

MAURÍCIO FRANK REIS

**Utilização e caracterização de fios poliméricos na fabricação de
mangueiras industriais.**

Maurício Frank Reis

Utilização e caracterização de fios poliméricos na fabricação de mangueiras industriais.

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Peterson Luiz Ferrandini.

Guaratinguetá
2020

R375u Reis, Maurício Frank
Utilização e caracterização de fios poliméricos na fabricação de mangueiras industriais / Maurício Frank Reis – Guaratinguetá, 2022.
27 f. : il.
Bibliografia: f. 27

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2022.
Orientador: Prof. Dr. Peterson Luiz Ferrandini

1. Polímeros. 2. Compósitos poliméricos. 3. Materiais compostos.
4. Mangueira (Hidráulica). I. Título.

CDU 620.1

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“**GRADUADO(A) EM ENGENHARIA MECÂNICA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA


Prof. Dr. Celso Eduardo Tuna
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Peterson Luiz Ferrandini
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins
UNESP-FEG


Prof. Dr. Celso Eduardo Tuna
UNESP-FEG

DADOS CURRICULARES

MAURÍCIO FRANK REIS

NASCIMENTO	24/12/1992 – Guaratinguetá / SP
FILIAÇÃO	Sônia Maria de Azevedo Frank Reis Sergio Luiz Carvalho Reis
2011/2022	Graduação em Engenharia Mecânica Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP

Dedico este trabalho à minha família que
sempre esteve comigo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, meu pai e minha irmã por me apoiarem durante todos momentos desta trajetória, à Mariana pelo auxílio e companhia, por vibrarem minhas conquistas e vitórias.

Aos amigos que tive oportunidade de ficar próximo e aos que conheci e fizeram parte deste período.

Aos professores e funcionários.

*“Não se gerencia o que não se mede,
não se mede o que não se define,
não se define o que não se entende,
e não há sucesso no que não se gerencia”*
Deming

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo comparar e analisar a resistência à ruptura na tração de quatro tipos de fios poliméricos utilizados como reforço em mangueiras hidráulicas. Fios poliméricos são definidos como um conjunto de filamentos orientados no sentido longitudinal, derivados de polímeros naturais ou sintéticos, e apresentam alta resistência e baixo peso específico, o que faz com que sejam cada vez mais aplicados em diversas áreas da indústria. Devido à suas características, são utilizados na indústria de mangueiras hidráulicas como reforço, aprimorando a resistência à tração e à pressões internas desses componentes. O estudo das propriedades mecânicas desses fios poliméricos é de fundamental importância para a determinação e escolha do tipo de reforço que será usado, visando resistir aos esforços aos quais o componente será submetido. O procedimento para realização do ensaio de tração, contido na norma ASTM D2556, determina as características e condições às quais as amostras são submetidas e configurações dos equipamentos utilizados, podendo assim padronizar os ensaios realizados.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaio de Tração. Polímeros. Fios Poliméricos. Reforço.

ABSTRACT

The present study aims to compare and analyze the tensile strength of four types of polymeric wires used as reinforcement in hydraulic hoses. Polymeric yarns are defined as a set of filaments oriented in the longitudinal direction, derived from natural or synthetic polymers, and have high strength and low specific weight, which makes them increasingly applied in various areas of industry. Due to their characteristics, they are used in the hydraulic hose industry as reinforcement, improving the tensile strength and internal pressure of these components. The study of the mechanical properties of these polymeric wires is of fundamental importance for the determination and choice of the type of reinforcement that will be used, aiming to resist the efforts to which the component will be submitted. The procedure for performing the tensile test, contained in the ASTM D2556 standard, determines the characteristics and conditions to which the samples are submitted and the configurations of the equipment used, thus being able to standardize the tests performed.

