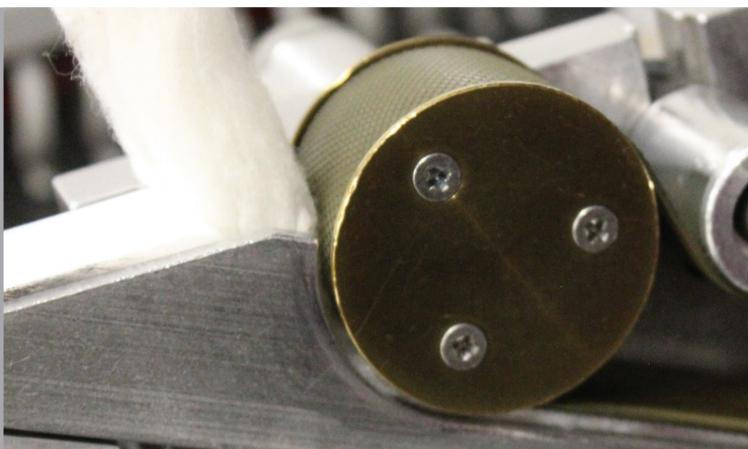




Instrumentos para medição de neps e distribuição de comprimento de fibras de algodão: princípios e aplicações agrônômicas



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Algodão
Ministério da Agricultura e Pecuária
Instituto SENAI de Tecnologia Têxtil e Confecção
Associação Brasileira dos Produtores de Algodão

DOCUMENTOS 290

Instrumentos para medição de neps e distribuição de comprimento de fibras de algodão: princípios e aplicações agronômicas

João Paulo Saraiva Morais
Camilo de Lelis Morello
Edson Tetsuji Mizoguchi
Sérgio da Costa Vieira

Embrapa Algodão
Campina Grande, PB
2023

Embrapa Algodão
Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário
58428-095, Campina Grande, PB
Fone: (83) 3182 4300
www.embrapa.br/algodao
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Daniel da Silva Ferreira

Secretária-Executiva
Magna Maria Macedo Nunes Costa

Membros
Francisco José Correia Farias, Geraldo Fernandes de Sousa Filho, Luiz Paulo de Carvalho, Nair Helena Castro Arriel, Rita de Cássia Cunha Saboya

Supervisão editorial
Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Revisão de texto
Marcela Bravo Esteves

Normalização bibliográfica
Enyomara Lourenço Silva

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Fotos da capa
João Paulo Saraiva Morais

1ª edição

Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Algodão

Instrumentos para medição de neps e distribuição de comprimento de fibras de algodão: princípios e aplicações agrônômicas / João Paulo Saraiva Morais ... [et al.]. - Campina Grande: Embrapa Algodão, 2023.
PDF (36 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Algodão, e-ISSN 2966-0343 ; 290).

1. Algodão. 2. Fibra. 3. Tecnologia. I. Morais, João Paulo Saraiva. II. Morello, Camilo de Lelis. III. Mizoguchi, Edson Tetsuji. IV. Vieira, Sérgio da Costa. V. Embrapa Algodão. VI. Série.

CDD 633.51

Autores

João Paulo Saraiva Moraes

Farmacêutico, Ph.D. em Ciências dos Solos e Plantas, pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB

Camilo de Lelis Morello

Engenheiro-agrônomo, doutor em melhoramento genético de plantas, pesquisador da Embrapa Algodão, Núcleo do Cerrado, Goiânia, GO

Edson Tetsuji Mizoguchi

Físico, especialista em gestão de negócios e logística empresarial, gestor do programa de qualidade de fibra, Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, Brasília, DF

Sérgio da Costa Vieira

Técnico Têxtil e Administrador, responsável técnico pelo laboratório de algodão e fios do Instituto Senai de Tecnologia Têxtil, Vestuário e Design, Blumenau, SC

Apresentação

A mensuração das características de qualidade de fibra é importante na indústria têxtil para ter-se previsibilidade no processo de fiação. Por esta razão, fardos podem ser classificados utilizando-se aparelhos SITC (Standardized Instrument Testing of Cotton), e instrumentos como o AFIS® (Advanced Fiber Information System) e o aQura®. Esses últimos podem ser usados para a medição de propriedades das fibras de algodão na fita da fiação, sendo ferramentas importantes para um adequado controle de qualidade da matéria-prima que entra nas linhas de produção.

Apesar de não serem comumente utilizados na classificação dos fardos de algodão, o AFIS® e o aQura® podem dar informações de interesse para elos da cadeia produtiva. Pesquisadores podem usar os dados para definir melhores práticas de produção (variedades, adubações, sistemas de cultivo), que resultarão em benefícios quando o algodão for comercializado. Gerentes de algodoeira podem usar valores referentes a fibras curtas e neps para ajustes dos maquinários. Classificadores de qualidade de pluma de algodão podem identificar a maturidade e finura das fibras separadamente. Com base na previsibilidade do aumento do número de neps devido no processo de abertura e limpeza e depois a necessária eliminação na cardagem, seria interessante para as fiações terem ciência do número de neps na compra do algodão.

Desta forma, este documento visa explicar os princípios de funcionamento dos instrumentos AFIS® e aQura® e mostrar benefícios que podem ser obtidos com o uso dos mesmos nas diversas atividades. Esses ganhos podem levar

a um diferencial de qualidade no algodão brasileiro, melhorando a reputação e o preço dessa importante matéria-prima. Assim, esperamos que este documento seja útil e inspirador para os leitores e que eles possam utilizar esses instrumentos como ferramentas para encontrar soluções.

Nair Helena Castro Arriel
Chefe-Geral da Embrapa Algodão

Sumário

Instrumentos para medição de neps e distribuição de comprimento de fibras de algodão: princípios e aplicações agronômicas.....	9
Histórico.....	9
Instrumentos.....	11
aQura 2	12
AFIS	15
Interpretação de resultados.....	21
Exemplos de uso do AFIS em pesquisa.....	27
Informações sobre o descaroçamento e limpeza da pluma.....	27
Auxílio no melhoramento genético das características da fibra	29
Medição individual da maturidade e finura	30
Conclusões.....	30
Referências	31
Apêndice.....	36

Instrumentos para medição de neps e distribuição de comprimento de fibras de algodão: princípios e aplicações agronômicas¹

Histórico

A análise das características das amostras da fibra de algodão se constitui em um desafio devido à variabilidade natural dessa matéria-prima. Fatores genéticos, ambientais e de processamento contribuem para a geração de variabilidade quanto a diversas características avaliadas (Ayele et al., 2018; Kothari et al., 2015; Schaefer et al., 2018).

A análise do algodão evoluiu de um sistema de análise visual e manual, com o uso de instrumentos individuais, que mediam uma característica por vez e, a partir desses, progrediu para o uso de instrumentos integrados, que testam várias características em uma rodada de análises (Gourlot et al., 2020; Morais et al., 2021).

Uma análise visual envolve a classificação pelo aspecto visual propriamente, em relação a cor, sujeira e teor de neps. A análise manual mede o comprimento das fibras mais longas de um feixe preparado manualmente, medido em múltiplos de 1/16 de polegada (Brown, 1927; Conant Junior, 1915). Os instrumentos individuais incluem o analisador Stelometer (Hertel, 1953) ou o arranjo de Suter-Webb (Carpenter; Burley Junior, 1958), enquanto os instrumentos integrados incluem os SITCs (Standardized Instrument Testing of Cotton), a exemplo do HVI® da USTER®, que medem características como resistência, comprimento, cor, e outras características (Morais et al., 2021). Como outros instrumentos, incluem-se medidores de *trash* (Analisador Shirley, MDTA), analisadores de pegajosidade (H2SD, SCT) e analisadores de neps e distribuição de comprimento das fibras (AFIS, aQura).

¹ A Embrapa não endossa nenhum instrumento, companhia ou serviço em detrimento de outro presente no mercado. Esta publicação é apenas para fins didáticos e os instrumentos citados são usados apenas como exemplos.

Em uma amostra de fibras, é de particular importância o conhecimento da distribuição de comprimento de fibras, a contagem e distribuição de tamanho dos neps, a distribuição de finura e maturidade das fibras e o teor de *trash* ou sujeira. Essas informações auxiliam descaroçadores a ajustarem suas máquinas para beneficiamento do algodão em caroço e também comerciantes e fiadores podem usá-las de modo a encontrar o melhor destino para os fardos comercializados. Além disso, pesquisadores podem entender melhor os efeitos genéticos e ambientais sobre a qualidade de fibras de algodão.

A distribuição de comprimento é afetada pelas fibras curtas, as quais podem prejudicar a performance na fiação e características de qualidade do fio (Bryant; Wakeham, 1955; Kelly et al., 2013). Essas fibras curtas acabam por prejudicar a interação entre fibras, reduzindo, por exemplo, a resistência do fio (Tallant et al., 1960).

