perfeitamente desenvolvida. De forma que fazemos apenas ligeira menção, posteriormente, a estes materiais. Apresentam-se no estado sólido sob a forma de pó, granulos ou aparas.

#### Termo Estáveis

São os plásticos não possíveis de recuperação após sua polimerização. São os empregados em grande escala na fabricação dos plásticos reforçados, e dentre eles os mais utilizados são:

Resina Poliester - resinas alquídicas não saturadas que encerram vários grupos de ésteres combinadas com monômeros de baixa densidade, como o estireno produzem as resinas do tipo poliéster que são as mais utilizadas na fabricação dos plásticos reforçados, que apresenta-se no seu estado natural líquido.

Adicionando-se a estas catalizadores adequados como peróxido de metil-etil-cetona (abreviado como peróxido de MEK), peróxido de benzoila ou Butanox-M-50 que foi o catalizador utilizado em nossas práticas, a resina se converte por polimerização de um líquido em um sólido infusível e insolúvel. Costuma-se para aumentar a velocidade de polimerização adiciona-se aceleradores como o nafteno de cobalto como também pode-se

promover o aquecimento da resina.

As resinas são cem por cento reativas, com reação exotérmica não desprendendo produto algum durante a polimerização ou cura.

A resina ao curar passa do estado líquido para um estado intermediário de consistência gelatinosa, ao qual chamamos ponto de geleificação, a partir deste estado já não é possível a reconversão da resina a líquido. São aplicadas em Plásticos Reforçados, Adesivos, Materiais de Revestimentos.

Resinas do tipo Epoxi tem ultimamente expandido seu campo de aplicação de maneira notável por possuir propriedades gerais melhores que as do tipo poliéster, embora sejam mais caras que esta última.

Estas se caracterizam por conter um grupo reativo epóxi e são obtidas normalmente da reação de epícloridrina com bifenol.

Através de variações dos reagentes (tipo e %) consegue-se uma extensa família de polímeros lineares com diferentes pesos moleculares e pontos de fusão que varia de  $9^{\circ}\text{C}$  a  $200^{\circ}\text{C}$ .

As utilidades com plástico reforçado são normalmente líquidas à temperatura ambiente.

Se a cadeia da resina epóxi for linear ela tem característica de termo plástico. Porém na indústria de plástico reforçado interessa que ela seja termo estável, para isso é necessário transformá-lo de polímero linear a tridimensional. Is

to se consegue por reação com aminas, ácidos poli básicos ou com resinas fenólicas de ureia e melamina.

Suas aplicações:

Revestimentos - excelente adesão, brilho, resistência mecânica e química.

Adesivos - para metal, plástico, madeira, borracha;

Isolante elétrico - em reatores, geradores, transformador;

Adesivo em laminados tipo fórmica;

Como plástico reforçado.

#### b) Materiais de Reforço

Os materiais plásticos comuns apresentam inconvenientes e sua pequena resistência mecânica e fragilidade a choques. A introdução do reforço, que é feito normalmente sob a forma de fibras, produz o efeito de alívio das concentrações de tensões proporcionando um efeito de amortecimento dos esforços sobre o plástico, pois estes esforços são transferidos para o reforço.

Outra vantagem que tem o plástico reforçado é de amortecimento de vibrações pois não as propaga, além de grande resistência a choques mecânicos.

Os materiais de reforço mais utilizados são: fios

ou fibra de nylon, vidro, amianto, boro, metais ou carbono.

## 2 - PROPRIEDADES COMPARATIVAS DE ALGUMAS FIBRAS

<u>FIBRA</u>	<u>RESIST. A TRAÇÃO</u> (kg/mm <sup>2</sup> )	<u>ALONGAMENTO</u> <u>ATÉ A RUPTURA</u> (%)	<u>MÓDULO DE</u> <u>ELASTICIDADE</u> E (kg/mm <sup>2</sup> )
Seda Natural	30 a 60	20 a 25	850 a 1300
Algodão	30 a 70	3 a 7	600 a 1100
Sisal	52 a 65	2 a 2,5	-
Nylon	60 a 90	20 a 30	580
Vidro Fio	140 a 200	2 a 3	7000 a 8000
Vidro Filamento	250 a 350	3 a 4	7000 a 8000

Os de uso mais destacado e generalizado são os reforços de vidro e de asbesto, pois oferecem possibilidades mais vantajosas quanto às necessidades técnicas. No Brasil só se utilizam reforços vegetais (objetos de adorno) ou fibra de vidro.

O filamento de vidro é normalmente fabricado no diâmetro de 0,005mm a 12,70 e nunca é utilizado nesta forma de vidro as dificuldades de manuseio. Ele é empregado na sua forma mais simples como um traçado de 50 a 60 filamentos que constitui o fio. O vidro utilizado em sua fabricação é de natureza neutra portanto não reagente.

3 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS FILAMENTOS DE VIDRO

- Peso específico -  $2,55 \text{ g/cm}^3$
- Resistência à tração -  $35.000 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidade a tração -  $7,5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
- Tenacidade a seco - 6 a 7 g/dinier
- Alongamento até a ruptura - 3 a 4%
- Recuperação elástica - 100%
- Coeficiente de condutibilidade térmica -  $0,89 \text{ cal/m/h}^\circ\text{C}$
- Coeficiente de dilatação linear -  $4,6 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- Calor específico -  $0,19 \text{ cal/kg/}^\circ\text{C}$
- Conteúdo de umidade - 0%
- Rigidez dielétrica (valor eficaz) - 100 KV/mm
- Resistência de volume -  $2 \times 10^6$  a  $5 \times 10^9 \text{ M/cm}$
- Constante dielétrica entre 50 e  $10^6 \text{ Hz}$  - 6 a 7
- Índice de refração -  $1,55 \pm 0,01$
- Comportamento com passagem da luz - transparente
- Comportamento com calor: perde a tenacidade a partir de  $320 \text{ }^\circ\text{C}$ ; se plastifica a  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  e logo se funde formando gotas redondas incandescentes que ao esfriar-se tornam esbranquiçadas.

4 - AS FIBRAS DE VIDRO PODE APRESENTAR-SE DA SEGUINTE MANEIRA:

Monofibra, fio ou fibra simples;

Fibras contínuas (roving);

Tecidos; mantas ou fibra cortada.

Os fios contínuos são apresentados sobre a forma de monofibra (traçado de 50 a 60 fios) conhecido em ingles como yarn, é formado sob a forma de bobinas ou sobre a forma de fibras contínuas que é um conjunto de 60 monofibras. Estas últimas são também bobinadas e recebem em ingles o nome de roving. São utilizados na fabricação de dutos, tanques circulares ou em peças que devam ter alta resistência, pois o plástico reforçado com 90% de fibras, é possível de ser processado como peças que devam resistência em uma só direção. Os tecidos de fibra de vidro podem ser obtidos a partir do yarn quando são denominados em ingles de fabric. Falando de forma geral os tecidos dão ao plástico reforçado o tipo de reforço que concede melhores características mecânicas, são também os mais fáceis de trabalhar, no entanto são os de custo mais elevado. São fabricados numa faixa extensa de tramas, pesos e espessura. Podem conceder ao plástico reforçado resistência igual em 2 ou em 4 direções.

Quando os tecidos são obtidos a partir do roving recebem a denominação de wovem ravings. São em geral mais pesados que os fabric e são feitos apenas com um tipo de trama. Proporcionam alta resistência às peças e são de custo inferior aos fabrics. São de manuseio mais difícil que os fabrics sendo portanto utilizados no fabrico apenas de grandes peças tais como: botes e estampas para chapas.

#### Fibra Cortada

São obtidas a partir do roving e cortadas nos comprimentos de 1/4, 1/2, 1 1/2 ou 2 polegadas. São utilizadas

na fabricação de preformas das quais falaremos posteriormente. De modo geral são empregadas nos processos de fabricação seria dos. Conferem baixa resistência ao plástico reforçado, no entan to tem a vantagem de torná-lo um material com propriedades mecânicas isotrópicas.

#### Manta

São mais baratas no entanto os mais difíceis de trabalhar. Obtem-se com as mantas plásticos reforçado com con teúdo de vidro que não ultrapassa 60%, conferindo portanto às peças resistência média.

#### 5 - COMPOSIÇÃO

O vidro plano, o vidro de garrafas e de objetos de adorno etc, não apresenta nenhuma característica mecânica ex traordinária pelo contrário, caracterizam-se pela extrema fragi lidade. No entanto o vidro estirado em fios delgados tem suas propriedades consideravelmente modificadas.

A medida que o diâmetro das fibras diminui, o vi dro antes rígido, torna-se flexível, sua baixa resistência ini cial aumenta rapidamente até sobrepujar a de todas as demais fi bras conhecidas, sendo desta forma apto a constituir material de reforço.

Fisicamente define-se o vidro como um líquido sub resfriado por apresentar ordenação da estrutura "amorfa" dos lí

quidos. Suas propriedades: temperatura de fusão, viscosidade a quente, coeficiente de dilatação, resistência química, estão intimamente relacionadas com sua composição qualitativa e quantitativa.

O principal componente do vidro é o bióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) (Areia), agregam-se a este óxido fluidificante que tem como efeito baixar o ponto de fusão tais como: o óxido de sódio e o óxido de potássio  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ . Formando uma combinação de 25% de  $\text{Na}_2\text{O}$  com  $\text{SiO}_2$  o ponto de fusão deste último baixa de  $1700^\circ\text{C}$  a  $775^\circ\text{C}$ .

Outros óxidos chamados estabilizadores ou corretores podem ser adicionados com o fim de proporcionar características especiais são:  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{MgO}$ . A função dos estabilizadores ou corretores é completar com as respectivas frações molares a energia de manutenção.

Uma composição representativa do vidro comum (vidro sódico ou vidro alcalino ou tipo "A") é a seguinte:

$\text{SiO}_2$	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	$\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$
75%	15%	10%

Este vidro não é utilizado para a fabricação de fibra de vidro, a sua baixa resistência a umidade e certas propriedades necessárias a fabricação do filamento usa-se o anidrido bórico,  $\text{B}_2\text{O}_3$ . Sua composição aproximada.

$\text{SiO}_2$	$\text{B}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3.\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$
54%	9%	36,2%	0,8%

Este vidro é conhecido como vidro tipo E ou vidro elétrico, em virtude de suas aplicações elétricas que requerem grande resistência a água.

### 5.1 - Características das Fibras de Vidro

Para a fabricação de fibras de vidro é necessário um vidro especial, vidro tipo E, contendo principalmente ôxido de silício, alumínio, boro, cálcio e com um teor alcalino menor que 1%, conforme descrições da literatura.

Como material básico de reforço, várias são as características inerentes às fibras de vidro que as tornam um produto ideal neste campo.

- Alta resistência à tração
- Perfeita elasticidade
- Boas propriedades térmicas (são incombustíveis e dissipam bem o calor)
- Excelente resistência à umidade
- Excelente estabilidade dimensional
- Excelente resistência à corrosão
- Excelente características elétricas (alta rigidez e baixa constante dielétrica)

### 5.2 - Aplicações das Fibras de Vidro

Os plásticos reforçados com fibras de vidro são

materiais básicos de engenharia que a cada dia encontram maiores aplicações, devido não somente a uma combinação impar de qualidades, mas também a simplicidade dos processos de fabricação e ao baixo investimento requerido no caso de pequeno volume de produção.

As oito propriedades básicas que caracterizam os produtos acabados de fibra de vidro são:

- Flexibilidade de projeto (contornos complexos e peças grandes são economicamente fabricadas em peças inteiriças, sem emendas); resistência à corrosão; estabilidade dimensional; consolidação de peças (onde seriam necessárias várias peças com outros materiais, uma única peça de fibra de vidro resolve o problema); baixo peso; baixo custo ferramental (normalmente os moldes são feitos de poliéster reforçados com fibras de vidro).

Todas as características acima englobadas em um único material fazem com que a fibra de vidro seja utilizada nos seguintes mercados:

- Nos transportes como carrocerias em geral, cabinas, tanques para transportes de líquidos; na construção civil em painéis divisórios, casas pré-fabricadas, telhas, aparelhos sanitários, caixas d'água, dutos; em náutica nos bores, lanchas de grande envergadura, boias de sinalização submergíveis; em aplicações elétricas, nos isolamentos de transformadores, motores e geradores, circuitos impressos, interruptores etc; em aeronáutica e militares, cones de foguetes, partes estruturais

de aeronaves, rotores de asa, radomes, garrafas e esferas de pressão, barcos de ataques, etc; nas aplicações industriais como revestimentos de tanques e dutos que contenham fluidos corrosivos e sob pressão, dutos de ventilação, engrenagens, containers, etc.; nos esportes, em varas de pescas, arcos e flechas, carrinhos de golfe, parques infantis; no setor mobiliário em móveis para escritório, escolas e auditórios, móveis de piscinas, de onibus, etc.

Diversas são as resinas plásticas que podem ser reforçadas com fibras de vidro (nylon, polietileno, ABS, epoxy, poliest-r, polipropileno, etc). Destas, a mais importante é o poliéster que é fornecido sob a forma de um líquido viscoso que é catalizado no momento da utilização sendo que então, uma reação química se processa e o poliéster líquido se transforma em sólido. O poliéster (ainda líquido, antes de efetuada a cura) é misturado às fibras de vidro por meio de pincéis ou equipamentos especiais.

É por este motivo, que peças de contornos complexos são facilmente, conseguidos, porque o material está sob a forma líquida no momento da moldagem, a cura ou endurecimento se processa no molde.

### 5.3 - Vantagens e Desvantagens da Fibra Sintética

Como o material não possui forma inerente, o mesmo permite uma liberdade de forma, possibilitando em diferentes

estruturas, o mínimo de material para uma máxima resistência e rigidez.

A fibra de vidro devido a sua tenacidade e resistência, pode ser empregada em pequenas espessuras o que acarreta redução na carga estática suportada pelas estruturas inferiores, ao contrário do concreto que raramente pode ser usado em espessura inferior a 1", a fibra sintética (vidro) pode ser usada em espessura de até 1/16", realçando a resistência, leveza e tenacidade.

Quanto à transmissão de luz o material processado comporta-se da seguinte maneira:

	TRANSMISSÃO DE LUZ	TRANSMISSÃO DE ENERGIA SOLAR
Chapa fosca	78%	64%
Chapa branca	69%	55%
Verde claro	73%	71%

O baixo módulo de elasticidade dos plásticos reforçados nos diz que é necessário aproveitar o máximo sua formabilidade para prover formas eficientes no combate à falha de rigidez inerente.

