



FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA "MINISTRO RALPH BIASI"
Curso Superior De Tecnologia Em Produção Têxtil

LUCAS VINICIUS DA CRUZ CARDOSO

ESTUDO DA APLICAÇÃO DA ENZIMA CELULASE NO TECIDO DENIM

AMERICANA, SP

2025

LUCAS VINICIUS DA CRUZ CARDOSO

ESTUDO DA APLICAÇÃO DA ENZIMA CELULASE NO TECIDO DENIM

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido em cumprimento à exigência curricular do Curso Superior de Tecnologia em Produção têxtil pelo CEETEPS / Faculdade de Tecnologia – FATEC/ Americana – Ministro Ralph Biasi.

Área de concentração: Tecelagem

Orientador: Prof. Dr. Daives Arakem Bergamasco

AMERICANA, SP

2025

CARDOSO, Lucas Vinicius da Cruz

Aplicação de enzima celulósica no tecido denim. / Lucas Vinicius da Cruz Cardoso – Americana, 2025.

48f.

Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil) - - Faculdade de Tecnologia de Americana Ministro Ralph Biasi – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

Orientador: Prof. Dr. Daives Arakem Bergamasco

1. Beneficiamento têxtil 2. Química têxtil 3. Tecnologia têxtil. I. CARDOSO, Lucas Vinicius da Cruz II. BERGAMASCO, Daives Arakem III. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Faculdade de Tecnologia de Americana Ministro Ralph Biasi

CDU: 677027

66:677

677

Elaborada pelo autor por meio de sistema automático gerador de ficha catalográfica da Fatec de Americana Ministro Ralph Biasi.

Lucas Vinicius Da Cruz Cardoso

ESTUDO DA APLICAÇÃO DA ENZIMA CELULASE NO TECIDO DENIM

Trabalho de graduação apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Produção Têxtil pelo Centro Paula Souza – Faculdade de Tecnologia de Americana – Ministro Ralph Biasi.
Área de concentração: Tecelagem

Americana, 27 de junho de 2025

Banca Examinadora:



Daives Arakem Bergamasco (Presidente)
Doutor
Fatec Americana – Ministro Ralph Biasi



Alex Paulo Siqueira Silva (Membro)
Mestre
Fatec Americana – Ministro Ralph Biasi



Karina Cenciani Rebelo (Membro)
Doutora
Fatec Americana – Ministro Ralph Biasi

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu gostaria de agradecer a Deus e os Vòdúns por nunca terem me desamparado, por me manter firme no propósito e ter me ajudado a chegar na conclusão do curso. Agradeço a minha mãe por sempre ter me apoiado, por me incentivar nos momentos difíceis e por nunca permitir que eu desistisse obrigado por esse amor profundo que é o de Mãe, ao meu Pai que mesmo de longe da sua forma carinhosa de amar sempre me ajudou com palavras de otimismo, a minha namorada Margarete que teve a paciência durante o período do curso e nos últimos meses sempre dando o apoio necessário para o projeto ser concluído com sucesso. Dedico esse trabalho para as minhas amigas, Jackeline Millan, Laís Carvalho e a Leda Carvalho sou feliz de ter reencontrado vocês aqui no ayê, ao meu amigo Tom um forte e sincero leal abraço e obrigado por ter me acolhido no meu primeiro trabalho na loja de cultura de rua na cidade de Campinas.

Aos meus zeladores da casa de asé Kwe Ceja Dan Lissá; Doté Alcides de Osála e Mejitó Jorge Ogoerense de Bessem e a toda família de asé da matriz a minha benção a todos os meus irmãos. Agradeço ao Coordenador do curso de produção têxtil da Fatec de Americana Dr. Daives Arakem Bergamasco por ter acreditado no projeto, pela paciência e por acreditar sempre no meu potencial.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho de conclusão de curso à minha mãe que sempre acreditou no meu potencial.

Quando a caminhada ficar dura; só os duros continuaram caminhando. Racionais
Mc's

RESUMO

A indústria de *jeanswear* é responsável pela produção de milhões de peças anualmente, seja para exportação ou para o mercado interno e é um segmento em expansão, tanto em valores, quanto em consumo. O processo de “*Stonewash*” é um processo físico-químico que promove um desgaste nas peças jeans e provoca uma marcação de costuras e um desbote em relação a cor do tecido cru. Cada vez mais os tecidos denim são beneficiados com a aplicação de enzimas celulase, que promovem uma degradação no tecido denim e facilitam a marcação das peças pela ação física promovida pelo atrito gerado pelas lavadoras. O objetivo desse trabalho é conhecer cientificamente a ação da enzima celulase no processo de lavagem “*Stonewash*” é fundamental para avaliar como a sua aplicação em concentrações variáveis pode desbotar o tecido denim e deixar as peças jeans com a aparência de roupa desbotada e demarcada. A metodologia é uma pesquisa quantitativa que teve o objetivo de avaliar os processos de lavagens que foram feitos alterando a quantidade de enzima e mantendo os outros pontos como relação de banho, tempo e temperatura fixos. Nessa primeira etapa todos os testes foram submetidos ao processo de desativação química da enzima aplicada. A avaliação dos tecidos em relação a resistência foi realizada pelo método de resistência a tração. Os corpos de prova foram cortados em formato de tira com 5cm de largura e 30cm de comprimento, e após passar pelo processo de lavagem *Stonewash* foram realizados os testes de resistência a tração pelo equipamento chamado dinamômetro e os resultados obtidos em formato de gráfico.

Palavras-chave: *Jeanswear*, *Stonewash*, testes, resistência a tração.

ABSTRACT

The jeanswear industry is responsible for the production of millions of pieces annually, whether for export or for the domestic market, and is a growing segment, both in terms of value and consumption. The “Stonewash” process is a physical-chemical process that causes wear and tear on denim pieces and causes seams to be marked and the color of the raw fabric to fade. Increasingly, denim fabrics are benefiting from the application of cellulase enzymes, which promote degradation in the denim fabric and facilitate the marking of the pieces by the physical action promoted by the friction generated by the washers. The objective of this study is to scientifically understand the action of the cellulase enzyme in the “Stonewash” washing process. It is essential to assess how its application in varying concentrations can fade denim fabric and leave denim pieces with the appearance of faded and marked clothing. The methodology is a quantitative research that aimed to evaluate the washing processes that were carried out by changing the amount of enzyme and keeping other points such as bath ratio, time and temperature fixed. In this first stage, all tests were subjected to the chemical deactivation process of the applied enzyme. The evaluation of the fabrics in relation to resistance was carried out by the tensile strength method. The test specimens were cut into strips measuring 5 cm wide and 30 cm long, and after undergoing the Stonewash washing process, tensile strength tests were carried out using equipment called a dynamometer and the results obtained were presented in graph format.

Keywords: *Jeanswear, Stonewash*, tests, tensile strength method

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida de uma calça jeans	15
Figura 2: Plantio de Algodão	16
Figura 3: Fibra de Elastano	17
Figura 4: Combinação de fios com a fibra de elastano	18
Figura 5: Abridor de fardos de algodão.....	19
Figura 6: Carda	20
Figura 7: Penteadeira	21
Figura 8: Maçaroqueira	21
Figura 9: Filatório convencional a anel	22
Figura 10: Filatório “Open-end” vista frontal	23
Figura 11: Poços de corante índigo África Nigéria	24
Figura 12: Sistema de tingimento de fios de urdume por corda – Rope Dye.....	25
Figura 13: Dinamômetro.....	27
Figura 14: Bandeiras de tecido Denim.....	29
Figura 15: Pernas tecido Denim.....	29
Figura 16: Fotomicrografia do tecido denim desbotado	31
Figura 17: Ação da enzima celulase degradando a fibra de algodão.....	31
Figura 18: Amostras dos testes de resistência pelo método tira (Amostra da esquerda – trama; Amostra da direita – urdume).....	37
Figura 19: Corpo de prova (Tira) colocado no dinamômetro	38
Figura 20: Corpo de prova (Tira) após rompimento da amostra.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tolerâncias para resistência a tração pelo método TIRA = ABNT NBR 14634	40
Tabela 2: Resultados médios dos testes de resistência a tração pelo método tira segundo a ABNT NBR 14634	40

SUMÁRIO

1INTRODUÇÃO	12
2Revisão bibliográfica	13
2.1 SEGMENTO JEANSWEAR.....	13
2.2 ALGODÃO.....	15
2.3 ELASTANO	17
2.4 TECNOLOGIA DA FIAÇÃO	18
2.4.1 FIAÇÃO RING – ANEL.....	18
2.4.2 FIAÇÃO A ROTOR – <i>OPEN END</i>	22
2.5 PROCESSOS DE TINGIMENTO DOS FIOS DE URDUME	23
2.6 MÉTODOS DE RESISTENÇÃO A TRAÇÃO	25
3METODOLOGIA.....	28
3.1 EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS	28
3.1 SUBSTRATO.....	28
3.2 ENZIMA CELULASE.....	30
3.3 RECEITAS APLICADAS	32
3.3 TESTES DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	36
4RESULTADOS.....	40
5CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores e consumidores globais de denim, consolidando o segmento jeanswear como um dos mais expressivos na indústria da moda, tanto em volume de produção quanto em consumo (ABIT, 2021). A versatilidade e a acessibilidade das peças jeans, em especial as calças, contribuem para sua ampla aceitação e demanda no mercado. Nesse contexto, os processos de beneficiamento realizados pelas lavanderias são etapas cruciais, pois conferem às peças as características visuais e físicas desejadas, alinhadas às tendências da moda.