Os neps podem ser provenientes de fragmentos da casca da semente ou de fibras (Figura 1). Quanto aos neps de fibras, eles podem ser gerados mecanicamente, como um emaranhado irreversível de fibras, ou ser uma consequência da colheita de fibras imaturas que não se individualizaram (Shofner, 1985; van der Sluijs; Hunter, 2016). A presença de neps no fio ou tecido degrada a qualidade final do produto e nem sempre eles podem ser removidos. Extrair neps na carda ou penteadeira também remove muitas fibras de bom comprimento e maturidade no processo (Pearson, 1933; van der Sluijs; Hunter, 2016).

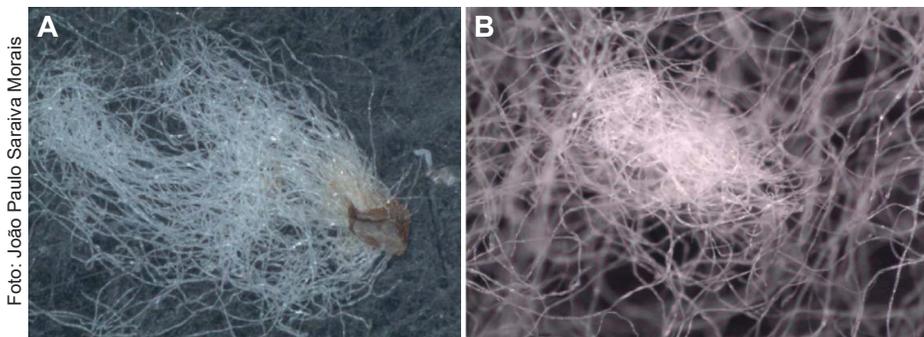


Foto: João Paulo Saratava Moraes

Figura 1. Exemplos de dois tipos de neps: provenientes de fragmentos da casca da semente ou *seed coat neps* (A) e provenientes do emaranhamento de fibras, geralmente imatura (B).

Fonte: Van der Sluijs e Hunter (2016).

A finura e a maturidade estão relacionadas ao índice micronaire, comumente mensurado em SITCs. Entretanto, não é possível distinguir o efeito individual da finura e da maturidade pelo índice micronaire, sem conhecer pelo menos uma das duas características (Hequet et al., 2006). Se as fibras são finas e imaturas, elas tendem a quebrar durante o processamento (Simpson; Murray, 1978). Se as fibras são grossas e maduras, não quebrarão, mas não será possível ter um maior número de fibras na seção transversal do fio, tornando a matéria-prima inadequada para fios finos (Lawrence, 2010; Steadman et al., 1989).

O micronaire de valor médio pode ser causado tanto por fibras finas e maduras, o que é desejável para fiação, quanto por fibras grossas e imaturas, o que não é desejável pela tendência de quebra (Hequet et al., 2006).

Trash ou sujeira, ou conteúdo não fibroso, é definido como todo o material presente em uma amostra de algodão que não sejam fibras de algodão, como, por exemplo, poeira, areia, sementes não desenvolvidas ou abortadas, fragmentos de resíduos vegetais como sementes, folhas, caules, dentre outros (American Society for Testing and Materials, 2012; 2013; Boykin et al., 2008; 2009; Morey et al., 1976). O *trash* é uma razão de deságio para os fardos de algodão porque, além de não ser possível transformá-lo em fio, ele arrasta parte das fibras que poderiam ser transformadas em fios quando é removido (Boykin et al., 2009, 2010).

Com o objetivo de divulgar outros equipamentos que podem ser benéficos na análise criteriosa das fibras para a cadeia do algodão brasileiro e fomentar discussões entre os elos da cadeia, este documento busca explicar o funcionamento do AFIS e aQura, e apresentar como as informações geradas por esses instrumentos podem ser relevantes para pesquisadores, professores, estudantes, produtores, classificadores e industriais, dentre outros.

Instrumentos

O instrumento AFIS (Advanced Fiber Information System) é comercializado pela empresa USTER® (<https://www.uster.com/products/fiber-testing/uster-afis-pro/>) e o instrumento aQura é comercializado pela empresa Premier Evolvics (<https://www.premierevolvics.com/overview.php?config=4&cid=2&sub=8>) (Figura 2).

Foto: João Paulo Saraiva Moraes



Figura 2. O instrumento aQura2, fabricado pela empresa Premier Evolvics.

Fonte: Premier Evolvics, (2022).

Como uma boa prática de laboratório, ao se realizar pesquisa com amostras de algodão, independentemente do instrumento usado, é importante aclimatar as fibras. Recomenda-se que as fibras sejam mantidas por um tempo mínimo de 24 horas de aclimação a 21 ± 1 °C e $65 \pm 2\%$ de umidade relativa do ar (American Society for Testing and Materials, 2016).

aQura 2

O aQura 2 (<https://www.premierevolvics.com/pdf/aQura2.pdf>) (Figura 1) emprega amostras de fibras entre 5,0 g e 10,0 g e possui um sistema de detecção de neps, um medidor de comprimento e um medidor opcional de *trash* gravimétrico (Figuras 2 e 3).

No aQura2, há um módulo de preparo da amostra composto de um individualizador com elementos de carda (Shofner; Shofner, 1999). O sistema de individualização é fechado, permitindo a entrada de ar apenas por pontos

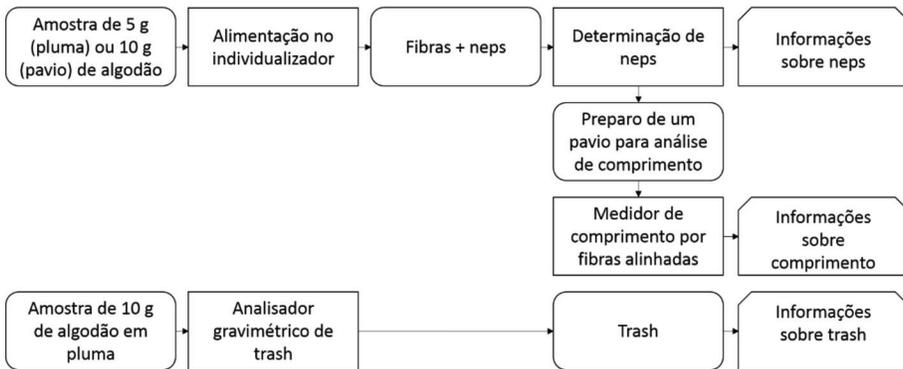


Figura 3. Fluxograma do funcionamento do aQura2 e os tipos de informações gerados.

específicos, como entre o alimentador e o primeiro cilindro individualizador, e entre o primeiro e segundo cilindros individualizadores. O primeiro individualizador, ou batedor, tem em torno de 800 dentes por polegada quadrada (124 dentes/cm^2) e gira contra uma superfície semelhante a uma carda, na parede do instrumento, que ajuda a individualizar os componentes.

O segundo batedor gira no mesmo sentido do primeiro e também penteia as fibras contra uma superfície semelhante a uma carda. O fluxo de ar presente no equipamento garante a adesão das fibras aos cilindros, permitindo o envio de vários componentes individualizados para o sensor. A amostra é alimentada para o individualizador, sem necessidade do preparo manual de um pavio para as amostras de pluma. O módulo envia as fibras individualizadas para o medidor de neps, no qual a primeira medição é feita e também no qual um pavio para ser usado na medição de comprimento se formará.

Os componentes individualizados da amostra, incluindo os neps da amostra, são enviados para uma câmara. Essa câmara tem um gargalo lateralmente alongado, no qual os componentes são desacelerados. Várias fibras passam por segundo pelo sensor óptico associado a um feixe de laser. Eventualmente, neps também passam, resultando em um sinal diferenciado no sensor. Um tratamento pré-amostra e pós-amostra é usado para suprimir o efeito de fundo causado pelas fibras e de forma a reconhecer o sinal do nep (Shofner; Hinkle, 1999).

A metodologia desse instrumento possui as vantagens de dispensar a necessidade do preparo manual de um pavio para a amostra em pluma e permitir

a testagem rápida de uma grande quantidade de componentes, a partir de amostras de 5,0 g de pluma de algodão ou 10,0 g de pavio de fição, em 3 minutos (Premier Evolvics, 2022). Adicionalmente, o instrumento gera um índice de neps 140% e 200% por quilômetro de fio (International..., 2008).

O pavio formado ao final da medição de neps é inserido no módulo de medição de comprimento. O comprimento é medido usando um sistema automatizado com funcionamento similar a um arranjo de seleção de Baer (Garde; Ganesh, 1972; Pillay; Shankaranarayana, 1961). Então, um sistema de garra puxa um tufo de fibras sobre uma cama de várias linhas de pinos. Esses pinos tornam as fibras paralelas, individualizam e alinham as fibras pelo final das suas pontas. Uma vez que elas estejam devidamente alinhadas no feixe, a garra as leva para um leitor similar ao fibrógrafo, no qual um histograma de distribuição de voltagem associada ao comprimento por número de fibras é gerado (Ramachandran et al., 2008).

O sistema de medição com a cama de pinos e o fibrógrafo permite que a distribuição de comprimento de fibras seja obtida em até dois minutos. Como o pavio usado é gerado após a medição de neps, não é necessário que o operador prepare o pavio manualmente (International..., 2008).