O custo por quilo da fibra de vidro não é baixo, porém sua leveza, total utilização do material, facilidade de fabricação e instalação o torna bastante competitivo.

Em relação a durabilidade, a fibra de vidro tem

revelado casos de grandes e pequenas durações. Peças bem construídas prestam bom testemunho do material sobre um considerável número de anos, ao passo que as de má qualidade tem falhado com poucos anos de uso. Quando examinadas estas peças apresentam uma ou mais das falhas seguintes: baixa qualidade de fabricação resultando em porosidades superficiais e má distribuição de vidro e resina; as fibras que assomam à superfície, ficando espostas e não cobertas pela resina. A água penetra no laminado ao longo das fibras, destruindo a união vidro-resina, enfraquecendo o laminado e diminuindo o coeficiente de translucidez; resinas mal formuladas e sem a adição de absorvedores de radiações ultravioleta; os detalhes de projeto ocasionando altas concentrações de tensões em pontos de fixação ou cantos vivos, o que resultam em rachaduras; no caso de mudança de coloração, má escolha dos pigmentos.

As medidas que devem ser tomadas para se corrigir estas influências à cima, que diminuem a qualidade do material, são: resinas formuladas para resistir às intempéries; melhor cuidado na fabricação, principalmente com o uso de Gel-Coat nas superfícies expostas ao ambiente agressivo, para impedir que as fibras de vidro percam a sua adesividade.

A resistência ao foto é provavelmente o mais importante aspecto da fibra de vidro no que diz respeito à construção civil. Como qualquer outro material orgânico, todos os plásticos reforçados se decompõem com o calor. Alguns são auto-extintores, outros são de queima lenta e outros de queima râpida. Devido ao fato de que os constituintes básicos são similares aos da madeira, papel e tecidos, os produtos de combustão

são também similares. Estes produtos da combustão dependem não somente da composição química do material, mas também nas condições da queima.

Com grande disponibilidade de ar, os principais produtos da combustão da maioria dos plásticos, madeira, papel, etc., são gás carbônico e água. Em atmosferas pobres em oxigênio, haverá maiores porcentagens de monóxido de carbono e fumaça. Se nitrogênio, cloro, fluor, enxofre, etc., estão presentes nos plásticos, eles também estarão presentes nos gases liberados. Neste caso pode haver perigo de toxidez.

#### 6 - FABRICAÇÃO DA FIBRA DE VIDRO

São vários os processos de fabricação dos filamentos elementares embora todos sejam baseados no princípio do estiramento a alta temperatura, por tração mecânica ou por ação de fluidos em movimento.

O fio simples apresenta-se como um agragado de vários filamentos elementares contínuos e descontínuos. No primeiro caso recebe o nome de SILICONE e no segundo caso VARRAME ou STAPEL (muito pouco usado não será mencionado o processo de fabricação).

Basicamente a fabricação se processa em um pequeno forno de características especiais. Estes recebe as matérias primas já misturadas ou então recebe o vidro sob forma de esferas. Na parte inferior deste forno existe uma fieira feita em liga de platina-rádio, que serve de aquecedor, funcionando por

efeito joule, para orientação do polímero inorgânico. (anexo 2)

O vidro fundido a cerca de  $1400^{\circ}\text{C}$  passa através dos orifícios da fieira, solidificando-se em seguida formando o filamento elementar. Estes filamentos são tracionados à velocidade de 60m/s e são unidos ou enrolados numa forquilha formando fio ou fibra simples.

As fieiras normalizadas possuem 102, 204 ou 480 orifícios com diâmetro ( $\emptyset$ ) de 3,10 ou 12 microns, dando origem a vários tipos de fios.

O fio antes de ser enrolado em bobinas recebe um tratamento químico chamado enzimagem. A enzimagem consiste no embebimento por um óleo ou resina emulsionável em água, dos filamentos primários para que estes unam-se entre si. Tem a finalidade também lubrificadora, reduzindo o atrito e facilitando o uso posterior na tecilagem.

O vidro comum possui uma resistência a tração da ordem de 3 a 4  $\text{kg}/\text{mm}^2$  alcançando excepcionalmente 8  $\text{kg}/\text{mm}^2$ . Reduzindo a forma de filamentos sua resistência a mesma solicitação cresce a 350  $\text{kg}/\text{mm}^2$ . O que acontece para justificar tão grande aumento de resistência pode ser explicado pela presença dos isômeros, através do aparecimento de tensões internas de coesão semelhantes ao comportamento nos aços temperados.

#### 6.1 - Acabamento da Fibra de Vidro

A fibra de vidro não é utilizada no estado natu

ral em que sai das fieiras. Antes do fio simples ser bobinado ele recebe um tratamento chamado enzimagem.

A enzimagem que é aplicada, deve possuir as seguintes propriedades de forma ideal:

- 1 - Aderir a superfície dos filamentos primários.
- 2 - Impedir o efeito abrasivo derivado do roçar dos filamentos primários entre si.
- 3 - Manter unidos os filamentos que formam o fio simples sem no entanto permitir que os fios tenham aderência entre si na bobinagem.
- 4 - Facilitar ulteriores operações de dobramento, torcimento, etc., que ocorrem na tecelagem.
- 5 - Serem compatíveis com as resinas de qualquer tipo usadas nos plásticos reforçados.
- 6 - Criar uma ligação química definitiva entre a fibra de vidro e as resinas.

Como um preparado com todas estas propriedades não existe, usam-se 2 tipos distintos de enzimagem:

- 1 - Enzimagem têxteis que atendem às exigências de 1 a 4
- 2 - Enzimagens para plástico reforçado que atendem às exigências de 5 a 6.

Os primeiros aplicam-se exclusivamente aos fios

destinados a operações de tecelegem, e tem como exclusiva finalidade protegê-los e proporcionar-lhes as melhores características têxteis. São denominados acabamentos tipo T. São constituídos por óleo mineral, por um composto orgânico apropriado como a dextrina ou por produtos graxos vegetais. A proporção de resíduo seco que fica nos filamentos é de 2 a 4% em peso. Estes acabamentos são incompatíveis com as resinas de uso corrente.

O segundo tipo de enzimagem tipo P não atendem satisfatoriamente os pontos de 1 a 4 especialmente este último. Portanto só podem ser empregados em fibras de vidro que são usadas sob a forma de fibras simples, roving ou mantas. São feitos fundamentalmente a base de emulsões de poliacetato de vinil com compostos orgânicos de cromo que asseguram uma boa ponte de união resina-vidro, dando-lhes propriedades hidrofugas que melhoram as características do plástico reforçado em estado úmido. A proporção destes acabamentos depositada sobre o vidro é da ordem de 0,6 a 3% em peso.

Desta forma os tecidos obtidos a partir de filamentos tratados com enzimagem T devem sofrer um duplo tratamento: a operação de desenzimagem e depois a aplicação de um outro agente de acabamento capaz de dar as propriedades 5 e 6.

A desenzimagem pode ser por via térmica, química ou por uma combinação de ambas.

A via térmica consiste em manter o tecido a uma temperatura de 300 - 320°C até conseguir que o resíduo caia a uma proporção de 0,5%. Os fios adquirem neste tratamento uma leve cor marrom.

Por via química processa-se uma lavagem com água e detergente seguida de uma secagem a baixa temperatura até o resíduo atingir 0,3%. A cor branca é conservada.

A limpeza térmica a temperatura de 400 - 500°C por várias horas ou o tratamento mixto (lavagem e tratamento posterior no forno a 400 - 500°C) são os que produzem melhores resultados deixando um resíduo de 0,1 a 0,15%.

Quanto aos agentes de finish que tem a mesma finalidade da enzimagem P, sua importância é muito grande. O vidro em si não dá boa ligação com as resinas, por outro lado boas características mecânicas de plástico reforçado dependem da íntima adesão, aglomerante reforço ou seja de suas propriedades individuais.

Ao criar maior afinidade entre vidro e resina, os finishes influem sobre a velocidade de impregnação do tecido e para eliminação de bolhas e descintinuidades. Além disso este tratamento tem propriedades hidrófugas, impedindo a invasão de água por via capilar na superfície de separação fibra-resina, pois de outra forma o plástico reforçado teria suas propriedades mecânicas e elétricas seriamente afetadas.

Os finishes são divididos em:

- Compostos crômicos (cloreto de metacrilato crômico) conhecido comercialmente por volan da Du Pont e Vitrafix da Imperial Chemical.

- Derivados da Silana ( $\text{SiH}_4$ ) do tipo vinil-silana como o Garan e outros produtos fabricados pela Dow Corning e pela Union Carbide.

- Compostos a base de silicones para proporcionar aos tecidos certas propriedades específicas.

Estes produtos apresentam diferentes compatibilidades com os vários tipos de resinas. Alguns como o Valan e Vitrafix, oferecem para condições correntes de emprego dos plásticos reforçados, condições de adesão igualmente satisfatórias com as resinas mais usadas em plástico reforçado (poliésteres, epóxys fenólicas) podendo considerar-se de uso geral.

## 7 - CARACTERÍSTICAS DA FIBRA NATURAL DE SISAL (AGAVE SISALANA PERRINE)

### 7.1 - Padronização da Fibra

A fibra de Sisal ou Agave (Agave Sisalana Perrine), família Amarilidaceae, destinada à exportação, será classificada em classes e tipos, segundo o comprimento e a qualidade, de conformidade com as especificações a seguir indicadas.

### 7.2 - Quanto as Classes da Fibra Natural

A fibra de Sisal ou Agave, segundo o comprimento, será classificada em 4 classes:

EL - Extra Longa: fibras de comprimento acima de

110cm.

L - Longa: fibras de comprimento acima de 90cm até 110cm.

M - Média: fibras de comprimento acima de 70cm até 90cm.

C - Curta: fibras de comprimento acima de 60cm até 70cm.

### 7.3 - Tipos de Fibras

A fibra de Sisal ou Agave, segundo a qualidade, preparo, estado de maturação, cor, brilho, maciez, estado de limpeza, teor de umidade e resistência, será classificada em 4 tipos:

#### Tipo Superior (TS):

Será constituído de fibras bem lavadas, secas e bem batidas ou escovadas, de cor creme-clara uniforme, em ótimo estado de maturação e conservação, resistentes, com brilho e maciez bem acentuados, com teor de umidade que não exceda de 13,5%, bem soltas e desembaraçadas, isentas de manchas e impurezas, de substância pectica, de entrançamentos, de nós, de fragmentos de folhas e cascas, bem como de outros quaisquer defeitos.

Tipo 1: Será constituído de fibras de cor creme-

clara ou amarelada, em ótimo estado de maturação, secas e bem batidas ou escovadas, macias em toda a sua extensão, de brilho e resistência normais, com teor de umidade que não exceda de 13,5%, soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, de substâncias pecticas, de entrançamentos, de nós, de fragmentos de folhas e cascas, bem como de outros quaisquer defeitos.

Tipo 2: Será constituído de fibras ligeiramente ásperas, de cor amarelada, pardacenta, com pequenas extensões esverdeadas, em bom estado de maturação, secas e bem batidas ou escovadas, de brilho e resistência normais, com teor de umidade que não exceda de 13,5%, soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, de entrançamentos, de nós e de cascas; sendo tolerados defeitos de beneficiamento e maceração, constituídos por algumas fibras emaranhadas de pouca extensão e profundidade, esparsas concentrações de substâncias pecticas e acentuada variação em relação à cor.

Tipo 3: Será constituído de fibras ásperas, de cor amarelada, com parte de tonalidade esverdeada, pardacenta e avermelhada, em bom estado de maturação, secas e bem batidas ou escovadas, de brilho e resistência normais, com teor de umidade que não exceda de 13,5%, soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, de entrançamentos, de nós e cascas; sendo toleradas defeitos de beneficiamento e maceração, constituídos por algumas fibras emaranhadas de pouca extensão e profundidade, maiores concentrações de substâncias pecticas e mais acentuada variação em relação à cor do que a do tipo 2.

São admitidas, para constituir o Tipo Superior (TS) fibras das classes extra-longa, longa, média, e curta, desde que tenham beneficiamento condizentes com as exigências do tipo.

#### 7.4 - Refugo

As fibras com menos de 60cm ou que não se enquadrarem, pelas suas características, em quaisquer dos tipos descritos no item 7.3, são consideradas refugos, não podendo ser exportadas, constando esse impedimento no certificado de classificação.

#### 7.5 - Quanto as Sobras ou Restos de Fibras

As sobras ou os restos de fibras são classificados em:

a) Resíduos de beneficiamento: quando provenientes das operações de desfibramento, lavagem, secagem, batedura e seleção de fibras, inclusive aparas provenientes de corte das fibras;

b) Resíduos de fiação: quando provenientes da industrialização da fibra.

## 7.6 - Resíduos de Beneficiamento

O resíduo de beneficiamento é classificado em 4 tipos, sendo 3 denominados "bucha" e o último denominado "aparas", com a seguinte especificação:

### Bucha de 1<sup>a</sup>:

Constitui-se de fibras de coloração creme-clara, uniforme, em ótimas condições de conservação, com teor de umidade que não exceda de 14%, provenientes das operações de secagem, batedura e de seleção, isentas de matérias estranhas e nós.

### Bucha de 2<sup>a</sup>:

São fibras de coloração amarelada, pardacenta, avermelhada e esverdeada, em bom estado de conservação, com teor de umidade que não exceda de 14%, provenientes das operações de desfibramento de folhas, contendo fibras com fragmentos de folhas e nós;

### Aparas:

São pedaços de fibras de vários tamanhos, inclusive pontas, porém curtos ou seccionados, soltos, em bom estado de conservação, com teor de umidade que não exceda de 14%, isentos de matérias estranhas, de nós e de mofo, tolerando-se alguns pedaços de fibras unidas por fragmentos ou restos de tecidos foliáceos, somente exportáveis sob a forma de bucha.

### 7.7 - Seleção e Conservação

Os produtos ficam obrigados a proceder à seleção das folhas, por tamanho e qualidade, na ocasião do desfibramento, os enfiadores obrigados a corrigir as divergências de tamanho e tipo que as fibras apresentam.

Para a conservação de suas qualidades originais e bom aproveitamento industrial, as fibras são colocadas na prensa, convenientemente estiradas, porém em curvas suaves nos cantos da caixa, a qual deverá ter, no mínimo 1,30m de comprimento.

Serão classificadas por equivalência nas classes e tipos a que se referem anteriormente, destas especificações as fibras submetidas a tratamentos especiais, desde que conservem grande parte de seu aspecto e demais características originais.

