v7.n7.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

ESTRUTURA TÊXTIL E DESEMPENHO MECÂNICO DE TECIDOS DE CETIM

TEXTILE STRUCTURE AND MECHANICAL PERFORMANCE OF SATIN WEAVE FABRICS

ESTRUCTURA TEXTIL Y DESEMPEÑO MECÁNICO DE TEJIDOS PLANOS CON ESTRUCTURA DE SATÉN

Alessandra Brandani Biggi[1], Lara Marques Gouvea Jatoba[2], Maria Renata Moraes[3], Patrícia Lopes da Silva de Araújo[4], Elaine Regina Brito Maia Mercial[5]

e778511
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i7.8511

RESUMO

Este estudo investigou as propriedades mecânicas de tecidos planos com estrutura de cetim, com ênfase na resistência à tração e no alongamento nas direções do urdume e da trama. Foram analisadas 16 amostras compostas por diferentes combinações de algodão, poliéster e elastano. A caracterização incluiu composição fibrosa, densidade de fios, gramatura e título dos fios, complementada por ensaios mecânicos de resistência à tração e alongamento pelo método Grab. Os resultados evidenciaram que o comportamento mecânico dos tecidos é influenciado pela interação entre composição fibrosa e parâmetros estruturais do tecido. A combinação de algodão, poliéster e elastano apresentou o melhor desempenho global de resistência à tração, enquanto a presença de elastano favoreceu o aumento da extensibilidade dos tecidos. Também foi observado comportamento anisotrópico consistente, caracterizado por maiores valores de resistência à tração no urdume e maior capacidade de alongamento na trama. As análises indicaram que gramatura, densidade de fios e título dos fios exercem influência sobre o desempenho mecânico, porém seus efeitos dependem da interação com a composição fibrosa e com as características estruturais do tecido.

PALAVRAS-CHAVE: Cetim. Resistência à tração. Alongamento.

ABSTRACT

This study investigated the mechanical properties of woven fabrics with a satin weave structure, with emphasis on tensile strength and elongation in both warp and weft directions. Sixteen fabric samples composed of different combinations of cotton, polyester, and elastane were analyzed. The characterization included fiber composition, yarn density, fabric areal density (grammage), and yarn linear density, complemented by tensile strength and elongation tests using the Grab method. The results showed that the mechanical behavior of the fabrics is influenced by the interaction between fiber composition and the structural parameters of the fabric. The combination of cotton, polyester, and elastane exhibited the best overall tensile strength performance, while the presence of elastane favored increased fabric extensibility. A consistent anisotropic behavior was also observed,

[1] Universidade Estadual de Maringá, Graduação em Engenharia Têxtil, Especialização em Docência no Ensino Superior, Mestre em Engenharia Química e Doutorado em Engenharia Têxtil.
[2] Universidade Estadual de Maringá, Graduanda em Engenharia Têxtil.
[3] Universidade Estadual de Maringá, Graduação em Engenharia Têxtil, Especialização em Docência no Ensino Superior, Mestre em Engenharia Química e Doutorado em Engenharia Têxtil.
[4] Graduação em Ciência da Computação, Especialização em MBA em Gerenciamento de Projetos e Governança de TI e Indústria 4.0, Doutorado em Engenharia Têxtil.
[5] Universidade Estadual de Maringá, Graduação em Engenharia Têxtil, Especialização em Gestão de Recursos Humanos, Mestre em Engenharia Química e Doutorado em Engenharia Têxtil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

characterized by higher tensile strength values in the warp direction and greater elongation capacity in the weft direction. The analyses indicated that grammage, yarn density, and yarn linear density influence mechanical performance; however, their effects depend on the interaction with fiber composition and the structural characteristics of the fabric.

KEYWORDS: *Satin weave. Tensile strength. Elongation.*

RESUMEN
Este estudio investigó las propiedades mecánicas de tejidos planos con estructura de satén, con énfasis en la resistencia a la tracción y el alargamiento en las direcciones de urdimbre y trama. Se analizaron 16 muestras de tejidos compuestas por diferentes combinaciones de algodón, poliéster y elastano. La caracterización incluyó la composición de fibras, la densidad de hilos, el gramaje del tejido y la densidad lineal de los hilos, complementada con ensayos de resistencia a la tracción y alargamiento mediante el método Grab. Los resultados evidenciaron que el comportamiento mecánico de los tejidos está influenciado por la interacción entre la composición fibrosa y los parámetros estructurales del tejido. La combinación de algodón, poliéster y elastano presentó el mejor desempeño global en resistencia a la tracción, mientras que la presencia de elastano favoreció el aumento de la extensibilidad de los tejidos. También se observó un comportamiento anisotrópico consistente, caracterizado por mayores valores de resistencia a la tracción en la dirección de urdimbre y mayor capacidad de alargamiento en la trama. Los análisis indicaron que el gramaje, la densidad de hilos y la densidad lineal de los hilos influyen en el desempeño mecánico; sin embargo, sus efectos dependen de la interacción con la composición fibrosa y las características estructurales del tejido.