No entanto, esses processos, notadamente o "Stonewash", podem induzir a uma degradação na resistência do tecido denim. Historicamente, o "Stonewash" utilizava pedras-pomes para promover o desgaste e o desbote, mas a evolução tecnológica na indústria têxtil introduziu o uso da enzima celulase como alternativa mais sustentável e eficiente. A ação dessas enzimas, ao promoverem a quebra da cadeia de celulose – principal componente da fibra de algodão, que representa cerca de 90% de sua estrutura –, facilita o desbote e a marcação das costuras por meio da ação física gerada pelo atrito nas lavadoras. Contudo, essa degradação enzimática, se não controlada, pode comprometer significativamente a integridade mecânica do tecido.

Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender a relação entre a quantidade de enzimas celulósicas aplicadas e o impacto na resistência do tecido denim. Este trabalho, desenvolvido como parte de um projeto de iniciação científica, propõe investigar como a variação na concentração da enzima celulase empregada no processo de "Stonewash" afeta a resistência à tração do tecido. Para tanto, foram realizados testes de lavagem controlados, nos quais a quantidade de enzima foi o único parâmetro variável, mantendo-se fixos a relação de banho, o peso do substrato, a temperatura e o tempo de processo. Todos os testes foram seguidos por um processo de desativação química da enzima por elevação de pH. A avaliação da resistência dos tecidos foi conduzida por meio do método de resistência à tração do tipo tira, em conformidade com a norma ABNT NBR 14634. Os resultados obtidos buscam fornecer subsídios para otimizar a aplicação de enzimas no beneficiamento do denim, equilibrando os efeitos estéticos desejados com a manutenção da durabilidade e qualidade do produto final.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Segmento Jeanswear

O segmento de *jeanswear* é aquele que utiliza como matéria-prima tecidos resistentes como o brim ou, mais tradicionalmente, o denim (tecido feito a partir do algodão, com tingimento com corante índigo) e é caracterizado pela diversidade de aplicações nos processos de design de moda e ampla gama de processos de lavanderia, que dão o acabamento das peças. Desse modo é um segmento complexo e que demanda uma extensa e articulada cadeia de manufatura (Lima, 2008; Moura e Almeida, 2013).

O tecido denim é formado por uma trama composta de fios crus e urdume composto de fios tintos (geralmente em azul índigo), podendo ser empregadas várias cores em sua composição. A densidade do denim é média ou pesada e o ligamento, correspondente a como urdume e trama são entrelaçados, utilizado na fabricação é o de sarja (construção em diagonal), o que promove uma maior resistência e durabilidade (Pereira, 2021).

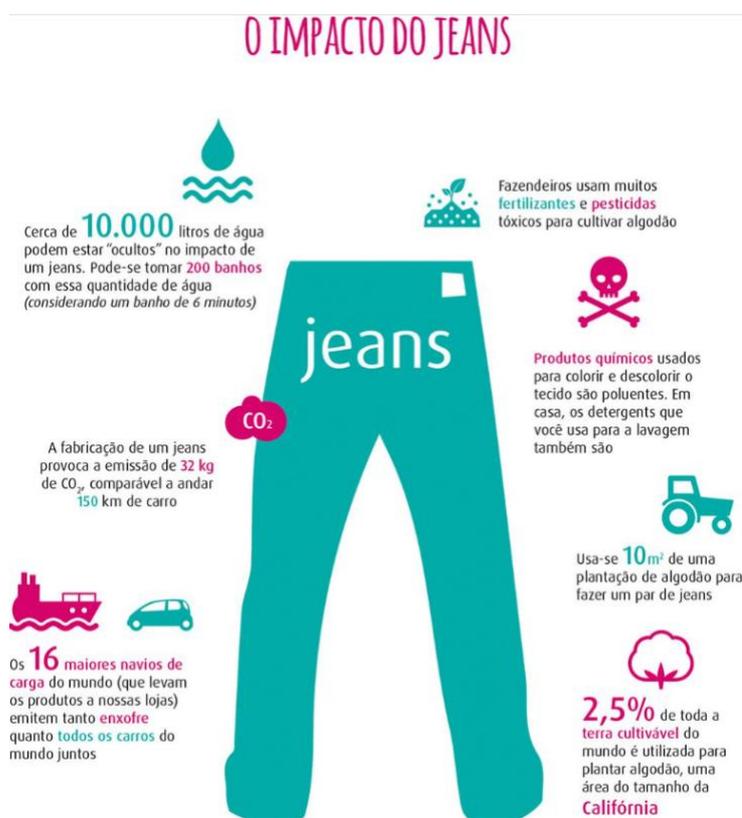
Inicialmente produzido somente a partir do algodão, hoje existem jeans com misturas de algodão e poliéster e outras misturas como algodão e viscose, algodão e tencel (liocel), além da adição de elastano (Adorno, 2021; Pereira, 2021). A composição depende do tipo de produto que se quer fabricar, em termos de conforto, elasticidade ou design. Os acabamentos, processos de tingimentos e tipos de lavagens também evoluíram com o passar do tempo. Os produtos de *jeanswear* estão presente no mercado, em maior escala, em forma de calças, mas também em jaquetas, vestidos, macacões, saias, camisas, blusas, entre outros.

De acordo com estudo conduzido pelo IEMI (2023), em 2022, a indústria de *jeanswear* era responsável por 4,9 mil unidades produtoras no Brasil, com produção de 288 milhões de peças, sendo 777 mil peças para exportação. Todavia, o mesmo estudo indicou que foram comercializadas somente 279 milhões de peças. Na produção de *jeanswear*, calças jeans respondem por 57% do total de peças produzidas e as jaquetas jeans são as peças de maior preço médio de fabricação. Ainda segundo o estudo, entre 2018 e 2022, o consumo do segmento cresceu 3,3% em valores e o varejo cresceu 5,6%, enquanto a mesma avaliação mostrou uma redução quando se trata de volume de peças.

Segundo a ABIT (2021), o Brasil possui uma cadeia produtiva de *jeanswear* que pode ser considerada ampla, integrada e diversificada, o que coloca o país entre os cinco maiores produtores e consumidores de denim do mundo. O jeans respondeu por 9,8% do consumo de roupas no varejo nacional (IEMI, 2023). Esse destaque mercadológico evidencia a importância dos produtos do segmento para o fortalecimento da economia nacional e do produto interno, pelo seu apelo democrático e amplo uso e consumo pela população.

Quando se trata de sustentabilidade, o jeans é um item de vestuário que apresenta uma alta carga de potenciais impactos negativos ambientais, além dos sociais. O Projeto Pegada Hídrica desenvolvido pela empresa Vicunha mapeou o consumo de água no ciclo de vida de uma calça jeans, desde o plantio do algodão até o consumidor final, revelando um consumo médio de 5.196 litros de água por calça jeans no Brasil. Dessa quantidade, 4.247 litros são usados no processo de cultivo até a colheita do algodão e 127 litros na tecelagem, 362 litros nas fases de lavanderia e confecção e 460 litros nas lavagens caseiras realizadas pelo consumidor final (Figura 1) (Siqueira, 2020).

Figura 1: Ciclo de vida de uma calça jeans



Fonte: Babette Porcelijn (2017)

Considerando toda a complexidade na cadeia produtiva desse segmento, há uma preocupação com o gerenciamento do descarte dos produtos de *jeanswear* em desuso ou em fim de jornada, fabricados no Brasil, pois a presença de poliéster e poliuretano, em sua composição, dificulta a reciclagem. Ademais, os processos de tingimento são uma preocupação adicional, uma vez que podem contribuir com a inserção de microplásticos no ambiente (Geraldo, 2023). É necessário promover uma indústria com uma produção mais limpa, mais sustentável, mais bem desenhada para a manutenção e resiliência a longo prazo.