### 8 - CARGAS OU MATERIAIS DE ENCHIMENTO

Quando não há necessidade que o Plástico Reforçado seja transmissor de luz, pode-se agregar às resinas do tipo poliéster e epóxy vários tipos de materiais minerais sob a forma de pás e que são denominados cargas. Estas tem como finalidades principais:

- a) Reduzir os custos de fabricação.
- b) Conferir ao Plástico Reforçado determinadas

qualidades físico-mecânicas tais como:

- 1) aumento da resistência a compressão e do módulo de elasticidade;
- 2) maior resistência nas zonas pobres de reforço reduzindo o perigo de formação de trincas;
- 3) melhora o aspecto e acabamento das superfícies;
- 4) redução ou anulação da contração da resina.

Resina poliéster pura contração de 7 a 8% em volume.

Resina epóxy pura contração de 2 a 3% em volume.

Em princípio uma boa carga deve ter as seguintes características:

- inércia química
- máxima pureza
- baixo peso específico
- porosidade e absorção mínimas para não aumentar a viscosidade da resina
- facilidade de acomodação por ampla gama dos grãos 1 a 18
- custo reduzido
- fácil dispersabilidade.

Com respeito a escolha das cargas, não existem normas fixas, devendo esta escolha obedecer a uma avaliação do

custo as propriedades físico-químicas e mecânicas que se desejam obter.

Outro fator que se deve levar em conta na seleção das cargas são:

- 1) influência que estas possam ter sobre o processo que conduz a cura da resina.
- 2) natureza do meio em que deverá ficar o produto acabado.

No caso (1) tendo em vista o grande número de cargas, resinas e métodos de fabricação convirá fazer ensaios prévios em condições reais antes de passar a fabricação definitiva.

No caso (2) é evidente por exemplo que se a peça irá ficar em meio alcalino exclui-se o uso de sílica e se em meios ácidos deveremos evitar cargas do tipo carbonato de cálcio e similares.

Quanto as quantidades admissíveis não existem normas gerais a respeito, podendo variar de 10 a 100% com relação ao peso da resina, dependendo da natureza da carga, viscosidade resultante da mistura e das propriedades que se desejam nas peças.

As cargas mais utilizadas são:

- Alumina ( $Al_2O_3$ )
- Caolin
- Talco

- Ballotini (esferas diminutas de vidro)
- Carbonato de cálcio
- Carbonato de magnésio
- Pó de mica e amianto
- Pedras homes
- Sílica, quartzo
- Pôs metálicos

#### 9 - PIGMENTOS E CORANTES - ADITIVOS ESPECIAIS

Os pigmentos e corantes servem naturalmente para dar colorido ao Plástico Reforçado tornando-o opaco ou fazendo com que este permaneça translúcido.

Os aditivos especiais adicionados a resina tem como finalidade proporcionar determinadas características como: tinotropicidade, qualidade ignífugas, maior resistência a luz e agentes naturais, etc.

As resinas poliésteres de uso mais corrente são combustíveis e só adquirem resistência a chama e características auto extinguentes quando se adiciona a estas trióxido de antimonio em pó.

Entende-se por propriedade tixotrópica de um fluido a particularidade pelo qual, enquanto em estado de repouso aparenta ter alta viscosidade, porém, quando movimentada por um meio qualquer (pincel, relete, etc) este se comporta como um líquido de mobilidade. Diz-se também desta propriedade que é a

maior ou menor tendência que tem um líquido a escorrer quando aplicado a superfícies verticais ou inclinadas.

Esta propriedade é importante para as resinas pois elas devem ter fluidez suficiente para rápida e perfeitamente impregnar os reforços se deve ao mesmo tempo quando aplicadas sobre superfícies verticais permanecerem sem deslizar até geleificação. Os bons agentes tixotrópicos devem ser aqueles que adicionados as resinas em quantidades mínimas modifiquem bastante a viscosidade aparente. São eles: silício coloidal adicionado na proporção de 1 a 3% em peso, o cloreto de polivinil em pó, e óxidos metálicos de ferro, cromo e zinco.

Os pigmentos e corantes apresentam-se comercialmente sob a forma de pós, líquidos ou pastas, são orgânicos ou inorgânicos dispersos em veículos apropriados que podem ser resinas poliesters. Estas substâncias devem ser dotadas de resistência a luz, estabilidade química e ao calor e não influir nas propriedades da resina ao longo do tempo.

No entanto estes corantes alteram as características de cura da resina acelerando-a ou retardando-a. Podem provocar também o aparecimento de pequenas bolhas de gás. Deve-se sempre realizar ensaios com os corantes antes de utilizá-los em larga escala.

As resinas epóxy são as mais facilmente possíveis de adquirir colorido, vindo em seguida as poliesteres e as silicones; as resinas fenólicas devido a sua cor natural marron escuro não são muito aptas a tingimento.

As proporções de uso dos corantes são variáveis

dependendo do efeito que se deseja. De modo geral usamos 0,5% em peso para os translúcidos, de 1 a 5% para os opacos e 10% para quando somente a camada superficial é colorida (gel-coats).

Outros aditivos especiais:

Pó de alumínio, cobre e outros metais: aumenta a condutibilidade térmica;

Grafite aumenta a condutibilidade elétrica;

Limalha de aço aumenta as condições de magnetismo;

A sílica e o alcóxido de titânio aumenta a dureza da resina.

As resinas poliesters quando estocadas em lugares frescos na ausência de luz tem uma vida útil de aproximadamente 6 meses. Mesmo sem a adição de catalizadores externos a resina sofre uma lenta e progressiva polimerização. Para que se impeça ou retarde este fenômeno, lançamos mão dos agentes inibidores que podem ser de duas naturezas.

Retardantes: não inibidores cuja ação é proporcional à sua concentração e influem sobre a cura da resina mesmo quando adicionados catalizadores; são hidroquinona, fenóis pirogalol, genzaldeído e outros.

Estabilizadores: são os que perdem a ação inibidora a altas temperaturas. Por isso são usados nas resinas destinadas a modelagem a quente permitindo um rápido ciclo de cura. São hidrazina sais de amônio tetravalentes.

## 10 - DESMOLDANTES OU SEPARADORES

As resinas de modo geral tem tendência a aderir depois de curadas às superfícies em que estejam em contacto.

Portanto quando se efetua a modelagem é necessário cobrir os moldes com um agente qualquer que impeça esta adesão facilitando a retirada da peça.

Devido a grande diversidade de resinas e também dos materiais com que se fazem os moldes (madeira, gesso, plástico, etc.) e devido aos vários métodos de fabricação (com ou sem pressão, com ou sem calor) deve-se escolher em cada caso um tipo mais adequado de desmoldante.

De modo geral podem-se agrupar os desmoldantes em 4 grupos:

- a) Ceras, geralmente de carnaúba, emulsões de ceras.
- b) Soluções aquosas de álcool polivinílico, caseína, metil celulose e de silicones.
- c) Soluções em solventes de rápida evaporação, tais como acetado de celulose ou acetado de etila.
- d) Películas como as de acetato de triacetado de celulose (celulose, álcool polivinílico, polietileno) de politetrafluroetileno (teflon).

A cera de carnaúba é um desmoldante ideal para

qualquer tipo de molde e para temperatura de cura da ordem de 90 a 98°C. Geralmente faz-se uma aplicação de cera e sobre esta outra de álcool polivinílico. Devido a lentidão de aplicação ela torna-se inadequada para peças de grandes dimensões e também em produção seriada.

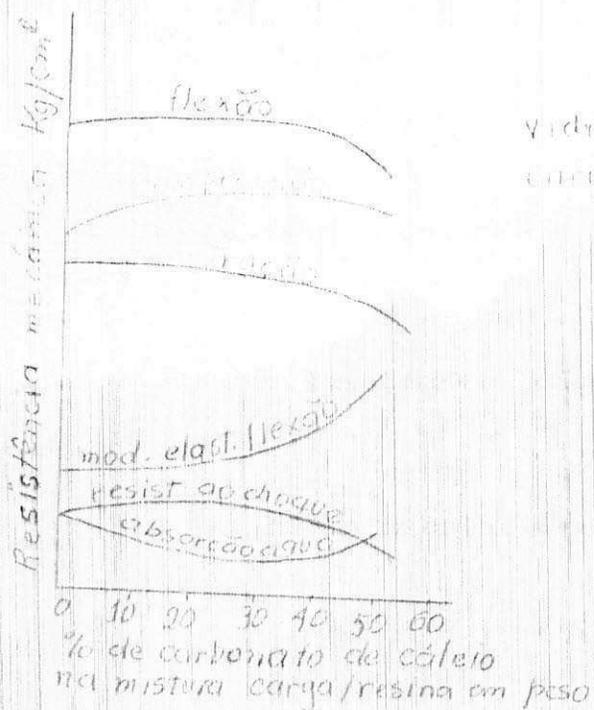
Os desmoldantes do tipo (b) são de aplicação lenta pois deve-se aguardar a evaporação da água. Tem boa aplicação em moldes de madeira, gesso e plástico reforçado de modo geral aplicados em conjunto com as ceras.

Os do tipo (c) resultam excelentes para aplicação em moldes porosos do tipo madeira ou gesso. Sobre moldes metálicos e plásticos sua utilização requer que seja completa a evaporação do solvente.

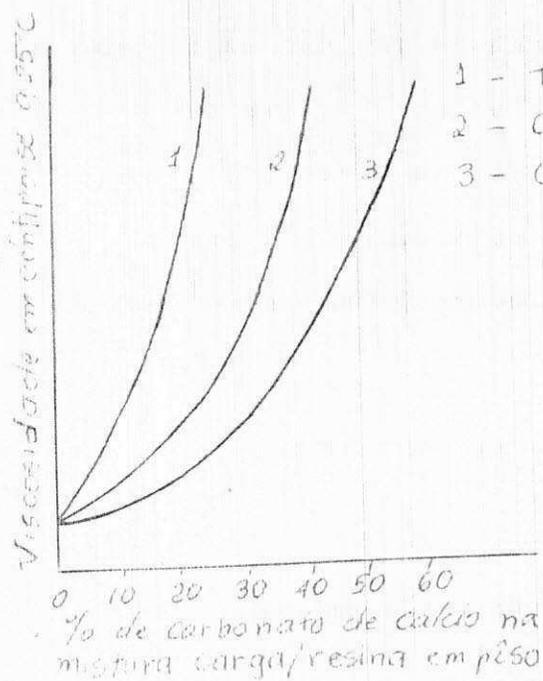
Os agentes separadores do tipo (d) são chamados de permanentes ou semi-permanentes como o verniz de silicone e emulsões de teflon, são interessantes devido ao fato de acelerarem as operações de modelagem na fabricação seriada.

Os tipos sob forma de película como o celofone e o polietileno são reservados preferentemente na formação de laminados planos, ondulados e tubos aonde estes filmes podem ser facilmente adaptados.

#### 10.1 - Influência da Carga Sobre as Propriedades Físico-Mecânica de um Laminado Fibra de Vidro-Resina



10.2 - Influência do tipo e Proporção da Carga Sobre a Viscosidade da Resina



- 1 - Talco peso específico 2,9
- 2 - Caolin peso específico 2,60
- 3 - Carbonato de cálcio 2,71

## 11 - MÉTODOS DE MODELAGEM

### Considerações Preliminares:

Tendo-se uma dada peça a fabricar, o primeiro passo que se apresenta é o de escolha dentre os vários processos de modelagem existentes, daquele que melhor se adapta ao objeto em questão.

Nesta escolha deve-se levar em consideração:

- dimensão da peça
- formato
- características mecânicas desejadas
- acabamento
- quantidade de peças e ritmo de fabricação

Nenhum elemento de Plástico Reforçado pode ser produzido em condições técnicas e economicamente convenientes se o método de fabricação não for exatamente o que corresponde às necessidades do caso específico. Nenhum processo de fabricação em escala comercial, deve-se deixar bem claro, está no alcance do amador, se este não possuir um mínimo de conhecimentos técnico-teóricos e se este não tiver uma prévia experiência de ordem prática.

Os processos básicos mais usuais, dos quais existem uma variedade são:

- a) Modelagem manual ou por contato com um molde.

- b) Modelagem com pistola aspersora
- c) Modelagem com saco plástico, a vácuo ou baixa pressão
- d) Modelagem com molde duplo com pressão
- e) Modelagem por centrifugação
- f) Modelagem por envolvimento ou enrolamento.

Basicamente a formação de uma peça de Plástico Reforçado é bastante simples. Consist- em impregnar um elemento de reforço com resina líquida preparada e mantê-lo em contato com o molde, que dará a forma ao objeto, até que a resina endureça.

Este esquema encontra para sua aplicação, no entanto, uma série de obstáculos que devem ser conhecidos e superados como:

1 - Necessidade de eliminar totalmente as bolhas de ar que ficam aprisionadas no reforço preenchendo estes vazios com resina.

2 - Controle sobre os numerosos fatores que atuam sobre o tempo de cura da resina, cujo endurecimento deve-se efetuar na forma e momento apropriados.

Para superar esta segunda dificuldade, nada melhor que ensaios experimentais aonde se anotam estatisticamente as condições ambientais e quantidades de acelerador, catalizador, carga, etc... empregados.

Não se aconselha o trabalho a temperaturas baixas e tão pouco em presença de elevado grau hidrométrico.

As baixas temperaturas além de aumentarem a viscosidade da resina, dificultando a impregnação de reforços atuam de maneira decisiva sobre o tempo de cura, como pode-se observar pelo quadro comparativo dado abaixo, para certa resina com dada quantidade de catalizador/acelerador.

<u>TEMPERATURA °C</u>	<u>TEMPO DE GELEIFICAÇÃO</u>	<u>TEMPO TOTAL DE CURA COMPLETA</u>
30	10 min	1 a 7 dias
25	15 min	1 a 2 semanas
20	25 min	2 a 3 "
15	50 min	4 a 6 "
10	160 min	alguns meses

Os materiais de reforço devem ser guardados em locais absolutamente secos. Se houver suspeitas de que estes possam ter absorvido humidade, devem ser secados em estufa com temperatura de 60°C, pelo tempo necessário. A presença de umidade nas fibras é sempre prejudicial pois provoca: má adesão resina/fibra; demora na polimerização; formação de borbulhas prejudicando o aspecto e as características mecânicas e elétricas.

As resinas devem ser armazenadas em locais frescos afastadas do sol e de qualquer fonte de calor isoladas da luz natural.