PALABRAS CLAVE*: Satén. Resistencia a la tracción. Alargamiento.*

1. INTRODUÇÃO

Os tecidos planos constituem uma das estruturas mais importantes da indústria têxtil, sendo amplamente empregados em aplicações industriais, técnicas e de vestuário. São formados pelo cruzamento ortogonal dos fios de urdume e trama, originando diferentes padronagens fundamentais, como tela, sarja e cetim. Essas estruturas diferem quanto à distribuição dos pontos de ligação, ao grau de ondulação (crimp) dos fios, ao comprimento das flutuações e à mobilidade relativa entre urdume e trama, características que influenciam diretamente a redistribuição das tensões durante a solicitação mecânica e, consequentemente, as propriedades de resistência à tração e alongamento dos tecidos (BIGGI *et al.*, 2025; LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

A resistência mecânica de um tecido não depende exclusivamente da resistência individual dos fios que o compõem. Seu desempenho resulta da interação entre as propriedades das fibras, as características dos fios e a arquitetura da padronagem têxtil, que controla a transferência de esforços, a deformação da estrutura e o modo de ruptura do material. Dessa forma, parâmetros como composição fibrosa, título dos fios, densidade de urdume e trama, gramatura e estrutura do tecido atuam conjuntamente, influenciando tanto a capacidade de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

suportar cargas quanto o comportamento deformacional sob tração (MALIK *et al.,* 2011; ÖZDEMIR; MERT, 2013; PATTI; ACIERNO, 2023).

Entre as padronagens fundamentais da tecelagem, o cetim caracteriza-se pelo reduzido número de pontos de cruzamento e pela presença de longas flutuações dos fios, diferindo estruturalmente dos ligamentos tela e sarja. Essas características influenciam a interação entre os fios de urdume e trama e, consequentemente, o comportamento mecânico do tecido. Dessa forma, propriedades como resistência à tração e alongamento não dependem apenas das características das fibras e dos fios, mas também da arquitetura do ligamento, que interfere na resposta do tecido quando submetido a esforços mecânicos.

Embora estudos anteriores tenham contribuído para a compreensão do comportamento mecânico de diferentes estruturas têxteis (BIGGI *et al.*, 2025; ÖZDEMIR; MERT, 2013), a literatura ainda apresenta limitações quanto à avaliação integrada da influência da composição fibrosa, do título dos fios, da densidade e da gramatura sobre tecidos planos com estrutura de cetim submetidos ao mesmo protocolo experimental de ensaio. Em geral, esses fatores são investigados isoladamente ou em comparações entre diferentes ligamentos, permanecendo pouco esclarecida a contribuição relativa de cada parâmetro construtivo e, principalmente, de sua interação sobre o desempenho mecânico de tecidos de cetim produzidos com distintas composições fibrosas (MALIK *et al.*, 2011; KAZI *et al.*, 2021; PATTI; ACIERNO, 2023).

Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo avaliar as propriedades de resistência à tração e alongamento de 16 amostras de tecidos planos com estrutura de cetim, produzidas com diferentes combinações de algodão, poliéster e elastano. A análise considera, de forma integrada, a influência da composição fibrosa, da gramatura, da densidade e do título dos fios por meio de uma abordagem experimental quantitativa, utilizando ensaios mecânicos pelo método Grab. Parte-se da hipótese de que a interação entre esses parâmetros construtivos e a arquitetura do ligamento cetim influencia significativamente a redistribuição das tensões durante o carregamento, produzindo respostas distintas de resistência à tração e alongamento, mesmo entre tecidos com a mesma estrutura de ligamento.

Dessa forma, esta investigação busca ampliar o conhecimento sobre o comportamento mecânico de tecidos planos com estrutura de cetim, fornecendo evidências experimentais que contribuam para a compreensão dos mecanismos estruturais envolvidos e para a seleção e o desenvolvimento de materiais têxteis com desempenho mais adequado às diferentes aplicações industriais.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

2. METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como quantitativa, com delineamento experimental, sendo desenvolvida no Laboratório de Controle de Qualidade Têxtil do Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Campus Regional de Goioerê. Foram avaliadas 16 amostras de tecidos planos com estrutura de cetim, distribuídas em quatro grupos experimentais conforme a composição fibrosa predominante (Tabela 1), com o objetivo de analisar a influência conjunta da composição das fibras e dos parâmetros construtivos sobre as propriedades mecânicas dos tecidos. As amostras dos Grupos 1 e 2 foram fornecidas por uma indústria têxtil localizada na Região Norte do Brasil, cuja identidade foi preservada por questões de confidencialidade, enquanto as amostras dos Grupos 3 e 4 foram adquiridas em estabelecimentos comerciais do estado do Paraná.

Tabela 1. Composição dos tecidos

Grupo	Quantidade de amostras	Composição dos tecidos	Descrição
1	4	Algodão (98%) + Elastano (2%)	Cetim com predominância de fibras naturais
2	2	Algodão (72%) + Poliéster (25%) + Elastano (3%)	Mistura de fibras naturais e sintéticas
	2	Algodão (69%) + Poliéster (29%) + Elastano (2%)	
3	4	Poliéster (97%) + Elastano (3%)	Cetim predominantemente sintético
4	4	Poliéster (100%)	Cetim totalmente sintético

Antes dos ensaios, todas as amostras foram acondicionadas em atmosfera padrão para materiais têxteis, à temperatura de (21 ± 1) °C e umidade relativa de (65 ± 2) %, conforme a ASTM D1776/D1776M-20(2024). Os ensaios de resistência à tração e alongamento foram realizados pelo método Grab, de acordo com a ABNT NBR ISO 13934-2:2016, sendo ensaiados cinco corpos de prova por amostra em cada direção (urdume e trama), utilizando-se a média aritmética dos resultados.

