

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**VARIAÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE E SUAS INFLUÊNCIAS NAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DOS FIOS DE ALGODÃO**

CLARA SILVESTRE DE SOUZA

**Natal-RN
2011**

CLARA SILVESTRE DE SOUZA

**VARIAÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE E SUAS INFLUÊNCIAS NAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DOS FIOS DE ALGODÃO**

**Dissertação de Mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica da Universidade
Federal do Rio Grande do Norte, como
requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Engenharia
Mecânica.**

**Orientador: Prof. Dr. José Ubiragi de
Lima Mendes**

**Natal-RN
2011**

CLARA SILVESTRE DE SOUZA

**VARIAÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE E SUAS INFLUÊNCIAS NAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DOS FIOS DE ALGODÃO**

**Dissertação apresentada e aprovada em 30 de setembro de 2011, pela banca
examinadora composta pelos seguintes membros:**

Prof. Dr. José Ubiragi de Lima Mendes
Orientador

Prof. Dr. Rasiah Ladchumananandasivam
Examinador Interno

Prof. Dr. Maria Gorete Felipe
Examinador Interno

Prof. Dr. Dorivalda Medeiros Neira
Examinador Externo

Natal-RN
2011

Dedico este trabalho a D'us
primeiramente, aos meus pais Júlio e
Célia Silvestre e a todos que me ajudaram
a realizar esse sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a D'us por me conceder a oportunidade de dar mais um passo acadêmico.

Agradeço à minha família por ter me apoiado e me orientado.

Agradeço aos meus amigos que me ajudaram sempre quando necessário.

Aos meus professores, que sempre foram pacientes e solícitos para me ajudar.

Ao meu professor orientador, José Ubiragi de Lima Mendes, que me deu liberdade e apoio.

A empresa COATS que me cedeu seu espaço e ao engenheiros têxteis Giovani e Jucemar que me ajudaram e tiraram dúvidas.

Agradeço imensamente às funcionárias do setor do Controle de Qualidade da COATS por terem me ajudado e por sua grande paciência para comigo.

Agradeço ainda a CAPES que através da bolsa, possibilitou a minha exclusiva e intensa dedicação a essa dissertação.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste sonho, muito obrigada!

RESUMO

O algodão é uma fibra têxtil hidrófila e por essa razão muda suas características em função das condições do ambiente. A umidade e a temperatura são dois fatores que influenciam o ambiente de uma fiação de algodão. Estes dois fatores podem alterar a qualidade de toda uma produção de fios. Sendo assim, umidade e temperatura devem ser mantidas sob o controle para o processamento do algodão, uma vez que em um ambiente seco e quente os fios de algodão liberam umidade e se rompem, aumentando o índice de quebra da fiação com o ambiente frio e úmido, os fios absorvem umidade e perdem a consistência mínima. Com base nessas informações, este trabalho foi desenvolvido experimentando quatro tipos de fio de algodão sendo de origem brasileira e os demais, de origem egípcia. Os fios foram expostos a temperatura e umidade diferentes em cinco experimentos distintos, contendo cada experimento seis amostras que passaram por testes físicos e mecânicos: resistência, força, tenacidade, pilosidade, título e torção. As análises foram realizadas no Laboratório de Mecânica dos Fluidos na Universidade Federal do Rio Grande do Norte e na empresa COATS Corrente S.A., onde foi possível fazer uso dos equipamentos fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, tais como o STATIMAT ME que mede a resistência, força e tenacidade do fio, Zweigler G566 o qual mensurou a quantidade de pilosidade no fio e, a meadeira e o torcímeter, responsáveis pelo título e torção. As análises revelaram alterações nas características dos fios de forma diretamente proporcional, como por exemplo, conforme aumentava-se a umidade e temperatura havia um aumento da resistência, força, tenacidade e pilosidade. Em posse desses resultados, é possível afirmar que a uma temperatura relativamente baixa e uma umidade alta, os fios de algodão tem sua performance máxima.

Palavras-chave: Fio de algodão. Umidade, Temperatura, Resistência. Pulosidade.

ABSTRACT

Cotton is a hydrophilic textile fiber and, for this reason, it changes its properties according to the environment changes. Moisture and Temperature are the two most important factors that lead a cotton Spinning sector and influence its quality. Those two properties can change the entire Spinning process. Understanding this, moisture and temperature must be kept under control when used during the Spinning process, once the environment is hot and dry, the cotton yarns absorb moisture and lose the minimal consistency. According to this information, this paper was developed testing four types of cotton yarns, one kind of cotton from Brazil and the others from Egypt. The yarns were exposed to different temperatures and moisture in five different tests and in each test, six samples that were examined through physical and mechanical tests: resistance, strength, tenacity, yarn's hairiness, yarn's evenness and yarn's twisting. All the analysis were accomplished at Laboratório de Mecânica dos Flúidos and at COATS Corrente S.A., where, it was possible to use the equipments whose were fundamental to develop this paper, such as the STATIMAT ME that measures strength, tenacity, Zweigler G566, that measure hairiness in the yarn, a skein machine and a twisting machine. The analysis revealed alterations in the yarn's characteristics in a direct way, for example, as moisture and temperature were increased, the yarn's strength, tenacity and hairiness were increased as well. Having the results of all analysis, it is possible to say that a relatively low temperature and a high humidity, cotton yarns have the best performance.

KEYWORDS: Temperature. Moisture. Cotton yarn. Yarn twisting. Yarn hairiness.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 15 |
| 2.1 ALGODÃO..... | 15 |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS DO ALGODÃO..... | 19 |
| 2.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS DA FIBRA DE ALGODÃO..... | 22 |
| 2.4 INDÚSTRIA TÊXTIL..... | 24 |
| 2.5 FIO..... | 26 |
| 2.5.1 Giza 88 e 86..... | 28 |
| 2.5.2 – Algodão Meridional..... | 28 |
| 2.6 FIAÇÃO DO ALGODÃO..... | 29 |
| 2.6.1 Fiação à Anel..... | 30 |
| 2.6.2 Fluxograma da fiação..... | 30 |
| 2.7 FUNCIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS..... | 32 |
| 2.7.1 Armazenamento..... | 32 |
| 2.7.2 Sala de Abertura..... | 32 |
| 2.7.3 Cardas..... | 33 |
| 2.7.4 Passadores..... | 33 |
| 2.7.5 Unilap..... | 34 |
| 2.7.6 Penteadeira..... | 34 |
| 2.7.7 Maçaroqueira..... | 35 |
| 2.7.8 Filatório Anel..... | 36 |
| 2.8 INFLUÊNCIA DE UMIDADE E TEMPERATURA NO PROCESSAMENTO TÊXTIL..... | 36 |
| 2.9 TITULAÇÃO DOS FIOS DE ALGODÃO..... | 39 |
| 2.10 TORÇÃO..... | 39 |
| 2.10.1 Direção da Torção..... | 40 |
| 2.11 PILOSIDADE..... | 41 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 43 |
| 3.1 MATERIAL..... | 43 |
| 3.2 EQUIPAMENTOS..... | 43 |
| 3.3 ANÁLISES..... | 43 |
| 3.3.1 Temperatura..... | 44 |
| 3.3.2–Umidade e Temperatura..... | 45 |
| 3.4 ANÁLISES DOS FIOS..... | 52 |
| 3.4.1 Resistência do Fio..... | 54 |
| 3.4.2 Análise da Pilosidade..... | 55 |
| 3.4.3 Análise do Título..... | 56 |
| 3.4.4 Cálculo da Torção..... | 57 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 59 |
| 4.1 RESISTÊNCIA..... | 59 |
| 4.1.1 Tenacidade..... | 59 |
| 4.1.2 Alongamento na ruptura..... | 61 |
| 4.1.3 Força de ruptura..... | 63 |
| 4.1.4 Trabalho de Ruptura..... | 64 |
| 4.2 TÍTULO..... | 66 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3 TORÇÃO..... | 67 |
| 4.4 PILOSIDADE..... | 68 |
| 4.4.1 Fio de algodão Giza 88..... | 69 |
| 4.4.2 Fio de algodão Giza 86 Cardado..... | 69 |
| 4.4.3 Fio de algodão Giza 86 Penteado..... | 70 |
| 4.4.4 Fio de algodão Meridional..... | 71 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 73 |
| 6 SUGESTÕES..... | 74 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 75 |
| ANEXOS..... | 79 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 Algodão colorido naturalmente..... | 15 |
| Figura 2.2 Fibras de algodão visualizadas pelo Microscópio de elétrons..... | 16 |
| Figura 2.3 Estrutura da fibra de algodão aumentada aproximadamente 500 vezes..... | 20 |
| Figura 2.4 Abordagem para o equilíbrio da umidade..... | 21 |
| Figura 2.5 Gráfico Tensão - Deformação no qual a área é a Tenacidade..... | 23 |
| Figura 2.6 Trabalho de ruptura..... | 24 |
| Figura 2.7 Fluxograma da Indústria Têxtil..... | 25 |
| Figura 2.8 Fio Singelo; Fio Retorcido a dois cabos; Fio retorcido a dois cabos e novamente retorcido a dois cabos..... | 26 |
| Figura 2.9 Fio Retorcido em dois cabos..... | 27 |
| Figura 2.10 Espulas com fios utilizados.a) Giza 88,b) Giza 86 penteado,c) Giza 86 cardado e d) meridional..... | 28 |
| Figura 2.11 Mecanismo de enrolamento do fio em um filatório anel, onde 1 é o fuso, 2 é a espula (2), 3 é o fio, 4, o viajante,5 o anel e 6 o enrolamento..... | 30 |
| Figura 2.12 – Fluxograma de Produção de Fio Penteado para seta pontilhada e Fio Cardado para seta em negrito em Filatório Anel..... | 31 |
| Figura 2.13 Armazenagem de fardos..... | 32 |
| Figura 2.14 Princípio operacional do UNifloc A11 abridor automático de fardos..... | 32 |
| Figura 2.15 Carda Rieter..... | 33 |
| Figura 2.16 Passadores Rieter..... | 34 |
| Figura 2.17 UNILAP Rieter..... | 34 |
| Figura 2.18 Penteadeiras Rieter..... | 35 |
| Figura 2.19 Lay out de uma indústria, onde Passador e Maçaroqueira estão posicionados próximos um do outro..... | 35 |
| Figura 2.20 Filatório Anel em funcionamento..... | 36 |
| Figura 2.21 Torções Z e S, respectivamente..... | 40 |
| Figura 2.22 Pilosidade em fios de algodão provenientes de três filatórios distintos. Em a), oriundo de um Filatório Jato de Ar;em b) Filatório Open End e em c) Filatório Anel..... | 41 |
| Figura 3.1 Medidas para o primeiro dia de calibração do Frigobar..... | 45 |
| Figura 3.2 Medidas de temperatura e umidade para o segundo dia de calibração do frigobar..... | 46 |
| Figura 3.3 Equipamento nebulizador..... | 46 |
| Figura 3.4 Nebulizador afixado dentro do frigobar..... | 47 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.5 Medidas de temperatura e umidade com a utilização do nebulizador na calibração do Frigobar..... | 47 |
| Figura 3.6 Medidas de temperatura e umidade para os testes com a utilização do nebulizador..... | 48 |
| Figura 3.7 Abertura de 8 centímetros que permite que o refrigerador troque calor com o ambiente..... | 48 |
| Figura 3.8 Medidas de temperatura e umidade para o quarto dia de testes com a utilização do nebulizador e uma abertura de 8 centímetros..... | 49 |
| Figura 3.9 Medidas de temperatura e umidade para o quinto dia de testes com a utilização do nebulizador e uma abertura de 8 centímetros..... | 49 |
| Figura 3.10 Abertura da porta do frigobar em 8 centímetros..... | 50 |
| Figura 3.11 Medidas de temperatura e umidade para o sexto dia de testes com a utilização do nebulizador e uma abertura de 16 centímetros..... | 51 |
| Figura 3.12 Medidas de temperatura e umidade para o nono dia de testes com a utilização do Becker..... | 51 |
| Figura 3.13 Gráfico com medidas de temperatura e umidade para o teste com a utilização dos dois béckers..... | 52 |
| Figura 3.14 Refrigerador..... | 53 |
| Figura 3.15 Abertura de 8cm na porta do frigobar..... | 53 |
| Figura 3.16 Espulas..... | 53 |
| Figura 3.17 Abertura de 16cm na porta do Frigobar..... | 53 |
| Figura 3.18 Braço mecânico estira o fio de algodão até romper, testando sua resistência à ruptura..... | 54 |
| Figura 3.19 Vista ampliada do sensor eletro-óptico do Pilosimêtro..... | 55 |
| Figura 3.20 Medidas de algodão Meridional (a), Giza 86 cardado (b), Giza 86 penteado (c) e Giza 88 (d), respectivamente..... | 56 |
| Figura 3.21 Meadeira Eletrônica Mesdan..... | 56 |
| Figura 3.22 Balança Eletrônica..... | 57 |
| Figura 3.23 Torcímetero MARTE..... | 58 |
| | |
| Figura 4.1 Análise da tenacidade para os quatro tipos de fios de algodão..... | 60 |
| Figura 4.2 Análise do alongamento na ruptura para os quatro tipos de fio de algodão. Alongamento=%..... | 61 |
| Figura 4.3-Análise da força de ruptura para os quatro tipos de fio de algodão. Força=cN..... | 63 |
| Figura 4.4 Análise do trabalho de ruptura para os quatro tipos de fio de algodão. Trabalho de ruptura=cN*cm..... | 65 |
| Figura 4.5 Análise do título para os quatro tipos de fio de algodão. Título=DTEX..... | 66 |
| Figura 4.6-Análise da torção para os quatro tipos de fio de algodão. Torção=TPM..... | 68 |
| Figura 4.7 Análise da pilosidade para o algodão Giza 88. Pilosidade=mm..... | 69 |
| Figura 4.8 Análise da pilosidade para o algodão Giza 86 Cardado. Pilosidade=mm..... | 70 |
| Figura 4.9 Análise da pilosidade para o algodão Giza 86 Penteado. Pilosidade=mm..... | 70 |
| Figura 4.10 Análise da pilosidade para o algodão meridional. Pilosidade=mm..... | 71 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1 Tipos de algodão usados nas análises e suas características.. | 27 |
| Tabela 2.2 <i>Regain</i> para fibras têxteis..... | 38 |
| Tabela 2.3 Características do algodão na fiação..... | 38 |
| | |
| Tabela 3.1 Tipos de algodão usados nas análises e suas características.. | 43 |
| Tabela 3.2 Temperatura correspondente a posição do termostato..... | 44 |
| Tabela 3.3 Medidas das propriedades do nebulizador..... | 46 |
| Tabela 3.4 Medidas de temperatura e umidade para o sétimo dia de testes com a utilização do nebulizador e uma abertura de 16 centímetros. | 50 |
| Tabela 3.5 Valores Mínimo e Máximo padrões para Alongamento e Força | 55 |
| Tabela 3.6 Padrão COATS para o título dos fios de algodão..... | 57 |
| Tabela 3.7 Padrão COATS para a torção dos fios de algodão..... | 58 |
| | |
| Tabela 4.1 Valores de temperatura e umidade para cada dia de experimento..... | 59 |
| Tabela 4.2 Valores das variáveis médias dos títulos para os quatro tipos de algodão..... | 67 |
| Tabela 4.3 Valores das variáveis de torção para os quatro tipos de algodão..... | 68 |

NOMENCLATURAS E ABREVIações

C – Celsius

F – Fahrenheit

CEN – Comitê Europeu de Normalização

cm – centímetro

cN – centi Newton (medida de força – $100\text{cN} = 1\text{N}$)

cN*cm – centi Newton multiplicado pela área em centímetros (medida de tenacidade)

cN/tex – centi Newton dividido por tex (medida de força)

CV(%) – Coeficiente de Variação

DIN – Instituto Alemão de Normalização

dtex – Medida do título (1 grama por 10.000 metros)

H – medida indireta do número e do comprimento acumulado de todas as fibras que se projetam na superfície do fio. (Pilosidades)

HP – hectopascal (unidade de medida de pressão)

Hz – Hertz

ISO – Organização Internacional de Normalização

ktex – Medida do título (1 grama por metro)

l/min – litros por metro (unidade de vazão)

MAX – Máximo

MED – Médio

MIN – Mínimo

ml – mililitro

mm – milímetro

mtex – Medida do título (1 grama por 100.000 metros)

N – Newton (unidade de força do sistema internacional)

NBR – Normas Técnicas Brasileiras

OBJ – Objetivo padrão

PS – Peso Seco

Psi – unidade de pressão do sistema inglês/americano

PU – Peso Úmido

R% - Regain

S – Direção da Torção

Tex – Medida do título (gramas por metro)

TPM – Torção Por Metro

Z – Direção da Torção

LETRAS GREGAS

σ – Desvio padrão

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 2.1- Percentual de Umidade

Equação 2.2- Percentual de Regain

Equação 2.3- Percentual de alongamento (extensão)

Equação 2.4- Quantidade de trabalho

Equação 2.5- Trabalho de Ruptura

Equação 2.6- Percentual de Regain na fibra

OBJETIVOS

Objetivos Gerais

Este trabalho teve por objetivo analisar as propriedades físicas e mecânicas do fio de algodão, provenientes da fiação a anel, ao sofrer variação de temperatura e umidade.

Objetivos Específicos

Testar a qualidade do fio de algodão brasileiro (Meridional) e do fio de algodão egípcio (Giza 88 e Giza 86), comparando-se.

Utilizar um equipamento refrigerador com a função de câmara climática para a exposição das espulas.

Experimentar formas de aumentar e quantificar temperatura e umidade dentro do equipamento refrigerador.

Expor as espulas contendo fio de algodão a variações de temperatura e umidade.

Testar o fio de algodão exposto a diferentes temperaturas e umidades de acordo com suas propriedades físicas (pilosidade e título) e mecânicas (torção e resistência).

Observar as variações sofridas pelo fio de algodão, comparando os fios entre si.

Verificar qual é a melhor temperatura e umidade para expor o fio na fiação a anel.

1 INTRODUÇÃO

A matéria – prima da fiação dos fios de algodão é a fibra do algodão. Esta fibra é o maior insumo para a produção de fios utilizados em vestuário, devido às suas características principalmente ligadas ao conforto. Sendo o algodão uma fibra natural, possui muitas irregularidades em suas características físicas e muitas impurezas advindas da colheita e do descaroçamento.

Da colheita do algodão ao fio, são necessários alguns processos conhecidos como processos de fiação. O primeiro deles é a Abertura, onde o algodão é aberto e pré limpo. O segundo passo são as Cardas as quais paralelizam as fibras e aumentam a limpeza do algodão. Das Cardas, a fita de algodão vai para o passador e, dependendo do processo, para a Penteagem. Fechando o ciclo de fiação, encontra – se a Maçaroqueira que transforma fita de algodão em pavio. É no Filatório que o pavio vira fio.

A falta de qualidade e a presença de defeitos nos fios de algodão podem resultar em perdas financeiras para a empresa que os produz e para o cliente que os compra. Por isso, o objetivo de uma fiação bem sucedida é produzir fios de elevada qualidade, de forma econômica. Isto só se torna possível com a utilização orientada e controlada da matéria – prima na fiação.

A umidade e a temperatura, são fatores importantíssimos em uma indústria têxtil. Sabendo – se que o algodão é uma fibra higroscópica, é capaz de absorver uma grande quantidade de água, é necessário que o mesmo se mantenha condicionado em um ambiente com umidade relativamente alta, em torno de 60%. Para evitar incêndios ou acidentes de rompimento, a temperatura do ambiente deve ser relativamente média, em torno de 20 a 25°C.

A umidade medida dentro da fiação é, de fato, a umidade relativa do ar. Isto significa que a umidade relativa é o cociente de vapor de água realmente presente no ar e a máxima massa possível de vapor de água no ar, expressa geralmente como percentagem (%). Já que a umidade máxima é dependente da temperatura, a umidade relativa muda com a temperatura, mesmo quando a umidade absoluta permanece constante.

Com o objetivo de analisar o fio de algodão proveniente da fiação anel e o efeito causado pela temperatura e a umidade no seu processo de manufatura, este trabalho foi realizado em parceria da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

com a empresa COATS Corrente S.A., onde foram realizados os testes referentes à temperatura e umidade.

As análises realizadas tiveram a finalidade de testar os diferentes comportamentos apresentados pelo fio de algodão quando o mesmo foi exposto a diferentes valores de temperatura e umidade. As características analisadas foram título, pilosidade, torção e resistência a tração. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Controle da Qualidade da empresa.

Os testes foram realizados utilizando três tipos de algodão: Giza 88 cardado, Giza 86 (cardado e penteado) e Meridional cardado. Para cada tipo de algodão, seis espulas foram utilizadas. Análises diárias foram executadas, havendo mudanças de temperatura e umidade para cada dia de teste.

Para a realização dos testes de título, foram utilizadas uma meadeira e uma balança eletrônica. Para a realização dos testes de resistência, foi empregado um equipamento chamado STATIMAT ME, no qual mediu-se o alongamento e o rompimento dos fios de algodão. Na medição da torção, foi utilizado um torcímeter Marte e o Zweigle G566 para a pilosidade.

Após a análise do material e observando-se os resultados, verificou-se que os fios de algodão cardados ou penteados submetidos a diferentes valores de temperatura e umidade, apresentaram valores de resistência e número de pilosidade diretamente proporcionais ao aumento de temperatura.

O presente trabalho foi dividido em 4 capítulos os quais objetivam descrever melhor e situar sobre o tema abordado, análises e conclusões.

O primeiro capítulo traz uma revisão bibliográfica de diversos autores sobre o tema relacionado ao trabalho. É feita uma fundamentação teórica para a metodologia apresentada na dissertação, explicando assim processos, defeitos, equipamentos e demonstrando a importância do trabalho.

O segundo capítulo expõe os materiais usados nos testes, assim como os métodos utilizados na obtenção dos resultados.

Os resultados obtidos com todas as análises estão descritos no capítulo 3. Resultados apresentados através de gráficos e tabelas.

No quarto capítulo estão descritas conclusões e sugestões acerca do trabalho desenvolvido, sugestões estas que visam melhorar o desempenho da fiação da empresa COATS.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são abordados conteúdos que darão suporte teórico ao desenvolvimento do assunto proposto.

2.1 ALGODÃO

Algodão é uma matéria fibrosa que envolve as sementes do algodoeiro, planta da família das malváceas, gênero *Gossypium*. Usado na indústria têxtil.



Figura 2.1 - Algodão colorido naturalmente.(FELIPE, 2006)

Embora macias, as fibras do algodão apresentam boa resistência a esforços de tração, o que permitiu, desde tempos remotos, sua utilização na confecção de tecidos.

O algodão é a matéria fibrosa que envolve as sementes do algodoeiro, planta do gênero *Gossypium*, família das malváceas, Figura 2.1 e Figura 2.2. As fibras crescem em quantidade considerável, aderidas às sementes e encerradas numa cápsula, que se abre ao amadurecer. As espécies cultivadas são *G. herbaceum*, *G. arboreum*, *G. barbadense*, *G. hirsutum*.

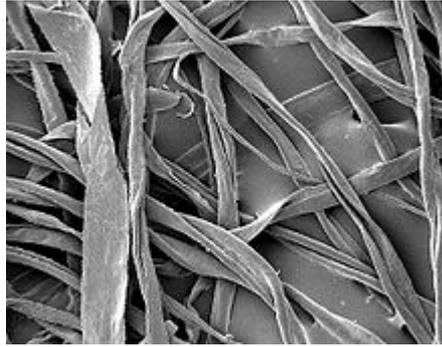


Figura 2.2 - Fibras de algodão visualizadas pelo Microscópio de elétrons.

O algodão, segundo os documentos mais antigos, é originário da Índia, tendo-se expandido, através do Irã e da Ásia ocidental, em direção ao norte e oeste. Sua utilização na confecção de tecidos, na China, data de 2200 a.C. Foi introduzido na Grécia por Alexandre o Grande, chegando até o Egito, onde produziu sua melhor espécie, no século V a.C.