O êxito de qualquer operação depende da correta mistura resina, acelerador, catalizador, cargas, etc. Portanto

esta preparação deve sofrer o mais estrito controle, fazendo-se usos de balanças e provetas graduadas, para o estabelecimento das proporções.

Com relação ao desmoldante, sua escolha, qual quer que seja o método de fabricação deve levar em conta:

- a) processo de endurecimento da resina (a frio ou a quente).
- b) a natureza do material do molde ou matriz.
- c) a importância relativa entre o tempo de aplicação do desmoldante e a duração total do ciclo de produção.

#### 11.1 - Modelagem Manual ou Por Contacto (Hand Lay-up)

É o sistema básico da fabricação de Plástico Reforçado, amplamente utilizado devido à sua simplicidade. Trata-se de método artesanal, lento e que requer habilidade para alcançar resultados satisfatórios. Muito versátil, praticamente não possui limitações quanto às dimensões e formato das peças, podendo ser empregado para executar de poucas peças até uma pequena série.

A moldagem manual requer um só molde (macho ou fêmea), eventualmente separável em duas ou mais partes para facilitar a retirada da peça. Apenas a face da peça em contato com o molde terá bom acabamento, sendo que a outra resultará um pouco rústica.

Os moldes podem ser feitos de gesso, madeira, metal ou mesmo de resina poliéster ou epóxy com fibra de vidro. Necessitam serem r<sup>e</sup>gidos para não transmitir às peças suas deformações.

A técnica de modelagem processa-se da seguinte sequência (anexo 3).

- 1 - Limpeza do molde.
- 2 - Aplicação da cera de carnaúba líquida ou em pasta.
- 3 - Aplicação de agente separador (álcool polivinílico, acetato de celulose) sem grumos ou descontinuidades.
- 4 - Aplicação com pincel ou com revolver de pintura de uma primeira camada de resina. Esta será a camada superficial da peça podendo conter pigmentação (gel-coat).
- 5 - Após a geleificação da resina, adaptação ao molde do reforço seco ou já previamente impregnado.
- 6 - Impregnação do reforço com resina usando pincel ou revolver.
- 7 - Compactação, para que a resina penetre bem no reforço e eliminação de bolhas. Isto pode ser feito com pincel aplicado de ponta e com o rolete assentador (vide anexo 3).
- 8 - Aplicação de outras camadas de reforço seguindo o mesmo procedimento até alcançar a espessura desejada.

Deve-se tomar cuidado com a quantidade de resina a preparar e as % de catalizador usadas para que esta não venha

a gelatinar antes de ser completamente utilizada.

Uma vez iniciada a polimerização, no caso de pequenas peças esta pode ser retirada do molde em 45 minutos, sem que se produzam distorções irreparáveis.

A polimerização pode ser acelerada por aquecimento direto do molde, utilização de estufa (50 a 60°C) ou lâmpadas infravermelhas.

#### 11.2 - Modelagem com Membrana elástica

Trata-se de um melhoramento do processo anterior, representando um processo intermediário entre a modelagem manual e os métodos de modelagem totalmente mecanizados.

Utiliza-se um molde aberto, macho ou fêmea, conforme se deseja uma boa superfície interna ou externa na peça.

O método consiste em substituir a impregnação e compactação manual por uma pressão uniformemente distribuida transmitida ao laminado por uma membrana elástica. O ritmo de produção e uniformidade e qualidade são melhorados.

A técnica operativa é a seguinte: coloca-se no molde (vide anexo 4) o reforço já impregnado de resina. Sobre est- é colocado um diafragma de PVC, borracha sintética ou polietileno de 1 a 3mm de espessura. Por meio de uma guarnição fecha-se hermeticamente o contorno do molde (anexo 4). Liga-se o espaço entre o molde, e o diaphragma a uma bomba de vácuo, passando através de um recuperador de excesso de resina. A depressão

são criada gera uma pressão uniforme que deve estar entre 0,5 a 1 kg/cm<sup>2</sup>, compactando o reforço e expulsando as bolhas de ar.

Um processo mais simples de controlar é utilizando a pressão direta de ar comprimido ou de vapor, entre a membrana e a tampa do molde fechada hermeticamente. Este procedimento pode ser feito dentro de uma autoclave aquecida para acelerar a polimerização (Fig. 5, anexo 4).

Apenas a fase em contato com o molde adquire bom acabamento. Se desejarmos duas fases lisas, podemos eventualmente utilizar um contra-molde. (Fig 5, anexo 4).

### 11.3 - Modelagem com Pistola

Para diminuir a mão de obra e acelerar o processo de modelagem por contato, de peças grandes ou pequenas utiliza-se o sistema de revolver aspersor, capaz de projetar sobre o molde (aberto como os anteriores), simultaneamente resina e fibra de vidro cortada.

Este equipamento é formado por um revólver especial que possui em sua parte superior um cortador de fibra. Este cortador é alimentado com roving, cortando-o no comprimento de 2 a 5cm. Estas fibras são lançadas contra o molde com ar comprimido (Fig 6, anexo 5).

O revólver propriamente dito, é alimentado com resina misturada previamente com acelerador e com catalizador. Existe nele uma câmara que realiza a mistura dos dois.

A resina preparada é então pulverizada com ar comprimido, saindo um feixe, que irá encontrar-se no ar com as fibras cortadas a 20cm das bocas de saída.

Desta forma as fibras ao chegarem ao molde estão perfeitamente impregnadas, e este vai sendo recoberito com elas como numa operação de pintura.

Deve-se proceder com um rolete, a posterior com pactação e expulsão das bolhas de ar.

As vantagens econômicas do sistema em relação a modelagem manual decorrem da maior velocidade de trabalho, utilização de roving mais barato que a manta ou tecido e um menor desperdício de material. A economia global é da ordem de 35 a 40%.

O revólver é suspenso de um braço articulado preso a um carrinho fácil de deslocar. O carrinho além disso é o suporte do tambor de resina, rolo de roving, válvulas de regulação, auto-claves, conteúdo catalizador e éter ou outro solvente que é usado na limpeza da pistola.

#### 11.4 - Modelagem com Molde Duplo a Pressão

Este processo é puramente industrial e permite ciclos de fabricação da ordem de 2 a 3 minutos, em produção de milhares de peças.

Os moldes utilizados são macho fêmea, feitos de aço especial tratado e cromado. Podem ser feitos também de alu

mínio fundido e polido. Os bordos destas matrizes são feitos de maneira a cortar o excesso de material sobrante de forma a apresentar a peça pronta. Tem topos de parada para regular a espesura da peça e são aquecidos por circulação de vapor ou êleo quente.

Nos outros processos sempre ê necessário uma prêvia preparação do molde com um desmoldante. No presente, estes podem ser dispensados devido ao polimento das superfícies. No entanto, costuma-se misturar ã resina estearato de zinco, que, durante a prensagem, aflora ã superfície da peça facilitando a desmoldagem.

O processo se desenvolve na sequência seguinte (anexo 6).

1 - Coloca-se na matriz o reforço previamente recortado ou conformado a seco.

2 - Joga-se dentro da matriz resina preparada e dosada.

3 - Inicia-se a prensagem em duas fases, por meio de prensa hidráulica de duas velocidades:

- a) primeira fase de aproximação rápida quando se processa a distribuição rápida da resina por todo reforço e inicia-se a gelatinação.
- b) segunda fase com velocidade de 3 a 4cm/min para compactação, expulsão do ar, corte das rebargas e polimerização final da resina. Preser

são 3 a 10 kg/cm<sup>2</sup>, temperatura 110 a 130°C para poliester, 70 a 100 kg/cm<sup>2</sup>, 180 a 200°C para outras resinas.

A baixa pressão requerida pelo poliester, ou melhor, para poliester permite a execução de peças grandes com prensas de pouca potência.

#### 11.5 - Modelagem por Envolvimento ou Enrolamento

Este processo em resumo, consiste em envolver em torno de um mandril um reforço de fibra de vidro, sob a forma de roving ou fita prévia ou sucessivamente impregnado com resina.

É o processo que permite alcançar maiores porcentagens de reforço e melhores características cilíndricas ou esféricas para fluidos sob pressão, foguetes, torpedos, em suma qualquer corpo oco que tenha a forma de um sólido de revolução.

Por este processo também podem revestir-se estruturas feitas de outros materiais. Ex: tubos de PVC envolvidos com PRFV (Plástico Reforçado de Fibra de Vidro).

Os princípios cinemáticos e geométricos são os utilizados pela indústria de fiação para distribuir fios sobre cones, bobinas, esferas, etc.

O envolvimento pode ser circunferencial ou helicoidal.

No primeiro caso enrola-se o roving em torno de um mandril rotativo formando um ângulo de  $90^\circ$  com suas geratrizes. Imprime-se ao roving um movimento de translação em relação ao mandril de forma que este vai sendo paulatinamente recoberto (anexo 7).

O mandril pode ser rotativo tracionando o roving que sofre translação ou vice-versa.

O envolvimento circunferencial tem as seguintes desvantagens:

1 - Não permite obter recipientes completamente fechados nos extremos.

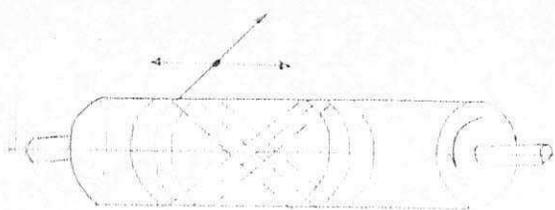
2 - Não se pode fazer cones com ângulo de abertura maior que  $40^\circ$  pois o roving tende a remontar.

3 - Só suporta esforços radiais ou circunferenciais.

O sistema helicoidal, mais complexo, pois permite obter cones com quaisquer inclinações, recipientes com tampa integrada e pode-se dispor o reforço para suportar quaisquer tensões combinadas.

O sistema é basicamente o mesmo com um mandril rotativo e um dispositivo guia fios (Fig.9).

Se cada duas voltas do mandril o guia faz, um deslocamento de ida e volta, obtêm-se uma disposição de espirais em forma de 8 que irá se sobrepondo a cada ciclo. Se a re



relação base 3 a 1



relação base 3 a 1

lação entre o nº de voltas do 1,99 ou maior 2,01, as espirais sucessivas vão-se dispondo umas ao lado das outras tendendo a cobrir toda superfície. Modificando a relação, 3 a 1, 6 a 1, etc, muda-se o ângulo do reforço. Isto pode ser utilizado de acordo com a orientação dos esforços que se tenha. Se o ângulo de inclinação for muito baixo o roving tende a recobrir as extremidades do mandril formando um recipiente totalmente fechado.

A impregnação do reforço procede-se como mostra a Fig. 8, passando o roving por um banho de resina e posteriormente por roletes que expressem o excesso. Pode-se utilizar também roving pre-impregnado.

O mandril ou molde pode ser:

1 - Desarmável, de madeira ou metal que se retira terminada a peça.

2 - Moldes infláveis que se esvaziam completada a operação.

3 - Moldes que ficam incorporados às peças, exer

cendo muitas vezes a função de revestimento. Ex: tubos com alma de PVC resistentes a ataques de agentes químicos, e revestimento estrutural de PRFV.

4 - Moldes com metais de baixo ponto de fusão ou sais solúveis que se recuperam por fusão ou por dissolução.

O roving ou fita normalmente recebe uma pretensão o que melhora as condições de envolvimento e as posteriores características mecânicas.

## 12 - DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS DE VIDRO

### 12.1 - Resistência Específica

Os valores elevados de resistência a tração, e a possibilidade de orientar os reforços permite obter Plástico Reforçado com relações resistência/peso bastante mais elevadas que o da maioria dos metais e ligas especiais. Os Plásticos Reforçados utilizados em veículos especiais alcançam limites de resistência a tração de 150-190 kg/mm<sup>2</sup>.

Esta característica permite substituir o aço com igualdade de resistência e com um ganho em peso de 30, 50 e até 80%. Pode-se perceber a vantagem advinda desta característica na indústria de transporte, pela economia em peso morto, montagem e manutenção.

## 12.2 - Resistência ao Choque

O Plástico Reforçado tem extraordinária capacidade de absorção de energia, especialmente os fabricados com tecidos com alta % de reforço. Nesta característica o Plástico Reforçado de Fibra de Vidro supera a quase todos os metais.

Dentro dos limites de ruptura os Plásticos Reforçados comportam-se como materiais perfeitamente elásticos, obedecendo rigorosamente a lei de Hooke, sem apresentar deformações permanentes.

Peças de Plástico Reforçado suportam sem dano choques que produziriam deformações permanentes no aço e no alumínio. A resistência ao choque depende da % vidro/resina e do tipo de resina (rígida flexível) em maior proporção, depende também da disposição e tipo de reforço e método de fabricação.

A título de exemplo podemos citar que devido a esta característica o Plástico Reforçado é usado em coletes a prova de bala, veículos blindados.

## 12.3 - Estabilidade Dimensional

A fibra de vidro tem coeficiente de dilatação térmico muito baixo, não se dilatam ou contraem com as variações de umidade. Estas vantagens são transmitidas ao Plástico Reforçado que possuem boa estabilidade dimensional com variações de temperatura e umidade.

A título informativo damos alguns coeficientes ' de dilatação térmica linear:

- Plástico Reforçado de Fibra de Vidro ... 7 a  $20 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$
- Ferro .....  $12 \times 10^{-6}$
- Al ..... 22 a  $24 \times 10^{-6}$
- Madeira ..... 50 a  $60 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$

#### 12.4 - Resistência Térmica

As resinas são em geral combustíveis. Algumas resinas poliéster e epóxi, especialmente preparadas, as fenólicas e melamínicas são autiextinguentes. Em todo o caso o reforço de vidro como é incombustível atua como barreira antichama retardante de combustão.

O tipo, fórmula e sistema de cura da resina de terminam a resistência do Plástico Reforçado ao calor.

As resinas poliésteres suportam trabalhos contínuos de 80 a  $100^\circ\text{C}$  e tipos especiais suportam  $160^\circ\text{C}$ .

As fenólicas, epóxi e melamina de 100 a  $130^\circ\text{C}$ .

#### 12.5 - Resistência Química

Os Plásticos Reforçados não são sujeitos a corrosão eletrolítica e oferecem normalmente boa resistência após a cura a uma extensa gama de agentes químicos de acordo com a

classe de resina empregada. O único agente que ataca o vidro ao invés da resina é o ácido fluorídrico.

A possibilidade modificação das resinas por aditivos ou diferentes formulações permite com facilidade contornar os problemas que requerem particular e elevada resistência contra determinados agentes.