KEYWORDS: Traction Test. polymers. Polymeric Yarns. Reinforcement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplos de camadas que compõe uma mangueira hidráulica	17
Figura 2 – Amostra de fio de algodão	20
Figura 3 – Amostra de fio de rayon	21
Figura 4 – Amostra de fio de poliéster	21
Figura 5 – Amostra de fio de aramida	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características das fibras	23
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIIGLAS

DMT	Departamento de Materiais e Tecnologias
ASTM	American Society for Testing and Materials

LISTA DE SÍMBOLOS

m = peso (massa) do fio.

k = valor constante resultante da divisão do comprimento pela massa do fio.

c = comprimento do fio.

t = título do fio.

F = força de ruptura.

B = tenacidade.

T = densidade linear.

L_0 = comprimento inicial.

L_f = comprimento final.

E = deslocamento.

E_p = percentual de alongamento.

SUMÁRIO

1	INTRUDUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	15
2	DESENVOLVIMENTO	16
2.1	MANGUEIRAS	16
2.2	POLÍMEROS	17
2.3	FIBRAS	18
2.3.1	O sistema TEX	18
2.3.2	Fórmula para obtenção do título de um fio	19
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	CLASSIFICAÇÃO DAS FIBRAS	20
3.1.1	Algodão	20
3.1.2	Rayon	20
3.1.3	Poliéster	21
3.1.4	Aramida	22
3.2	RESISTÊNCIA DAS FIBRAS	23
3.3	ENSAIO DE TRAÇÃO	24
3.3.1	Método de determinação das propriedades a partir dos resultados obtidos em ensaio de tração	24
3.3.2	Procedimento de testes	25
4	CONCLUSÃO	26

1 INTRODUÇÃO

Os polímeros naturais – derivados de plantas e animais – tem sido utilizados há muitos séculos e ferramentas modernas de pesquisa tornaram possível a determinação das estruturas moleculares deste grupo de materiais e o desenvolvimento de numerosos polímeros, que são sintetizados a partir de moléculas orgânicas.

Com o avanço da tecnologia, os polímeros sintéticos tomaram maior espaço na indústria, devido a possibilidade de serem produzidos a baixo custo e suas propriedades poderem ser alteradas até o ponto de ser superior às propriedades dos polímeros naturais.

Atualmente, os materiais poliméricos são essenciais para melhoria de nossa qualidade de vida e são usados para confeccionar inúmeros produtos presentes no nosso cotidiano, desta forma torna-se necessário que o produto apresente bom desempenho mecânico durante sua vida útil. Desde os primórdios do homem, o transporte de líquidos e fluidos, principalmente água, se fez necessário e com isso foram criados sistemas de transporte que se assemelham aos utilizados até os dias de hoje.

Um exemplo dessas aplicações, eram sistemas de tubos flexíveis feitos de couro e rebites de cobre, assemelhando-se às modernas mangueiras utilizadas nos dias de hoje.

Com a descoberta e desenvolvimento da tecnologia de vulcanização na década de 1830, a borracha natural, e posteriormente as borrachas sintéticas, substituíram a utilização do couro, tornando os chamados tubos mais robustos e resistentes à pressão.

Afim de aumentar a resistência à pressão interna do tubo de borracha, foram adicionados polímeros como material de reforço, especialmente fibras naturais e sintéticas têxteis, formando assim as chamadas mangueiras.

A importância de conhecer mais sobre o assunto se dá pelo fato de ser fundamental saber o quanto as propriedades mecânicas desses materiais sofrem alterações quando submetidos à esforços de tração durante sua aplicação.

1.1 JUSTIFICATIVA

Em função da crescente aplicação de fibras poliméricas na indústria de um modo geral, em particular como reforço de componentes que exigem resistência mecânica elevada como fator de segurança e confiabilidade de equipamentos, entender como determinados filamentos utilizados como reforços resistem à cargas de tração é de suma importância para a determinação de qual material utilizar.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é comparar e analisar a resistência à ruptura na tração de quatro tipos de filamentos poliméricos utilizados como reforço em mangueiras hidráulicas.