Na Europa, que utilizava exclusivamente a lã como fibra têxtil, o algodão veio a ser conhecido a partir da ocupação da península ibérica pelos árabes, nos séculos IX a XI. Na América pré-colombiana, o algodão já era conhecido pelos nativos, que não somente plantavam algumas espécies de algodoeiro, mas sabiam extrair-lhes a fibra, fiar e tecer. Mas foi no século XVIII, com a invenção da máquina de fiar e do tear mecânico por Sir Richard Arkwright e Edmond Cartwright, respectivamente, e do descascador mecânico, por Eli Whitney, que a utilização do algodão na indústria têxtil ganhou impulso.

O algodoeiro é uma planta de clima quente, que não suporta o frio. O período vegetativo varia de cinco a sete meses, conforme a quantidade de calor recebida, e exige verões longos, quentes e bastante úmidos. A cultura requer renovação dos solos, mediante o uso de fertilizantes, rotação de culturas ou ainda, simplesmente, descanso por certo período.

Durante a fase de crescimento, o algodoeiro está exposto a inúmeros inimigos. O excesso ou a carência de chuvas pode perturbar o pleno desenvolvimento da planta. Outro inimigo dessa cultura é a lagarta-rosada, que tem ocasionado enormes prejuízos, embora, hoje, essa e outras pragas sejam combatidas com eficácia.

A cultura do algodão exige mão-de-obra numerosa. Nas propriedades médias e grandes, a mecanização tem atenuado esse requisito, sobretudo nas fases de preparo da terra e de plantio. A colheita, realizada em quase todas as zonas algodoeiras de forma manual, apesar da existência de processos mecanizados, dura várias semanas, já que nem todas as cápsulas se abrem ao mesmo tempo.

A faixa mais propícia ao cultivo do algodão localiza-se entre 25 S e 30 N. Contudo, algumas zonas produtoras de algodão situam-se fora desses limites; as zonas algodoeiras da China e da Rússia, por exemplo, ficam em latitudes mais elevadas. Os principais produtores mundiais de algodão têm sido tradicionalmente a China, os Estados Unidos e o Usbequistão, seguidos por Índia, Paquistão e Brasil.

Quando o capulho (ou maçã) do algodoeiro amadurece, abre suas três ou cinco células, conforme a variedade, mostrando a matéria fibrosa que envolve as sementes. Depois de colhido, o algodão é levado às usinas de beneficiamento, onde se separa a fibra do caroço. A fibra, matéria-prima para a indústria têxtil e de fiação, é usada também nas indústrias química e farmacêutica (algodão hidrófilo asséptico e algodão cardado).

O caroço do algodão, separado da fibra, é submetido a um segundo processo, chamado de deslinteração. Obtém-se assim o línter, espécie de penugem fortemente presa às sementes, utilizado para encher colchões, travesseiros e almofadas e para fazer fios de alguns tipos de tapetes. O línter é também usado na produção de celulose, de variadíssima aplicação na indústria têxtil (rayon e algodão artificial), na indústria de verniz e outras. É ainda matéria básica da elaboração do algodão absorvente, bem como do algodão para fins cirúrgicos. Na indústria bélica, é empregado na preparação de pólvora, pois dele se obtêm explosivos.

A utilização do caroço de algodão na produção de óleo alimentício só foi possível depois que se conseguiu sua desodorização. Dele se extraem também óleos para usos industriais, como lubrificantes, e matéria-prima para a fabricação de margarina, sabões e graxas.

A torta de caroço de algodão, resultado do processo de extração do óleo, é usada como ingrediente para rações de gado ou como adubo orgânico. A casca tem valor como suplemento mineral e de vitaminas B e C para rações, sendo também

usada como adubo em forma de cinza e como combustível. Embora em geral não sejam aproveitados, os restos da cultura do algodão, formados por hastes fibrosas secas dos algodoeiros, constituem matéria-prima para a fabricação de papel.

As sementes do algodoeiro possuem um princípio tóxico, o alcalóide gossipol, que aparece como um pigmento vermelho-castanho no óleo de algodão. Os povos primitivos usam a infusão de frutos novos ou de folhas novas para curar dores de ouvido ou para banhos pós-puerperais.

Quando os portugueses chegaram ao Brasil, o algodão já era cultivado, fiado e tecido. Com o algodão os índios fabricavam redes e algumas peças de roupa, empregando-o, também, em tochas incendiárias presas às flechas.

As explorações de algodão brasileiro começaram no século XVI. No século XVIII, a cultura algodoeira tomou impulso no Pará, Maranhão, Ceará, Pernambuco e Bahia. A guerra de Secessão desorganizou a produção americana, e a produção brasileira, estimulada pelo preço, cresceu aos saltos. Em 1825, o algodão contribuía com 30,7% das exportações do país, cabendo ao café 19,8%. Em 1880, batido pelo algodão americano, o brasileiro contribuía apenas com 2,3% das exportações, caindo a 0,1% em 1930. Posteriormente, voltou a contribuir para as exportações brasileiras.

O Brasil tem duas grandes zonas algodoeiras. Uma no Nordeste, que vai do rio Paraguaçu (Bahia) ao Ceará e chega até o Piauí e o Maranhão, e outra em São Paulo, que se prolonga para o norte paranaense e o Triângulo Mineiro. Há uma terceira zona, no norte de Minas Gerais e centro-sul baiano. Os estados que mais produzem algodão arbóreo (em caroço) têm sido Paraná, São Paulo e Bahia.

Quase todas as variedades cultivadas no Brasil pertencem à *G. hirsutum*. As variedades anuais são cultivadas no Sul, Sudeste, Centro-Oeste e em zonas do Nordeste, sendo o mocó ou seridó, uma variedade perene, utilizada na fabricação de uma das melhores fibras do mundo.(BARSA, 2006)

2.2 CARACTERÍSTICAS DO ALGODÃO

O algodão pode ser classificado de diversas formas, entre elas:

1) Comprimento:

- Classe curta com fibras entre 20 e 24 mm;
- Classe média com fibras entre 25 e 30 mm;
- Classe longa com fibras entre 30 e 34 mm;
- Classe extra longa com fibras com 35 mm ou acima.

2) Tipo de algodão:

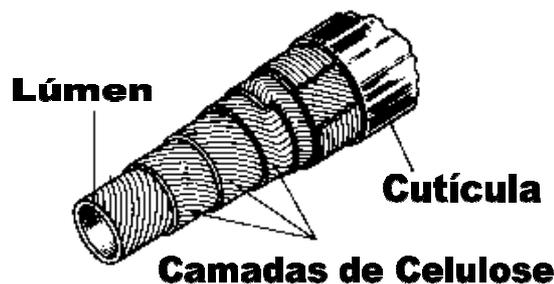
- Seridó ou Mocó (apresentam fibras longas);
- Egípcio;
- *Upland* fibra curta;
- *Sea-island*;
- Asiático;
- Sertão;
- Herbáceo, também conhecido na indústria como Algodão “Mata”;
- Arbóreo.(RIBEIRO, 1984)

3) Uniformidade de Comprimento (%) que é a relação entre o comprimento médio e o comprimento médio da metade mais longa do feixe de fibras. No caso do algodão *upland*, deve-se adotar como referência de qualidade um mínimo de 83% de uniformidade.

4) Índice ou Conteúdo de Fibras Curtas (%) que é a frequência expressa em função do peso ou da quantidade de fibras com comprimento inferior a 12,7 mm. Tem-se como uma amostra de boa qualidade de algodão aquela que contiver no máximo 7% de fibras curtas.

5) Finura – É a medida do diâmetro da fibra. No caso do algodão, o Índice *Micronaire*, também conhecido como “finura de fibra”, é um índice adimensional, indicador da resistência de uma determinada massa de fibras a um fluxo de ar, à pressão constante, em câmara de volume definido. Este índice, que é fortemente influenciado pelo conteúdo de celulose presente na

parede secundária da fibra, Figura 2.3, permite estimar a quantidade de fibras que irá compor a seção transversal do fio e, portanto, sua resistência e regularidade em função de comprimento. O índice *micronaire* exerce forte influência na eficiência de limpeza e de remoção de *neps*, na resistência à ruptura e na uniformidade de massa dos fios, bem como no tingimento de fibras, fios e tecidos. Usualmente comercializa-se algodão entre os limites 3,9 e 4,5 de *micronaire*, sendo ideais os compreendidos entre 3,8 a 4,2.



- Estrutura da fibra de algodão aumentada 500 vezes. Fonte: GONÇALVES, 2003.

- 6) Elasticidade – É a capacidade que a fibra possui de recuperar, total ou parcialmente, o seu comprimento inicial, após a cessação da força que a deformava.
- 7) Resiliência – É a propriedade que têm as fibras de voltar ao seu estado original tão logo seja retirada a carga ou a força que as comprimia.
- 8) Flexibilidade – É a propriedade que a fibra possui de suportar a flexão.
- 9) Fiabilidade – É a propriedade que a fibra possui de se transformar em fio.
- 10) Resistência – É a capacidade que a fibra tem de suportar uma carga até romper-se. A resistência a ruptura é expressa em g/tex (universal) e gf/tex (Brasil), sendo que este parâmetro de qualidade representa a força máxima necessária para romper um feixe de fibras.

11) Umidade e *Regain* – Umidade é o percentual de água que o material possui em relação ao seu peso úmido (PU). *Regain* é o percentual de água que o material possui em relação ao seu peso seco (PS) até atingir o ponto de equilíbrio com a umidade relativa ambiente (medida com auxílio de um psicômetro). O percentual de *regain* (%R) é sempre maior do que o percentual de umidade (%U). As equações referentes ao percentual de umidade e regain podem ser visualizadas abaixo. (Equações 2.1 e 2.2)

$$\%Umidade: \frac{\text{Peso úmido} - \text{Peso seco}}{\text{Peso úmido}} \cdot 100$$

Equação. 2.1

$$\%Regain: \frac{\text{Peso úmido} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \cdot 100$$

Equação 2.2

12) Equilíbrio – Quando um material têxtil é colocado em uma certa atmosfera, ele absorve ou perde água gradualmente numa velocidade diminuída até que seja atingido o equilíbrio, quando não houver nenhuma mudança. Este é o equilíbrio dinâmico, Figura 2.4, que ocorre quando o número das moléculas de água que evaporam do material num dado tempo tornasse igual ao número das moléculas de água que condensam e são absorvidas. (ARAÚJO, 1984)

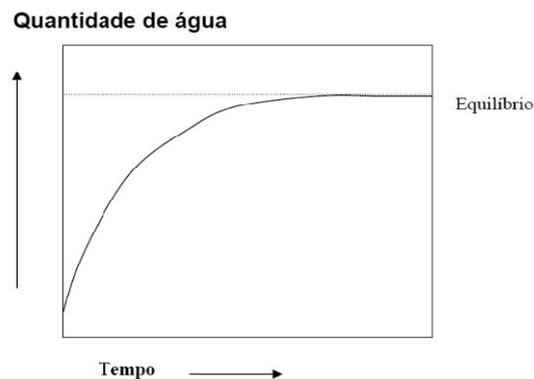


Fig. 2.4 – Abordagem para o equilíbrio da fibra. Fonte: LADCHUMANANANDASIVAM, 2003.

13) Maturidade – É o grau de desenvolvimento da parede da fibra. Para duas fibras de mesmo diâmetro, a mais madura será aquela que tiver parede mais espessa na sua seção transversal. (ARAÚJO, 2007) É normalmente estimada por um ou mais dos vários testes indiretos que são frequentemente usados para descobrir a proporção das fibras que têm

maturidade acima de um nível selecionado. Os tipos de maturidade das fibras é descrito abaixo.

- a) Fibra madura: a fibra onde um alto grau de espessura da parede ocorreu durante o seu desenvolvimento.
- b) Fibra imatura: a fibra onde ocorreu pouco espessamento da parede durante o seu crescimento.
- c) Fibra normal: a fibra cuja parede desenvolveu-se além de um valor específico.
- d) Fibra com parede fina: a fibra que não pode ser classificada nas categorias como normal ou morta.
- e) Fibra morta: uma forma extrema da fibra imatura. Como mostra a Figura 2.5. (LADCHUMANANANDASIVAM, 2003)

14) Cor, Brilho e Refletância – A cor é inerente à natureza da fibra. O lustro é o brilho natural da fibra. A forma da fibra também tem influência no brilho. Quanto mais lisa e circular, maior brilho a fibra apresenta. A refletância (R_d %) representa uma escala que varia do branco ao cinza. Quanto maior a refletância da fibra, menor será o seu acinzentamento, e, portanto, maior o interesse da indústria têxtil. (ARAÚJO, 1984)

2.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS DA FIBRA DE ALGODÃO

As propriedades mecânicas das fibras têxteis– a resposta às forças aplicadas e deformações– provavelmente são as propriedades tecnicamente mais importantes, contribuindo para o comportamento das fibras no processamento e das propriedades do produto final.

As propriedades da fibra cobrem um grande número de efeitos, e todas se combinam para determinar um certo caráter das fibras. No uso das fibras, é necessário descobrir a fibra que melhor se adapta às necessidades de um trabalho específico. Essas necessidades variam em grande escala na dimensão das aplicações dos materiais têxteis.

Devido à sua magnitude, as propriedades mecânicas mais importantes das fibras são as propriedades tensil–o seu comportamento sob forças e deformações aplicadas ao longo do eixo da fibra. Destas, a mais fácil de estudar,

experimentalmente, é a extensão (alongamento), e finalmente o rompimento, sob uma carga que aumenta em ordem crescente.

As propriedades tensil são:

1) Resistência: é a medida necessária em que uma força constante leva para romper a fibra, e é dada experimentalmente pela carga máxima desenvolvida num teste tensil. Para uma fibra individual, a resistência é dada pela *carga de rompimento*. Para comparar fibras diferentes, o valor da tensão específica no rompimento é usado, e é chamado *tenacidade ou resistência específica*, conforme pode ser visualizado na Figura 2.5.

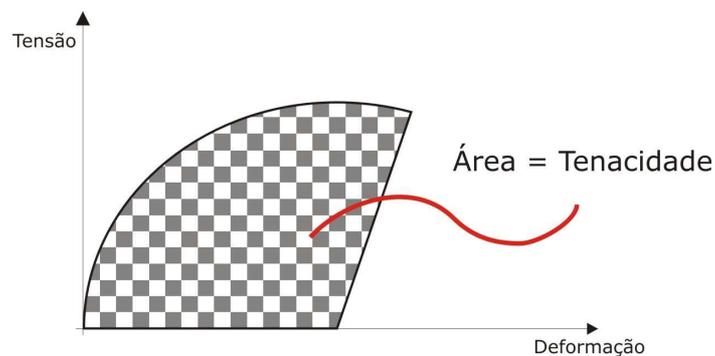


Figura 2.5 - Gráfico Tensão - Deformação no qual a área é a Tenacidade. Fonte: LADCHUMANANANDASIVAM, 2003

Para uso na comparação de resistências com base na área da seção transversal, a tensão no rompimento é chamada de tensão final (ultimate tensile stress).

2) Alongamento no rompimento: O alongamento necessário para romper uma fibra representa um valor importante. Ele pode ser expresso pelo real, fracional ou a porcentagem de aumento no comprimento e é chamado de *alongamento do rompimento*.

Considerando o comprimento da amostra, o alongamento é expresso como tensão ou porcentagem de alongamento (extensão),:(Eq. 2.3)

$$\text{extensão} = \frac{\text{alongamento}}{\text{comprimento} \cdot \text{inicial}}$$

Equação 2.3

As curvas de carga–alongamento tornam-se curvas de tensão–extensão, pela mudança das unidades, sem afetar a forma da curva conforme pode ser visualizado nos Resultados deste trabalho.

3) Trabalho da ruptura: Para uma fibra individual, o trabalho de ruptura, às vezes chamado de *dureza*, é definido como, a energia necessária para romper a fibra. (LADCHUMANANANDASIVAM, 2003)

Se considerarmos a fibra sob uma carga F , aumentando no comprimento pela uma quantidade de dl , temos,

$$\text{trabalho} = \text{força} \times \text{deslocamento} = F \cdot dl \text{ (Eq. 2.4)}$$

Então, trabalho total no rompimento da fibra:

$$= \text{trabalho da ruptura} = \int_0^{\text{rompimento}} F \cdot dl$$

Equação 2.5

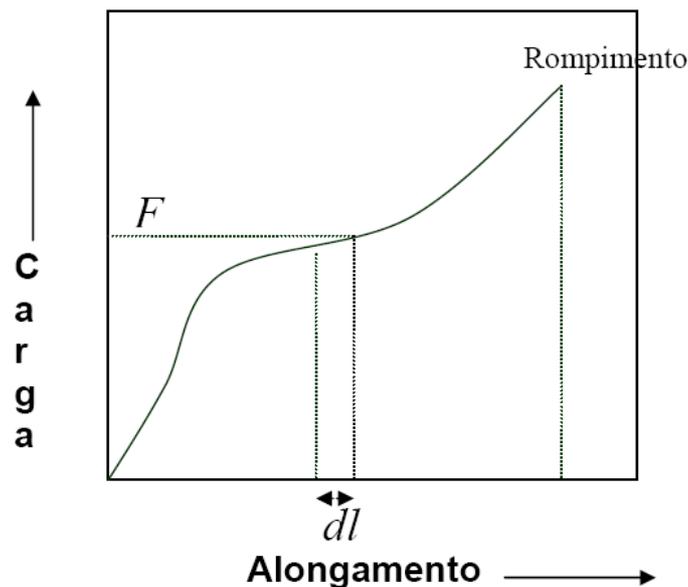


Figura 2.6 - Trabalho de ruptura. Fonte:LADCHUMANANANDASIVAM, 2003

2.4 INDÚSTRIA TÊXTIL

A atividade têxtil é tão antiga quanto a própria humanidade. Com a necessidade de se proteger do frio e do calor extremo, o homem passa a fazer uso de peles de animais para tal fim. Mais tarde, ele descobre que pode transformar em

fio os pêlos dos animais torcendo e unindo as fibras, e com este tecer, formam – se os primeiros tecidos.

Com o passar do tempo, as rudimentares técnicas de fiação e tecelagem deram lugar a instrumentos com mais complexidade como o tear manual, rocas e fusos. Assim como o homem passa a ter domínio das fibras têxteis, como por exemplo, o algodão e o linho. Posteriormente, devido às invenções e a evolução tecnológica, a atividade têxtil deu origem a indústria têxtil, ou seja, à atividade econômica que tem como finalidade a manipulação e exploração de matérias – primas têxteis transformando – as em meios de produção ou de consumo.

Com a Revolução Industrial que teve seu início da Inglaterra em meados do século XVIII e expandiu–se pelo mundo no século XIX, houve a automação da indústria têxtil. Isso ocorreu quando as máquinas, até então acionadas por força humana ou animal, passaram a ser acionadas por máquinas a vapor e, mais tarde, motores elétricos.

No entre–guerras, entre as décadas de 40 e 50, quando ocorreu o início da industrialização brasileira, a indústria têxtil começou a declinar, devido à falta de renovação de seu equipamento e flexibilidade de mercado. Outro grave momento foi a crise que eclodiu no final da década de 1970 e início de 1980, com o fechamento de numerosas fábricas, principalmente no Nordeste. Na década de 1990, essa indústria foi a quinta em valor de produção.

Nos dias de hoje, a Indústria Têxtil se apresenta como um conjunto de fábricas, técnicas e métodos de confecção de tecidos a partir de fios, fibras e outros materiais naturais ou manufaturados. (FELIPE, 2006)

A indústria têxtil se subdivide em Fiação, área estudada neste trabalho, Tecelagem, Beneficiamento e Confecção, como pode ser visualizado na Figura 2.7:

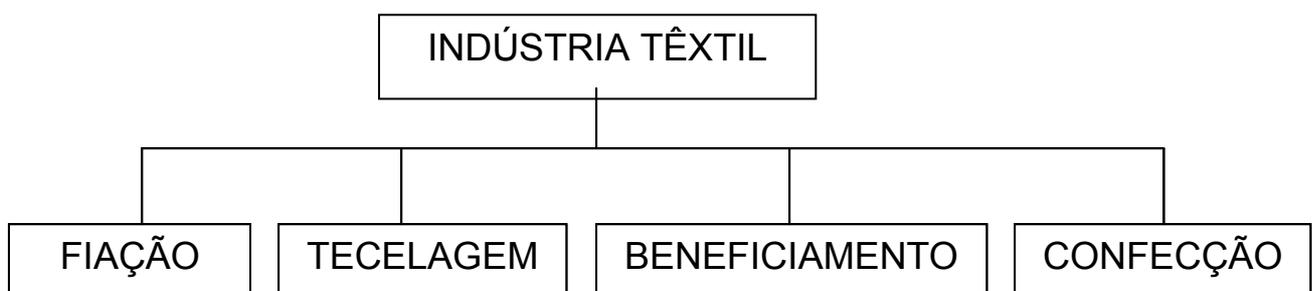


Figura 2.7 – Fluxograma da Indústria Têxtil.

2.5 FIO

Os fios são materiais têxteis constituídos por fibras naturais ou manufaturadas, apresentando grande comprimento e finura, formado mediante as diversas operações de fiação. Eles se caracterizam por sua regularidade, diâmetro e peso, sendo que essas duas últimas características determinam o título do fio. Em geral, o fio pode ser definido como um agrupamento de fibras lineares ou filamentos, que formam uma linha contínua com características têxteis. Estas características têxteis incluem boa resistência (durabilidade) e alta flexibilidade.

O elo da cadeia têxtil representado pela fiação é composto por vários processos de fabricação que variam em função da matéria-prima utilizada e aplicação final do fio. A produção de filamento contínuo apesar de envolver uma alta tecnologia possui poucas máquinas, pois o fio é formado na primeira etapa do processo. A grande complexidade está no processo de fibras descontínuas para formar o fio fiado, que pode trabalhar com máquinas para fibras curtas ou fibras longas, sendo que a seqüência de máquinas para ambas é maior que o processo de filamento contínuo, já que para produzir o fio fiado é necessário abrir, limpar, afinar, torcer a massa de fibras. (PEREIRA, 2010)

Fios de algodão recebem diferentes denominações, dependendo do processo de fiação com que foram obtidos. São singelos, quando se apresentam com um único cabo; e retorcidos, quando compostos por dois ou mais cabos.

Na Figura 2.8, vemos um fio singelo, ao centro um fio retorcido a dois cabos e à direita um fio retorcido a dois cabos, depois novamente retorcido a dois cabos (4 cabos). (PEREIRA, Gislaine 2010)

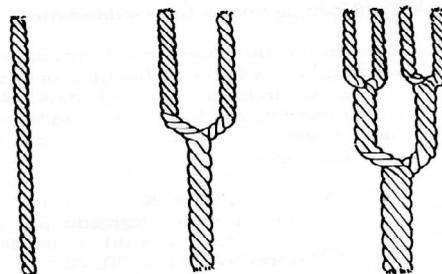


Figura 2.8 - Fio Singelo; Fio Retorcido a dois cabos; Fio retorcido a dois cabos e novamente retorcido a dois cabos. Fonte: PEREIRA, 2010

Os fios de fibras descontínuas ou de filamentos, lisos ou texturizados, podem ser torcidos com a finalidade de aumentar sua resistência. A partir de um fio singelo, ou mesmo dentro de um fio singelo, pode-se criar uma infinidade de efeitos no fio, Figura 2.9. (PEREIRA, 2010)



Figura 2.9 - Fio Retorcido em dois cabos.
Fonte: LADCHUMANANANDASIVAM, 2006

Os fio de algodão utilizado nesse trabalho foi o fio de algodão à anel. As espulas contendo os fios foram cedidas pela empresa COATS Corrente S.A., a qual confecciona, principalmente, linhas de costura e linhas para bordado.

