



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE MICOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE FUNGOS**

JACILANE FERNANDES DO NASCIMENTO

**FUNGOS CONTAMINANTES DA PLUMA DO ALGODÃO E SEUS
EFEITOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA
FIBRA**

RECIFE

2015

**FUNGOS CONTAMINANTES DA PLUMA DO ALGODÃO E SEUS
EFEITOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA
FIBRA**

JACILANE FERNANDES DO NASCIMENTO

**Jacilane Fernandes do
Nascimento**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos do Departamento de Micologia do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biologia de Fungos.

Área de Concentração: Fungos de interesse Agrônomo

Orientador:

**Prof.^a. Dr.^a. Neiva Tinti de
Oliveira.**

**Coorientador: Dr.^o. Dartanhã
José Soares**

RECIFE

2015

Catálogo na Fonte:
Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia, CRB-4/1788

Nascimento, Jacilane Fernandes do

Fungos contaminantes da pluma do algodão e seus efeitos sobre as características tecnológicas da fibra / Jacilane Fernandes do Nascimento. – Recife: O Autor, 2015.

66 f.: il.

Orientador: Neiva Tinti de Oliveira, Dartanhã José Soares
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Biologia de Fungos, 2015.

Inclui referências

1. Fungos 2. Indústria algodoeira I. Oliveira, Neiva Tinti de (orient.) II. Soares, Dartanhã José (coorient.) III. Título.

579.5

CDD (22.ed.)

UFPE / CB-2017-191

JACILANE FERNANDES DO NASCIMENTO

FUNGOS CONTAMINANTES DA PLUMA DO ALGODÃO E SEUS EFEITOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA FIBRA

Dissertação defendida e aprovada em 13/02/2015

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Neiva Tinti Oliveira- Orientadora
Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Laura Mesquita Paiva- Examinador Externo
Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Cristina Maria Souza Motta-Examinador Interno
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

À Deus que esteve presente em todos os momentos, por permitir o caminhar, colocando verdadeiros anjos em minha vida.

À Universidade Federal de Pernambuco e ao Programa de Pós Graduação de Biologia de Fungos pelo conhecimento e formação.

À Embrapa Algodão, pela estrutura onde foi desenvolvido o trabalho.

À minha orientadora, Professora Neiva Tinti pela oportunidade e confiança em mim depositada.

Ao meu coorientador, Dr. Dartanhã José Soares pelas contribuições no trabalho, fundamentais na identificação dos fungos e por estimular meu crescimento.

Ao pesquisador Dr. Alderi Emídio Araújo, pela sua amizade, paciência e participação no desenvolvimento do trabalho.

Ao pesquisador Dr. João Luís, pela contribuição no trabalho, paciência e amizade.

Ao meu Pai, Jairo Fernandes do Nascimento que com a lembrança de seus ensinamentos me deu forças para continuar nas horas mais difíceis.

À minha alegre e doce mãe, Jane Freitas Silva, que sempre acreditou em mim. E a minha Irmã Juliet Fernandes do Nascimento pelo apoio incondicional.

À minha amiga, professora e mãe postiça Norma Suely Sobral, por acreditar, ouvir e aconselhar em todos os momentos desde que a conheço.

Às minhas colegas de laboratório, ex-estagiárias e amigas, Waleska Braga, Angélica Avelino, Angélica Cardoso, Daniela Duarte, Rhayssa Vieira, Monaliza Rodrigues, pelos momentos de descontração e conversas.

Aos amigos que fiz nesta jornada, Michellângelo, Aline, Raul, Carlos, Ana Carla, Tereza, Karla, Gianne, Carliane, Priscylla, Carolina, Tiago, Fernando, Emanuella, Daniela, Cícero, Elaiza, Valéria.

RESUMO

O agronegócio do algodão é uma atividade de grande importância econômica tanto na geração de renda como na ocupação de mão de obra e na criação de emprego no mundo. A pluma do algodão destaca-se como a mais importante matéria-prima utilizada em toda a cadeia têxtil do Brasil, que é um dos principais segmentos da indústria de transformação e, conseqüentemente, da economia do país. As fibras de algodão contêm 94% de celulose na sua massa seca. A degradação deste componente conduz a uma perda completa da estrutura e resistência das fibras. Os fungos são importantes contaminantes da pluma do algodoeiro e podem determinar a perda de qualidade do produto. Microrganismos celulolíticos desempenham um papel importante na biosfera, pela reciclagem de celulose, o hidrato de carbono mais abundante produzida pelas plantas. As celulasas secretadas por fungos filamentosos são formadas por três componentes principais: as exoglucanases ou celobiohidrolases, as endoglucanases ou celodextrinases, e as celobiasas ou β -glicosidasas. Os objetivos deste trabalho foram isolar, identificar e avaliar a capacidade de fungos contaminantes da pluma do algodão em produzir celulasas que pudessem alterar as características tecnológicas da fibra interferindo na sua qualidade da intrínseca. Plumões de algodão de sete estados (Mato Grosso, Bahia, Mato Grosso do Sul, Goiás, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba) foram fornecidas pela empresa Coteminas S/A e de pequenos produtores. Foram obtidos 128 isolados fúngicos pertencentes a 16 gêneros (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Paecilomyces*, *Fusarium*, *Scolecobasidium*, *Phomopsis*, *Phoma*, *Torula*, *Rhizopus*, *Periconia*, *Fusiocladium*, *Acremonium*, *Wallemia*, *Bipolaris*). Desses 128 isolados analisados, 35 isolados fúngicos (27,35 %) apresentaram atividade de degradação da carboximetilcelulose. Os valores dos índices enzimáticos (IE) variaram de 1,05 a 2,75. Oito isolados com maiores IE foram reinoculados na fibra e armazenados e mensalmente amostras de 10 gramas em triplicata foram retiradas e suas características tecnológicas analisadas pelo aparelho High Volume Instrument (HVI). Com as análises de variância dos dados obtidos para as variáveis da fibra observou-se que houve significância estatística para a maioria das variáveis, em especial para comprimento médio, resistência, maturidade, índice de micronarie, refletância e grau de amarelo, que foi em nível de 5% de probabilidade. Para as características intrínsecas, comprimento médio, resistência, maturidade, índice micronarie, índice de fiabilidade a interação dos isolados e tempo foi significativa. Para as características extrínsecas da fibra, como reflectância e grau de amarelecimento houve modificações após a colonização fúngica sendo que o grau de amarelecimento aumentou e a reflectância diminuiu. Com os resultados obtidos conclui-se que fungos que contaminam a pluma do algodão possuem potencial celulolítico e sua colonização pode interferir nas características intrínsecas da fibra e conseqüentemente em sua qualidade.

Palavras-Chaves: Fungos contaminantes. Pluma de algodão. Características tecnológicas da fibra. Celulasas. HVI.

ABSTRACT

The agribusiness cotton is an important economic activity both in the generation of income as the hand of occupation of work and job creation in the world. The plume cotton stands out as the most important raw material used throughout the textile chain in Brazil, which is one of the main segments of the manufacturing industry and hence the economy. Cotton fibers containing 94% cellulose in its dry mass. The degradation of this component leads to a complete loss of structure and fiber strength. Fungi are important contaminants of cotton lint and can determine the loss of product quality. Cellulolytic microorganisms play an important role in the biosphere, recycling cellulose, the most abundant carbohydrate produced by plants. The cellulase secreted by filamentous fungi are formed by three main components: exoglucanases or cellobiohydrolases, endoglucanases or celodextrinases, and celobiases or β -glucosidases. The objectives of this study was to isolate, identify and assess the ability of fungal contaminants of cotton lint to produce cellulases that could alter the technical characteristics of the fiber interfering in its intrinsic quality. Seven states of cotton down (Mato Grosso, Bahia, Mato Grosso do Sul, Goias, Ceara, Rio Grande do Norte and Paraíba) were provided by the company Coteminas S / A and small producers. 128 were obtained fungal isolates belonging to 16 genera (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Scolecobasidium*, *Phomopsis*, *Phoma*, *Torula*, *Rhizopus*, *Periconia*, *Fusiocladium*, *Acremonium*, *Walleimia*, *Bipolaris*). Of these 128 isolates analyzed, 35 fungal isolates (27.35%) had the carboxymethyl cellulose degradation activity. The values of the enzymatic indices (SI) varied from 1.05 to 2.75. Eight strains with higher IE were reinoculated in fiber and stored in monthly samples of 10 grams in triplicate were removed and their technological characteristics analyzed by High Volume Instrument instrument (HVI). In the analyzes of variance of the data obtained for the variables fiber was observed that there were significant for most variables, particularly for medium length, resistance, maturity, micronarie index, reflectance and degree of yellow, which was level of 5% probability. For the intrinsic characteristics, medium length, strength, maturity, micronarie index, reliability index the interaction of the individual and time was significant. For the extrinsic characteristics of the fiber, such as reflectance and the degree of yellowing were no changes after fungal colonization and the degree of yellowing increased and decreased reflectance. With the results obtained it is concluded that fungi that contaminate the plume cotton have cellulolytic potential and its colonization can interfere with the intrinsic characteristics of the fiber and their quality.

KeyWords: Fungi contaminants. Raw cotton. Technological characteristics of the fiber. Celulases .HVI.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas do processo de produção do algodão em pluma.....	16
Figura 2 - Estrutura morfológica da fibra do algodão.....	17
Figura 3 - Representação Molécula de Celulose.....	22
Figura 4 -Representação esquemática da ação catalítica do complexo enzimático (celulases) sobre celulose com geração de glicose.....	23
Figura 5- Ocorrência de gêneros de fungos em pluma do algodão provenientes de sete Estados produtores do Brasil.....	32
Figura 6 - Ilustração da macromorfologia de espécies de <i>Aspergillus</i> encontradas em pluma de algodão de Estados Brasileiros.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Índice micronaire segundo ASTM D 1448-79.....	18
Tabela 2	Resistência à ruptura (STR) segundo norma ASTM D1445.....	19
Tabela 3	Parâmetros do comprimento de fibra segundo norma ASTM D-1447.....	19
Tabela 4	Parâmetros da uniformidade de comprimento da fibra segundo norma ASTM D-1447.....	20
Tabela 5	Índice de fiabilidade segundo Comissão Internacional de Padrões Universais.....	20
Tabela 6	Parâmetros de alongamento à ruptura (elongação) segundo ASTM D 1445.....	21
Tabela 7	Média de unidades formadoras de colônias por mL em 0,6 g de pluma de algodão por Estado e seus respectivos gêneros e espécies identificadas.....	29
Tabela 8	Diversidade de espécies de fungos obtidas da pluma de algodão em sete Estados Brasileiros.....	31
Tabela 9	Características tecnológicas da fibra e o número de unidades formadoras de colônia/mL de 0,6 g da plumas de algodão de sete Estados Brasileiros.....	34
Tabela 10	Correlações entre as unidades formadoras de colônias e as	

	características tecnológicas da fibra de algodão nos Estados de Mato Grosso, Bahia, Mato Grosso do Sul, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba.....	35
Tabela 11	Índice enzimático para celulases de 35 isolados fúngicos provenientes de pluma do algodão de sete Estados do Brasil.....	37
Tabela 12	Valores das leituras das características tecnológicas da fibra em HVI para 60 dias de inoculação os fungos em pluma de algodão.....	38
Tabela 13	Valores das leituras das características tecnológicas da fibra em HVI para 90 dias de inoculação os fungos em pluma de algodão.....	39
Tabela 14	Valores das leituras das características tecnológicas da fibra em HVI para 120 dias de inoculação os fungos em pluma de algodão.....	41
Tabela 15	Valores das leituras das características tecnológicas da fibra em HVI para 150 dias de inoculação os fungos em pluma de algodão.....	42
Tabela 16	Valores das leituras das características tecnológicas da fibra em HVI para 180 dias de inoculação os fungos em pluma de algodão.....	44
Tabela 17	Valores médios da temperatura e umidade relativa do ar no período de armazenamento da pluma na cidade de Campina Grande, laboratório de Fitopatologia, Embrapa Algodão.....	45
Tabela 18	Resumo das análises de variância dos dados referentes às variáveis da qualidade intrínseca da fibra.....	46

Tabela 19	Valores médios do desdobramento da interação isolados X tempo no período de 60 dias para a característica comprimento médio da fibra (UHM).....	47
Tabela 20	Valores médios do desdobramento da interação isolados X tempo no período de 120 dias para a característica comprimento médio da fibra (UHM).....	47
Tabela 21	Valores médios do desdobramento da interação isolados X tempo no período de 180 dias para a característica comprimento médio da fibra (UHM).....	47
Tabela 22	Valores médios do desdobramento da interação de isolados X tempo no período de 60 dias para a característica resistência da fibra (STR).....	48
Tabela 23	Valores médios do desdobramento da interação isolados X tempo no período de 120 dias para a característica resistência da fibra (STR).....	49
Tabela 24	Valores médios para o desdobramento da interação de isolados X tempo no período de 60 dias para a característica índice micronarie (Mic).....	49
Tabela 25	Valores médios do desdobramento da interação isolados X tempo no período de 90 dias para a característica índice micronarie (Mic).....	50
Tabela 26	Valores médios do desdobramento da interação isolados X tempo no período de 180 dias para a característica índice micronarie (Mic).....	50

Tabela 27	Valores médios do desdobramento para a interação isolados X tempo no período de 60 dias para a característica índice de maturidade (Mat).....	51
Tabela 28	Valores médios do desdobramento para a interação isolado X tempo no período de 90 dias para a característica índice de maturidade (Mat).....	51
Tabela 29	Valores médios do desdobramento para a interação isolado X tempo no período de 120 dias para a característica índice de maturidade (Mat).....	52
Tabela 30	Valores médios do desdobramento para a interação isolados X tempo no período de 150 dias para a característica índice de maturidade (Mat).....	52
Tabela 31	Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 90 dias para a variável índice de fiabilidade (CSP).....	53
Tabela 32	Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 120 dias para a variável índice de fiabilidade (CSP).....	53
Tabela 33	Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 150 dias para a variável índice de fiabilidade (CSP).....	53
Tabela 34	Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 180 dias para a variável índice de fiabilidade (CSP).....	54

Tabela 35	Valores médios para o desdobramento da interação isolado X tempo no período de 60 dias para a característica refletância (Rd).....	55
Tabela 36	Valores médios para o desdobramento da interação isolado X tempo no período de 90 dias para a característica refletância (Rd).....	55
Tabela 37	Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 60 dias para a característica grau de amarelecimento (+b).....	56
Tabela 38	Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 90 dias para a característica grau de amarelecimento (+b).....	56
Tabela 39	Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 120 dias para a característica grau de amarelecimento (+b).....	56
Tabela 40	Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 150 dias para a característica grau de amarelecimento (+b).....	57
Tabela 41	Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 180 dias para a característica grau de amarelecimento (+b).....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM- American Society for Testing and Materials

CSP - Índice de fiabilidade

ELG - Alongamento à ruptura (%)

HVI – High Volume Instrument

SFI- Índice de Fibras Curtas

MAT- Maturidade

MIC - Índice micronaire

UHM- Comprimento (mm)

UNF - Uniformidade (%)

Rd - Reflectância (%)

STR - Resistência (gf/tex)

+b – Grau de Amarelo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 O ALGODÃO (<i>GOSSYPIUM HIRSUTUM L.</i>) E SUA RELEVÂNCIA ECONÔMICA	15
2.1.2 Algodão em pluma e seu armazenamento	16
2.2 A FIBRA DO ALGODÃO	16
2.3. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA FIBRA DE ALGODÃO	17
2.4. FUNGOS CONTAMINANTES DE FIBRAS, ESTRUTURA DA CELULOSE E CELULASES DE ORIGEM MICROBIANA.....	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 PROCEDÊNCIA DA PLUMA E AMOSTRAGEM	24
3.2 ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DOS FUNGOS	24
3.3 ANÁLISES DAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA FIBRA (HVI)	25
3.4 ATIVIDADE CELULOTÍTICA EM MEIO DE CULTURA SÓLIDO	26
3.5 RE-INOCULAÇÃO DE ISOLADOS FÚNGICOS DIRETAMENTE NA PLUMA DO ALGODÃO.....	26
3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ISOLADOS FÚNGICOS	28
4.2 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA FIBRA (HVI) E UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIAS NA PLUMA DE ALGODÃO DOS SETE ESTADOS ANALISADAS.....	34
4.3 ATIVIDADE CELULOLÍTICA EM MEIO DE CULTURA SÓLIDO.	36
4.4 VARIAÇÕES NAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS NA FIBRA DE ALGODÃO APÓS INOCULAÇÃO DE FUNGOS NA PLUMA.....	38
5 CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio do algodão é uma atividade de grande importância econômica tanto na geração de renda como na ocupação de mão de obra e na criação de emprego no mundo. O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é um dos produtos do grupo das fibras de maior importância econômica, em função do volume e valor da produção e também de grande importância social, pelo número de empregos que gera direta ou indiretamente (RICHETTI & MELO FILHO, 2001; SANTANA *et al.* 1999; ABRAPA 2013).