2.2 ALGODÃO

O processo produtivo do Denim tem a sua origem nas fibras e nesse contexto abordou-se o algodão. O algodão é uma fibra de origem vegetal e o seu plantio é feito em grande escala, para se obter uma boa colheita é necessário o clima quente e úmido e que o solo esteja fertilizado para receber as sementes. Segundo (BASF,

2022) (agricultura moderna e sustentável no Brasil) os 5 maiores produtores de algodão mundiais responsável por cerca de 70% da produção são eles: Índia, China, Estados Unidos, Brasil e Paquistão.

Segundo (Macedo, 2023) (Figura 2) é a principal matéria prima para se produzir o Denim, nas fábricas de tecelagem essa fibra tem grande vantagem, a Forbes analisa a fibra por trazer os diversos benefícios: pode-se citar a durabilidade da peça a ser produzido pela matéria prima, resistência, e a memória de quem usa o jeans depois do formato de peça. Conforme explica (Macedo, 2023) o algodão faz tributo ao jeans na São Paulo Fashion Week.

Figura 2: Plantio de Algodão



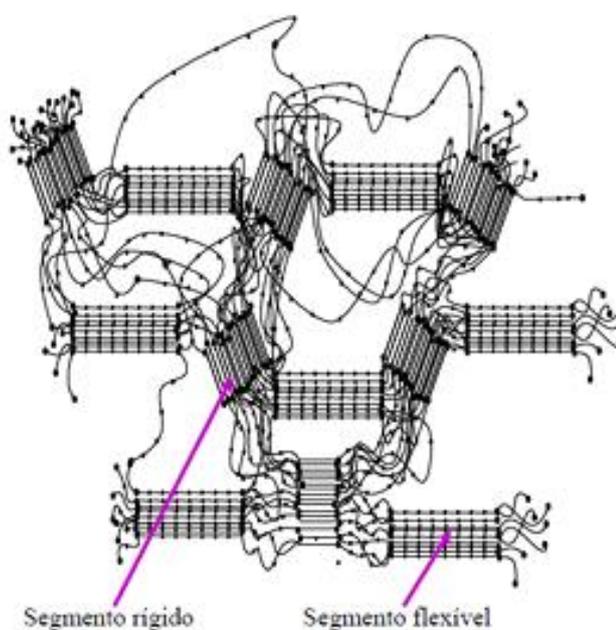
Fonte: Irene Fatima, 2016

Para o algodão ser comercializado e virar fibra e fio é necessário que ele passe pelo beneficiamento têxtil que é a limpeza do algodão e nesse processo é retirado os resíduos culturais que vem do plantio. Após esse procedimento os caroços e as impurezas são destinados as usinas para se transformar em outros meios de comércio pode se citar rações para animais e produtos alimentícios.

2.3 ELASTANO

As fibras de elastano são compostas por macromoléculas lineares, formadas por polímeros de alto peso molecular, principalmente de 85% de poliuretano segmentado. A fibra de elastano pode esticar de 400% a 800%, voltando ao seu estado original após o término da aplicação da força (DOLZAN, 2004). O poliuretano segmentado é composto de um segmento rígido cristalino, com orientação no sentido do comprimento e um segmento flexível amorfo (Figura 3). Os segmentos flexíveis estão sob a forma de aglomerações desordenadas. Quando estes últimos são estirados para uma configuração mais orientada, os segmentos rígidos atuam como resistentes a estas forças, buscando recuperar a forma original.

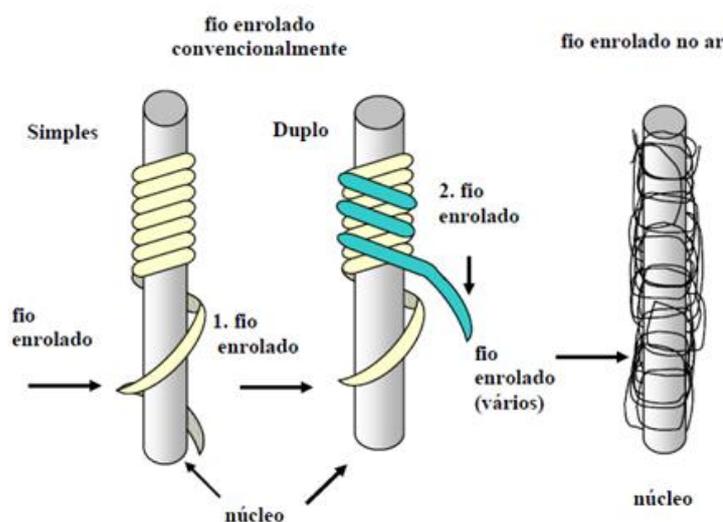
Figura 3: Fibra de Elastano



Fonte: Dolzan, 2004

O elastano é exclusivamente combinado com outras fibras têxteis as quais não requerem tanta elasticidade. O elastano raramente se apresenta na forma original; normalmente se produzem mesclas com os demais fios. No final, o fio contém dois componentes: o núcleo do fio elástico de elastano e a superfície do fio enrolado em materiais como o poliéster (Figura 4).

Figura 4: Combinação de fios com a fibra de elastano



Fonte: Dolzan, 2004

2.4 TECNOLOGIA DA FIAÇÃO

Esta é a etapa onde as fibras são transformadas em fios. O processo de fiação abrange diversas etapas das quais as fibras são orientadas em uma mesma direção, depois são torcidas de modo a se prenderem umas nas outras por atrito (Alcantara e Daltin, 1996).

Segundo Pereira 2016 existem dois processos fundamentais de fiação: o convencional e o não convencional. O primeiro é a fiação **anel** nesse processo pode produzir, simultaneamente, vários fios (entre 200 e 1100 bobinas) sendo cada unidade conhecida por fuso, que estão situadas ao longo da máquina. O segundo é exemplificado por fiação a rotor conhecido como fiação **Open End**, que diferentemente do processo a anel, produz cerca de 300 bobinas simultâneas em um dos lados das máquinas a velocidade muito superiores.

2.4.1 FIAÇÃO RING – ANEL

A fiação têxtil consiste em transformar uma massa de fibras têxteis (matéria-prima), inicialmente desordenadas (flocos), em fios. Porém para ocorrer à produção de fios, existem vários processos que determinará qual será a espessura, título do fio, tipo, qualidade e finalidade do fio.

Esses processos compreendem por meio das quais as fibras têxteis passam por etapas de abertura, limpeza, orientação na mesma direção, paralelização e torção, de modo que a fixação de uma nas outras ocorre através de atrito.

O processo de fiar pode-se dividir em duas etapas:

- 1) Preparação a fiação;
- 2) Fiação

Preparação a fiação esta etapa pode ser subdividida em:

A Linha de abertura recebe a matéria-prima que está em fardos compactados, com peso aproximadamente de 200 kg, onde são colocados lado a lado. Um equipamento automático (Figura 5) ou manual faz a coleta de pequenas porções de cada fardo e as submetem a fim de remover as impurezas.

Figura 5: Abridor de fardos de algodão



Fonte: Andrea Araújo, 2012

Dos batedores as fibras são transportadas até a carda por meio de rolo de mantas dos batedores ou por alimentação direta (flocos) que ocorre através de tubulações. O algodão entra na carda em formato de pluma, e no final do processo sai em formato de flocos ou rolos em mantas.

A carda tem a função de complementar a abertura e limpeza da matéria-prima (fibras) em processo, iniciando o trabalho de paralelização (separação e orientação), homogeneização e uniformização das fibras.

A máquina responsável por esse processo é chamada de carda que vem finalizando seu produto e aplica um leve estiramento e torção, tendo como resultado uma fita de carda (Figura 6).

Figura 6: Carda



Fonte: Andréa Araújo, 2012

As passadeiras têm a função de efetuar a misturas de várias fitas de carda para a obtenção de uma nova. Isso é realizado através da passagem de várias fitas, podendo ser 4, 8 ou 16, por um sistema de junção, com posterior estiramento e torção, resultando na correção dessas fibras.

Em geral sua função é paralelizar as fibras através da realização de uma estiragem a fim de gerar uma fita de passadeira uniforme. O produto de entrada são 4, 8 ou 16 fitas de carda, e o produto final uma fita de passador.

A penteadeira é responsável pela homogeneização do material através da “dublagem”, ou seja, da quantidade de material têxtil na entrada. Uniformiza o material têxtil, através da estiragem e paralelização das fibras, além de selecionar o comprimento da fibra do material têxtil, retirando as de comprimento inferior.