Além disto, o estudo traz um resumo do procedimento experimental de teste de tração para determinação das propriedades de fios poliméricos simples descrito pela norma ASTM D 2556, visando a padronização de testes realizados em laboratório.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MANGUEIRAS

Em 1400, Christopher Columbus encontrou nativos do Haiti brincando com bolas feitas de um polímero natural obtido de árvores (Baker; Mead, 2000). Este material chamado de borracha natural tornou-se um importante produto após ser descoberto pelo americano Charles Goodyear que, com adição de enxofre, descobriu acidentalmente em 1839 o processo de vulcanização, ou seja, a reação química da borracha natural para um elastômero por meio do enxofre sob a adição do óxido de chumbo, o carbonato básico de chumbo e calor (Elias, 2003).

Como aconteceu com muitos outros artefatos, as mangueiras também passaram a ser fabricadas com borracha. Com efeito, as primeiras mangueiras – ou tubos, se preferirmos, remontam a 400 anos AC, eram feitas de tripas de animais, como os bois e utilizadas para apagar incêndios (Gilbert; Darrell, 2009). Mais tarde passaram a ser construídos tubos em couro, sendo o tubo fechado com cravos metálicos.

E em 1871, a empresa americana B. F. Goodrich fabrica a primeira mangueira com borracha vulcanizada e que tinha como reforço uma tela de algodão. A sua utilização foi como mangueiras para apagar incêndios.

Hoje, dentro da indústria da borracha, uma mangueira consiste basicamente em três camadas:

- a) Tubo interno;
- b) Reforço;
- c) Cobertura.

O tubo interno é responsável por conduzir o fluido, sendo ele: sólido, líquido ou gasoso; e com isso tem como função resistir à ação química ou física do material. O material conduzido pode ser extremamente abrasivo, em função de sua composição (partículas sólidas) ou até mesmo da velocidade em que é transportados, que é o caso de materiais utilizados para jateamento (areia, granalha, etc).

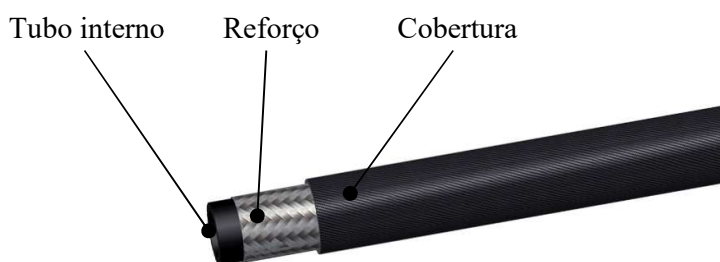
Além disso, determinadas aplicações podem exigir que o material do tubo interno seja resistente à uma ampla faixa de temperatura.

O reforço, que é o material que reveste o tubo interno, tem como principal função resistir as pressões de operação em que a mangueira irá trabalhar. Desta forma o material utilizado como reforço pode variar sua composição, indo desde algodão ou linho até fios de aço.

A utilização é fator decisivo na determinação do material, além de determinar a forma de aplicação do mesmo (trançado ou espiralado, por exemplo).

A cobertura, em geral, é a camada externa, com a função de proteger o reforço e o tubo interno de condições ambientais, produtos químicos, intempéries, temperaturas extremas, além de desgastes físicos como cortes e abrasão, por exemplo quando a mangueira é arrastada. É essencial que as três camadas básicas de uma mangueira estejam totalmente consolidadas e unidas, garantindo assim as características essenciais para o serviço.

Figura 1 - Exemplo das camadas que compõe uma mangueira hidráulica.



Fonte: Google (2022).

2.2 POLÍMEROS

A palavra polímero origina-se do grego *poli* (muitos) e *mero* (unidade de repetição). Assim, um polímero é uma macromolécula composta por muitas (dezenas de milhares) unidades de repetição ligadas por ligação covalente.

O polímero semicristalino foi originado a partir da celulose do algodão que, convertida em fibras, tem sido utilizada pelo homem desde os tempos pré-históricos. Desde então, estas fibras cresceram de forma relativamente fácil na qual muitas tentativas foram feitas para melhorar suas propriedades têxteis.

Os materiais poliméricos são utilizados como matéria-prima para a fabricação de fibras.