Existe um módulo adicional para o aQura 2 que se comporta como um analisador Shirley, permitindo a testagem gravimétrica de *trash* ao mesmo tempo que são feitas as medições para neps e comprimento (International..., 2008; Pfeifferberger, 1944). Esse módulo é alimentado com cerca de 10 gramas de pluma, separando fibra e *trash*. A pesagem desse material é automática e o resultado é expresso como percentagem de *trash* na amostra inicial.

Com suas funcionalidades, o aQura2 pode ser usado por pesquisadores, descaroçadores, fiadores, e também por outros membros da cadeia produtiva do algodão para medir a quantidade de fibras curtas e neps observadas em amostras. Adicionalmente, caso esteja disponível um módulo gravimétrico de sujeira, pode também medir a quantidade de sujeira presente nas amostras.

Infelizmente, no Brasil, não há informações sobre laboratórios de prestação de serviço em análise de qualidade de fibras que usem o aQura2. Esse instrumento é mais comum em fiações e algodoeirias. Uma maior interação entre algodoeirias, fiações, universidades e laboratórios de classificação pode gerar mais informações e referências em relação aos níveis de leitura das diversas características reportadas por esse instrumento.

AFIS

O sistema AFIS PRO 2 (https://www.uster.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Products/Laboratory_Systems/Fiber_Testing/AFIS_PRO_2_brochure_WEB.pdf) (Figura 4) usa um individualizador aeromecânico para separar todos os componentes da amostra de algodão (Figura 5). No Brasil, esse instrumento é usado por algodoceiras, fiações e laboratórios de classificação de fibra de algodão.



Foto: João Paulo Saratava Moraes

Figura 4. Instrumento AFIS Pro 2, fabricado pela empresa Uster®

Fonte: Uster Technologies (2022).

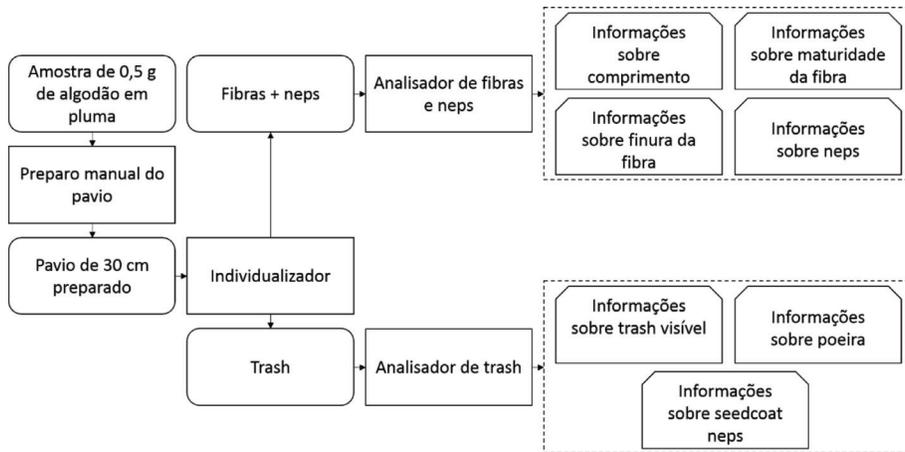


Figura 5. Fluxograma do funcionamento do AFIS PRO 2 e os tipos de informações gerados.

O individualizador consiste de um cilindro perfurado com pinos rodando em alta velocidade (Shofner, 1985). O movimento cria um fluxo de ar que aumenta a adesão das fibras ao cilindro. Dessa forma, é possível separar fibras e neps, que serão direcionados para um fluxo de ar, enquanto o *trash* é direcionado para outro fluxo de ar. O preparo da amostra é comumente feito com uma amostra de $0,50 \text{ g} \pm 0,01 \text{ g}$. Por sua vez, essa amostra é manualmente puxada e enrolada até formar um pávio de aproximadamente 30 cm de comprimento (Figura 6). Os pavios de passadeira com essa dimensão, oriundos de uma fiação, também podem ser usados nesse instrumento, apenas tomando-se a atenção de que tenham 30 cm de comprimento.

Os componentes de fibra e neps são direcionados pelo fluxo de ar para uma região composta por dois bicos cônicos na zona de amostragem (Shofner et al., 1993). Os bicos são alinhados pelas menores bases, tornando o primeiro bico uma zona de aceleração, e o segundo bico uma zona de desaceleração, garantindo o fluxo dos componentes pela corrente de ar. Nessa zona, um componente passa de cada vez e é medido por um sistema de sensores eletro-ópticos. Um feixe de luz colimada passa entre os bicos na zona de medição. Quando um componente passa pelo feixe, ele extingue parte da luz e espalha outra parte. Um sensor colocado a 0° de ângulo da fonte luminosa, ou seja, em frente à fonte luminosa, detecta a redução de um feixe de luz colimada de 880 nm (infravermelho) (Shofner et al., 1993).

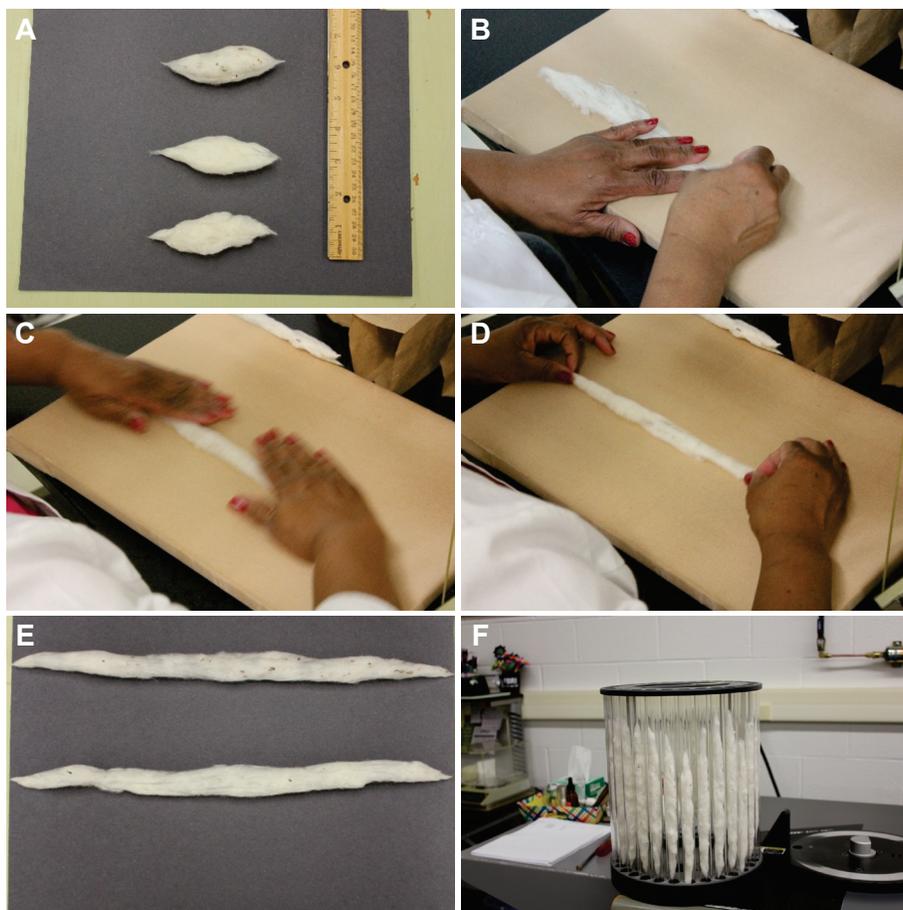


Foto: João Paulo Saraiva Morais

Figura 6. Exemplo do processo de preparo manual da amostra para alimentação no instrumento AFIS Pro 2. Uma amostra de $0,50 \text{ g} \pm 0,01 \text{ g}$ de algodão é preparada a partir de pequenas quantidades removidas da amostra original (A). Essa amostra é puxada (B), enrolada (C) e o processo de puxar/enrolar é cuidadosamente repetido (D), até formar um pavio de aproximadamente 30 cm de comprimento (E). Pavios desse tipo são adicionados em um amostrador automático (F), de onde serão sugados para o instrumento.

Existem dois conjuntos sensores fotodetectores de estado sólido montados em um único chip diretamente em frente à fonte de luz colimada. Cada sensor tem $255 \mu\text{m}$ de raio, com centros separados por $530 \mu\text{m}$ e distância mínima entre ambos de $20 \mu\text{m}$. Esse arranjo de sensores mostra uma variação de voltagem no formato de uma onda e eles são usados para determinar a

velocidade e aceleração da fibra em um tempo conhecido, calculando-se o comprimento da fibra (Shofner et al., 1993). Um número geralmente de 3.000 ou 5.000 fibras são testadas, fornecendo-se informações sobre a distribuição de tamanho das fibras.