Dentro do sistema de penteagem, encontram-se as etapas divididas em reunideira, laminadeira e a própria penteadeira. O produto de entrada é o fio de passadeira, e o produto de saída é a fita de penteadeira (Figura 7).

Figura 7: Penteadeira



Fonte: Gislaíne Souza, 2008

A maçarqueira (figura 8) possui por finalidade a transformação das fitas em fios, ainda de grandes dimensões, chamados pavios, com cerca de 3 a 5 mm de espessura. A transformação das fitas em pavios é gerada por estiramento e torção, cujo processo é totalmente mecânico. O produto de entrada são a fita de passador ou penteadeira, e o produto de saída é a fita de maçaroca.

Figura 8: Maçarqueira



Fonte: Andréa Araújo, 2012

O processo de fiação compreende a produção de fios a partir de fibras naturais ou não naturais. Na fiação a anel, (figura 8) cada fuso é alimentado por uma mecha, ou pavio (fita constituída de fibras com uma ligeira torção, produzida em uma

máquina conhecida como maçarqueira), que é posicionada na parte superior da estrutura do filatório.

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

Existem dois princípios fundamentais de fiação, o convencional e o não convencional. Na fiação anel, podem-se produzir, simultaneamente, vários fios (entre 200 e 1100 bobinas ao mesmo tempo), sendo cada unidade de fiação conhecida por fuso (figura 9), que estão situados ao longo da máquina, repartidos em igual número para ambas as faces.

Figura 9: Filatório convencional a anel



Fonte: Edson Roberto, 2017

2.4.2 FIAÇÃO A ROTOR – OPEN END

O processo de fiação *open end* (Figura 10) utiliza apenas uma única máquina que realiza as operações de estiragem, eliminando assim algumas fases do processamento industrial, como as da passadeira, maçarqueira, e da conicaleira, ambas utilizadas no sistema convencional de filatórios a anéis.

Tal processo utiliza-se de rotores que giram a altas velocidades, provocando o retorcimento das fibras individualizadas, para dar formação ao fio. A produção de uma unidade *open end* é três a quatro, vezes maiores do que a de uma unidade do filatório convencional mais desenvolvido.

Os fios *open end* produzidos diferem dos elaborados nos filatórios convencionais quanto à estrutura e propriedades físicas. Vários fatores ligados ao mecanismo desse processamento das fibras tornam o fio mais fraco, mais volumoso e mais extensível do que o convencional, numa dada torção e título, mas gera um aspecto de fio mais regular.

Sua perda de resistência pode ser minimizada, fiando-se em títulos mais grossos e com algodões mais curtos. O *open end* não é recomendado para fios de títulos finos obtidos com algodões de fibra longa. Bons resultados para resistência desse fio podem ser conseguidos, utilizando-se fibras de algodão de baixo valor micronaire e de alta resistência.

Figura 10: Filatório “*Open-end*” vista frontal



Fonte: Andréa Araújo, 2012

2.5 PROCESSOS DE TINGIMENTO DOS FIOS DE URDUME

Corantes e pigmentos naturais como o índigo de origem vegetal é obtido a partir da fermentação das folhas de várias espécies de anileiras do gênero *indigofera*. Conforme os anos se passaram o corante índigo natural foi substituído pelo índigo sintético o que causou grande prejuízo na Índia pelo fato do país ser o grande produtor de corante no ano de 1890, o índigo ainda é cultivado na Índia, África, Guatemala e El Salvador em um modo de produção que atende o comércio local tingindo os tecidos com as práticas de amarração no tecido e tingimento batik e shibori. Etno Botânica 2025.

Na Nigéria África ocidental o tingimento com o corante índigo é feito em poços no interior do chão dos pequenos vilarejos esse poço tem o formato de circunferência e ali é produzido o corante índigo natural que atende as demandas das comunidades locais (Figura 11).

Figura 11: Poços de corante índigo África Nigéria



Fonte: Duncan Clarke, 2006

As principais fibras tingidas com o corante índigo são algumas fibras de animais como lã e seda e as fibras celulósicas. Sendo a principal delas o algodão, que por sua baixa afinidade com o corante faz um tingimento somente na parte externa do fio, deixando assim o núcleo da fibra em sua cor normal, ou seja, não penetrando por completo no fio. (Amadio Felipe, 2012)

Existem uma característica principal para o tingimento do fio de algodão esse processo vai desde quando era utilizado o tingimento do índigo natural até chegar no índigo sintético. O índigo é o único corante que não tem afinidade com a fibra celulósica por isso é necessário que ele seja reduzido em uma solução alcalina e precisa de alguns produtos auxiliares para que se revele a verdadeira cor do fio após a oxidação feito pelo oxigênio, esses auxiliares são a furlagem e a oxidação ao ar.

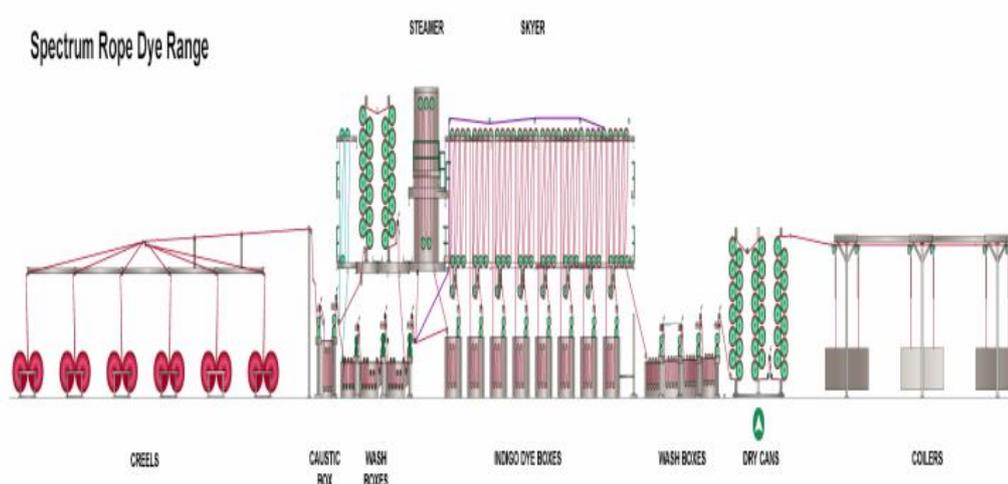
Existem 3 máquinas utilizadas no tingimento do fio de urdume são as: SlasherDye (multi-caixas) Loop Dye (Loop ou Girotex) RopeDye (Corda). A máquina Loop dye conhecido como a máquina em cordas tem a possibilidade e podem trabalhar com 12 e 48 cabos e possui 300 a 450 fios. Os cabos são alimentados

dentro das instalações das tinturarias após o processo de serem tintos são abertos e engomados de forma tradicional.

FLUXO DO PROCESSO DA MÁQUINA DE CORDAS ROPE DYE

Urdimento das cordas, tingimento, abertura das cordas, engomagem e tecelagem. (Figura 12)

Figura 12: Sistema de tingimento de fios de urdume por corda – Rope Dye



Fonte: Morrison, 2011

MÁQUINA MULTICAIXAS

No começo da década de 1970 começou o início da tecnologia das máquinas multi-caixas. Essa máquina se tornou muito popular devido a sua simplicidade a máquina de corda, neste caso o fio já tinto são agrupados em rolo em uma gaiola nas caixas de tingimento entre 4 e 8 caixas podendo chegar até 10 caixas, os fios já estão engomados em uma operação contínua. Nesse caso a máquina pode vir com o vaporizador, enxofre, reativo ou indanthhen. (Ferreira e Lima, 2001).

2.6 MÉTODOS DE RESISTENÇÃO A TRAÇÃO

O Teste de tração consiste na aplicação de uma força uniaxial crescente num corpo de prova até a sua ruptura, fazendo com que o corpo receba um esforço que tende a alongá-lo o máximo possível (aumentando o comprimento e diminuindo a

secção transversal). Sendo assim, nesse ensaio, avalia-se como o material reage sob os esforços de tração, analisando as deformações, alongamento percentual e limite de resistência à tração.

- Objetivo de Realizar o Teste.

- De tração é extremamente importante para determinar as propriedades que um determinado material possui. A partir dos dados encontrados, é possível verificar o qual é o máximo de força aplicada o corpo de prova suporta, representando como o material reagiria a determinada situação.

- Como realizar um Teste de Tração?

- Antes mesmo de definir o que é um ensaio de tração, primeiro é necessário definir alguns outros conceitos primordiais, como o de Corpo de Prova. O corpo de prova é uma amostra do material que será utilizado no ensaio, e que representa o material que o produto final será feito.

