UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES

FABIANO GOMES CASACA

**Influência da variação da rugosidade de discos cerâmicos nas características físicas de
fios de poliamida 6.6 texturizados por falsa torção**

São Paulo
2015

FABIANO GOMES CASACA

Influência da variação da rugosidade de discos cerâmicos nas características físicas de fios de poliamida 6.6 texturizados por falsa torção

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação Têxtil e Moda.

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 01 de dezembro de 2014. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH/USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD) de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Área de Concentração: Têxtil e Moda

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Pereira Marcicano

São Paulo
2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)

Casaca, Fabiano Gomes

Influência da variação da rugosidade de discos cerâmicos nas características físicas de fios de poliamida 6.6 texturizados por falsa torção / Fabiano Gomes Casaca ; orientador, João Paulo Pereira Marcicano. – São Paulo, 2015

91 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, em 2014
Versão corrigida

1. Fios (Indústria têxtil). 2. Tecnologia têxtil. 3. Nylon. 4. Fibras artificiais. I. Marcicano, João Paulo Pereira, orient. II. Título.

CDD 22.ed. – 677.02862

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: CASACA, Fabiano Gomes

Título: Influência da variação da rugosidade de discos cerâmicos nas características físicas de fios de poliamida 6.6 texturizados por falsa torção

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Têxtil e Moda

Aprovado em: 01/12/2014

Banca Examinadora

Prof. Dr. João Paulo Pereira Marcicano - Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Regina Sanches - Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Camilla Borelli - Centro Universitário da FEI

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me apoiaram e incentivaram a conquistar esse sonho.

Primeiramente a minha mãe Vera, meu pai Wagner e minhas irmãs, por todo amor e incentivo para eu sempre seguir em busca de meus sonhos.

Ao professor Dr. João Paulo Marcicano, que não só me orientou como também foi compreensivo e ao mesmo tempo exigente, me auxiliando a contornar as dificuldades que enfrentei ao longo deste trabalho de pesquisa.

Aos professores Regina Sanches e Fernando Barros, que além do apoio que me foi dado, são profissionais que me espelho por sua sabedoria e paixão pela indústria têxtil.

À Rhodia Poliamida por ter me disponibilizado carga horária e toda estrutura de produção e laboratórios para realizar essa pesquisa.

Ao Fabio Valveson, não somente por ser um grande líder, mas principalmente pelo zelo e dedicação a sua equipe, fator que me foi fundamental para concluir a pós-graduação.

Especialmente a Ana Paula, pelo amor e pelas noites em claro e finais de semana dedicados aos estudos, os quais sempre estive ao meu lado não me deixando esmorecer.

RESUMO

CASACA, F. G. Influência da variação da rugosidade de discos cerâmicos nas características físicas de fios de poliamida 6.6 texturizados por falsa torção. 2015. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

A aplicação de materiais cerâmicos na indústria têxtil, em especial nos processos de produção e modificação de fios é amplamente difundida no mundo. O fator chave para definição da necessidade do uso de um material cerâmico é a abrasividade dos fios associada à velocidade de processamento desse material. Nesse estudo foi focado o processo de texturização por falsa torção, e foi proposto analisar e compreender o impacto da variação de rugosidade de discos de cerâmica (que já tenham sofrido desgaste durante o processamento), sobre as características físicas de um fio de poliamida. Para isso efetuou-se a seleção de discos de cerâmica com diferentes faixas de rugosidade, fixou-se todas demais variáveis da máquina de texturização, e foram produzidos fios em cada uma das faixas. Depois de produzidos, os fios foram submetidos a testes físicos laboratoriais, e os resultados analisados pelo método ANOVA. Foi observado que a variação na rugosidade dos discos afetou principalmente as características de volume do fio (EKB%), não afetando significativamente o alongamento e tenacidade.

Palavras-chave: Atrito. Desgaste. EKB. Discos Cerâmicos. Falsa Torção. Poliamida. Rugosidade. Texturização.

ABSTRACT

CASACA, F. G. Influence of roughness variation of ceramic discs in the physical characteristics of polyamide 6.6 yarns processed in false twist texturing. 2015. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Use of ceramic materials in the textile industry, particularly in production and converting processes of yarns is widespread in the world. The key factor which defining the use of a ceramic material is the abrasiveness of the yarns associated by processing speed of the material. This study focused the false twist texturing, and has been proposed to analyze and understand the impact of variation in roughness of ceramic discs (which have already undergone wear during processing) on the physical characteristics of a polyamide yarn. So, the ceramic discs have been selected with different ranges of surface roughness, settled all other variables of the texturing machine, and each yarn were produced in each of the ranges. Once produced, the yarns were subjected to physical testing laboratory, and the results were analyzed by ANOVA. This study indicated that the variation in roughness of the disks mainly affected the characteristics of the yarn crimp (EKB%) not significantly affecting the elongation and tenacity.

Keywords: Friction. Ceramic Discs. EKB. False Twist. Polyamide. Roughness. Texturing. Wear.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Renda e consumo de têxteis por habitante no Brasil.....	16
Figura 2 – Fluxos de polimerização e fiação.....	19
Figura 3 – Enrolamento e velocidades de fiação.....	19
Figura 4 – Extrusão e fiação	20
Figura 5 – Estrutura helicoidal	21
Figura 6 – Agregados de texturização.	22
Figura 7 – Processo produtivo de cerâmicas	23
Figura 8 – Processo produtivo de peças cerâmicas	24
Figura 9 – Processo de sinterização.....	26
Figura 10 – Fotomicroscopia eletrônica em MEV	26
Figura 11– Fotomicroscopia (MEV) em uma superfície de fratura.	27
Figura 12 – Fotomicrografias	27
Figura 13 - Atrito em correias	29
Figura 14 – Decomposição de forças no disco de texturização.....	34
Figura 15 – Parâmetros de influência no processo de texturização.....	37
Figura 16 – Perfil de uma máquina de texturização	38
Figura 17– Rugosímetro	39
Figura 18 – Dinamômetro	40
Figura 19 – Aspa	41
Figura 20– Balança de precisão.....	41
Figura 21 – Texturmat ME	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva Atrito x Velocidade	31
Gráfico 2 – Curva Atrito x Ângulo de Embarragem	32
Gráfico 3 – Curva Atrito x Tensão	32
Gráfico 4 – Curva Atrito x Rugosidade.....	33
Gráfico 5 – Boxplot das faixas de rugosidade dos discos	40
Gráfico 6 – Boxplot de alongamento das bobinas do estudo	46
Gráfico 7 – Boxplot da tenacidade (cN/tex).....	47
Gráfico 8 – Boxplot de E (%).....	49
Gráfico 9 – Boxplot de K (%)	50
Gráfico 10 – Boxplot de B(%).....	52
Gráfico 11– Intervalos do alongamento	54
Gráfico 12 – Intervalos da tenacidade	55
Gráfico 13– Intervalos de E (%).....	56
Gráfico 14 – Intervalos de K (%)	58
Gráfico 15 – Intervalos de B (%).....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Materiais Cerâmicos	28
Tabela 2 – Características do fio POY para testes de texturização	36
Tabela 3 – Parâmetros de regulação.....	38
Tabela 4 – Faixas de rugosidade Ra dos discos de texturização	39
Tabela 5 – Dados de alongamento (%).....	45
Tabela 6 – P value resultante do teste de normalidade de alongamento Kolmogorv-Smirnov	46
Tabela 7 – Dados de tenacidade (cN/tex).....	47
Tabela 8 – P value do teste de normalidade de tenacidade (cN/tex) Kolmogorv-Smirnov.....	48
Tabela 9 – Dados de E (%).....	48
Tabela 10 – P value resultante do teste de normalidade E (%) Kolmogorv-Smirnov.....	49
Tabela 11 – Dados de K (%)	50
Tabela 12 – P value resultante do teste de normalidade de K (%) Kolmogorv-Smirnov.....	51
Tabela 13 – Dados de B (%).....	51
Tabela 14 – P value resultante do teste de normalidade de B (%) Kolmogorv-Smirnov.....	52
Tabela 15 – Resumo dos dados de alongamento (%).....	53
Tabela 16 – Anova alongamento (%).....	53
Tabela 17 – Resumo dos dados de tenacidade	54
Tabela 18 – Anova tenacidade (cN/tex)	55
Tabela 19 – Resumo dos dados de E (%)	56
Tabela 20 – Anova E (%)	56
Tabela 21 – Teste Tukey para a E (%) – MINITAB	57
Tabela 22 – Resumo dos dados de K(%).....	58
Tabela 23 – Anova K (%).....	58
Tabela 24 – Teste Tukey para a K (%) – MINITAB.....	59
Tabela 25 – Resumo dos dados de B (%).....	60
Tabela 26 – Anova B (%).....	60
Tabela 27 – Teste Tukey para o B (%) - MINITAB	62

LISTA DE SIGLAS

ABC	Associação Brasileira de Cerâmica
ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecções
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANFOR	Associação Francesa de Normalização
ANOVA	Analysis of Variance
CIRFS	Comité International de la Rayonne et des Fibres Synthétiques
CRE	Constant Rate of Extension
DIN	Deutsches Institut Für Normung
FOY	Full Oriented Yarn
ISO	International Standard Organization
LOY	Low Oriented Yarn
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MINITAB	Software Estatístico
MOY	Medium Oriented Yarn
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PA	Poliamida
POY	Partially Oriented Yarn

LISTA DE SÍMBOLOS

t	tonelada
%	percentagem
EKB%	taxa de encrespamento de fio
cN/tex	taxa de tenacidade de fios
kg	quilograma
a.C	antes de Cristo
°C	grau Celsius
<	menor que

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Considerações Iniciais	14
1.2 Objetivo Geral	15
1.3 Objetivos Específicos	15
2. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Produção de Fios	16
2.1.1 Fibras Têxteis	17
2.1.2 Poliamida 6.6 (Nylon).....	17
2.1.3 Fiação	18
2.1.4 Texturização por Falsa Torção.....	20
2.2 Produção de Guias Cerâmicos	22
2.2.1 Produção de Cerâmicas	23
2.2.2 Guia-fios Cerâmicos	28
2.3 Atrito.....	29
2.3.1 Fórmula de Eytelwein (Equação Capstan)	29
2.3.2 Velocidade.....	31
2.3.3 Ângulo de Embarragem.....	31
2.3.4 Tensão	32
2.3.5 Rugosidade	33
2.4 Modelo de Thwaites	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS	36
3.1 Matéria-Prima.....	36
3.2 Ensaio de Texturização.....	37
3.3 Ensaio de Tração para Determinação da Carga de Ruptura, Alongamento de Ruptura, Tenacidade de Ruptura	40
3.4 Ensaio para Determinação do Título	41
3.5 Ensaio para Determinação das Características de Frizagem EKB (%)	42

3.6 Software para Análises Estatísticas	43
4 RESULTADOS	44
4.1 Análise das Amostras	44
5 CONCLUSÕES	63
5.1 Considerações Finais	63
5.2 Sugestão de Trabalho Futuro	64
REFERÊNCIAS	66
GLOSSÁRIO	68
APÊNDICES	69

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

O mecanismo de atrito é um fator fundamental no processo de texturização por falsa torção (ENDO, et al., 2003) e uma das principais variáveis para que se obtenha as características desejadas no produto (HEARLE, 2002).

A Associação Francesa de Normalização (AFNOR) define fio texturizado como “...um fio contínuo, com ou sem elasticidade, com ou sem torção, apresentando um aspecto volumoso que resulta de uma ondulação ou de uma frisagem do filamento, ou dos filamentos elementares”. Para justificar a necessidade da utilização deste processo na modificação das características dos fios de poliamida, Fourné (1998) diz que o processo de texturização por falsa torção busca converter a aparência “sintética” dos fios lisos para um artigo têxtil mais aceitável, conferindo a esses fios propriedades associadas com as de fios naturais como o algodão e a lã, que possuem texturas intrínsecas ao material.