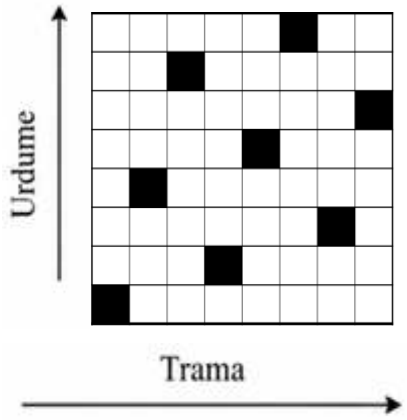
A identificação das fibras foi realizada conforme a ABNT NBR 13538:1995; a determinação da densidade de fios seguiu a ABNT NBR 10588:2015; a gramatura foi determinada pela ABNT NBR 10591:2008; e a análise da estrutura têxtil foi conduzida conforme as ABNT NBR 12546:2017 e ABNT NBR 14634:2001.

Os dados foram submetidos à estatística descritiva, com cálculo das médias, e à análise de regressão linear simples para investigar a relação entre os parâmetros construtivos e as

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

propriedades mecânicas dos tecidos. A intensidade das associações foi avaliada por meio do coeficiente de determinação (R^2) e do coeficiente de correlação de Pearson (r), utilizando o software Microsoft Excel®. A Tabela 2 apresenta a estrutura do ligamento cetim e uma amostra representativa dos tecidos analisados, utilizada para caracterizar o material experimental.

Tabela 2. Estrutura das amostras de tecidos de cetim

Padronagem de cetim	Amostra representativa de um tecido analisado
	

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Propriedades dos tecidos

Os resultados das propriedades dos tecidos estão apresentados nos Quadros 1, 2, 3 e 4, proporcionando uma análise detalhada dos dados obtidos.

Quadro 1. Propriedades dos tecidos: Grupo 1

Identificação		Densidade (fios/cm)			Título (Ne)		Resistência à Tração (Kgf)		Alongamento (%)	
Tecido	Composição (%)	Urdume	Trama	Gramatura (g/m²)	Urdume	Trama	Urdume	Trama	Urdume	Trama
1	CO* (98%) PUE** (2%)	59	27	227	32,17	21,26	145,84	90,34	19,43	52,50
2	CO (98%) PUE (2%)	59	27	227	30,83	19,42	146,83	88,03	23,07	57,77

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

3	CO (98%) PUE (2%)	55	27	278	21,56	21,99	182,94	95,84	28,09	60,44
4	CO (98%) PUE (2%)	55	27	285	20,77	21,56	182,52	91,70	23,88	52,64

CO*: Algodão. PUE**: Elastano

Quadro 2. Propriedades dos tecidos: Grupo 2

Identificação		**Densidade**			**Título (Ne)**		**Resistência à Tração (Kgf)**		**Alongamento (%)**	
Tecido	**Composição (%)**	**Urdume**	**Trama**	**Gramatura (g/m²)**	**Urdume**	**Trama**	**Urdume**	**Trama**	**Urdume**	**Trama**
1	CO* (72%) PES** (25%) PUE*** (3%)	47	29	264	15,85	31,25	175,3	127,95	21,26	76,68
2	CO (72%) PES (25%) PUE (3%)	47	29	264	17,24	34,26	181,24	130,32	21,64	94,42
3	CO (69%) PES (29%) PUE (2%)	57	26	251	21,07	29,85	157,80	120,4	21,08	118,59
4	CO (69%) PES (29%) PUE (2%)	57	26	251	20,70	32,52	155,06	118,20	20,76	111,3

CO*: Algodão. PUE**: Elastano. PES***: Poliéster

Quadro 3. Propriedades dos tecidos: Grupo 3

Identificação		**Densidade**			**Título (Tex)**		**Resistência à Tração (Kgf)**		**Alongamento (%)**	
Tecido	**Composição (%)**	**Urdume**	**Trama**	**Gramatura (g/m²)**	**Urdume**	**Trama**	**Urdume**	**Trama**	**Urdume**	**Trama**
1	PES * (97%) PUE** (3%)	41	32	91,64	5,40	9,75	141,14	87,54	26,08	71,61
2	PES (97%) PUE (3%)	42	26	87,80	5,30	9,71	134,28	74,78	22,78	62,98

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

3	PES (97%) PUE (3%)	40	33	85,63	4,94	9,44	138,60	62,40	22,58	49,36
4	PES (97%) PUE (3%)	29	31	188,85	9,07	9,19	189,40	92,20	35,12	51,13

PES*: Poliéster. PUE**: Elastano

Quadro 4. Propriedades dos tecidos: Grupo 4

Identificação		**Densidade**			**Título (Tex)**		**Resistência à Tração (Kgf)**		**Alongamento (%)**	
Tecido	**Composição (%)**	**Urdume**	**Trama**	**Gramatura (g/m²)**	**Urdume**	**Trama**	**Urdume**	**Trama**	**Urdume**	**Trama**
1	PES*(100%)	42	35	70,38	5,91	8,21	157,46	73,04	29,44	32,57
2	PES	40	31	77,76	6,54	6,47	158,12	77,46	30,46	29,55
3	PES	42	30	70,58	3,34	6,80	144,56	68,98	23,41	24,88
4	PES	47	31	77,27	6,87	6,34	150,32	72,60	30,79	26,10

PES*: Poliéster

A partir dos dados apresentados nos Quadros 1 a 4, os resultados foram discutidos em duas etapas. Inicialmente, analisou-se a resistência à tração em função da gramatura, densidade de fios, título dos fios, composição fibrosa e direção dos fios. Em seguida, avaliou-se o comportamento de alongamento dos tecidos, considerando as diferenças entre os grupos e a influência da composição fibrosa e da direção dos fios. Essa organização favoreceu uma análise sistemática dos fatores que influenciam o comportamento mecânico dos materiais.

4. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

4.1. Influência da gramatura na resistência à tração

A gramatura corresponde à massa do tecido por unidade de área, expressa em gramas por metro quadrado (g/m²), sendo um dos principais parâmetros estruturais utilizados na caracterização de materiais têxteis. Esse parâmetro está diretamente relacionado à quantidade de matéria-prima presente na estrutura e influencia o desempenho mecânico do tecido.

De modo geral, o aumento da gramatura tende a estar associado a maiores valores de resistência à tração, uma vez que reflete uma maior quantidade de material fibroso disponível para suportar e distribuir os esforços mecânicos aplicados ao tecido (KAZI *et al.*, 2021;

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

ÖZDEMIR; MERT, 2013). Entretanto, essa relação não ocorre de forma isolada, sendo influenciada simultaneamente por fatores como composição fibrosa, densidade de fios, título dos fios e características estruturais da construção têxtil (MALIK *et al.*, 2011; PATTI; ACIERNO, 2023).

A análise dos resultados obtidos nos quatro grupos investigados (Quadros 1 a 4) indica, de forma geral, uma tendência de associação positiva entre gramatura e resistência à tração, especialmente nos Grupos 1 e 2. Nesses casos, tecidos com maior massa por unidade de área apresentaram, em geral, maiores valores de resistência, sugerindo contribuição direta da maior compactação estrutural para o desempenho mecânico. Entretanto, essa tendência não se manteve de forma uniforme nos Grupos 3 e 4, nos quais outros fatores estruturais exerceram influência mais significativa sobre o comportamento mecânico dos tecidos.

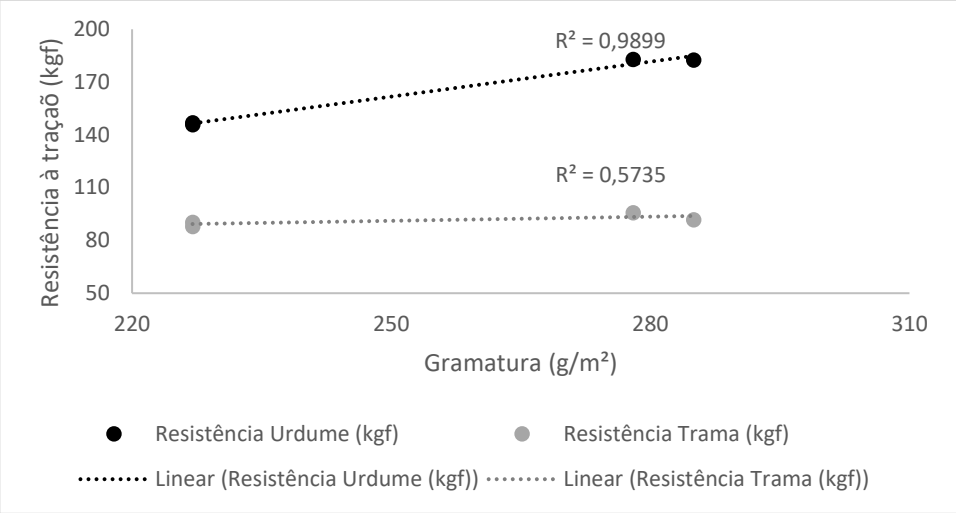
No Grupo 1 (Quadro 1), observou-se uma relação bem definida entre aumento de gramatura e incremento da resistência à tração. Os tecidos com maiores gramaturas (278 g/m² e 285 g/m²) apresentaram os maiores valores de resistência no urdume (182,94 kgf e 182,52 kgf), enquanto aqueles com menor gramatura (227 g/m²) apresentaram resistências inferiores (145,84 kgf e 146,83 kgf). Comportamento semelhante foi observado no Grupo 2 (Quadro 2), no qual tecidos com maior gramatura (264 g/m²) apresentaram resistências superiores (175,30 kgf e 181,24 kgf) em comparação aos tecidos com menor gramatura (251 g/m²), que registraram valores entre 155,06 kgf e 157,80 kgf. Esses resultados reforçam a contribuição positiva da gramatura para o desempenho mecânico, embora ainda dependente da interação com a composição fibrosa e com a estrutura do tecido.

Nos Grupos 3 e 4, a relação entre gramatura e resistência à tração apresentou comportamento menos evidente. No Grupo 3 (Quadro 3), o tecido de maior gramatura (188,85 g/m²) registrou os maiores valores de resistência à tração tanto no urdume (189,40 kgf) quanto na trama (92,20 kgf). Entretanto, as demais amostras, com gramaturas variando entre 85,63 e 91,64 g/m², não apresentaram variações proporcionais de resistência, indicando que a massa por unidade de área, isoladamente, não explica o comportamento mecânico observado. Esses resultados evidenciam que a resistência à tração é resultado da interação entre diferentes características estruturais do tecido.

Em virtude da relação mais consistente observada entre gramatura e resistência à tração no Grupo 1, realizou-se uma análise de regressão linear com a finalidade de avaliar a associação entre essas variáveis. Os resultados obtidos são apresentados no Gráfico 1.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Gráfico 1. Correlação entre gramatura e resistência à tração (Grupo 1)



A análise de regressão linear apresentada no Gráfico 1 indicou uma associação positiva entre gramatura e resistência à tração no Grupo 1. Para a direção do urdume, obteve-se coeficiente de determinação de $R^2 = 0,9899$ e coeficiente de correlação de Pearson (r) = 0,995, indicando correlação linear positiva extremamente forte entre as variáveis. Esses resultados sugerem que maiores valores de gramatura tendem a estar associados ao aumento da resistência à tração, sendo que aproximadamente 98,99% da variação observada na resistência foi explicada pelo modelo ajustado. Entretanto, considerando o número reduzido de amostras, essas associações devem ser interpretadas com cautela e confirmadas em estudos com conjuntos amostrais mais amplos.