A pluma do algodão destaca-se como a mais importante matéria-prima utilizada em toda a cadeia têxtil do Brasil, que é um dos principais segmentos da indústria de transformação e, conseqüentemente, da economia do país (CONAB, 2013).

O algodão é a fibra macia que cresce em torno das sementes da planta de algodão e as fibras consistem principalmente de um polímero natural conhecido como celulose (AVILA & HINESTROZA, 2008). A fibra do algodão apresenta múltiplas e variadas aplicações, proporcionando aos tecidos, características dificilmente reproduzíveis pelos fios sintéticos, apesar dos diversos polímeros sintéticos de alto desempenho usados na indústria têxtil. O algodão ainda é o preferido, por ser suave, não irritar a pele, ter grande maciez, ser leve, além da beleza, absorvência e frescor.

A fibra possui várias aplicações industriais, das quais podemos citar confecções de fios para tecelagem de feltros, cobertores e estofamentos, películas fotográficas, chapas para radiografias dentre outros (RICHETTI & MELO FILHO, 2001).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de algodão situando-se em quinto lugar, atrás da China, Estados Unidos, Índia e Paquistão (ABRAPA, 2014), tendo produzido na safra 2012, 1,877 milhão de toneladas de pluma (CONAB, 2013). A cultura do algodoeiro no Brasil concentra-se, principalmente, na região do cerrado de Mato Grosso, Bahia, Goiás e Mato Grosso do Sul, sendo esta região responsável por cerca de 99% da produção brasileira (CONAB, 2013). O Brasil no ano de 2013 aproximadamente 900 mil ha de algodão, valor correspondente a uma redução de 36,3% na área plantada em relação à safra 2011/2012. Essa queda foi motivada principalmente pela retração dos preços no mercado internacional e doméstico a partir de março de 2012 e pela forte diminuição dos estoques de passagem observados no mundo e no Brasil nos últimos três anos (CONAB, 2013).

Algodão em pluma é o produto resultante do processo de beneficiamento do algodão em caroço, ocorrendo nessa operação a separação das fibras da semente por meio de processos mecânicos antes da industrialização têxtil (SILVA *et al.*, 1994).

Para a industrialização da pluma e obtenção de tecidos de qualidade, a fibra necessita apresentar características intrínsecas que a habilitem a produzir fios de alta qualidade e seja plenamente adaptável aos filatórios modernos empregados nas indústrias têxteis do mundo. Entre as características intrínsecas da fibra podem ser destacadas a resistência, comprimento, uniformidade de comprimento, maturidade, finura e alongamento (SANTANA *et al.*, 1999).

As fibras de algodão contêm 94% de celulose na sua massa seca. A degradação deste componente conduz a uma perda completa da estrutura e resistência das fibras. Para ocorrer degradação das fibras do algodão por fungos, são necessárias condições favoráveis como altas temperaturas e umidade, e baixo teor de oxigênio, muitas vezes propiciadas nos momentos do armazenamento e no transporte do algodão cru (KAESE *et al.*, 2010).

Os fungos são importantes contaminantes da pluma do algodoeiro e podem determinar a perda de qualidade do produto (MAROIS *et al.*, 2002). A maioria dos organismos encontrados associados com a pluma é de origem fúngica. Entre todos os microrganismos envolvidos na degradação de tecidos à base de celulose, os mais encontrados são os gêneros, *Myrothecium*, *Memnoniella*, *Chaetomium*, *Stachybotrys*, *Verticillium*, *Alternaria*, *Trichoderma*, *Penicillium* e *Aspergillus*. Os dois últimos gêneros são muito importantes, uma vez que incluem espécies que podem crescer em muito baixas condições de disponibilidade de água. Em más condições de armazenamento, a água que tais espécies menos exigentes produzem como resultado do seu metabolismo pode acumular-se, aumentando a umidade até níveis que favorecem as espécies mais degradativas.

ARAÚJO & FIGUEIREDO 2010 encontraram *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Phomopsis* spp., *Aspergillus niger* e *Rhizopus* sp. associados à pluma de algodão e sementes de algodão com línter de diferentes Países, enquanto LANE & SEWELL (2006) afirmam que *Aspergillus niger* foi a espécie mais comum identificada em associação com a pluma de algodão de diversas fontes do Mundo com implicação na saúde ocupacional.

KAESE *et al.*, 2010 demonstraram experimentalmente que isolados fúngicos de algodão proveniente da África do Sul, quando re-inoculados em algodão esterilizado

causaram perdas de resistência, uma característica tecnológica da fibra importante na classificação de algodão, de até 38,5%.

Microrganismos celulolíticos desempenham um papel importante na biosfera, por reciclagem de celulose, o hidrato de carbono mais abundante produzida pelas plantas. A celulose é um polímero simples, insolúvel possuindo microfibrilas cristalinas, que são altamente resistentes à hidrólise enzimática. Todos os organismos conhecidos por degradar a celulose produzem eficientemente uma bateria de enzimas com especificidades diferentes, que atuam em sinergismo. O estudo de enzimas celulolíticas ao nível molecular tem revelado algumas das características que contribuem para a sua atividade. Apesar de uma diversidade considerável, comparações de sequências mostram que os núcleos catalíticos de celulasas pertencem a um número restrito de famílias (CORRÊA, 2014).

As celulasas referem-se a um grupo de enzimas que atuam em conjunto para hidrolisar a celulose em açúcares solúveis e fornecem uma oportunidade chave para alcançar a utilização de biomassa (WEN *et al.*, 2005 ; LEE *et al.*, 2008). São também enzimas induzíveis, que são sintetizadas por microrganismos durante o seu crescimento em materiais celulósicos (LEE & KOO, 2001). Um número de fungos e bactérias capazes de utilizar celulose como fonte de carbono tem sido identificado (KIM *et al.*, 2008). Há uma grande variedade de microrganismos que produzem celulasas e alguns são verdadeiramente celulolíticos, ou seja, capazes de degradar a celulose natural (SZOSTAK-KOTOWA, 2004).

Essas enzimas podem ser produzidas de microrganismos, que incluem bactérias anaeróbicas (*Clostridium*, *Ruminococcus*, etc) e aeróbicas (*Cellulomonas*, *Thermobifida*, etc), actinomicetos (*Streptomyces*), fungos filamentosos (*Trichoderma*, *Bulgaria*, *Helotium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Chaetomium*, *Sporotrichum*, *Humicola*), plantas (*Fragaria L.*) e animais (moluscos e insetos) (DA SILVA *et al.*, 1994, LYND *et al.*, 2002; KAESE, 2010).

As celulasas secretadas por fungos filamentosos são formadas por três componentes principais: as exoglucanases ou celobiohidrolases, as endoglucanases ou celodextrinases, e as celobiasas ou β -glicosidases. Essas últimas não são consideradas como celulasas legítimas, mas desempenham um importante papel na hidrólise da celulose (MARTINS *et al.*, 2008).

Na maioria dos organismos celulolíticos, a síntese de celulasas é reprimida na presença fontes de carbono solúveis facilmente metabolizadas e induzida na presença de

celulose. Dentre todos os microrganismos produtores de celulases os fungos filamentosos são os mais utilizados em processos industriais. Suas propriedades fisiológicas, enzimáticas e bioquímicas permitem seu crescimento em substratos sólidos e a bioconversão dos mesmos, aumentando assim a capacidade de hidrólise por estes microrganismos (DILON, 2007).

No Brasil não existem estudos sobre a incidência e a contaminação da pluma de algodão por microrganismos e danos causados pelos mesmos à qualidade da fibra. Neste estudo objetivou-se isolar, identificar e avaliar a capacidade de fungos contaminantes da pluma do algodão em produzir celulases que pudessem alterar as características físicas da fibra interferindo na qualidade da intrínseca da mesma.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O ALGODÃO (*Gossypium hirsutum* L.) E SUA RELEVÂNCIA ECONÔMICA

Os primeiros indícios do uso pelo homem de algodão são da Índia, em aproximadamente 3000 a.C. Também foram encontrados tecidos de algodão de idade comparável em escavações na América do Sul. O cultivo do algodão parece ter se espalhado da Índia para o Egito, China e Sul do Pacífico. Mesmo que a fibra já fosse conhecida na América do Sul, o cultivo de algodão em grande escala começou na América do Norte no século 16 com a chegada dos colonos à partes do Sul do atual Estados Unidos.

Considerada a mais importante cultura para fibra têxtil, o algodoeiro é uma planta que possui o mais completo aproveitamento e que oferece maior variedade de produtos contribuindo também para a fabricação de falsos tecidos e itens de higiene pessoal (Anuário Brasileiro do Algodão, 2013). É reconhecido que a maioria dos consumidores prefere algodão em itens de cuidados pessoais àqueles que contêm fibras sintéticas. O consumo mundial de fibras têxteis em 2012 foi de aproximadamente 81,2 milhões de toneladas. Desse total, o algodão representou cerca de 22,9 milhões de toneladas (ICAC, 2014).

O agronegócio do algodão é uma das principais atividades tanto na geração de renda como na ocupação de mão de obra e na geração de emprego no mundo, em setores primário e industrial principalmente. O comércio mundial do algodão movimentava anualmente cerca de US\$ 12 bilhões e envolve mais de 350 milhões de pessoas em sua produção, desde as fazendas até a logística, o descaroçamento, o processamento e a embalagem (SANTANA *et al.*, 1999, ABRAPA, 2013).

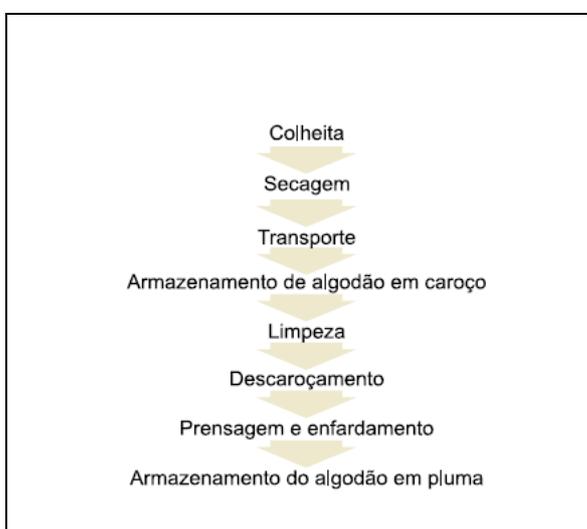
O algodão está entre as mais importantes culturas de fibras no mundo. Todos os anos, uma média de 35 milhões de hectares de algodão são plantados por todo o planeta. A demanda mundial tem aumentado gradativamente desde a década de 1950, a um crescimento anual médio de 2%. O algodão é produzido por mais de 60 países, nos cinco continentes. Cinco países China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil lideram o ranking como os principais produtores da fibra (ABRAPA, 2013).

2.1.2 Algodão em pluma e seu armazenamento

Algodão em pluma é o produto resultante do processo de beneficiamento do algodão em caroço que ocorre antes da industrialização têxtil. O processo consiste em separar a fibra das sementes, por meio de processos mecânicos, de retirada do caroço e que resulta em fibras limpas e prontas para a fiação (SILVA *et al.*, 2009) (Figura 1).

Segundo SILVA *et al.*, 2009, antes do armazenamento os fardos devem ser pesados e embalados com o peso de até 200 kg, devendo ser armazenados no galpão, em espaço isolado, arejado, isento de umidade e fora do alcance de animais.

Figura 1-Etapas do processo de produção do algodão em pluma.



Fonte: SILVA *et al.*, 2009

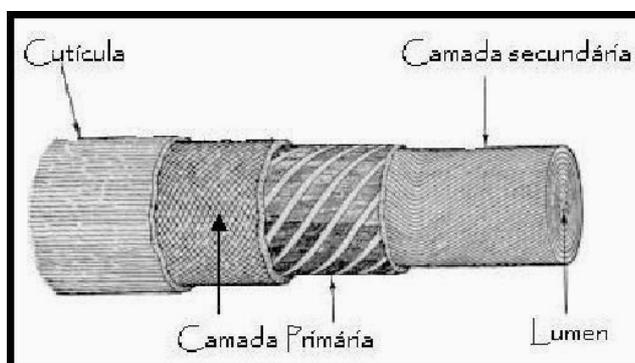
2.2 A FIBRA DO ALGODÃO

A fibra de algodão é uma estrutura unicelular coletada da semente da planta de algodão. A função dessas fibras é proteger a jovem semente imatura e ajudar em sua dispersão quando estiver madura. Cada fibra, que pode ser longa ou curta, consiste em uma única célula vegetal completa. Embora seja diferente em suas formas, o algodão tem as características morfológicas de todas as células vegetais. (CHIAVEGATO, 1995)

As fibras de algodão são estruturalmente diferenciadas dentro de zonas concêntricas e um miolo central profundo chamado de lúmen. A camada mais externa é chamada de cutícula e é composta por um fino filme e gorduras, pectinas e cera, É uma camada que convém destruir na primeira fase de ultimação têxtil, de modo a tornar o

algodão hidrófilo. Interna a ela está a camada primária, composta principalmente de celulose na qual as fibrilas estão dispostas em um desenho cruzado. Em direção ao centro temos a camada secundária composta de celulose que constitui a maior parte da fibra, Esta camada constitui cerca de 90 % do seu peso, determinando sua maturidade e resistência. O lúmen que é a camada mais interna da fibra desempenha um papel muito importante no seu crescimento, pois é constituído por restos do protoplasma da célula que deu origem à fibra, por este motivo, contém substâncias protéicas, sais minerais e corantes (BELTRÃO, 2004; THROTMAN, 1984) (Figura 2).

Figura 2- Estrutura morfológica da fibra do algodão



Fonte: THROTMAN, 1984.

O algodão cru contém, além da celulose, os constituintes comuns da célula vegetal. São estes o óleo e a cera, as pectoses e as pectinas, as proteínas e os compostos de nitrogênio mais simples, ácidos orgânicos, substâncias minerais e pigmentos naturais. Os fios de algodão, ou bons pedaços dele, podem conter substâncias estranhas compostas principalmente por sujeiras, resíduos e óleo de máquina. A composição aproximada do algodão cru é de 85,5% de celulose, 0,5% de óleo e cera, 5,0% de proteínas, pectoses e pigmentos e 1,0% de substância mineral 8,0% de umidade (BELTRÃO, 2004; THROTMAN, 1984).

2.3 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA FIBRA DE ALGODÃO

O sistema HVI (High Volume Instrument) foi desenvolvido para realizar medições em larga escala de amostras de algodão em um espaço mínimo de tempo, medindo as principais características físicas definidas pelo USDA (United States Department of Agriculture), tanto para o mercado do algodão como para o

melhoramento genético, dentre estas medições estão, índice micronaire (MIC), comprimento (UHM), resistência (STR), alongamento à ruptura (ELG), uniformidade de comprimento (UNF), índice de fibras curtas (SFI), índice de fiabilidade (CSP), refletância (RD), grau de amarelecimento (+b) (ZELLWEGGER-USTER, 1995).

O procedimento de análise de fibras de algodão pelo método HVI é padronizado pela norma internacional ASTM D-4605 (American Society for Testing and Materials).

O comprimento da fibra e sua uniformidade são importantes características do algodão, pois de maneira geral, as máquinas que compõem as fiações possuem sistemas de estiragem por cilindros, que são construídos para operar eficientemente apenas com relação a uma gama muito estreita de comprimentos de fibras. (ZELLWEGGER-USTER, 1995).

O índice micronaire (Mic) é a espessura da parede celular que depende da deposição da celulose para ser formada e seu período de formação dura 25 a 30 dias. O período vai resultar em uma maturidade a esta célula, onde cada célula é uma fibra. Uma parede celular mais fina significa que a fibra não teve tempo suficiente para se tornar madura, ou seja, a deposição da celulose foi prejudicada por alguma condição climática (Tabela 1).