Os fios singelos confeccionados e utilizados nas análises são de três tipos: Algodão Giza 88 penteado (200dtex), Giza 86 cardado e penteado (220 dtex e 222dtex) e Meridional cardado (660dtex). Para cada análise foram usadas seis espulas de cada tipo de algodão, conforme mostra a Figura 2.10 e comprova a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Tipos de algodão usados nas análises e suas características.

| ALGODÃO | COR | TAMANHO | MICRONAIRE | PESO |
|----------------|---------------------|----------------|-------------------|-------------|
| Giza 88 | Levemente amarelado | 38 – 40 mm | 4,3 | 110 gramas |
| Giza 86 | Branco | 34 – 36 mm | 4,75 | 110 gramas |
| Meridional | Levemente amarelado | 30 – 32 mm | 3,8 | 110 gramas |

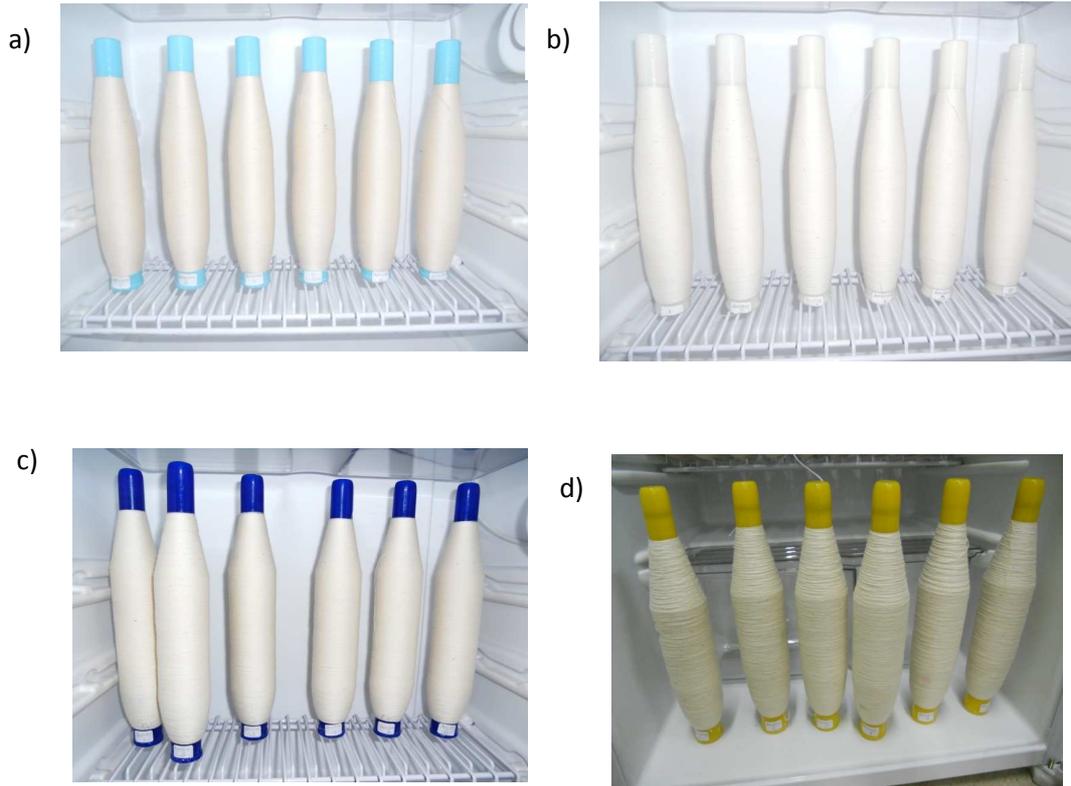


Figura 2.10 - Espulas com fios utilizados. a) Giza 88, b) Giza 86 penteado, c) Giza 86 cardado e d) meridional.

2.5.1 Giza 88 e 86

Também conhecido como Algodão Egípcio, o Algodão Giza possui uma fibra de qualidade altíssima e especificações singulares no comprimento, resistência, uniformidade, maturidade, toque e brilho das fibras em comparação de outras.

As variedades do Algodão Egípcio Giza são:

1. Fibra Extra Longa (de 35 mm a 40 mm): Giza 88, Figura 2.10 (a).
2. Fibra Longa (de 30 mm a 35 mm): Giza 86, Figura 2.10 (b) e (c).

2.5.2 – Algodão Meridional

O Algodão Meridional, proveniente da região sul do Brasil, teve seu apogeu no mercado mundial após a guerra de secessão do então líder do mercado, os Estados Unidos. O algodão brasileiro garantiu sua hegemonia até meados do século 20, onde perdeu espaço para o Egito e Índia devido ao ataque do “bicudo”, pequeno inseto.

O algodão meridional possui fibra longa de comprimento 30 mm a 32 mm, cor branca e índice micronaire de 3,76 a 4,05, Figura 2.10 (d).

2.6 FIAÇÃO DO ALGODÃO

Fiação é o processo de fabricação de fios têxteis usando como matéria-prima fibras apropriadas para o uso têxtil. Pode ser definida como uma sucessão de operações através das quais se transforma uma massa de fibras têxteis inicialmente desordenadas (flocos) em um conjunto de grande comprimento, cuja seção possui algumas dezenas de fibras mais ou menos orientadas e presas a si mediante uma torção. As fibras têxteis podem ser de origem natural, artificial ou sintética.

Quanto ao tipo de fibra, pode-se distinguir dois tipos de fiação: a produção de fios contínuos por extrusão (poliéster, viscose, poliamida, elastano, polipropileno etc.) e a fiação de fibra descontínua (lã, algodão, viscose, poliéster, linho etc.). (FELIPE, 2007).

Quanto à fiação de fibras ou filamentos contínuos, sua produção ocorre por extrusão, e pode ser dividida em: *melt-spun* ou fusão do polímero (por exemplo polipropileno e poliéster), *wet-spun* ou coagulação do polímero (por exemplo viscose) e *dry-spun* ou secagem do polímero (por exemplo elastano). As matérias-primas podem ser artificiais (quando provêm de uma matéria-prima natural modificada, por exemplo com uso de solvente) ou sintéticas (em geral, derivadas do petróleo ou, mais recentemente, de amido de milho). Os filamentos extrudados podem ser agrupados e sofrer torção e outros processos, como texturização. (GESKE, 2009).

O primeiro passo na fiação de fibras descontínuas é a abertura dos fardos. As fibras são transportadas, em geral por via pneumática, passa por máquinas de limpeza, para separação de objetos estranhos e pó, e chega até a carda, onde as fibras são abertas, paralelizadas e unidas em forma de mecha. Em seguida vão sofrer uma série de estiragens de modo a reduzir a densidade linear da massa de fibras e homogeneizar a mistura. Como etapa final a massa de fibras vai ser torcida para ganhar consistência e resistência à tração. Existem dois fluxos de processo distintos: a fiação por anéis (que pode também ter a variante com penteadeira) e a fiação por rotor (fiação *open-end*). A fiação por anel é denominada convencional enquanto os outros processos são denominados não-convencionais (por exemplo: fiação por rotor, Jet Spinner, etc.).(PEREIRA, Gislaine 2010)

2.6.1 Fiação à Anel

As mechas de fibra saem das cardas e vão para o passador, onde serão duplicadas juntamente com outras mechas e unidas para formar novamente uma mecha, essa função serve para reduzir a variação de massa por unidade de comprimento. Após isso, as mechas vão para a maçarqueira para levar uma pequena torção em forma de pavio, depois enrolado em espulas, através de um anel no filatório. Na etapa final, passam das espulas para o cone através da conicaleira. O fio feito por este método é denominado fio cardado.

Com a fiação convencional também é possível produzir fio penteado. A diferença durante o processo é a adição de mais duas máquinas após a carda, trata-se da reunideira de mechas e a penteadeira, cuja função é a de retirar fibras curtas o que resulta na produção de fios de melhor qualidade com menos pilosidade e maior resistência além de permitira produção de fios mais finos. (GESKE, 2009)

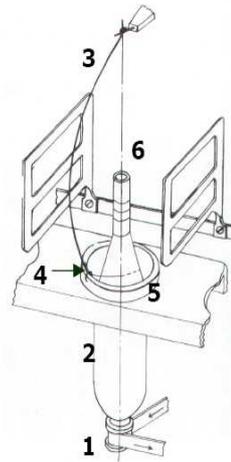


Figura 2.11 - Mecanismo de enrolamento do fio em um filatório anel, onde 1 é o fuso, 2 é a espula (2), 3 é o fio, 4, o viajante, 5 o anel e 6 o enrolamento.

2.6.2 Fluxograma da fiação

No fluxograma da Figura 2.12 pode-se visualizar todos os processos passados pelos fios de algodão na fiação anel, sejam eles penteados ou cardados.

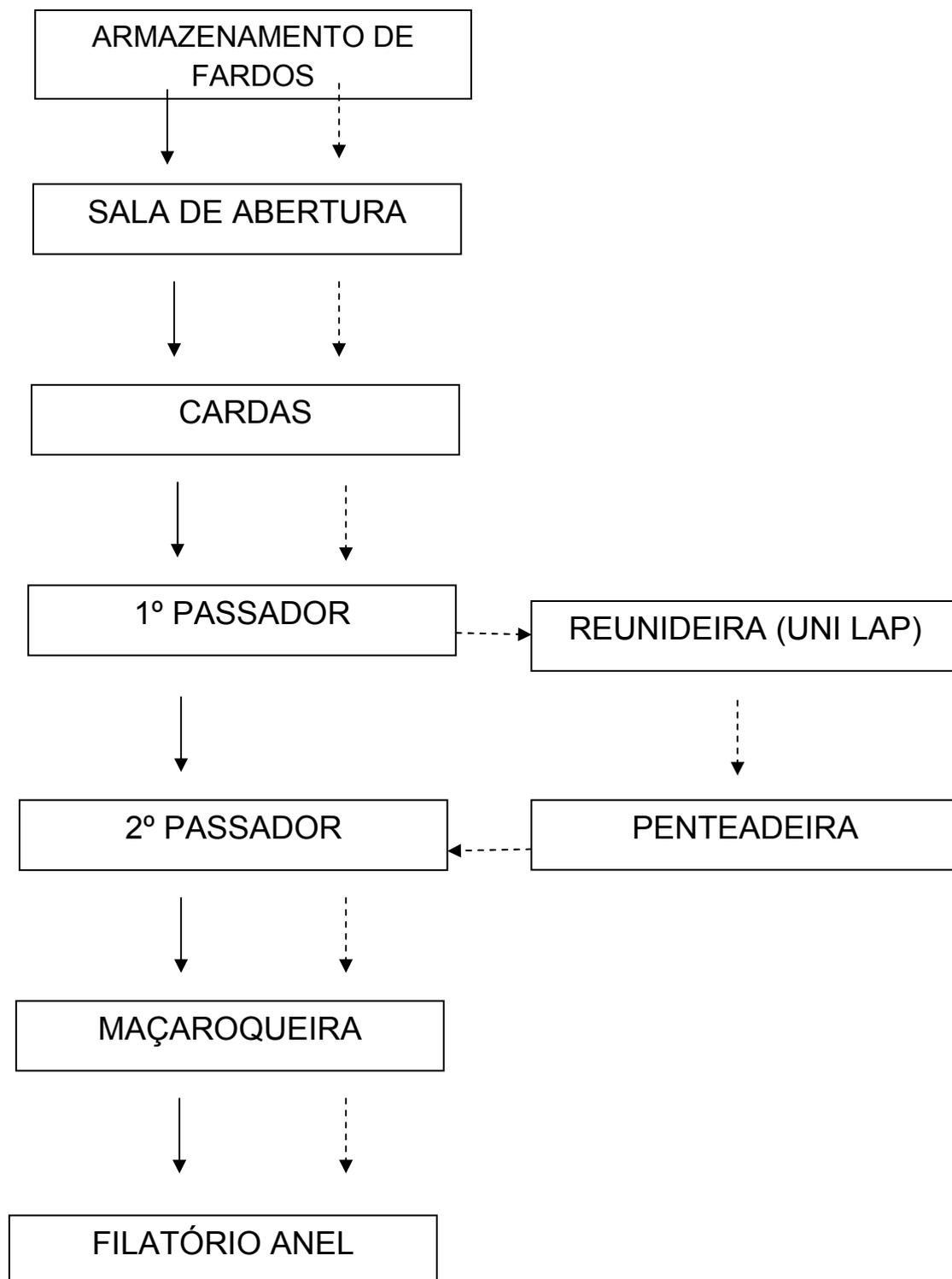


Figura 2.12 – Fluxograma de Produção de Fio Penteado para seta pontilhada e Fio Cardado para seta em negrito em Filatório Anel.

2.7 FUNCIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS

2.7.1 Armazenamento

Os fardos são posicionados no depósito conforme suas propriedades, o que irá facilitar o plano de mistura da fiação, Figura 2.13. (PEREIRA, Gislaine 2010)



Figura 2.13 - Armazenagem de fardos.

2.7.2 Sala de Abertura

Os fardos são transportados em empilhadeiras, do depósito até a sala de abertura e, ali, são dispostos lado a lado. A abertura é feita por um equipamento, automático ou manual, que coleta pequenas porções de cada fardo e as submete a batimentos para remoção de impurezas, Figura 2.14.

Essas impurezas, que consistem de cascas, galhos, folhas, areia e barro, entre outras, são removidas – em grande parte – nesses batedores. Dos batedores, as fibras são transportadas ao processo de cardagem. Geralmente o transporte é realizado por tubulações. (PEREIRA, Gislaine 2010)

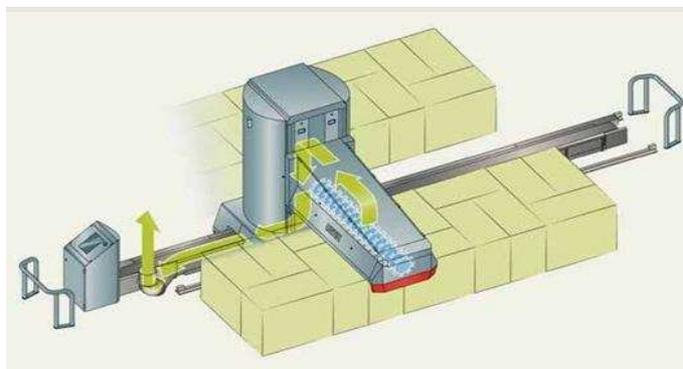


Figura 2.14 - Princípio operacional do UNIfloc A11 abridor automático de fardos.

2.7.3 Cardas

A manta de algodão produzida pelos batedores ainda apresenta grandes quantidades de impurezas e as fibras se encontram agrupadas em pequenos flocos, mais ou menos compactos os quais precisam ser convenientemente abertos. Compete a carda o trabalho de separar estas fibras quase que individualmente, eliminando as impurezas ainda existentes, bem assim as fibras curtas, as quais prejudicariam a resistência do fio. Portanto, podemos dizer que, as cardas têm por finalidade retirar das matérias primas as fibras curtas, enroladas, mortas, quebradas, neps, impurezas que não foram eliminadas na sala de abertura. Ao mesmo tempo em que executa esta ação de limpeza, ela separa e paraleliza as fibras individualmente, preparando-as para a ação de estiragem nas máquinas seguintes, Figura 2.15. (MENEZES, 2008)

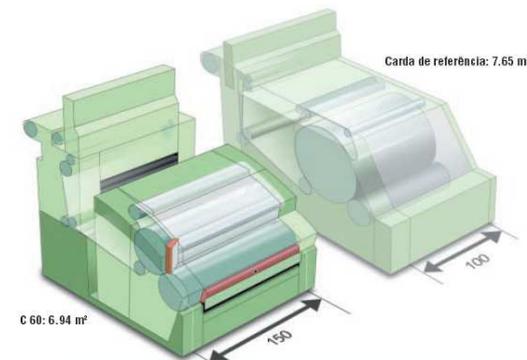


Figura 2.15 - Carda Rieter.

2.7.4 Passadores

Os passadores têm por finalidade uniformizar o diâmetro do material através da duplicação, eliminando as irregularidades do processo anterior (entram seis fitas de carda e sai uma fita seis vezes mais regular). Paralelizam as fibras para que possam sofrer a ação de estiragens intensas nos próximos processos. A transformação de uma fita de carda ou de penteadeira em um fio contínuo é obtida mediante operações de duplicação e estiragem. A estiragem é caracterizada por um escorregamento relativo das fibras, e tende a alinhar e paralelizar as mesmas,

aumentando seu comprimento e diminuindo o diâmetro do material em trabalho, Figura 2.16 (MENEZES, 2008)



Figura 2.16 - Passadores Rieter.

2.7.5 Unilap

É a primeira máquina da Preparação a Penteagem, que objetiva reunir um certo número de fitas saídas da Carda, a fim de torná – las mais regulares, além de proporcionar uma pequena estiragem. (GARCIA, 1995)



Figura 2.17 - UNILAP Rieter.

2.7.6 Penteadeira

A Penteadeira é uma das máquinas que eliminam quase totalmente as fibras curtas, “neps”, e impurezas do material em processo, que tem por objetivo a fabricação de fios finos e de boa qualidade, ou seja, mais uniforme, forte, macio, brilhoso e limpo. (GARCIA, 1995)



Figura 2.18 - Penteadeiras Rieter.

2.7.7 Maçaroqueira

A Maçaroqueira é a última máquina da Preparação à Fiação, seja ela cardada ou penteada, que promove a estiragem e torção finais na fita proveniente do Passador, transformando – a em pavios que serão posteriormente reunidos em uma única embalagem denominada maçaroca.

A maçaroca, por sua vez, irá alimentar os filatórios anel iniciando o processo de afinamento do material. (GARCIA, 1995)



Figura 2.19 - Lay out de uma indústria, onde Passador e Maçaroqueira estão posicionados próximos um do outro.

2.7.8 Filatório Anel

Na fiação a anel, cada fuso é alimentado por uma mecha, ou pavio (fita constituída de fibras com uma ligeira torção, produzida em uma máquina conhecida como maçarqueira), que é posicionada na parte superior da estrutura do filatório.

A mecha passa primeiramente pelo sistema, ou trem, de estiragem (conjunto de cilindros e manchões emborrachados que promovem, através da diferença de suas velocidades periféricas, o estiramento da massa fibrosa).



Figura 2.20 - Filatório Anel em funcionamento.

2.8 INFLUÊNCIA DE UMIDADE E TEMPERATURA NO PROCESSAMENTO TÊXTIL

Um ambiente corretamente umidificado garante um aumento na produção e, um resfriamento significativo do meio.

Controlar a umidade do ambiente assegura um aumento da produção devido a uma resistência e elasticidade superiores das fibras têxteis quando processadas entre 65 e 70% de umidade relativa. Além disso, essas condições garantem uma diminuição da poeira atmosférica.

A maior parte das fibras têxteis, principalmente as naturais, são higroscópicas, isto é, apresentam a capacidade de absorver ou liberar a umidade. Quando há excesso ou carência de umidade no meio-ambiente, as características

físicas da fibra, como o peso, a resistência etc, são alteradas. Por exemplo, o linho e o algodão apresentam substancial aumento de resistência quando a umidade neles contida é aumentada.

A quantidade de umidade numa amostra de fibra pode ser descrita em termos de *regain* ou recuperação ou, ainda, em termos de conteúdo de umidade.

Segundo Araújo e Castro (1984), o *regain* percentual (%R) da fibra é obtido a partir da seguinte relação (Equação 2.6):

$$R\% = \frac{\text{massa de água absorvida na amostra}}{\text{massa em atmosfera seca}}$$

Equação 2.6

O *regain* da fibra de algodão pode alterar as propriedades físicas e interferir na capacidade de fiar da fibra, alterando os resultados de teste. Somado a isto, sabe-se que a distribuição da umidade ao longo do fio não se dá de forma homogênea, portanto, mudanças nos dados de alongamento, tenacidade e módulo, assim como na uniformidade, imperfeições e níveis de defeitos devem ser esperadas. O pré-condicionamento em uma atmosfera seca por vários dias e o posterior condicionamento por, no mínimo 24 horas, em atmosfera padrão são cuidados que devem ser constantemente observados. Deste modo, qualquer influência decorrente das condições termohigrométricas é completamente eliminado.

Sendo assim, a higroscopicidade das fibras têxteis é uma propriedade notável devido ao seu efeito nas propriedades finais dos artigos têxteis. Leonardo Da Vinci (1452 - 1519) referia-se à higroscopicidade nos seus cadernos de notas, imaginando uma balança em que num prato colocava algodão e no outro, uma massa igual de cera. Se as condições de umidade atmosférica mudassem, a balança ficaria desequilibrada, indicando assim o estado do tempo e se vai chover ou não.

No vestuário, a higroscopicidade das fibras é de grande importância do ponto de vista da higiene, isolamento térmico e conforto. Uma peça de vestuário feita de uma fibra pouco higroscópica não absorve a transpiração, tem pouco isolamento térmico e acumula eletricidade estática, gerada durante o uso, tornando o seu uso desagradável. (ARAÚJO; CASTRO, 1984).

De acordo com Araújo e Castro (1984) as propriedades mecânicas das fibras, tais como sua flexibilidade e seu diâmetro também são alteradas, o que afeta o

comportamento durante o processamento e o uso, ou seja, as fibras secas perdem flexibilidade e incham com a umidade.

Em conseqüência, condicionamento e testes devem ser executados sob atmosfera padrão constante. A temperatura atmosférica recomendada para ensaios têxteis é de $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $65\% \pm 2\%$ para países tropicais e $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ($68 \pm 4^{\circ}\text{F}$) e $65 \pm 2\%$ de umidade relativa do ar para países temperados, por um período mínimo de 24 horas, conforme as normas internacionais ISO 139/2005, EM 20139/1992 e DIN 53802/1979.

Para facilitar as transações comerciais das fibras têxteis foi estabelecido um *regain* comercial, visto que as mesmas são comercializadas por peso e é necessário que haja um acordo entre comprador e vendedor sobre o peso exato a ser pago.

| Fibra | Regain % |
|-----------------------------------|-----------------|
| Regain para fibras têxteis | |
| Fibra | % <i>regain</i> |
| Algodão | 8.5% |
| Lã | 13.6 |
| Seda | 11,0 |
| Viscose (rayon) | 11,0 |
| Nylon (Poliamida) | 4,0 |
| Poliéster | 0,2 |
| Linho | xxxxxxxxxxxxxx |

Na Tabela 2.2 estão relacionados alguns exemplos de *regain*.

Tabela 2.2 – *Regain* para fibras têxteis. Fonte: ARAÚJO; CASTRO, 1984.

Na Tabela 2.3 são apresentados os processamentos têxteis do algodão e os respectivos valores para umidade relativa do ar e temperatura.

Tabela 2.3- Características do algodão na fiação. Fonte: ARAÚJO, 1984.

| PROCESSAMENTO | UMIDADE RELATIVA DO AR (%) | | | TEMPERATURA (°C) | | |
|----------------------|-----------------------------------|---------------|---------------------|-------------------------|---------------|---------------------|
| | Mínima | Máxima | Recomendável | Mínima | Máxima | Recomendável |
| Sala de Mistura | 40 | 55 | 45 | 20 | 26 | 25 |
| Sala de Limpeza | 45 | 75 | 45 | 20 | 28 | 23 |
| Sala de Cardas | 45 | 75 | 50 | 20 | 26 | 23 |
| Passadores | 50 | 60 | 55 | 20 | 26 | 23 |
| Penteadeiras | 55 | 70 | 60 | 20 | 25 | 23 |

| | | | | | | |
|--------------------|----|----|---------|----|----|----|
| Maçaroqueiras | 50 | 60 | 55 | 20 | 26 | 23 |
| Fiação Anel (Ring) | 40 | 65 | 55 – 60 | 18 | 30 | 23 |

2.9 TITULAÇÃO DOS FIOS DE ALGODÃO

Titulação é uma nomenclatura utilizada na Indústria Têxtil e afins, para estabelecer uma diferença entre os variados títulos (números), servindo de orientação nas transações comerciais em no seu uso para a fabricação de determinado tecido ou na comparação de um fio com o outro. Para tanto foi criada uma forma de expressar, de forma indireta, o diâmetro do fio, o que ficou conhecido como “titulação” de fios ou “numeração” de produtos de fiação, de vez que o mencionado processo se estende aos demais produtos, tais como mantas, fitas, pavios, filamentos, etc. Portanto, o título de produtos têxteis é representado por um número que expressa uma relação entre um determinado comprimento e o peso correspondente. (GARCIA, 1995)

Para o sistema direto de titulação, a massa (em gramas) por comprimento (em metro) de fio é diretamente proporcional à “espessura”, (ou seja, pode-se afirmar que quanto maior é a massa por comprimento de um fio, mais “espesso” ele é), e que por isto são conhecidos por 7 sistemas diretos de titulação, o que não significa que o título seja diretamente proporcional ao seu diâmetro. (GARCIA, 1995)

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. (PEREIRA, Gislaine 2010)

2.10 TORÇÃO

É uma característica física do fio, definida pelo número de voltas por unidade de comprimento é, ainda, a operação que consiste em proporcionar ao fio um

determinado número de voltas em torno do seu próprio eixo por unidade de comprimento.