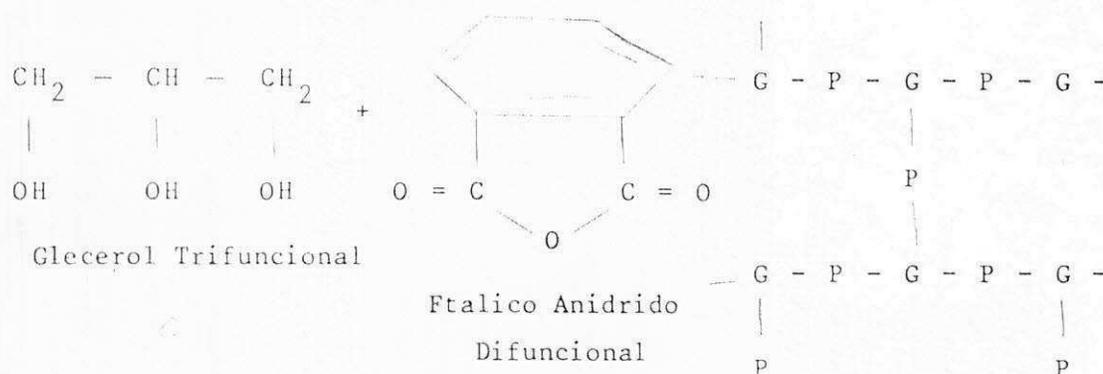
#### 12.6 - Transmissão de Luz, Calor

O índice de refração das fibras de vidro é muito próximo da maioria das resinas o que permite obter-se plásticos translúcidos, praticamente transparentes que absorvem apenas 15% da luz incidente.

Quanto o colorido opaco ou transparente pode ser feito em ampla gama de cores e tons. Admitem pintura e esmaltação após prévia preparação da superfície.

### RESINA POLIÉSTER

Os poliésteres formados pela reação entre ácidos dicarboxílicos e diálcoois consistem de moléculas com longas cadeias lineares e são termoplásticas. Se, entretanto, a funcionalidade estiver acima de 2:2, ou seja, 3:2, como acontecerá se reagirmos glicerol com anidrido ftálico, então haverá produção de resinas mais complexas que são termofixas e conhecidas como resinas alquídicas.



Esta última reação pode ser representada esquematicamente como segue, sendo o glicerol representado por G e o ácido ftálico por P.

Uma alteração deste estrutura pode ser conseguida por meio de uma modificação à base de óleo que é de imensa importância para a indústria de tintas.

A resina poliéster líquida pode ser convertida em material sólido por uma reação química chamada copolimerização. A copolimerização é levada a efeito dissolvendo a resina num solvente reativo, que reage com os grupos não saturados para formar um polímero tridimensional. O aparecimento das liga



## 1 - Não-Saturados

### a) Resina para laminação

Basicamente obtidas da reação entre ácidos dicarboxílicos e diálcoois. A unidade poliestérica formada deve ser capaz de ulterior copolimerização com monômeros do tipo vinílico dando lugar a copolímeros de vinil-poliéster ou de, simplesmente, um poliéster curado, de estrutura termofixa.

### b) Resinas alquídicas

Em geral, são do mesmo tipo da anterior, embora as do tipo Gliptal (específicas para revestimentos superficiais) sejam modificadas com óleos secativos ou ácidos graxos. É necessário o uso do monômero vinílico para realizar uma rápida ligação cruzada e, portanto, uma rápida cura final

## 2 - Saturados

### a) Usados em fibras de filmes

Baseiam-se na reação do ácido tereftálico com etilenglicol e são polímeros lineares de alto peso molecular que não podem apresentar o efeito da ligação cruzada.

### b) Plastificantes

Estes podem ser poliésteres completamente saturados, usualmente conhecidos pelo nome de plastificantes poliméricos.

c) Poliésteres/Poliuretanos

Certos poliésteres com alto teor de hidroxilas podem reagir com vários isocianatos e produzir poliuretanos, polímeros que encontram amplo uso na fabricação de espumas, elastômeros, composições para revestimentos superficiais e formulações para adesivos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### MATERIAIS

- Resina poliéster
- Catalizador peróxido de MEK (BUTANOX M-50)
- Manta de fibra de vidro (OC fibra)
- Fibra de sisal - classificadas
- Cera de carnaúba
- Balança analítica

### MÉTODOS

1 - Inicialmente lavamos as fibras de sisal, deixamos secá-las bem, tomamos a do tipo 1 e cortamo-as em tamanhos que variam de 1 a 2cm, 2 a 3cm e 3 a 4cm.

2 - Em seguida passamos ao processo de modelagem, que foi feito em um vidro plano, devidamente limpo, onde foi aplicado um desmoldante (cera de carnaúba); o processo consiste na aplicação da resina, em seguida o sisal ou fibra de vidro, quando está atingindo o ponto de gelatinização aplica-se nova camada de resina + fibra.... e assim sucessivamente até que fique uma superfície bem compactada e na espessura desejada.

3 - Processo de cura a temperatura ambiente (20-30°C).

4 - Desmoldagem.

5 - Preparação dos corpos de prova, foram cortadas em tamanhos de 7,5cm e 2cm de espessura. Os corpos de prova de sisal apresentavam superfície bem rugosa, foi preciso lixar para que pudessemos conseguir uma superfície bem plana.

6 - Foi feito o teste de resistência mecânica a seco e a úmido, dados em tabela anexa.

1 a 2cm	Peso seco (g)	Peso umido (g)	Qde de água absorvida	% Água	Q (umido)	$\sigma$ umido	A (cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ /Peso umido
1	15,8462	16,3065	0,4603	2,82	4,258	0,300	14,25	18,39
2	10,8143	11,2527	0,4384	3,89	3,580	2,265	13,5	23,55
3	15,4124	15,7637	0,3513	2,22	5,865	0,434	13,5	27,53
4	15,5304	15,8648	0,3344	2,10	3,570	2,250	14,25	15,75
				2,75				21,30
2 a 3cm								
1	13,8594	14,3452	1,0350	7,21	4,610	0,323	14,25	22,51
2	12,3786	12,7756	1,0320	8,07	4,740	0,351	13,5	27,47
3	17,7911	18,3400	1,0308	5,62	5,235	0,387	13,5	21,10
4	13,5860	13,9598	1,0275	7,36	4,858	0,381	12,75	27,29
				7,065				24,59
3 a 4cm								
1	11,8667	12,0211	0,1544	1,28	6,325	0,468	13,5	38,93
2	20,5889	21,0370	0,4481	2,13	7,000	0,491	14,25	23,33
3	18,7307	19,1866	0,4559	2,37	3,925	0,275	14,25	14,33
4	16,8907	17,2008	0,3101	1,80	7,432	0,521	14,25	30,29
5	18,5348	18,8856	0,3508	1,85	9,185	0,680	13,5	36,00
				1,88				28,57
F. Vidro								
1	13,4475	13,5385	0,091	0,67	6,250	0,416	15,0	30,72
2	13,0125	13,0502	0,0377	0,29	5,000	0,335	14,92	25,67
3	12,5905	12,6565	0,066	0,52	4,980	0,390	12,75	30,81
4	13,5847	13,6552	0,0705	0,52	6,420	0,428	15,0	31,34
5	12,8708	12,9004	0,0296	0,23	5,587	0,434	13,5	33,64
				0,446				30,43

1 a 2cm												
	Esp. (cm)	Larg. (cm)	Comp. (cm)	Carga Q (kg)	(kg/cm <sup>2</sup> ) σ	Após 5 h na estufa			V (cm <sup>3</sup> )	d(kgEcm <sup>3</sup> )	Peso Seco (kg)	σ/Peso Seco
						Esp. (cm)	Larg. (cm)	Comp. (cm)				
1	0,59	1,9	7,5	5,757	0,404	0,5	1,88	14,5	13,63	1,1626	0,0158462	25,49
2	0,60	1,8	7,5	6,994	0,5180	0,6	1,8	13,3	14,364	0,7528	0,0108143	47,89
3	0,61	1,8	7,5	8,805	0,6522	0,56	1,8	12,1	12,196	1,2637	0,0154124	42,31
4	0,40	1,9	7,5	5,841	0,40989	0,39	1,8	13,0	9,126	1,7017	0,0155304	26,39
										Σ = 1,2202		Σ = 35,52
2 a 3cm												
1	0,44	1,9	7,5	7,165	0,5028	0,4	1,88	14,8	11,1296	1,245	0,0138594	36,27
2	0,59	1,8	7,5	8,866	0,6567	0,5	1,8	15,2	13,68	0,9048	0,0123786	53,05
3	0,59	1,9	7,5	11,457	0,80399	0,5	1,83	16,0	14,64	1,215	0,0177911	45,19
4	0,61	1,7	7,5	9,830	0,77098	0,59	1,7	14,0	14,042	1,1099	0,0155860	49,46
										Σ = 1,1187		Σ = 45,9
3 a 4cm												
1	0,76	1,8	7,5	15,407	1,14126	0,7	1,8	8,5	10,71	1,1080	0,0118667	96,17
2	0,61	1,9	7,5	20,500	1,43859	0,59	1,88	16,3	18,079	1,1388	0,0205889	69,87
3	0,76	1,9	7,5	14,230	0,99859	0,7	1,9	16,8	22,344	0,8382	0,0187307	53,31
4	0,76	1,9	7,5	15,903	1,119	0,71	1,89	17,3	23,2148	0,8137	0,0188907	59,23
5	0,83	1,8	7,5	18,200	1,370	0,8	1,8	16,0	23,04	0,8044	0,0185348	73,915
										Σ = 0,9406		Σ = 70,49
Fibra de vidro												
1	0,27	1,9	7,5	6,955	0,4880	0,27	1,9	25,0	12,825	1,0485	0,0134475	36,28
2	0,22	2,0	7,5	5,625	0,375	0,22	1,9625	20,8	8,9804	1,4489	0,0130125	28,81
3	0,37	1,6	7,5	5,420	0,45166	0,3	1,6	21,2	10,176	1,2372	0,0125905	35,87
4	0,20	2,0	7,5	7,065	0,471	0,2	2,0	24,0	9,60	1,4150	0,0135847	34,67
5	0,27	1,8	7,5	6,125	0,4537	0,27	1,7	22,3	10,2357	1,2574	0,0128708	35,25
										Σ = 1,2814		Σ = 42,72

RESULTADOS EM DISCUSSÕES

Como podemos observar pelo gráfico (01) e tabela em anexo, os corpos de prova feitos de fibra de sisal, a medida que aumenta a resistência mecânica diminui a densidade.

Analisando a perda de resistência mecânica pela absorção de umidade gráfico (02), verifica-se que de acordo com o tamanho da fibra, podemos observar que no comprimento de 1 a 2cm a resistência mecânica cairia de 35,52 para 21,30 o que e quivale a 40,1% de queda de resistência mecânica. No comprimento de 2 a 3cm a resistência mecânica de 45,9 cairia para 24,59 equivalente a 46,4%. No comprimento de 3 a 4cm a resistência mecânica passa de 70,49 para 28,57 equivalente a 59,5%. Podemos concluir que se fossemos projetar um tanque de Armazenamento de Líquidos usando a fibra de sisal, quanto menor o comprimento da fibra, menor será absorção ocorrendo menor variação ou perda da resistência mecânica.

Fazendo a análise no gráfico (03), podemos concluir que quanto maior for a resistência mecânica suportada, menor terá sido a quantidade de Água absorvida.

A baixa resistência mecânica a úmido nos corpos de prova moldado com sisal, verificou-se devido a compatibilidade existente entre as hidroxilas da celulose e a água, o qual o torna higroscópico facilitando o inchamento das fibras.

### Resistência Química

Fizemos a análise química dos corpos de prova de resina poliéster + sisal, com cloroformio, acetona, água e álcool etílico, tiramos as seguintes conclusões:

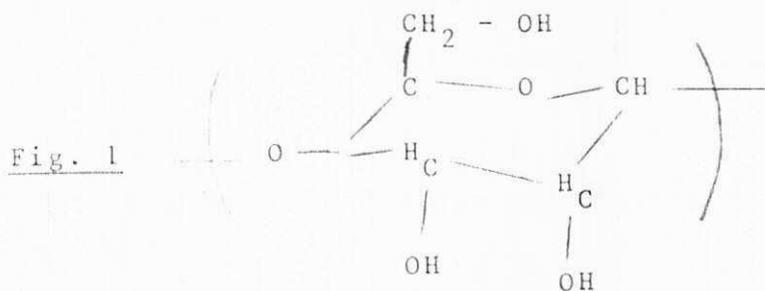
- No cloroformio em apenas 5 horas ocorreu o dissociamento total da resina e da fibra, resultando em um pó branco.

- Na acetona ocorreu um dissociamento parcial.

- É totalmente resistente a água e álcool etílico.

### Motivo pelo qual não ocorre aderência na Fibra Sintética de Sisal

O único ponto de ancoramento entre sisal e a resina poliéster são as hidroxilas da cadeia de celulose vide fig. 1, no caso de fibra de vidro são feitos tratamentos superficiais com agente silano do tipo fig. 2, onde a parte inorgânica silanol formaria uma ligação com as hidroxilas do vidro e a parte orgânica que é o metacrilato facilitaria a reação entre as insaturações da resina poliéster que explica alta resistência mecânica.





## C O N C L U S Ã O

O Plástico Reforçado obtido com a fibra de sisal natural, pode ser utilizado para substituir a fibra de vidro se for modelar peças de grandes dimensões, para peças pequenas não é viável pois a fibra é de difícil trabalhabilidade.

Quando a análise da resistência mecânica do reforço com sisal e com fibra de vidro, podemos observar que realmente a tensão é suportada pelo sisal.

O reforçamento do poliéster pela fibra de sisal, pode ser encarado como uma solução prática regional para obtenção de moldagem de produtos que utilizam tradicionalmente a fibra de vidro. Porém, devido a baixa absorção da resina pela fibra de sisal as técnicas de impregnação deverão ainda ser melhorados para alcançar performance desejados em produtos de plásticos reforçados. Estes poderão ser mudança nas características da resina ou melhorando as características superficiais da fibra de sisal.