O instrumento pode fornecer uma medição de fibras por número ou por massa, também denominado peso (Shofner et al., 1993). A Tabela 1 mostra uma simulação de dez fibras de algodão com seu comprimento e massa calculada, considerando-se uma densidade linear, também denominada finura, de 200 mtex. Considerando-se o comprimento por número, uma média aritmética simples dos comprimentos das dez fibras é obtida somando-se os comprimentos e dividindo-se por dez, resultando em um comprimento médio de 27 mm. No comprimento por peso, cada comprimento é multiplicado pela massa, e a soma é dividida pela soma das massas. O resultado dessa média aritmética ponderada pela massa resulta em um comprimento médio de 25,76 mm.

Considerando-se o conteúdo de fibras curtas como fibras de comprimento abaixo de 12,7 mm, por número, há 50% de fibras curtas, já que cinco em dez são menores que 12,7 mm. O conteúdo em fibras curtas por peso (ou massa)

Tabela 1. Simulação de uma distribuição de fibras por número ou por massa, admitindo-se uma densidade linear de 200 mtex.

Comprimento (mm)	Número da fibra	Massa da Fibra (micrograma)
12	1	2,4
10	2	2,0
12	3	2,4
10	4	2,0
12	5	2,4
30	6	6,0
32	7	6,4
31	8	6,2
30	9	6,0

é calculado somando-se a massa das fibras menores que 12,7 mm (11,2 microgramas) e dividindo pela massa total das dez fibras (42,0 microgramas), resultando em 26,67% de fibras curtas. Como algodão é comercializado por quilograma de fibras, não por número de fibras, geralmente parâmetros de comprimento por peso são mais importantes para a indústria. Na pesquisa, resultados em número são comumente mais usados.

A área sob a curva da onda gerada entre os sensores fornece informação sobre o diâmetro médio da fibra à medida que ela passa no fluxo de ar. Um sensor posicionado a 40° na frente do emissor de luz capta o sinal da luz espalhada pelo componente. Esse sensor tem uma boa relação com a área superficial da fibra. A informação proveniente dos sensores de extinção e espalhamento é usada para calcular finura e maturidade independentemente (Shofner et al., 1993), ao contrário do índice micronaire (Hequet et al., 2006). Dessa forma, é possível determinar se uma fibra é fina porque ela tem um pequeno diâmetro, suficientemente preenchido com celulose, ou se ela tem um grande diâmetro, insuficientemente preenchido.

A finura da fibra é uma medição de densidade linear, ou seja, a massa de uma fibra em miligramas dividida pelo comprimento em quilômetro. Assim, se a finura é de 170 mtex, se a fibra medisse um quilômetro, ela teria a massa de 170 mg (Peirce; Lord, 1939). A maturidade refere-se ao enchimento da fibra de algodão, variando de valores entre 0 e 1. Fibras de maturidade 0 não existem porque elas não têm nenhuma celulose depositada na parede celular. Fibras de maturidade 1 também não existem porque elas seriam completamente preenchidas de celulose, sem o lúmen em que estão o núcleo e as organelas da célula. Normalmente, uma amostra de fibras classificada como madura vai ter a maioria das fibras com um enchimento acima de 57,7% (Hequet et al., 2006).

Neps e *trash* criam ondas com formatos específicos quando passam pelos sensores de extinção e espalhamento (Figura 7). Combinações de oito parâmetros são usadas para determinar o tipo do componente e o tamanho delas. O número de componentes medido é ajustável, mas geralmente o AFIS é usado para medir 3.000 ou 5.000 fibras, geralmente preparando-se entre três e dez repetições de amostras. Embora o instrumento interrompa as medições das características das fibras quando o número ajustado é alcançado, a sujeira e os neps totais da amostra são medidos até o final da amostra (Shofner et al., 1995).

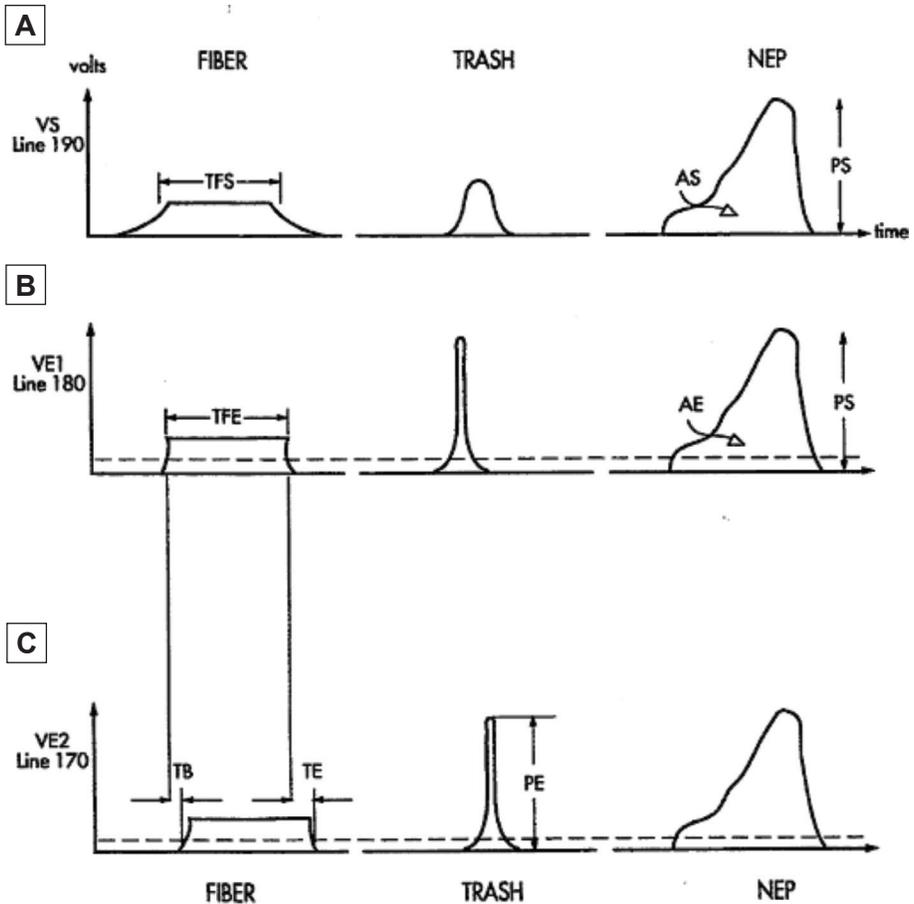


Figura 7. Exemplos de características medidas no sensor eletro-óptico do AFIS. Uma árvore de decisão é usada, baseada em limites estabelecidos, para classificar cada componente como fibra, *trash* ou nep.

Fonte: Shofner et al. (1995).

Neps e sujeira estão relacionados a excesso ou falta de processamento. Conhecendo-se o teor de neps de uma amostra, é possível identificar problemas que devam ser solucionados para minimizar a sua ocorrência, como ajustes que deverão ocorrer ainda na lavoura — cultivar, manejo cultural e colheita —, ou já na algodoeira, durante o descaroçamento.

Tabela 2. Exemplo típico de um relatório de uma amostra de fibras de algodão do instrumento AFIS.

Sample	Nep size (um)	Neps per Gm	L(w) [in]	L(w) CV [%]	UQL (w) [in]	SFC (w) [%]	L(n) [in]	L(n) CV [%]	SFC (n) [%]	L5% (n) [in]	Total Cnt/g	Trash Size [um]	Dust Cnt/g	Trash Cnt/g	VFM [%]	SCN Size (um)	SCN (Cnt/g)	Fine [mTex]	IFC [%]	Mat Ratio
2081-1	628	40	1,140	34,2	1,39	7,1	0,9	50,8	23,6	1,56	84	291	73	12	0,31	1004	3	157	5,9	0,92
2081-2	622	35	1,120	33,2	1,37	7	0,91	48,8	22,7	1,52	65	300	54	10	0,22	1042	1	165	4,7	0,95

Interpretação de resultados

A saída das amostras medidas em instrumentos tipo aQura ou AFIS geralmente é reportada como uma tabela para parâmetros comumente usados pelas fiações. Usando como exemplo uma tabela extraída de uma medição em AFIS (Tabela 2), as informações estão agrupadas em quatro grupos: um relacionado a neps, outro a comprimento das fibras, um terceiro sobre *trash* e finalmente finura/maturidade das fibras.

Na tabela 2, *sample* é a identificação das amostras. *Nep size* (um) é o valor médio do tamanho dos neps em micrometros. Neps per Gm é a contagem de neps por grama.

A característica L(w) [in] é o comprimento médio por peso em polegada. L(w) CV [%] é o coeficiente de variação percentual do comprimento por peso. Já UQL(w) [in] é o comprimento em polegada do quartil superior por peso e SFC(w) [%] é o conteúdo percentual de fibras curtas por peso. L(n) [in], por sua vez é o comprimento médio em polegada por número e L(n) CV [%] é o coeficiente de variação percentual do comprimento por número. SFC(n) [%] é o conteúdo percentual de fibras curtas por número e L5%(n) [in] é o comprimento do percentil 5% mais longo em polegada em número.