Na revisão da literatura foram encontrados alguns autores que desenvolveram pesquisas sobre texturização que exploram a relação entre parâmetros de processos. Dentre esses autores destacam-se as pesquisas de Canoglu (2009), que estudou a influência da temperatura dos fornos nos fios texturizados por falsa torção, e Karakas e Dayioglu (2004) que estudaram os parâmetros de maior influência nas propriedades estruturais dos fios de poliamida 6.6 texturizados pelo processo de falsa torção. Demir e Behery (1997) identificaram as modificações causadas na estrutura original dos fios lisos após a texturização e, nessa linha, Hearle e Morton (1957) investigaram a estrutura final do fio texturizado. Outros trabalhos tratam de modelos matemáticos para ajuste da equação de Eytelwein e adequação aos ângulos de abraçamento nos discos, como Thwaites (1985).

Segundo o Comité International de la Rayonne et des Fibres Synthétiques (CIRFS, 2011), a texturização é um processo importante na indústria têxtil, e em 2010 foram produzidas mundialmente 76980 Kt de fios e fibras, sendo 31496 Kt somente de filamentos sintéticos. Não há um indicador correto sobre o quanto desse volume representa somente fios texturizados, porém pelos indicadores levantados pela Rhodia Poliamida (2012) esse número representa em torno de 60% a 70%.

O efeito da rugosidade dos discos nas características físicas dos fios texturizados ao que se saiba não foi investigado, tendo em vista que na revisão da literatura foram encontradas poucas pesquisas sobre esse tema.

Em geral, as indústrias de texturização por falsa torção têm como prática efetuar a substituição dos discos de cerâmica após oito anos de uso, independentemente das características do processo e produto, mesmo sem possuir evidências técnicas de que esse período representa a vida útil dos discos. Assim, a melhor compreensão da influência da variação de rugosidade dos discos nas características físicas dos fios, e, conseqüentemente de sua qualidade, possibilitará identificar formas de avaliar esse impacto para efetuação de trocas dos discos no momento correto, sem prejuízo financeiro ou de qualidade do produto.

1.2 Objetivo Geral

Este estudo busca conhecer a influência da variação de rugosidade de discos de cerâmica nas características físicas de um fio de poliamida texturizado por falsa torção.

1.3 Objetivos Específicos

- Revisar a literatura relacionada a texturização por falsa torção;
- Avaliar a variação de rugosidade em discos de texturização usados;
- Produzir bobinas e verificar a processabilidade com discos em diferentes faixas de rugosidade;
- Analisar o EKB (%) em fios texturizados com discos em diferentes faixas de rugosidade;
- Analisar o alongamento (%) e a tenacidade (cN/tex) em fios texturizados com discos em diferentes faixas de rugosidade.

2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção de fios

Segundo Buirski (2005), o crescimento no consumo em materiais têxteis reflete o significativo crescimento no interesse da população em artigos para uso *active in e outdoor*, especialmente devido ao estilo de vida. Buirski também cita como fator chave a participação feminina tanto profissionalmente, como em esportes outdoor.

A partir de 2006 o consumo de têxteis no Brasil ultrapassou os 10 kg-ano/habitante (ABIT, balanço 2010), conforme demonstrado na figura 1. Para os próximos quatro anos, projeta-se um crescimento de aproximadamente 55%.

Figura 1 – Renda e consumo de têxteis por habitante no Brasil. Fonte: Balanço ABIT, 2010.

Conforme Pio *et al.* (2003), a inovação tecnológica tem-se tornado fator crítico para a sobrevivência e crescimento de todas as formas de indústrias e, por isso, deve ser planejada e controlada de uma forma ampla e minuciosa. O desenvolvimento e os avanços tecnológicos da indústria têxtil incorporam segmentos de outros complexos industriais como o agroindustrial (produção de fibras naturais e artificiais), químico (síntese e produção de produtos químicos utilizados principalmente no setor de beneficiamento) e metal – mecânico (produção de máquinas e equipamentos). Os principais avanços tecnológicos do setor têxtil estão concentrados no desenvolvimento de novas fibras e máquinas mais velozes.

Para Buirski (2005) sportswear e bens esportivos não contribuíram somente para a diversidade do mercado, mas também para o crescimento da ciência e tecnologia têxtil. Os diversos aspectos do desempenho requerem diferentes propriedades do material e, ao mesmo tempo, devem corresponder às necessidades do consumidor. O desenvolvimento de novas tecnologias, os nichos de mercado fragmentados e a crescente demanda das expectativas do consumidor, são os fatores que guiam o setor industrial. Para se inserir nesse contexto as indústrias estão implementando radicalmente práticas de desenvolvimento de novos produtos e a fim de expandirem o mercado, as indústrias estão melhorando suas posições estratégicas, produtividade, valor agregado e posições nos nichos.

2.1.1 Fibras Têxteis

Segundo Aguiar (1996), fibra têxtil é uma definição para vários produtos naturais ou artificiais, com alta relação entre seu comprimento e largura, cujas características provêm elementos básicos para elaboração de artigos têxteis.

O número de fontes que fornecem materiais fibrosos é maior do que possamos imaginar segundo Grosberg e Lype (1999) desde camelos, coelhos, diversas fontes vegetais, além das fibras provenientes do petróleo, como as poliamidas.

2.1.2 Poliamida 6.6 (Nylon)

Uma equipe chefiada por Wallace H. Carothers, químico da Du Pont, desenvolveu a primeira fibra sintética derivada do petróleo em 1935, cuja primeira aplicação têxtil foi em meias finas femininas como substituta da seda.

A importância desta descoberta remete a humanidade há séculos atrás, conforme Duarte (2000) que cita que as primeiras meias foram utilizadas pelas mulheres gregas por volta de 600 a.C. Estas meias chamadas de “sykhus”, eram um sapato baixo como uma sandália, que cobria os dedos e o calcanhar. Todo o processo de tricotagem de meias era manual, até que em 1589 o britânico William Lee construiu a primeira máquina de meias (Iyer et al, 1997), tendo sua patente concedida e o início da produção somente alguns anos depois na França.

As meias finas femininas eram produzida em seda, um material tão delicado quanto caro, até que em 1940 após a descoberta de Carothers, é lançada a meio fina de nylon. Segundo Levitt e Dubner (2005), inúmeras americanas tiveram a sensação de que ocorrera um milagre, pois se realizou o “sonho” de possuir um produto nobre a um custo acessível. Portanto, o nylon levou glamour às massas. Ainda segundo Levitt e Dubner (2005), em 1941 já haviam sido vendidos cerca de 64 milhões de pares de meias de nylon, superando o de mulheres adultas nos Estados Unidos, que era em torno de 46,6 milhões (UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2014).

2.1.3 Fiação

A poliamida é obtida a partir do processo de fiação por fusão, da qual o polímero é fundido durante a extrusão e bombeado para as fieiras pela bomba de título.

Logo após fiados, porém ainda fundidos, os filamentos recebem um fluxo de ar de resfriamento, solidificando-se e atingindo características desejadas.

Após resfriados, porém ainda durante a fiação, os fios recebem uma pré-estiragem para orientar as macromoléculas das fibras. De acordo com o nível de estiragem os processos de fiação de filamentos sintéticos por fusão como o das poliamidas, podem ser classificados como LOY, MOY, POY e FOY, sendo:

LOY – Low Oriented Yarn (fio com baixa orientação molecular)

MOY – Medium Oriented Yarn (fio com media orientação molecular)

POY – Partially Oriented Yarn (fio com orientação molecular parcial)

FOY – Full Oriented Yarn (fio com alta orientação molecular)

A figura 2 mostra as opções de fluxos de polimerização e fiação para fios de poliamida.

Figura 2 – Fluxos de polimerização e fiação. Fonte: Autor

Conforme o tipo de processo LOY, MOY ou POY a velocidade de fiação pode variar de 200 a 6000 metros por minuto conforme mostrado na figura 3.

Figura 3 – Enrolamento e velocidades de fiação. Fonte: Fourné

Destaca-se que uma instalação típica de fiação POY é dividida em três andares (figura 4) sendo:

- Superior: Alimentação de polímero e extrusora
- Intermediário: Fieiras e resfriamento
- Inferior: Bobinadeira (enrolamento)

Figura 4 – Extrusão e fiação. Fonte: Adaptado de Barmag

2.1.4 Texturização por Falsa Torção

Histórico

O processo de texturização é tratado por diversos autores, sendo suas interpretações complementares.

Fourné (1998) diz que a texturização por falsa torção tem como princípio modificar o aspecto sintético dos fios lisos atribuindo propriedades mais próximas dos fios naturais.

Demir e Behery (1997) salientam que a texturização modifica a estrutura regular dos fios lisos, para uma estrutura aleatória com o uso de processos térmicos, mecânicos e químicos.

Para Hearle (2002), o fio texturizado apresenta uma estrutura em que os filamentos torcidos formam uma helicoidal em um cilindro de raio constante (figura 5). Ainda segundo o autor, a texturização por falsa torção consiste basicamente em torcer, aquecer, resfriar e destorcer os fios, fornecendo a eles volume. Esse processo teve sua criação em 1950 pela empresa suíça Heberlein, sendo denominado processo Helanca, nome muito utilizado no Brasil para denominar tecidos de malha utilizados na confecção de uniformes escolares.

Figura 5 – Estrutura helicoidal. Fonte: Hearle

O principal fator para o estudo e desenvolvimento de novos processos de texturização era a produtividade, visto que com o processo Helanca, a produção efetiva por fuso era de 0,1 kg por semana. Abaixo demonstra-se a evolução da produtividade desses processos (HEARLE, 2002):

- 1950 - Processo Helanca – 0,1 kg/fuso/semana;
- 1955 – Processo Flufon – 0,8 kg/fuso/semana;
- 1970 – Magnetic Pin (no Brasil chamado de flyer) - 8 kg/fuso/semana;
- 1990 – Discos de fricção - 80 kg/fuso/semana.

Em resumo, o processo de texturização por falsa torção que faz uso de discos de fricção (figura 6), atualmente utilizados pelas indústrias, proporcionou produtividade 800 vezes maior de que o processo Helanca, criado em 1950.

Figura 6 – Agregados de texturização. Fonte: Autor

2.2 Produção de Guias Cerâmicos

A Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM, 2012), define que “cerâmica compreende todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em temperaturas elevadas”.

Ainda segundo a ABCERAM, o setor cerâmico é amplo e heterogêneo o que induz a dividi-lo em subsetores ou segmentos em função de diversos fatores como matérias-primas, propriedades e áreas de utilização. Dessa forma, a seguinte classificação, em geral, é adotada:

- Cerâmica Vermelha
- Materiais de Revestimento (Placas Cerâmicas)
- Cerâmica Branca
- Materiais Refratários
- Fritas e Corantes
- Abrasivos
- Vidro, Cimento e Cal
- Cerâmica de Alta Tecnologia/Cerâmica Avançada

Os guia-fios cerâmicos são considerados cerâmicas avançadas, devido sua natureza produtiva, na qual será explicada mais detalhadamente.

2.2.1 Produção de Cerâmicas

Preparação da matéria-prima

Segundo a ABCERAM (2012), na produção de cerâmicas utilizam-se matérias-primas provenientes de fonte naturais obtidas através de mineração. Esses minérios passam por processos de separação, classificação, granulometria e purificação, com exceção das matérias-primas sintéticas, que em geral já estão prontas para uso. No processo têxtil, o material mais comumente utilizado é a Alumina, termo químico específico para definir o óxido de alumínio.

Processo produtivo

A figura 7 indica a produção da matriz cerâmica, onde ocorre a separação das matérias-primas para pesagem, separação por granulometria, eliminação de impurezas, dentre outros processos.

Figura 7 – Processo produtivo de cerâmicas. Fonte: Adaptado Bettini Textile

Etapas:

- (1) Raw Material (Matéria-Prima)
- (2) Chemical and Physical Analysis (Análises físicas e químicas)
- (3) Weighting (Pesagem)

- (4) Wet Grinding(Moagem a úmido)
- (5) Wet Screening(Separação a úmido)
- (6) Magnetic Separation(Separação a seco)
- (7) Spray Drying(Secagem por atomização)
- (8) Dry Screening(Separação a seco)

Processo de Formatação das Peças

Tendo em mãos a matéria-prima já preparada, dá-se o início ao processo de produção da cerâmica propriamente dita que, conforme já citado, envolve pressão e alta temperatura. Dependendo do tipo e formato da peça desejada, é selecionado um dos cinco processos iniciais mostrados na figura 8 que dão o formato inicial à peça para posterior acabamento e sinterização.