Tabela 1- Índice micronaire segundo ASTM D 1448-79.

Mic	Interpretação
Menos de 3,0	Muito fina
De 3,0 a 3,9	Fina
De 4,0 a 4,9	Regular
De 5,0 a 5,9	Grossa
6,0 ou mais	Muito grossa

Fonte: SESTREN; LIMA, 2007.

Outra característica intrínseca da fibra, a resistência (STR), é dada pela unidade gf/tex reflete a união da celulose depositada onde a mesma se agrega formando um só tecido. Se a celulose é depositada uniformemente forma um tecido forte, promovendo resistência à tração devido à formação da fibra que se faz com torção, Essa variável pode ser avaliada de acordo com a Tabela 2 segundo norma ASTM D1445 (ZELLWEGGER-USTER, 1995).

A relação entre a finura da fibra e a resistência do fio consiste em quanto mais finas e maduras forem as fibras, maior será a força à ruptura do fio. Há também uma forte

correlação entre a finura da fibra e a variação da tonalidade nos fios e tecidos tingidos (ABRAPA, 2014).

Tabela 2- Resistência à ruptura (STR) segundo norma ASTM D1445.

Limites (gf/tex)	Interpretação
Inferior a 20	Muito baixa
21-23	Baixa
24-26	Média
27-29	Elevada
Mais de 30	Muito Elevada

Fonte: SESTREN; LIMA, 2007.

O comprimento da fibra do algodão se dá através do crescimento da célula, por caracteres genéticos. Se este processo for interrompido por algum tipo de estresse, como, o fruto nascerá precocemente priorizando a semente e prejudicando assim as fibras que não se formaram. Assim sendo a planta não teria tempo para formação completa dando origem a fibra mais curta prejudicando o comprimento médio do algodão. No sistema HVI para a medição do comprimento das fibras os parâmetros referenciais podem ser observados na Tabela 3 (SESTREN; LIMA 2007; ZELLWEGER USTER, 1995). Quanto maior o comprimento da fibra do algodão maior será sua classificação comercial (AGUIAR - NETO, 1996).

A maturidade é uma importante característica física da fibra, e significa o período que cada fibra necessita para completar seu ciclo. Quando o desenvolvimento desta fase é adiantado por alguma intempérie, o período de formação da fibra é reduzido o que indica uma fibra imatura. Isso prejudica todos os processos em questão já comentados acima; maior número de fibras imaturas significa maior número de índice de fibras curtas, micronaire reduzido, comprimento anormal e uma uniformidade comprometida. As fibras com parede secundária espessa são tidas como maduras (ABRAPA, 2014).

Tabela 3- Parâmetros do comprimento de fibra segundo norma ASTM D-1447

Comprimento (mm)	Interpretação
25,15	Curto
25,16 a 27,94	Regular
27,94 a 32	Longo
32,00	Muito longo

Fonte: SESTREN; LIMA, 2007.

A relação entre comprimentos das inúmeras fibras formadas em uma só semente é chamada de uniformidade (UNF). Cada semente se protege formando fibras em sua volta. Cada fibra (sendo uma célula) tem crescimento individual e contínuo, quando o crescimento é paralisado por algum fator externo, ocorre a redução no tamanho da fibra, fazendo com que cada fibra que envolve esta semente seja de um tamanho diferente, causando uma diferença na uniformidade (Tabela 4).

Tabela 4- Parâmetros da uniformidade de comprimento da fibra segundo norma ASTM D-1447.

UNF	Interpretação
Acima de 85 %	Muito Alta
85 a 83 %	Alta
82 a 80 %	Média
79 a 77 %	Baixa
Abaixo de 77 %	Muito Baixa

Fonte: SESTREN; LIMA, 2007.

O índice de fibras curtas (SFI) significa que a fibra por si só tem dentro de sua genética um sinal do quanto vai crescer. Se não for prejudicada, ela vai manter este crescimento que já está inserido em sua genética. Já o índice de fiabilidade - Count Strength Product (CSP) é obtido por uma fórmula de regressão fornecida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos sendo interpretado como na Tabela 5 (ZELLWEGER USTER, 1995; SESTREN; LIMA, 2007).

Tabela 5 - Índice de fiabilidade segundo Comissão Internacional de Padrões Universais.

Categoria	CSP (HVI)
Muito baixo	Abaixo de 1750
Baixo	1750
Médio	1750 a 2000
Alto	2000 a 2250
Muito alto	Acima de 2250

Fonte: SESTREN; LIMA, 2007.

Alongamento (Elongação) à ruptura segundo a norma ASTM D 1445, o alongamento permite avaliar-se o comportamento elástico de um material têxtil quando

submetido a um esforço de tração, proporcionando uma idéia sobre a fiabilidade esperada e sobre as possibilidades de tratamento posteriores (Tabela 6).

Tabela 6 - Parâmetros de alongamento à ruptura (elongação) segundo ASTM D 1445.

Dilatação (%)	Interpretação
Menos de 5,0	Muito frágil
5,0 a 5,9	Frágil
5,9 a 6,7	Regular
6,8 a 7,6	Elevada
Mais de 7,6	Muito elevada

Fonte: SESTREN; LIMA, 2007.

As características intrínsecas, índice micronaire, resistência, comprimento e alongação possuem alto valor no tocante ao valor final da pluma.

O grau de reflexão (Rd) segundo NICKERSON E HUNTER (1958) está ligado ao conteúdo de cinza da amostra a ser analisada e se refere à quantidade da luz que é refletida pela amostra. O valor Rd pode ser lido no diagrama de cor. Quanto mais branco for o algodão, maior será seu grau de reflexão. O grau de amarelamento (b+) da amostra se determina com a ajuda de um filtro amarelo, e este valor se coloca na abscissa do diagrama de cor. As interseções das coordenadas Rd e +b permitem definir os assim chamados Color-grades.

Os patamares internos e externos hoje para o algodão comercial são índice micronaire de 3,8 a 4,2, comprimento médio maior que 28 mm, resistência maior que 29 gf/tex, alongamento à ruptura maior que 7,0, maturidade maior que 85%, uniformidade no comprimento das fibras maior que 75%, índice de fibras curtas menor que 10%, e índice de fiabilidade maior que 2200.

As características tecnológicas da fibra de algodão, apesar de serem condicionadas por fatores genéticos, sofrem decisiva influência dos fatores ambientais, conforme as situações de cultivo. Algumas incontroláveis, como as condições climáticas e outras passíveis de controle, como a fertilidade do solo, a incidência de pragas e o aparecimento de doenças (SANTANA *et al.*, 1999).

A principal preocupação da cotonicultura é com a qualidade da fibra, para atender às exigências das indústrias nacionais e clientes externos (MAPA, 2013). A classificação do algodão no Brasil segue um regulamento técnico definido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Instrução

Normativa 63, de 05 de dezembro de 2002, que trata da Identidade e qualidade para a classificação do algodão em pluma (ABRAPA, 2014).

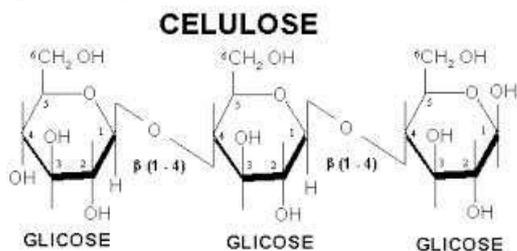
2.4 FUNGOS CONTAMINANTES DE FIBRAS, ESTRUTURA DA CELULOSE E CELULASES DE ORIGEM MICROBIANA

A maioria dos patógenos que afetam as maçãs do algodoeiro, tais como *Alternaria* spp. , *Aspergillus flavus*, *Colletotrichum* spp., *Fusarium* spp., *Myrothecium roridum* , *Lasiodiplodia theobromae*, *Phoma* spp. , *Phomopsis* spp. e *Rhizoctonia* , podem também ocasionar danos à pluma (Belot & Zambiasi, 2007; Chitarra, 2007; Zancan *et al.* 2011). Se o algodão não for colhido na época adequada e permanecer exposto a condições de ambiente adverso, sobretudo a condições de chuva e elevada umidade relativa do ar, por períodos prolongados, o crescimento de patógenos sobre a pluma pode ser suficiente para causar a sua descoloração.

Mesmo não ocorrendo a degradação da celulose das fibras, o seu escurecimento pela presença de esporos fúngicos ocasiona perda na qualidade do produto, resultando em um menor valor de mercado para ele. Um dos patógenos que causa maior escurecimento na fibra do algodão é justamente *Aspergillus niger*, em virtude da grande quantidade de esporos produzidos que se infiltram entre as fibras, nos fardos de pluma, induzindo o seu escurecimento e conseqüente perda de qualidade (HILLOCKS, 1992). A maioria dos fungos que são contaminantes da pluma produzem enzimas celulolíticas.

Quando todas as impurezas são removidas, o principal constituinte da fibra que sobra é a celulose. A celulose tem uma fórmula empírica de $(C_6H_{10}O_5)_n$, é um polissacarídeo constituinte de plantas que possui cadeia linear composta por 8000 a 1200 unidades de glicose, formadas por moléculas de D-glicose, unidas através de ligações β -1,4 (Figura 3).

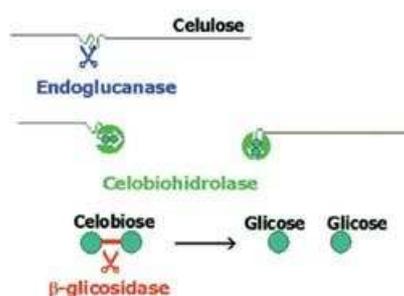
Figura 3- Representação Molécula de Celulose



Fonte: TÉBÉKA, 2009.

Celulases são enzimas responsáveis pela degradação da celulose e constituem um complexo de enzimas, que recebem nomes de acordo com sua estrutura e seus mecanismos de ação endoglucanases, exoglucanases ou celobiohidrolases e beta-glicosidases (Figura 4) (ZHANG, 2000, LYND *et al.*, 2002). As endoglucanases agem na região interna da fibra de celulose e liberam compostos com poucas unidades de glicose. As exoglucanases agem nas extremidades das fibras de celulose e liberam tanto unidades de glicose quanto de celobiose, que são compostos menores, formados por duas unidades de glicose. As beta-glicosidases quebram a ligação química existente entre as duas unidades de glicose que formam a celobiose, liberando unidades de glicose (LYND *et al.*, 2002).

Figura 4 - Representação esquemática da ação catalítica do complexo enzimático (celulases) sobre celulose com geração de glicose.



Fonte: TÉBEKA, 2009.

As enzimas celulolíticas são produzidas por uma grande variedade de bactérias e fungos, aeróbios e anaeróbios, mesófilos e termófilos. No entanto, relativamente poucos fungos e bactérias produzem celulases extracelulares capazes de solubilizar celulose cristalina (BHAT, 1997). Muitas espécies de fungos possuem a habilidade de degradar a celulose produzindo as celulases extracelulares (enzimas produzidas no interior da célula e lançadas para o meio externo). Os principais gêneros produtores são *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* e *Fusarium* (DASHTBAN *et al.*, 2009). O fungo *Aspergillus niger* é produtor de celulases e pode ser considerado, algumas vezes, superior aos outros fungos reconhecidamente bons produtores dos complexos celulolíticos e hemicelulolíticos, como o *Trichoderma reesei* (AGUIAR & MENEZES, 2000).

Os fungos são considerados os mais importantes micro-organismos utilizados pela indústria para a produção de enzimas, sendo espécies dos gêneros *Trichoderma*, *Schizophyllum*, *Chaetomium*, *Sporotrichum*, *Humicola*, *Aspergillus* e *Penicillium* importantes decompositores celulolíticos (DA SILVA *et al.*, 1994, LYND *et al.*, 2002). As celulasas fúngicas têm sido muito estudadas devido ao seu grande potencial biotecnológico (NG, 2007).

Fungos são boas fontes para obtenção de celulasas em função de sua capacidade de produção extracelular, em comparação com as bactérias celulolíticas. São produzidas basicamente endoglucanases e exoglucanases, ambas envolvidas na hidrólise da celulose (BERLIN *et al.*, 2005).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PROCEDÊNCIA DA PLUMA E AMOSTRAGEM

As amostras do algodão em pluma todas do ano de 2013, dos Estados de Mato Grosso e Bahia foram obtidas na Empresa de Fiação Coteminas S/A. na unidade de Campina Grande no estado da Paraíba, enquanto as amostras de Mato Grosso do sul, Goiás, Rio Grande do Norte, Ceará e Paraíba foram obtidas de pequenos produtores.

Os fardos de 200 Kg foram amostrados de ambos os lados. De cada lado foram retirados 75 gramas perfazendo 150 gramas por fardo, foi realizada uma amostra composta por fardo para fazer os isolamentos e a análise no sistema High Volume Instrument.

3.2 ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DOS FUNGOS

Os experimentos foram realizados no laboratório de Fitopatologia da unidade Embrapa Algodão situado em Campina Grande/PB. Para o isolamento foi utilizada a metodologia adaptada de KAESE *et al.* (2010). Uma sub amostra de alíquotas de 0,6 g das amostras foram transferidas separadamente para tubo de ensaio contendo 10 mL de solução tampão cloreto de sódio – Peptona Fosfato pH 7,0 (Fosfato de potássio monobásico 3,56 g , Fosfato dissódico.2H₂O 7,23g , Cloreto de sódio 4,30 g, Peptona (carne ou caseína) 1,0 g para 1000 mL) agitados em aparelho de agitação de tubos tipo Vórtex por 1 minuto e realizadas diluições de 1:10, 1:50, 1:100 . Alíquotas de 300 µL

foram plaqueadas em meio de cultura Extrato de Malte-Ágar acrescido de cloranfenicol (30 mg/L) e as placas incubadas em estufa para BOD por 3 a 14 dias a 25°C. Foram contadas as Unidades Formadoras de Colônias por diluição.

Posteriormente as colônias de fungos que apresentaram características morfológicas distintas foram transferidas para meios de cultura apropriados sendo purificadas em seguida. As amostras de fungos foram transferidas para meios de cultura sugeridos pela literatura para identificação, utilizando características macroscópicas (coloração da colônia, aspecto e diâmetro) e microscópicas (estruturas somáticas e reprodutivas) segundo KLICH (2002), PITT (2000), SUTTON (1980), LESLIE (2006), BENSCH (2012), SEIFERT *et al.* (2011).

Na tentativa de induzir a esporulação os isolados que não a apresentaram foram transferidos para os meios de cultura: BCA (20 g de batata, 20g de cenoura e 17g de Ágar-ágar para 1000 mL de água destilada); Ágar-Fubá (50 g de Fubá, 17 g de Ágar-ágar para 1000 mL de água destilada); Ágar-aveia (60 g de farinha de aveia, 17 g de Ágar-ágar para 1000 mL de água destilada); Meio V8 (10%) (18g de Ágar-ágar, 3g de CaCO₃, 100 mL de suco de tomate V8 e 900ml de água destilada); Meio SNA , Synthetic Nutrient-poor agar (1,0 g de KH₂ PO₄; 1,0 g de KNO₃; 0,5 g de MgSO₄· 7 H₂O; 0,2 g de KCl; 0,2 g de Glicose ; 0,2 g de sacarose , 17 g de Ágar – ágar para 1000 mL de água destilada). Além disso, foram submetidos a um choque de luz UV por 5 minutos com comprimento de onda em torno de 260 nm. E efetuou-se também a raspagem superficial do micélio aéreo da colônia fúngica após 7 dias de crescimento para induzir a produção de corpos de frutificação.

3.3 ANÁLISES DAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA FIBRA (HVI)

As características tecnológicas da fibra foram determinadas utilizando o sistema HVI (High Volume Instrument), no laboratório de fibras e fios da Embrapa Algodão, no aparelho Uster ® modelo HVI 1000. Amostras das plumas dos sete Estados em estudo foram retiradas dos fardos e encaminhadas para sala de HVI para a aclimação padrão e medição das características físicas, índice micronarie (MIC), comprimento (UHM), resistência (STR), alongamento à ruptura (ELG), uniformidade de comprimento (UNF), índice de fibras curtas (SFI), índice de fiabilidade (CSP), refletância (RD), grau de amarelecimento (+b).