O número de torção aplicada ao fio está em função da natureza e do comprimento da fibra, bem como do título, das características do produto final e das necessidades da demanda do processo.

A torção assume papel importante na resistência do fio feito de fibras curtas, resistência essa que aumenta quando o fio recebe torção.

A escolha do nível de torção abaixo da resistência máxima é a mais indicada, porque as resistências maiores são, na maioria dos casos, desnecessárias, fazendo com que o toque do produto final fique duro demais, reduzindo a produtividade. (GARCIA, 1995)

2.10.1-Direção da Torção

A torção é produzida com o auxílio de fusos, rotores, rolos, etc. De vez que é sempre possível ter suas direções para efetuar a torção—para direita ou para a esquerda—o sentido em que ela é aplicada é indicado pelas letras Z ou S, dependendo da orientação transversal, ou seja, a orientação que se relaciona com as diagonais das letras S e Z. A torção Z é a mais empregada na obtenção de fios de fibras curtas, conforme mostra a Figura 2. 21. (GARCIA, 1995)



Figura 2.21 - Torções Z e S, respectivamente.

A torção altera as características de um fio sob os seguintes aspectos:

a) Resistência

Um aumento na torção determina o aumento da resistência do fio até um certo limite, a partir do qual uma torção mais pronunciada enfraquece a resistência pela eclosão da ruptura de fibras, o que faz com que, algumas vezes, para aumentar a resistência, tem-se de diminuir a torção.

a. Elasticidade

Um aumento da torção determina da elasticidade do fio até um certo limite, a partir do qual a torção deixa de aumentar a elasticidade.

b. Regularidade

Uma quantidade excessiva de torção proporciona um toque áspero ao fio, contrariamente à torção baixa.

c. Toque

Um excesso de torção proporciona um toque áspero ao fio, contrariamente à torção baixa.

d. Aspecto

Uma torção acima do normal proporciona ao fio um aspecto metálico. (GARCIA, 1995)

Para um mesmo título de fio, as torções variam de modo inversamente proporcional ao comprimento da fibra.

Assim para fibras longas, menor torção, ou seja, teremos de aplicar um coeficiente de torção menor. No entanto, para fibras curtas, mais torções, ou seja, teremos que aplicar um coeficiente de torção maior.

As torções são diretamente proporcionais ao diâmetro do fio ou do pavio. Assim:

Fio fino = menor torção

Fio grosso = maior torção (GARCIA, 1995)

2.11–PILOSIDADE

A pilosidade é uma característica muito comum nos fios de fibra natural, como o algodão. Esta característica pode comprometer a produção e, conseqüentemente, o produto final (tecidos e malhas).

Pilosidade não é, necessariamente, um defeito. Quem o definirá será a aplicação final a que o fio se destina. Fios com maiores índices de pilosidade são normalmente produzidos para malharia como, por exemplo, moletons e agasalhos (GARCIA, 1995)

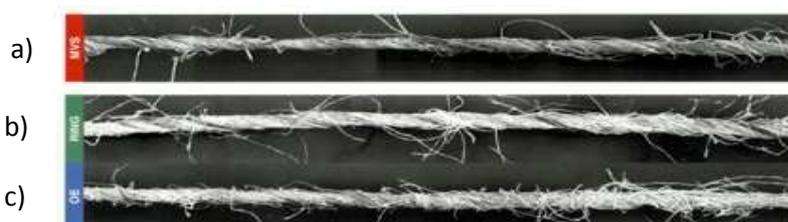


Figura 2.22 - Pilosidade em fios de algodão provenientes de três filatórios distintos. Em a), oriundo de um Filatório Jato de Ar; em b) Filatório Open End e em c) Filatório Anel. Pakistan Textile Journal, 2011.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são abordados métodos e análises utilizadas para testar o equipamento refrigerador, com relação à capacidade de atingir determinadas temperatura e umidade.

3.1 MATERIAL

Para a realização dos experimentos, foram cedidos pela empresa seis espulas (100% algodão) de quatro tipos de algodão, foram eles: Giza 88 penteado 200dtex, Giza 86 cardado 222dtex, Giza 86 penteado 220dtex e Algodão Meridional 660dtex. As características desses algodões podem ser verificadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Tipos de algodão usados nas análises e suas características.

| ALGODÃO | COR | TAMANHO | MICRONAIRE | PESO |
|----------------|---------------------|----------------|-------------------|-------------|
| Giza 88 | Levemente amarelado | 38 – 40 mm | 4,3 | 110 gramas |
| Giza 86 | Branco | 34 – 36 mm | 4,75 | 110 gramas |
| Meridional | Levemente amarelado | 30 – 32 mm | 3,8 | 110 gramas |

3.2 EQUIPAMENTOS

Para a realização das análises, utilizou-se um frigobar com capacidade para 120 litros da marca Consul. Para fazer as medidas de temperatura e umidade, foi escolhido um termo – higrômetro da marca Oregon Scientific, cujas faixas de medição de temperatura variam de -20°C a 60°C e umidade relativa de 25% a 90%.

3.3 ANÁLISES

Com a escolha do Frigobar como câmara climática, surgiram algumas dificuldades, como por exemplo, o fato do equipamento perder umidade na mesma medida que reduz a temperatura. A redução brusca da temperatura também comprometia o andamento da pesquisa.

Para tentar encontrar a temperatura e umidade de trabalho desejadas, foram realizadas inúmeras análises no equipamento com o intuito de adaptar o frigobar para as necessidades de uma câmara climática.

Após a aquisição equipamento, foram feitas as primeiras análises para testar sua capacidade. O frigobar possui um termostato para três temperaturas diferentes: MIN, MAX e MED, como mostra a Tabela 3.2.

As análises do frigobar foram realizadas no Laboratório de Mecânica dos Flúídos no Núcleo de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, e, as análises dos fios, no Laboratório de Controle de Qualidade da empresa COATS Corrente, nos meses de novembro, dezembro do ano de 2010 e fevereiro e abril do ano de 2011.

3.3.1 Temperatura

Na primeira análise, o frigobar foi ligado e o termostato foi posicionado na posição MAX. Após 24 horas, a temperatura medida pelo termo-higromêtro variava entre 5°C e 6°C. Na segunda análise, o frigobar foi religado e o termostato posicionado em MED, após 24 horas, a temperatura era aproximadamente 3°C.

Na terceira e última análise, após 24 horas com o termostato posicionado em MIN, a temperatura verificada foi 0°C, Tabela 3.2.

Tabela 3.2–Temperatura correspondente a posição do termostato.

| POSIÇÃO DO THERMOSTATO | TEMPERATURA |
|-----------------------------------|--------------------|
| MAX | ± 5°C |
| MED | ± 3°C |
| MIN | 0°C |

Analisando os resultados, concluiu-se que a temperatura mais adequada para as análises é a temperatura alcançada com o termostato posicionado no MAX. Isto se dá devido à coordenação das análises á norma brasileira NBR8428, a qual enuncia que a temperatura dentro no ambiente deve ser em torno de 20°C e a umidade relativa 65%.

Atribuídos valores de temperatura às posições do termostato, foi necessário determinar o tempo que o equipamento levava para atingir tais temperaturas. A análise foi feita com o refrigerador ligado e o termostato na posição MAX. Os resultados são mostrados na Figura 3.1.

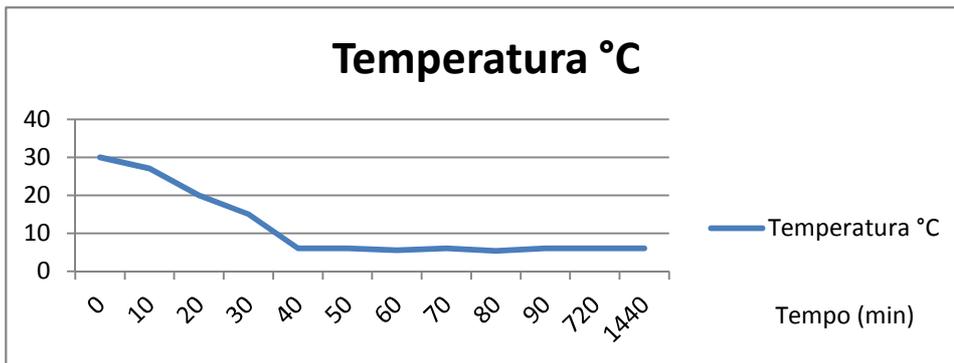


Figura 3.1 - Medidas para o primeiro dia de calibração do Frigobar.

Através das análises foi constatado que o equipamento levou cerca de 28 minutos para reduzir sua temperatura de 30°C para 15°C e aproximadamente uma hora para estabilizar sua temperatura em 6°C. Após 24 horas, a temperatura continuou estável em aproximadamente 6°C.

A temperatura ambiente variou entre 24°C e 26°C, portanto, não houve alteração ao teste. O ambiente externo se manteve condicionado através de uma ar condicionado, porém, devido a entrada e saída de pessoas da sala, a temperatura não reduziu significativamente.

3.3.2–Umidade e Temperatura

Com as análises de temperatura realizadas, havia a necessidade de manter a umidade constante dentro do frigobar. Complicado, pois o equipamento de refrigeração funciona retirando umidade do ambiente a ser refrigerado, deixando a câmara climática seca. Como havia uma ausência nesse aspecto, foi preciso supri-la. A primeira análise foi feita com o objetivo de medir a velocidade da queda da umidade dentro do refrigerador.

A primeira medida, 09:10, foi feita com o equipamento ainda desligado e as demais, ligadas. Os resultados podem ser verificados na Figura 3.2.

Após 30 minutos, a temperatura e a umidade estabilizaram e se mantiveram assim durante 24 horas. Com isso, foi constatado que há a necessidade de um aumento na umidade através de um outro equipamento. A constatação acima pode ser bem visualizada na Figura 3.2.

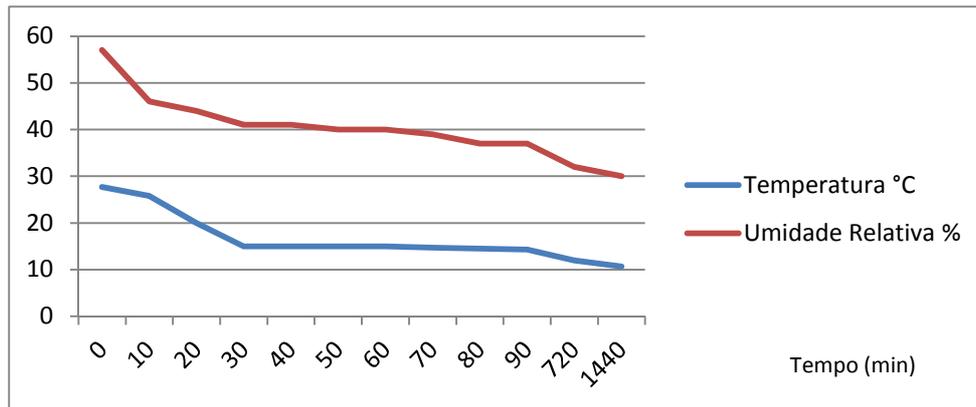


Figura 3.2 - Medidas de temperatura e umidade para o segundo dia de calibração do frigobar.

Posteriormente, foi inserido dentro do frigobar um aparelho nebulizador com o intuito de aumentar a umidade dentro do equipamento refrigerador. O nebulizador tem ainda a função de estabelecer um aumento na temperatura e estabilizá-la. As propriedades do aparelho podem ser visualizadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Medidas das propriedades do nebulizador.

| NEBULIZADOR (INALADOR A AR COMPRIMIDO) | | | | | | |
|---|-----------|---------|------------------|---------|-----------|---------|
| MOTOR | PRESSÃO | VAZÃO | | | DIMENSÕES | |
| | | LIVRE | MICRONEBULIZADOR | COMP | ALT | LARG |
| 1/20 HP ou 50/60 Hz | Até 40PSI | 12l/min | 7,5l/min | 21,5 cm | 14,5 cm | 10,5 cm |



Figura 3.3 - Equipamento nebulizador.



Figura 3.4 - Nebulizador afixado dentro do frigobar.

Primeiro, foi ligado o nebulizador dentro do frigobar por 15 minutos para um aumento gradual da umidade e, após os 15 minutos, foi ligado o frigobar com o termostato no MAX. As medidas realizadas podem vistas na Figura 3.7.

A umidade relativa se manteve estável entre 54% e 57%, porém, a temperatura continuou a decrescer.

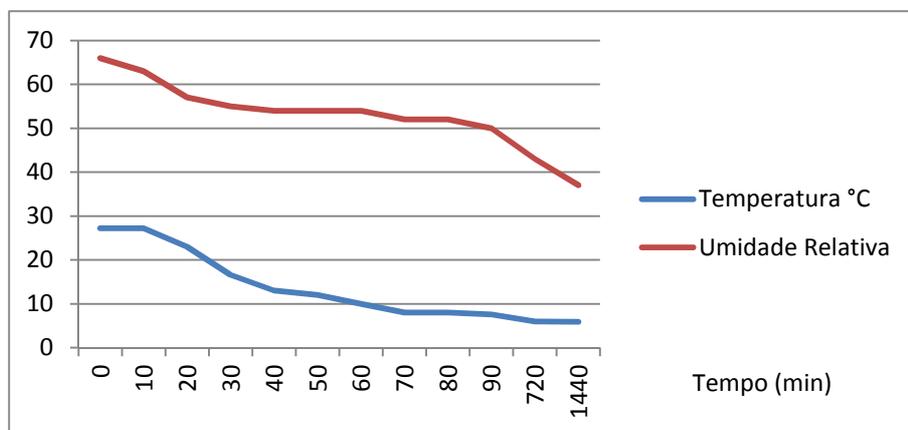


Figura 3.5 - Medidas de temperatura e umidade com a utilização do nebulizador na calibração do Frigobar.

Posteriormente, foi analisada a estabilização da temperatura. A umidade teve uma pequena, porém considerável, estabilização na data anterior. Para atingir esse objetivo, foi realizado um teste mais complexo.

Com o nebulizador ligado, a porta do frigobar recebeu uma ligeira abertura de 8 centímetros, a qual permitiu que o equipamento refrigerador trocasse calor com o ambiente.

O valor 8 centímetros para a abertura da porta foi determinado após uma série de experimentos, onde foram feitas aberturas de 2, 4, 6 e 8 centímetros, onde, o último valor provocou uma variação de temperatura considerável.

Os resultados podem ser visualizados na Figura 3.6.

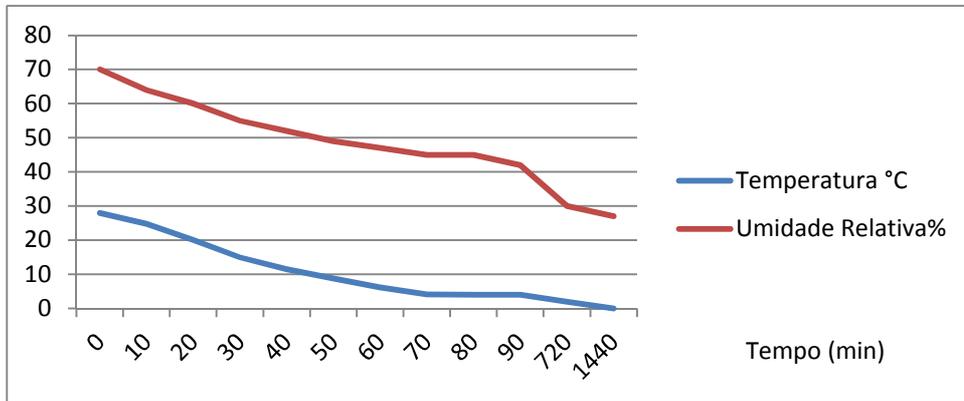


Figura 3.6 - Medidas de temperatura e umidade para os testes com a utilização do nebulizador.

Com aproximadamente uma hora e trinta minutos, o aparelho atingiu a menor temperatura desejada. A partir dessa temperatura, 4,0°C, parte – se para o segundo passo dessa análise, trocas de calor com o ambiente. Este passo se dá através da abertura.



Figura 3.7 - Abertura de 8 centímetros que permite que o refrigerador troque calor com o ambiente.

Com a abertura da porta, mostrada na Figura 3.7, a temperatura sobe imediatamente para 6,0°C, porém a umidade não se altera.

Após duas horas e dezessete minutos de experimento pode –se comprovar que a temperatura variou e depois estabilizou, com a abertura da porta, e a umidade estabilizou mas voltou a cair, como pode ser melhor visualizado na Figura 3.8.

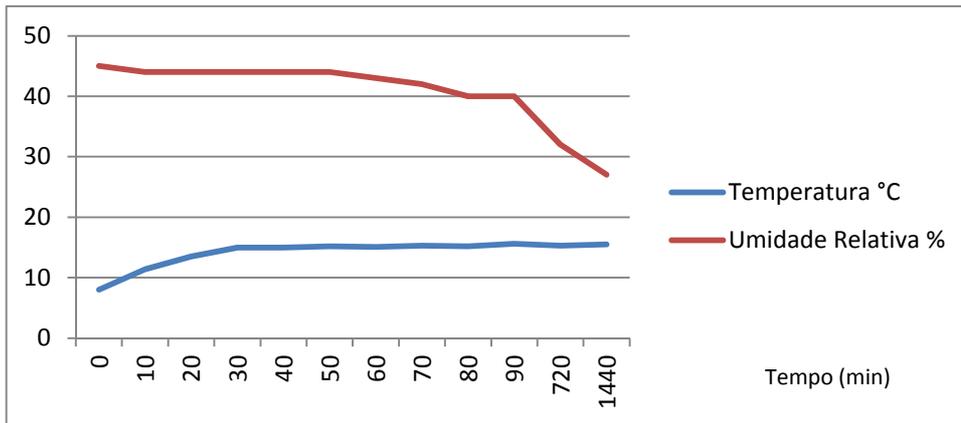


Figura 3.8 -Medidas de temperatura e umidade para o quarto dia de testes com a utilização do nebulizador e uma abertura de 8 centímetros.

Um segundo teste foi realizado para testar a estabilização da temperatura, o mesmo teste foi realizado.

Foi realizada uma medida, com todos os equipamentos desligados e, posteriormente, o nebulizador foi ligado estabilizando a umidade. Após 15 minutos, o frigobar foi ligado e foram realizadas medidas que podem ser vistas na Figura 3.9.

Novamente, o resultado obtido é que a temperatura se estabiliza em torno dos 15°C, porém a umidade decresce até aproximadamente 40%.

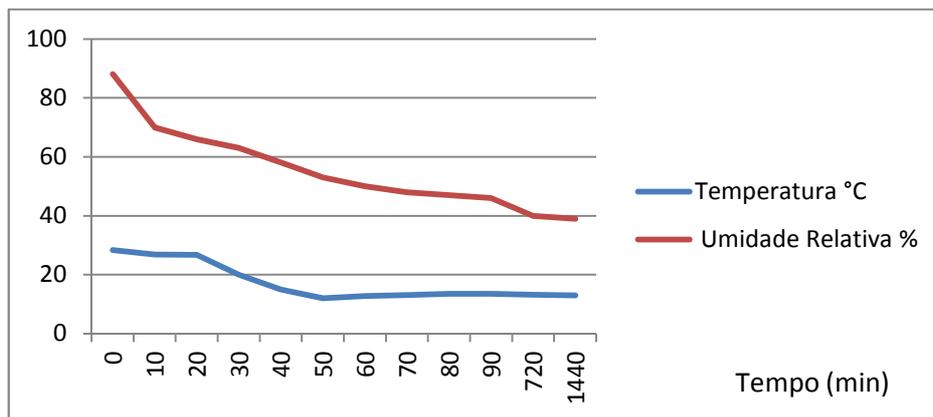


Figura 3.9 -Medidas de temperatura e umidade para o quinto dia de testes com a utilização do nebulizador e uma abertura de 8 centímetros.



Figura 3.10 - Abertura da porta do frigobar em 8 centímetros.

As análises anteriores provaram que o nebulizador consegue manter a umidade estável, porém, não o suficiente. Foi comprovado ainda que a temperatura se estabiliza com a abertura da porta, trocando calor com o ambiente.

Na análise seguinte, foram feitos testes usando o nebulizador e uma abertura maior, de 16 centímetros, possibilitando uma troca de calor maior com o ambiente. Realizando experimento da mesma forma, aumentando a umidade, depois ligando o refrigerador, os resultados obtidos podem ser vistos na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Medidas de temperatura e umidade para o sétimo dia de testes com a utilização do nebulizador e uma abertura de 16 centímetros.

| MEDIDAS | TEMP. INT. | TEMP. EXT. | UMIDADE | HORA |
|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 1ª medida | 27,2°C | 27,9°C | 87% | 14:48 |
| 2ª medida | 26,7°C | 28,3°C | 70% | 15:05 |
| 3ª medida | 25,0°C | 28,3°C | 65% | 15:13 |
| 4ª medida | 23,0°C | 28,3°C | 64% | 15:18 |
| 5ª medida | 22,0°C | 28,3°C | 64% | 15:19 |
| 6ª medida | 20,0°C | 28,3°C | 63% | 15:22 |
| 7ª medida | 18,0°C | 28,3°C | 63% | 15:27 |
| 8ª medida | 15,0°C | 28,1°C | 60% | 15:35 |
| 9ª medida | 12,0°C | 28,2°C | 60% | 15:43 |
| 10ª medida | 15,9°C | 28,2°C | 59% | 15:44 |
| 11ª medida | 18,4°C | 28,2°C | 59% | 15:45 |
| 12ª medida | 21,2°C | 28,2°C | 58% | 15:50 |
| 13ª medida | 21,7°C | 28,2°C | 57% | 15:55 |
| 14ª medida | 21,9°C | 28,2°C | 56% | 16:00 |

Com os ensaios foi verificado que a uma abertura de 8 centímetros a temperatura se estabiliza em torno de 15°C e a uma abertura de 16 centímetros, a mesma se estabiliza em torno de 22°C. A umidade apresentou a mesma tendência

em decrescer e a partir de duas horas de funcionamento do nebulizador, o equipamento secava o seu reservatório de água e, conseqüentemente, a umidade voltava a decrescer. Esse fato pode ser melhor visualizado na Figura 3.11.

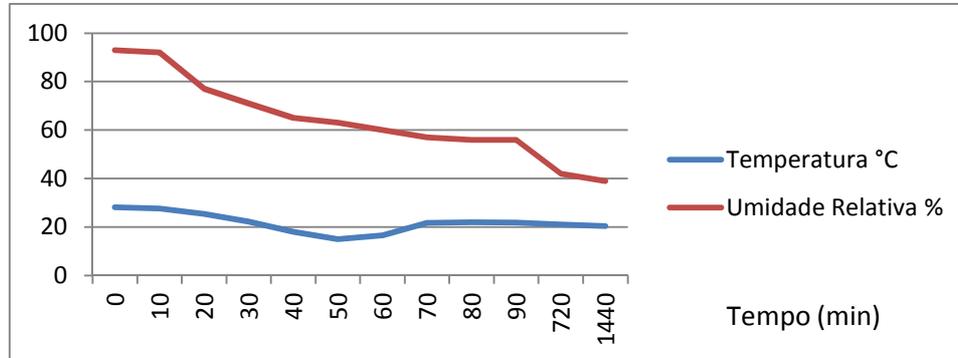


Figura 3.11 - Medidas de temperatura e umidade para o sexto dia de testes com a utilização do nebulizador e uma abertura de 16 centímetros.