Primordialmente, deve-se seguir todas as normas técnicas de especificações dos materiais e de métodos de ensaio, para que os procedimentos e resultados sejam todos padronizados. Com isso, para preparar o corpo de prova, as normas técnicas utilizadas para o ensaio de tração de alongamento dos tecidos planos. (Manual de Engenharia Têxtil – ARAÚJO (1986), Cartilha Indústria Têxtil – ABIT (2019), A NBR 11912/07-2020 - ISO 13934-1 de 10/2016 Materiais Têxteis – Propriedades de tração de Tecidos – Parte 1: Determinação da Força Máxima e Alongamento à força Máxima utilizando o método de tira em dinamômetro.) essa padronização é importante porque permite que haja a comparação das características de materiais diferentes de acordo com o resultado do teste.

O processo do ensaio consiste em colocar o corpo de prova por suas extremidades nas garras de fixação da máquina de tração, o corpo de prova é então submetido a um esforço gradativo. O alongamento sofrido pelo corpo de prova é medido por um extensômetro e assim que o material se rompe, considera-se o fim do ensaio. Esse ensaio de tração geralmente é realizado em uma máquina universal na qual o corpo de prova é fixado pelas extremidades. Essa máquina é hidráulica ou eletromecânica e está acoplada a um dinamômetro (Figura 13), que mede a força aplicada ao corpo de prova, e a um registrador gráfico, que traça um diagrama de força vs deformação.

Figura 13: Dinamômetro



Fonte: Maria Adircila, 2011

3 METODOLOGIA

3.1 EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

Para a realização dos ensaios experimentais foram usados os seguintes equipamentos e acessórios:

Máquina de Costura Reta industrial Sun Special pertencente à Faculdade de Tecnologia de Americana – FATEC;

-Máquina de Costura Overloque industrial Sun Special pertencente à Faculdade de Tecnologia de Americana - FATEC;

- Balança analítica de precisão pertencente à Faculdade de Tecnologia de Americana - FATEC;
- Lavadora industrial, pertencente à Faculdade de Tecnologia de Americana – FATEC;
- Centrifuga Pertencente à Faculdade de Tecnologia de Americana – FATEC;
- Estufa pertencente à Faculdade de Tecnologia de Americana – FATEC;
- Dinamômetro pertencente à Faculdade de Tecnologia de Americana – FATEC;
- Termômetro Laser digital, régua metal, tesoura, Becker vidro, Becker plástico, espátula metal, Fita indicador de PH.

3.1 SUBSTRATO

O substrato em análise configura-se como um tecido plano tipo denim, ligamento sarja 3x1 direita, composição 98% algodão e 2% elastano com gramatura de 339g/m² (10 onças/jarda quadrada) fornecidos pela Tecelagem Canatiba Têxtil.

Foram produzidas bandeiras nas dimensões de 50cm de altura pela largura total do tecido 163cm, costuradas a metade da largura com máquina overloque (Figura 14).

Figura 14: Bandeiras de tecido Denim



Também foram costurados de tecidos em formatos (pernas) para demonstrar o efeito de marcação de costura que ocorre com Stonewash, nas dimensões 51cm X 17cm, com costuras retas e overloque (Figura 15).

Figura 15: Pernas tecido Denim



3.2 ENZIMA CELULASE

Na lavanderia de denim é realizado o processo de acabamento nas peças já confeccionada e esse processo é chamado de Stone Wash; na década de 1980 para fazer as demarcações no tecido denim o desbotamento (Figura 16) que deixa o tecido com a aparência envelhecida eram utilizadas as pedras pomas por meio de atrito físico; porém esse processo gerava uma quantidade excessiva de resíduo e isso gerava custo e tempo para ser tratado na estação de tratamento de efluentes na indústria têxtil. Com o passar dos anos e com a evolução dos produtos químicos e as novas tecnologias de produção chegou na indústria têxtil a enzima celulase substituiu as pedras pomes e essa foi uma grande virada de chave no setor têxtil pelo fato da enzima ser mais sustentável e ter uma aplicabilidade de forma mais fácil.

A enzima celulase (Figura 16) age no tecido deixando o denim com o aspecto de envelhecido e desbotado é esse detalhe que traz a vivacidade para o denim. A enzima celulase tem a finalidade de fragilizar a fibra de algodão (Figura 17) do tecido denim ela rompe a cadeia de celulose do algodão pelo fato do algodão ter 90% de celulose em sua estrutura.

É importância estar atento a relação de banho e o peso do tecido para que a enzima não apodreça as peças já confeccionadas por isso quando o técnico ou o responsável do laboratório realizar a lavagem é necessário ter um equipamento de balança de precisão para pesar a quantidade de enzima e o substrato do tecido pois um peso desproporcional em ambas as medidas pode acarretar prejuízos para as lavanderias de denim apodrecendo a carga total de tecido. (Marroques, Julia 2020).

Figura 16: Fotomicrografia do tecido denim desbotado

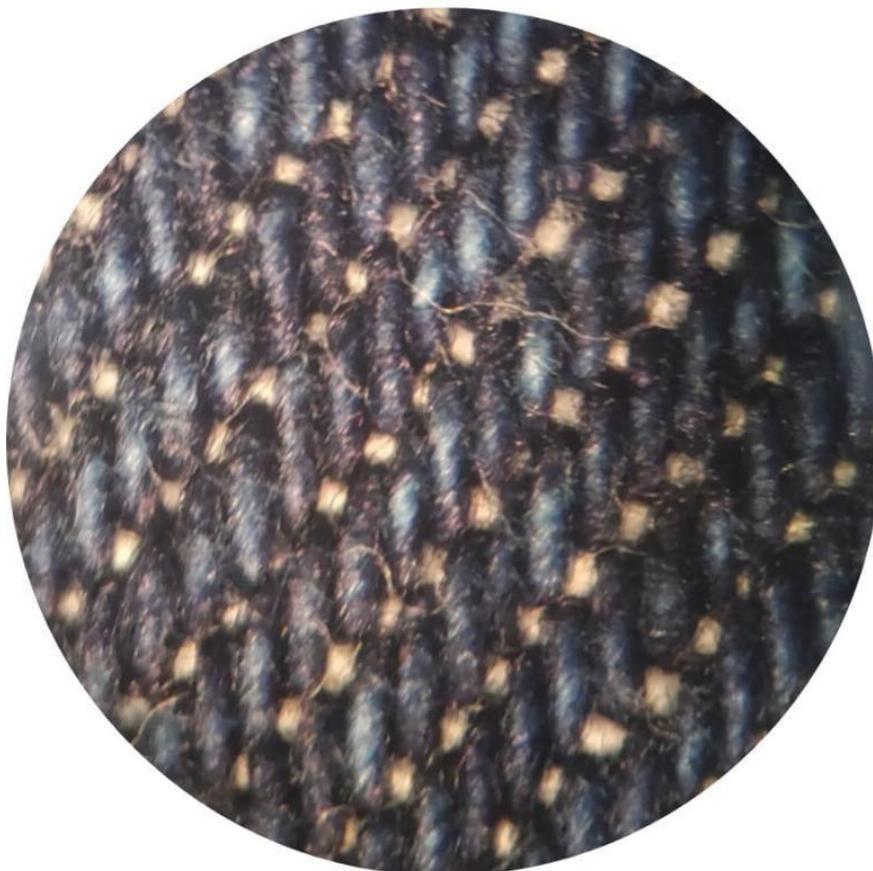
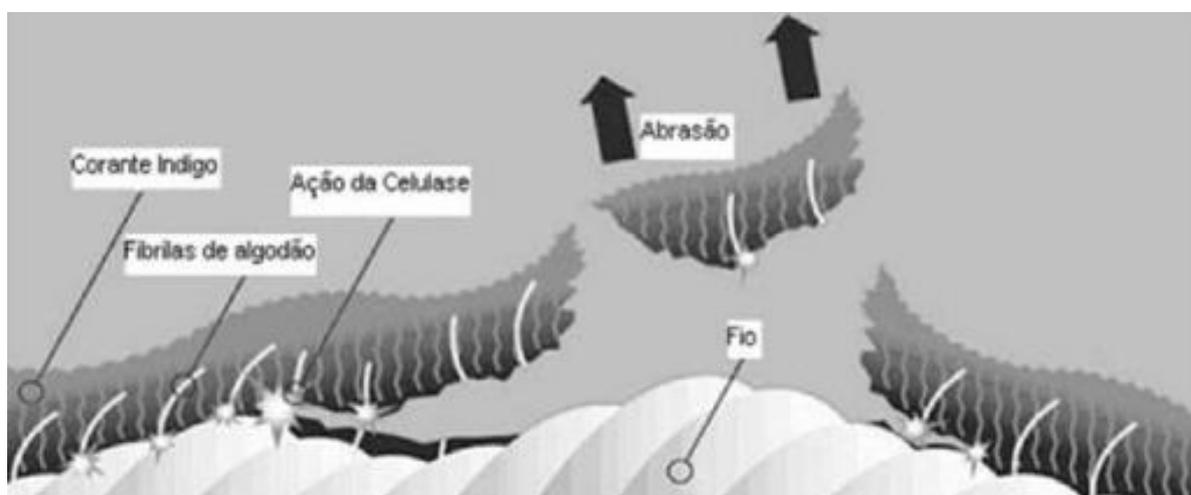


Figura 17: Ação da enzima celulase degradando a fibra de algodão



Fonte: Saravan et al, 2019

3.3 RECEITAS APLICADAS

Para padronizar os ensaios e permitir comparações consistentes entre diferentes testes, foi acordado com o orientador do projeto de iniciação científica a quantidade de 6 bandeiras (formato de corte do tecido) e 2 pernas (formato de corte do tecido) por batelada, aceitando variações de massa entre 1,900kg a 2,100kg de substrato seco.