3.4 ATIVIDADE CELULOTÍTICA EM MEIO DE CULTURA SÓLIDO

A determinação da atividade enzimática dos isolados fúngicos obtidos foi realizada baseada na metodologia descrita por TEATHER E WOOD (1982). A capacidade de degradação de celulose foi analisada utilizando o meio Ágar celulose, com a composição: MgSO_4 ($0,5\text{g.L}^{-1}$); KCl ($0,5\text{g.L}^{-1}$); NaNO_3 ($3,0\text{g.L}^{-1}$); $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ($0,01\text{L}^{-1}$); K_2HPO_4 ($1,0\text{g.L}^{-1}$); Ágar-ágar (15g.L^{-1}); carboximetilcelulose ($5,0\text{g.L}^{-1}$). Os microrganismos foram inoculados com auxílio de uma alça no centro da placa de Petri contendo o meio de cultura citado.

As placas foram incubadas por 4 (quatro) dias a 30°C em triplicata. Depois desse período, 10 mL de solução corante de Vermelho Congo (1g.L^{-1}), foram vertidos sobre as placas após 15 minutos em repouso a solução foi descartada. Em seguida as culturas foram lavadas com solução de NaCl 2M e as placas deixadas em repouso por um período de 15 minutos. A presença de zonas claras ao redor das culturas é indicadora da atividade de celulase. Os diâmetros das colônias em dois sentidos perpendiculares e dos halos de hidrólise produzidos foram medidos com régua milimetrada. O índice enzimático foi calculado dividindo-se os valores desses halos, tendo o halo de crescimento do fungo como denominador. A medida dos diâmetros dos halos de hidrólise observada com o corante Vermelho Congo representa uma informação diretamente relacionada à região de atuação das enzimas celulolíticas, visto que o corante Vermelho Congo permanece ligado apenas às regiões onde há ligações β -1,4 glicídicas.

3.5 RE-INOCULAÇÃO DE ISOLADOS FÚNGICOS DIRETAMENTE NA PLUMA DO ALGODÃO

Após o bioprospecção (screening) dos fungos produtores de celulases, os 8 (oito) isolados com maiores índices enzimáticos foram reinoculados na pluma de algodão. Para tanto cerca de 200 g de pluma foram reinoculadas utilizando-se pérolas de sílica gel de 4 a 8 mm com esporos fúngicos aderidos à mesma.

Previamente, as pérolas de sílica foram submetidas a uma verificação da quantidade de esporos aderidos sendo realizado o seguinte procedimento: as placas dos oito isolados com o crescimento fúngico de 7 dias em Extrato de Malte receberam 50 pérolas de sílica gel esterilizadas e resfriadas em dessecador. Foram agitadas dentro da

placa por 1 minuto e logo após lavadas uma a uma em tubos de Eppendorf® com 1 mL de água + tween 80 uma a uma quantificadas em Câmara de Neubauer, obtendo a aproximadamente 10^5 esporos por mL/pérola. Após este procedimento foi realizada a inoculação das pérolas na pluma à seco, fazendo uma relação peso e volume para ajustar a proporção a ser inoculada, 44 pérolas com inóculo padronizado foram utilizadas para inocular 200 g de pluma de algodão.

Após a inoculação à seco as plumas de algodão foram acondicionada em sacos de pano e colocadas em condições de armazenamento em local arejado e isento de umidade. Mensalmente sub-amostras de 10 gramas em triplicata foram retiradas para aclimação (período de 24 horas na sala do HVI para atingir as condições necessárias para análise) e posterior leitura das características tecnológicas pelo aparelho de HVI, que oferece valores das de variáveis de comprimento e uniformidade da fibra, índice micronaire, índice de fibras curtas, resistência, maturação, grau de amarelecimento, índice de refletância, alongamento à ruptura e índice de fiabilidade foram realizados leitura de 60, 90, 120, 150 e 180 dias contados da inoculação. Subsequentemente as médias das características tecnológicas da pluma foram submetidas à análise de variância conjunta, teste Scott-Knott a 5% de probabilidade para determinar se as variáveis sofreram interferência pela presença do fungo.

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizados, com três repetições. Os dados obtidos foram submetidos à uma análise de correlação e as médias comparadas pelo teste t. O ensaio dos dados de atividade celulolítica foram obtidos por meio do estudo de 08 isolados degradadores de celulose no tempo de 180 dias a intervalos de 30 dias, a partir dos 60 dias, com 3 repetições, em ensaio fatorial 8x5 (08 isolados, 05 períodos de armazenamento). Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA e comparados pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott usando o programa e os dados obtidos foram submetidos ao teste ANOVA e comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade usando o programa estatístico Sisvar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ISOLADOS FÚNGICOS

As médias das unidades formadoras de colônias obtidas nas plumas de algodão para cada Estado encontram-se na Tabela 7, bem como a riqueza de gêneros e as espécies para cada Estado.

Foram obtidos 128 isolados fúngicos pertencentes a 16 gêneros (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Scolecobasidium*, *Phomopsis*, *Phoma*, *Torula*, *Rhizopus*, *Periconia*, *Fusiocladium*, *Acremonium*, *Wallemia*, *Bipolaris*) de pluma do algodão dos sete Estados produtores de algodão no Brasil (Mato Grosso, Bahia, Mato Grosso do Sul, Goiás, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte). O gênero *Cladosporium* esteve presente em 100 % das amostras analisadas, e os fungos mais prevalentes em todas as amostras de plumas dos Estados analisados foram, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, e *Penicillium* (Figura 5). Vinte e duas espécies foram identificadas, as espécies do complexo *Cladosporium cladosporioides* e *Cladosporium tenuissimum* foram as mais frequentes (Tabela 8) e trinta e quatro isolados não apresentaram fase de esporulação, apesar de todas as tentativas descritas no item 3.2 de materiais e métodos e estão sob denominação de Micelia estéril.

As plumas de algodão provenientes dos Estados Mato Grosso, Goiás e Bahia apresentaram o maior número de unidades formadoras de colônias não havendo diferenças significativas entre eles. A pluma proveniente do Estado da Bahia apresentou maior diversidade fúngica com 11 gêneros distintos. O gênero *Cladosporium* apresentou a maior quantidade de isolados fúngicos. Este fungo é encontrado no solo e no ar como contaminante de ambiente. Para a pluma do algodão do Estado do Mato Grosso, houve maior incidência do gênero *Cladosporium* e uma maior diversidade de espécies para o gênero *Fusarium* ocorrendo *F. semitectum*, *F. verticillioides*, *F. oxysporum* e *F. decemcellulare*.

Tabela 7 - Média de unidades formadoras de colônias por mL em 0,6 g de pluma de algodão por Estado e seus respectivos gêneros e espécies identificadas.

Estado	Média UFC/Total em 0,6 g de pluma	Gêneros	Quantidade de isolados	Espécies	Quantidade /Espécies
Mato Grosso	24	<i>Cladosporium</i>	12	<i>C. tenuissimum</i>	5
				<i>C.cladosporioides</i> complexo	7
				<i>F. verticilioides</i>	2
				<i>F.semitectum</i>	3
				<i>F. oxysporum</i>	1
				<i>F. decemcellulare</i>	1
		<i>Aspergillus</i>	4	<i>A.ustus</i>	1
				<i>A.versicolor</i>	1
				<i>Emericella</i> <i>nidulans</i>	2
		<i>Penicillium</i>	3	<i>P.citrinum</i>	3
		<i>Rhizopus</i> sp.	1	-----	----
		Micelia esterilia	13	-----	----
		Bahia	16,5	<i>Cladosporium</i>	10
<i>C.cladosporioides</i> complexo	7				
<i>Fusarium</i>	7				
	4			<i>F.semitectum</i>	3
				<i>F. verticilioides</i>	4
<i>Aspergillus</i>	4			<i>A.terreus</i>	1
				<i>A.flavus</i>	1
				<i>A.niger</i>	1
				<i>A.japonicus</i>	1
<i>Penicillium</i>	4			<i>P.citrinum</i>	4
<i>Acremonium</i> sp.	2			-----	----
<i>Phomopsis</i> sp.	1			-----	----
<i>Bipolaris</i> sp.	1			-----	----
<i>Phoma</i> sp.	1	-----	----		

		<i>Paecilomyces</i>	1	<i>P.variotti</i>	1
		<i>Colletotrichum</i>	2	<i>C.gloeosporioides</i>	2
		<i>Scolecobasidium</i> sp.	1	-----	----
		Micelia esterilia	12	-----	----
Goiás	17,75	<i>Cladosporium</i>	3	<i>C.cladosporioides</i> complexo	3
		<i>Aspergillus</i>	1	<i>A.wentii</i>	1
		<i>Fusarium</i>	1	<i>F. verticilioides</i>	1
		Micelia esterilia	6	-----	----
		<i>Fusarium</i>	1	<i>F.avenaceum</i>	1
Mato Grosso do Sul	5	<i>Aspergillus</i>	1	<i>A.flavus</i>	1
		<i>Cladosporium</i>	1	<i>C.cladosporioides</i> complexo	1
		<i>Penicilium</i>	1	<i>P. variabile</i>	1
		<i>Acremonium</i> sp.	1	-----	----
		Micelia esterilia	2	-----	----
		<i>Aspergillus</i>	3	<i>A.terreus</i> <i>A. clavatus</i> <i>A. niger</i>	1 1 1
Ceará	6	<i>Cladosporium</i>	1	<i>C.tenuissimum</i>	1
		<i>Rhizopus</i> sp.	1	-----	----
		<i>Fusiocladium</i> sp.	1	-----	----
		<i>Wallemia</i> sp.	1	-----	----
		<i>Acremonium</i> sp.	2	-----	----
RN		<i>Acremonium</i> sp.	2	-----	----

		<i>Periconia</i>	2	<i>Periconia sarawatipurensis</i>	2
	2,25	<i>Cladosporium</i>	1	<i>C.cladosporioides</i> complexo	1
		<i>Torula</i>	1	<i>Torula herbarum</i>	1
		Micelia esterilia	1	-----	----
Paraíba				<i>A.flavus</i>	1
		<i>Aspergillus</i>	5	<i>A.terreus</i>	3
				<i>A.niger</i>	1
	9	<i>Paecilomyces</i>	2	<i>P. variotti</i>	1
		<i>Rhizopus</i> sp.	2	-----	----
		<i>Cladosporium</i>	1	<i>C.cladosporioides</i> complexo	1
		<i>Wallemia</i> sp.	1	-----	----

Legenda- ----- : Isolados cujas espécies não foram determinadas.

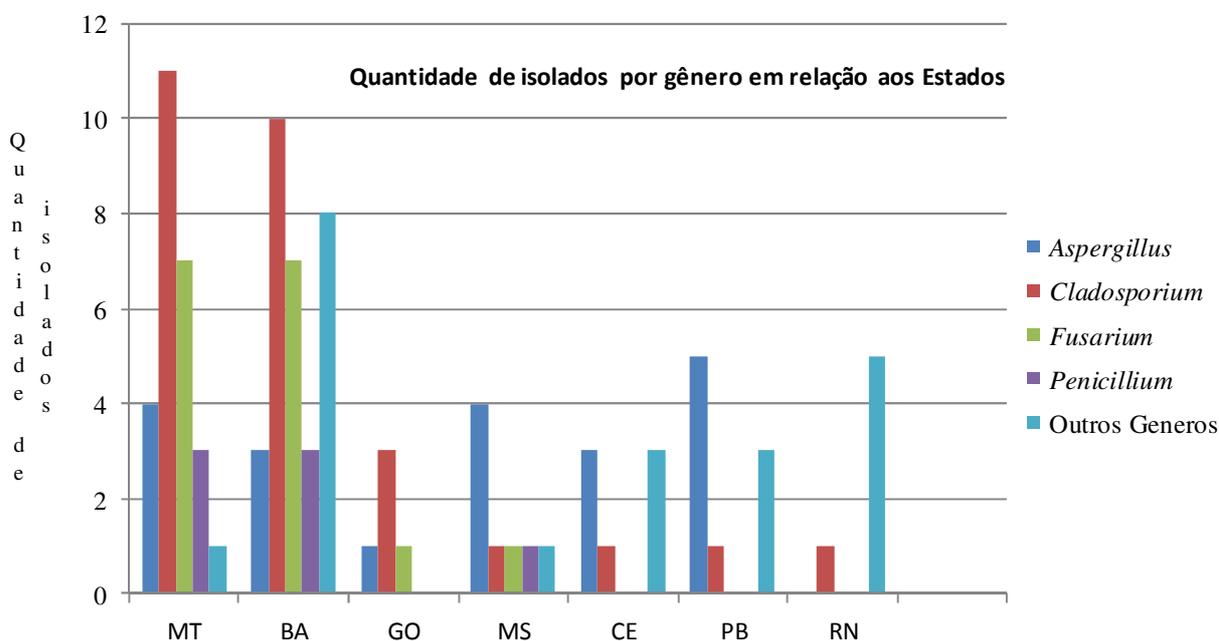
RN : Rio Grande do Norte.

Tabela 8 - Diversidade de espécies de fungos obtidas da pluma de algodão em sete Estados Brasileiros.

	Espécies	Isolados por espécie
1	<i>Aspergillus clavatus</i>	1
2	<i>Aspergillus flavus</i>	1
3	<i>Aspergillus japonicus</i>	1
4	<i>Aspergillus niger</i>	2
5	<i>Aspergillus terreus</i>	5
6	<i>Aspergillus ustus</i>	1
7	<i>Aspergillus versicolor</i>	1
8	<i>Aspergillus wentii</i>	1

9	<i>Cladosporium cladosporioides complexo</i>	20
10	<i>Cladosporium tenuissimum</i>	9
11	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	2
12	<i>Emericella nidulans</i>	2
13	<i>Fusarium avenaceum</i>	1
14	<i>Fusarium decemcellulare</i>	1
15	<i>Fusarium oxysporum</i>	1
16	<i>Fusarium semitectum</i>	6
17	<i>Fusarium verticillioides</i>	7
18	<i>Paecilomyces variotti</i>	2
19	<i>Penicillium citrinum</i>	5
20	<i>Penicillium variabile</i>	1
21	<i>Periconia sarawatipurensis</i>	2
22	<i>Torula herbarum</i>	1

Figura 5- Ocorrência de gêneros de fungos em pluma do algodão provenientes de sete Estados produtores do Brasil.



Nascimento, J.F. (2015).

As plumas de algodão dos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Mato Grosso do Sul e Ceará apresentaram menor quantidades de UFC por diluição, porém, no Estado de Goiás constatou-se a presença de *Fusarium verticillioides*. A espécie *F.*

verticillioides é agente causal da doença conhecida como cotton hardlock (MAROIS, 2002) que causa o enrijecimento das fibras de algodão. A contaminação por esses microrganismos pode ocorrer no campo, quando muitos dos patógenos causadores de podridões dos frutos migram para a pluma e podem nela se desenvolver. Além do Estado citado este fungo ocorreu também nas plumas dos Estados de Mato Grosso e Bahia.

Dentre os fungos isolados nos Estados de Mato Grosso e Bahia respectivamente, a espécie *Fusarium oxysporum* e o gênero *Phoma* sp. são descritos na literatura como fitopatógenos do algodoeiro (CHITARRA, 2007).

Os Autores HILLOCK 1992; CHITARRA, 2007, relatam que a murcha de fusário do algodoeiro causada por varias espécies de *Fusarium* é endêmica para a Região Centro-Oeste. Nossos dados reforçam esta premissa, uma vez que nos Estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Paraíba este gênero não foi isolado das plumas do algodão.

Aspergillus niger ocorreu em apenas três Estados Paraíba, Bahia e Ceará com baixa incidência (Tabela 7), divergindo dos resultados de trabalhos anteriores (LANE E SEWELL, 2006), onde os principais contaminantes foram espécies de *Aspergillus*.