Houve a necessidade de aumentar a umidade dentro do frigobar, pois o nebulizador não estava sendo o suficiente. A idéia que surgiu foi criar uma superfície de contato, a partir de água e manter a umidade fixa. O ensaio foi feito usando Bécckers de 500 ml e 1000 ml .

O primeiro experimento realizado se utilizou de um Bécker de 500 ml para aumentar a umidade dentro do refrigerador. Os resultados podem ser verificados na Figura 3.12.

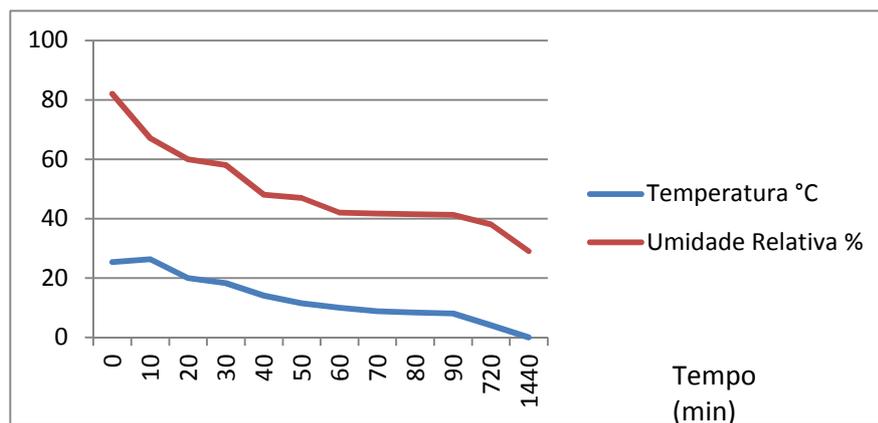


Figura 3.12 - Medidas de temperatura e umidade para o nono dia de testes com a utilização do bécker.

O segundo experimento foi feito com os dois Bécckers (um Bécker de 500 ml e outro de 1000 ml de capacidade) cheios de água. Para estabilizar a temperatura foi

feito o teste da abertura de 8 cm, como pode ser observado no gráfico da Figura 3.13.

Ao verificar todos os resultados de todos os experimentos, foi decidido que o padrão usado para aumentar a umidade dentro do frigobar seria a utilização dos dois Bécckers (500 ml e 1000 ml) e para aumentar a temperatura dentro do refrigerador de 20 a 22°C, a porta seria aberta em 8 e 16 centímetros.

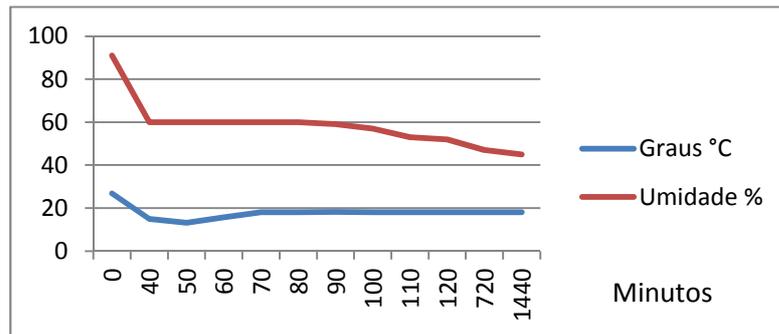


Figura 3.13 - Gráfico com medidas de temperatura e umidade para o teste com a utilização dos dois bécckers.

3.4 ANÁLISES DOS FIOS

Após realizar as análises de temperatura e umidade da câmara climática, o equipamento foi removido para a empresa COATS Corrente em Extremoz, Rio Grande do Norte.

No Laboratório de Controle da Qualidade da empresa, foi possível executar as análises referentes á resistência, pilosidade, título e torção dos fios de algodão.

As análises de resistência foram realizadas no STATIMAT ME, as análises de pilosidade no Zweilge G566, torção no Torsiômetro Marte e o título na Meadeira e balança Mesdan.

As análises na empresa COATS Corrente e os testes foram realizados com um intervalo de 24 horas, conforme as especificações da NBR 8428. Após o confinamento no equipamento refrigerador, as espulas seguiram para: titulação, torção, resistência e pilosidade.

Inicialmente, com temperatura de 27°C, as 24 espulas foram retiradas diretamente da fiação para as análises no Laboratório de Controle da Qualidade, aonde se encontravam numa atmosfera de 27°C e 45% de umidade relativa.

Em seguida, as espulas foram colocadas por 24 horas numa temperatura de 27°C e 33% de umidade dentro da câmara desligada.



Figura 3.14 - Refrigerador.

Uma abertura de oito centímetros foi feita na porta do frigobar permitindo trocas de calor com o ambiente (Dimensões da sala: Comprimento 10 metros, Largura 9 metros e Altura 2,95 metros). As espulas passaram 24 horas nesse ambiente e no quarto dia de ensaios, a temperatura se encontrava em 17,4°C e 32% de umidade.

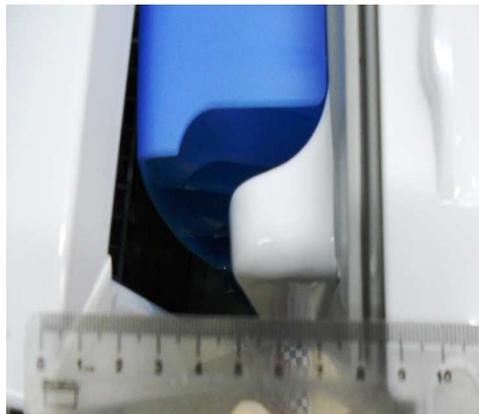


Figura 3.15 - Abertura de 8cm na porta do frigobar.



Figura 3.16 - Espulas.

Ao abrir mais oito centímetros, a abertura da porta do frigobar passa a ser dezesseis centímetros, aumentando ainda mais as trocas de calor com o ambiente externo, elevando assim a temperatura para aproximadamente 19,5°C e uma umidade de 31%, como mostra o termo – higrômetro abaixo.

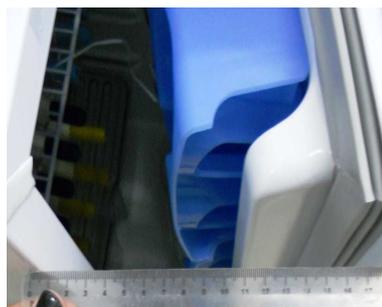


Figura 3.17 - Abertura de 16cm na porta do Frigobar.

Em seguida, foram realizados os testes físicos dos fios condicionados.

3.4.1 Resistência do Fio

As análises de resistência do fio foram realizadas no equipamento STATIMAT ME.



Figura 3.18 - Braço mecânico estira o fio de algodão até romper, testando sua resistência à ruptura.

Este equipamento tem seu funcionamento através de um braço mecânico que estira o fio até rompê-lo – testando sua resistência ao rompimento. A força exercida sobre o fio pode atingir até 1000N. Nos ensaios foram realizadas dez testes com cinco metros de fio cada e, ao final, foi calculada uma média entre as medidas e um gráfico foi impresso pelo computador. Esse processo foi repetido para cada espula.

A resistência do equipamento foi medida para cada tipo de algodão com um valor padrão de alongamento e força diferentes. Este fato pode ser constatado na Tabela 3.5. O teste feito no STATIMAT exerceu uma velocidade de 500mm/min para cada teste e uma pretensão de força de 5,0cN/dtex.

Tabela 3.5 – Valores Mínimo e Máximo padrões para Alongamento e Força.

| TÍTULO DO FIO | TIPO DE FIO | ALONGAMENTO | | FORÇA | | TENACIDADE | |
|---------------|-------------|-------------|-------|---------|----------|------------|----------|
| | | MIN | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX |
| 200 | Giza 88 | 4,00% | 10,00 | 400,00c | 440,00c | 19,8cN/te | 21,0cN/t |
| DTEX | | | % | N | N | x | ex |
| 220 | Giza 86 | 5,00% | 11,00 | 450,00c | 550,00c | 20,5cN/te | 24,1cN/t |
| DTEX | | | % | N | N | x | ex |
| 222 | Giza 86 | 5,00% | 11,00 | 410,00c | 510,00c | 18,6cN/te | 22,4cN/t |
| DTEX | | | % | N | N | x | ex |
| 660 | Meridional | 4,00% | 7,00% | 971,00c | 1079,00c | 14,9cN/te | 16,6cN/t |
| DTEX | | | | N | N | x | ex |

3.4.2 Análise da Pilosidade

Para analisar a pilosidade presente no fio de algodão, foi usado um equipamento chamado Zweigle G566. Este equipamento Pilosimêtro avalia a quantidade de irregularidades por milímetro do fio. O mecanismo de avaliação de pilosidade baseia-se em um sensor eletro-óptico que converte reflexões luminosas difusas das fibras localizadas na periferia do fio. A medição da pilosidade é realizada simultaneamente à medição da uniformidade e imperfeições (pontos finos, pontos grossos e neps). A pilosidade do fio é expressa em valores de pilosidade H, que é uma medição indireta do número e do comprimento acumulado de todas as fibras que se projetam da superfície do fio. (FONSECA e SANTANA, 2003)



Figura 3.19 - Vista ampliada do sensor eletro-óptico do Pilosimêtro.

O Zweigle G566 permite ao usuário a detecção e a ordenação de fibras, agrupando – as em classes por comprimento e, conseqüentemente, é um instrumento importante para avaliar pilosidade curta (1mm e 2mm de comprimento) de uma fibra e pilosidade longa (3mm e maior), as quais causarão problemas nos processos seguintes. Este equipamento é de extrema importância para uma avaliação de fios de fibras naturais.(uster.com)

3.4.3 Análise do Título

Os testes de titulação do fio foram feitos em uma meadeira e uma balança eletrônica. A meadeira tem como principal função fazer meadas de fios retirados das espulas com um determinado comprimento. Nos ensaios feitos na COATS, as meadas dos algodões Giza 86 e 88 mediam cem metros cada e a meada do algodão Meridional media cinqüenta metros devido ao seu título mais grosso. As meadas podem ser vistas nas Figuras 3.20 e 3.21 .

Para determinar o título, meadas de 100 metros (Giza 88 e Giza 86) e 50 metros (Meridional) foram preparadas. Os mesmos foram colocados na balança acoplada com o calibrador de título, conforme pode ser visualizado na Figura 3.22. O resultados são mostrados na Tabela 3.6.

Para ser considerado dentro dos padrões de qualidade da COATS, os títulos dos fios de algodão não poderiam ultrapassar um valor padrão, como pode ser visto abaixo.

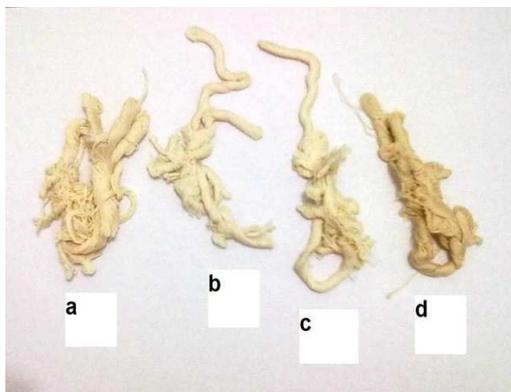


Figura 3.20 - Meadas de algodão Meridional (a), Giza 86 cardado (b), Giza 86 penteado (c) e Giza 88 (d), respectivamente.

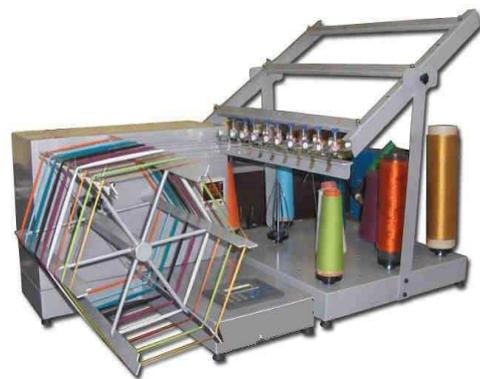


Figura 3.21 - Meadeira Eletrônica Mesdan.



Figura 3.22 - Balança Eletrônica.

Tabela 3.6 – Padrão COATS para o título dos fios de algodão.

| TÍTULO DO FIO | TIPO DE FIO | TITULAGEM | | |
|---------------|-------------|-----------|-----|-------|
| | | MIN | OBJ | MAX |
| 200 DTEX | Giza 88 | 202 | 209 | 216 |
| 220 DTEX | Giza 86 | 220 | 228 | 236 |
| 222 DTEX | Giza 86 | 220 | 228 | 236 |
| 660 DTEX | Meridional | 633,8 | 650 | 666,3 |

3.3.4 Cálculo da Torção

O ensaio procedeu quando um comprimento de fio foi disposto entre duas garras de um torcímeter, uma das garras gira e retira a torção/destorção dos fios, conforme mostra Figura 3.23.



Figura 3.23 - Torcímeter MARTE.

Os ensaios efetuados na empresa foram realizados usando os padrões próprios, portanto, as análises realizadas na COATS Corrente foram realizadas de acordo o padrão de qualidade da empresa. O fio retorcido apresentava um comprimento de cinquenta centímetros, como pode ser visualizado na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Padrão COATS para a torção dos fios de algodão.

| TÍTULO DO FIO | TIPO DE FIO | TORÇÃO POR METRO | | |
|---------------|-------------|------------------|-----|-----|
| | | MIN | OBJ | MAX |
| 200 DTEX | Giza 88 | 618 | 650 | 663 |
| 220 DTEX | Giza 86 | 750 | 790 | 806 |
| 222 DTEX | Giza 86 | 750 | 790 | 806 |
| 660 DTEX | Meridional | 413 | 424 | 435 |

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados os principais resultados obtidos a partir das análises realizadas e as discussões correspondentes.

O objetivo principal dos ensaios realizados neste trabalho foi observar o comportamento das características físicas dos fios de algodão com as alterações de temperatura e umidade. Para isso, foram realizados testes nos fios, variando temperatura e umidade, como pode ser visto na Tabela 4.1.

Tabela 4.1–Valores de temperatura e umidade para cada dia de experimento.

| ANÁLISES | TEMPERATURA | UMIDADE |
|-----------------|--------------------|----------------|
| 1º Teste | 27°C | 45% |
| 2º Teste | 27°C | 33% |
| 3º Teste | 17,4°C | 32% |
| 4º Teste | 19,5°C | 31% |

4.1 RESISTÊNCIA

Foi utilizado o equipamento STATIMAT ME para a realização dos testes de resistência do fio. Para cada uma das seis espulas, foram realizados dez testes, num total de 60 testes, e ao final foi feita uma média dos resultados.

4.1.1 Tenacidade

Tenacidade é a energia necessária para fraturar ou quebrar algo e, descreve a capacidade de um objeto de absorver energia antes da ruptura.

Para os quatro dias de teste, o comportamento dos fios de algodão, com relação à tenacidade, foi o seguinte:

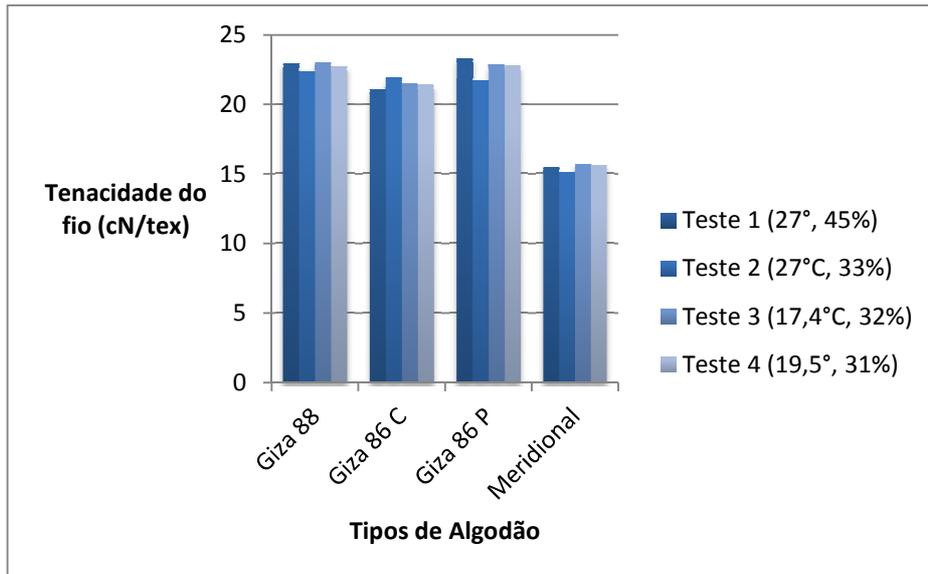


Figura 4.1-Análise da tenacidade para os quatro tipos de fios de algodão.

Como pode ser visualizado na Figura 4.1, os valores da tenacidade para o algodão meridional cardado variaram entre 13cN/tex e 19cN/tex. Valores estes considerados inferiores aos demais fios, porém, compatíveis ao título alto do fio. A espula 3 teve um comportamento anômalo apresentando valores altos de tenacidade para os três últimos testes, assim como a espula 6 que obteve resultado alto para o teste de menor temperatura. As demais espulas se mostraram estáveis e se comportaram como o esperado.

Ainda na Figura 4.1, ilustra-se o gráfico da tenacidade para o algodão Giza 86 cardado. Mesmo cardado como o meridional, o cardado Giza 86 apresentou melhores resultados para tenacidade, ficando com valores de tenacidade entre 18cN/tex e 24cN/tex.

As espulas apresentaram um comportamento como já era esperado com valores mais altos para o último dia de testes e valor menor os demais Isto porque as temperaturas foram maior e menor, respectivamente. Os testes provaram ser o giza 86 de uma melhor qualidade que o fio Meridional.

Para os testes de tenacidade realizados no algodão giza 86 penteado, os resultados foram diferentes do seu mesmo fio cardado, conforme pode ser observado na Figura 4.1.

Mesmo sendo do mesmo algodão, o Giza 86 penteado apresentou um comportamento. Os valores da tenacidade atingiram até 26cN/tex, valor este

altíssimo da Espula 1 e mesmo tendo um valor baixo, 20cN/tex, a Espula 3 apresentou um comportamento melhor que o mesmo algodão cardado.

O último algodão analisado foi o Giza 88 penteado, seu resultado pode ser visto também na Figura 4.1.

De todos os tipos de algodão testados o que apresentou melhor comportamento foi o Giza 88. A tenacidade dos fios variou pouco entre 20 e 25cN/tex e, para os últimos dois testes, o fio apresentou altíssima uniformidade entre os fios. Isto prova que a resistência dos fios é superior às outras amostras testadas. Tanto a qualidade da fibra desse algodão quanto o processo de penteagem podem aumentar a tenacidade, e conseqüentemente a resistência, deste fio.

4.1.2 Alongamento na ruptura

O alongamento de rompimento, ou ainda percentual de extensão, é outro fator importantíssimo para a qualidade do fio de algodão. É baseado nele que o fio é qualificado como resistente ou frágil.

Os testes realizados nos fios de algodão apresentaram gráficos bastante distintos devido à complexidade das fibras.

O primeiro fio a ser testado foi Meridional 660dtex. Por ter um título e uma espessura maiores e por ser somente cardado, o fio apresentou um comportamento com muitas variações, como pode ser melhor visualizado na Figura 4.2.

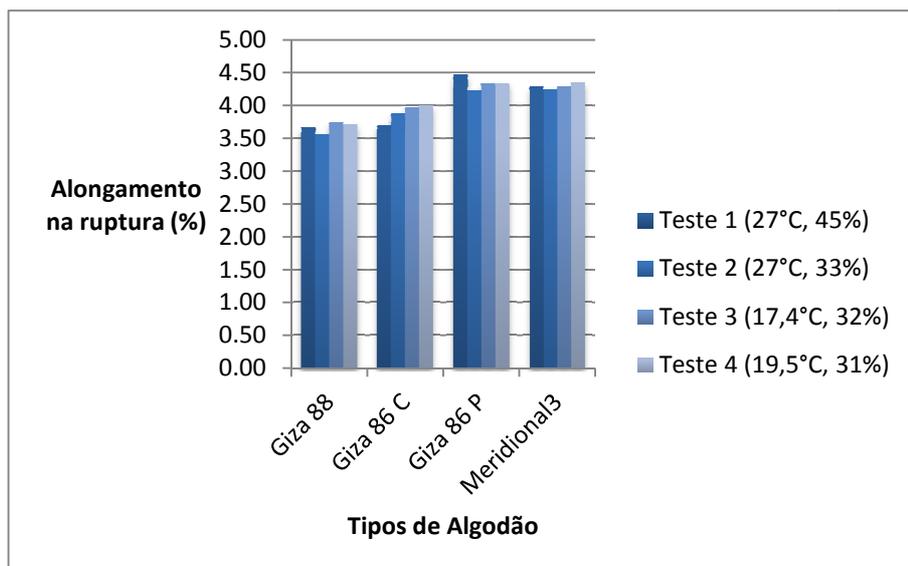


Figura 4.2-Análise do alongamento na ruptura para os quatro tipos de fio de algodão.

Alongamento=%.

Pode-se concluir que o algodão meridional, mesmo tendo uma qualidade inferior aos demais, apresentou um alongamento alto. A espula 3 evidenciou os maiores valores chegando a aproximadamente 5% de alongamento, isto mostra que a espula demorou mais a romper. O oposto ocorreu com a espula 6 que mostrou valores inferiores a 4%.

Como já se era esperado, os fios apresentaram uma queda no alongamento quando houve variação de temperatura, porém, as espulas 3 e 6 se comportaram de forma anômala. As demais demonstraram um comportamento comum.

Para o algodão giza 86 cardado, o resultado apresentado pelas espulas foi diferente. Também cardado, o fio egípcio se mostrou mais uniforme, porém não tão alongado quanto o fio meridional, conforme pode ser visto na Figura 4.2.

Ao observar o gráfico fica claro que as espulas manifestaram o procedimento esperado, variando pouco. O alongamento se manteve entre 3,5% e 4,3%, comportamento este excelente para tal fio. Com menor valor pode ser destacado a espula 6 no teste 3, 3,5%. Todas as espulas atuaram da mesma forma devido a queda de temperatura. Com maior valor e apresentando maior resistência ao rompimento, a espula 4 com 4,3% de alongamento para o teste 4, o qual teve o aumento da temperatura.

Para o giza 86 penteado não houveram grandes diferenças, mesmo passando pelo processo de penteagem, o fio se comportou de forma semelhante ao fio cardado, conforme pode ser visualizado ainda na Figura 4.2.

O alongamento de rompimento para o fio penteado evidenciou – se maior do que o fio cardado apresentando valores entre 3,8% a 5%. As espulas atuaram conforme o esperado, ou seja, tiveram valores menores, ou seja, romperam com mais facilidade no teste 3 e maiores no teste, exceto para a espula 3 que apresentou comportamento anômalo.

Os valores do gráfico comprovam mais uma vez que o fio penteado tem uma qualidade superior ao cardado, seja ela na tenacidade ou no alongamento.

Como último fio, o giza 88 revelou possuir alongamento menor do que os outros fios testados. Isto pode ser evidenciado também na Figura 4.2.

Como pode ser visto no gráfico, as espulas têm uma atuação bem distinta, porém, os valores variam entre 3,4% a 3,83%.

Se comparados aos outros algodões testados, o giza 88 revela um alongamento menor, 3,4%, e o algodão meridional apresenta o maior alongamento com aproximadamente 5% de alongamento do fio.

4.1.3 Força de ruptura

A força é a medida da quantidade necessária de energia para romper o fio. As análises da força foram realizadas também no STATIMAT ME.

O fio meridional apresentou valores altos para a força de ruptura. Isto se deve ao seu título mais alto, o que pode ser observado na Figura 4.3, onde o gráfico demonstra a variação com relação aos dias.