B I B L I O G R A F I A

- TERMOPLASTICOS REFORZADOS

W.V. Titow Y B.J. Lanham

Editorial Américace

- PLASTICS SIXTH EDITION

J. Harry Buboís

Frederick W. John

- Los Plásticos Reforzados con Fibras de Vidro

Duilio D'Arsiē

Editorial Américalee

- Tecnologia de Polímeros

Milles e Briston

Editora USP

MILIMETRADO XE 210.707mm

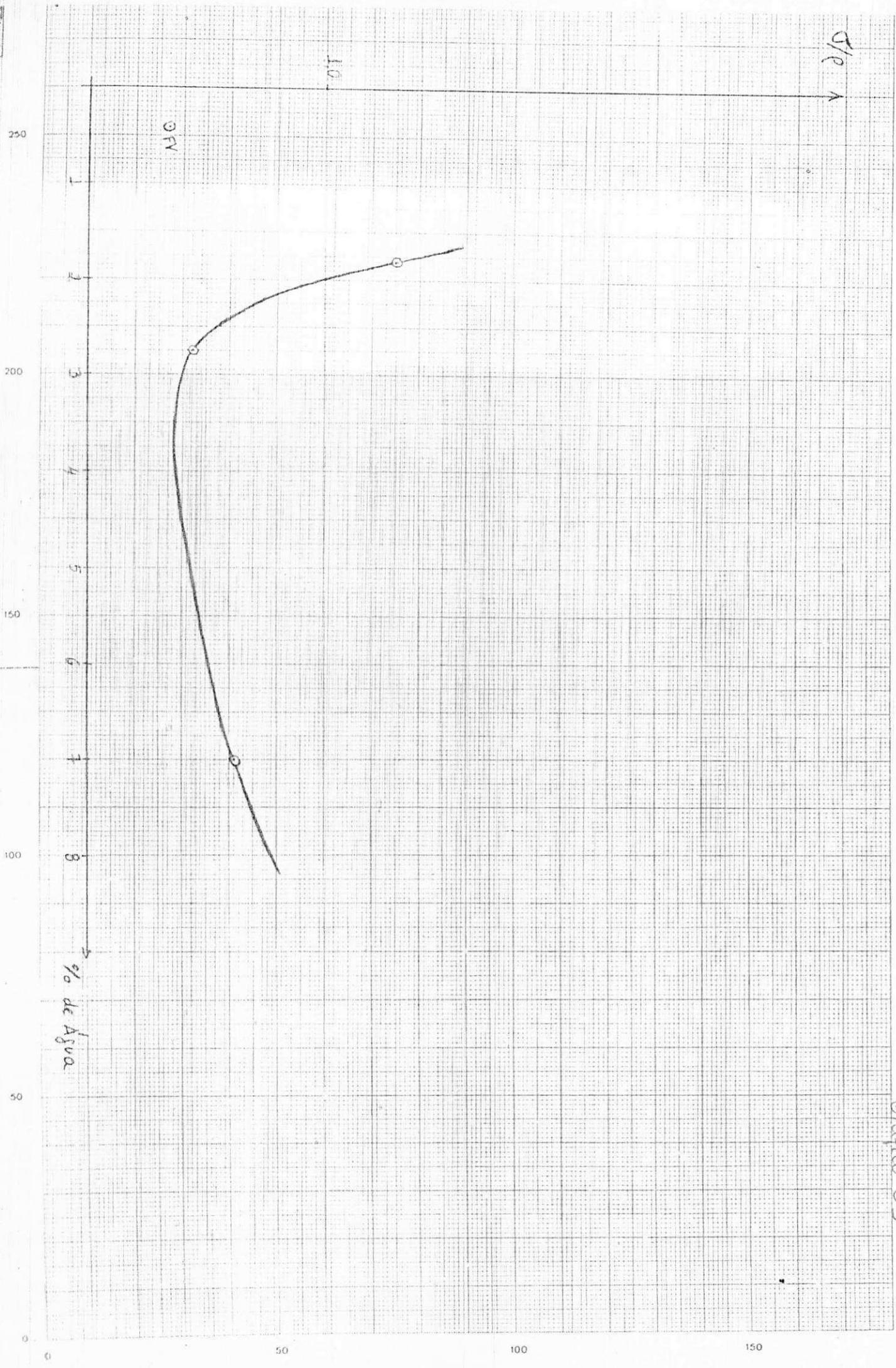
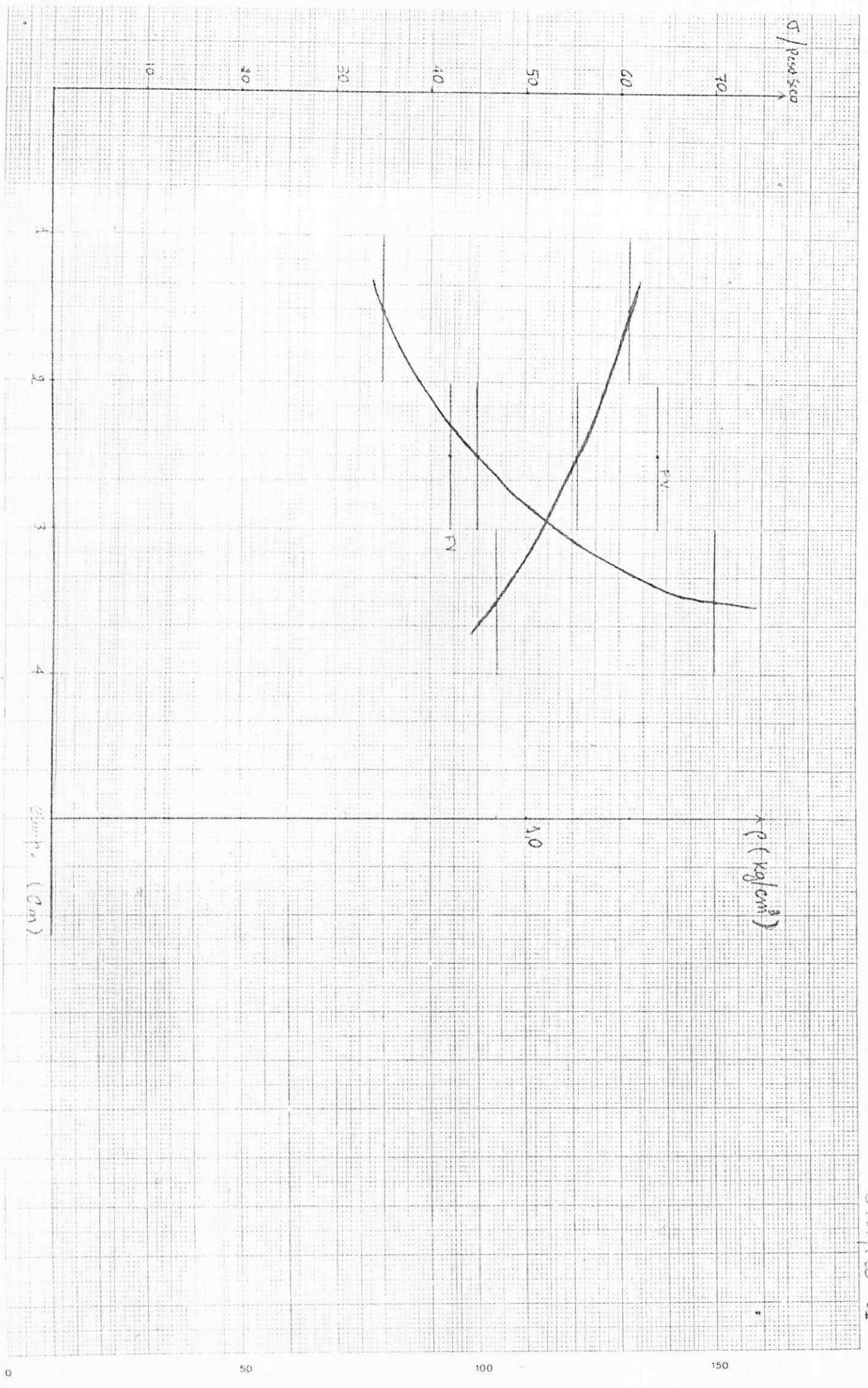
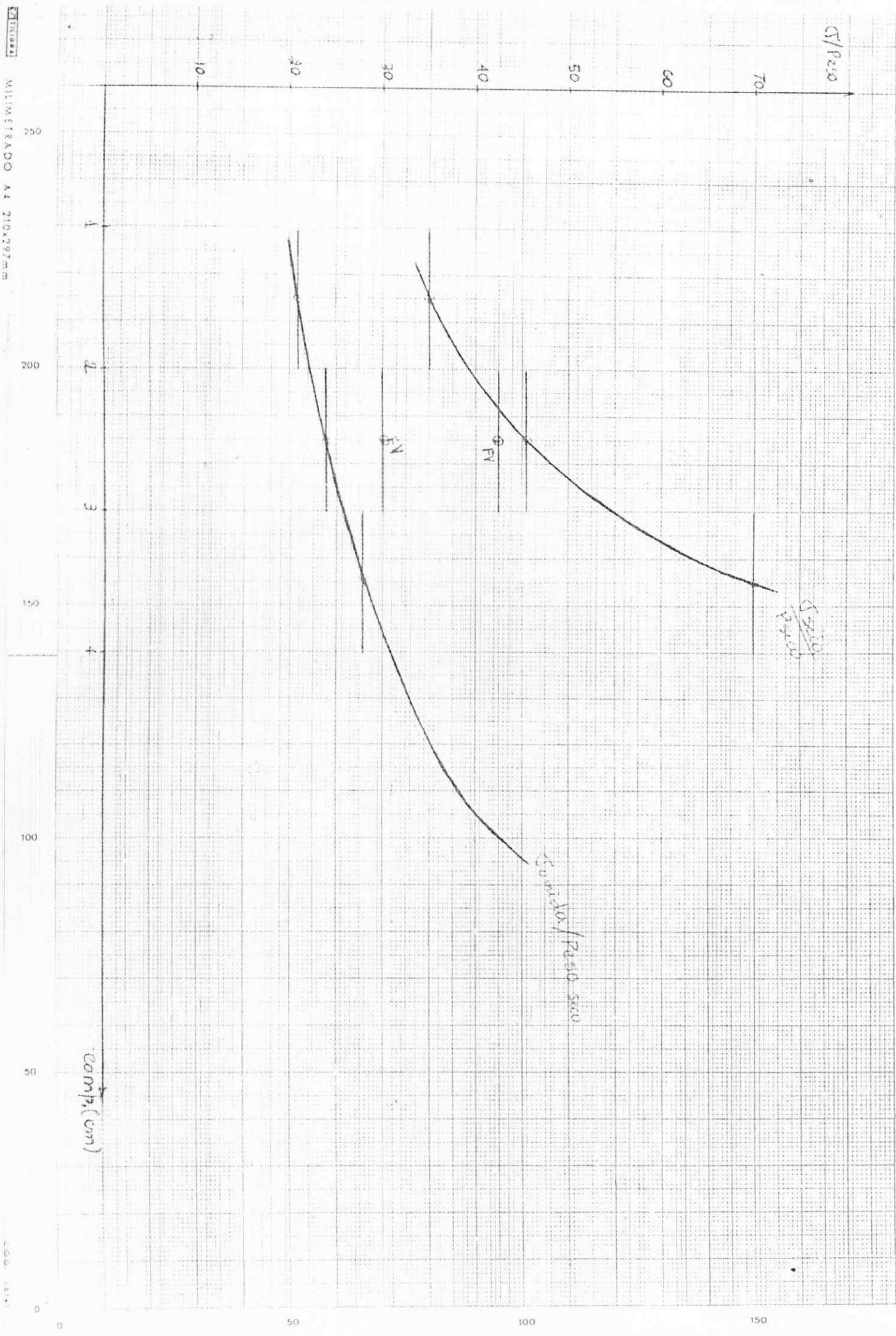