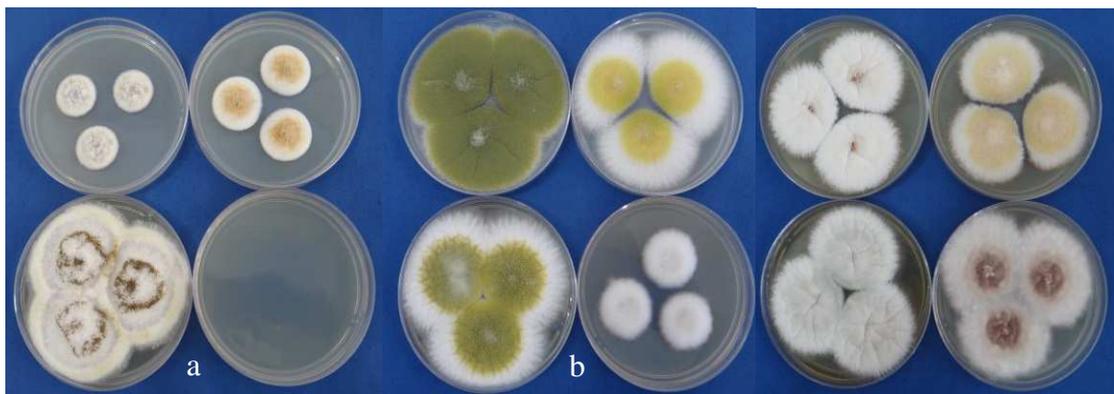
Neste estudo observou-se que a maior prevalência de contaminação da pluma do algodoeiro no Brasil foi do gênero *Cladosporium*, tendo sido detectadas duas espécies *C. cladosporioides* complexo e *C. tenuissimum* O gênero é cosmopolita, saprofítico, e encontrado comumente em solos e ar.

Foram isoladas oito espécies do gênero *Aspergillus*: *A. clavatus*, *A. flavus*, *A. japonicus*, *A. niger*, *A. terreus*, *A. ustus*, *A. versicolor*, *A. wentii*. A macromorfologia destas espécies encontra-se ilustrada na Figura 6.

ABDEL-KAREEM, 2010 também obtiveram em seus estudos de fungos degradando linho em Museu do Egito *Aspergillus* como o gênero com maior número de espécies.

Figura 6- Ilustração da macromorfologia de espécies de *Aspergillus* encontradas em pluma de algodão de Estados Brasileiros. a. *A. wentii* em meios de cultura: CYA 25 , MEA, CY20S, CYA37°.

b. *A. flavus*, CYA 25, MEA, CY20S, CYA37°. c. *A. japonicus* em meios de cultura CYA 25, MEA, CY20S, CYA37°.



Neste trabalho o gênero *Wallemia* foi detectado pela primeira vez em plumas de algodão sendo procedente dos Estados de Ceará e Paraíba. Este fungo é relatado como xerófilo, capaz de crescer em substratos com baixa atividade de água, sementes, sal, alimentos secos assim como os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*. (SEIFERT *et al.* , 2011).

O gênero *Colletotrichum* spp. que pode causar podridões de maçãs do algodoeiro (CHITARRA, 2007; ZANCAN, 2011) foi encontrado contaminando somente amostras de pluma da Bahia.

Periconia sp. foi detectado apenas nas amostras de pluma do estado do Rio Grande do Norte e é um fungo que causa doenças em milho e sorgo. Alguns fungos saprófitos e/ou oportunistas também foram detectados, como no caso dos gêneros *Rhizopus*, *Bipolaris*, *Scolecobasidium*, e *Torula* nos Estados da Bahia e Mato Grosso (SEIFERT *et al.* , 2011).

4.2 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA FIBRA (HVI) E UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIAS NA PLUMA DE ALGODÃO DOS SETE ESTADOS ANALISADAS

Os dados obtidos para as características tecnológicas e unidades formadoras de colônias se encontram na Tabela 9. A pluma do Estado de Mato Grosso apresentou maior quantidade de unidades formadoras de colônia/mL em 0,6 gramas de pluma, seguida da pluma do Estado da Bahia.

As amostras provenientes de pequenos produtores (Mato Grosso do Sul, Goiás, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba) no geral mostraram – se menos contaminadas do que as amostras obtidas da indústria têxtil de fardos já comercializados.

Tabela 9 - Características tecnológicas da fibra e o número de unidades formadoras de colônia/mL de 0,6 g da plumas de algodão de sete Estados Brasileiros.

Estado	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	Rd	+b	CSP	UFC
MT	28,7	82,0	8,8	27,9	6,2	4,3	0,86	81,2	7,1	2363	29
MT	29,0	81,9	8,6	28,2	5,6	4,3	0,87	81,8	7,4	2379	17
MT	27,7	81,2	10,2	28,3	6,6	4,3	0,86	79,1	8,1	2259	21
MT	28,9	82,0	8,7	28,1	5,9	4,3	0,87	81,5	7,3	2371	30
BA	29,3	82,1	8,4	28,3	6,0	4,4	0,87	81,7	7,5	2406	14
BA	29,2	80,6	9,7	28,5	5,7	4,5	0,87	81,8	6,5	2243	14
BA	29,6	83,0	8,1	30,4	5,3	4,4	0,87	82,0	6,8	2632	23
BA	29,3	81,4	9,1	28,4	5,9	4,5	0,9	81,8	7,0	2325	15

MS	30,9	85,1	6,7	32,7	5,3	4,5	0,87	77,3	7,7	3041	9
MS	33,0	85,0	5,8	32,1	4,8	4,5	0,88	78,0	8,9	3106	3
MS	29,1	83,6	7,5	26,8	6,5	4,9	0,87	75,5	9,2	2343	5
MS	31,8	86,0	6,2	30,0	5,5	4,4	0,87	75,7	8,7	3048	3
GO	30,7	80,9	8,1	31,8	4,3	4,8	0,89	77,0	7,1	2463	15
GO	31,6	83,7	7,0	34,2	4,0	4,8	0,89	76,4	7,0	2937	19
GO	27,9	85,0	6,7	27,1	4,9	4,9	0,88	75,4	9,7	2455	15
GO	29,1	85,4	7,6	27,9	5,0	5,0	0,89	72,0	8,4	2583	22
CE	28,4	83,8	7,4	31,7	4,6	4,1	0,87	78,6	11,0	2797	6
CE	29,9	84,1	7,4	30,6	4,8	4,1	0,87	76,2	11,0	2845	2
CE	29,9	83,3	7,1	33,1	5,0	4,5	0,88	77,8	10,3	2787	5
CE	29,6	83,2	7,4	30,4	5,5	4,4	0,87	78,5	10,8	2666	2
RN	28,6	84,2	6,9	28,9	6,2	5,0	0,88	81,7	8,0	2487	1
RN	26,7	84,1	6,6	30,1	6,1	4,7	0,87	83,6	6,9	2509	4
RN	26,8	82,1	8,9	30,8	5,9	4,9	0,88	82,9	7,4	2303	3
RN	28,3	84,5	7,4	30,8	4,7	5,3	0,90	84,4	7,7	2560	1
PB	27,4	83,5	6,9	31,9	4,4	4,2	0,87	74,0	9,2	2707	9
PB	26,0	83,0	8,4	30,3	4,5	4,3	0,88	73,5	9,2	2452	11
PB	27,3	83,5	8,0	29,7	4,5	4,1	0,87	74,8	8,1	2586	9
PB	26,1	83,2	8,4	27,2	4,3	4,2	0,87	74,4	8,9	2318	7

UFC- Unidades Formadoras de colônias. UHM- Comprimento (mm) SFI (Índice de fibras curtas)
 STR - Resistência (gf/tex) MIC - Índice micronaire MAT- Maturidade
 UNF - Uniformidade (%) ELG - Alongamento à ruptura (%) CSP-Índice de fiabilidade
 Rd - Reflectância (%) +b - Grau de Amarelo

Legenda: MT – Mato Grosso; BA-Bahia; MS – Mato Grosso do Sul; GO- Goiás; CE – Ceará; RN – Rio Grande do Norte; PB-Paraíba.

A Tabela 10 demonstra simetricamente as correlações residuais entre unidades formadoras de colônias (UFC) e as características tecnológicas da fibra para os sete Estados Brasileiros analisados. Não houve relação significativa para a quantidade UFC e as características da fibra analisadas pelo HVI. Nenhuma das características teve efeito significativo evidenciado pelo teste t com $p < 0,05$.

Tabela 10 - Correlações entre as unidades formadoras de colônias e as características tecnológicas da fibra de algodão nos Estados de Mato Grosso, Bahia, Mato Grosso do Sul, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba.

	UFC	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	Rd	b(+)	CSP
UFC	1	0,007	0,3561	-0,18	0,1427	-0,029	0,0569	-0,1127	-0,134	-0,2851	0,2649
		0,982	0,232	0,556	0,642	0,9252	0,853	0,714	0,662	0,345	0,3817
UHM			-0,084	-0,404	0,8243	-0,8674	-0,701	0,3409	0,5857	-0,6423	0,7614
			0,784	0,171	0,001	0,0001	0,008	0,254	0,035	0,018	0,0025
UNF			1	-0,673	-0,163	-0,0437	-0,18	-0,1474	-0,3727	0,3927	0,4778
				0,012	0,594	0,8872	0,556	0,631	0,21	0,184	0,0986

SFI	1	-0,217	0,5592	0,4874	-0,0167	-0,3772	-0,114	-0,6619
		0,476	0,047	0,091	0,957	0,204	0,711	0,0137
STR		1	-0,814	-0,695	0,147	0,6111	-0,7639	0,7661
			0,0007	0,008	0,632	0,027	0,002	0,0023
ELG				0,7086	-0,2258	-0,7312	0,5753	-0,7918
				0,007	0,458	0,005	0,04	0,0013
MIC				1	0,0382	-0,4665	0,3614	-0,8053
					0,901	0,108	0,225	0,0009
MAT					1	0,1746	-0,1806	0,0865
						0,568	0,555	0,7788
Rd						1	-0,4727	0,3326
							0,103	0,2668
+b							1	-0,4113
								0,1627
CSP								1

UFC- Unidades Formadoras de colônias.

STR - Resistência (gf/tex)

UNF - Uniformidade (%)

Rd - Reflectância (%)

UHM- Comprimento (mm)

MIC - Índice micronaire

ELG - Alongamento à ruptura (%)

+b - Grau de Amarelo

SFI (Índice de fibras curtas)

MAT- Maturidade

CSP-Índice de fiabilidade

Valores em preto são as correlações residuais entre as características.

Valores em negrito são as probabilidades de significância pelo teste t: significativo se < 0.05

4.3 ATIVIDADE CELULOLÍTICA EM MEIO DE CULTURA SÓLIDO

Do Total de 128 isolados de fungos filamentosos analisados, 35 isolados fúngicos (27,35 %) apresentaram atividade de degradação da carboximetilcelulose (Tabela 11). Os maiores índices enzimáticos (IE) foram obtidos para os fungos *Cladosporium tenuissimum* código MT(J) com I.E de 2,75 e o *C. cladosporioides* complexo código PB (E) com I.E 2,5. Os valores de IE variaram de 1,05 a 2,75. LEALEM & GASHE 1994; Stamford, 1998 recomendam um IE \geq 2,0 para considerar um microrganismo produtor de enzimas em meio sólido. RUEGGER & TAUKE - TORNISIELO, (2004) avaliaram atividades de celulases de isolados do solo e obtiveram 45% com atividade positiva, observaram ainda que colônias com pouco crescimento apresentaram melhor índice enzimático. Resultados semelhantes foram observados para os fungos *C. cladosporioides* código MT(J) com diâmetro da colônia ØC 2,5 e I.E 2,75.

Os fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* considerados bons produtores de celulases (FADEL, 2000; HU *et al.*, 2011; MAEDA *et al.*, 2011) neste trabalho apresentaram IE inferiores aos obtidos pelo gênero *Cladosporium*.

Algumas espécies de fungos não apresentaram índices enzimáticos superiores a 2,0, o que ocorre na natureza é que fungos produtores de celulases interagem com outros organismos celulolíticos e com aqueles que degradam vários polímeros, não ocupam assim o mesmo nicho ecológico em cultura pura, onde não existe competição (RUEGGER & TAUKE - TORNISIELO, 2004).

Tabela 11 - Índice enzimático para celulases de 35 isolados fúngicos provenientes de pluma do algodão de sete Estados do Brasil.

Isolado	Local	ØC (mm)	Øh (mm)	IE
<i>Fusarium verticillioides</i>	MT (A) MT	35,33 ± 1,2	43,00 ± 0,8	1,23
<i>Aspergillus ustus</i>	MT(F) MT	25,60 ± 1,2	31,33 ± 1,2	1,22
<i>Cladosporium tenuissimum</i>	MT(J) MT	2,50 ± 0,5	6,87 ± 0,6	2,75
<i>Penicillium citrinum</i>	MT(o) MT	10,66 ± 0,5	14,33 ± 0,5	1,35
Micelia esterilia	MT (AA2) MT	11,00±1,6	19,33 ± 1,6	1,75
<i>Cladosporium tenuissimum</i>	MT(E2) MT	4,00 ± 0,5	6,66 ± 1,7	1,67
<i>Cladosporium tenuissimum</i>	BA(H) BA	12,66 ± 0,9	15,66 ± 1,2	1,23
Micelia esterilia	BA(P) BA	18,66 ± 1,7	19,66 ± 0,9	1,05
<i>Cladosporium cladosporioides</i> complexo BA(u)	BA	3,00 ± 0,8	6,09 ± 2,2	2,03
<i>Cladosporium tenuissimum</i> BA(V)	BA	10,00 ± 0,8	21,60 ± 4,0	2,16
<i>Cladosporium cladosporioides</i> complexo BA(Y)	BA	19,66±0,5	22,33 ± 1,2	1,13
<i>Cladosporium cladosporioides</i> complexo BA(J)	BA	5,33 ± 0,5	8,67 ± 0,5	1,63
Micelia esterilia BA(Z)	BA	10,66 ± 0,8	12,66 ± 0,9	1,19
<i>Acremonium</i> sp. BA(AA)	BA	14,66 ± 0,9	16,00 ± 0,8	1,09
<i>Aspergillus terreus</i> BA(AD)	BA	22,33 ± 0,5	27,66 ± 0,5	1,24
<i>Phoma</i> sp BA(A2)	BA	11,33 ± 0,5	12,33 ± 0,5	1,09
<i>Aspergillus flavus</i> BA(B2)	BA	24,66 ± 1,7	28,66 ± 1,7	1,16
Micelia esterilia BA(C2)	BA	13,66 ± 0,5	27,33 ± 1,7	2,00
<i>Penicillium citrinum</i> BA(i2)	BA	11,66 ± 0,9	16,66 ± 0,5	1,4
<i>Cladosporium cladosporioides</i> complexo BA(L2)	BA	5,33 ± 0,5	6,33 ± 1,2	1,18
Micelia esterilia BA(M2)	BA	31,33 ± 0,5	32,33 ± 0,5	1,03
<i>Cladosporium cladosporioides</i> complexo BA(N2)	BA	4,00 ± 0,8	6,66 ± 2,4	1,66
<i>Cladosporium cladosporioides</i> complexo GO(B)	GO	3,66 ± 0,5	5,31 ± 0,5	1,45
<i>Cladosporium cladosporioides</i> complexo GO(H)	GO	8,50 ± 0,5	10,00 ± 0,8	1,18
<i>Aspergillus flavus</i> MS(B)	MS	26,33 ± 1,2	34,23 ± 0,8	1,3
<i>Acremonium</i> sp. MS(F)	MS	5,66 ± 0,5	6,66 ± 0,5	1,18

<i>Aspergillus terreus</i> (B)	CE	CE	24,33± 0,9	28,00 ± 0,9	1,15
<i>Aspergillus clavatus</i> CE(C)		CE	24,33 ± 1,6	27,66 ±3,4	1,13
<i>Cladosporium tenuissimum</i> (E)	CE	CE	6,66 ± 0,9	14,66 ± 3,3	2,22
<i>Cladosporium cladosporioides</i> complexo (D)	RN	RN	10,00 ±0,0	14,66 ± 1,2	1,50
<i>Cladosporium cladosporioides</i> complexo (E)	PB	PB	6,00±0,5	15,00±0,5	2,5
<i>Aspergillus terreus</i> PB(F)		PB	21,00±2,2	27,00± 2,2	1,28
<i>Paecilomyces variotti</i> PB(H)		PB	21,33±2,6	30,92 ±0,5	1,45
<i>Aspergillus terreus</i> PB(L)	PB(L)	PB	21,00±0,5	25,00±0,5	1,19
<i>Aspergillus terreus</i> PB(M)		PB	22,00±0,5	25,33±0,8	1,15

Legenda: MT – Mato Grosso; BA-Bahia; MS – Mato Grosso do Sul; GO- Goiás; CE – Ceará; RN – Rio Grande do Norte; PB-Paraíba.