Figura 8 – Processo produtivo de peças cerâmicas. Fonte: Adaptado de Bettini Textile

(1) e (2) *Cold Isostatic Pressing* e *Drawing* (Prensa Isostática a Frio e Extrusão) – Processos pelos quais a massa úmida é conformada, obtendo-se peças com dimensões aproximadas em relação ao produto final. É necessário que se faça um acabamento com as peças ainda frias,

pois ocorre posteriormente a sinterização e retificação para obtenção da geometria final da peça. Nessa etapa, são obtidas peças simples, como bastões.

(3) e (4) *Dry Pressing* e *Injection Molding* (Prensa Secadora e Injeção em Molde) – Nesses processos, as peças produzidas possuem características mais complexas por serem moldadas e, além disso, já saem deste com um residual de umidade reduzido. Após essas etapas, são feitos pequenos ajustes antes da sinterização.

(5) *Hot Pressing* (Prensa a Quente) – Processo especial que não necessita de sinterização em forno, pois a peça já é conformada a quente, em temperaturas de sinterização.

Sinterização

Conforme Callister, Jr. (2002), nessa operação os produtos adquirem suas propriedades finais. As peças são submetidas a um tratamento térmico a temperaturas elevadas, que para a maioria dos produtos situa-se entre 800°C a 1700°C, em fornos contínuos ou intermitentes que operam em nas seguintes fases:

- Aquecimento da temperatura ambiente até a temperatura desejada;
- Patamar durante certo tempo na temperatura especificada;
- Resfriamento até temperaturas inferiores a 200 °C.

Ainda segundo o autor, o ciclo de queima compreendendo as três fases pode variar de alguns minutos até vários dias, dependendo do tipo de produto. Durante esse tratamento ocorre uma série de transformações em função dos componentes da massa, tais como: perda de massa, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea e a soldagem dos grãos. Destaca-se a soldagem dos grãos, fase em que ocorre a difusão atômica nos pontos de contato entre partículas aglomeradas (figura 9), sendo uma etapa importante para proporcionar densidade às peças, influenciando proporcionalmente em seu nível de resistência.

Figura 9 – Processo de sinterização. Fonte: Callister Jr.

No início da sinterização, ocorre o processo de empescoçamento nos pontos de contato entre as partículas. Com o avanço do processo, os interstícios entre as partículas se tornam poros que vão reduzindo (figura 10), proporcionando redução gradativa na porosidade e consequente aumento na resistência da peça. A resultante desse processo pode ser observada em diferentes micrografias representadas na figura 11 (CALLISTER, 2002).

Figura 10 – Fotomicroscopia eletrônica em MEV. Fonte: Callister Jr.

Figura 11– Fotomicroscopia (MEV) em uma superfície de fratura. Fonte: Autor

Em geral, os guias cerâmicos são comercialmente classificados pelo grau de pureza e pelo acabamento da superfície, que proporcionam rugosidades diferentes. A figura 12 demonstra o exemplo de superfícies e suas respectivas rugosidades oferecidas por um fabricante de peças cerâmicas com diferentes tipos de acabamentos.

Figura 12 – Fotomicrografias. Fonte: Bettini Textile

Os fabricantes fornecem os discos de texturização seguindo o acabamento *Baixa Fricção* para discos de trabalho com faixa de rugosidade de Ra 0,85 μm , e, acabamento polido para discos-guia com faixa de rugosidade de Ra 0,30 μm . Devido à especificidade, esse tema será tratado posteriormente neste estudo.

2.2.2 Guia-Fios Cerâmicos

Materiais cerâmicos utilizados

Ao longo dos anos, os materiais e suas aplicações têm sido estudados de modo a proporcionar as melhores condições de trabalho, aprimorando o desempenho de fios nos processos têxteis e evitando o excessivo desgaste das peças.

A tabela 1 demonstra os materiais cerâmicos comercialmente utilizados:

Tabela 1 – Materiais Cerâmicos

Passado	Porcelana
	Alumina < 90% de pureza
	Safira monocristalina
Atual	Óxido de Titânio - TiO_2 – não condutor elétrico - Ti_2O_3 – condutor elétrico
	Alumina (Al_2O_3) - Pureza de 90,0% a 99,9 %, conforme a necessidade do processo
	Alumina-Zircônia (75%/25%)
	Zirconita (ZrO_2) - Estabilizado com Y_2O_3 , MgO ou $\text{MgO} + \text{CaO}$
	Nitreto de Silício (Si_3N_4) - Estabilizado com Y_2O_3 ou MgO

Dependendo da aplicação, têm-se os seguintes requisitos básicos na seleção de guia fios (RHODIA POLIAMIDA, 1998):

- Atrito: Em função da característica do fio e do local no processo em que é utilizado;
- Superfície do guia (que não danifique o fio);
- Resistência Mecânica/Flexão;
- Resistência Química: depende do processo de limpeza de peças utilizado.

2.3 Atrito

Segundo Beer (1996), quando duas superfícies estão em contato, sempre aparecem forças tangenciais ao tentarem mover-se uma em relação à outra, denominadas forças de atrito. Por outro lado, essas forças de atrito têm limites e não impedirão o movimento se forças tangenciais suficientemente grandes forem aplicadas.

Existem dois tipos de atrito:

- Atrito fluido: desenvolvido entre as camadas de fluidos que se movem em diferentes velocidades; e
- Atrito seco: ocorre na superfície de corpos rígidos e estruturas em contato.

O atrito sobre guias é um atrito do tipo seco que ocorre quando um fio passa sobre um guia fixo, sendo o atrito traduzido por um aumento de tensão após a passagem do fio pelo guia.

2.3.1 Formula de Eytelwein (Equação Capstan)

Conforme indica a figura 13, o momento de passagem de um fio por um ponto qualquer, inclusive um guia cerâmico, tem seu perfil exatamente como definido na formula de Eytelwein (também chamada equação Capstan), e muito bem descrito por Beer (1996).

Figura 13 - Atrito em correias. Fonte: Beer

Escolhendo os eixos coordenados representados na figura 13, foram montadas as equações de equilíbrio 1 e 2 para o elemento PP:

$$\sum F_x = 0 \quad (T + \Delta T) \cos \frac{\Delta\Theta}{2} - T \cos \frac{\Delta\Theta}{2} - \mu_e \Delta N = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0 \quad \Delta N - (T + \Delta T) \sin \frac{\Delta\Theta}{2} - T \sin \frac{\Delta\Theta}{2} = 0 \quad (2)$$

Resolvendo a equação 01 para ΔN e substituindo em 02, obtém-se, após algumas simplificações a equação 3:

$$\Delta T \cos \frac{\Delta\Theta}{2} - \mu_e (2T + \Delta T) \sin \frac{\Delta\Theta}{2} = 0 \quad (3)$$

Dividindo-se agora ambos os termos por $\Delta\theta$ têm-se: No que diz respeito ao primeiro termo, divide-se simplesmente ΔT por $\Delta\theta$. A divisão do segundo termo é levada a efeito simplesmente dividindo-se a expressão em parênteses por 2 e o seno por $\Delta\theta/2$, obtém-se a equação 4:

$$\frac{dT}{T} = \mu_e d\Theta \quad (4)$$

Integrando ambos os membros da equação 4, desde P1 até P2 (figura 13), em P1 tem-se $\theta = 0$ e $T = T_1$; em P2, tem-se $\theta = \beta$ e $T = T_2$. Integrando entre esses limites, obtêm-se as equações 5, 6 e 7:

$$\int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = \int_0^\beta \mu_e d\Theta \quad (5)$$

$$\ln T_2 - \ln T_1 = \mu_e \beta \quad (6)$$

$$\ln \frac{T_2}{T_1} = \mu_e \beta \quad (7)$$

Essa relação pode, também, ser escrita na forma da equação 8:

$$\frac{T_2}{T_1} = e^{\mu_e \beta} \quad (8)$$

Em uma aproximação grosseira, pode-se estimar que μ é constante. Entretanto, querendo-se as medidas corretas, mesmo que não muito precisas, é preciso considerar que μ varia com: Velocidade, Ângulo de Embarragem, Pré-Tensão, Rugosidade, dentre outros. Esses tópicos serão descritos a seguir.

2.3.2 Velocidade

Analisando o gráfico 1, observa-se que conforme ocorre o aumento da velocidade do fio ao passar por uma superfície, ocorre também o aumento do atrito.

Gráfico 1 – Curva Atrito x Velocidade. Fonte: Rhodia

Região I: O coeficiente de atrito aumenta permanentemente;

Região II: O coeficiente de atrito mantém-se praticamente estável.

2.3.3 Ângulo de Embarragem

Durante o processamento os fios precisam passar por muitos órgãos das máquinas fazendo curvas, esses ângulos provocam alterações no atrito, conforme demonstrado no gráfico 2 que evidencia que quanto maior o ângulo, menor o coeficiente de atrito.

Gráfico 2 – Curva Atrito x Ângulo de Embarragem. Fonte: Rhodia

Os guias-fios com rugosidades mais elevadas são menos sensíveis às variações do ângulo de embarragem e, conseqüentemente, tendem a um menor coeficiente de atrito. A diminuição do coeficiente de atrito com o aumento da embarragem é explicada pelo aumento da força de tração (pressão) entre o guia e o fio.

2.3.4 Tensão

O coeficiente de atrito em função da tensão antes de um obstáculo qualquer apresenta uma curva com o aspecto do gráfico 3:

Gráfico 3 – Curva Atrito x Tensão. Fonte: Rhodia

Analisando o gráfico 3, verifica-se que o atrito é maior para tensões mais baixas. O coeficiente de atrito é determinado pela relação de tensões $T1/T0$. Quando se aumenta $T0$, há um aumento da tensão $T1$, porém, como não existe proporcionalidade, a relação $T1/T0$ diminui e assim, consequentemente, o coeficiente de atrito.

2.3.5 Rugosidade

Um acréscimo na rugosidade de um guia pode ser análogo a um acréscimo da pressão entre o fio e o guia devido à diminuição da área de contato.

O coeficiente de atrito diminui até um mínimo e depois aumenta novamente, indicando curvas próprias para cada tipo de material conforme exemplifica o gráfico 4, comparando três diferentes materiais com um fio PA 6.6 156f46 dtex.

Gráfico 4 – Curva Atrito x Rugosidade. Fonte: Rhodia

2.4 Modelo de Thwaites

Thwaites (1985) apresentou um modelo simplificado e derivado das equações a seguir, para a razão de tensão do fio e geração de torque. Razão de tensão do fio é dado em termo de ângulo de contato e o coeficiente de fricção, μ , dado pela equação 9 (equação modificada de Capstan).

$$\ln \frac{T_2}{T_1} = \mu \cdot \Delta\theta \cdot \cos\psi \cdot \sin\gamma \quad (9)$$

Sendo ψ e γ complementos do ângulo de ataque e do ângulo obtido pela força de atrito com o fio.

Figura 14 – Decomposição de forças no disco de texturização. Fonte: Thwaites

O torque gerado pelo fuso é dado em termos da diferença de tensão:

$$\Delta Q = (T_{out} - T_{in}) \cdot R \cdot \cot\gamma \quad (10)$$

R é o raio do fio e o ângulo a cada ponto de atrito é dado em pela velocidade axial do fio, V_y , e velocidade angular, Ω :

$$\tan \gamma = \frac{V_y - V_s \cdot \sin\psi}{V_s \cdot \cos\psi - \Omega \cdot R} \quad (11)$$

O modelo simplificado depende da constância sobre as variáveis λ , R , e ϕ e as razões $\dot{U}/V_y$ e V_s/V_y , sendo:

- θ = ângulo hélice na superfície do fio estirado e torcido;

- N = número de torções por unidade de medida do fio estirado;
- r_0 = raio equivalente do fio liso considerando-se 100% empacotamento dos filamentos ($\pi r_0^2 \times \text{densidade polímero} = \text{densidade linear do fio liso} \times 10^{-6}$);
- Y_c = razão de contração do fio, isto é, comprimento do fio liso/comprimento do fio torcido;
- T_e = taxa de Estiragem
- U = densidade linear do fio liso não estirado, POY (dtex)
- T = densidade linear do fio liso estirado (dtex)
- D = velocidade da superfície do disco de fricção
- Y = velocidade de produção do fio liso
- ρ = densidade do polímero

Assim, pode-se descrever a equação da geometria do fio na épura, como:

$$2 \cdot \pi \cdot r_0 \cdot N \cdot Y_c^{\frac{3}{2}} = \tan \theta \quad (12)$$

Hearle e Morton (1957) citam que:

$$Y_c = \frac{1}{2} \cdot (1 + \sec \theta) \quad (13)$$

Surge-se assim, uma equação final que derivada, relaciona a torção e o ângulo hélice de superfície:

$$N = \frac{2(\sec \theta - 1)}{\pi \cdot r_0 (1 + \sec \theta)} \quad (14)$$

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse capítulo são apresentadas as características têxteis e físicas do fio utilizado na pesquisa, bem como a metodologia do ensaio de texturização realizada para produzir o fio. Apresenta-se ainda, as metodologias dos ensaios de caracterização do fio texturizado, que são: alongamento, tenacidade, título e EKB (%).