Na direção da trama (Gráfico 1), obteve-se coeficiente de determinação de $R^2 = 0,5735$, correspondente a um coeficiente de correlação de Pearson (r) de aproximadamente 0,757, caracterizando uma correlação linear positiva moderada. Esse resultado sugere que, embora a gramatura contribua para o aumento da resistência mecânica, sua influência é menos pronunciada nessa direção, possivelmente em razão da interação com outros parâmetros estruturais, como a densidade e o título dos fios, a composição fibrosa e a arquitetura do tecido. Esses fatores podem alterar a distribuição das tensões durante o ensaio de tração, reduzindo a contribuição isolada da gramatura para o desempenho mecânico.

Os resultados obtidos são consistentes com os achados de Özdemir e Mert (2013), que evidenciaram a influência dos parâmetros estruturais na resistência mecânica de tecidos planos, indicando que estruturas mais compactas tendem a apresentar maior capacidade de suportar esforços de tração. De forma semelhante, Patti e Acierno (2023) destacam que a resistência à

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

tração resulta da interação entre diversos fatores estruturais e materiais, incluindo gramatura, densidade de fios, características dos fios e arquitetura têxtil, não sendo determinada por um único parâmetro. Dessa forma, os resultados indicam que a gramatura pode representar um parâmetro relevante para o desempenho mecânico dos tecidos analisados, especialmente na direção do urdume. Entretanto, sua influência deve ser interpretada em conjunto com a densidade de fios, o título, a composição fibrosa e a estrutura do tecido, uma vez que esses fatores atuam de forma integrada na resistência à tração.

4.2. Influência da densidade de fios na resistência à tração

A densidade de fios corresponde à quantidade de fios presentes em uma determinada unidade de comprimento do tecido, sendo geralmente expressa em fios por centímetro (fios/cm). Esse parâmetro constitui uma das principais características estruturais dos tecidos, estando associada ao grau de compactação da estrutura e à distribuição dos fios de urdume e trama. Em consequência, pode influenciar propriedades mecânicas, dimensionais e de conforto, afetando o desempenho global do material têxtil (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014; SAVILLE, 1999).

De maneira geral, estruturas com maior densidade tendem a apresentar maior quantidade de fios participando da absorção e redistribuição das cargas aplicadas durante os ensaios mecânicos. Entretanto, a resistência à tração não depende exclusivamente desse parâmetro, sendo influenciada simultaneamente pela gramatura, pelo título dos fios, pela composição fibrosa e pelas características construtivas do tecido (ÖZDEMIR; MERT, 2013; PATTI; ACIERNO, 2023).

A análise dos resultados obtidos nos Quadros 1 a 4 demonstra que a influência da densidade de fios sobre a resistência à tração não ocorreu de forma uniforme entre os grupos avaliados. No Grupo 1 (Quadro 1), os tecidos com menor densidade de urdume (55 fios/cm) apresentaram maiores resistências à tração (182,94 kgf e 182,52 kgf) do que aqueles com densidade de 59 fios/cm (145,84 kgf e 146,83 kgf). Tendência semelhante foi observada no Grupo 3 (Quadro 3), no qual o tecido com a menor densidade de urdume do grupo (29 fios/cm) apresentou a maior resistência à tração (189,40 kgf). No Grupo 4 (Quadro 4), também não foi identificada relação proporcional entre as variáveis, uma vez que tecidos com densidades semelhantes apresentaram desempenhos mecânicos distintos. Esses resultados evidenciam que a resistência à tração é determinada pela interação entre múltiplos fatores estruturais, não podendo ser explicada exclusivamente pela quantidade de fios presente na construção têxtil.

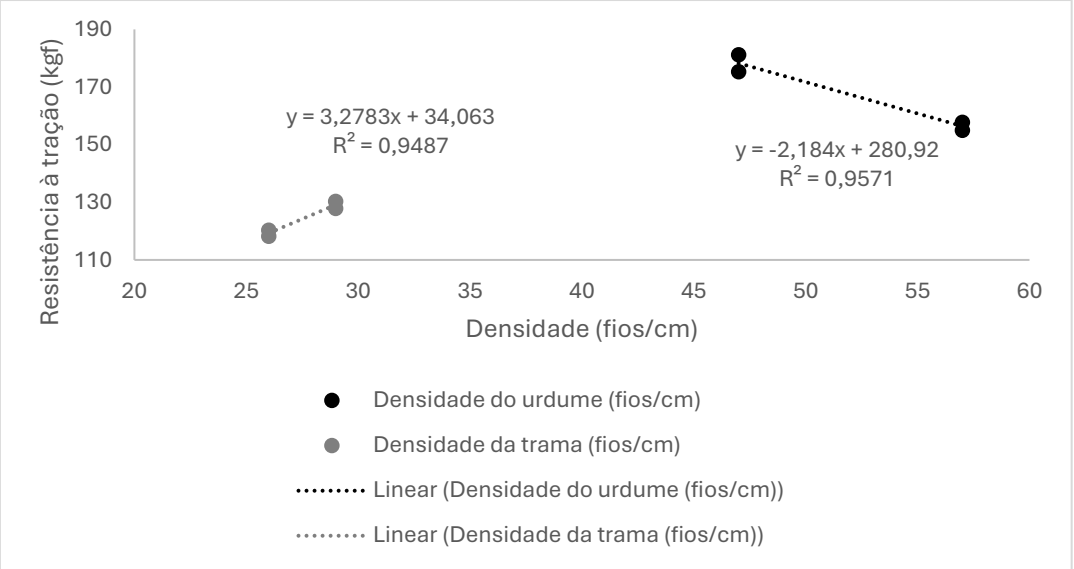
Resultados semelhantes foram observados por Özdemir e Mert (2013), que demonstraram a influência dos parâmetros estruturais sobre as propriedades mecânicas dos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