4.4 VARIAÇÕES NAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS NA FIBRA DE ALGODÃO APÓS INOCULAÇÃO DE FUNGOS NA PLUMA

Após a inoculação dos fungos selecionados com o maior IE para celulases conforme item 3.5 do material e métodos, as características tecnológicas da fibra foram observadas mensalmente em aparelho de HVI a partir dos 60 dias até 180 dias apresentadas nas Tabelas 12, 13, 14, 15 e 16.

Tabela 12 - Valores das leituras das características tecnológicas da fibra em HVI para 60 dias de inoculação os fungos em pluma de algodão.

Isolados	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
00-1	30,3	84,2	7,1	31,1	4,9	4,3	0,87	78,6	9,6	2855
00-2	29,4	82,9	7,7	26,0	5,9	4,1	0,86	78,9	8,9	2414
00-3	29,2	83,1	7,6	27,7	6,3	4,2	0,86	78,2	9,0	2525
01-1	28,6	82,5	7,9	27,8	6,8	4,2	0,86	76,2	9,4	2417
01-2	28,5	83,8	7,1	29,9	6,7	4,3	0,86	77,0	8,8	2653
01-3	28,6	83,0	7,7	27,9	7,3	4,2	0,85	76,4	9,5	2473
02-1	29,0	82,9	7,4	29,3	5,6	4,2	0,86	79,2	8,5	2571

Tabela 13 - Valores das leituras das características tecnológicas da fibra em HVI para 90 dias de inoculação os fungos em pluma de algodão.

ISOLADOS	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
00-1	29,58	84,3	7,0	28,0	6,1	4,56	0,87	77,0	8,4	2594
00-2	29,40	81,5	8,0	27,8	6,2	4,16	0,86	77,0	8,5	2371
00-3	29,90	85,5	6,5	32,1	6,5	4,25	0,86	77,3	9,2	3047
01-1	28,18	84,6	8,1	28,1	6,9	4,25	0,85	76,8	9,4	2624
01-2	28,97	84,4	7,6	27,3	6,6	4,23	0,86	74,6	8,4	2607
01-3	28,59	84,1	7,8	28,7	6,7	4,15	0,85	76,7	8,5	2654
02-1	27,91	83,2	7,2	30,1	5,4	4,14	0,86	77,2	9,2	2607
02-2	28,10	83,3	8,1	29,8	7,2	4,13	0,85	78,3	9,8	2610
02-3	27,62	84,2	7,9	28,9	6,2	4,06	0,86	77,6	9,5	2643
03-1	29,53	82,9	7,7	30,4	6,5	4,58	0,87	77,1	8,9	2580
03-2	29,14	84,1	7,3	31,2	6,5	4,54	0,87	78,6	8,1	2740
03-3	28,93	84,5	6,4	29,4	5,9	4,59	0,87	76,5	7,7	2655
04-1	28,17	83,5	7,4	28,6	7,2	4,10	0,85	76,3	9,7	2576
04-2	28,93	83,2	7,8	29,0	7,2	4,00	0,85	77,2	9,0	2627
04-3	28,38	81,8	8,0	29,6	6,7	4,01	0,85	77,0	9,1	2488
05-1	28,41	83,2	7,6	28,0	6,3	3,96	0,85	72,4	8,1	2545
05-2	28,41	81,6	8,0	28,6	6,2	3,95	0,85	76,3	8,8	2420
05-3	28,69	82,7	8,0	29,5	6,1	3,95	0,85	74,4	9,3	2607

06-1	28,68	81,8	7,4	28,9	6,8	4,74	0,87	75,0	11,0	2303
06-2	29,35	82,4	7,5	27,9	6,1	4,71	0,87	75,1	10,1	2353
06-3	29,00	83,0	7,6	26,6	6,2	4,77	0,87	75,7	10,5	2300
07-1	28,15	84,4	6,9	28,9	6,8	4,18	0,85	76,6	10,8	2663
07-2	28,27	83,6	7,8	28,6	7,1	4,15	0,85	77,4	10,3	2580
07-3	28,04	83,3	7,0	27,8	6,5	4,18	0,86	77,2	10,4	2479
08-1	29,48	82,4	7,9	30,4	5,6	3,77	0,85	77,5	10,0	2709
08-2	29,34	82,2	7,8	29,7	5,8	3,75	0,85	78,3	10,2	2642
08-3	29,16	84,2	7,7	28,9	6,1	3,74	0,85	78,4	10,3	2793

<i>+b</i> - Grau de Amarelo	<i>UHM</i> -Comprimento (mm)	<i>SFI</i> (Índice de fibras curtas)
<i>STR</i> - Resistência (g/tex)	<i>MIC</i> - Índice micronaire	<i>MAT</i> - Maturidade
<i>UNF</i> - Uniformidade (%)	<i>ELG</i> - Alongamento à ruptura (%)	<i>CSP</i> -Índice de fiabilidade
<i>Rd</i> - Reflectância (%)		

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum* ; 2- MT (E2)- *C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)- *C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C. tenuissimum* ; 7- BA(N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Tabela 14 - Valores das leituras das características tecnológicas da fibra em HVI para 120 dias de inoculação os fungos em pluma de algodão.

ISOLADOS	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
0-1	30,3	84,7	7,3	30,7	5,2	4,1	0,86	74,5	9,6	2925
0-2	31,2	85,6	6,5	30,2	4,7	4,0	0,87	76,7	8,6	3064
0-3	30,3	83,8	7,5	32,6	4,7	4,0	0,87	71,4	7,6	2982
1-1	29,8	85,6	6,8	28,9	6,6	4,0	0,85	75,6	8,7	2924
1-2	28,9	84,4	7,2	27,6	6,4	3,9	0,85	76,1	9,0	2674
1-3	28,9	84,3	7,4	26,0	6,3	4,1	0,85	75,1	9,6	2550

2-1	28,5	84,2	8,3	28,2	6,4	4,0	0,85	76,0	8,9	2661	
2-2	28,2	83,2	8,5	28,0	6,0	4,0	0,86	75,8	8,2	2531	
2-3	29,5	83,8	7,0	29,5	6,4	4,1	0,86	76,1	8,2	2739	
3-1	28,6	84,0	7,4	27,6	6,9	4,6	0,86	76,3	8,8	2471	
3-2	28,6	86,0	7,0	29,5	6,7	4,3	0,86	78,4	8,6	2849	
3-3	29,3	86,2	7,0	27,5	6,4	4,6	0,87	75,9	8,7	2731	
4-1	29,1	83,9	7,2	28,4	6,0	4,1	0,86	77,6	9,0	2657	
4-2	28,1	83,9	7,7	27,6	6,3	4,2	0,86	75,1	8,9	2535	
4-3	28,6	83,9	7,2	28,2	6,1	4,2	0,86	75,1	8,0	2580	
5-1	29,1	83,6	7,8	28,6	6,6	3,9	0,85	74,3	8,3	2678	
5-2	29,8	83,5	7,7	27,9	6,5	3,9	0,85	77,4	8,8	2661	
5-3	28,3	83,7	8,0	26,7	6,3	4,0	0,85	77,0	8,8	2516	
6-1	28,0	83,9	7,4	26,5	6,0	4,2	0,86	75,2	9,7	2457	
6-2	28,0	82,3	8,0	28,4	5,8	4,1	0,86	75,3	9,6	2421	
6-3	29,5	81,7	8,0	28,4	5,9	4,4	0,87	76,6	10,6	2376	
7-1	28,5	83,0	7,7	26,8	6,6	3,9	0,85	76,9	9,0	2475	
7-2	27,9	82,9	8,5	26,9	6,7	3,9	0,85	73,3	8,8	2432	
7-3	29,0	83,3	8,6	26,2	6,2	3,8	0,85	76,5	10,6	2509	
8-1	27,3	82,8	8,6	28,2	6,0	4,0	0,85	73,2	8,7	2457	
8-2	28,2	83,7	8,8	26,6	6,2	3,9	0,85	76,4	8,7	2512	
8-3	29,3	85,4	7,4	27,0	5,8	4,0	0,86	76,5	8,4	2750	
<i>+b - Grau de Amarelo</i>		<i>UHM-Comprimento (mm)</i>							<i>SFI (Índice de fibras curtas)</i>		
<i>STR - Resistência (gf/tex)</i>		<i>MIC - Índice micronaire</i>							<i>MAT- Maturidade</i>		
<i>UNF - Uniformidade (%)</i>		<i>ELG - Alongamento à ruptura (%)</i>							<i>CSP-Índice de fiabilidade</i>		
<i>Rd - Reflectância (%)</i>											

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum* ; 2- MT (E2)- *C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)- *C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C. tenuissimum* ; 7- BA(N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Tabela 15 - Valores das leituras das características tecnológicas da fibra em HVI para 150 dias de inoculação os fungos em pluma de algodão.

ISOLADOS	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
00-1	28,9	85,4	7,4	29,4	7,0	3,8	0,84	74,7	9,3	2931
00-2	29,4	86,2	6,7	29,1	6,8	3,8	0,85	74,6	9,2	3010
00-3	29,5	84,1	7,3	28,8	6,4	3,8	0,85	74,3	9,2	2782
01-1	29,4	84,2	7,3	28,7	7,4	4,1	0,85	75,3	9,6	2707
01-2	28,9	84,2	7,0	27,5	7,5	4,0	0,85	75,4	9,5	2633
01-3	29,2	84,6	7,0	27,8	6,9	4,1	0,85	76,0	9,9	2682
02-1	28,6	83,6	7,9	28,3	7,1	3,9	0,85	75,8	8,3	2626
02-2	29,5	85,1	6,9	29,6	6,9	3,9	0,85	77,4	8,4	2916
02-3	29,6	86,0	7,0	30,5	6,6	3,8	0,85	75,8	7,4	3079
03-1	29,0	85,6	6,4	27,5	7,1	4,7	0,87	78,5	9,1	2634
03-2	29,3	85,4	6,9	28,5	6,7	4,7	0,87	77,5	8,5	2705
03-3	29,1	85,5	6,9	28,9	6,7	4,7	0,87	78,1	8,7	2707
04-1	29,2	83,1	8,2	28,4	7,5	3,4	0,83	76,4	9,6	2726
04-2	29,7	85,5	6,6	29,0	7,3	3,4	0,83	76,4	9,6	3029
04-3	30,0	83,6	7,2	27,9	7,3	3,4	0,83	76,5	9,7	2801
05-1	29,1	83,3	7,2	26,5	6,6	4,0	0,85	77,3	8,6	2500
05-2	29,5	85,1	7,0	29,7	7,4	4,0	0,85	77,1	8,5	2899
05-3	28,9	83,3	8,1	28,7	7,3	4,0	0,85	77,2	8,4	2619
06-1	28,9	84,1	7,9	27,8	6,8	4,8	0,87	75,1	10,5	2462
06-2	28,6	83,4	7,5	28,3	7,2	4,8	0,87	75,0	10,4	2411
06-3	28,9	82,9	8,4	30,7	6,8	3,7	0,84	75,0	10,2	2746
07-1	29,3	84,2	7,0	28,3	7,8	3,3	0,83	75,5	9,7	2861
07-2	28,3	84,5	7,7	27,9	7,7	3,1	0,85	75,2	10,3	2854

07-3	28,7	84,1	7,5	27,5	7,5	3,2	0,85	74,8	10,2	2799
08-1	29,2	83,7	7,4	28,5	7,3	3,4	0,83	76,2	9,4	2797
08-2	28,9	84,6	7,6	28,4	6,4	3,2	0,83	76,1	10,4	2903
08-3	29,8	84,2	7,4	29,2	6,5	3,2	0,83	77,0	9,7	2953
<i>+b - Grau de Amarelo</i>	<i>UHM-Comprimento (mm)</i>					<i>SFI (Índice de fibras curtas)</i>				
<i>STR - Resistência (gftex)</i>	<i>MIC - Índice micronaire</i>					<i>MAT- Maturidade</i>				
<i>UNF - Uniformidade (%)</i>	<i>ELG - Alongamento à ruptura (%)</i>					<i>CSP-Índice de fiabilidade</i>				
<i>Rd - Reflectância (%)</i>										

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)- *C. tenuissimum*; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo;
4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)- *C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C. tenuissimum* ;
7- BA(N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Tabela 16 - Valores das leituras das características tecnológicas da fibra em HVI para 180 dias de inoculação os fungos em pluma de algodão.

ISOLADOS	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
00-1	28,9	83,9	8,5	28,7	5,8	4,1	0,9	73,0	9,9	2657
00-2	29,5	83,9	7,6	27,3	6,7	4,0	0,9	77,7	8,4	2614
00-3	32,1	83,7	6,9	29,8	5,2	4,1	0,9	75,7	8,7	2869
01-1	30,0	85,3	6,8	29,0	6,1	3,9	0,9	75,3	9,9	2909
01-2	29,5	84,0	7,9	28,9	6,3	4,0	0,9	75,2	9,9	2741
01-3	29,1	83,2	8,1	28,5	6,3	4,0	0,9	73,5	9,0	2615
02-1	29,2	85,3	7,3	27,5	5,9	4,1	0,9	76,9	9,4	2749
02-2	29,2	85,5	7,4	29,5	6,3	4,1	0,9	76,4	9,5	2889
02-3	29,4	84,5	7,2	28,3	6,1	4,1	0,9	76,2	9,4	2712
03-1	31,3	83,4	7,0	30,3	5,5	4,8	0,9	74,3	8,6	2684
03-2	28,8	84,6	7,2	26,4	6,3	4,7	0,9	77,2	8,9	2467
03-3	28,8	84,6	7,1	28,7	6,1	4,6	0,9	74,7	9,4	2616
04-1	28,9	83,7	8,0	27,0	6,7	4,7	0,9	73,9	8,5	2416

04-2	28,2	81,2	9,3	27,7	6,9	4,2	0,9	73,7	9,5	2261
04-3	27,1	84,2	7,7	27,0	6,8	4,1	0,9	70,1	8,3	2500
05-1	28,3	83,7	8,9	27,9	6,7	4,0	0,9	76,7	9,1	2577
05-2	28,5	83,3	8,5	27,7	6,1	3,9	0,9	76,6	10,0	2544
05-3	30,2	83,4	7,5	29,8	6,5	4,0	0,9	75,5	9,1	2763
06-1	29,2	83,8	8,1	28,6	6,5	4,5	0,9	75,5	10,1	2580
06-2	31,4	84,3	6,9	31,1	5,8	4,1	0,9	74,6	9,7	2976
06-3	31,8	82,7	7,0	31,3	5,3	4,4	0,9	75,5	9,7	2777
07-1	28,5	85,7	7,3	26,6	7,0	4,0	0,8	75,1	9,8	2721
07-2	28,0	82,8	8,8	26,4	7,2	4,1	0,9	75,0	9,8	2359
07-3	28,7	83,3	8,3	28,8	7,4	4,1	0,8	75,5	9,9	2602
08-1	32,2	84,4	6,8	30,4	5,5	3,7	0,9	75,4	8,4	3087
08-2	32,3	84,3	6,6	28,6	6,5	3,9	0,8	76,5	8,7	2917
08-3	29,4	83,9	7,6	29,6	6,4	3,9	0,9	76,7	9,0	2775
<i>+b - Grau de Amarelo</i>		<i>UHM-Comprimento (mm)</i>							<i>SFI (Índice de fibras curtas)</i>	
<i>STR - Resistência (gf/tex)</i>		<i>MIC - Índice micronaire</i>							<i>MAT- Maturidade</i>	
<i>UNF - Uniformidade (%)</i>		<i>ELG - Alongamento à ruptura (%)</i>							<i>CSP-Índice de fiabilidade</i>	
<i>Rd - Reflectância (%)</i>										

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)- *C. tenuissimum*; 3-BA (u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum*; 5- BA(J)- *C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C. tenuissimum* ; 7- BA(N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Os dados médios mensais de temperatura e umidade relativa do ar no período de armazenamento da pluma inoculada foram obtidos pelo aparelho HOBO® data logger U12 podendo ser observados resumidamente na Tabela 17.