Gráfico 03



LIBRA MILIMETRADO A4 210x297mm

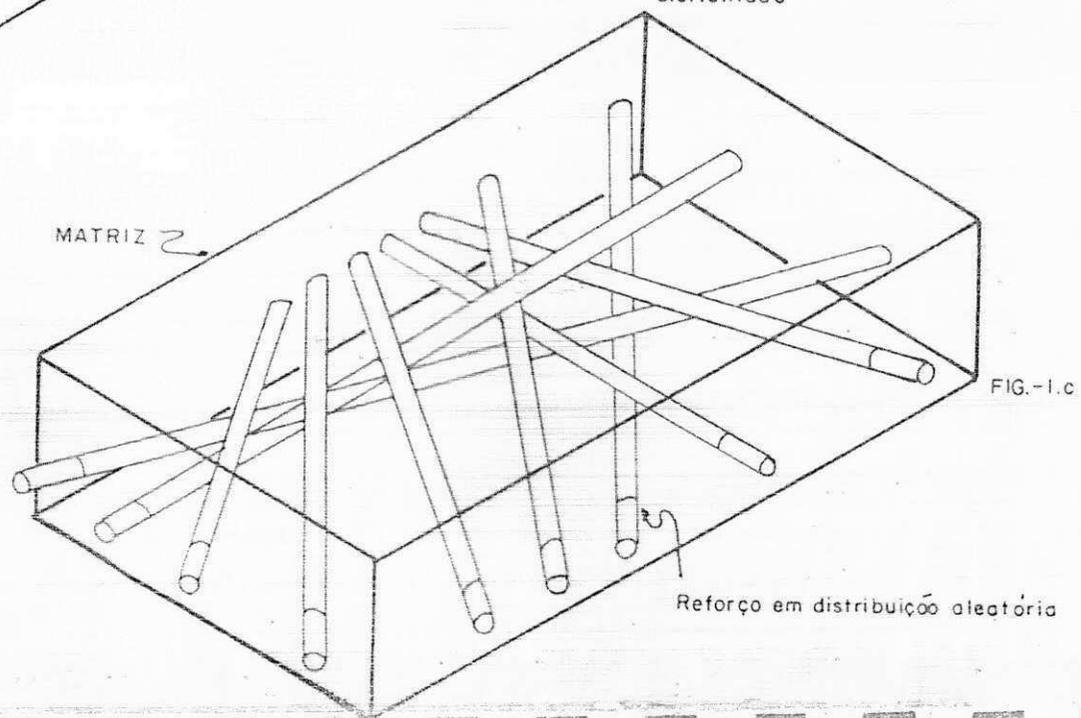
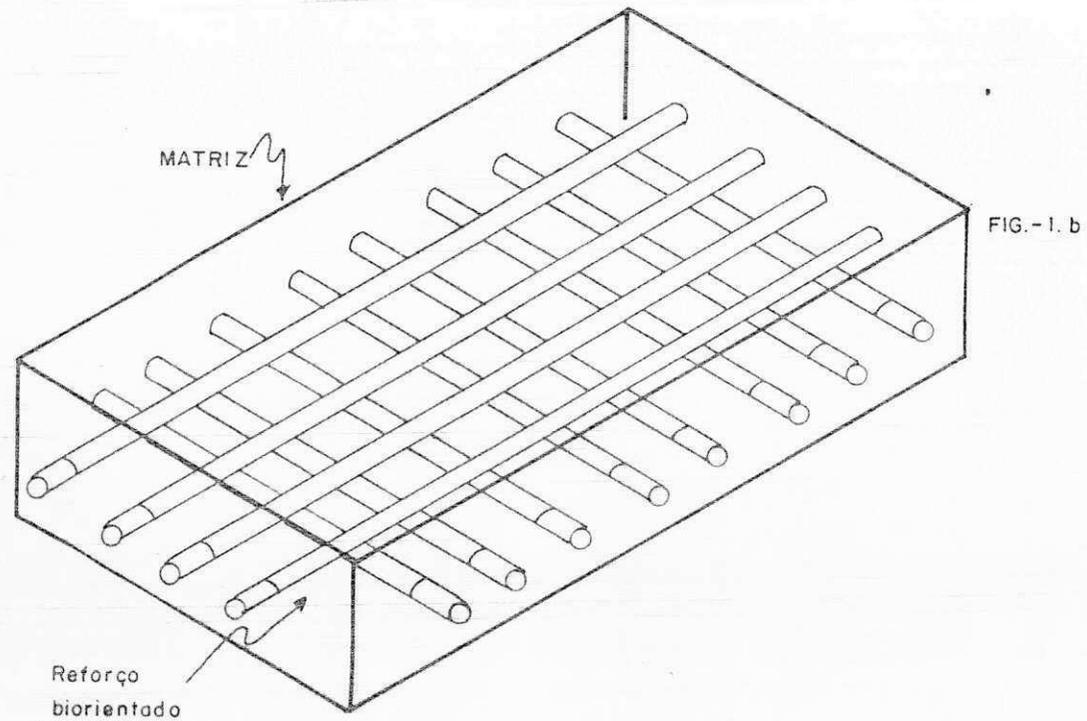
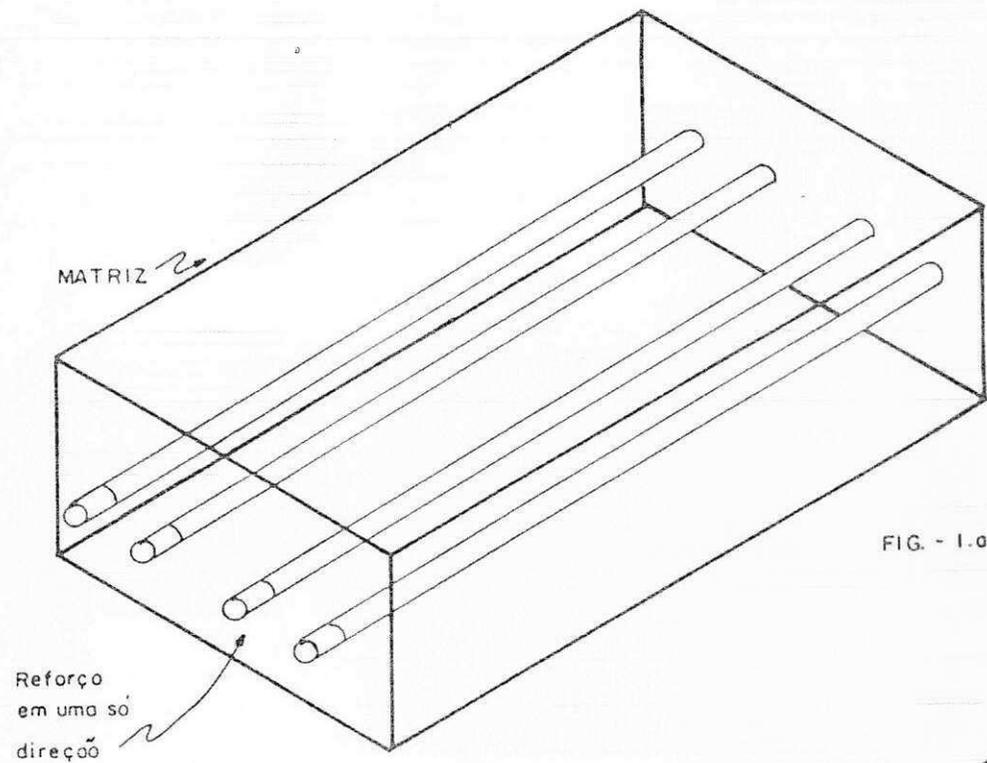
COD 15111



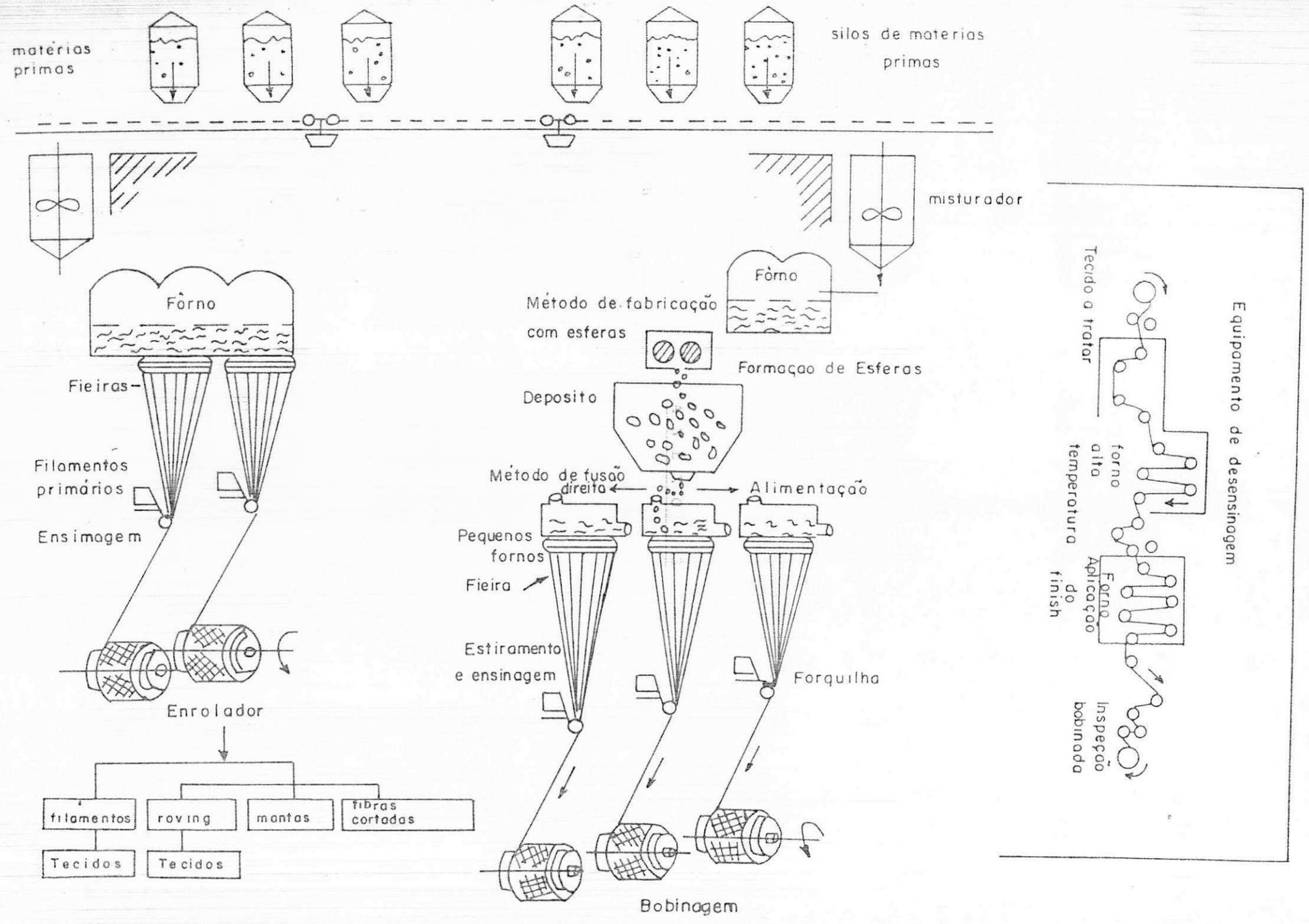
MILIMETRADO A4 210x297mm

COS 1314

A N E X O 1

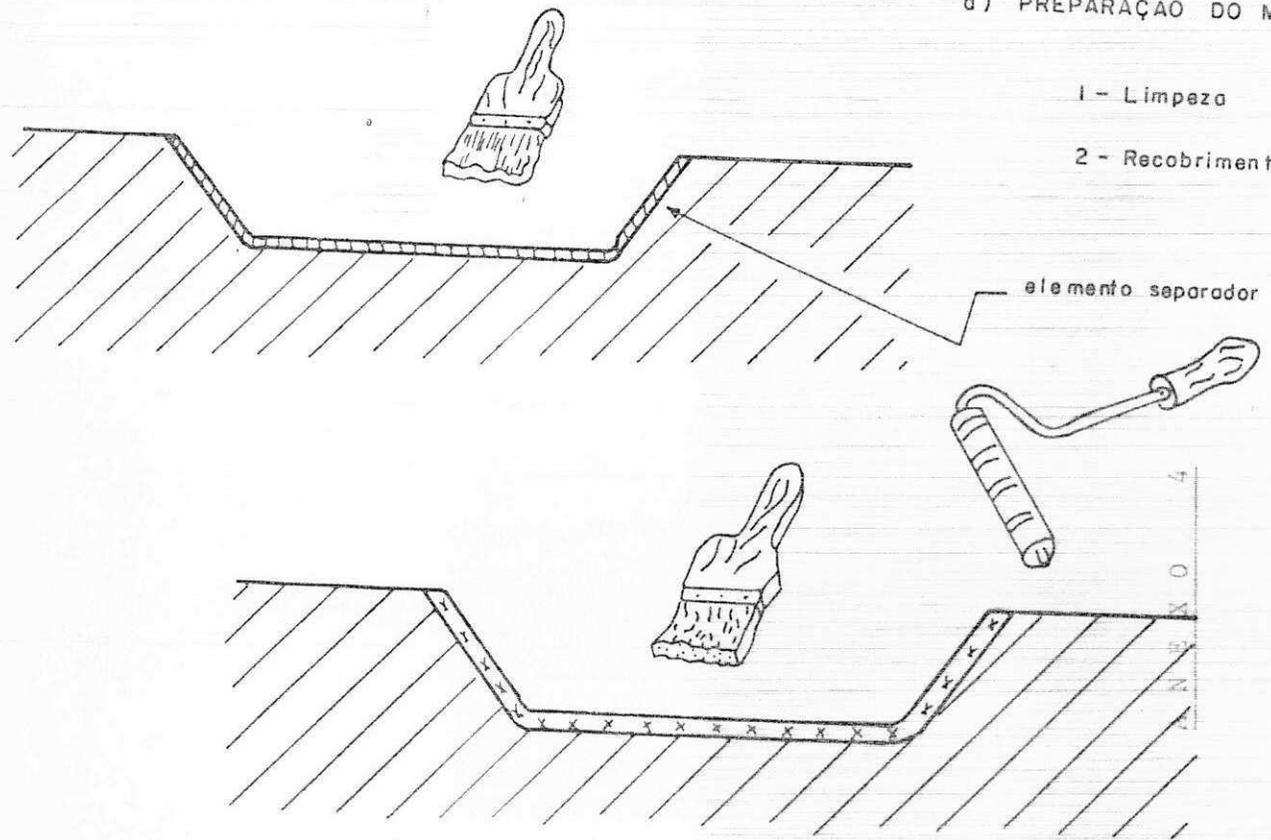


A N E X O      2



A N E X O 3

a) PREPARAÇÃO DO MOLDE



1 - Limpeza

2 - Recobrimento da superf. com cêra

elemento separador

MOLDAGEM MANUAL POR CONTACTO

b) COLOCAÇÃO DO REFÔRÇO

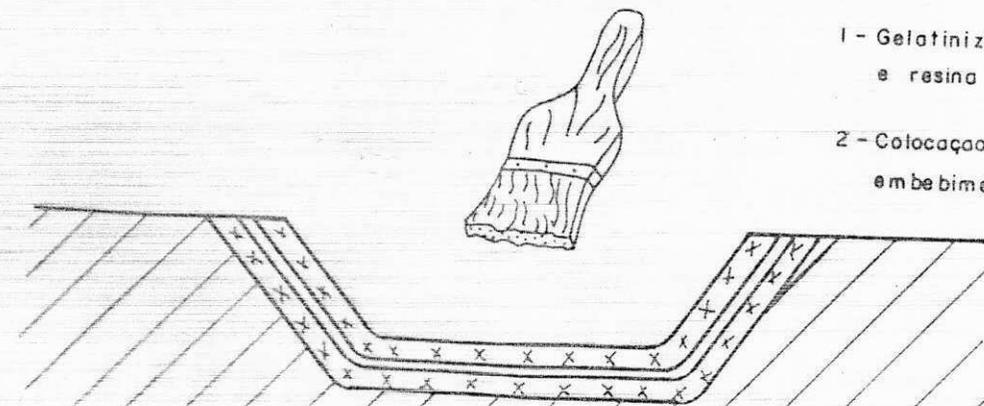
1 - Embebimento com resina

2 - Compactação e eliminação de bôlhas e vazios

c) FORMAÇÃO DO ESTRATIFICADO

1 - Gelatinização da 1ª camada de reforço e resina

2 - Colocação da nova camada de reforço, embebimento com resina etc.