tecidos, evidenciando que alterações na densidade e na configuração da estrutura podem modificar a resistência à tração. De forma semelhante, Patti e Acierno (2023) destacam que o comportamento mecânico dos tecidos resulta da interação entre características dos fios, parâmetros de tecelagem, arquitetura estrutural e composição dos materiais, não sendo adequadamente explicado por um único parâmetro isolado.

Com o objetivo de ilustrar essa relação, foi elaborado o Gráfico 2 utilizando os resultados do Grupo 2 (Quadro 2), no qual foram observadas diferenças de densidade associadas a variações na resistência à tração.

Gráfico 2. Correlação entre densidade e resistência à tração (Grupo 2)



Na direção do urdume (Gráfico 2), a relação entre densidade de fios e resistência à tração foi descrita pela equação de regressão linear y = -2,184x + 280,92, com coeficiente de determinação R² = 0,9571. O coeficiente de correlação de Pearson foi r = -0,978, indicando forte associação linear negativa entre as variáveis no conjunto de dados analisado. Esses resultados sugerem uma tendência de redução da resistência à tração à medida que a densidade de fios aumenta. Esse comportamento pode estar relacionado à maior compactação da estrutura, que tende a restringir a mobilidade dos fios e a modificar a redistribuição das tensões durante o ensaio de tração, reduzindo a contribuição individual dos fios para a deformação do tecido.

Na direção da trama (Gráfico 2), a regressão linear foi representada pela equação y = 3,2783x + 34,063, com coeficiente de determinação R² = 0,9487 e coeficiente de correlação de Pearson de r = 0,974, caracterizando forte associação linear positiva entre as variáveis. Os resultados indicam uma tendência de aumento da resistência à tração com o incremento da

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

densidade de fios. Esse comportamento pode estar relacionado ao maior número de fios participando da transferência e da distribuição das tensões aplicadas durante o ensaio, favorecendo a capacidade do tecido de suportar esforços mecânicos. Entretanto, assim como observado para o urdume, essa associação deve ser interpretada com cautela em razão do reduzido número de amostras.

A comparação entre as duas direções evidencia o comportamento anisotrópico dos tecidos analisados. Enquanto, no urdume, o aumento da densidade esteve associado a uma tendência de redução da resistência à tração, na trama observou-se tendência oposta. Esses resultados indicam que a influência da densidade de fios varia conforme a direção do tecido, possivelmente em razão das diferenças na distribuição das tensões, na mobilidade dos fios e na forma como urdume e trama interagem durante a aplicação da carga.

De maneira geral, os elevados coeficientes de determinação obtidos para ambas as direções ($R^2 > 0,94$) indicam bom ajuste dos modelos lineares aos dados experimentais do Grupo 2. Contudo, esses resultados não permitem atribuir o desempenho mecânico exclusivamente à densidade de fios. Em concordância com Özdemir e Mert (2013) e Patti e Acierno (2023), os resultados sugerem que a resistência à tração decorre da interação entre a densidade de fios, a arquitetura do tecido, a composição fibrosa, as características dos fios e os mecanismos de transferência e distribuição das tensões na estrutura têxtil.

4.3. Influência do título na resistência à tração

O título do fio é um parâmetro que expressa a relação entre massa e comprimento, sendo amplamente utilizado para caracterizar a finura ou espessura dos fios têxteis (DINIZ, 2011). Sua determinação pode ser realizada por diferentes sistemas de titulação, destacando-se:

– Ne (Número Inglês): sistema indireto de titulação no qual valores mais elevados indicam fios mais finos, uma vez que representam maior comprimento por unidade de massa;

– tex: sistema direto de titulação no qual valores mais elevados correspondem a fios mais grossos, caracterizados por maior massa por unidade de comprimento.

A compreensão desses sistemas é fundamental para a correta interpretação das propriedades mecânicas dos fios e, consequentemente, dos tecidos produzidos a partir deles.

A literatura demonstra que a massa linear dos fios exerce influência significativa sobre o comportamento mecânico dos materiais têxteis. Mahmoud *et al.* (2022) e El-Shafei *et al.* (2021) verificaram que o aumento da densidade linear dos fios está associado a maiores valores de resistência à tração dos tecidos, evidenciando a importância desse parâmetro no desempenho mecânico. Entretanto, estudos recentes demonstram que as propriedades mecânicas dos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

tecidos não dependem exclusivamente do título dos fios. Begum e Milašius (2022) destacam que fatores como densidade de fios, matéria-prima, estrutura do tecido e parâmetros construtivos influenciam conjuntamente o comportamento mecânico. De forma complementar, Patti e Acierno (2023) ressaltam que características como densidade de urdume e trama, densidade linear dos fios, torção e arquitetura têxtil exercem influência significativa sobre a resistência à tração. Assim, o desempenho mecânico dos tecidos deve ser compreendido como resultado da interação entre múltiplos parâmetros estruturais.