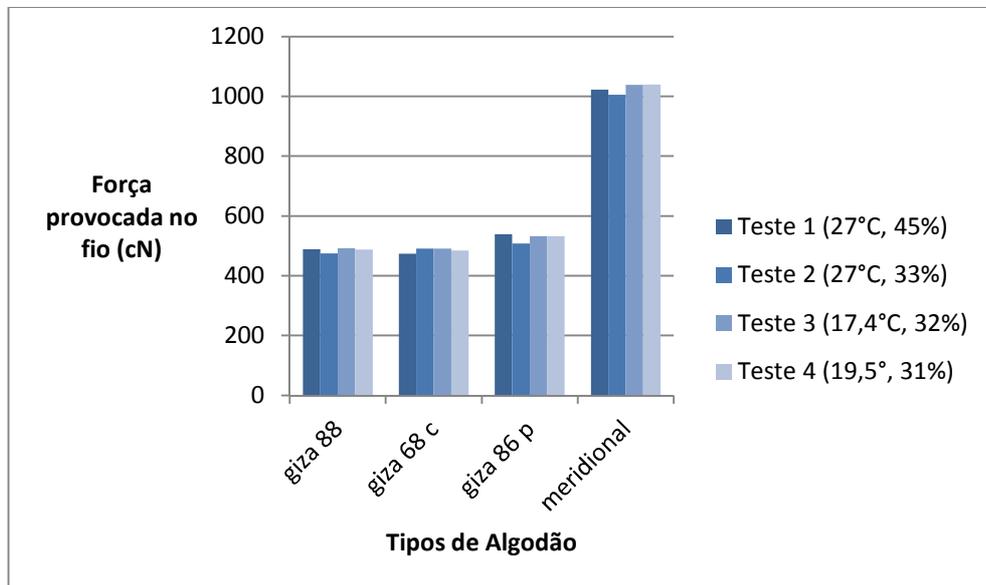


Figura 4.3-Análise da força de ruptura para os quatro tipos de fio de algodão. Força=cN.

Como pode ser visualizado no gráfico, a força necessária para romper o fio meridional variou entre 900cN e 1200cN. As análises demonstraram um comportamento linear quase uniforme das espulas não havendo grande aumento ou perda de força, mesmo havendo variações de temperatura e umidade.

O fio posteriormente analisado foi o Giza 86 cardado. Mesmo sendo um fio cardado, o título evidencia um valor menor que o meridional, portanto, a força de ruptura para esse algodão foi menor. Isto se deve ao giza ser um fio mais fino e mais fácil de romper quando comparado ao meridional.

Apresentado comportamento menos linear que o fio anterior, o giza 86 revelou que tanto a variação de temperatura quanto a variação de umidade afetaram a quantidade necessária de força para romper o fio, Figura 4.3.

Como pode ser visto no gráfico, a força de ruptura necessária para romper o fio giza 86 variou entre 400cN e 550cN. Pode ser ainda evidenciado que todas as espulas apresentaram valores semelhantes para o último teste, aproximadamente 500cN, isto se deve devido a alta temperatura.

O próximo algodão testado foi o giza 86 penteado. Mesmo sendo um algodão giza, este fio passou pelo processo de penteagem, deixando – o mais nobre e, portanto, apresentando um comportamento diferente do anterior, conforme pode ser visualizado na Figura 4.3. Este fio se mostra mais suscetível a variações de acordo com a mudança da temperatura e da umidade, isto pode ser visualizado através das linhas menos uniformes do gráfico.

O processo de penteagem deixou o fio mais resistente, pois a força de ruptura variou entre 450cN e 600cN. Porém, a espula 3 demonstrou um comportamento diferente das outras espulas, pois mostrou-se mais frágil com o decorrer dos testes, semelhante a espula 6. O mesmo não ocorreu com as demais que ficaram mais fortes com os testes.

Também de fio penteado, as espulas do algodão 88 apresentaram um comportamento totalmente diferente do giza 86 penteado.

Com um título mais fino, 200dtex, o fio de algodão giza 88 não apresentou grande resistência à força de ruptura, principalmente no terceiro teste, no qual a temperatura foi 1,0°C negativo e a umidade 33%, conforme pode ser visualizado na Figura 4.3.

A força para esta análise variou entre 430cN e 520cN. No último teste pode ser claramente visto dois comportamentos das espulas, o primeiro são as espulas 2, 5 e 6. Estas espulas resistiram mais a ruptura e, o segundo, as espulas 1, 3 e 4 que apresentaram menor resistência à ruptura no último teste.

4.1.4 Trabalho de Ruptura

Energia necessária para romper a fibra. Teste este também realizado no STATIMAT ME, com a função de medir a resistência da fibra.

O algodão meridional cardado 660dtex foi analisado e, como seu título é maior que todos os outros fios testados, o meridional apresentou um trabalho de ruptura maior que os demais. Este resultado pode ser melhor visualizado na Figura 4.4.

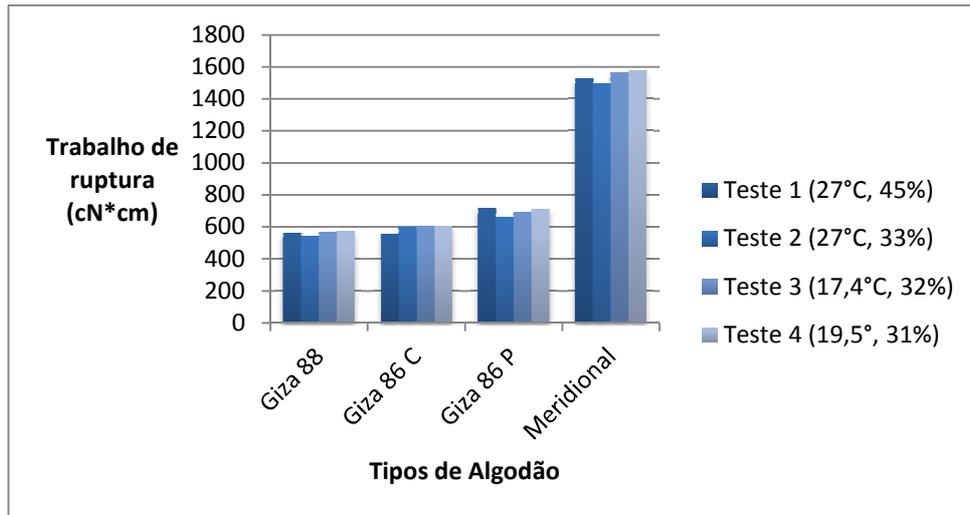


Figura 4.4-Análise do trabalho de ruptura para os quatro tipos de fio de algodão. Trabalho de ruptura=cN*cm.

Conforme visto no gráfico, as espulas apresentaram comportamento variável e valores de trabalho variando entre 1200cN*cm a aproximadamente 2000cN*cm.

A atuação das espulas mostra a variação dos valores do trabalho. A espula 3 apresenta o melhor comportamento, com valores de até 2000cN*cm, o que não acontece com a espula 6, pois esta apresenta um comportamento oposto atingindo os menores valores.

O segundo fio analisado foi o fio de algodão giza 86 cardado. Também cardado como meridional, o fio apresentou comportamento pouco estável. Isto pode ser explicado pela variação de temperatura e umidade e suas interação com as fibras do algodão aumentando ou diminuindo o trabalho necessário para rompê-los. Este fato é melhor visualizado na Figura 4.4.

O gráfico mostra que mesmo havendo variações de valores para o trabalho, o resultado final foi praticamente o mesmo, ou seja, as espulas apresentaram valores altos e baixos para os 4 dias de teste, porém, no quinto teste, o valor do trabalho se manteve em aproximadamente 600cN*cm.

Por ser um fio de título mais fino, o giza 86 cardado apresentou valores menores para o trabalho variando entre 450cN*cm e 700cN*cm.

O giza 86 penteado apresentou uma resistência maior à ruptura, isto pode ser comprovado pelo fato das espulas terem passado pelo processo de penteagem, o que deixou o fio mais fino e mais resistente. Os resultados das análises também podem ser vistos na Figura 4.4.

Como pode ser visualizado no gráfico, o fio giza penteado demandou um trabalho de maior intensidade para ser rompido, variando entre 550cN*cm e 850cN*cm. Com um comportamento pouco linear, as espulas apresentaram características de trabalho crescente, espulas 1, 2 e 4, e trabalho decrescente 3, 5 e 6.

O giza 88 penteado, mesmo tendo passado pelo processo de penteagem, apresentou um comportamento inferior ao giza 86 penteado, com um trabalho de ruptura menor, como pode ser observado na Figura 4.4.

Ao observar o gráfico da Figura 4.4, pode-se concluir que o trabalho de ruptura variou entre 400cN*cm e 700cN*cm e, para o último dia de testes, as seis espulas apresentaram praticamente o mesmo trabalho de ruptura, 600cN*cm.

4.2 TÍTULO

O título de cada amostra é obtido através de uma relação entre peso de uma meada (gramas) pelo comprimento da meada (metros). O equipamento usado na empresa COATS, forneceu o peso da amostra em gramas e converteu automaticamente o valor para o título da meada.

Os resultados foram organizados na forma de gráfico e podem ser visualizados na Figura 4.5.

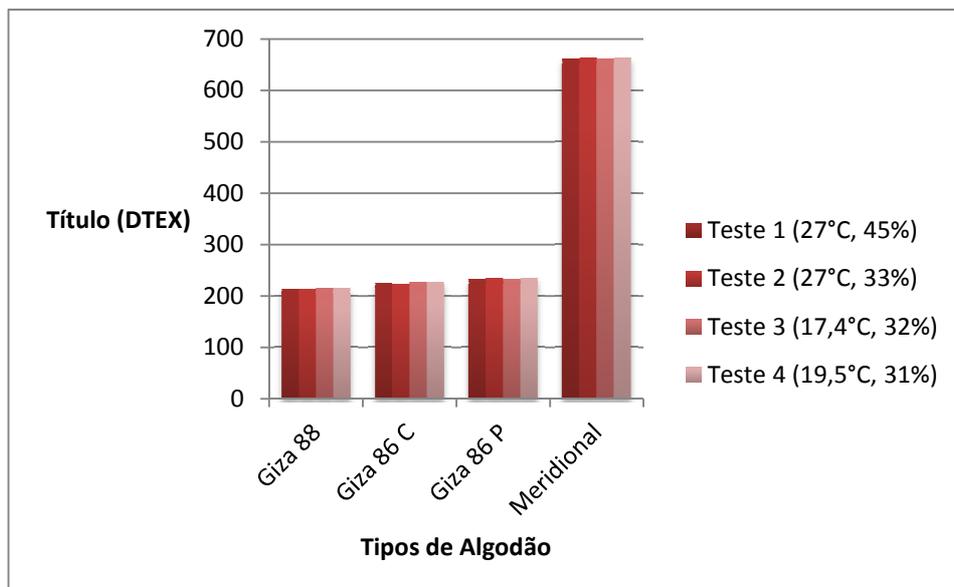


Figura 4.5-Análise do título para os quatro tipos de fio de algodão. Título=DTEX.

Observando a Figura, pode-se afirmar que não houve grande variação no valor médio do título. A variação foi irrelevante e pode ter ocorrido tanto pela

mudança de temperatura e umidade, quanto pela posição do fio na espula. Ou ainda, pela torção que ele recebeu no filatório.

Existem muitas razões para a ligeira alteração no valor do título, porém, o fato da mudança de temperatura e umidade não alterou de forma relevante o valor médio das espulas, conforme pode ser visualizada na Tabela 4.2.

Tabela 4.2–Valores das variáveis médias dos títulos para os quatro tipos de algodão.

| TESTES | MERIDIONAL | | GIZA 86 CAR | | GIZA 86 PENT | | GIZA 88 | |
|---------|------------|----------|-------------|----------|--------------|----------|---------|----------|
| | CV (%) | σ | CV (%) | σ | CV (%) | σ | CV (%) | σ |
| TESTE 1 | 2,704 | 17,87 | 2,710 | 6,089 | 3,754 | 8,70 | 1,049 | 2,64 |
| TESTE 2 | 3,057 | 20,28 | 1,633 | 3,656 | 3,025 | 7,08 | 0,915 | 1,941 |
| TESTE 3 | 2,252 | 14,89 | 2,035 | 4,634 | 3,592 | 8,37 | 1,041 | 2,229 |
| TESTE 4 | 2,047 | 13,58 | 1,470 | 3,329 | 2,928 | 6,86 | 1,090 | 2,339 |

A tabela mostra os valores do coeficiente de variação do título e o desvio padrão. Pode-se perceber através deles que mesmo havendo ligeiras modificações, não houve grande mudança no resultado médio final, portanto conclui – se que as alterações de temperatura e umidade não afetaram consideravelmente o título.

4.3 TORÇÃO

O processo de obtenção da torção foi semelhante ao título. Uma média aritmética foi realizada após uma análise em cada uma das seis espulas de cada tipo de algodão. Para realizar a padronagem da torção, foi utilizada uma tabela do controle de qualidade da empresa COATS, como pode ser visto na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Valores das variáveis de torção para os quatro tipos de algodão.

| Título DTEX | TPM Padrão | Ponto de Deslizamento | Direção da torção |
|-----------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------|
| Meridional 660B29 | 424 | 4 | Z |
| Giza 86 ca 222 M21 | 790 | 4 | S |
| Giza 86 pe 220 B21 | 790 | 4 | S |
| Giza 88 200 B21 | 650 | 2 | Z |

Com os dados da tabela procedeu-se as análises da torção no Torcímeter. O valor do ponto deslizamento é importante para encerrar a torção, pois é o ponto máximo ao qual o fio pode ser torcido e retorcido.

Os resultados obtidos nos testes podem ser visualizados na Figura 4.6.

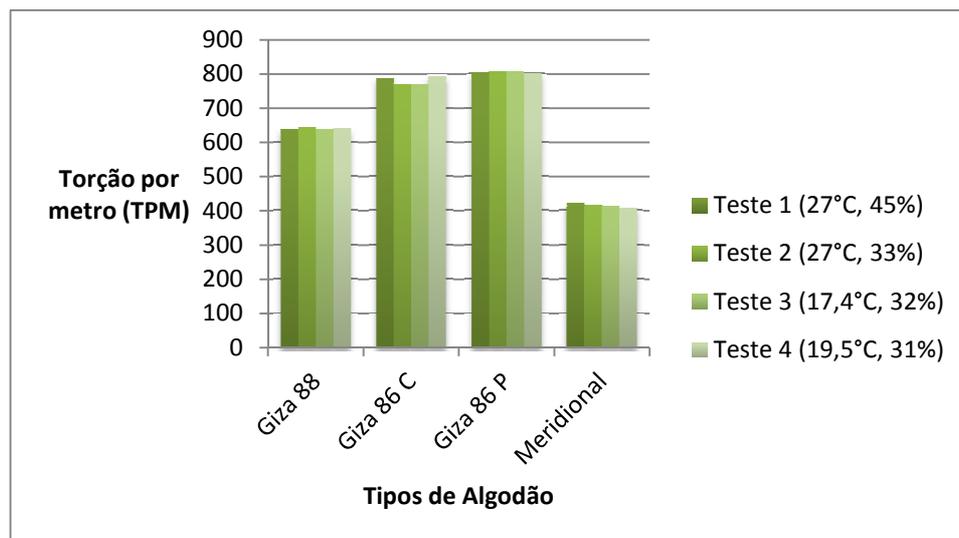


Figura 4.6-Análise da torção para os quatro tipos de fio de algodão. Torção=TPM

Conforme pode ser visualizado na Figura, o comportamento quanto a torção foi semelhante ao título. Não houveram grandes variações, exceto para o Meridional, mas isso se deve em grande parte a sua formação no filatório e ao formato que as espulas recebem.

4.4 PILOSIDADE

Os testes de pilosidade realizados nos fios revelaram uma maior influência das variáveis temperatura e umidade do que os testes de título e torção.

Os resultados são apresentados a seguir.

4.4.1 Fio de algodão Giza 88

Por ser um algodão nobre, o Giza 88 apresentou um número baixo de pilosidades em toda a realização dos testes, principalmente ao ser exposto a uma temperatura mais baixa.

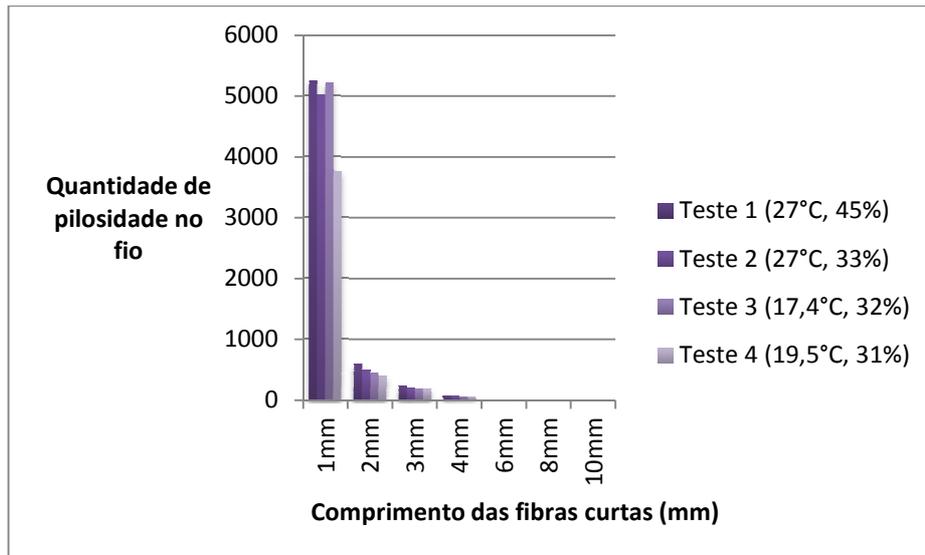


Figura 4.7-Análise da pilosidade para o algodão Giza 88. Pilosidade=mm.

De acordo com a Figura 4.7, observa-se que a pilosidade variou com a umidade e a temperatura, exceto no quinto e último dia, o qual a pilosidade ficou muito abaixo do padrão. Este fato pode ser explicado por fatores externos como o equipamento Zweigler que realizou os testes.

No primeiro dia, ao ser retirado da produção (27°C e 45%), o algodão apresentou um número elevado de pilosidades o que não ocorreu no segundo (27°C e 33%) dia. No segundo dia, a umidade estava inferior e no terceiro, a temperatura estava inferior, isto influenciou diretamente na aparência do fio, deixando – o mais coeso e unido.

4.4.2 Fio de algodão Giza 86 Cardado

Mesmo sendo um fio cardado, o Giza 86 apresentou um comportamento adequado com relação a pilosidade, Figura 4.8.

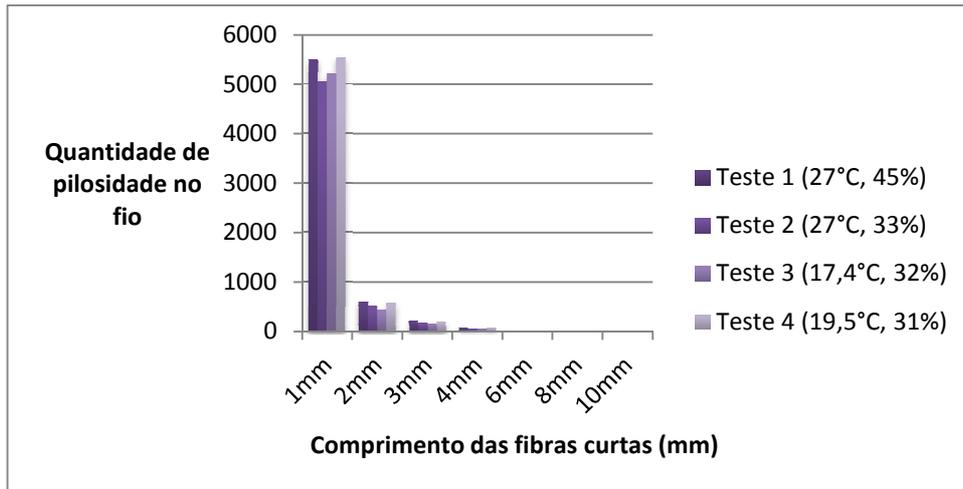


Figura 4.8-Análise da pilosidade para o algodão Giza 86 Cardado. Pilosidade=mm.

Como ocorreu com o Giza 88, o Giza 86 cardado se mostrou menos piloso nos segundo e terceiro dias. Isto se deve ao fato do decréscimo da umidade no segundo dia e da temperatura no terceiro.

4.4.3 Fio de algodão Giza 86 Penteado

Mesmo passando pelo processo de penteagem, o qual remove as fibras curtas e paraleliza o fio, o Giza 86 penteado apresentou uma grande quantidade de pilosidades, conforme pode ser visto na Figura 4.9.

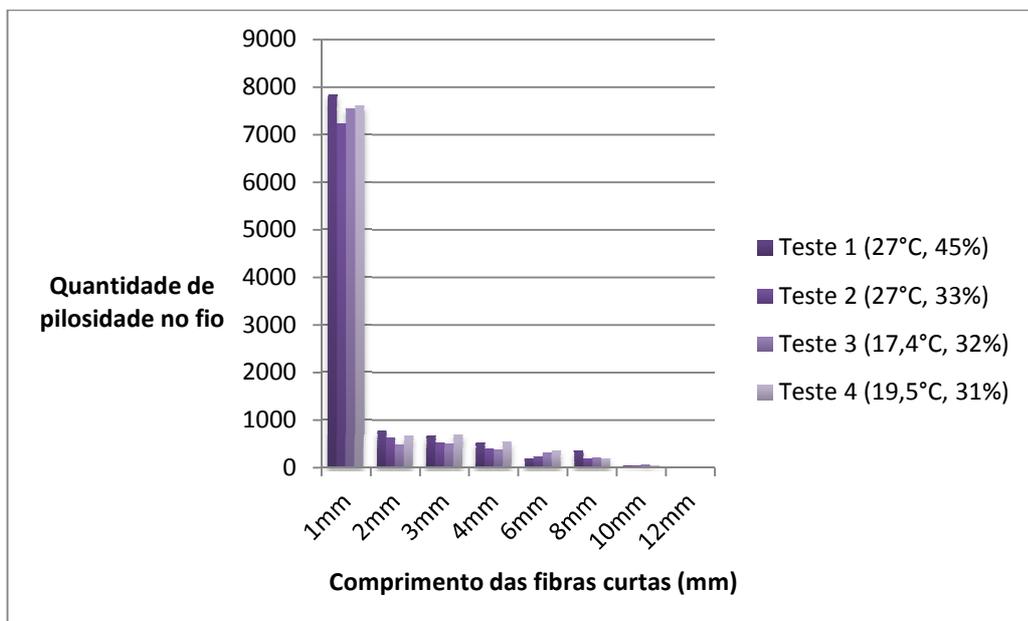


Figura 4.9-Análise da pilosidade para o algodão Giza 86 Penteado. Pilosidade=mm.

Ao analisar a Figura, pode-se perceber que os valores para o Giza 86 penteado foram semelhantes aos anteriores, ou seja, reduzindo os valores da variáveis no segundo e no terceiro dia. Provando assim que a uma temperatura inferior a temperatura da fiação, a pilosidade é menor, assim como com há uma redução da umidade.

Pode-se notar ainda o aparecimento de fios com 12 milímetros de comprimento. Devido ao processo de penteagem, as fibras longas permanecem e as fibras curtas são eliminadas.

4.4.4 Fio de algodão Meridional

Por ser um algodão com título e espessura maiores do que os outros tipos de algodão testados, o fio de algodão meridional apresentou uma perspectiva diferente dos outros testes. Este fio apresentou uma quantidade maior de fibras curtas e uma quantidade desprezível de fibras longas. Este fato se dá ainda pelo processo de cardagem, o qual não elimina as fibras curtas como a penteagem.

A Figura 4.10 mostra os valores obtidos.