A N E X O 4

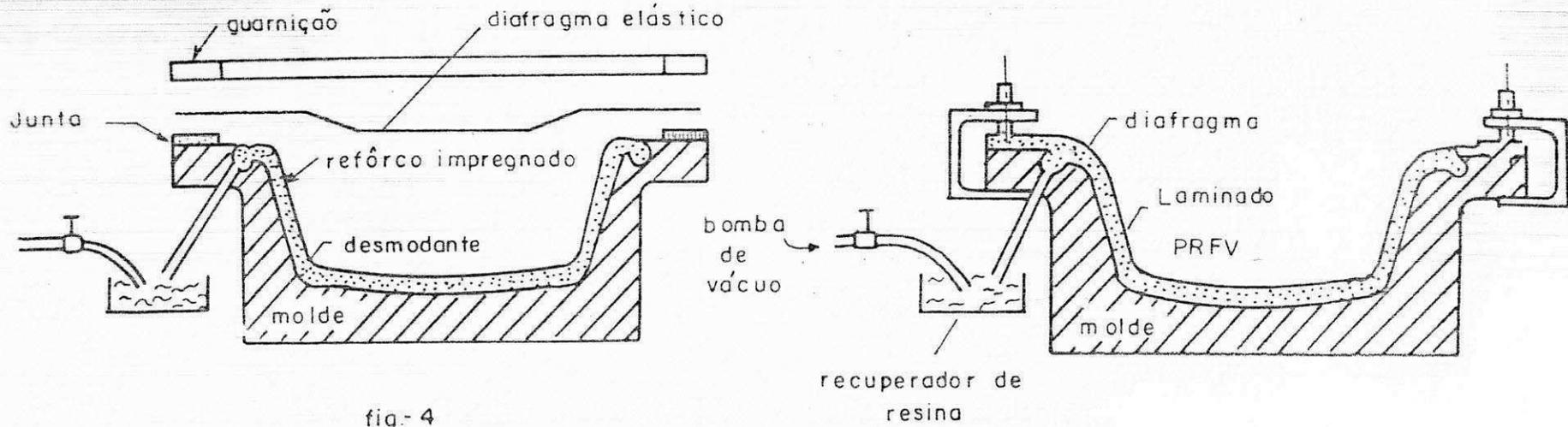


fig- 4

MODELAGEM COM SACO ELÁSTICO POR VÁCUO

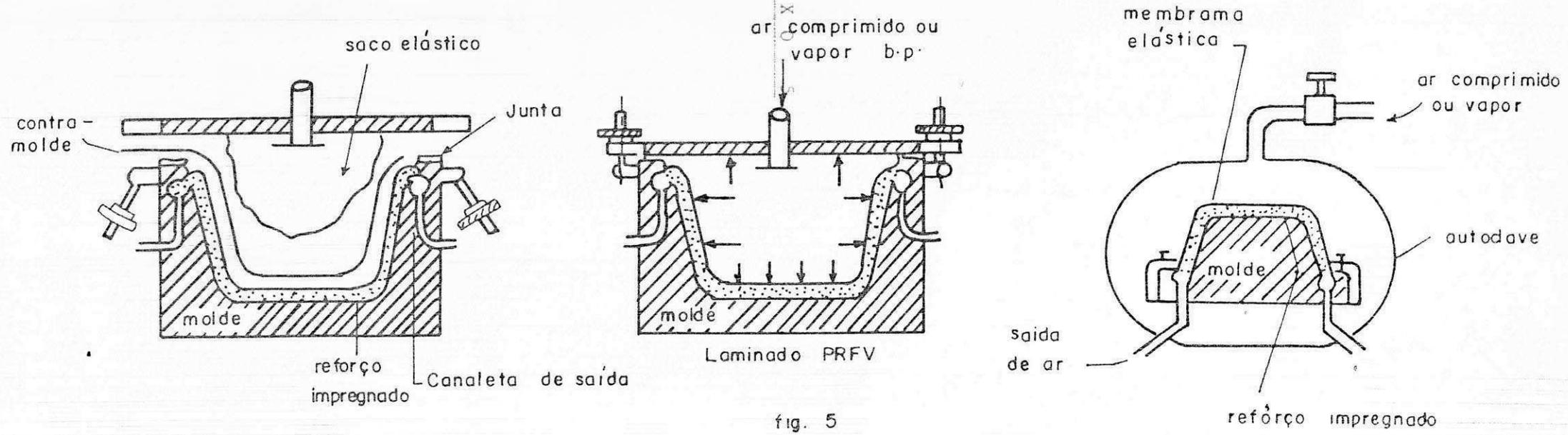


fig. 5

A N E X O 5

A

I

I

MOLDAGEM POR ASPERÇÃO DE RESINA E FIBRA

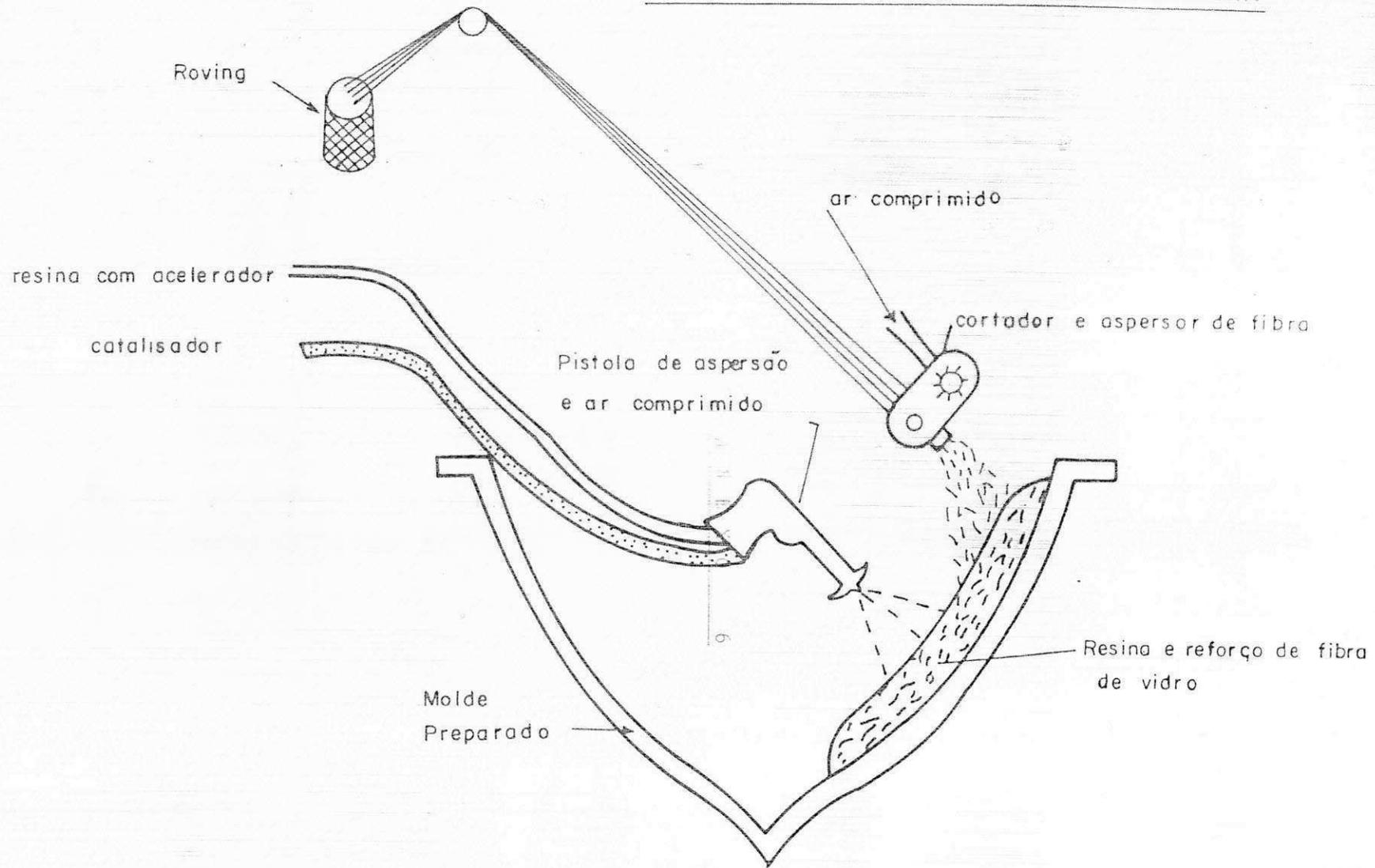
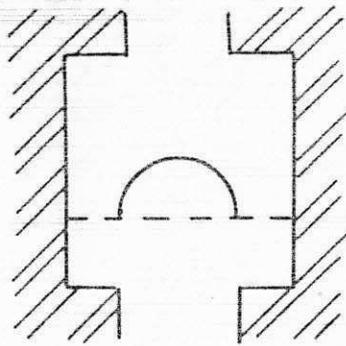
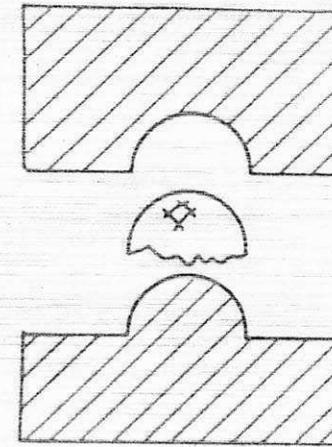


fig 6

A N E X O 6



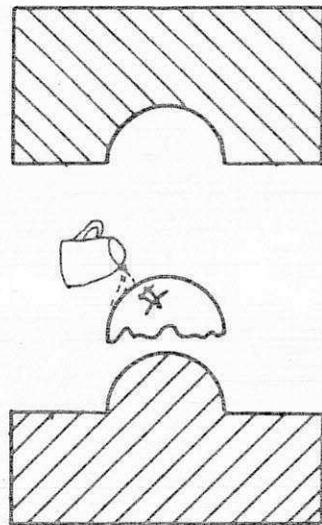
1) Secagem do refôrço sob forma de preforma em estufa



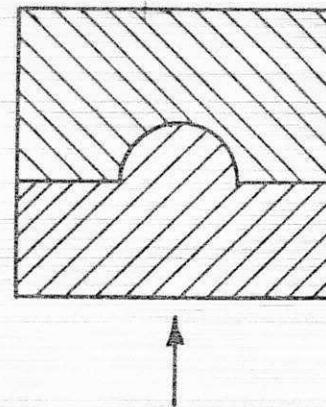
2) Colocação de preforma em uma das matrizes na prensa

fig. 7

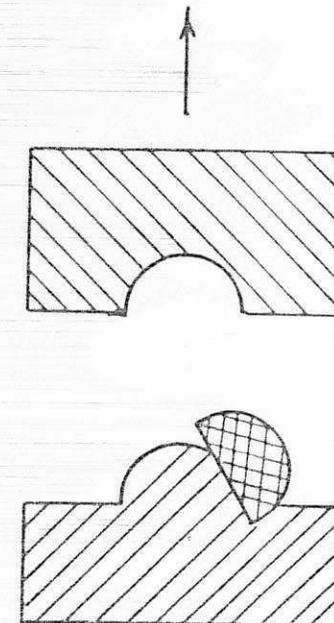
MODELAGEM COM MOLDE DUPLO A PRESSÃO



3) Colocação da resina em quantidade dosada



4) Prensagem lenta com a matriz aquecida



5) Retirada da peça pronta

A N E X O 7

ENROLAMENTO CONTÍNUO DE FIBRA

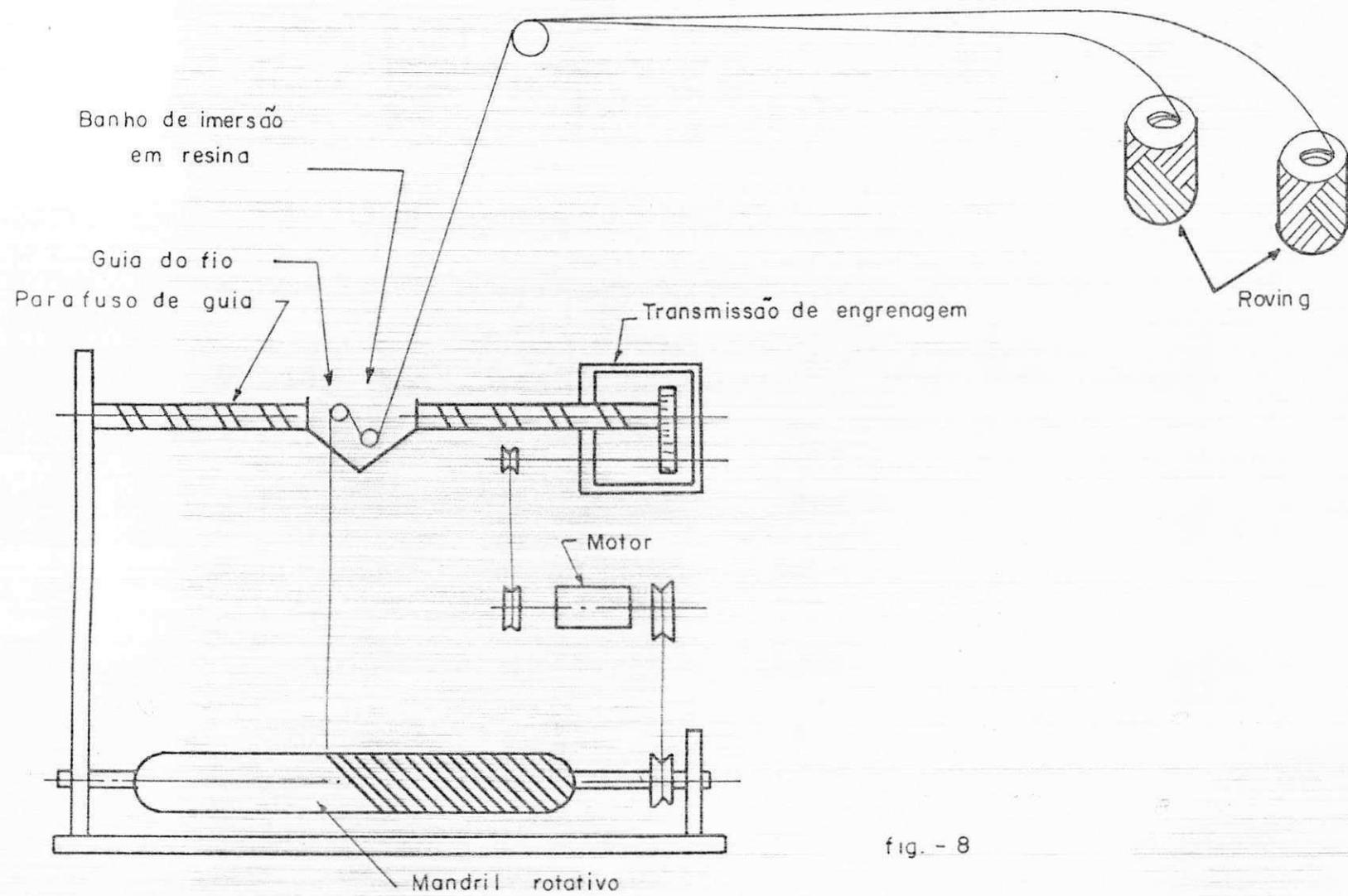


fig. - 8

FLUXOGRAMA AO UTILIZAR A FIBRA DE ~~...~~<sup>SISAL</sup> COMO REFORÇO NA CONFECÇÃO DE TERMOPLASTICO