A análise individual dos Grupos 1, 2, 3 e 4 permitiu avaliar a influência do título dos fios sobre a resistência à tração em diferentes configurações estruturais de tecidos.

No Grupo 1, observou-se um comportamento compatível com tendências descritas na literatura para a influência da massa linear dos fios sobre as propriedades mecânicas dos tecidos (MAHMOUD *et al.*, 2022; EL-SHAFEI *et al.*, 2021). Os tecidos 3 e 4, confeccionados com menores títulos de urdume (21,56 e 20,77 Ne, respectivamente), correspondentes a fios de maior massa linear, apresentaram os maiores valores de resistência à tração (182,94 e 182,52 kgf). Em contrapartida, os tecidos 1 e 2, com títulos mais elevados (32,17 e 30,83 Ne), associados a fios mais finos, apresentaram menores valores de resistência à tração (145,84 e 146,83 kgf). Esses resultados sugerem uma possível tendência de maior resistência mecânica associada ao aumento da massa linear dos fios, conforme discutido na literatura.

De forma semelhante, no Grupo 4, cujos resultados foram expressos em tex, observou-se que tecidos produzidos com fios de maior massa linear tenderam a apresentar maiores valores de resistência à tração. Destaca-se o tecido 3, que apresentou o menor título de urdume (3,34 tex) e também o menor valor de resistência à tração (144,56 kgf), o que reforça, de maneira descritiva, o padrão observado no Grupo 1. Esse comportamento é condizente com os achados de Mahmoud *et al.* (2022), os quais indicam que fios de maior massa linear podem contribuir para maior capacidade de suporte de carga, em função de sua maior seção resistente e participação estrutural na composição do fio.

No Grupo 2, entretanto, essa relação não se mostrou claramente definida. Apesar das variações nos títulos dos fios, os valores de resistência à tração não apresentaram uma tendência diretamente proporcional à massa linear. Esse comportamento sugere a possível influência simultânea de outros parâmetros estruturais no desempenho mecânico dos tecidos, como densidade de fios, gramatura e características construtivas da estrutura têxtil. Essa interpretação é coerente com Begum e Milašius (2022) e Patti e Acierno (2023), que destacam que as propriedades mecânicas dos tecidos resultam da interação entre múltiplos fatores estruturais, não sendo adequadamente explicadas por uma única variável isolada.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Foram elaborados os Gráficos 3 e 4 a partir dos resultados do Grupo 3 (Quadro 3), com o objetivo de aprofundar a análise da relação entre o título dos fios e a resistência à tração, permitindo uma avaliação mais detalhada dessa interação.

Gráfico 3. Correlação entre título e resistência à tração (Grupo 3 – direção urdume)

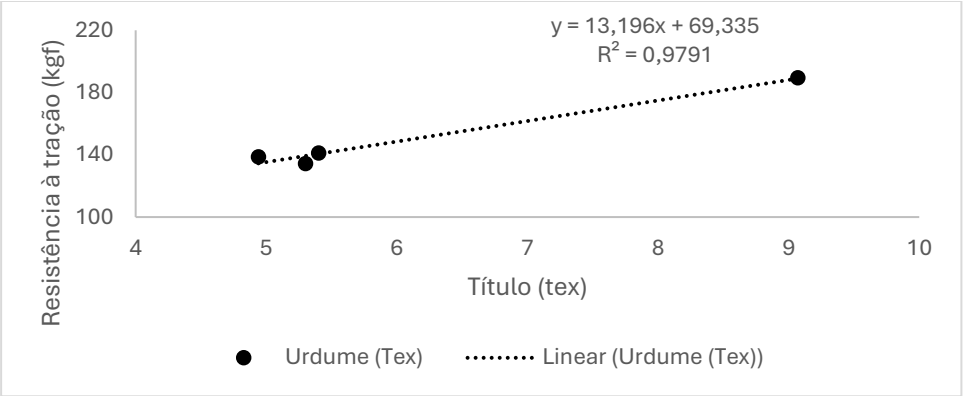
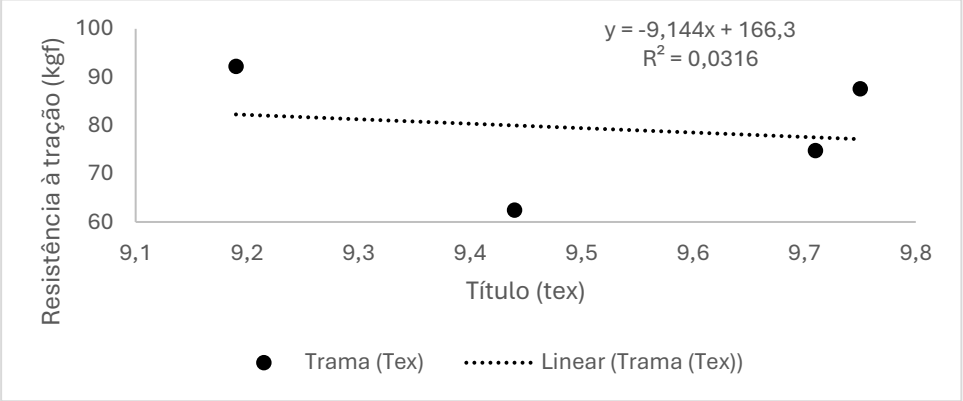


Gráfico 4. Correlação entre título e resistência à tração (Grupo 3 – direção trama)