Tabela 17 - Valores médios da temperatura e umidade relativa do ar no período de armazenamento da pluma na cidade de Campina Grande, laboratório de Fitopatologia, Embrapa Algodão.

Período	Temperatura Mensal (°C)	Umidade relativa do ar (%)
60 dias	24,2	75
90 dias	23,2	77
120 dias	23,1	78
150 dias	23,2	79
180 dias	24,6	76

Na Tabela 18 podem ser verificados os resumos das análises de variância dos dados das variáveis da fibra obtidos mensalmente (Tabelas 12 a 16). Observa-se que houve significância estatística para a maioria das variáveis, em especial para comprimento médio, resistência, maturidade, índice de micronarie, refletância e grau de amarelo, que foi em nível de 5% de probabilidade. Não houve variância significativa para a variável uniformidade de comprimento (UNF) e índice de fibras curtas (SFI) na interação tempo X isolado.

Tabela 18-Resumo das análises de variância dos dados referentes às variáveis da qualidade intrínseca da fibra.

FV	GL	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	RD	B+	CSP
TEMPO	4	2,69**	8,72**	0,54 ns	3,76*	3,33**	0,64**	0,000642**	15,56**	1,367**	276449,7**
ISOLADO	8	3,26**	4,379***	1,06**	5,39**	1,9**	1,02**	0,00071**	6,42**	3,789236**	107842,6**
TEMPO*ISOLADO	32	1,02**	0,669 ns	0,334 ns	2,30**	0,3**	0,12**	0,000061**	3,03**	0,543194**	39333,81**
Erro	90	0,489	0,76095	0,259	1,149	0,1	0,02	0,000020	1,252	0,19	18067,6

ns: Não significativo, **: Significativo pelo teste Scoot-Knott a nível de 5% de probabilidade***:Significativo pelo teste Scottt-Knott a nível de 1% de probabilidade.

+b – Grau de Amarelo

UHM-Comprimento (mm)

SFI (Índice de fibras curtas)

STR - Resistência (gftex)

MIC - Índice micronaire

MAT- Maturidade

UNF - Uniformidade (%)

ELG - Alongamento à ruptura (%)

CSP-Índice de fiabilidade

Rd - Refletância (%)

Com o desdobramento da análise da interação isolado X tempo foi possível observar que para a característica comprimento médio da fibra (UHM) que os isolados diferiram entre si nos tempos 60, 120, 180 dias na Tabela 19, 20 e 21 respectivamente. As mesmas demostram que houve diferenças significativas na variável comprimento médio da fibra entre isolados, esta característica é muito importante para

comercialização da pluma, uma vez que o mercado exige fibras de comprimento médio maior que 28 mm, aos 180 dias, tempo máximo analisado no escopo do trabalho os isolados 4 Código BA(V)-*C. tenuissimum* e 7 Código BA (N2)- *C. cladosporioides* complexo interferiram nesta característica diminuindo seu valor de mercado (Tabela 21).

Tabela 19 - Valores médios do desdobramento da interação isolados X tempo no período de 60 dias para a característica comprimento médio da fibra (UHM).

Isolados	Médias
7	28.120000 a1
4	28.130000 a1
1	28.546333 a1
3	28.935333 a2
5	29.032000 a2
2	29.061667 a2
8	29.224667 a2
0	29.643000 a2
6	30.170000 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum*; 3-BA (u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*

Tabela 20 - Valores médios do desdobramento da interação isolados X tempo no período de 120 dias para a característica comprimento médio da fibra (UHM).

Isolados	Médias
8	28.251333 a1
7	28.455333 a1
6	28.494000 a1
4	28.625667 a1
2	28.736000 a1
3	28.839667 a1
5	29.037000 a1
1	29.198667 a1
0	30.624667 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum*; 3-BA (u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6- CE (E)-*C. tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*

Tabela 21 - Valores médios do desdobramento da interação isolados X tempo no período de 180 dias para a característica comprimento médio da fibra (UHM).

Isolados	Médias
4	28.073667 a1
7	28.406667 a1
5	29.002333 a2

2	29.289000 a2
1	29.535333 a2
3	29.660667 a2
0	30.159000 a3
6	30.799667 a3
8	31.298000 a3

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum*; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Em relação à característica resistência (STR), os isolados também se comportaram de maneira diferente no tempo o que sugere que alguns isolados podem degradar a fibra ao longo do tempo mais que outros, nos tempo 60 e 120 dias (Tabela 22 e Tabela 23) houve diferenças significativas entre a capacidade de degradação do isolados o que sugere tempo mínimo e máximo de degradação, uma vez que nos tempo 150 e 180 dias não apresentaram diferenças entre os isolados. A resistência é dada pela relação de união da celulose na fibra, uma vez quebrada a celulose esta relação fica comprometida, e os parâmetros interno e externos são fibras com resistência $> 29,0$ *gf/tex*. No período de 60 dias de armazenamento os isolados 5 código BA(J)- *C. cladosporioides* complexo, 7 código BA (N2)- *C. cladosporioides* complexo , 8 código Dou(B)- *A. flavus* e 4 BA(V) - *C. tenuissimum* já apresentaram diminuição da resistência da fibra a níveis mais baixos do que aceitos pelos padrões de qualidade no mercado e aos 120 dias o isolado 7 código BA (N2)- *C. cladosporioides* complexo denotam na fibra a resistência antes enquadrada na categoria elevada (60 dias) para a categoria média (120 dias).

Tabela 22 - Valores médios do desdobramento da interação de isolados X tempo no período de 60 dias para a característica resistência da fibra (STR).

Isolados	Médias
5	26.577333 a1
8	26.656667 a1
7	27.236667 a1
4	27.688333 a1
0	28.261667 a2
1	28.523667 a2
6	28.827333 a2
2	29.600000 a2
3	29.720333 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum*; 3-BA (u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum*; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum*; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Os isolados 7 código BA (N2)- *C. cladosporioides* complexo e 8 código Dou(B)-*A. flavus* reduziram a resistência da fibra em 14,47% e 12,48% respectivamente aos 120 dias de armazenamento (Tabela 23). Resultados semelhantes foram obtidos por Kaese *et al.*, 2010, quando reinoculou *Rhizopus stolonifer* na fibra de algodão em meio líquido por 14 dias, o isolado reduziu 14,8 % da resistência da fibra e para o isolado *Aspergillus niger* 38,5% ambos provenientes da África do Sul.

Tabela 23 - Valores médios do desdobramento da interação isolados X tempo no período de 120 dias para a característica resistência da fibra (STR).

Isolados	Médias
7	26.647333 a1
8	27.267000 a1
1	27.505667 a1
5	27.735000 a1
6	27.761333 a1
4	28.067333 a1
3	28.173667 a1
2	28.564000 a1
0	31.154667 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum*; 3-BA (u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum*; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum*; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Para a característica índice de micronarie (finura da fibra) as análises do desdobramento de isolado dentro de cada nível de tempo foram significativas para os 5 tempos, contudo nos tempos 90 e 180 dias (Tabela 25 e 26) na pluma com o isolado 8 código Dou(B)-*A. flavus* houve diminuição da finura na fibra classificando a como fina. Um baixo valor do índice micronarie interfere podem causar neps (emaranhados de fibra que se quebram durante a fiação) nos fios, influência na resistência e na uniformidade da massa dos fios e no tingimento de fios e tecidos.

Tabela 24 - Valores médios para o desdobramento da interação de isolados X tempo no período de 60 dias para a característica índice micronarie (Mic).

Isolados	Médias	Classificação*
8	4.018333 a1	Regular
5	4.030000 a1	Regular
0	4.205000 a2	Regular
7	4.247333 a2	Regular

1	4.248000 a2	Regular
2	4.256667 a2	Regular
4	4.381333 a3	Regular
6	4.464667 a3	Regular
3	4.558667 a3	Regular

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

*Segundo ASTM D 1448-79.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ;

7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*

Tabela 25 - Valores médios do desdobramento da interação isolados X tempo no período de 90 dias para a característica índice micronarie (Mic).

Isolados	Médias	Classificação*
8	3.753333 a1	Fina
5	3.953000 a1	Regular
4	4.037667 a2	Regular
2	4.114000 a2	Regular
7	4.171333 a2	Regular
1	4.208667 a2	Regular
0	4.322000 a2	Regular
3	4.568333 a3	Regular
6	4.741667 a3	Regular

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

*Segundo ASTM D 1448-79.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ;

7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Tabela 26 - Valores médios do desdobramento da interação isolados X tempo no período de 180 dias para a característica índice micronarie (Mic).

Isolados	Médias	Classificação*
8	3.827000 a1	Fina
1	3.960000 a1	Regular
5	3.983333 a1	Regular
7	4.067000 a1	Regular
0	4.098667 a1	Regular
2	4.103333 a1	Regular
4	4.307000 a2	Regular

6	4.325000 a2	Regular
3	4.698667 a3	Regular

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

*Segundo ASTM D 1448-79.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Aos 150 dias (Tabela 30) os isolados 4 código BA(V)- *C. tenuissimum*, 7 código BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo e 8 código Dou(B)-*A. flavus* modificaram a classificação da fibra quanto sua maturidade, tornando a mesma imatura (abaixo de 0,85%), que indica a diminuição da espessura da parede secundária da fibra, composta basicamente de celulose; Segundo SESTREN; LIMA 2007 as características maturidade, índice micronaire e resistência se relacionam sendo analisadas em conjunto para uma classificação no processo produtivo. Neste trabalho o isolado 8 código Dou(B)- *A. flavus*, diminuiu a resistência (Tabela 23), o índice micronaire (Tabela 26) e o índice de maturidade da fibra (Tabela 30) durante o período de armazenamento indicando que a presença deste isolado fúngico na amostra causa severa degradação à pluma do algodão.

Tabela 27 - Valores médios do desdobramento para a interação isolado X tempo no período de 60 dias para a característica índice de maturidade (Mat).

Isolados	Médias	Classificação*
5	0.852333 a1	Madura
8	0.852667 a1	Madura
1	0.855000 a1	Madura
7	0.856333 a1	Madura
4	0.857667 a1	Madura
2	0.861333 a2	Madura
0	0.862667 a2	Madura
3	0.863667 a2	Madura
6	0.870000 a2	Madura

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

*Segundo ABRAPA, 2014.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*

Tabela 28- Valores médios do desdobramento para a interação isolado X tempo no período de 90 dias para a característica índice de maturidade (Mat).

Isolados	Médias	Classificação*
4	0.848667 a1	Madura
8	0.850333 a1	Madura
5	0.852333 a1	Madura
7	0.854000 a1	Madura
1	0.855333 a1	Madura
2	0.856000 a1	Madura
0	0.862000 a2	Madura
3	0.867667 a2	Madura
6	0.870000 a2	Madura

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

*Segundo ABRAPA, 2014.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*

Tabela 29 - Valores médios do desdobramento para a interação isolado X tempo no período de 120 dias para a característica índice de maturidade (Mat).

Isolados	Médias	Classificação*
7	0.849000 a1	Madura
5	0.850667 a1	Madura
1	0.852333 a1	Madura
2	0.854000 a1	Madura
8	0.854667 a1	Madura
4	0.859000 a2	Madura
6	0.862000 a2	Madura
3	0.864333 a2	Madura
0	0.865000 a2	Madura

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade

*Segundo ABRAPA, 2014.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*

Tabela 30 - Valores médios do desdobramento para a interação isolados X tempo no período de 150 dias para a característica índice de maturidade (Mat).

Isolados	Médias	Classificação*
4	0.831667 a1	Imatura
8	0.833333 a1	Imatura
7	0.840667 a2	Imatura
0	0.845333 a2	Madura
2	0.847000 a2	Madura
5	0.848000 a2	Madura
1	0.848667 a2	Madura
6	0.861000 a3	Madura

3 0.867000 a3 Madura

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

*Segundo ABRAPA, 2014.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum* ; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

A variável índice de fiabilidade foi significativa para os tempos 90, 120, 150 e 180 dias. Observa-se aos 120 dias (Tabela 32) uma diminuição significativa de todos os o isolados com relação à testemunha, e aos 180 dias o índice de fiabilidade do isolado 4 código BA(V)-*C. tenuissimum* destaca-se diminuindo em 11,84% (Tabela 34) , essa variável determina a tenacidade da fibra individualmente no momento da fiação ou seja a resistência da fibra na rotura. Índices mais baixos indicam fibras de menor qualidade para a fiação.

Tabela 31- Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 90 dias para a variável índice de fiabilidade (CSP).

Isolados	Médias
6	2318.756667 a1
5	2523.872000 a2
4	2563.556000 a2
7	2573.944000 a2
2	2620.110667 a2
1	2628.067667 a2
3	2658.491667 a2
0	2670.644000 a2
8	2714.244000 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum*; 3-BA (u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo; 8-Dou(B)-*A. flavus*

Tabela 32 - Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 120 dias para a variável índice de fiabilidade (CSP).

Isolados	Médias
6	2417.779667 a1
7	2472.120333 a1
8	2573.071333 a1
4	2590.667667 a1
5	2618.350333 a1
2	2643.539667 a1
3	2683.452333 a1
1	2715.983000 a1
0	2990.362000 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Tabela 33 - Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 150 dias para a variável índice de fiabilidade (CSP).

Isolados	Médias
6	2539.823333 a1
5	2672.704667 a1
1	2674.268000 a1
3	2682.190000 a1
7	2838.090000 a2
4	2851.913333 a2
2	2873.795667 a2
8	2884.570333 a2
0	2907.771000 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*

Tabela 34 - Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 180 dias para a variável índice de fiabilidade (CSP).

Isolados	Médias
4	2392.141667 a1
7	2560.651667 a1
3	2589.239667 a1
5	2628.144667 a1
0	2713.434333 a2
1	2755.113333 a2
6	2777.499667 a2
2	2783.425333 a2
8	2926.139333 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum* ; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)- *C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Analisando o comportamento da fibra no período de armazenamento, com relação às características extrínsecas, A reflectância diminui (Tabelas 35 e 36) com o armazenamento e o grau de amarelecimento aumenta (Tabelas 37 a 41).

Para a característica reflectância (Rd) a análise do desdobramento da interação de isolado dentro de cada nível de tempo foi significativa para os tempos 60, 90 e 180 dias, na última análise aos 90 dias os isolados 5 código BA(J)-*C. cladosporioides* complexo, 6 código CE (E)- *C.tenuissimum* e 1 código MT(J)- *C. tenuissimum* diminuindo a reflectância significativamente, que indica uma maior quantidade de cinzas nas amostras (Tabela 36).

Tabela 35- Valores médios para o desdobramento da interação isolado X tempo no período de 60 dias para a característica refletância (Rd).

Isolados	Médias
5	75.508667 a1
4	75.558667 a1
1	76.503667 a1
7	76.912000 a1
6	76.939667 a1
8	77.407667 a1
0	78.560333 a2
3	78.685333 a2
2	78.780000 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Tabela 36 - Valores médios para o desdobramento da interação isolado X tempo no período de 90 dias para a característica refletância (Rd).

Isolados	Médias
5	74.358333 a1
6	75.297333 a1
1	76.001667 a1
4	76.835667 a2
7	77.044667 a2
0	77.108667 a2
3	77.379333 a2
2	77.696333 a2
8	78.054667 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum*; 3-BA (u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C. tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

Para a característica grau de amarelecimento (+b) as análise do desdobramento de isolado dentro de cada nível de tempo foi significativa para os 5 tempos , na última análise aos 180 dias os isolados 6 código CE (E)-*C. tenuissimum* , 7 código BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo , 1 código MT(J)- *C. tenuissimum* , 2 código MT (E2)-*C. tenuissimum* e 5 código BA(J)-*C. cladosporioides* complexo aumentaram significativamente e não diferindo entre si para o grau de amarelo. Observa-se que a testemunha também sofre variações no grau de amarelecimento, porém difere significativamente dos isolados mencionado (Tabela 41).

Esta tendência de aumento do grau de amarelecimento e diminuição da refletância na fibra de algodão armazenada também foi observada por SANTANA *et al.* (2002) com algodão herbáceo branco armazenado por 21 meses e por LIMA *et al.*(2007) onde o algodão BRS 200 torna-se mais escuro após o armazenamento. Neste

trabalho verificou-se que a presença dos fungos nas amostras acelera este processo de aumento no grau de amarelo e a redução da reflectância da fibra de algodão armazenado.

Tabela 37 - Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 60 dias para a característica grau de amarelecimento (+b).