2.3 FIBRAS

Segundo Canevarolo (2002), no aspecto geral, uma fibra é definida como um conjunto de filamentos poliméricos orientados com a direção principal das cadeias posicionadas paralelas ao sentido longitudinal (eixo maior). Fibras são definidas como unidades de matéria caracterizada pela flexibilidade, excelência e alta relação dimensional devendo satisfazer a condição geométrica de o comprimento ser no mínimo cem vezes maior que o diâmetro.

O conjunto de filamentos de uma fibra forma um cilindro de diâmetros irregulares ao longo do seu comprimento. Essa irregularidade torna impossível a determinação de seu diâmetro, mesmo com auxílio de aparelhos micrométricos. Devido a esta dificuldade, foi então criada uma forma de expressar o diâmetro do fio, o que ficou conhecido como titulação

O título do fio tem uma grande influência na aparência, na pega, no peso e nas propriedades mecânicas do tecido, pelo que é necessário selecionar uma densidade de fio razoável de acordo com diferentes utilizações.

A densidade ou título do fio refere-se à massa ou peso da matéria-prima por unidade de comprimento.

2.1.3 O Sistema TEX

O sistema tex é um sistema direto de titulação. Este sistema foi desenvolvido pelo The Textile Institute (em Manchester, Inglaterra), sendo divulgado em 1945, com a finalidade de ser utilizado como um sistema universal de titulação. Lamentavelmente ainda é pouco utilizado mundialmente, apesar da maior parte dos países terem criados normas nacionais considerando o sistema tex como oficial. Isto ocorre também no Brasil (norma Inmetro NBR 8427), porém apenas as empresas produtoras de fibras químicas adotaram plenamente o sistema (utilizando o dtex para a titulação de fibras contínuas e descontínuas). O tex é um sistema bastante simples de se trabalhar, admitindo submúltiplos como o decitex (ou dtex), cuja base é 1 grama por 10.000 metros, utilizado principalmente em filamentos, ou militex (ou mtex), correspondendo a 1 grama por 100.000 metros, utilizado na titulação de fibras individuais, admitindo também múltiplos, como o quilotex (ou ktex) que é utilizado na

titulação de cabos que apresentam maior massa por metro. O ktex é o equivalente a 1 grama por metro.

2.1.3 Fórmula para a obtenção do título de um fio

O título é uma relação entre massa e comprimento onde, dependendo do sistema, um deles é fixo e o outro é variável. Pode-se então estabelecer fórmulas para se conhecer a variável desconhecida sabendo-se duas das outras entre título, peso e comprimento. Para o sistema direto de titulação a fórmula adotada é: $m \times k = c \times T$

onde:

m = peso (massa) do fio, em gramas;

k = valor constante resultante da divisão do comprimento pela massa do fio, conforme:

1.000 para tex = 1.000 metros \div 1 grama

10.000 para dtex = 10.000 metros \div 1 grama

1 para ktex = 1 metro \div 1 grama

c = comprimento do fio, metros;

t = título do fio.

Ou seja: a massa do fio multiplicado pela constante é igual ao comprimento multiplicado pelo título.

Exemplos de aplicação da fórmula:

- a) Um fio com título 150 dtex e 20.000 metros de comprimento tem massa em gramas igual a:

$$m \times 10.000 = 20.000 \text{ metros} \times 150 \text{ dtex}$$

$$m = (20.000 \times 150) / (10.000) = 100 \text{ dtex}$$

- b) Um fio com título 20 tex e 500 gramas de peso tem comprimento em metros igual a:

$$500 \text{ gramas} \times 1.000 = c \times 20 \text{ tex}$$

$$c = (500 \times 1.000) / 20 = 25.000 \text{ metros}$$

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS FIBRAS

Fibras são amplamente divididas em duas classes: naturais e químicas. Fibras naturais podem ser obtidas de fontes vegetais (algodão), animais e minerais. As fibras químicas podem ser artificiais (rayon), sintéticas (poliéster e aramida) ou cerâmicas.

3.1.1 Algodão

A sua resistência mecânica é relativamente baixa quando comparadas com os materiais sintéticos. A sua resistência mecânica aumenta com o grau de humidade. Mas como apresenta uma elevada absorção de humidade, a estabilidade dimensional é muito prejudicada.