Total Cnt/g é a contagem total de partículas de *trash* ou poeira por grama de amostra.

Trash Size [um] é o tamanho médio das partículas de *trash* ou poeira em micrometros. *Dust Cnt/g* é a contagem total de partículas de poeira com diâmetro aerodinâmico entre 50 e 500 micrometros por grama de amostra (Shofner, 1985). *Trash Cnt/g* é a contagem total de partículas de *trash* com diâmetro aerodinâmico maior que 500 micrometros por grama de amostra (Shofner, 1985). *VFM* [%] é o percentual de matéria extrínseca visível na amostra.

A característica *SCN Size* (um) é o tamanho médio dos fragmentos de tegumento de semente ou *seedcoat neps* em micrometros. Por sua vez, *SCN (Cnt/g)* é o número total de partículas de *seed coat neps* por grama de amostra.

A característica *Fine* [mTex] é a finura ou densidade linear média das fibras em militec, uma unidade que representa mg/km. *IFC* [%] é o conteúdo percentual de fibras imaturas, com maturidade menor que 0,25. *Mat Ratio* é a razão de maturidade calculada segundo a equação de Lord (Lord, 1981), na qual a diferença entre o número de fibras com espessamento da parede celular maior que 0,50 e o número de fibras com espessamento da parede celular menor que 0,25 é dividido por 200, e o resultado é somado a 0,7.

O grupo referente aos neps conta o total encontrado na amostra de 0,5 g. Havendo necessidade de maiores detalhes, pode-se obter o histograma referente ao tamanho e quantidade dos neps. Também são reportados os valores para partículas de *seed coat*, fragmentos de tegumento das sementes de algodão arrancados durante o descaroçamento (Tabela 3).

Tabela 3. Faixas de conteúdo de neps e fragmentos de *seed coat neps* amostras de algodão em pluma de fibra curta/média.

Neps per gm	SCN (Ctn/g)	Descrição
< 100	< 10	Muito baixo
101 – 200	11 – 20	Baixo
201 – 300	21 – 30	Médio
301 – 450	31 – 45	Alto
> 451	> 46	Muito alto

O segundo grupo considera informações referentes ao comprimento das fibras. São apresentados resultados tanto em relação ao número de fibras, que é a informação primária emitida pelo AFIS, quanto à distribuição em relação ao peso das fibras, que é a informação obtida considerando-se uma estimativa de massa para todas as fibras. Há informações referentes às fibras curtas, médias e longas (Tabela 4).

Tabela 4. Faixas de conteúdo de fibras curtas (SFC) em amostras de algodão em pluma.

SFCn*	SFCw*	SFCn**	SFCw**	Descrição
< 18	< 5	< 14	< 4	Muito baixo
19 – 23	6 – 8	14 – 18	4 – 6	Baixo
24 – 28	9 – 11	18 – 22	6 – 7	Médio
29 – 33	12 – 14	22 – 24	7 – 8	Alto
> 34	> 15	> 24	> 8	Muito alto

*Valores para algodão de fibra curta/média; **Valores para algodão de fibra longa.

Adaptado de Uster Technologies (2014).

As informações de comprimento geradas pelo AFIS Pro 2 diferem das informações geradas por instrumentos SITCs. O AFIS analisa fibras individualmente que passam em um sensor eletro-óptico, enquanto SITCs analisam feixes de fibras em um feixe de luz (Sayeed et al., 2020). Como os princípios são diferentes, as informações não podem ser iguais. Entretanto, é possível correlacionar essas informações.

O UQLw do AFIS Pro 2 apresentou um coeficiente de determinação de 96,04% para o UHML do HVI em um conjunto de 127 variedades com ampla diversidade de comprimentos (Schumann, 2018). Essa alta correlação indica que apesar dos parâmetros serem diferentes, materiais com maior UQLw também tenderão a ter maior UHML.

Os SITCs reportam um índice de fibras curtas (SFI), calculado a partir de outros parâmetros medidos pelo instrumento. O AFIS Pro 2 reporta o conteúdo de fibras curtas por peso (SFCw) ou por número (SFCn). Em um estudo de

cinco variedades em quatro ambientes e quatro repetições, foi verificado que o coeficiente de determinação entre o SFI e o SFCn foi de 17,64% e entre o SFI e o SFCw, 27,04% (Greveniotis et al., 2017). Dessa forma, correlações diretas entre esses índices de fibras curtas devem ser feitas com extrema cautela.

As informações referentes a material não fibroso são divididas em partículas de *trash*, o material não fibroso com tamanho maior que 500 micrometros, e poeira, o material não fibroso com tamanho menor que 500 micrometros (Tabela 5), (Shofner et al., 1995; Uster Technologies, 2008).

Tabela 5. Faixas de conteúdo de *trash*, partículas de poeira (*dust*) e percentual de matéria extrínseca visível (VFM) em amostras de algodão em pluma.

Trash Cnt/g*	Dust Cnt/g*	VFM [%]*	Descrição
< 25	< 200	<0,60	Muito baixo
66 – 75	201 – 350	0,61 – 1,20	Baixo
76 – 110	351 – 600	1,21 – 2,30	Médio
111 – 150	601 – 1000	2,31 – 3,00	Alto
> 151	> 1000	> 3,01	Muito alto
Trash Cnt/g**	Dust Cnt/g**	VFM [%]**	Descrição
< 20	< 200	<0,60	Muito baixo
21 – 40	201 – 350	0,61 – 1,10	Baixo
41 – 70	351 – 600	1,11 – 1,80	Médio
71 – 110	601 – 800	1,81 – 2,20	Alto
> 111	> 801	> 2,21	Muito alto

*Valores para algodão de fibra curta/média; **Valores para algodão de fibra longa.

Adaptado de Uster Technologies (2014).

Finalmente, o último grupo refere-se ao complexo maturidade/finura, ligado ao índice micronaire (Tabela 6). Há informações sobre a finura em mtex, ou mg/km, o conteúdo de fibras imaturas, que são fibras com maturidade menor ou igual que 0,25, e a razão de maturidade, obtida pela razão entre o número de fibras de maturidade maior que 0,50 e o número de fibras com maturidade menor ou igual que 0,25 (Delhom et al., 2018).

Tabela 6. Faixas de razão de maturidade (MR) e conteúdo de fibras imaturas (IFC) em amostras de algodão em pluma de fibra curta/média.

MR	Descrição	IFC [%]	Descrição
< 0,75	Muito imatura	> 15	Muito alto
0,76 – 0,85	Imatura	12 – 14	Alto
0,86 – 0,90	Madura	9 – 11	Médio
0,91 – 0,95	Madura	6 – 8	Baixo
> 0,96	Muito madura	< 6	Muito baixo

Adaptado de (Uster Technologies, 2014).

Não está presente na saída a finura padrão (Hs) em mtex, mas esta pode ser obtida dividindo-se a finura pela razão de maturidade (Hequet et al., 2006). A finura padrão pode ser uma importante informação para pesquisadores em melhoramento genético, pois padronizando a finura de diferentes amostras para a mesma maturidade de 1,00, é possível identificar materiais de menor diâmetro de acordo com menor valor de finura.

Havendo necessidade de se estimar o micronaire (Mic) com base nos dados do AFIS, pode-se utilizar a equação de Lord (Lord, 1981) ou de Hequet (Hequet et al., 2006). Nesse caso, os valores de MR podem ser usados como um estimador de maturidade (MAT), H de finura e Hs, de finura padrão.

Equação de Lord:

$$\text{MAT}^2 \times \text{Hs} = 3,86 \times \text{Mic}^2 + 18,16 \times \text{Mic} + 13$$

Equação de Hequet:

$$\text{MAT} \times \text{H} = 39,38 \times \text{Mic} - 22,67$$

As amostras da Tabela 2 indicam um aceitável conteúdo de neps (abaixo de 100). O UQL(w) está em torno de 35 mm, indicando ser uma fibra classificada como extralonga, para classificação em algodoeiro herbáceo ou *Upland*. Ressalta-se que essa medida tende a sempre ser maior que o comprimento tipicamente reportado por SITCs, o UHML (*upper half mean length*) (Zhou; Xu, 2020, 2021). O SFC(w) abaixo de 9% é um indicativo de um material cujas

fibras não foram muito quebradas durante o processamento, nesse caso, tratando-se de um material colhido a mão, minimizando-se a colheita de fibra de capulhos imaturos. A observação de que o material foi colhido à mão é corroborada pelo baixo teor conjunto de poeira e *trash*, abaixo de 100, e uma contagem de *seed coat neps* menor que cinco. A finura e finura padrão abaixo de 200 mtex indicam uma fibra fina, e como a maturidade ficou acima de 0,90, essa finura não ocorre devido à deficiência na deposição de celulose.