A produção dos fios e os testes em laboratório foram realizados na empresa Rhodia Fibras, que gentilmente cedeu seus equipamentos e a matéria-prima, possibilitando a realização da pesquisa em ambiente industrial.

3.1 Matéria-Prima

Para os ensaios foram utilizados fios de filamento contínuo POY de poliamida 6.6, conforme indica a tabela 2, com nome comercial 100f23 SO (100 dtex com 23 filamentos e maticidade semi-opaca). Este fio foi escolhido por ser um produto de grande comercialização e representa um dos maiores volume de produção na Rhodia Fibras e outras empresas do mesmo segmento, proporcionando facilidade para repetição dos ensaios (caso necessário) para fins de pesquisa.

Tabela 2 – Características do fio POY para testes de texturização

Item Nº	Característica	Especificação	
		Média	Limite p/ média
01	Título (dtex)	100,0	$\pm 2,5$
02	Alongamento (%)	69,0	$\pm 4,0$
03	Tenacidade (cN/Tex)	-	$>33,0$
04	Entrelaçamento (Nós/metro)	11,0	$\pm 6,5$
05	Número de Filamentos	23	$\pm 0,0$
06	Ensimagem (%)	0,45	$\pm 0,10$

3.2 Ensaio de Texturização

Para produzir fio texturizado com objetivo de analisar os efeitos da variação da rugosidade nas características físicas dos fios foram realizados os ensaios de texturização com metodologia parcialmente adaptada do trabalho de Karakas (2004).

Nos ensaios de texturização foram agrupadas 4 rugosidades diferentes de discos e definidos parâmetros e regulagens da máquina de texturização com base em dados conhecidos na literatura. Definiu-se ainda, por se fixar todos os parâmetros, regulagens e o fio (matéria-prima) utilizados, alterando somente a rugosidade dos discos de texturização, para que assim se conheça a influência da rugosidade nas características físicas do fio texturizado.

Karakas (2004) estudou os parâmetros de maior influência nas propriedades estruturais dos fios de poliamida 6.6 texturizados pelo processo de falsa torção, e definiu as principais variáveis, que estão exemplificadas na figura 15.

Figura 15 – Parâmetros de influência no processo de texturização. Fonte Karakas e Dayioglu.

Em seu estudo, Karakas identificou forte influência dos parâmetros de velocidade de texturização, D/Y e temperatura dos fornos, nas propriedades estruturais dos fios. Portanto, para evitar que outras variáveis pudessem influenciar nos resultados das análises, foi definido pela fixação dos parâmetros de texturização, seguindo-se padrões utilizados pela Rhodia para obtenção de características físicas dentro de suas normas.

O ensaio foi realizado em uma única posição numa máquina Barmag FK6 V12, cujos parâmetros de regulagem estão indicados na tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros de regulação

Velocidade do eixo V2	550	m/min
Taxa de estiragem	1,319	---
Taxa D/Y	1,83	---
Temperatura do forno	200	°C
Arranjo dos discos	1/7/1	---
Espessura dos discos	6,0	Mm
Diâmetro externo dos discos	49,6	Mm
Diâmetro interno dos discos	12,0	Mm
Taxa de recepção	-3,41	---

A figura 16 representa uma máquina de texturização, e a indicação da localização dos respectivos órgãos cujos parâmetros foram ajustados.

Figura 16 – Perfil de uma máquina de texturização. Fonte: Barmag

Para realização do estudo foi separado um grupo de discos de texturização de um mesmo fabricante, material (alumina branca com 99,7% de pureza) e efetuada a classificação em grupos, conforme sua faixa de rugosidade (R_a) seguindo-se a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR ISO 4287:2002 com o uso de um rugosímetro de superfície Taylor Hobson Form Talysurf Intra (figura 17), ajustado para um Cutoff de

0,25/0,025 mm faixa 10:1 (superfície aperiódica). Os grupos classificados foram separados em grupos de faixa de rugosidade, conforme indica a tabela 4.

Tabela 4 – Faixas de rugosidade Ra dos discos de texturização

Disco	1	2	3	4
1	0,5721	0,7151	0,9042	1,0112
2	0,5733	0,6865	0,9043	1,0099
3	0,5787	0,6908	0,8716	0,9838
4	0,5836	0,7599	0,8875	1,0429
5	0,5809	0,6860	0,8093	0,9922
6	0,5849	0,7515	0,8439	1,0113
7	0,5748	0,7398	0,9007	1,0310
Média	0,5783	0,7185	0,8745	1,0117
Desvio	0,0051	0,0319	0,0361	0,0205

Figura 17– Rugosímetro. Fonte: Taylor-Hobson

Analisando o gráfico 5, observa-se que as faixas de rugosidade são simétricos, e por um teste de ANOVA de fator único, o resultado de “p” foi igual a 0,00, ou seja, não há igualdade nas faixas de rugosidade selecionadas.

Gráfico 5 – Boxplot das faixas de rugosidade dos discos

3.3 Ensaio de Tração para Determinação da Carga de Ruptura, Alongamento de Ruptura, Tenacidade de Ruptura

No ensaio foi utilizada a norma ABNT NBR 13385 – Fibra manufaturada – Determinação da carga e da ruptura de alongamento de ruptura. Os valores experimentais encontram-se nos apêndices E, F, G e H.

O equipamento utilizado foi o dinamômetro de tração do tipo taxa constante de alongamento (CRE), contendo garras para fixação de fios e fibras no comprimento inicial requerido, fabricante Instron modelo 33R4205, apresentado na figura 18.

Figura 18 – Dinamômetro. Fonte: Instron

3.4 Ensaio para Determinação do Título

Segundo Hearle (2002), título é a unidade de densidade linear ou de massa por unidade padrão de comprimento. No sistema universal se utiliza a unidade *tex*, a qual expressa a massa em gramas por unidade de quilometro de fio, e, para filamentos contínuos lisos ou texturizados, convencionou-se utilizar a unidade *decitex*, que expressa o sistema *tex* multiplicado por dez, ou seja, a densidade linear do fio expressa em gramas por dez mil metros. Ainda segundo Hearle, para usos finais em vestuário, estofamento e automotivo, deseja-se tolerâncias não superiores a $\pm 1\%$.

No ensaio foi utilizada a norma ABNT NBR 13214 - Determinação do título de fios, que especifica o uso de uma Aspa Meadeira Texcontrol com perímetro de 1m, contendo dispositivos para controle de tensão de enrolamento, seleção do número de voltas e movimento vaivém do guia-fio (figura 19), e uma balança Mettler PM-480 com resolução 1/1000 da massa a ser medida (figura 20). Os valores experimentais encontram-se nos apêndices A, B, C e D.

Figura 19 – Aspa. Fonte: Texcontrol

Figura 20 – Balança de precisão. Fonte: Toledo do Brasil

3.5 Ensaio para Determinação das Características de Frisagem EKB (%)

O teste foi realizado de acordo com a norma DIN 53840 – Determinação dos parâmetros de crimpagem (volume) para fios texturizado a partir de fios com filamentos até 500 dtex, sobre uma meada de 2500 dtex do fio em questão, obtendo-se como resultado os seguintes valores:

- E: Contração do Encrespamento - indica a capacidade elástica de um fio texturizado;
- K: Contração do Encrespamento Intermediária - indica a capacidade elástica de um fio texturizado, quando submetido a uma carga;
- B: Estabilidade do Encrespamento - indica o poder de recuperação e/ou perda poder elástico, após submetido a uma carga extrema.

Para análise, a meada é submetida à tensão com quatro pesos, sendo:

- P1: 0,001 gf/dtex
- P2: 0,200 gf/dtex
- P3: 0,010 gf/dtex
- P4: 2,000 gf/dtex

Esses valores são calculados a partir de quatro valores medidos da seguinte forma:

A meada vai para a estufa a 120°C durante 10 minutos a uma pré-tensão de 2,5 g (P1), para preparar o fio homogeneamente. Em seguida retira-se da estufa, deixando repousar por 60 minutos e seguem-se os seguintes passos:

- a. Aplica-se a tensão 500 g (P2) retirando a pré-tensão de 2,5 g (P1). Após 10 segundos mede-se o comprimento L1.
- b. Retira-se a tensão de 500 g (P2) e aplica-se a pré-tensão de 2,5 g (P1). Após 10 minutos mede-se o comprimento L2.
- c. Aplica-se a tensão de 25 g (P3), retirando antes a pré-tensão de 2,5 g (P1). Após 10 segundos mede-se o comprimento L3.
- d. Aplica-se a tensão de 5000 g (P4), retirando-se a tensão de 25 g (P3). Após 10 segundos retira-se a tensão de 5000 g (P4) e recoloca-se a pré-tensão de 2,5 g (P1). Após 20 minutos mede-se o comprimento L4.

Cálculos:

$$E\% = \frac{(L1 - L2) \times 100}{L1} \quad (15)$$

$$K\% = \frac{(L1 - L3) \times 100}{L1} \quad (16)$$

$$B\% = \frac{(L1 - L4) \times 100}{L1 - L2} \quad (17)$$

Pode-se efetuar esta análise através do equipamento abaixo: Texturmat – Textechno (figura 21). Os resultados experimentais encontram-se nos apêndices I, J, K e L.

Figura 21 – Texturmat ME. Fonte: Textechno

3.6 Software para Análises Estatísticas

Os resultados dos ensaios foram analisados com o software MINITAB versão 16, da empresa Minitab Inc.

4 RESULTADOS

4.1 Análise das Amostras

O principal objetivo foi verificar a existência de uma diferença nas características dos fios produzidos com cada faixa de rugosidade. Para comparação dos dados, foram texturizadas quatro bobinas com aproximadamente 1 kg cada (em torno de 128000 metros de fio), o suficiente para análise. Para facilitar a avaliação dos dados, foi feita a identificação das amostras da seguinte forma:

- B 0,5788 - Primeira texturizada com o grupo de discos cerâmicos cuja rugosidade média apresentou resultado Ra 0,5788 μm ;
- B 0,7146 - Segunda bobina texturizada com o grupo de discos cuja rugosidade média apresentou resultado Ra 0,7146 μm ;
- B 0,8745 – Terceira texturizada com o grupo de discos cuja rugosidade média apresentou resultado Ra 0,8745 μm ;
- B 1,0117 – Quarta texturizada com o grupo de discos cuja rugosidade média apresentou resultado Ra 1,0117 μm ;

As amostras foram submetidas a análises laboratoriais de Alongamento (%), Tenacidade (cN/tex), E (%), K (%) e B (%).

Os resultados foram submetidos a uma análise de variância (método ANOVA), que permite que vários grupos sejam comparados a um só tempo, utilizando variáveis contínuas. Por ser um teste paramétrico, a variável de interesse deve ter distribuição normal e os grupos têm que ser independentes, por isso, em primeiro lugar se realizou um teste de normalidade nas amostras, ao qual foi escolhido do teste Kolmogorov-Smirnov, considerando-se:

$p\text{-value} < 0,05$: corresponde à rejeição de H_0 ;

$0,05 \geq p\text{-value} \geq 1$: corresponde à não rejeição de H_0 .

Considerando que a Análise de Variância aceita ou rejeita as hipóteses H_0 de igualdade das médias populacionais, se torna necessário compreender, no caso de ocorrer a

rejeição de H_0 , qual ou quais médias se apresenta diferente das demais. Para isso, foi utilizado o teste proposto por Tukey (COSTA NETO, 1977).