A sua utilização entrou num processo decrescente, com o aparecimento das fibras sintéticas.

Figura 2 – Amostra de fio de algodão.



Fonte: Acervo pessoal (2022).

3.1.2 Rayon

Resultado da primeira corrida humana para imitar a natureza na produção de seda como fibras contínuas. Tem como principal constituinte a celulose da polpa da madeira.

Apresenta uma resistência mecânica superior ao algodão, mas esta resistência é afetada, negativamente, pela humidade. Como apresenta também uma elevada absorção de humidade, a sua estabilidade dimensional é fraca.

Figura 3 – Amostra de fio de rayon.

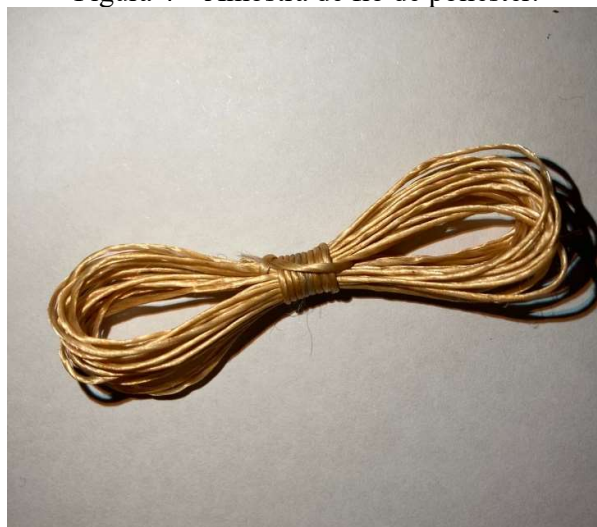


Fonte: Acervo pessoal (2022).

3.1.3 Poliéster

A fibra de poliéster é obtida a partir de polímeros sintéticos de cadeia longa. Apresenta uma elevada resistência mecânica e uma excepcionalmente elevada resistência à abrasão e à fadiga. Possui uma baixa absorção de umidade e, em consequência, uma boa estabilidade dimensional.

Figura 4 – Amostra de fio de poliéster.



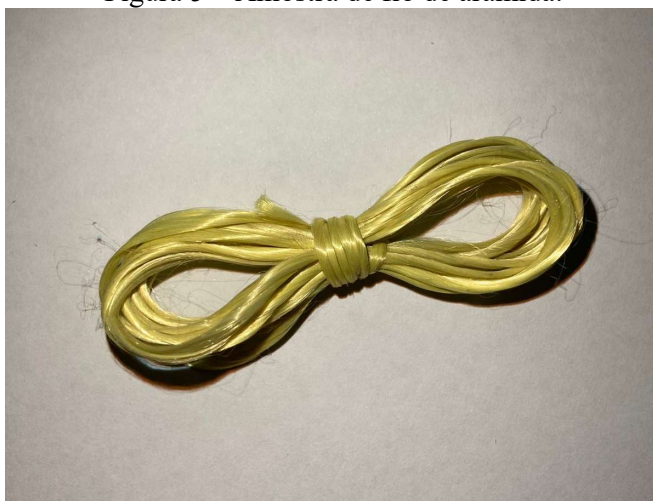
Fonte: Acervo pessoal (2022).

3.1.4 Aramida

Podendo ser encontrada com diferentes seções transversais a sua designação decorre da junção dos termos poliamida aromática – aromatic poliamida – que expressam sua composição química (Bernardi, 2003). Possuem uma estrutura de cadeia altamente cristalina e orientada, o que as confere alto módulo de elasticidade e tenacidade (Mckenna, 2000).

Dispõe de elevada resistência e rigidez. É ligeiramente mais densa e com tenacidade superior as fibras de poliéster. Apresenta um alongamento baixo na ruptura, comparável com o aço.

Figura 5 – Amostra de fio de aramida.



Fonte: Acervo pessoal (2022).

Tabela 1 – Características das fibras.