Como medida de melhor aproveitamento das máquinas lavadoras, as peças foram depositadas perpendicularmente as pás batedoras.

A relação de banho (R:B) foi de 1:7 (lê-se um para sete), onde 1 está para a quantidade de peças secas em relação a 1 quilo de material e, 7 está para litros de água.

Na primeira etapa de testes foram realizadas quatro lavagens com variações na concentração de enzima celulase utilizadas e barrilha leve para a desnaturação da enzima. As concentrações utilizadas foram:

- Teste 1 – 0,2 g/l de enzima celulase;
- Teste 2 – 0,5 g/l de enzima celulase;
- Teste 3 – 1,0 g/l de enzima celulase;
- Teste 4 – 2,0 g/l de enzima celulase;

Os reagentes químicos utilizados nos testes foram:

- Enzima celulase (MICROLASE NB-D – Fornecedor Ricci);
- Antimigrante (DISPERDENTE VKP – Fornecedor Ricci);
- Barrilha leve – Carbonato de Calcio.

A seguir as 4 receitas dos testes realizados:

ICC - STONEWASH – Teste 01

Massa: 1,927 kg

• **UMECTAÇÃO – R:B 1:7 – 3' – Temperatura ambiente 25°C** *14 litros*

- Esgotar banho

• **STONE – R:B 1:7 – 60' – Temperatura ambiente 25°C** *14 litros*

pH inicial: 6

0,5 g/l Antimigrante *7,0 gramas*

0,2 g/l Enzima celulase *2,8 gramas*

pH final: 6

- Esgotar banho

→ **Enxágue R:B 1:7 – 3'** *14 litros*

0,5 g/l barrilha leve (desnaturação) *7,0 gramas*

- Esgotar banho

→ **Enxágue R:B 1:7 – 3'** *14 litros*

- Esgotar banho

- **CENTRIFUGAR**

- **SECAR – 65°C à 70°C**

ICC - STONEWASH – Teste 02

Massa: 2,039 kg

• UMECTAÇÃO – R:B 1:7 – 3' – Temperatura ambiente 25°C *14 litros*

- Esgotar banho

• STONE – R:B 1:7 – 60' – Temperatura ambiente 25°C *14 litros***pH inicial: 6**0,5 g/l Antimigrante *7,0 gramas*0,5 g/l Enzima celulase *7,0 gramas***pH final: 6**

- Esgotar banho

→ **Enxágue R:B 1:7 – 3'** *14 litros*0,5 g/l barrilha leve (desnaturação) *7,0 gramas*

- Esgotar banho

→ **Enxágue R:B 1:7 – 3'** *14 litros*

- Esgotar banho

- CENTRIFUGAR**- SECAR – 65°C à 70°C**

ICC - STONEWASH – Teste 03

Massa: 1,934 kg

• **UMECTAÇÃO – R:B 1:7 – 3' – Temperatura ambiente 25°C**

14 litros

- Esgotar banho

• **STONE – R:B 1:7 – 60' – Temperatura ambiente 25°C**

14 litros

pH inicial: 6

0,5 g/l Antimigrante

7,0 gramas

1,0 g/l Enzima celulase

14,0 gramas

pH final: 6

- Esgotar banho

→ **Enxágue R:B 1:7 – 3'**

14 litros

0,5 g/l barrilha leve (desnaturação)

7,0 gramas

- Esgotar banho

→ **Enxágue R:B 1:7 – 3'**

14 litros

- Esgotar banho

- **CENTRIFUGAR**

- **SECAR – 65°C à 70°C**

ICC - STONEWASH – Teste 04

Massa: 1,921 kg

• UMECTAÇÃO – R:B 1:7 – 3’ – Temperatura ambiente 25°C	<i>14 litros</i>
- Esgotar banho	
• STONE – R:B 1:7 – 60’ – Temperatura ambiente 25°C	<i>14 litros</i>
	pH inicial: 6
0,5 g/l Antimigrante	<i>7,0 gramas</i>
2,0 g/l Enzima celulase	<i>28,0 gramas</i>
	pH final: 6
- Esgotar banho	
→ Enxágue R:B 1:7 – 3’	<i>14 litros</i>
0,5 g/l barrilha leve (desnaturação)	<i>7,0 gramas</i>
- Esgotar banho	
→ Enxágue R:B 1:7 – 3’	<i>14 litros</i>
- Esgotar banho	
- CENTRIFUGAR	
- SECAR – 65°C à 70°C	

A centrifugação das peças foi feita por cinco minutos e secagem em estufa entre 65 °C a 70 °C durante 90 minutos.

3.4 TESTES DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO

Para a realização dos ensaios de resistência a tração do tipo tira descritos neste projeto, foram seguidas as instruções do Manual de Engenharia Têxtil – ARAÚJO (1986), Cartilha Indústria Têxtil – ABIT (2019), assim como:

A ABNT NBR 11912/2016 - Materiais têxteis - Determina resistência à tração e alongamento de tecidos planos.

A NBR ISO 13934-1 – Têxteis – Propriedades de tração de tecidos – parte 1; Determinação da força máxima e do alongamento na força máxima usando o método de tira.

Com embasamento nestas normas, da preparação das amostras: corte em conformidade ao corpo de prova de 6x30cm paralelizado com o sentido do fio (urdume ou trama), retirando de 0,5cm de cada lado atingindo exatos 5cm para a execução do teste no dinamômetro. As tiras feitas estão apresentadas na figura 18, sendo que a tira da esquerda é a amostra de trama e a tira da direita a amostra de urdume.

Figura 18: Amostras dos testes de resistência pelo método tira (Amostra da esquerda – trama; Amostra da direita – urdume)



Condicionamento das amostras: antes dos ensaios visando minimizar variações nos resultados, as amostras ficaram acondicionadas longe de fontes de calor, umidade na média de 80% e temperaturas entre 16 °C a 21 °C.

O dinamômetro é uma máquina de ensaio de tração, usada para aplicar força às amostras. O equipamento foi calibrado com suas garras separadas em 20cm e, velocidade de separação de 0,10 mm por segundo. Uma amostra do teste de resistência sendo realizado com o corpo de prova é apresentado na figura 19. Na figura 20 a amostra é apresentada após o seu rompimento