Isolados	Médias
3	8.262333 a1
8	8.592667 a1
2	8.652000 a1
5	8.745333 a1
4	8.772333 a1
0	9.154667 a2
1	9.241333 a2
7	9.606667 a2
6	9.719000 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum*; 3-BA (u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ;

7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*

Tabela 38 - Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 90 dias para a característica grau de amarelecimento (+b).

Isolados	Médias
3	8.212667 a1
0	8.664333 a1
5	8.764000 a1
1	8.768333 a1
4	9.271333 a2
2	9.531000 a2
8	10.153333 a3
7	10.490667 a3
6	10.534333 a3

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum*; 3-BA (u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ;

7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*

Tabela 39 - Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 120 dias para a característica grau de amarelecimento (+b).

Isolados	Médias
2	8.428333 a1
0	8.570667 a1
8	8.591667 a1
5	8.631333 a1
4	8.633667 a1
3	8.682667 a1
1	9.090000 a1

7	9.482333 a2
6	9.941333 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum*; 3-BA (u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*

Tabela 40 - Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 150 dias para a característica grau de amarelecimento (+b).

Isolados	Médias
2	8.056000 a1
5	8.524333 a1
3	8.797000 a1
0	9.224000 a2
4	9.638000 a2
1	9.678333 a2
8	9.830667 a2
7	10.038667 a2
6	10.374000 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum*; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum*; 3-BA (u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavu*

Tabela 41 - Valores médios para o desdobramento da interação isolados X tempo no período de 180 dias para a característica grau de amarelecimento (+b).

Isolados	Médias
8	8.680000 a1
4	8.802000 a1
3	8.965667 a1
0	9.014000 a1
5	9.407000 a2
2	9.414333 a2
1	9.610333 a2
7	9.809000 a2
6	9.813333 a2

Médias nas colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 5% de probabilidade.

Legenda: 0-Testemunha; 1- MT(J)- *C. tenuissimum* ; 2- MT (E2)-*C. tenuissimum* ; 3-BA(u)-*C. cladosporioides* complexo; 4-BA(V)-*C. tenuissimum* ; 5- BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; 6-CE (E)-*C.tenuissimum* ; 7- BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo ; 8-Dou(B)-*A. flavus*.

5 CONCLUSÕES

- Todas as amostras de plumas analisadas apresenta fungos , as amostras dos Estados de Mato Grosso, Bahia e Goiás foram as mais contaminadas com maior incidência de fungos (UFC/ mL) em todas as diluições.
- Não há correlação entre a quantidade de unidades formadoras de colônias e alteração nas características tecnológicas da fibra para os Estados analisados.
- Há maior riqueza de espécies pertencentes aos gêneros *Aspergillus* e *Fusarium*.
- O gênero *Wallemia* é citado pela primeira vez como contaminante de pluma de algodão.
- O fungo fitopatogênico, *F. verticilioides* foi detectado nas plumas dos Estados de Bahia, Mato Grosso e Góias, onde é citado como endêmico.
- Agentes causais de podridão de maçãs do algodoeiro *Fusarium* spp. , *Phoma* sp., *Phomopsis* sp., *Colletotrichum gloeosporioides* e *A. flavus* estão presentes nas plumas de algodão. Como também o agente causal da Murcha de fusário *F.oxysporum*.
- Dentre os 128 isolados fúngicos obtidos, 35 apresentaram potencial celulolítico.
- O tempo de armazenamento e a presença dos isolados (MT(J)- *C. tenuissimum*; MT (E2)-*C. tenuissimum*; BA (u)- *C. cladosporioides* complexo; BA(V)-*C. tenuissimum*; BA(J)- *C. cladosporioides* complexo; CE (E)- *C.tenuissimum*; BA (N2)- *C. cladosporioides* complexo; Dou(B)- *A. flavus* não influenciaram na qualidade da fibra para as características uniformidade de comprimento e índice de fibras curtas. Para as características intrínsecas comprimento médio, resistência, maturidade, índice micronarie, índice de fiabilidade a interação entre os isolados fúngicos e tempo foi significativa. Houve aumento do grau de amarelecimento e diminuição da refletância após inoculação das plumas com os isolados (MT(J)- *C. tenuissimum*; MT (E2)-*C.*

tenuissimum; BA (u)-*C. cladosporioides* complexo; BA(V)- *C. tenuissimum*; BA(J)-*C. cladosporioides* complexo; CE (E)- *C.tenuissimum*; BA (N2)-*C. cladosporioides* complexo; Dou(B)-*A. flavus*.

REFERÊNCIAS

ABDEL-KAREEM. O. Fungal deterioration of historical textiles and approaches for their control in Egypt. **Technical paper**. e-PS, 7: 40-47. 2010.

AGUIAR NETO, P. P. **Fibras têxteis**. Rio de Janeiro: SENAI/CETIQT. V. 1 p.1233. 1996.

AGUIAR, C. L.; Menezes, T. J. B. Produção de celulases e xilanases por *Aspergillus niger* IZ-9 usando fermentação submersa sobre bagaço de cana-de-açúcar. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**. 18: 57-70. 2000.

ARAÚJO, A. E, FIGUEIREDO, A. M. F; **Fungos associados à pluma e às sementes de algodão com línter** - Campina Grande: Embrapa Algodão. (Embrapa Algodão). Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. p.22. 2010.

Anuário Brasileiro do Algodão. Editora Gazeta Santa CRUZ: Santa Cruz do Sul, 140p. 2013.

Associação Brasileira dos Produtores de Algodão. 2013. Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/>> Acesso em: 29. Mai. 2014.

AVILA, Alba G & HINESTROZA, Juan P. Smart textiles: Tough cotton. **Nature Nanotechnology** 3, 458 – 459. 2008.

BÉGUIN, P.; AUBERT, J.P.. The biological degradation of cellulose *FEMS Microbiology Reviews*, 13(1), p. 25-58. 1994.

BÉLOT, J.L., ZAMBIASI T.. **Manual de identificação das doenças, deficiências minerais e injúrias no cultivo do algodão**. Cascavel:Codect/Cirac. 95p. (boletim técnico, 36) 2007.

BELTRÃO, N. E. M; ARAÚJO, A.E. **Algodão: o Produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1ªEdição. Brasília-DF, Embrapa Informação Tecnológica. 2004.

BERLIN, A., GILKES, N., KILBURN, D., BURA, R., MARKOV, A., SKOMAROVSKY, A., & Saddler, J. Evaluation of novel fungal cellulase preparations for ability to hydrolyze softwood substrates—evidence for the role of accessory enzymes. **Enzyme and microbial technology**, 37(2), 175-184. 2005.

BENSCH, K. U. BRAUN, J.Z. GROENEWALD and P.W. CROUS. The genus *Cladosporium*. **Studies in Mycology** 72: 1–401. Published online: 22 May 2012. 2012.

BHAT, M.K; BHAT S. Cellulose degrading enzymes and their potential industrial applications. **Biotechnol Adv.** 15:583–620. 1997.

Companhia nacional de abastecimento levantamento, / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: CONAB, 2013 Acompanhamento de safra brasileira: grãos, oitavo. 2013.

CHIAVEGATO, E. J. **Efeito do ambiente e de cultivares nos componentes de produção e nas características tecnológicas da fibra e do fio de algodão**. Piracicaba, Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 115p.1995.

CHITARRA, L.G. **Identificação e Controle das Principais Doenças do Algodoeiro**. Embrapa Algodão. Cartilha, 2. 65p. 2007.

CORRÊA, Rúbia.. Endophytic fungi: expanding the arsenal of industrial enzyme producers. **Journal of industrial microbiology & biotechnology** [1367-5435] 41(10):1467 -1478.2014.

DASHTBAN, M.; SCHRAFT, H.; QIN, W. Fungal bioconversion of lignocellulosic residues; opportunities and perspectives. **International Journal of Biological Sciences**, 5: 578–595. 2009.

DA SILVA, R., YIM, D. K., PARK, Y. K. Application of thermostable xylanases from *Humicola* sp for pulp improvement. **Journal Fermentation and Bioengineering**. 7: p. 109-111. 1994.

DILON, A. J.P. Production of cellulases and hemicellulases by *Penicillium echinulatum* grown on pretreated sugar cane bagasse and wheat bran in solid-state fermentation. **Journal of Applied Microbiology**.103.p.2196–2204. 2007.

FADEL, M. Production physiology of cellulases and β -glucosidase enzymes of *Aspergillus niger* grown under solid state fermentation conditions. *Online Biol. Sci.*, 1: 401-411. 2000.

HILLOCKS, R. J. (Ed.). **Cotton Diseases**. Wallingford: CAB International. p. 1-38.1992.

HU, H.L.;VANDENBRINK, J.;GRUBEN, B.S.; WOSTEN, H.A.B.; GU, J.B.; DE Vries,R.P. Improved Enzyme production by co-cultivation of *Aspergillus niger* and *Aspergillus oryzae* and with other fungi. **International Biodeterioration and Biodegradation**. 65 : 248-252. 2011.

INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE. ICAC. 2014. Disponível em < <https://www.icac.org/>> Acesso em 03. Nov. 2014.

KAESE, M., MEYER, G., SCHNEIDER, T., Weindenbuerner, M. Specification system for moulds on cotton. 2010. Disponível em < http://www.zait.uni-bremen.de/wwwgast/pisula/html/moulds_on_cotton.html>. Acesso em: 29 mar. 2013.

KIM , Namjung, ; CHOO ,Young Moo ; LEE, Kwang Sik ;SEONG ,Jin Hong, Kwang, Youl Seol, Je , Yeon Ho , Hung, Dae Sohn; Jin, Byung Rae . Molecular cloning and characterization of a glycosyl hydrolase family 9 cellulase distributed throughout the digestive tract of the cricket *Teleogryllus emma*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 150: p. 368–376. 2008.

KLICH, Maren A..*Identification of Common Aspergillus Species*. Front Cover. **Amer Society for Microbiology, Medical** - 116 p. 2002.

LANE, S ; SEWELL, R.D.E. *The fungal profile of cotton lint from across the world and implications for occupational health*. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, 3 (9). 508-512. 2006.

LEALEM, F.; GASHE, B. A. Amylase production by a gram-positive bacterium isolated from fermenting tef (*Eraglostis tef*). **J. Appl. Bacteriol.**, v. 77, n. 3, p.348-352. 1994.

LEE, S. M.; KOO, Y. M. Pilot-scale production of cellulose using *Trichoderma reesei* Rut C-30 in fed-batch mode. **Journal of Microbiology and Biotechnology** 11:229-233. 2001.

LEE, Y. J.; KIM, B. K.; LEE, B. H. Purification and characterization of cellulase produced by *Bacillus amyoliquefaciens* DL-3 utilizing rice hull. **Bioresource Technology**, 99: 378–386. 2008.

LESLIE, John F; SUMMERELL, Brett A; Bullock Suzanne (Illustrator). **The *Fusarium* laboratory manual** . Wiley-Blackwell. 2006.

LIMA, A.K. V O; ALMEIDA, F. De A.C; SANTOS, J. W, NETO, J. J. Da S. B. características tecnológicas da fibra do algodão 'brs 200' marrom armazenada em duas microrregiões Paraibanas. **Revista Brasileira Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, v. 11: p. 163-171. 2007.

LYND, L. R.; WEIMER, P. J. ; VAN ZYL, W. H.; Pretorius, I. S. Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. **Microbiol. Mol. Biol. Rev.** 66: 506. 2002.

MAEDA, R.N.; SERPA, V.I.; ROCHA, V.A.L.; MESQUITA, R.A.A.; SANTAANNA, L.M. M.; Castro, a.M. De; Driemeier, C.E.; Pereira Junior, N.; Polikarpov, I. Enzymatic hydrolysis of pretreated sugar Cane bagasse using *Penicillium funiculosum* and *Trichoderma harzianum* cellulases. **Process Biochemistry**, v.46: p.1196-1201. 2011.

MAROIS, J.J., D.L. WRIGHT, and P.J. WIATRACK. Association of *Fusarium* sp. with hardlock of cotton in the southeastern U.S. in: **Proc. Beltwide Cotton Prod. Res. Conf.** 2002.

MARTINS, L.F.; KOLLING, D.; CAMASSOLA, M.; DILLON, A.J.P.; RAMOS, L.P. Comparison of *Penicillium echinulatum* and *Trichoderma reesei* cellulases in relation to their activity against various cellulosic substrates. **Bioresource Technology**.99: 1417-1424. 2008.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 2013. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/algodao>>. Acesso em 29 de Maio de 2014.

NG, T.B. **Peptides and proteins from fungi**. *Peptides*.. 25(6).1055-73. 2007.

NICKERSON D., TOMASZEWSKI J. J., Color Change in Raw Cotton Related to Conditions of Storage. **Textile Research Journal**, 6: 485-497. 1958.

PITT, John I. **A laboratory guide to *Penicillium* species**. 3rd edition. Oxford, Blackwell Science. 2000.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G. A. de. Aspectos socioeconômicos do algodoeiro. EMBRAPA: Agropecuária Oeste. (Dourados, MS). Algodão: Tecnologia de produção. Doutorados: EMBRAPA – Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste; 2001.

RUEGGER, M. J. S. ; TAUKE-TORNISIELO, S. M. Atividade da celulase de fungos isolados do solo da Estação Ecológica de Juréia-Itatins, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** v.27: p.205-211. 2004.

SANTANA, J. C. F. FREIRE, E. C.; CARVALHO, L. P. de; COSTA, J. N. da; GUSMÃO, J. L. de; SILVA, J. A. **Características físicas da fibra e do fio dos algodoeiros arbóreo e herbáceo em melhoramento no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, (EMBRAPA-CNPA. Boletim de Pesquisa, 23). 27p. 1999.

SEIFERT, K.A; G, MORGAN-JONES; W, GAMS, B, KENDRICK. The genera of Hyphomycetes CBS-KNAW **Fungal Biodiversity Centre**. 2011.

SESTREN, J. A.; LIMA, J.J. Características e classificação da fibra do algodão. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: ABRAPA, p. 765 - 819. 2007.

SILVA, O. R. R. F., SOFIATTI, V.; Cartaxo, W. V, Barbosa; V. S. C.; Wanderley , R. M. J.; **Algodão em pluma** – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 44 p.: il. - (Coleção Agroindústria Familiar). 2009.

SUTTON, B. “The Coelomycetes. Fungi Imperfecti with Acervuli and Stroma”. **Commonwealth Mycological Institute**. Kew, Surrey, England, 686 p. 1980.

STAMFORD, T. L. M.; ARAÚJO, J. M.; STAMFORD, N. P. Atividade enzimática de microrganismos isolados do jacatupé (*Pachyrhizus erosus*L. Urban). **Ci. Technol. Aliment.** 18: 382-385. 1998.

SZOSTAK-KOTOWA, J **Bioteriation of textiles. International Biodeterioration & Biodegradation.** 53:165-170. 2004.

TEATHER, R.M.; WOOD, P.J..Use of congo red-polysaccharide interactions in enumeration and characterization of cellulolytic bacteria from bovine rumen. **Appl. Environ. Microbiol.** 43:777-780. 1982.

TÉBÉKA, I. R. M.; SILVA, A. G. L.; PETRI, D. F. S.; Hydrolytic Activity of Free and Immobilized Cellulase. **Langmuir**, 25.1582. 2009.

THROTMAN R. H. **Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibres**. 6 ed., Charles Griffin and Company LTD, England. 1984.

ZANCAN, W. L. A.; CHITARRA, L. G.; CHITARRA, G. S. **Fungos associados à podridão de maçãs do algodoeiro: ocorrência, controle químico e influência na qualidade da fibra na região de Primavera do Leste – MT.** Biosci. J., Uberlândia, 27 :518-525. 2011.

ZELLWEGER, Uster. AFIS: testing data analysis. In: ZELLWEGER (Uster, Suíça) **Technical encyclopedia.** Suíça. p.1021-1050. 1995.

ZHANG D.Q, ZHANG, ZY, HUANG, ZY. Conversion of lignocellulosic biomass to ethanol **the SSF process (III).** J Beijing For Univ (in Chinese) 6:50–54.2000.

WEN, Z. Y., LIAO, W. and CHEN, S. L. Production of cellulase by *Trichoderma reesei* from dairy manure. **Bioresource Technology** 96(4):491-499. 2005.