Para determinar se há pontos que fogem à tendência dominante, também chamados de outliers, utilizou-se o método boxplot.

Alongamento

A tabela 5 indica os resultados de alongamento (%) das bobinas do estudo.

Tabela 5 – Dados de alongamento (%)

B 0,5788	B 0,7146	B 0,8745	B 1,0117
25,50	28,00	31,12	30,25
29,87	28,63	27,63	26,75
30,88	27,75	28,62	26,87
31,00	28,37	26,25	26,00
30,62	28,88	29,37	27,37
26,88	26,00	26,88	29,25
31,75	28,63	27,13	29,50
30,62	29,13	28,50	30,50
30,12	29,50	29,75	29,50
28,88	28,50	27,50	27,13

Observa-se no gráfico 6 o comportamento dos dados e uma inconsistência ocorrida na bobina B 0,7146, dado que foi descartado para demais análises.

Gráfico 6 – Boxplot de alongamento das bobinas do estudo

Posteriormente foi realizado teste Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade nos dados, sendo seus resultados apresentados na tabela 6. Estes indicam que a distribuição de todos os dados apresentou-se normal. Os gráficos de probabilidade normal para o alongamento encontram-se no apêndice M.

Tabela 6 – P value resultante do teste de normalidade de alongamento Kolmogorv-Smirnov

	B 0,5788	B 0,7146	B 0,8745	B 1,0117
P value	0,072	>0,150	>0,150	>0,150

Tenacidade

A tabela 7 indica os resultados de tenacidade (cN/tex) das bobinas do estudo.

Tabela 7 – Dados de tenacidade (cN/tex)

B 0,5788	B 0,7146	B 0,8745	B 1,0117
40,53	43,62	45,46	45,39
44,88	44,15	43,26	42,82
44,37	43,19	42,72	42,09
45,39	43,95	42,39	41,79
43,50	42,98	44,89	42,76
42,26	41,73	42,96	43,31
46,08	41,89	42,94	44,67
43,96	42,54	44,20	45,53
43,54	44,76	45,37	44,83
40,12	43,99	41,04	42,70

Pode-se observar no gráfico 7 o comportamento dos dados, não sendo encontrada nenhuma inconsistência.

Gráfico 7 – Boxplot da tenacidade (cN/tex)

O teste Kolmogorov-Smirnov foi realizado para verificar a normalidade nos dados (tabela 8), e os resultados indicam que a distribuição de todos os dados apresentou-se normal. Os gráficos de probabilidade normal para a tenacidade encontram-se no apêndice N.

Tabela 8 – P value do teste de normalidade de tenacidade (cN/tex) Kolmogorv-Smirnov

	B 0,5788	B 0,7146	B 0,8745	B 1,0117
P value	>0,150	>0,150	>0,150	>0,150

Contração do Encrespamento – E(%)

A tabela 9 indica os resultados de E (%) das bobinas do estudo.

Tabela 9 – Dados de E (%)

B 0,5788	B 0,7146	B 0,8745	B 1,0117
42,99	42,19	42,35	42,69
42,75	42,55	41,85	42,63
47,66	42,24	42,52	42,35
41,76	41,76	42,16	43,05
47,66	42,16	42,07	42,35
48,45	42,19	42,16	43,05
47,84	42,44	42,30	43,00
41,27	42,63	48,05	48,13
41,99	42,24	42,94	42,72
47,08	41,76	47,93	42,66

No gráfico 8 observa-se o comportamento dos dados e a ocorrência de inconsistências nas bobinas B 0,8745 e B 1,0117, portanto os dados foram descartados para demais análises.

Gráfico 8 – Boxplot de E (%)

Foi realizado teste Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade nos dados, os resultados são apresentados na tabela 10 e indicam que a distribuição de todos os dados apresentou-se normal. Os gráficos de probabilidade encontram-se no apêndice O.

Tabela 10 – P value resultante do teste de normalidade E (%) Kolmogorv-Smirnov

	B 0,5788	B 0,7146	B 0,8745	B 1,0117
P value	0,050	>0,150	>0,150	>0,150

Contração do Encrespamento Intermediária – K(%)

A tabela 11 indica os resultados de K (%) das bobinas do estudo.

Tabela 11 – Dados de K (%)

B 0,5788	B 0,7146	B 0,8745	B 1,0117
20,62	19,53	20,39	19,69
20,78	19,22	19,84	20,04
21,48	18,86	19,29	19,61
19,41	19,22	19,61	20,74
21,09	20,20	20,35	20,20
20,08	19,53	20,39	20,94
20,98	20,24	21,05	21,01
19,02	20,04	20,51	22,40
19,92	19,84	21,37	20,87
19,84	19,22	21,70	21,14

No gráfico 9 observa-se o comportamento dos dados, e nenhuma inconsistência foi observada.

Gráfico 9 – Boxplot de K (%)

Foi realizado teste Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade nos dados, estando os dados do resultado apresentados na tabela 12, que indica que a distribuição de todos os dados apresentou-se normal. Os gráficos de probabilidade normal para contração do encrespamento intermediária encontram-se no apêndice P.

Tabela 12 – P value resultante do teste de normalidade de K (%) Kolmogorv-Smirnov

	B 0,5788	B 0,7146	B 0,8745	B 1,0117
P value	>0,150	>0,150	>0,150	>0,150

Estabilidade do Encrespamento – B(%)

A tabela 13 indica os resultados de B (%) das bobinas do estudo.

Tabela 13 – Dados de B (%)

B B 0,5788	B B 0,7146	B B 0,8745	B B 1,0117
60,00	56,48	56,94	62,10
58,72	55,30	56,81	58,06
65,57	57,67	58,33	59,72
63,38	54,93	60,47	56,36
68,85	54,88	69,30	59,72
57,89	52,78	59,53	64,09
69,67	62,04	60,37	60,63
62,74	61,75	63,01	68,16
60,93	53,02	63,01	64,98
66,94	63,38	65,43	60,09

No gráfico 10, o comportamento dos dados não indica nenhuma inconsistência.

Gráfico 10 – Boxplot de B(%)

Foi realizado teste Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade nos dados (tabela 14), os resultados indicam que a distribuição de todos os dados apresentou-se normal. Os gráficos de probabilidade normal para estabilidade do encrespamento encontram-se no apêndice Q.

Tabela 14 – P value resultante do teste de normalidade de B (%) Kolmogorv-Smirnov

	B 0,5788	B 0,7146	B 0,8745	B 1,0117
P value	>0,150	>0,150	>0,150	>0,150

Para validação dos resultados dos testes de normalidade e da Anova, foi considerado o p-valor, que representa a probabilidade de ser obtida a observação da distribuição F com $k - 1$ e $k(r - 1)$ graus de liberdade maior ou igual ao valor observado pela F_{calc} . O p-valor é a probabilidade, sob H_0 , de ocorrência do valor particular observado para a estatística de teste ou de valores mais extremos. A probabilidade de significância de um teste mede a força da evidência contra H_0 em uma escala numérica. Um p-valor pequeno indica uma forte justificativa (evidência) para a rejeição de H_0 .

Assim pode-se verificar a existência de diferenças significativas entre as médias, com o resultado será possível afirmar se há ou não diferença em se submeter os fios a um processo de texturização em que as diferenças de rugosidades nos discos (após desgaste), possam ou não ser significativas.

Pressupomos que:

A. Para hipótese nula (H_0) for verdadeira, não há diferença entre as médias;

B. Para hipótese nula (H_0) for falsa, há diferença entre as médias;

Obs.: Rejeitamos H_0 quando o p -valor $< 0,05$

Alongamento (%)

Na sequência, a tabela 15 apresenta os resultados de média e desvio padrão do alongamento obtido nas amostras e a tabela 16 apresenta os resultados da ANOVA.

Tabela 15 – Resumo dos dados de alongamento (%)

Amostra	N	Média	Desvio Padrão
Al B 0,5788	10	29,61	1,98
Al B 0,7146	9	28,60	0,54
Al B 0,8745	10	28,28	1,49
Al B 1,0117	10	28,31	1,65

Tabela 16 – Anova alongamento (%)

Alongamento (%)	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F	P
Fator	3	11,72	3,91	1,67	0,192
Erro	35	82,09	2,35		
Total	38	93,82			

O resultado de $p = 0,192$ indica que não há diferença significativa entre médias, ou seja, alongamento não se alterou. O gráfico 11, apresenta os intervalos de confiança das

médias, demonstrando que apenas a amostra B 0,5788 apresenta um comportamento levemente distinto dos demais.

Gráfico 11– Intervalos do alongamento

Tenacidade (cN/tex)

Na sequência, a tabela 17 apresenta os resultados de média e desvio da tenacidade das amostras e a tabela 18 apresenta os resultados da ANOVA.

Tabela 17 – Resumo dos dados de tenacidade

Amostra	N	Média	Desvio Padrão
B 0,5788	10	43,46	1,97
B 0,7146	10	43,28	1,00
B 0,8745	10	43,52	1,43
B 1,0117	10	43,59	1,39

Tabela 18 – Anova tenacidade (cN/tex)

Tenacidade (cN/tex)	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F	P
Fator	3	0,53	0,18		
Erro	36	79,53	2,21	0,08	0,971
Total	39	80,06			

O resultado de $p = 0,971$ indica que não há diferença significativa entre médias, portanto a tenacidade não se alterou. O gráfico 12, apresenta os intervalos de confiança das médias, indicando um comportamento similar em todas as amostras.

Gráfico 12– Intervalos do tenacidade

Contração do Encrespamento E (%)

Na sequência, a tabela 19 apresenta os resultados de média e desvio da contração do encrespamento das amostras e a tabela 20 apresenta os resultados da ANOVA.

Tabela 19 – Resumo dos dados de E (%)

Amostra	N	Média	Desvio Padrão
B 0,5788	10	44,94	3,00
B 0,7146	10	42,22	0,29
B 0,8745	8	42,29	0,33
B 1,0117	9	42,72	0,27

Tabela 20 – Anova E (%)

E (%)	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F	P
Fator	3	48,33	16,11		
Erro	33	83,03	2,52	6,40	0,002
Total	36	131,36			

O resultado de $p = 0,002$ indica que há diferença significativa entre médias, e, nitidamente se observa no gráfico 13 que o comportamento da amostra B 0,5788 é distinto das demais, indicando que houve alteração no coeficiente de atrito, e, conseqüentemente, na transferência de rotação dos discos para o fio.

Gráfico 13– Intervalos de E (%)

A tabela 21 confirma que ao considerarmos um nível de significância de 5%, rejeitamos a hipótese de igualdade entre a média da faixa de rugosidade 0,5788 com os demais níveis.

Tabela 21 – Teste Tukey para a E (%) – MINITAB

Contração do Encrespamento Intermediária –K (%)

As tabelas 22 e 23 apresentam sequencialmente os resultados de média e desvio da Contração do Encrespamento Intermediária das amostra se os resultados da ANOVA.

Tabela 22 – Resumo dos dados de K(%)

Amostra	N	Média	Desvio Padrão
B 0,5788	10	20,32	0,79
B 0,7146	10	19,59	0,47
B 0,8745	10	20,45	0,76
B 1,0117	10	20,66	,83

Tabela 23 – Anova K (%)

Tenacidade (cN/tex)	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F	P
Fator	3	6,53	2,18		
Erro	36	19,02	0,53	4,12	0,013
Total	39	25,55			

O resultado de $p = 0,013$ indica que há diferença significativa entre médias. O gráfico 14 também indica que o intervalo de média da amostra B 0,7146 apresenta-se abaixo das demais.

Gráfico 14 – Intervalos de K (%)

A tabela 24 confirma que ao considerarmos um nível de significância de 5%, rejeitamos a hipótese de igualdade entre a média da faixa de rugosidade 0,7146 e a faixa 1,0117.

Tabela 24 – Teste Tukey para a K (%) – MINITAB

Estabilidade do Encrespamento – B (%)

A tabela 25 apresenta os resultados de média e desvio padrão da Estabilidade do Encrespamento das amostras e a tabela 26 apresenta os resultados da ANOVA.