Figura 19: Corpo de prova (Tira) colocado no dinamômetro

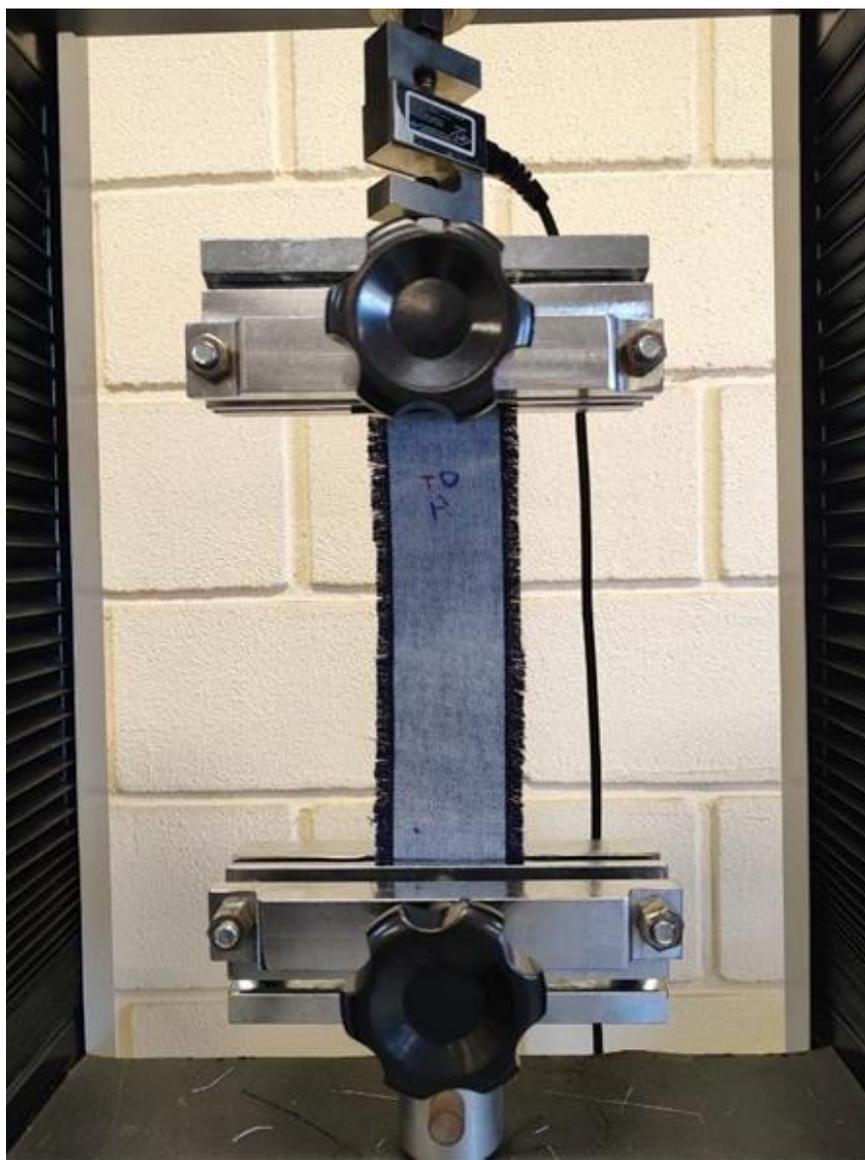


Figura 20: Corpo de prova (Tira) após rompimento da amostra



4 RESULTADOS

As análises de resistência a tração foram feitas pelo método tira – ABNT NBR 14634 e a tolerância de resistência é apresentada na Tabela 1. Ao analisar os resultados, deve-se observar que o tecido denim usado no estudo tem gramatura média (339 g/m²)

Tabela 1: Tolerâncias para resistência a tração pelo método TIRA = ABNT NBR 14634

Tolerâncias para Resistência a Tração			
Método TIRA - ABNT NBR 14634			
Tolerâncias conforme - ABNT NBR 14634			
Tipo de Tecido	Gramatura g/M2	Resistência (URDUME)	Resistência (TRAMA)
Leve	Abaixo de 240	500	200
Médio	241 á 410	650	300
Pesado	Acima de 410	1.200	800

Fonte: ABNT NBR, 2021

Com as tiras de amostras preparadas, dinamômetro calibrado, a média foi calculada a partir de cinco amostras testadas de cada teste e o resultado médio da resistência de cada teste é apresentado na Tabela 2. Os resultados estão divididos em relação a resistência dos fios de urdume e trama.

Tabela 2: Resultados médios dos testes de resistência a tração pelo método tira segundo a ABNT NBR 14634

	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	
	URDUME	TRAMA
TECIDO ACABADO	1730 N	560 N
TESTE 01	838,4 N	400,2 N
TESTE 02	764,7 N	362,2 N
TESTE 03	761,8 N	321 N
TESTE 04	759,6 N	283,2 N

Os resultados obtidos revelaram de forma inequívoca uma relação inversa entre a quantidade de enzima celulase aplicada e a resistência à tração do tecido denim. Em todos os testes, observou-se que o aumento da concentração enzimática resultou em uma progressiva fragilização das fibras de celulose, culminando na diminuição da resistência do material. A análise detalhada dos dados demonstrou que, embora os fios de urdume apresentem naturalmente uma resistência superior aos fios de trama, ambos foram afetados pela ação da enzima. É particularmente notável que, nos testes com 2,0 g/l de enzima, a resistência dos fios de trama caiu abaixo do limite mínimo estabelecido pela norma ABNT NBR 14634. Essas descobertas fornecem evidências sólidas de que o processo de "*Stonewash*", ao empregar enzimas celulásicas, pode de fato enfraquecer as peças de denim, exigindo um controle preciso da dosagem enzimática.

Em resposta direta ao problema central que motivou esta pesquisa, fica claro que a quantidade de enzimas empregadas no processo de "*Stonewash*" exerce uma influência significativa e mensurável na resistência do tecido denim. O estudo comprovou conclusivamente que concentrações mais elevadas de enzima levam a uma redução substancial na resistência à tração do tecido, o que pode impactar diretamente a vida útil e a qualidade percebida do produto final. Este achado ressalta a importância de otimizar o uso de enzimas para alcançar os efeitos estéticos desejados sem comprometer a integridade e a durabilidade do vestuário. Analisando a tabela 2 de resultados verificou-se que a ação da enzima celulase degradou a fibra de algodão e nos 3 primeiros testes no sentido de trama a resistência dos fios se manteve no limite de tolerância ficando somente o quarto teste abaixo do limite, comprovou cientificamente que as 3 primeiras receitas após o processo de lavagem *Stonewash* o produto acabado pode ir para o varejo e não resultaram em prejuízos futuros na mão do consumidor final. Os 4 testes no sentido de urdume ficaram dentro do limite de resistência.

5 CONCLUSÃO

A conclusão final deste trabalho sublinha sua grande relevância para a indústria jeanswear, especialmente no contexto brasileiro, que se destaca como um dos maiores produtores e consumidores globais de denim. Os conhecimentos gerados são de valor inestimável para fabricantes e lavanderias que buscam equilibrar as demandas estéticas da moda com a necessidade imperativa de produzir peças duráveis e de alta qualidade. A compreensão aprofundada do impacto dos tratamentos enzimáticos permite uma tomada de decisão mais informada nos processos de produção, contribuindo para a redução de desperdícios de material e para o aumento da satisfação do consumidor.

Embora este estudo tenha alcançado com sucesso seus objetivos ao fornecer evidências claras da relação entre a concentração de enzima e a resistência do denim, é fundamental reconhecer suas limitações.

A pesquisa concentrou-se em um único tipo de composição de denim e enzima celulase, mantendo parâmetros de processamento fixos. Sugere-se que futuras investigações explorem uma gama mais ampla de misturas de denim, diferentes tipos de enzimas e variações em outros parâmetros do "Stonewash", como temperatura, perfis de pH e ação mecânica. Além disso, a avaliação de outras propriedades do tecido, como resistência ao rasgo, à abrasão e à formação de pilling, bem como a solidez da cor, ofereceria uma compreensão mais holística do impacto enzimático.

Estudos de longo prazo sobre a vida útil das peças após o tratamento enzimático e uma análise aprofundada da pegada ambiental desses processos também seriam contribuições valiosas para o campo. Em última análise, esta pesquisa contribui significativamente para o corpo de conhecimento em química têxtil e ciência dos materiais, oferecendo orientações práticas para a otimização dos processos de acabamento do denim e promovendo práticas mais sustentáveis na indústria. Os objetivos de investigar como a quantidade de enzima afeta a resistência do denim foram plenamente alcançados, fornecendo dados concretos e conclusões claras que podem informar futuras aplicações industriais e empreendimento acadêmicos.

REFERÊNCIAS

ADORNO, L. Z. B. **Jeans: da Produção ao Acabamento**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Têxtil e Moda). Faculdade de Tecnologia de Americana – FATEC, Americana, 2021.

ALCÂNTARA, M. R.; DALTIM, D. **A química do processo têxtil**. Revista química Nova. V.19 – n.3 – p. 320 – 329, 1996.

ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002

ARAÚJO, Mário de; CASTRO, E.M. de Melo. **Manual de Engenharia Têxtil, Vol. 1 e 2**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO – ABINPET. **Mercado Pet Brasil 2023**. 2024. Disponível em: https://abinpet.org.br/wp-content/uploads/2023/03/abinpet_folder_dados_mercado_2023_draft1_incompleto_w eb.pdf. Acesso em: 15 abr. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO – ABIT. **Estudo mostra perfil do consumidor de jeans no varejo de vestuário**. 11 ago. 2021. Disponível em: <https://www.abit.org.br/noticias/estudo-mostra-perfil-do-consumidor-de-jeans-no-varejo-de-vestuario>. Acesso em 17 abr. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Guia de implementação: Normas para confecção de jeans**. Rio de Janeiro: ABNT; SEBRAE, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 11912/2016 - Materiais têxteis - Determinação da resistência à tração e alongamento de tecidos planos (tira)**. Brasil: ABNT. Outubro 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 14634/2021 – Tecido Plano 100% Algodão – Denim – Requisitos e Métodos de ensaio** - Brasil: ABNT. setembro 2021.