A medição de fibras curtas menores que 12,7 mm é uma medição muito importante desses instrumentos. Apesar de SITCs reportarem índices de fibras curtas, observa-se que medições do conteúdo de fibras curtas relacionam-se melhor com propriedades de fios do que índices (Cai et al., 2011). A medição de fibras curtas, juntamente com a medição dos neps, nesses instrumentos, possibilita, por exemplo, detectar se uma amostra de fibras foi danificada durante o processo de descaroçamento, sendo essa informação relevante para o ajuste do maquinário, minimizando a geração de fibras curtas e neps (Wanjura et al., 2019). As fibras curtas e neps comumente são originadas por quebra de fibras durante o descaroçamento (Wakeham, 1955), quando estão mecanicamente frágeis, com baixa resistência e/ou alongamento. A principal causa dessa fragilidade está na baixa deposição de celulose na fibra, ou seja, a imaturidade da fibra.

Dispor da informação separada de maturidade e finura auxilia a pesquisa e a produção a buscar melhores materiais genéticos, manejos culturais ou formas de processamento, pois, por exemplo, amostras com micronaire variando de 3,8 a 4,3 podem tanto ter fibras grossas imaturas, o que é terrível para a fiação, quanto fibras finas maduras, o que é excelente para a fiação (Hequet et al., 2006).

Essa informação não pode ser obtida pela maioria dos SITCs, que reporta apenas um valor de índice micronaire por amostra. Dispondo-se de ambas as informações, mesmo que uma amostra tenha micronaire fora da faixa premiada, de 3,7 a 4,2, evidenciando-se que o material é fino e maduro, pode-se buscar comercializar sem que haja a perda de valor do algodão em questão. Isso é possível porque o micronaire é uma combinação não linear de maturidade e finura (Hequet et al., 2006; Peirce; Lord, 1939).

Adicionalmente à tabela emitida como resultado da medição, é possível obter histogramas de comprimento, finura, maturidade e neps. A Figura 8 mostra uma distribuição de comprimento de fibras por número, na linha pontilhada. Aplicando-se uma estimativa de massa para as fibras, a distribuição por peso

é obtida, conforme a linha contínua. Informações referentes ao número são importantes para o descaroçamento e para estudos de propriedades das fibras. Informações referentes à massa são importantes para fiações e comerciantes, que compram e vendem algodão por massa, porém, uma distribuição em massa tende a ser enviesada em direção às fibras mais longas, minimizando o impacto das fibras curtas na distribuição (Drieling, 2017).

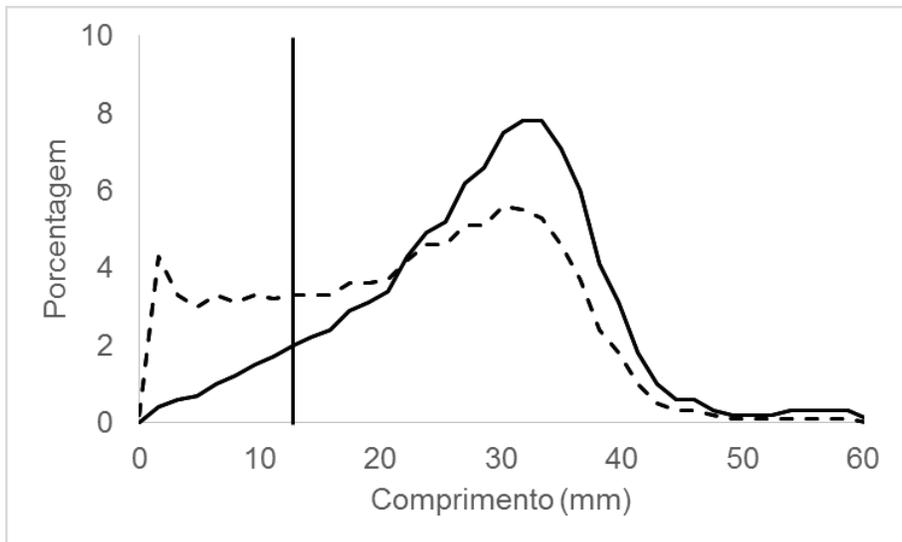


Figura 8. Exemplo de duas distribuições de comprimento de fibra reportadas pelo instrumento AFIS PRO 2 para a mesma amostra. A linha tracejada representa a distribuição por número de fibras analisadas e categorizadas. A linha contínua representa a distribuição por massa, obtida após atribuir uma estimativa de massa para as fibras da amostra. A linha contínua vertical mostra o limite de 12,7 mm (0,5 polegada), abaixo do qual localizam-se as fibras curtas. O somatório das fibras até esse valor de comprimento resultou em um conteúdo de fibras curtas de 27,0% em número ou 9,1% em massa.

Exemplos de uso do AFIS em pesquisa

Informações sobre o descaroçamento e limpeza da pluma

Empregando-se diferentes materiais genéticos, amostras foram descaroçadas em uma minialgodoeira industrial e em uma algodoeira de laboratório (Morais et al., 2020). Para as amostras da pluma obtidas em algodoeira de

laboratório, foram utilizados três diferentes instrumentos para limpeza de pluma, objetivando-se identificar um instrumento de limpeza que aplicasse estresse mecânico. Dessa forma, na pluma removida em condições de laboratório, buscou-se gerar características de comprimento da pluma mais similares às características da pluma quando descarçada na minialgodoeira industrial (Figura 9). Foram feitas comparações para o conteúdo de fibras curtas, comprimento médio, comprimento das fibras 5% mais longas, número de neps e quantidade de *trash* entre os tratamentos.

É esperado que os limpadores quebrem fibras e criem neps e, com base nos resultados proporcionados pelo AFIS PRO, foi possível verificar que o processamento da pluma para fins de limpeza com o instrumento MDTA-3 trouxe as características de fibra descarçada na algodoeira de bancada para valores mais próximos às características da fibra após o descarçamento industrial.

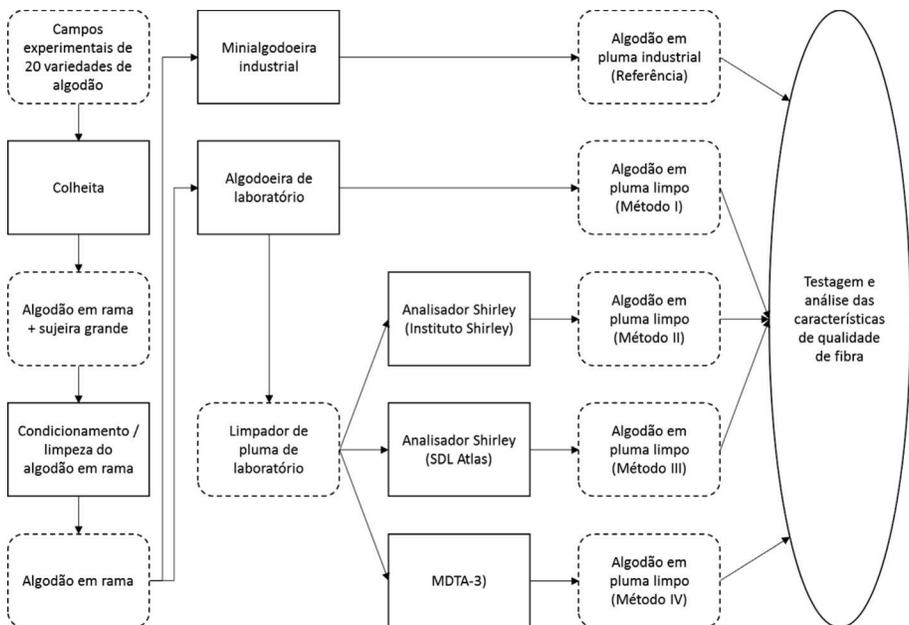


Figura 9. Fluxograma do experimento de comparação para características de qualidade de fibra em amostras descarçadas em uma minialgodoeira industrial e algodoeira de bancada, com e sem tratamentos de limpeza da pluma.

Fonte: Morais et al. (2020).

Auxílio no melhoramento genético das características da fibra

Em um programa de melhoramento genético, melhoristas sempre têm que escolher quais genótipos deverão ser selecionados, com vistas a se obter ganhos genéticos para a(s) característica(s) desejada(s). No que se refere ao melhoramento das características da fibra, além de reportar características como o conteúdo de fibras curtas ou o comprimento médio das fibras, o AFIS PRO 2 também pode fornecer um histograma de distribuição de comprimento de fibras (Figura 8), o qual é de grande valia para auxiliar nas tomadas de decisões, pois permite ao selecionador ter a visão geral da distribuição de fibras analisadas.

Para exemplificar a contribuição desse equipamento na seleção de genótipos, duas populações de genótipos de algodoeiro foram formadas a partir de um cruzamento comum. Em uma população, os genótipos foram selecionados a partir de F_2 , por três gerações, para as suas características de fibra empregando-se informações em AFIS e HVI (Kelly et al., 2013). A outra população foi constituída por genótipos selecionados com informações disponibilizadas apenas em HVI. De cada população, foram selecionados dez materiais para produção de fio 30 Ne em fiação anel. Apesar de ambas as populações apresentarem médias similares quanto às características mecânicas de alongamento, resistência de ponta única e energia de quebra do fio e quanto às características de uniformidade, coeficiente de variação em massa, pontos finos, pontos grossos, neps 200% por quilômetro e pilosidade, a população selecionada com informações das análises em AFIS e HVI gerou materiais com melhores valores em relação às características de fio previamente apresentadas.