Característica	Algodão	Rayon	Poliéster	Aramida
Densidade	1,54	1,52	1,38	1,44
Tenacidade [cN/tex]	15	40	82	195
Tenacidade [N/mm ²]	230	605	1150	2760
Módulo [N/tex]	2,25	6	9,7	44
Módulo [N/mm ²]	3456	9095	13800	58000
Alongamento na Ruptura [%]	8	14	14,5	3,3
Resistência à Fadiga e ao Impacto	Fraca	Razoável	Boa	Excelente
Resistência ao Alongamento	Razoável	Boa	Boa	Excelente
Resistência à Alta Temperatura	Boa	Boa	Boa	Excelente
Resistência ao Vapor de Água	Razoável	Fraca	Razoável	Fraca
Resistência ao Envelhecimento pelo Calor	Fraca	Fraca	Boa	Excelente
Resistência à Ácidos	Fraca	Fraca	Boa	Boa
Resistência à Humidade	Razoável	Fraca	Excelente	Fraca
Resistência a Solventes	Boa	Boa	Boa	Excelente
Adesão à Borracha	Boa	Boa	Razoável	Boa

Fonte: Ciência e Tecnologia da Borracha (2022). Adaptado pelo autor.

3.2 RESISTÊNCIAS DAS FIBRAS

As fibras devem ter força suficiente para resistir à ruptura devido à tensão aplicada durante manufatura e uso. Inclusive, possuir estabilidade térmica e química suficiente para resistir ao ambiente ao qual estarão expostas.

A tensão de ruptura da fibra é uma de muitas características físicas importantes de reforços fibrosos. Medidas de ruptura são utilizadas para desenvolvimento de fibras em compósitos e na sua manufatura como um meio de predizer as propriedades e para avaliar a consistência de lotes de fibras utilizadas.

O teste de filamento simples é o caminho mais direto para determinar a resistência da fibra e assim fornecer os melhores dados para entendimento dos fundamentos de comportamento e variabilidade. O teste de tração é atrativo, na medida em que permite a avaliação de centenas ou milhares de filamentos.

3.3 ENSAIO DE TRAÇÃO

A “Máquina Universal de Ensaio” é um dispositivo que executa os ensaios de tração, flexão e compressão. É um arranjo constituído por duas travessas (uma fixa e uma móvel), uma célula de carga, um mecanismo de direcionamento, acessórios de fixação dos corpos de prova e extensômetros. Deve possuir a capacidade de manter velocidades constantes em um intervalo de 1 a 500 milímetros/segundo, com uma tolerância pequena de erro. A célula de carga, que possui capacidade normalmente para 0,5 kN, 5 kN e 50 kN, registra a carga durante o ensaio e precisa ter uma precisão maior que 99% do valor real da carga.

Para os ensaios de tração, são acoplados às travessas fixa e móvel, os dispositivos de fixação dos corpos de prova, chamados de garra. Em ensaios que exigem precisão do deslocamento elevada, os extensômetros medem a deformação do corpo de prova durante o ensaio. Caso o teste necessite de uma precisão menor, a deformação pode ser medida pelo deslocamento da travessa móvel em relação à fixa (Canto; Pessan, 2003).

No ensaio de tração, submete-se o corpo de prova a um esforço, que tende a alongá-lo até a sua ruptura. Os esforços ou cargas aplicadas ao mesmo são medidas na própria máquina de ensaio. Geralmente, este ensaio é realizado utilizando-se um corpo de prova de formas e dimensões padronizadas, para que os resultados obtidos possam ser comparados, ou, dependendo da finalidade do ensaio, suas informações possam ser usadas tecnicamente (Frederl, 2015).

Através dos ensaios de tração são conhecidos como os materiais reagem aos esforços de tração, quais os limites de tração que suportam e a partir de que momento se rompem.

3.3.1 Método de determinação das propriedades a partir dos resultados obtidos em ensaio de tração

A determinação das propriedades das amostras será definida conforme descrito na norma ASTM D 2256 – Método de Teste Padrão para Propriedades de Tração de Fios pelo Método de Fio Único.