BATISTA, E. C. **Mercado Pet no Brasil: Uma Revisão**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2023.

BERGAMASCO, Daives Arakem. **Técnicas de Lavanderia Industrial**. Conteúdo das aulas. 2º semestre de 2023.

BERTOLUCI, C. E. **Proposta de método para desenvolvimento de produtos de moda a partir de técnicas manuais e resíduos de malharia circular de algodão**. Dissertação (Mestrado em Ciências – Têxtil e Moda). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

BRISMAR, A. **What is Circular Fashion?** 2017. Disponível em: <https://greenstrategy.se/circular-fashion-definition/>. Acesso em: 01 mai. 2024.

CACHORREIROS. **Quem somos**. Disponível em: <https://www.cachorreirosocial.com.br/quem-somos/>. Acesso em 02 mai. 2024. 60

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Guia PCS – Produção e Consumo Sustentável: Cadeia Produtiva Têxtil e Confecções – Tendências e Oportunidades**. São Paulo: CETESB, 2023.

DOLZAN, N. **Tingimento de fibras sintéticas com corantes dispersos**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Química do centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina – Dissertação de Mestrado, 2004.

DUARTE, L. S. **Estudo comparativo do impacto ambiental do jeans CO/PET convencional e de jeans reciclado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION – EMF. **A new textiles economy: redesigning fashion's future.** 2017. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/uma-nova-economia-textil>. Acesso em: 01 mai. 2024.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION – EMF. **Towards a circular economy – Business rationale for an accelerated transition.** 2015. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>. Acesso em: 01 mai. 2024.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION – EMF. **Vision of a circular economy for fashion.** 2020. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/visao-de-uma-economia-circular-para-a-moda>. Acesso em: 01 mai. 2024.

FLETCHER, K. **Sustainable fashion & textiles: design journeys.** Sterling: Earthscan, 2008.

FLETCHER, K.; GROSE, L. **Moda & Sustentabilidade: Design para mudança,** São Paulo: Editora Senac, 2011.

GERALDO, N. **150 anos do jeans: a história do tecido até aqui e a relação democrática dos brasileiros com as peças denim.** 02 nov. 2023. Seção Moda. Disponível em: <https://revistamarieclaire.globo.com/moda/noticia/2023/11/150-anos-do-jeans-a-historia-do-tecido-ate-aqui-e-a-relacao-democratica-dos-brasileiros-com-as-pecas-denim.ghtml>. Acesso em 15 abr. 2024.

INTELIGÊNCIA DE MERCADO – IEMI. **Overview Estudo do Mercado Potencial Tecidos Índigo e Brim e Vestuário de Jeanswear 2023.** 27 out. 2023. Disponível em: <https://iemi.com.br/tecidos-indigo-e-brim-e-vestuario-de-jeanswear-no-brasil/>. Acesso em: 30 abr. 2024. 61

LEITÃO, A. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o século XXI. **Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting,** Aveiro, Portugal, v. 1, n. 2, p. 149-71, 2015.

LIMA, F.D.M. **Estratégias Adotadas para o Estabelecimento de Parcerias e Relacionamentos da Cadeia Têxtil Jeanswear**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Paulista – UNIP, São Paulo, 2008.

LUIZE, L. **Mercado pet no Brasil já é o 3º do mundo**. 1 set. 2023. Seção Mercado. Disponível em: <https://panoramapetvet.com.br/pesquisa-mapeia-perfil-de-consumidores-pet/>. Acesso em: 15 abr. 2024.

LUIZE, L. **Pesquisa inédita mapeia perfil de 2 mil consumidores pet**. 15 set. 2023. Seção Mercado. Disponível em: <https://panoramapetvet.com.br/mercado-pet-no-brasil-ja-e-o-3o-do-mundo/>. Acesso em: 15 abr. 2024.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**. 1.ed. 3. reimpr. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 2011.

MARICHALAR, X. G. **El mercado de la alimentación y accesorios para mascotas en Brasil. Notas Sectoriales**. São Paulo: ICEX, 2006.

MOURA, M e ALMEIDA, M. D. A relação entre a sustentabilidade e o design de moda contemporâneo: uma análise sobre o segmento jeanswear. **Comunicação e Sociedade**, v. 24, p. 232-250, 2013.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. **Journal of Business Ethics**, 140(3), p. 369–380, 2017.

OH HECK. **About us**. Disponível em: <https://oh-heck.co.uk/pages/about>. Acesso em 02 mai. 2024.

PEREIRA, G. S. **Introdução a tecnologia têxtil**. Araranguá. Disponível em: https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/7/7d/Apostila_tecnologia.pdf. Acesso em: 19 abr. 2024.

RE.STORE PET. **Camas Re.Store Pet para Animais**. Disponível em: <https://restore.com.pt/produtos/re-store-pet/>. Acesso em: 01 mai. 2024. 62

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **Moda Sustentável: Um Guia Prático**. SEBRAE Nacional, 2024.

SILVA, R. E. L. da. **Análise da percepção e receptividade dos consumidores do setor pet, da cidade de Campina Grande-PB, em relação aos produtos e serviços do segmento pet sustentável**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Areia, 2023.

SINGHEE, D.; RAKSHIT, S. T.; GUPTA, S; SUJITHA, V.; SOMANI, A.; ANIS, D.; BHANSALI, D; BAKKALLA, F.; JAIN, K.; AGARWAL, M.; SADAVARTIA, P. & CHORARIA, Y. Waste Reduction Through Upcycling of Denim Jeans into Fashionable Smart Clothing. In: SAMPATH, V. R.; PATRA, S & GUPTA, P. K. (Ed.). **Textile Recycling and Sustainable Apparel Designs**. Mumbai: Allied Publishers Private Limited, 2023.

SIQUEIRA, K. **A pegada sustentável do jeans**. 19 nov. 2020. Disponível em: <https://mescla.cc/2020/11/19/a-pegada-sustentavel-do-jeans/>. Acesso em: 30 abr. 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE VAREJO E CONSUMO – SBVC. **O mercado pet no Brasil**. 2016. Disponível em: <https://sbvc.com.br/wpcontent/uploads/2016/05/o-mercado-pet-no-brasil.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2024.

TREPTOW, D. **Inventando Moda: planejamento de coleção**. Brusque: Doris Treptow, 2013.

TSUI, C. **MODA CIRCULAR: uma análise do conhecimento e comportamento de compras dos consumidores**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Administração). Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

UNITED TO REMAKE. **Quem somos**. Disponível em: <https://unitedtoremake.com/>. Acesso em: 02 mai. 2024.

URBINATI, A.; CHIARONI, D.; CHIESA, V. Towards a new taxonomy of circular economy business models. **Journal of Cleaner Production**, v. 168, p. 487-498, 1 dez. 2017. 63

VEZZOLI, C.; MAZZINI, E. **Design for Environmental Sustainability**. Milão: Springer, 2008.

WANDERRUFF. **Abou us**. Disponível em: <https://www.wanderruff.co/pages/about-us>. Acesso em 02 mai. 2024.

[https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30306/1/Aplica%C3%A7%C3%B5es EnzimasInd%C3%A9strias.pdf](https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30306/1/Aplica%C3%A7%C3%B5es%20de%20EnzimasInd%C3%A9strias.pdf)>. Acesso em: 11 jun. 2025.

CUNHA, P. R. Onde estava toda a sua tralha? #SOSRS. Disponível em: <<https://organizercunha.com.br/onde-estava-toda-a-sua-tralha-sosrs/>>. Acesso em: 3 jul. 2025. Disponível em: <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/7/7d/Apostila_tecnologia.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2025.

MACEDO, F. **Algodão faz tributo ao jeans na São Paulo Fashion Week**. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbesagro/2023/11/algodao-faz-tributo-ao-jeans-na-sao-paulo-fashion-week/>>. Acesso em: 3 jul. 2025.

Quais são os 5 maiores produtores mundiais de algodão? Disponível em: <https://agriculture.basf.com/br/pt/conteudos/cultivos-e-sementes/algodao/5-maiores-produtores-algodao>. Acesso em: 3 jul. 2025. Disponível em: <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/7/7d/Apostila_tecnologia.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2025a.