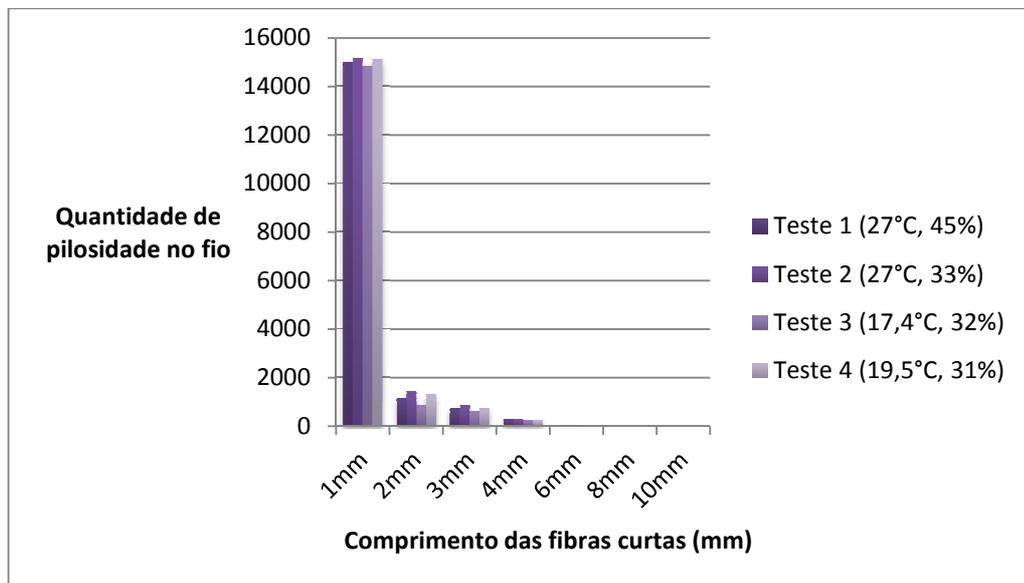


Figura 4.10-Análise da pilosidade para o algodão meridional. Pilosidade=mm.

5 CONCLUSÕES

A partir da realização dos ensaios e das análises que geraram quadros e gráficos, algumas conclusões puderam ser obtidas:

a) não houve alterações significantes da higroscopicidade dos fios para cada ensaio realizado. Isto se deve ao fato de que os fios analisados foram de algodão e, portanto, o fator higroscópico foi o mesmo, o que mudou foi a procedência do algodão, título e finura.

b) o fio Giza 86 (egípcio) apresentou resultados diferentes para os fios cardados e os fios penteados. Isto se justifica, porque o fio penteado se torna mais resistente que o fio cardado, uma vez que dele são retirados as fibras curtas.

c) título e torção não apresentaram alterações significativas, provando que a temperatura e a umidade não influenciam essas características. Porém, se a umidade fosse maior do que a utilizada nesse teste, poderia ter sido atribuído uma outra perspectiva com relação ao título.

d) os resultados obtidos com o Pilôsimetro foram diretamente proporcional aos dados obtidos com o teste de resistência, ou seja, quanto menor a resistência maior a quantidade de fibras curtas do fio. Isto também pode ser comparado a temperatura, pois com o aumento da temperatura houve um aumento de ambos os parâmetros.

e) os algodões Giza 88 (egípcio) e Giza 86 (egípcio) penteados apresentaram os melhores resultados para todos os parâmetros analisados, isto se deve ao fato de ambos terem passado pelo processo de penteagem.

f) o fio Giza 86 (egípcio) penteado demonstrou o melhor desempenho para todos os parâmetros analisados, se mostrando a melhor fibra para o uso final, ou seja, linha de costura.

g) o algodão meridional, por ter um título maior (mais grosso), mostrou que é necessário maior força para rompê-lo, assim como uma resistência superior aos demais. Porém, devido ao seu título não pode ser utilizado para fios mais delicados, sendo necessário para usos rústicos como linha de costura.

6 SUGESTÕES

Sugere-se que em trabalhos futuros na COATS, sejam realizados ensaios com redução de temperatura no setor de fiação, por exemplo, uma redução de aproximadamente 5°C, ou seja, a temperatura padrão da fiação que é 27°C ficaria cerca de 22°C.

A redução da temperatura implicaria em um aumento performance de título, torção, pilosidade e resistência, principalmente a resistência, qualidade imprescindível para todos os fios, em especial o fio de algodão.

Sugere-se ainda repetir os testes para temperaturas mais elevadas, fato que não foi conseguido devido ao ambiente desfavorável dentro do refrigerador e ao ambiente refrigerado da empresa, fatores que impediram que fosse alcançada uma temperatura e, conseqüentemente, uma umidade mais alta para os ensaios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIDI, Noureddine; CABRALES, Luis; HEQUET, Eric. **Thermogravimetric analysis of developing cotton fibers**. Lubbock, TX, 2009. 6 p. Artigo. Fiber and Biopolymer Research Institute, Dept. of Plant and Soil Science, Texas Tech University. Disponível em: < www.elsevier.com/locate/tca > Acesso em: Jan. de 2010.

ARAÚJO, M. Castro - **Manual de engenharia têxtil**. Vol. 1. Ed. Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1984, 694 p.

BRIONIZIO, Júlio D.; MAINIER, Fernando B., **Avaliação de temperatura e umidade em uma câmara climática**. Duque de Caxias, 2006. 6 p. Artigo. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – UFF.

FELIPE, Maria Gorete. **Dicionário de Terminologia do vestuário**. Natal: Ed. EDUFRN, 2011, 309 p.

FELIPE, Maria Gorete, **Apostila de Vestuário 1**, Natal 2006, 123 p. Apostila – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FELIPE, Maria Gorete, **Apostila de Vestuário 3**, Natal 2007, 112 p. Apostila – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FONSECA, Ruben Guilherme da, SANTANA, João Cecílio Farias de – **Análise de Fios Equipamentos e Aspectos Relevantes de Qualidade** Campina Grande PB, 2003, 9 p. Embrapa

GARCIA, Suruapi Jorge – **Fiação Cálculos Fundamentais**, Ed. SENAI/ CETIQT, Rio de Janeiro, 1995, 256 p.

GESKE, Guilherme Adami – **Transformação da Fibra de Algodão em Tecido Plano e Felpudo** São Paulo, 2009, 22 p. Acurra.

GHULE, Anil Vithal, et al. **Simple and rapid method for evaluating stickiness of cotton using thermogravimetric analysis.** Taiwan, 2004. 6 p. Artigo. Department of Chemistry, National Tsing Hua University.

GONÇALVES, Daniele da Silva *et al.* – **Fibras Celulósicas.** Natal, 2003. Artigo. Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

KUMAR, R. Senthil. **Impact of contamination on yarn and fabric quality.** Coimbatore, 2008. 8 p. Artigo. Dept .of Textile Technology, Kumaraguru College of Technology.

LADCHUMANANANDASIVAM, Rasiah – **Métodos e Processos de Manufatura do Fio I,** Natal 2003, 75 p. Apostila – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

LAZZARINI, José Fernando; SABINO, Nelson Paulieri, **Estudo comparativo da resistência do fio de algodão obtido em fiação piloto e em fiação industrial.** Campina, 1972. 8 p. Artigo. Instituto Agrônômico de São Paulo, Bragantia.

LUNA, Liane Cardoso de, Santos, Lucine Brauns – **Níveis de Qualidade de Fios Têxteis Brasileiros,** Ed. SENAI/CETIQT Rio de Janeiro, 1991, 48 p.

MCALISTER, David D., Chun, *et al.* - **The Impact of Carding Micro-climate on Cotton Moisture Content and Fiber and Yarn Quality** VA, 2005. 5 p. The Journal of Cotton Science.

NELSON, Larry, TURNER, Neil – **Cotton Moisture Control in West Texas** Dallas TX, 2003. 6 p. Samuel Jackson, Inc.

PEREIRA, Gislaine de Souza – **Introdução à Tecnologia Têxtil:** Curso Têxtil em Malharia e Confecção, Módulo 2. Santa Catarina, 2010. 101 p. Apostila - Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina.

PROTO, Maria; SUPINO, Stefania; MALANDRINO, Ornella. **Cotton: a flow cycle to exploit**. Italy, 2000. 6 p. Artigo. Facolta di Economia, Dipartimento di Studi e Ricerche Aziendali, Via Ponte don Melillo, Universita` degli Studi di Salerno, Italy

RAMOS, Júlia Baruque, *et al.* – **Testes Físicos de Controle da Qualidade da Fibra e Fio de Algodão** São Paulo, 2008.29 p. Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo.

RESENDE, Roberta Araujo; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Um estudo da qualidade do processo de fiação por meio de técnicas de controle estatístico de processo – CEP**. São Carlos, 2008. Artigo. Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

RIBEIRO, Luiz Gonzaga. **Introdução à Tecnologia Têxtil**. SENAI/CETIQT Rio de Janeiro,1984. Volumes 1 e 2.

RODRIGUES, Filipe – **Interpretação dos Defeitos Periódicos nos Fios** Portugal, 2007. 6 p. Artigo Citeve.

ROUSSELLE, Marie-Alice, THIBODEAUX, DEVRON P. e French, Alfred D. - **Cotton Fiber Properties and Moisture: Water of Imbibition** Louisiana, USA, 2005. 5 p. Artigo. Textile Research Journal. Disponível em: <<http://trj.sagepub.com/cgi/content/abstract/75/2/177>> Acesso em: 28 nov. 2010

SABINO, Nélon Paulieri, Grossi, José Maria Mendes e Gridi-Papp, Imre Lajos – **Comportamento de Variedades Paulistas de Algodoeiros na Obtenção de Fios Penteados de Títulos 40`s e 50`s** Campinas, 1976. 4 p. Artigo. Instituto Agronômico de São Paulo, Bragantia.

SABINO, Nélon Paulieri, *et al.* – **Efeito da Tenacidade da Fibra sobre Propriedades Tecnológicas do Fio de Algodão**. Campinas, 1995. 10 p. Artigo. Instituto Agronômico de São Paulo, Bragantia.

SABINO, Nélon Paulieri, *et al.* – **Efeito da Torção na Regularidade e na Quantidade de Neps em Fios de Algodão de Títulos Ne20, Ne30 e Ne40.** Campinas, 1996. 4 p. Artigo. Instituto Agrônômico de São Paulo, Bragantia.

SABINO, Nélon Paulieri e KONDO, Julio Isao – **Microfiação e Fiação Industrial de Algodão.** Campinas, 2000. 3 p. Artigo. Instituto Agrônômico de São Paulo, Bragantia.

SANTANA, João Cecilio Farias de, *et al.* **Qualidade e tecnologia da fibra e do fio de linhagens de algodão de fibra colorida.** Touros, RN, 1999. 6 p. Artigo. Embrapa Algodão.

SOBREIRA, Eulália Soler, *et al.* **Correlações e Análise de Trilha de Caracteres Tecnológicos e a Produtividade de Fibra de Algodão.** São Paulo, 2007. 5 p. Artigo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

VALCO, Thomas D., *et al.* **Moisture Management of Cotton.** Lubbock, TX, 2004. 4 p. Artigo. National Cotton Council Technical Services Department.

ANEXOS

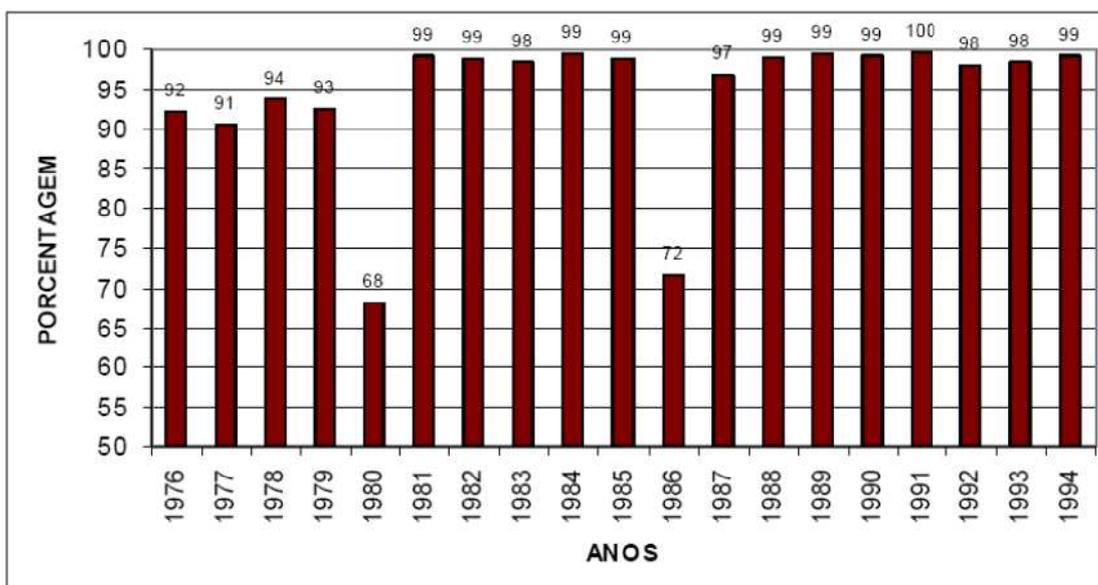
Os anexos a seguir são referentes aos gráficos e tabelas presentes no desenvolvimento do trabalho.

ão Egípcio.

Physical Fiber Properties of Egyptian Cotton Varieties
Measured by HVI and Micromat
2005/2006 Season till 18/3/2006

| Property | | | Extra Long Staple | | | | Long Staple | | | | |
|-------------------|----------------------------|----------|-------------------|---------|---------|---------|-------------|---------|---------|---------|---------|
| | | | Giza 45 | Giza 70 | Giza 87 | Giza 88 | Giza 86 | Giza 89 | Giza 85 | Giza 80 | Giza 83 |
| Length | Upper half mean | mm | 35.1 | 35.1 | 35.0 | 35.4 | 32.4 | 31.4 | 29.4 | 30.3 | 29.3 |
| | Uniformity | Index | 87.0 | 86.7 | 87.1 | 87.3 | 86.6 | 85.5 | 85.4 | 84.8 | 82.8 |
| Strength | Strength | g/tex | 42.4 | 44.2 | 42.7 | 45.1 | 43.8 | 39.1 | 37.6 | 37.3 | 34.1 |
| | Elongation | % | 6.2 | 5.6 | 5.7 | 5.7 | 6.0 | 6.5 | 7.4 | 7.1 | 7.8 |
| Fineness | Micronaire | µ/inch | 3.20 | 4.22 | 3.35 | 4.05 | 4.42 | 4.29 | 4.05 | 3.84 | 3.60 |
| Color | Reflectance | Rd % | 73.7 | 71.6 | 72.1 | 66.7 | 74.9 | 73.6 | 73.7 | 63.3 | 66.9 |
| | Yellowness | +b | 9.1 | 9.2 | 9.3 | 11.6 | 8.6 | 8.0 | 8.6 | 12.5 | 11.0 |
| Trash | Trash Area | % | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.9 | 0.9 |
| | Trash Count | | 46 | 44 | 48 | 38 | 29 | 33 | 45 | 71 | 70 |
| Micromat | Maturity | % | 80 | 87 | 88 | 86 | 88 | 88 | 87 | 76 | 75 |
| | Hair-Weight | millitex | 112 | 151 | 117 | 142 | 160 | 152 | 140 | 153 | 137 |
| SCI | Spinning Consistency Index | | 214 | 207 | 213 | 212 | 200 | 180 | 173 | 167 | 150 |
| Number of Samples | | | 130 | 2125 | 59 | 2213 | 9457 | 659 | 677 | 1855 | 42 |

Source: CATGO.



o de algodão do

Anexo 2 - A primeira medida foi feita com o equipamento ainda desligado e as demais, ligado, no dia 14/12/2010.

| MEDIDAS | TEMP. INT. | TEMP. EXT. | UMIDADE | HORA |
|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 1ª medida | 27,7°C | 29,8°C | 57% | 09:10 |
| 2ª medida | 27,2°C | 29,1°C | 52% | 09:15 |
| 3ª medida | 25,8°C | 28,7°C | 46% | 09:20 |
| 4ª medida | 22,7°C | 28,3°C | 45% | 09:25 |
| 5ª medida | 20°C | 28°C | 44% | 09:30 |
| 6ª medida | 18°C | 27,8°C | 43% | 09:33 |
| 7ª medida | 15°C | 27,6°C | 41% | 09:40 |

Anexo 3 - A medida feita com o equipamento desligado e as demais, ligado, no dia 15/12/2010.

| MEDIDAS | TEMP. INT. | TEMP. EXT. | UMIDADE | HORA |
|---|-------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 1ª medida (equipamentos desligados) | 27,2°C | 27,7°C | 66% | 09:00 |
| 2ª medida (após 15 minutos de nebulizador ligado) | 27,1°C | 27,5°C | 62% | 09:14 |
| 3ª medida (equipamentos ligados) | 26,0°C | 27,1°C | 55% | 09:16 |
| 4ª medida | 23,0°C | 27,0°C | 57% | 09:20 |
| 5ª medida | 20°C | 27,0°C | 57% | 09:25 |
| 6ª medida | 18°C | 26,9°C | 56% | 09:27 |
| 7ª medida | 16,6°C | 26,9°C | 55% | 09:30 |
| 8ª medida | 15,0°C | 26,8°C | 55% | 09:35 |
| 9ª medida | 14,0°C | 26,8°C | 55% | 09:37 |
| 10ª medida | 13,0°C | 26,9°C | 54% | 09:40 |
| 11ª medida | 11,8°C | 26,9°C | 54% | 09:42 |

Anexo 4 - No dia 16/02/2011, foi analisada a estabilização da temperatura.

| MEDIDAS | TEMP. INT. | TEMP. EXT. | UMIDADE | HORA |
|---|-------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 1ª medida (equipamentos ligados no MAX) | 28,0°C | 28,3°C | 70% | 09:20 |
| 2ª medida | 27,1°C | 28,3°C | 66% | 09:25 |
| 3ª medida | 24,8°C | 28,2°C | 64% | 09:30 |
| 4ª medida | 23,0°C | 28,1°C | 63% | 09:33 |
| 5ª medida | 22,0°C | 28,1°C | 62% | 09:35 |
| 6ª medida | 20,0°C | 28,0°C | 60% | 09:39 |
| 7ª medida | 18,0°C | 27,9°C | 59% | 09:44 |
| 8ª medida | 16,0°C | 27,8°C | 56% | 09:48 |
| 9ª medida | 15,0°C | 27,8°C | 55% | 09:51 |
| 10ª medida | 14,0°C | 27,7°C | 54% | 09:53 |
| 11ª medida | 12,3°C | 27,7°C | 53% | 09:58 |
| 12ª medida | 11,5°C | 27,6°C | 52% | 10:01 |
| 13ª medida | 11,0°C | 27,6°C | 51% | 10:03 |
| 14ª medida | 8,8°C | 27,6°C | 49% | 10:11 |
| 15ª medida | 6,2°C | 27,5°C | 47% | 10:22 |
| 16ª medida | 4,1°C | 27,2°C | 45% | 10:27 |

Anexo 5 - Com a abertura da porta, a temperatura sobe imediatamente.

| MEDIDAS | TEMP. INT. | TEMP. EXT. | UMIDADE | HORA |
|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 1ª medida | 8,0°C | 27,2°C | 45% | 10:40 |
| 2ª medida | 10,5°C | 27,2°C | 44% | 10:45 |
| 3ª medida | 11,4°C | 27,2°C | 44% | 10:48 |
| 4ª medida | 12,5°C | 27,1°C | 44% | 10:51 |
| 5ª medida | 13,5°C | 27,1°C | 44% | 10:56 |
| 6ª medida | 15,0°C | 27,0°C | 44% | 11:15 |
| 7ª medida | 15,5°C | 27,0°C | 43% | 09:40 |

Anexo 6 – Teste realizado para testar a estabilização da temperatura no dia 18/02/2011.

| MEDIDAS | TEMP. INT. | TEMP. EXT. | UMIDADE | HORA |
|---|-------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 1ª medida (equipamentos desligados) | 28,4°C | 27,4°C | 88% | 09:40 |
| 2ª medida (após 15 minutos de nebulizador ligado) | 26,8°C | 27,8°C | 69% | 09:55 |
| 3ª medida (equipamentos ligados) | 26,7°C | 27,5°C | 66% | 10:00 |
| 4ª medida | 22,0°C | 27,5°C | 64% | 10:07 |
| 5ª medida | 20°C | 27,4°C | 63% | 10:10 |
| 6ª medida | 18°C | 27,2 °C | 60% | 10:15 |
| 7ª medida | 15,0°C | 26,8°C | 58% | 10:21 |
| 8ª medida | 10,0°C | 26,8°C | 55% | 10:35 |
| 9ª medida (8cm de abertura) | 11,4°C | 26,7°C | 53% | 10:37 |
| 10ª medida | 12,8°C | 26,7°C | 51% | 10:44 |
| 11ª medida | 13,1°C | 26,7°C | 50% | 10:50 |
| 12ª medida | 13,5°C | 26,6°C | 48% | 11:02 |
| 13ª medida | 13,5°C | 26,5°C | 47% | 11:11 |
| 14ª medida | 13,5°C | 26,5°C | 46% | 11:17 |
| 15ª medida | 15,5°C | 27,5°C | 45% | 11:21 |

Anexo 7 - Na análise seguinte, foram feitos testes usando o nebulizador e uma abertura de 15 centímetros da porta.

| MEDIDAS | TEMP. INT. | TEMP. EXT. | UMIDADE | HORA |
|---|-------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 1ª medida (equipamentos desligados) | 27,2°C | 27,9°C | 87% | 14:48 |
| 2ª medida (após 15 minutos de nebulizador ligado) | 26,7°C | 28,3°C | 70% | 15:05 |
| 3ª medida (equipamentos ligados) | 25,0°C | 28,3°C | 65% | 15:13 |
| 4ª medida | 23,0°C | 28,3°C | 64% | 15:18 |
| 5ª medida | 22,0°C | 28,3°C | 64% | 15:19 |
| 6ª medida | 20,0°C | 28,3°C | 63% | 15:22 |
| 7ª medida | 18,0°C | 28,3°C | 63% | 15:27 |
| 8ª medida | 15,0°C | 28,1°C | 60% | 15:35 |
| 9ª medida | 12,0°C | 28,2°C | 60% | 15:43 |
| 10ª medida (16cm de abertura) | 15,9°C | 28,2°C | 59% | 15:44 |
| 11ª medida | 18,4°C | 28,2°C | 59% | 15:45 |
| 12ª medida | 21,2°C | 28,2°C | 58% | 15:50 |
| 13ª medida | 21,7°C | 28,2°C | 57% | 15:55 |
| 14ª medida | 21,9°C | 28,2°C | 56% | 16:00 |

Anexo 8 - O primeiro experimento realizado no dia 03/03/2011, utilizou um Bécker de 500 ml para aumentar a umidade dentro do refrigerador.

| MEDIDAS | TEMP. INT. | TEMP. EXT. | UMIDADE | HORA |
|--|-------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 1ª medida (equipamento ligado no MAX e bécker) | 25,3°C | 27,7°C | 82% | 14:43 |
| 2ª medida | 25,8°C | 27,4°C | 74% | 14:44 |
| 3ª medida | 26,1°C | 26,8°C | 71% | 14:49 |
| 4ª medida | 26,3°C | 26,3°C | 67% | 14:54 |
| 5ª medida | 22,1°C | 26,7°C | 62% | 14:59 |
| 6ª medida | 20,0°C | 26,2°C | 60% | 15:05 |
| 7ª medida | 18,0°C | 26,2°C | 60% | 15:11 |
| 8ª medida | 15,0°C | 26,2°C | 58% | 15:19 |
| 9ª medida | 14,0°C | 26,2°C | 58% | 15:22 |
| 10ª medida | 13,0°C | 26,2°C | 57% | 15:25 |
| 11ª medida | 12,0°C | 26,2°C | 55% | 15:28 |
| 12ª medida | 11,0°C | 26,2°C | 53% | 15:31 |
| 13ª medida | 10,0°C | 26,2°C | 48% | 15:35 |