Neste método de teste, as amostras de fio único são levadas a ruptura em máquina de tração através de uma taxa de alongamento pré-determinada e a força de ruptura e alongamento na ruptura são obtidos. A partir dos resultados obtidos, podemos determinar e comparar a tensão de ruptura e o percentual de alongamento do material.

3.3.2 Procedimentos de teste

Para execução do teste de tração, conforme descrito na norma ASTM D 2256, serão preparadas 3 amostras de cada material sendo, cada uma das amostras com 250 mm de comprimento entre as fixações na máquina.

A norma ASTM D 2256 também prevê que a máquina de ensaio de tração deverá ter sua taxa de operação (deslocamento) configurada em 300 ± 10 mm/min.

Para início do teste, assim que a amostra for fixada entre as pinças, deverá ser exercida uma tensão de $5 \pm 0,1$ cN/tex, pré-tensão considerada satisfatória para eliminar qualquer tipo de folga ao longo do comprimento da amostra.

Os testes devem ser executados em condições de temperatura e pressão ambientes.

Após a execução do procedimento experimental, é possível determinar a força de ruptura de cada material, dado determinado diretamente durante ensaio de tração.

A partir da determinação da força de ruptura, é possível determinar as seguintes propriedades do material mediante formulações matemáticas:

a) Tenacidade

$$B = F/T$$

Onde:

B = Tenacidade, cN/tex;

F = Força de Ruptura, cN;

T = Densidade Linear do fio, tex.

b) Alongamento

$$L_f = L_0 + E$$

Onde:

L_0 = Comprimento inicial, mm;

L_f = Comprimento final, mm;

E = Deslocamento, mm

$$\epsilon_p = (L_f - L_0) / L_0$$

Onde:

ϵ_p = Percentual de Alongamento.

4 CONCLUSÃO

É evidente que a aplicação e utilização de materiais poliméricos em nossas vidas cotidianas e no segmento industrial tem aumentado significativamente nos últimos anos, visto o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a estas matérias em função das propriedades que podem ser obtidas e melhoradas durante os processos de fabricação, como dos fios.

O estudo apresenta, de forma resumida, os principais tipos de filamentos poliméricos utilizados na indústria hidráulica, no processo de fabricação de mangueiras industriais com diferentes tipos de aplicação. Em função dos esforços e exigências às quais as mangueiras são submetidas, é necessário um determinado tipo de reforço para que a mesma resista durante sua aplicação. Desta forma, a determinação e conhecimento das propriedades dos fios utilizados como reforço torna-se fundamental para o controle de qualidade destes componentes.

O controle de qualidade dos fios poliméricos é item de rotina e a existência da completa estrutura para realização de ensaios de tração para controle de qualidade na FEG abriria importante possibilidade de contato entre a universidade e o meio industrial da região.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2556**: standard test method for tensile properties of yarns by the single-strand method. West Conshohocken: ASTM, 2008.

CALLISTER JÚNIOR, W.D. **Ciência e engenharia de materiais**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CANEVALORO JÚNIOR, S.V. **Ciência dos polímeros**. São Paulo: Artliber, 2006.

CANEVALORO JÚNIOR, S.V. **Técnicas de caracterização de polímeros**. São Paulo: Artliber, 2003.

CARDOSO, S.G.; SILVA, E.P.; ANDRADE, A.H.P.A. Resistência mecânica de fibras têxteis utilizadas em tecidos técnicos de alta resistência. **Revista Têxtil Brasil**, São Paulo, v. 679 n. 5, p. 52-55, 2005.

ELIAS, H.G. **An introduction to plastics**, 2. ed. Germany: Wiley, 2003.

FREDEL, M.; ORTEGA, P.; BASTOS, E.. **Propriedades mecânicas: ensaios fundamentais**. Florianópolis: Cermat. 2015.

HARPER, C.A. **Modern plastics handbook**. Lowell: McGraw-Hill, 2000.

MATERIAIS de reforço e suas características. **Ciência e Tecnologia da Borracha**. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/correias-transportadoras/materiais-de-reforco-e-suas-caracteristicas/>. Acesso em: 23 fev. 2022.