Tabela 25 – Resumo dos dados de B (%)

Amostra	N	Média	Desvio Padrão
B 0,5788	10	63,47	4,17
B 0,7146	10	57,22	3,86
B 0,8745	10	61,32	3,94
B 1,0117	10	61,39	3,51

Tabela 26 – Anova B (%)

Tenacidade (cN/tex)	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F	P
Fator	3	205,3	68,4		
Erro	36	541,1	15,0	4,55	0,008
Total	39	746,4			

O resultado de $p = 0,008$ indica que há diferença significativa entre médias, podendo se observar no gráfico 15 que o comportamento das amostras B 5788 e B 0,7146 distinguem-se entre si e também em relação às demais, indicando que, nesse caso, também houve alteração no coeficiente de atrito dentro dessas faixas, e, consequentemente, na transferência de rotação dos discos para o fio.

Gráfico 15 – Intervalos de B (%)

Pode-se confirma na tabela 27 que ao considerarmos um nível de significância de 5% rejeitamos a hipótese de igualdade entre a média da faixa de rugosidade 0,5788 e a faixa 0,7146.

Tabela 27 – Teste Tukey para o B (%) - MINITAB

5 CONCLUSÕES

5.1 Considerações Finais

Nos testes efetuados, foram separados os discos em diferentes faixas de rugosidades (Ra 0,5788, 0,7146, 0,8745 e 1,0117) para que fosse possível inseri-los em uma condição real de processamento industrial, os quais geraram quatro bobinas com 128000 metros de fio, produto suficiente para testes em laboratório.

Os resultados das análises de laboratório foram submetidos a um teste estatístico de análise de variância (ANOVA) para determinar se houve ou não diferença significativa nas médias. Utilizou-se também, o método de Tukey de comparações múltiplas para avaliar se ocorreram diferenças significativas entre as médias. Com base nesses testes, foi possível observar que:

- A variação de rugosidade dos discos não afeta significativamente as características físicas dos fios (Alongamento e Tenacidade);
- A Contração do Encrespamento (E%) é afetada em seu nível de mais baixa rugosidade (0,5788), o que a princípio pode-se justificar por essa faixa de rugosidade estar próxima do nível mínimo de atrito indicado no gráfico 4, afetando em uma menor transferência de rotação entre disco e fio;
- A Contração do Encrespamento Intermediária (K%) e a Estabilidade do Encrespamento (B%) apresentaram comportamento similar. O teste Tukey confirmou que não há igualdade a faixa de rugosidade 0,7146 comparando-se em K(%) com a faixa 1,0117 e em B(%) com a faixa 0,5788. Esse fator se torna mais curioso quando se observa que em todos demais limites do teste Tukey esta faixa de rugosidade se apresentou limítrofe.

Com base nos resultados obtidos no estudo, é possível afirmar que a variação na rugosidade dos discos afetou basicamente as características de crimp do fio (EKB%), não afetando significativamente as características plásticas e de resistência.

Conclui-se que há uma diferença na transferência de rotação causada pela variação do atrito fio versus disco de cerâmica, dada em função da variação da rugosidade superficial nos discos.

Destaca-se que devido à superfície não plana dos discos e às altas velocidades em que as máquinas trabalham, não foi possível identificar um método eficaz para medir o coeficiente de atrito fio X disco.

Por fim, conclui-se que através da análise da rugosidade é possível identificar quais discos não são indicados para uso simultâneo no processo de texturização por apresentarem diferentes capacidades de transferência de rotação, afetando diretamente nas características de encrespamento do fio. No caso específico dessa pesquisa analisou-se o processo de texturização de fios de poliamida 6.6 a partir de bobinas POY 100 dtex com 23 filamentos, observando-se igualdade em todos os momentos do EKB (%) nas faixas de rugosidade de 0,8745 e 1,0117. Em contrapartida, observou-se que não há igualdade em E (%) quando se compara a faixa de rugosidade de 0,5788 com as demais, bem como não há igualdade na faixa de rugosidade 0,7146 quando comparada com K(%) na faixa 1,0117 e B(%) na faixa 0,5788. Portanto, o estudo foi eficaz para identificação da necessidade de exclusão de discos do conjunto nestas faixas de rugosidade para obtenção de resultados de EKB (%) homogêneos, e, por conseguinte, melhor qualidade do produto final.

5.2 Sugestão de trabalho futuro

A pesquisa mostrou-se limitada no que se refere à identificação de um método eficaz de análise do coeficiente de atrito entre o disco de texturização e o fio, uma vez que o ponto de contato entre eles ocorre em uma angulação na qual não foram encontradas na literatura equipamentos ou metodologias para efetuação dessa medição.

Nesse sentido, evidencia-se a necessidade de um estudo mais aprofundado para identificação ou desenvolvimento de um método para análise do coeficiente de atrito entre disco de texturização e fio, possibilitando a obtenção de conhecimento sobre seu comportamento em diferentes faixas de rugosidade, e, consequentemente, identificação de como se dá a transferência de rotação dos discos para o fio, pois quanto maior o coeficiente de atrito, menor será o escorregamento proporcionando minimização no desgaste dos discos e maximização encrespamento aplicado ao fio.

Sugere-se ainda, o estudo da variação de EKB (%) em função da rugosidade dos discos para cada tipo de fio texturizado, além do estudado neste trabalho, pois é possível que

estes apresentem comportamentos variados em função de diferenças de título nos filamentos individuais, bem como na resultante do título final do fio. Assim, será possível definir critérios que especificam o momento adequado para exclusão de discos para cada tipo de matéria-prima.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR NETO, P.P., **Fibras têxteis**. Rio de Janeiro: SENAI-CETIQT, 1996. 2 v.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Informações técnicas**: definição e classificação. São Paulo. Disponível em: <www.abceram.org.br>. Acesso em: 17 set. 2012.
- BARMAG OERLIKON. **Product brands**. Germany. Disponível em: <www.oerlikon.com>. Acesso em: 22 jan. 2013.
- BEER, F. P.; JOHNSTON, E. R. **Resistência dos materiais**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1996.
- BETTINI – Textile Division. **Materials & processes**: production processes. Monte Marenzo, Italy. Disponível em: <www.bettinitextile.it> Acesso em: 14 set. 2012.
- BUIRSKI, D.; Market overview. In: SHISHOO. **Textiles in sports**. Inglaterra: Cambridge, 2005. p. 15-24.
- CALLISTER, W. D. **Ciência e engenharia de materiais**: uma introdução. 5. ed. São Paulo: LTC, 2002.
- CANOGLU, SUAT, FIBRES & TEXTILES. Eastern Europe: effect of first heater variations on the polyester yarn proprieties of false-twist. **Texturing Techniques**, v. 17, n. 5, p. 35-39, 2009.
- COSTA NETO, P.L.O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.
- DEMIR, A.; BEHERY, H. M. **Synthetic filament yarn**: texturing technology. NJ: Prentice-Hall, 1997.
- ENDO, T.; SHINTAKU, S.; KINARI, T. Mechanics of disk-type false twisting part I: yarn path and friction force on a single disk. **Textile Research Journal**, v. 73, n. 2, p. 139-146, fev. 2003.
- _____. Mechanics of disk-type false twisting: Part II: Yarn path and yarn inclination angle in a multiple-disk spindle unit. **Textile Research Journal**, v. 73, n. 1, 192-199, mar. 2003.
- FOURNÉ, F. V. **Synthetic fibers**. Munich: Hanser, 1998.
- GROSBERG, P.; Lype, C. **Yarn production**: theoretical aspects. Manchester: The Textile Institute, 1999.
- HEARLE, J. W. **Texturing technology**. Manchester: The Textile Institute, 2002.
- _____; MORTON, W. E. Yarn Contraction Due to Twist . **Journal of Textile Institute**, v. 48, T159, 1957.

INSTRON - Materials Testing Machines. Disponível em: <www.instron.com>. Acesso em: 15 jan. 2013.

Information on man-made fibres. CIRFS, Key Statistics, v. 47, p. 24-25, 2011.

IYER, C. et al. **Máquinas circulares: teoria y práctica de la tecnología del punto**. Bamberg: Meisenbach, 1997.

KARAKAS, H.C.; DAYIOGLU, H. Influence of major false-twist texturing parameters on the structural properties of polyamide 6.6 Yarn. **Fibers & Textiles**, Eastern Europe, v. 12, n. 2, p. 46, 2004.

LEVIT. S.; DUBNER. S. **Freakonomics**. 7 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

PIO, J. M. et al. O impacto das inovações tecnológicas na cadeia produtiva têxtil. **Revista ABTT**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p. 20-21, 2003.

RHODIA Poliamida. **Otimização da rugosidade de guias**. Santo André: Rhodia Poliamida, 1988. Material interno.

RHODIA Poliamida. **Estudo de mercado**. Santo André: Rhodia Poliamida, 2012. Material interno.

SANCHES, R.A. Otimização dos parâmetros de regulação das máquinas circulares de malharia, utilizando a metodologia Taguchi. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica Universidade Estadual de Campinas, 2001. p. 17. Dissertação de Mestrado.

UNITED STATES CENSUS BUREAU. **Population Estimates**. Disponível em: www.census.gov. Acesso em: 10 out. 2014.

TAYLOR-HOBSON. **Ultra-Precision Technology Company**. Leicester, United Kingdom. Disponível em: <www.taylor-hobson.com>. Acesso em: 22 jan. 2013

TEXCONTROL. **Equipamentos para controle de qualidade**. Disponível em: <www.texcontrol.com.br>. Acesso em: 21 jan. 2013.

TEXT TECHNO. **Textile testing technology**. Mönchengladbach, Germany. Disponível em: <<http://www.texttechno.com>>. Acesso em: 16 jan. 2013.

THWAITES, J.J. The mechanics of friction-twisting reassessed, part II: tension and torque generation in the disc spindle. **Journal of Textile Institute**, v. 76, n. 3, 1985, p.157-170.

_____; HOOPER, C. W. The dynamics of the false twist process part IV: draw texturing experiments. **Journal of the Textile Institute**, v. 72, n. 6, 1981, p. 249-259.

TOLEDO DO BRASIL. **Alta tecnologia em pesagem**. Disponível em: <www.toledobrasil.com.br>. Acesso em: 16 jan. 2013.

GLOSSÁRIO

Agregado de Texturização: Conjunto mecânico fundamental ao processo de texturização, sendo formado principalmente por um corpo de ferro fundido, eixos, rolamentos e discos cerâmicos.

Bobinadeira: Máquina responsável pelo enrolamento do fio em bobinas, durante o processo de fiação.

Calcinação: Processo de oxidação das substâncias presentes em uma dada amostra à forma de óxidos usando calor.

Embarragem: Ângulos no caminho do fio pela máquina têxtil, propositais ou não.

Fieira: Disco de aço composto por microfuros denominados “capilares”, responsável por determinar o diâmetro do filamento no momento do processo de extrusão

Filamento: Unidade de fio têxtil abaixo de 3,3 dtex.

Fio liso: Fio de filamentos sintéticos, não beneficiado.

Granulometria: Faixa de tamanho de grãos.

Guia Fio: Peça metálica ou cerâmica que tem o objetivo de direcionar o fio durante o processamento têxtil.

Tamisagem: O mesmo que peneirar.

Tenacidade: Relação entre a força de ruptura de um fio têxtil e seu título.

Texturização: Processo industrial que proporciona frisagem a filamentos sintéticos.

Título: Relação entre a massa e o comprimento do fio.