Anexo 9 - O segundo experimento foi feito com os dois Bécckers cheios de água. Para estabilizar a temperatura foi feito o teste da abertura de 8 cm.

| MEDIDAS | TEMP. INT. | TEMP. EXT. | UMIDADE | HORA |
|--|-------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 1ª medida (equipamento ligado no MAX e bécker) | 26,8°C | 25,7°C | 91% | 14:36 |
| 2ª medida | 15,0°C | 26,7°C | 60% | 15:14 |
| 3ª medida | 12,0°C | 26,6°C | 60% | 15:27 |
| 4ª medida (8cm de abertura) | 13,6°C | 26,6°C | 60% | 15:28 |
| 5ª medida | 15,6°C | 26,6°C | 60% | 15:32 |
| 6ª medida | 18,0°C | 26,6°C | 60% | 15:49 |
| 7ª medida | 18,2°C | 26,6°C | 59% | 16:02 |
| 8ª medida | 18,1°C | 26,6°C | 57% | 16:13 |
| 9ª medida | 18,1°C | 26,5°C | 54% | 16:18 |
| 10ª medida | 18,1°C | 26,5°C | 53% | 16:21 |
| 11ª medida | 18,0°C | 26,5°C | 52% | 16:30 |

Anexo 10 – Gráfico de valores de temperatura e umidade para cada dia de experimento.

| ANÁLISES | TEMPERATURA | UMIDADE |
|-----------------|--------------------|----------------|
| 1º Teste | 27°C | 45% |
| 2º Teste | 27°C | 33% |
| 3º Teste | -1,0°C | 33% |
| 4º Teste | 17,4°C | 32% |
| 5º Teste | 19,5°C | 31% |

Anexo 11 – Valores das variáveis de resistência para dez testes nas primeiras espulas dos fios de algodão.

| ESTATÍSTICA | ESPULA 1 GIZA 88 | ESPULA 1 GIZA 86 CARD | ESPULA 1 GIZA 86 PEN | ESPULA 1 MERIDIONAL |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| ALONGAMENTO | 3,82% | 3,86% | 4,52% | 4,27% |
| FORÇA | 504,05cN | 493,98cN | 543,76cN | 1083,17cN |
| TRABALHO DE RUPTURA | 602,01cN*cm | 604,89cN*cm | 732,26cN*cm | 1585,37cN*cm |
| TENACIDADE | 23,44cN/tex | 21,38cN/tex | 23,14cN/tex | 15,86cN/tex |
| TÍTULO | 215dtex | 231dtex | 235dtex | 684dtex |
| TEMPO DE RUPTURA | 3,14 seg | 3,19seg | 4,09seg | 4,14 seg |

Anexo 12 – Valores das variáveis de resistência para dez testes nas segundas espulas dos fios de algodão.

| ESTATÍSTICA | ESPULA 2 GIZA 88 | ESPULA 2 GIZA 86 CARD | ESPULA 2 GIZA 86 PEN | ESPULA 2 MERIDIONAL |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| ALONGAMENTO | 3,67% | 3,48% | 4,56% | 4,62% |
| FORÇA | 513,53cN | 408,36cN | 547,26cN | 1042,98cN |
| TRABALHO DE RUPTURA | 587,75cN*cm | 458,55cN*cm | 746,57cN*cm | 1658,88cN*cm |
| TENACIDADE | 24,22cN/tex | 18,82cN/tex | 22,80cN/tex | 16,30cN/tex |
| TÍTULO | 212dtex | 217dtex | 240dtex | 640dtex |
| TEMPO DE RUPTURA | 3,02 seg | 2,98seg | 4,23seg | 4,39 seg |

Anexo 13 – Valores das variáveis de resistência para dez testes nas terceiras espulas dos fios de algodão.

| ESTATÍSTICA | ESPULA 3 GIZA 88 | ESPULA 3 GIZA 86 CARD | ESPULA 3 GIZA 86 PEN | ESPULA 3 MERIDIONAL |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| ALONGAMENTO | 3,63% | 3,98% | 4,25% | 4,53% |
| FORÇA | 473,58cN | 504,60cN | 533,62cN | 1178,08cN |
| TRABALHO DE RUPTURA | 537,28cN*cm | 619,99cN*cm | 681,28cN*cm | 1784,51cN*cm |
| TENACIDADE | 22,77cN/tex | 22,13cN/tex | 22,14cN/tex | 17,53cN/tex |
| TÍTULO | 208dtex | 228dtex | 241dtex | 672dtex |
| TEMPO DE RUPTURA | 3,01 seg | 3,19seg | 4,01seg | 4,33 seg |

Anexo 14 – Valores das variáveis de resistência para dez testes nas quartas espulas dos fios de algodão.

| ESTATÍSTICA | ESPULA 4 GIZA 88 | ESPULA 4 GIZA 86 CARD | ESPULA 4 GIZA 86 PEN | ESPULA 4 MERIDIONAL |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| ALONGAMENTO | 3,44% | 3,77% | 4,45% | 4,21% |
| FORÇA | 451,56cN | 478,83 cN | 504,90 cN | 974,44cN |
| TRABALHO DE RUPTURA | 499,58 cN*cm | 567,44 cN*cm | 668,34cN*cm | 1453,44cN*cm |
| TENACIDADE | 21,40 cN/tex | 21,67cN/tex | 22,95cN/tex | 14,50cN/tex |
| TÍTULO | 211dtex | 221dtex | 200dtex | 672dtex |
| TEMPO DE RUPTURA | 2,90 seg | 3,05 seg | 4,01 seg | 4,18 seg |

Anexo 15 – Valores das variáveis de resistência para dez em testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 88 no segundo dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 3,57% | 2,46 | 4,03 |
| Força | 60 | 474,87cN | 356,59 | 566,56 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 540,23cN*cm | 291,34 | 702,21 |
| Tenacidade | 60 | 22,39cN/tex | 16,90 | 26,72 |
| Título | 60 | 212,17dtex | 210,00 | 215,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 2,98seg | - | - |

Anexo 16 – Valores das variáveis de resistência para dez em testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 88 no terceiro dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 3,53% | 2,77 | 3,87 |
| Força | 60 | 454,97cN | 362,62 | 512,86 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 515,17cN*cm | 336,61 | 615,17 |
| Tenacidade | 60 | 21,26cN/tex | 16,93 | 23,94 |
| Título | 60 | 214,00dtex | 211,00 | 216,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 2,96seg | - | - |

Anexo 17 – Valores das variáveis de resistência para dez em testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 88 no quarto dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 3,74% | 3,14 | 4,17 |
| Força | 60 | 492,19cN | 406,07 | 552,08 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 569,10cN*cm | 407,99 | 692,98 |
| Tenacidade | 60 | 22,98cN/tex | 18,89 | 25,56 |
| Título | 60 | 214,17dtex | 210,00 | 216,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 3,10seg | - | - |

Anexo 18 – Valores das variáveis de resistência para dez em testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 88 no quinto dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNIMO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 3,72% | 3,22 | 4,30 |
| Força | 60 | 487,65cN | 409,09 | 575,01 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 569,73cN*cm | 441,29 | 760,68 |
| Tenacidade | 60 | 22,72cN/tex | 19,12 | 26,64 |
| Título | 60 | 214,67dtex | 212,00 | 218,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 3,15seg | - | - |

Anexo 19 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 86 cardado no primeiro dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNIMO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 3,70% | 3,00 | 4,43 |
| Força | 60 | 473,87cN | 360,21 | 538,21 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 555,89cN*cm | 359,40 | 721,31 |
| Tenacidade | 60 | 21,08cN/tex | 16,60 | 24,35 |
| Título | 60 | 224,67dtex | 217,00 | 231,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 3,04seg | - | - |

Anexo 20 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 86 cardado no segundo dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNIMO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 3,88% | 3,03 | 4,58 |
| Força | 60 | 490,41cN | 400,03 | 600,96 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 596,20cN*cm | 399,54 | 782,42 |
| Tenacidade | 60 | 21,91cN/tex | 18,10 | 26,59 |
| Título | 60 | 223,83dtex | 221,00 | 230,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 3,19seg | - | - |

Anexo 21 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 86 cardado no terceiro dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 3,78% | 2,72 | 4,54 |
| Força | 60 | 469,76cN | 392,54 | 550,80 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 566,41cN*cm | 346,50 | 762,56 |
| Tenacidade | 60 | 20,67cN/tex | 17,00 | 24,38 |
| Título | 60 | 222,33dtex | 224,00 | 234,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 3,16seg | - | - |

Anexo 22 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 86 cardado no quinto dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 4,00% | 3,09 | 4,75 |
| Força | 60 | 484,20cN | 396,41 | 597,34 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 601,95cN*cm | 409,21 | 841,88 |
| Tenacidade | 60 | 21,39cN/tex | 17,62 | 26,55 |
| Título | 60 | 226,50dtex | 223,00 | 232,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 3,43seg | - | - |

Anexo 23 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 86 cardado no quarto dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 3,97% | 3,00 | 4,76 |
| Força | 60 | 490,80cN | 398,22 | 587,08 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 605,60cN*cm | 402,74 | 808,03 |
| Tenacidade | 60 | 21,51cN/tex | 17,44 | 25,81 |
| Título | 60 | 227,67dtex | 222,00 | 234,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 3,30seg | - | - |

Anexo 24 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 86 penteado no primeiro dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|------------|-------------|--------|---------|
| Alargamento | 60 | 4,47% | 3,46 | 5,30 |
| Força | 60 | 538,78cN | 418,13 | 669,14 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 715,08cN*cm | 447,10 | 1000,30 |
| Tenacidade | 60 | 23,29cN/tex | 19,01 | 30,01 |
| Título | 60 | 231,50dtex | 220,00 | 241,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 4,06seg | - | - |

Anexo 25 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 86 penteado no segundo dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|------------|-------------|--------|--------|
| Alargamento | 60 | 4,23% | 3,58 | 4,89 |
| Força | 60 | 507,93cN | 412,10 | 593,11 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 657,66cN*cm | 484,80 | 859,77 |
| Tenacidade | 60 | 21,70cN/tex | 17,75 | 25,57 |
| Título | 60 | 234,17dtex | 226,00 | 242,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 3,93seg | - | - |

Anexo 26 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 86 penteado no terceiro dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|------------|-------------|--------|--------|
| Alargamento | 60 | 4,31% | 3,37 | 4,94 |
| Força | 60 | 519,46cN | 422,36 | 604,58 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 683,16cN*cm | 453,30 | 889,57 |
| Tenacidade | 60 | 22,16cN/tex | 17,38 | 26,37 |
| Título | 60 | 234,50dtex | 227,00 | 243,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 3,98seg | - | - |

Anexo 27 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 86 penteado no quarto dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 4,34% | 3,63 | 5,15 |
| Força | 60 | 532,11cN | 447,70 | 633,54 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 691,35cN*cm | 512,14 | 927,56 |
| Tenacidade | 60 | 22,85cN/tex | 18,65 | 27,91 |
| Título | 60 | 233,17dtex | 224,00 | 246,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 3,96seg | - | - |

Anexo 28 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Giza 86 penteado no quinto dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 4,34% | 3,66 | 5,33 |
| Força | 60 | 532,72cN | 433,82 | 666,72 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 711,81cN*cm | 495,45 | 991,40 |
| Tenacidade | 60 | 22,76cN/tex | 18,28 | 29,37 |
| Título | 60 | 234,33dtex | 227,00 | 242,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 4,05seg | - | - |

Anexo 29 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Meridional cardado no primeiro dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 4,29% | 3,20 | 5,51 |
| Força | 60 | 1022,14cN | 810,93 | 1344,91 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 1524,81cN*cm | 935,84 | 2304,64 |
| Tenacidade | 60 | 15,46cN/tex | 12,58 | 20,16 |
| Título | 60 | 661,00dtex | 640,00 | 684,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 4,19seg | - | - |

Anexo 30 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Meridional cardado no segundo dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 4,25% | 3,20 | 4,87 |
| Força | 60 | 1005,53cN | 803,08 | 1193,46 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 1493,70cN*cm | 931,15 | 1882,32 |
| Tenacidade | 60 | 15,14cN/tex | 12,28 | 17,64 |
| Título | 60 | 663,67dtex | 644,00 | 692,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 4,21seg | - | - |

Anexo 31 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Meridional cardado no terceiro dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 4,29% | 3,47 | 5,49 |
| Força | 60 | 1038,66cN | 816,36 | 1327,41 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 1553,72cN*cm | 1030,52 | 2367,48 |
| Tenacidade | 60 | 15,56cN/tex | 12,37 | 19,52 |
| Título | 60 | 667,00dtex | 646,00 | 692,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 4,30seg | - | - |

Anexo 32 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Meridional cardado no quarto dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNINO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 4,35% | 3,71 | 5,23 |
| Força | 60 | 1038,03cN | 873,08 | 1430,59 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 1563,10cN*cm | 1147,56 | 2356,09 |
| Tenacidade | 60 | 15,68cN/tex | 13,27 | 21,29 |
| Título | 60 | 661,33dtex | 644,00 | 682,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 4,28seg | - | - |

Anexo 33 – Valores das variáveis de resistência para dez testes em cada uma das seis espulas do algodão Meridional cardado no quinto dia.

| VARIÁVEIS | QUANTIDADE | VALORES | MÍNIMO | MÁXIMO |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Alargamento | 60 | 4,37% | 3,56 | 5,37 |
| Força | 60 | 1038,92cN | 800,67 | 1449,90 |
| Trabalho de Ruptura | 60 | 1574,78cN*cm | 1045,78 | 2416,86 |
| Tenacidade | 60 | 15,64cN/tex | 12,36 | 21,20 |
| Título | 60 | 663,67dtex | 648,00 | 684,00 |
| Tempo de Ruptura | 60 | 4,30seg | - | - |

Anexo 34 – Valores para o título do algodão Meridional nos 5 testes realizados.

| TÍTULO ALGODÃO MERIDIONAL(DTEX) | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ESPULAS | TESTE 1 | TESTE 2 | TESTE 3 | TESTE 4 | TESTE 5 |
| Espula 1 | 683,969 | 691,969 | 691,969 | 681,969 | 683,969 |
| Espula 2 | 639,984 | 653,984 | 659,969 | 645,984 | 655,969 |
| Espula 3 | 671,969 | 685,969 | 679,969 | 671,969 | 673,969 |
| Espula 4 | 671,969 | 657,969 | 671,969 | 665,969 | 665,969 |
| Espula 5 | 641,984 | 643,984 | 645,984 | 643,984 | 647,984 |
| Espula 6 | 655,969 | 647,984 | 651,969 | 657,969 | 653,984 |

Anexo 35 – Valores para o título do algodão Giza 86 cardado nos 5 testes realizados.

| TÍTULO ALGODÃO GIZA 86 CARDADO (DTEX) | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ESPULAS | TESTE 1 | TESTE 2 | TESTE 3 | TESTE 4 | TESTE 5 |
| Espula 1 | 230,992 | 220,992 | 225,988 | 230,992 | 228,992 |
| Espula 2 | 216,992 | 220,992 | 226,992 | 222,992 | 222,992 |
| Espula 3 | 227,992 | 229,992 | 233,992 | 228,992 | 231,988 |
| Espula 4 | 220,992 | 220,992 | 223,992 | 233,992 | 225,00 |
| Espula 5 | 219,992 | 223,992 | 227,992 | 221,992 | 225,00 |
| Espula 6 | 230,992 | 225,998 | 225,00 | 226,992 | 225,00 |

Anexo 36 – Valores para o título do algodão Giza 86 penteado nos 5 testes realizados.

| TÍTULO ALGODÃO GIZA 86 CARDADO (DTEX) | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ESPULAS | TESTE 1 | TESTE 2 | TESTE 3 | TESTE 4 | TESTE 5 |
| Espula 1 | 234,992 | 230,992 | 239,992 | 232,992 | 226,992 |
| Espula 2 | 239,992 | 241,992 | 240,992 | 245,992 | 241,992 |
| Espula 3 | 241,992 | 240,992 | 242,992 | 239,992 | 241,992 |
| Espula 4 | 220,992 | 226,992 | 226,992 | 223,992 | 236,992 |
| Espula 5 | 229,992 | 237,988 | 228,992 | 226,992 | 228,992 |
| Espula 6 | 222,992 | 225,988 | 226,992 | 228,992 | 228,992 |

Anexo 37 – Valores para o título do algodão Giza 88 nos 5 testes realizados.

| TÍTULO ALGODÃO GIZA 86 CARDADO (DTEX) | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ESPULAS | TESTE 1 | TESTE 2 | TESTE 3 | TESTE 4 | TESTE 5 |
| Espula 1 | 214,992 | 211,992 | 215,992 | 214,992 | 217,992 |
| Espula 2 | 211,992 | 210,992 | 213,992 | 215,992 | 212,992 |
| Espula 3 | 207,992 | 209,992 | 210,992 | 209,992 | 211,992 |
| Espula 4 | 212,992 | 210,992 | 213,992 | 213,992 | 213,992 |
| Espula 5 | 213,992 | 213,992 | 212,992 | 213,992 | 213,992 |
| Espula 6 | 214,992 | 214,992 | 215,992 | 215,992 | 216,992 |

Anexo 38 – Valores para a torção do algodão Meridional nos 5 testes realizados.

| TORÇÃO ALGODÃO MERIDIONAL(TPM) | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ESPULAS | TESTE 1 | TESTE 2 | TESTE 3 | TESTE 4 | TESTE 5 |
| Espula 1 | 416,5 | 422,5 | 419 | 405,5 | 402,5 |
| Espula 2 | 420,5 | 415,5 | 424 | 406,5 | 417 |
| Espula 3 | 429,5 | 424 | 414 | 424 | 409 |
| Espula 4 | 431 | 413 | 422 | 435,5 | 416,5 |
| Espula 5 | 401 | 419 | 426,5 | 400,5 | 416,5 |
| Espula 6 | 440 | 405,5 | 426 | 408 | 393 |

Anexo 39 – Valores para a torção do algodão Giza 86 cardado nos 5 testes realizados.

| TORÇÃO ALGODÃO GIZA 86 CARDADO (TPM) | | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ESPULAS | TESTE 1 | TESTE 2 | TESTE 3 | TESTE 4 | TESTE 5 |
| Espula 1 | 795 | 780,5 | 779 | 769 | 774 |
| Espula 2 | 765,5 | 791 | 789,5 | 794,5 | 799 |
| Espula 3 | 798,5 | 777 | 806 | 772 | 789,5 |
| Espula 4 | 798 | 776,5 | 796 | 764 | 782,5 |
| Espula 5 | 787 | 766,5 | 770,5 | 752,5 | 821 |
| Espula 6 | 780,5 | 798 | 788,5 | 768 | 788,5 |

Anexo 40 – Valores para a torção do algodão Giza 86 penteado nos 5 testes realizados.

| TORÇÃO ALGODÃO GIZA 86 PENTEADO (TPM) | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ESPULAS | TESTE 1 | TESTE 2 | TESTE 3 | TESTE 4 | TESTE 5 |
| Espula 1 | 787,5 | 807 | 799,5 | 835,5 | 807,5 |
| Espula 2 | 831 | 810 | 808 | 790 | 819 |
| Espula 3 | 784,5 | 824,5 | 822,5 | 817 | 824 |
| Espula 4 | 787 | 798 | 787,5 | 798 | 773 |
| Espula 5 | 808,5 | 803,5 | 812,5 | 797 | 793 |
| Espula 6 | 819,5 | 807 | 709 | 813 | 793,5 |

Anexo 41 – Valores para a torção do algodão Giza 88 nos 5 testes realizados.

| TORÇÃO ALGODÃO GIZA 88 (TPM) | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ESPULAS | TESTE 1 | TESTE 2 | TESTE 3 | TESTE 4 | TESTE 5 |
| Espula 1 | 648 | 638,5 | 647 | 645,5 | 633,5 |
| Espula 2 | 635,5 | 655,5 | 651 | 621 | 632,5 |
| Espula 3 | 656 | 626 | 651 | 644 | 640,5 |
| Espula 4 | 636,5 | 636 | 651,5 | 649 | 646,5 |
| Espula 5 | 627,5 | 654 | 644 | 629,5 | 652,5 |
| Espula 6 | 631,5 | 646,5 | 628 | 636 | 635 |

Anexo 42 – Valores das variáveis médias da pilosidade para o algodão Giza 88.

| Comprimento da pilosidade | Dias de realização dos testes | | | | |
|---------------------------|-------------------------------|--------------|-------------|--------------|------------|
| | mm | Primeiro dia | Segundo dia | Terceiro dia | Quarto dia |
| 1mm | 5256.67 | 5016.83 | 4779.67 | 5223.17 | 3761.50 |
| 2mm | 592.17 | 495.83 | 459.67 | 445.33 | 407.50 |
| 3mm | 232.17 | 193.83 | 170.17 | 188.83 | 179.50 |
| 4mm | 73.67 | 67.17 | 60.50 | 59.83 | 56.33 |
| 6mm | 8.33 | 6.83 | 7.50 | 8.50 | 7.00 |
| 8mm | 7.50 | 5.50 | 5.00 | 4.83 | 2.00 |
| 10mm | 0.17 | 0.00 | 0.83 | 0.50 | 0.00 |

Anexo 43 – Valores das variáveis médias da pilosidade para o algodão Giza 86 cardado.

| Comprimento da pilosidade | Dias de realização dos testes | | | | |
|---------------------------|-------------------------------|--------------|-------------|--------------|------------|
| | mm | Primeiro dia | Segundo dia | Terceiro dia | Quarto dia |
| 1mm | 5501.67 | 5060.00 | 4873.83 | 5217.67 | 5547.00 |
| 2mm | 594.00 | 507.50 | 494.83 | 431.83 | 571.83 |
| 3mm | 203.67 | 165.17 | 152.50 | 157.17 | 199.83 |
| 4mm | 63.00 | 42.67 | 54.00 | 47.17 | 61.33 |
| 6mm | 8.00 | 8.67 | 8.83 | 10.00 | 11.83 |
| 8mm | 8.00 | 7.00 | 7.67 | 6.00 | 4.33 |
| 10mm | 0.33 | 0.67 | 0.33 | 1.35 | 0.00 |

Anexo 44 – Valores das variáveis médias da pilosidade para o algodão Giza 86
penteado.

| Comprimento da pilosidade | Dias de realização dos testes | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|--------------|-------------|--------------|------------|
| | mm | Primeiro dia | Segundo dia | Terceiro dia | Quarto dia |
| 1mm | 7844.00 | 7220.17 | 6963.17 | 7547.17 | 7602.83 |
| 2mm | 780.00 | 625.67 | 647.00 | 470.00 | 668.67 |
| 3mm | 677.00 | 524.83 | 527.00 | 493.00 | 685.33 |
| 4mm | 527.00 | 388.33 | 396.83 | 375.17 | 540.00 |
| 6mm | 181.00 | 237.50 | 213.00 | 303.83 | 364.33 |
| 8mm | 354.00 | 199.17 | 245.00 | 211.67 | 196.50 |
| 10mm | 38.00 | 36.67 | 43.83 | 56.50 | 33.00 |
| 12 mm | 1.83 | 1.50 | 1.17 | 2.17 | 0.83 |

Anexo 45 – Valores das variáveis médias da pilosidade para o algodão meridional.

| Comprimento da pilosidade | Dias de realização dos testes | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|--------------|-------------|--------------|------------|
| | mm | Primeiro dia | Segundo dia | Terceiro dia | Quarto dia |
| 1mm | 14994.83 | 15133.17 | 14985.83 | 14841.33 | 15120.67 |
| 2mm | 1161.83 | 1440.50 | 1280.83 | 865.00 | 1296.00 |
| 3mm | 725.83 | 837.50 | 748.67 | 621.83 | 735.67 |
| 4mm | 259.83 | 265.50 | 257.17 | 235.50 | 237.00 |
| 6mm | 32.83 | 41.67 | 25.67 | 27.33 | 37.67 |
| 8mm | 22.17 | 9.50 | 24.00 | 14.83 | 11.33 |
| 10mm | 1.33 | 1.33 | 2.17 | 1.33 | 1.67 |