O uso de apenas dois parâmetros de comprimento — o UHML e UI —, medidos por um SITC, pode levar a erros de classificação e de escolha de materiais por parte dos melhoristas (Hinds et al., 2020). Já o uso das 40 classes de comprimento do instrumento AFIS leva a uma melhor tomada de decisão. Várias características de fio, como resistência, irregularidade, pontos grossos e pontos finos, precisam de três a seis parâmetros de comprimento de fibra para serem adequadamente previstas (Cai et al., 2013). Dessa forma, usar apenas parâmetros de comprimento reportados por um SITC pode não ser o suficiente para alcançar uma boa confiabilidade na predição dessas características.

Medição individual da maturidade e finura

O micronaire é uma análise de permeabilidade ao fluxo de ar afetado pela área superficial da amostra (Lord, 1981). Um valor de micronaire na faixa de 3,8 a 4,0 pode ser causado tanto por fibras finas e maduras, quanto grossas e imaturas (Hequet et al., 2006).

Por meio de análises em AFIS PRO 2, são estimadas separadamente a distribuição de razão de maturidade e de finura em mtex (densidade linear em mg/km), das fibras de uma amostra, permitindo entender melhor as características das fibras. Apesar dessa medição não se correlacionar perfeitamente com a análise da seção transversal das fibras, o instrumento AFIS PRO 2 é mais rápido e menos intensivo em mão de obra, permitindo a análise de um maior número de repetições ou de um maior número de amostras (Paudel et al., 2013).

Conclusões

O algodão é uma matéria-prima de características naturalmente heterogêneas. O uso de instrumentos que permitam a testagem rápida, exata e precisa de características das amostras é importante para a melhor predição das características tecnológicas de fios produzidos com a matéria-prima. A combinação de informações geradas por mais que um instrumento é fundamental a fim de atingir determinados resultados com a matéria-prima em análise.

O aQura2 e o AFIS PRO 2 citados neste documento são exemplos de instrumentos que complementam a informação fornecida pelos SITCs. Apesar de esses instrumentos serem comumente usados em fiações, outras áreas da cadeia produtiva do algodão podem se beneficiar do uso dessas máquinas, tais como os pesquisadores, gerentes e operadores de algodoeiros e comerciantes de fibra, explorando informações referentes a neps e fibras curtas nas suas tomadas de decisão.

No desenvolvimento de novas cultivares de algodoeiro, as informações proporcionadas por esses instrumentos poderão contribuir para a obtenção de materiais com maior previsibilidade de comportamento das características comprimento, finura e fibras curtas, proporcionando maior segurança para os produtores, descaroçadores, comerciantes, fiadores, e outros elos da cadeia.

Referências

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D2812-07**: Standard test method for non-lint content of cotton. West Conshohocken, 2012. 5 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D123-13a**: Standard Terminology Relating to Textiles. West Conshohocken, 2013. 68 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D1776/D1776M-16** Standard practice for conditioning and testing textiles. West Conshohocken, 2016. 5 p.
- AYELE, A. G.; KELLY, B. R.; HEQUET, E. F. Evaluating within-plant variability of cotton fiber length and maturity. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 1, p. 47-55, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2017.06.0359>.
- BOYKIN, J. C.; WHITELOCK, D. P.; ARMIJO, C. B.; BUSER, M. D.; HOLT, G. A.; VALCO, T. D.; FINDLEY, D. S.; BARNES, E. M.; WATSON, M. D. **Manual fractionation of MDTA-3 trash samples from cotton lint**. In: ANNUAL MEETINGS PAPER ASABE, 2008, Providence. [Resumos... Saint Joseph: ASABE], 2008. p. 3963-3980.
- BOYKIN, J. C.; ARMIJO, C. B.; WHITELOCK, D. P.; BUSER, M. D.; HOLT, G. A.; VALCO, T. D.; FINDLEY, D. S.; BARNES, E. M.; WATSON, M. D. Fractionation of foreign matter in ginned lint before and after lint cleaning. **Transactions of the ASABE**, v. 52, n. 2, p. 419-426, 2009. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.26826>
- BROWN, H. B. **Cotton**: history, species, varieties, morphology, breeding, culture, diseases, marketing, and uses. 1st. ed. London: McGraw-Hill, 1927.
- BRYANT, G. M.; WAKEHAM, H. Entropy changes accompanying the stretching of cellulose fibers in water. **Textile Research Journal**, v. 25, n. 3, p. 224-235, 1955. DOI: <https://doi.org/10.1177/004051755502500305>.
- CAI, Y.; CUI, X.; RODGERS, J.; THIBODEAUX, D.; MARTIN, V.; WATSON, M.; PANG, S. S. An investigation on different parameters used for characterizing short cotton fibers. **Textile Research Journal**, v. 81, n. 3, p. 239-246, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1177/0040517510380105>.
- CAI, Y.; CUI, X.; RODGERS, J.; THIBODEAUX, D.; MARTIN, V.; WATSON, M.; PANG, S. S. A comparative study of the effects of cotton fiber length parameters on modeling yarn properties. **Textile Research Journal**, v. 83, n. 9, p. 961-970, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1177/0040517512468821>.

CARPENTER, F.; BURLEY JUNIOR, S. T. **Measuring cotton fiber length**: the truncated array method. Washington: United States Department of Agriculture, 1958. 24 p. (USDA. Marketing Research Report, 217).

CONANT JUNIOR, L. The United States cotton futures act. **The American Economic Review**, v. 5, n. 1, p. 1–11, 1915.

DELHOM, C. D.; KELLY, B.; MARTIN, V. Physical properties of cotton fiber and their measurement. In: FANG, D. D. (ed.). **Cotton Fiber**: Physics, Chemistry and Biology. Switzerland: Springer 2018. p. 41-73.

DRIELING, A. Cotton fibre length. In: **Cotton fibres**. New York: Nova Science, 2017. p. 87-114.

GARDE, A. R.; GANESH, K. Variability of Fiber-Length Parameters. **Textile Research Journal**, v. 42, n. 9, p. 523–525, 1972. DOI: <https://doi.org/10.1177/004051757204200903>.

GOURLOT, J. P.; DRIELING, A.; GAUD, M.; GORDON, S.; KNOWLTON, J.; MATUSIAK, M.; VAN DER SLUIJS, M.; MARTIN, V.; FROESE, K.; DELHOM, C. **Interpretation and use of instrument measured cotton characteristics—A guideline by ITMF International Committee on Cotton Testing Methods (ICCTM) and by ICAC task force on commercial standardization of instrument testing of cotton (CSITC)**. Washington: International Cotton Advisory Committee; Switzerland: International Textile Manufacturers Federation, 2020. 75 p.

GREVENIOTIS, V.; SIOKI, E.; IPSILANDIS, C. Correlations between cotton characteristics in Greek multi-environments. **Journal of Agricultural Studies**, v. 5, n. 4, p. 170-178, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5296/jas.v5i4.12121>.

HEQUET, E. F.; WYATT, B.; ABIDI, N.; THIBODEAUX, D. P. Creation of a set of reference material for cotton fiber maturity measurements. **Textile Research Journal**, v. 76, n. 7, p. 576–586, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1177/0040517506064710>.

HERTEL, K. L. Fiber strength and extensibility as measured by the stelometer. In: THE COTTON RESEARCH CLINIC. Memphis: National Cotton Council of America, 1953. p. 18–25.

HINDS, Z.; KELLY, B. R.; HEQUET, E. F. Stability, variation, and application of AFIS fiber length distributions. **Journal of Cotton Research**, v. 3, n. 1, p. 10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42397-020-00053-5>.

INTERNATIONAL COMMITTEE ON COTTON TESTING METHODS. **Instrument recognition by ICCTM**: PREMIER aQura 2. 2008. 43 p. Disponível em: https://www.itmf.org/images/dl/icctm/recognition/Recognition_PREMIER_aQura_2.pdf. Acesso em: 24 mar. 2022.

KELLY, C. M.; HEQUET, E. F.; DEVER, J. K. Breeding for improved yarn quality: Modifying fiber length distribution. **Industrial Crops and Products**, v. 42, p. 386–396, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.018>.

KOTHARI, N.; DEVER, J.; HAGUE, S.; HEQUET, E. Evaluating Intraplant Cotton Fiber Variability. **Crop Science**, v. 55, n. 2, p. 564–570, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2014.01.0077>.

LAWRENCE, C. A. **Advances in Yarn Spinning Technology** 1st ed. Sawston: Woodhead Publishing, 2010. 463 p.

LORD, E. **The origin and assesment of cotton fibre maturity**. Manchester: International Institute for Cotton, 1981. 27 p.