Volume do fio: Quantidade de frisagem obtida pelo fio no processo de texturização.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Relatório de análise de título– Bobina 1

Título (dtex)

LAFITEX- LABORATÓRIO FÍSICO TÊXTIL

SOLICITAÇÃO	AT/003-12
SOLICITANTE	FABIANO CASACA
CLIENTE	
AMOSTRA	BOBINA Nº 1

RESULTADOS DE ANÁLISE

IDENTIFICAÇÃO	BOBINA 1
Título (dtex)	78
	77
	78
	78
	79
	77
	78
	77
	79
	78
MÉDIA	78
S	0,7
CV %	0,9
Número de Filamentos	23
Matéria Prima	PA 6.6
Maticidade	
Corte transversal	REDONDO DEFORMADO
Contextura f/cm	
Gramatura g/m2	

APÊNDICE B – Relatório de análise de título – Bobina 2

LAFITEX- LABORATÓRIO FÍSICO TÊXTIL

SOLICITAÇÃO	AT/003-12
SOLICITANTE	FABIANO CASACA
CLIENTE	
AMOSTRA	BOBINA Nº 2

RESULTADOS DE ANÁLISE

IDENTIFICAÇÃO	BOBINA 2
Título (dtex)	78
	80
	79
	79
	78
	78
	79
	80
	78
	78
MÉDIA	79
S	0,8
CV %	1,0
Número de Filamentos	23
Matéria Prima	PA 6.6
Maticidade	
Corte transversal	REDONDO DEFORMADO
Contextura f/cm	
Gramatura g/m2	

APÊNDICE C – Relatório de análise de título – Bobina 3

LAFITEX- LABORATÓRIO FÍSICO TÊXTIL

SOLICITAÇÃO	AT/003-12
SOLICITANTE	FABIANO CASACA
CLIENTE	
AMOSTRA	BOBINA Nº 3

RESULTADOS DE ANÁLISE

IDENTIFICAÇÃO	BOBINA 3
Título (dtex)	79
	79
	77
	78
	79
	79
	78
	77
	78
	78
MÉDIA	78
S	0,8
CV %	1,0
Número de Filamentos	23
Matéria Prima	PA 6.6
Maticidade	
Corte transversal	REDONDO DEFORMADO
Contextura f/cm	
Gramatura g/m2	

APÊNDICE D – Relatório de análise de título – Bobina 4

LAFITEX- LABORATÓRIO FÍSICO TÊXTIL

SOLICITAÇÃO	AT/003-12
SOLICITANTE	FABIANO CASACA
CLIENTE	
AMOSTRA	BOBINA Nº 4

RESULTADOS DE ANÁLISE

IDENTIFICAÇÃO	BOBINA 4
Título (dtex)	77
	79
	78
	79
	78
	78
	78
	79
	78
	79
MÉDIA	78
S	0,7
CV %	0,9
Número de Filamentos	23
Matéria Prima	PA 6.6
Maticidade	
Corte transversal	REDONDO DEFORMADO
Contextura f/cm	
Gramatura g/m2	

APÊNDICE E – Relatório de análise do Instron – Bobina 1

Alongamento (%) e Tenacidade (cN/tex)

Laboratório Físico Têxtil

DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE ALONGAMENTO DE RUPTURA

Temperatura	20 °C
Umidade	65 %
Velocidade	150,00 mm/min
Dist. entre garras	200,000 mm
Nome do operador	CARLOS

AT/003-12 BOBINA 01

	Título (dtex)	FORÇA DE RUPTURA (cN)	ALONGAMENT O DE RUPTURA (%)	MODULO (gf/tex)	TENACIDAD E (cN/tex)	Tempo (20 +/- 3s) (sec)
1	78,00	339,40	26,88	186,78	43,51	21,50
2	78,00	337,14	27,00	184,29	43,22	21,60
3	78,00	328,58	28,12	179,52	42,13	22,50
4	78,00	348,48	29,38	179,10	44,68	23,50
5	78,00	338,88	27,75	180,72	43,45	22,20
6	78,00	322,25	28,25	183,07	41,31	22,60
7	78,00	342,17	30,25	181,11	43,87	24,20
8	78,00	326,09	26,13	182,45	41,81	20,90
9	78,00	309,53	24,12	183,90	39,68	19,30
10	78,00	348,71	29,75	180,34	44,71	23,80
Média *	78,00	334,12	27,76	182,13	42,84	22,21
Desvio Padrão	0,00	12,40	1,84	2,42	1,59	1,47
C.V %	0,00	3,71	6,62	1,33	3,71	6,62
Máximo	78,00	348,71	30,25	186,78	44,71	24,20
Mínimo	78,00	309,53	24,12	179,10	39,68	19,30
Média + 1 DP	78,00	346,52	29,60	184,55	44,43	23,68
Média - 1 DP	78,00	321,72	25,92	179,71	41,25	20,74

APÊNDICE F – Relatório de análise do Instron – Bobina 2

Laboratório Físico Têxtil

DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE ALONGAMENTO DE RUPTURA

Temperatura	20 °C
Umidade	65 %
Velocidade	150,00 mm/min
Dist. entre garras	200,000 mm
Nome do operador	CARLOS

AT/003-12 BOBINA 02

	Título (dtex)	FORÇA DE RUPTURA (cN)	ALONGAMENTO DE RUPTURA (%)	MÓDULO (gf/tex)	TENACIDADE (cN/tex)	Tempo (20 +/- 3s) (sec)
1	79,00	320,22	25,50	180,65	40,53	20,40
2	79,00	354,58	29,87	179,80	44,88	23,90
3	79,00	350,55	30,88	176,98	44,37	24,70
4	79,00	358,58	31,00	181,22	45,39	24,80
5	79,00	343,67	30,62	179,33	43,50	24,50
6	79,00	333,83	26,88	182,46	42,26	21,50
7	79,00	364,07	31,75	193,99	46,08	25,40
8	79,00	347,27	30,62	175,77	43,96	24,50
9	79,00	343,94	30,12	180,25	43,54	24,10
10	79,00	316,94	28,88	182,69	40,12	23,10
Média *	79,00	343,37	29,61	181,31	43,46	23,69
Desvio Padrão	0,00	15,56	1,98	4,96	1,97	1,59
C.V %	0,00	4,53	6,70	2,73	4,53	6,70
Máximo	79,00	364,07	31,75	193,99	46,08	25,40
Mínimo	79,00	316,94	25,50	175,77	40,12	20,40
Média + 1 DP	79,00	358,92	31,60	186,27	45,43	25,28
Média - 1 DP	79,00	327,81	27,63	176,36	41,49	22,10

APÊNDICE G – Relatório de análise do Instron – Bobina 3

Laboratório Físico Têxtil

DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE ALONGAMENTO DE RUPTURA

Temperatura	20 °C
Umidade	65 %
Velocidade	150,00 mm/min
Dist. entre garras	200,000 mm
Nome do operador	CARLOS

AT/003-12 BOBINA 03

	Título (dtex)	FORÇA DE RUPTURA (cN)	ALONGAMENTO DE RUPTURA (%)	MÓDULO (gf/tex)	TENACIDADE E (cN/tex)	Tempo (20 +/- 3s) (sec)
1	78,00	354,02	30,25	181,88	45,39	24,20
2	78,00	334,00	26,75	196,47	42,82	21,40
3	78,00	328,31	26,87	183,23	42,09	21,50
4	78,00	325,98	26,00	181,35	41,79	20,80
5	78,00	333,56	27,37	195,49	42,76	21,90
6	78,00	337,80	29,25	182,56	43,31	23,40
7	78,00	348,45	29,50	178,46	44,67	23,60
8	78,00	355,10	30,50	181,99	45,53	24,40
9	78,00	349,67	29,50	180,38	44,83	23,60
10	78,00	333,05	27,13	194,72	42,70	21,70
Média *	78,00	339,99	28,31	185,65	43,59	22,65
Desvio Padrão	0,00	10,82	1,65	6,97	1,39	1,32
C.V. %	0,00	3,18	5,81	3,75	3,18	5,81
Máximo	78,00	355,10	30,50	196,47	45,53	24,40
Mínimo	78,00	325,98	26,00	178,46	41,79	20,80
Média + 1 DP	78,00	350,81	29,96	192,62	44,98	23,97
Média - 1 DP	78,00	329,18	26,67	178,68	42,20	21,33

APÊNDICE H – Relatório de análise do Instron – Bobina 4

Laboratório Físico Têxtil

DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE ALONGAMENTO DE RUPTURA

Temperatura	20 °C
Umidade	65 %
Velocidade	150,00 mm/min
Dist. entre garras	200,000 mm
Nome do operador	CARLOS

AT/003-12 BOBINA 04

	Título (dtex)	FORÇA DE RUPTURA (cN)	ALONGAMENT O DE RUPTURA (%)	MODULO (gf/tex)	TENACIDAD E (cN/tex)	Tempo (20 +/- 3s) (sec)
1	78,00	354,62	31,12	178,23	45,46	24,90
2	78,00	337,45	27,63	181,38	43,26	22,10
3	78,00	333,25	28,62	196,66	42,72	22,90
4	78,00	330,67	26,25	182,75	42,39	21,00
5	78,00	350,12	29,37	181,01	44,89	23,50
6	78,00	335,10	26,88	200,82	42,96	21,50
7	78,00	334,97	27,13	182,00	42,94	21,70
8	78,00	344,79	28,50	182,12	44,20	22,80
9	78,00	353,89	29,75	201,47	45,37	23,80
10	78,00	320,08	27,50	196,76	41,04	22,00
Média *	78,00	339,49	28,27	188,32	43,52	22,62
Desvio Padrão	0,00	11,13	1,49	9,33	1,43	1,20
C.V %	0,00	3,28	5,28	4,95	3,28	5,28
Máximo	78,00	354,62	31,12	201,47	45,46	24,90
Mínimo	78,00	320,08	26,25	178,23	41,04	21,00
Média + 1 DP	78,00	350,62	29,77	197,65	44,95	23,82
Média - 1 DP	78,00	328,37	26,78	178,99	42,10	21,42

APÊNDICE I – Relatório de análise e EKB% – Bobina 1

EKB (%)

LAFITEX- LABORATÓRIO FÍSICO TÊXTIL

SOLICITAÇÃO : AT/003-12

CLIENTE: RHODIA

MATERIA PRIMA: PA

FIO:

REFERENCIA: BOBINAS DE 01

AMOSTRAS	E	K	B
	(%)	(%)	(%)
1	41,6	18,8	64,5
2	41,8	19,1	64,0
3	40,7	18,9	55,0
4	42,4	21,4	60,2
5	42,0	19,1	59,5
6	42,1	20,0	59,5
7	43,6	21,3	65,0
8	41,7	19,3	61,2
9	41,9	19,5	67,9
10	41,8	20,0	65,7
MÉDIA:	41,9	19,7	62,3
S :	0,7	0,9	3,8
CV % :	1,7	4,7	6,2
IC+ :	42,4	20,4	64,8
IC- :	41,4	19,1	59,6
MINIMO:	40,7	18,8	55,0
MAXIMO:	43,6	21,4	67,9

ANÁLISTA TÉCNICO: ADRIANA

DATA: 17/05/12

APÊNDICE J – Relatório de análise e EKB% – Bobina 2

LAFITEX- LABORATÓRIO FÍSICO TÊXTIL
SOLICITAÇÃO : AT/003-12

CLIENTE: RHODIA

MATERIA PRIMA: PA

FIO:
REFERENCIA: BOBINAS DE 02

AMOSTRAS	E	K	B
	(%)	(%)	(%)
1	43,0	20,6	60,0
2	42,7	20,8	58,7
3	47,7	21,5	65,6
4	41,8	19,4	63,4
5	47,7	21,1	68,9
6	48,4	20,1	57,9
7	47,8	21,0	69,7
8	41,3	19,0	62,7
9	42,0	19,9	60,9
10	47,1	19,8	66,9
MÉDIA:	44,9	20,3	63,5
S :	2,9	0,8	4,2
CV % :	6,5	3,9	6,6
IC+ :	46,9	20,8	66,2
IC- :	42,9	19,8	60,6
MINIMO:	41,6	19,0	57,9
MAXIMO:	48,1	21,5	69,7

ANÁLISTA TÉCNICO: ADRIANA

DATA: 17/05/12

APÊNDICE K – Relatório de análise e EKB% – Bobina 3

LAFITEX- LABORATÓRIO FÍSICO TÊXTIL

SOLICITAÇÃO : AT/003-12

CLIENTE: RHODIA

MATERIA PRIMA: PA

FIO:

REFERENCIA: BOBINAS DE 03

AMOSTRAS	E	K	B
	(%)	(%)	(%)
1	42,2	19,5	56,5
2	42,5	19,2	55,3
3	42,2	18,9	57,7
4	41,8	19,2	54,9
5	42,2	20,2	54,9
6	42,2	19,5	52,8
7	42,4	20,2	62,0
8	42,6	20,0	61,8
9	42,2	19,8	53,0
10	41,8	19,2	63,4
MÉDIA:	42,2	19,6	57,2
S :	0,3	0,5	3,9
CV % :	0,7	2,4	6,7
IC+ :	42,4	19,9	59,8
IC- :	42,0	19,3	54,5
MINIMO:	41,8	18,9	52,8
MAXIMO:	42,6	20,2	63,4

ANÁLISTA TÉCNICO: ADRIANA

DATA: 17/05/12

APÊNDICE L – Relatório de análise e EKB% – Bobina 4

LAFITEX- LABORATÓRIO FÍSICO TÊXTIL

SOLICITAÇÃO : AT/003-12

CLIENTE: RHODIA

MATERIA PRIMA: PA

FIO:

REFERENCIA: BOBINAS DE 04

AMOSTRAS	E	K	B
	(%)	(%)	(%)
1	42,4	20,4	56,9
2	41,8	19,8	56,8
3	42,5	19,3	58,3
4	42,2	19,6	60,5
5	42,1	20,4	69,3
6	42,2	20,4	59,5
7	42,3	21,1	60,4
8	48,0	20,5	63,0
9	42,9	21,4	63,0
10	47,9	21,7	65,4
MÉDIA:	43,4	20,5	61,3
S :	2,4	0,8	3,9
CV % :	5,6	3,7	6,4
IC+ :	45,0	21,0	63,9
IC- :	41,8	19,9	58,6
MINIMO:	41,8	19,3	56,8
MAXIMO:	48,0	21,7	69,3

ANÁLISTA TÉCNICO: ADRIANA

DATA: 17/05/12

APÊNDICE M – Teste de normalidade

APÊNDICE N – Tenacidade

APÊNDICE O – E (%)

APÊNDICE P – K (%)

APÊNDICE Q – B (%)

APÊNDICE U – Resident Population plus Armed Forces Overseas--Estimates by Age, Sex, and Race: July 1, 1941.

Resident Population plus Armed Forces Overseas--Estimates by Age, Sex, and Race: July 1, 1941 (Excludes Alaska and Hawaii)									
Age	All races			White			Nonwhite		
	Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female
All ages	133,402,471	66,920,133	66,482,338	119,731,465	60,196,094	59,535,371	13,671,006	6,724,039	6,946,967
0	2,166,858	1,109,311	1,057,547	1,908,058	979,214	928,844	258,800	130,097	128,703
1	2,082,260	1,057,000	1,025,260	1,834,332	934,598	899,734	247,928	122,002	125,526
2	2,232,740	1,133,000	1,099,740	1,949,668	992,402	957,266	283,072	140,598	142,474
3	2,231,007	1,130,896	1,100,111	1,942,686	987,716	954,970	288,321	143,180	145,141
4	2,136,767	1,078,742	1,058,025	1,859,997	941,994	917,803	277,170	136,748	140,422
5	2,172,236	1,106,155	1,066,081	1,883,579	960,726	922,853	288,657	145,429	143,228
6	2,077,259	1,052,108	1,025,151	1,807,397	917,661	889,736	269,862	134,447	135,415
7	2,069,053	1,047,870	1,021,183	1,803,430	915,732	887,698	265,623	132,138	133,485
8	2,086,545	1,058,516	1,028,029	1,822,683	927,210	895,483	263,852	131,306	132,546
9	2,117,947	1,075,143	1,042,804	1,853,681	943,477	910,184	264,286	131,666	132,620
10	2,201,186	1,118,407	1,082,779	1,927,714	981,894	945,820	273,472	136,513	136,959
11	2,261,364	1,148,732	1,112,632	1,984,203	1,010,457	973,746	277,161	138,275	138,886
12	2,318,355	1,177,744	1,140,611	2,037,546	1,037,577	999,969	280,809	140,167	140,642
13	2,370,687	1,201,298	1,169,389	2,086,408	1,059,462	1,026,946	284,279	141,836	142,443
14	2,414,581	1,220,550	1,194,031	2,128,845	1,078,465	1,050,380	285,736	142,085	143,651
15	2,426,872	1,223,607	1,203,265	2,146,177	1,084,978	1,061,199	280,695	138,629	140,266
16	2,439,439	1,226,887	1,212,552	2,162,831	1,091,201	1,071,630	276,608	135,686	140,922
17	2,461,490	1,235,202	1,226,288	2,187,347	1,101,609	1,085,738	274,143	133,593	140,550
18	2,475,853	1,241,648	1,234,205	2,204,748	1,110,352	1,094,396	271,105	131,296	139,809
19	2,463,655	1,233,231	1,230,424	2,197,672	1,105,540	1,092,132	265,983	127,691	138,292
20	2,429,716	1,215,058	1,214,658	2,170,022	1,091,598	1,078,424	259,694	123,660	136,234
21	2,398,194	1,195,779	1,202,415	2,142,236	1,075,202	1,067,034	255,958	120,577	135,381
22	2,359,656	1,171,946	1,187,710	2,108,013	1,055,386	1,053,627	250,643	116,560	134,083
23	2,384,692	1,147,977	1,173,707	2,126,414	1,084,433	1,040,776	246,706	113,544	132,165
24	2,298,098	1,133,510	1,164,578	2,053,027	1,020,916	1,032,111	245,061	112,594	132,467
25	2,295,320	1,129,376	1,165,944	2,048,365	1,014,845	1,033,520	246,955	114,531	132,424
26	2,279,029	1,120,241	1,158,788	2,034,570	1,006,202	1,028,368	244,459	114,039	130,420
27	2,260,266	1,111,010	1,149,256	2,017,723	997,124	1,020,599	242,543	113,886	128,657
28	2,237,260	1,100,033	1,137,227	1,998,279	987,260	1,011,019	238,981	112,773	126,208
29	2,205,642	1,085,491	1,120,151	1,973,288	975,255	998,033	232,354	110,236	122,118
30	2,156,831	1,062,165	1,094,666	1,935,054	956,918	978,136	221,777	105,247	116,530
31	2,116,650	1,043,961	1,072,689	1,901,921	941,806	960,115	214,729	102,155	112,574
32	2,078,727	1,026,823	1,051,904	1,871,153	927,508	943,645	207,574	99,315	108,259
33	2,044,786	1,011,868	1,032,918	1,842,340	914,624	927,716	202,446	97,244	105,202
34	2,016,200	998,619	1,017,581	1,814,426	901,762	912,664	201,774	96,857	104,917
35	2,002,209	991,572	1,010,637	1,793,664	891,927	901,737	208,545	99,645	109,907
36	1,977,193	979,456	997,737	1,766,827	879,135	887,692	210,366	100,321	110,045
37	1,920,120	940,699	979,421	1,726,414	848,434	878,000	216,706	103,785	112,921
38	1,920,916	935,559	985,357	1,710,103	853,171	856,932	210,813	100,388	110,425
39	1,888,269	938,941	949,328	1,682,815	840,548	842,867	205,454	98,393	107,061
40	1,853,375	925,480	927,895	1,662,179	832,287	829,621	201,196	93,193	98,003
41	1,821,509	912,038	909,471	1,639,814	822,461	817,353	181,695	89,577	92,118
42	1,787,306	896,520	890,786	1,614,139	810,244	803,895	173,167	86,276	86,891
43	1,756,818	883,032	873,786	1,591,387	799,829	791,558	165,431	83,203	82,828
44	1,734,357	873,786	860,571	1,574,794	793,600	781,734	159,563	80,726	78,733
45	1,717,046	867,292	849,754	1,559,227	787,747	771,480	157,819	79,545	78,274
46	1,697,571	860,006	837,565	1,543,532	782,316	761,216	154,039	77,690	76,349
47	1,678,541	852,702	825,839	1,529,150	777,191	751,959	149,391	75,511	73,880
48	1,654,870	843,053	811,817	1,510,522	769,857	740,665	144,348	73,196	71,152
49	1,623,007	829,445	793,562	1,484,325	758,750	725,575	138,682	70,695	67,987
50	1,556,909	804,003	764,906	1,437,206	736,266	700,940	131,703	67,737	63,966
51	1,523,448	780,551	742,898	1,389,146	708,672	680,474	125,303	64,878	60,924
52	1,490,907	762,894	718,013	1,361,805	700,817	660,989	119,102	62,077	57,025
53	1,434,188	704,419	693,769	1,321,204	681,184	640,020	112,984	59,235	53,749
54	1,380,888	713,332	667,556	1,273,789	656,951	616,838	107,099	56,381	50,718
55	1,322,947	681,518	641,429	1,220,749	627,812	593,397	102,198	53,706	48,492
56	1,264,708	650,435	614,273	1,167,673	599,421	568,252	97,035	51,014	46,021
57	1,204,243	618,367	585,876	1,112,662	570,174	542,488	91,581	48,193	43,388
58	1,147,325	587,906	559,419	1,060,952	542,411	518,541	86,373	45,495	40,878
59	1,097,534	560,973	536,561	1,015,819	517,879	497,940	81,715	43,094	38,621
60	1,067,457	544,631	522,826	989,121	503,258	485,863	78,336	41,373	36,963
61	1,028,621	523,107	505,514	953,500	483,506	469,994	75,121	39,601	35,520
62	984,993	498,828	486,165	913,788	461,308	452,480	71,205	37,520	33,685
63	941,576	474,768	466,808	874,522	439,442	435,080	67,054	35,326	31,728
64	899,735	451,723	448,012	836,532	418,463	418,069	63,203	33,260	29,943
65	858,629	429,616	429,013	799,268	398,969	400,759	59,361	31,107	28,254
66	819,065	408,384	410,881	762,720	378,942	383,778	56,345	29,442	26,903
67	780,071	387,461	392,610	726,798	359,677	367,121	53,273	27,784	25,489
68	738,749	365,745	373,004	688,607	338,622	348,985	50,142	26,123	24,019
69	692,428	342,111	350,317	645,490	317,686	327,804	46,938	24,425	22,513
70	631,858	312,153	319,705	589,305	290,021	299,284	42,553	22,132	20,421
71	577,512	284,874	292,638	539,128	264,982	274,146	38,384	19,892	18,492
72	528,432	260,400	268,032	493,639	242,396	251,243	34,793	18,004	16,789
73	481,695	236,977	244,718	450,318	220,775	229,543	31,377	16,202	15,175
74	437,344	214,337	223,007	409,333	199,944	209,389	28,011	14,393	13,618
75	395,207	191,579	203,628	371,019	179,249	191,770	24,188	12,330	11,858
76	348,803	167,880	180,923	328,280	157,564	170,716	20,523	10,316	10,207
77	307,797	147,078	160,629	290,180	138,400	151,780	17,527	8,678	8,849
78	270,692	128,367	142,325	255,734	121,079	134,655	14,958	7,288	7,760
79	235,879	120,801	125,078	223,659	108,775	114,884	12,620	6,036	6,594
80	208,346	97,436	110,910	196,852	91,984	104,868	11,494	5,452	6,022
81	181,087	83,888	97,199	171,216	79,284	91,932	9,871	4,604	5,267
82	156,374	71,723	84,651	147,894	67,815	80,069	8,490	3,908	4,582
83	135,132	61,486	73,646	127,534	57,987	69,547	7,598	3,499	4,099
84	117,686	53,347	64,339	110,477	49,962	60,515	7,209	3,385	3,824
85+	384,985	165,250	219,735	350,846	151,036	199,810	34,139	14,214	19,925
Notes about the National Population Estimates by Age, Sex, and Race: 1900 to 1979									
The worksheets for 1900-1929 represent the resident population of the United States, by single year of age (0 to 75+), race (White, Nonwhite), and sex. Data for these years exclude the Armed Forces overseas and the population residing in Alaska and Hawaii. Unrounded data for these years is not available.									
The worksheets for 1930-1939 represent the resident population of the United States, by single year of age (0 to 75+), race (White, Nonwhite), and sex. Data for these years exclude the Armed Forces overseas and the population residing in Alaska and Hawaii.									
The worksheets for 1940-1949 represent the resident population plus Armed Forces overseas of the United States, by single year of age (0 to 85+), race (White, Nonwhite), and sex. Data for these years exclude the population residing in Alaska and Hawaii.									
The worksheets for 1950-1959 represent the resident population plus Armed Forces overseas of the United States, by single year of age (0 to 85+), race (White, Nonwhite), and sex. Data for these years include the population residing in Alaska and Hawaii.									
The worksheets for 1960-1979 represent the resident population plus Armed Forces overseas of the United States, by single year of age (0 to 85+), race (White, Black, and Other races), and sex.									
Source: U.S. Census Bureau, Population Division									