MORAIS, J.; JAMES, J.; HINDS, Z.; SMITH, W.; KELLY, B.; HEQUET, E. A method to improve cotton fiber length measurement for laboratory analysis. **MethodsX**, v. 7, p. 100859, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100859>.

MORAIS, J. P. S.; FARIAS, F. J. C.; BELOT, J.-L.; MARTINS, R. S. A.; MIZOGUCHI, E. T. **Interpretação das características avaliadas no SITC para qualidade de fibra de algodão – Uma abordagem prática**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2021. 46 p.

MOREY, P. R.; BETHEA, R. M.; WAKLYN, P. J.; KIRK, I. W.; KOPETZKY, M. T. Botanical trash present in cotton before and after saw-type lint cleaning. **American Industrial Hygiene Association Journal**, v. 37, n. 6, p. 321-328, 1976. DOI: <https://doi.org/10.1080/0002889768507466>.

PAUDEL, D. R.; HEQUET, E. F.; ABIDI, N. Evaluation of cotton fiber maturity measurements. **Industrial Crops and Products**, v. 45, p. 435–441, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2012.12.041>.

PEARSON, N. L. **Neps and similar imperfections in cotton**. Washington: United States Department of Agriculture, 1933. p. 19. (USDA. Technical bulletin, 396).

PEIRCE, F. T.; LORD, E. The fineness and maturity of cotton. **Journal of the Textile Institute Transactions**, v. 30, n. 12, p. T173–T210, 1939. DOI: <https://doi.org/10.1080/19447023908659334>.

PFEIFFENBERGER, G. W. The Shirley analyzer. **Textile Research**, v. 14, n. 2, p. 50–54, 1944. DOI: <https://doi.org/10.1177/004051754401400206>.

PILLAY, K. P. R.; SHANKARANARAYANA, K. S. Variation in the Properties of Cotton Fibers with Length. **Textile Research Journal**, v. 31, n. 6, p. 515–524, 1961. DOI: <https://doi.org/10.1177/004051756103100603>.

PREMIER EVOLVICS. **AQura2**, 2022. Disponível em: <https://premierevolvics.com/images/product/aqura2.jpg>. Acesso em: 24 mar. 2022.

RAMACHANDRAN, S. N.; SRINIVASAN, V.; ANBARASAN, M. **Automatic fiber processing system including method and apparatus for producing end-aligned fiber samples**. 2008. Int. Cl. D01G 21/00. US 7418,767 B2. 2 Sep. 2008. Disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/55/61/bf/edbb38d59c1c17/US7418767.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2022.

SAYEED, M. A.; MITCHELL, S.; WANJURA, J.; BRENDAN, K. R.; WAYNE, S.; HEQUET, E. F. Characterizing the total within-sample variation in cotton fiber length using the High Volume Instrument fibrogram. **Textile Research Journal**, v. 91, n. 1-2, p. 175-187, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/0040517520935212>.

SCHAEFER, C. R.; RITCHIE, G. L.; BORDOVSKY, J. P.; LEWIS, K.; KELLY, B. Irrigation timing and rate affect cotton boll distribution and fiber quality. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 3, p. 922–931, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2017.06.0360>.

SCHUMANN, M. J. **Using modern molecular and genomic tools to evaluate potentially overlooked genetic variation for fiber quality in obsolete US improved cotton cultivars**. 2018. 106 f. Dissertation (Doctor of Philosophy) – Texas A&M University.

SHOFNER, F. M. **Apparatus and methods for aeromechanical and electrodynamic release and separation of foreign matter from fiber**. Int. Cl. DOIB 3/00. US 4,512,060. 23 Apr. 1985. Disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/bf/a5/56/04b81f16e92e51/US4512060.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2022.

SHOFNER, F. M.; BALDWIN, J. C.; CHU, Y.-T. **Electro-optical methods and apparatus for high speed, multivariate measurement of individual entities in fiber or other samples**. Int. Cl. G01N 21/00; G01N 15/14; GOIL 5/0. US5270787A, 14 Mar. 1990, 14 Dec. 1993.

SHOFNER, F. M.; BALDWIN, J. C.; GALYON, M. E.; CHU, Y.-T. **Apparatus and methods for measurement and classification of generalized neplike entities in fiber samples**. Int. Cl. G01N 21/64. USOO5430301A, 11 Jan. 1993, 4 Jul. 1995.

SHOFNER, F. M.; HINKLE, D. A. **High throughput nep measurement**. Int. Cl. G01N 21/00. USOO592.9460A, 6 Out. 1997, 27 Jul. 1999.

SHOFNER, F. M.; SHOFNER, C. K. **Aeromechanical individualizer**. Int. Cl. D01B 3/00. US005890264A, 6 Out. 1997, 6 Abr. 1999.

SIMPSON, J.; MURRAY, M. F. Effect of cotton fiber fineness and strength on mechanical processing and open-end spinning and yarn properties. **Textile Research Journal**, v. 48, n. 5, p. 270–276, 1978. DOI: <https://doi.org/10.1177/004051757804800505>.

STEADMAN, R. G.; GIPSON, J. R.; MEHTA, R. D.; SOLIMAN, A. S. Factors affecting rotor spinning of fine cotton yarns. **Textile Research Journal**, v. 59, n. 7, p. 371–382, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1177/004051758905900701>.

TALLANT, J. D.; FIORI, L. A.; LANDSTREET, C. B. The effect of the short fibers in a cotton on its processing efficiency and product quality Part II: yarns made by miniature spinning techniques from differentially ginned cotton. **Textile Research Journal**, v. 30, n. 10, p. 792–795, 1960. DOI: <https://doi.org/10.1177/004051756003001008>.

USTER TECHNOLOGIES. **USTER AFIS PRO 2 Application Handbook Single fiber testing of cotton**. Uster, 2014.

USTER TECHNOLOGIES. **Uster MTM Microdust & Trash Monitor**. 1st ed. Uster, 2008.

USTER TECHNOLOGIES. **AFIS PRO 2**. Disponível em: https://www.uster.com/fileadmin/_processed_/6/e/csm_P_AFIS2_0604_2_neu_f84193daa6.jpg. Acesso em: 1 jul. 2022.

VAN DER SLUIJS, M. H. J.; HUNTER, L. A review on the formation, causes, measurement, implications and reduction of neps during cotton processing. **Textile Progress**, v. 48, n. 4, p. 221–323, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/00405167.2016.1233656>.

WAKEHAM, H. Cotton fiber length distribution—An important quality factor. **Textile Research Journal**, v. 25, n. 5, p. 422–429, 1955. DOI: <https://doi.org/10.1177/004051755502500509>.

WANJURA, J. D.; ARMIJO, C. B.; DELHOM, C. D.; BOMAN, R. K.; FAULKNER, W. B.; HOLT, G. A.; PELLETIER, M. G. Effects of harvesting and ginning practices on Southern High Plains cotton: Fiber quality. **Textile Research Journal**, v. 89, n. 23–24, p. 4938–4958, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/0040517519844215>.

ZHOU, J.; XU, B. Evaluating cotton length uniformity through comprehensive length attributes measured by dual-beard fibrography. **Cellulose**, v. 27, n. 13, p. 7861–7871, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03326-z>.

ZHOU, J.; XU, B. Reliability of cotton fiber length distributions measured by dual-beard fibrography and advanced fiber information system. **Cellulose**, v. 28, n. 3, p. 1753–1767, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03611-x>.

Apêndice

Abreviação	Significado
AFIS	Advanced Fiber Information System (Sistema de informação avançada de fibra)
H	Finura
H2SD	High Speed Stickiness Detector (Detector de pegajosidade de alta velocidade)
Hs	Finura padrão
HVI®	High Volume Instrument (Instrumento de alto volume)
ICCTM	International Cotton Committee on Testing Methods (Comitê Internacional para Métodos de Testagem de Algodão)
IFC	Immature fiber content (Conteúdo de fibras imaturas)
L(n)	Comprimento médio por número
L(n) CV	Coefficiente de variação do comprimento médio por número
L(w)	Comprimento médio por peso ou massa
L(w) CV	Coefficiente de variação do comprimento médio por peso ou massa
L5%(n)	Comprimento por número das fibras 5% mais longas
MDTA	Microdust and Trash Analyser (Analisador de sujeira e micropoeira)
Mic	Micronaire
MR	Maturity ratio (Razão de maturidade)
SCN	Seed coat nep (Nep de fragmento de casca)
SCT	Sticky Cotton Thermodetector (Termodetector de pegajosidade em algodão)
SFC(n)	Short fiber content by number (Conteúdo de fibras curtas por número)
SFC(w)	Short fiber content by weight (Conteúdo de fibras curtas por peso ou massa)
SFI	Short fiber index (Índice de fibras curtas)
SITC	Standardized Instrument Testing of Cotton (Instrumento padronizado para testagem de algodão)
UHML	Upper half mean length (Comprimento médio da metade superior)
UQL(w)	Upper quartile length by weight (Comprimento do quartil superior por peso ou massa)
VFM	Visible foreign matter (Matéria estranha detectável visualmente)

Embrapa

Algodão

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

CGPE 18311