Conforme observado no Gráfico 3, verificou-se uma tendência de associação positiva entre o aumento do título dos fios (tex) e a resistência à tração na direção do urdume. Esse comportamento é consistente com Mahmoud *et al.* (2022), que relatam que fios de maior massa linear tendem a apresentar maior área resistente e maior número de fibras participando da transferência de carga, favorecendo o desempenho mecânico. De forma semelhante, El-Shafei *et al.* (2021) indicam que a densidade linear dos fios pode influenciar a resistência à tração dos tecidos, ressaltando que esse efeito depende da interação entre as características do fio e a estrutura têxtil, não sendo determinado por um único parâmetro.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A regressão linear apresentada no Gráfico 3 foi descrita pela equação y = 13,196x + 69,335, com coeficiente de determinação R² = 0,9791 e coeficiente de correlação de Pearson (r) = 0,9895, indicando forte associação linear positiva entre as variáveis no conjunto de dados analisado. Esses resultados sugerem que maiores títulos dos fios tendem a estar associados ao aumento da resistência à tração na direção do urdume. Mecanicamente, esse comportamento pode estar relacionado ao aumento da área resistente do fio, permitindo que um maior número de fibras participe da transferência das cargas aplicadas durante o ensaio de tração. Embora o modelo apresente elevado coeficiente de determinação, o número reduzido de amostras recomenda cautela quanto à generalização dessa associação.

Na direção da trama (Gráfico 4), a regressão linear resultou na equação y = -9,144x + 166,3, com coeficiente de determinação R² = 0,0316 e coeficiente de correlação de Pearson (r) = -0,178, indicando associação linear negativa muito fraca entre as variáveis. Embora o título dos fios tenha apresentado pequena variação (9,19–9,75 tex), a resistência à tração variou de 62,40 a 92,20 kgf, sugerindo que, nessa direção, o título exerceu influência limitada sobre o comportamento mecânico.

Esse resultado pode estar relacionado à maior influência de outros parâmetros estruturais. A presença de 3% de elastano, por exemplo, pode modificar o comportamento deformacional do tecido, favorecendo maior redistribuição das tensões durante o ensaio de tração e reduzindo a contribuição isolada do título dos fios para a resistência mecânica. Bolaji e Dolez (2024) observaram que tecidos contendo elastano apresentam alterações na resposta tensão–deformação, enquanto Siddiqa *et al.* (2020) relataram que esse componente favorece o alongamento e a recuperação elástica da estrutura têxtil.

Assim, os resultados indicam que a influência do título dos fios sobre a resistência à tração depende da direção analisada. No urdume, maiores títulos tendem a favorecer o desempenho mecânico em razão do aumento da área resistente dos fios, enquanto, na trama, a resposta parece estar mais relacionada à interação entre o elastano, a densidade de fios, a gramatura, a compactação e a arquitetura do tecido, fatores que atuam conjuntamente na distribuição das tensões durante o carregamento.

4.4. Influência da composição de fibras têxteis na resistência à tração

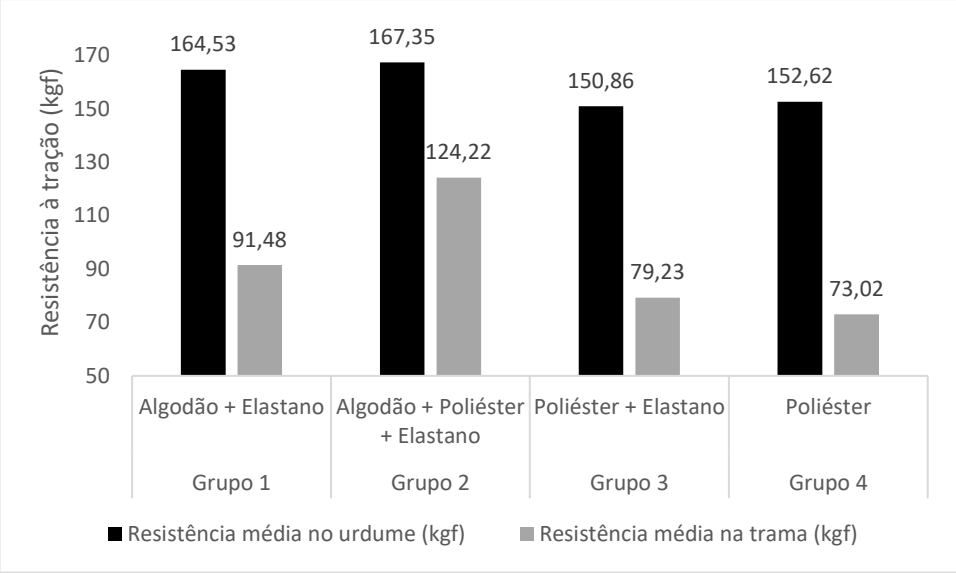
A composição fibrosa constitui um dos principais fatores que influenciam o comportamento mecânico dos tecidos, uma vez que as propriedades intrínsecas das fibras afetam diretamente a capacidade do material de suportar esforços de tração. De modo geral, fibras de poliéster apresentam elevada tenacidade e resistência à ruptura, enquanto fibras de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

algodão possuem menor resistência mecânica, porém contribuem para características relacionadas ao conforto e absorção de umidade. Já o elastano destaca-se por sua elevada elasticidade, contribuindo para o aumento da deformabilidade dos tecidos e modificando seu comportamento sob tração, com maior capacidade de alongamento antes da ruptura.

Com o objetivo de avaliar a influência da composição fibrosa na resistência à tração dos tecidos, foi elaborado o Gráfico 5 a partir dos valores médios de resistência obtidos para cada grupo nas direções do urdume e da trama. A utilização de valores médios introduz um efeito de *data aggregation*, reduzindo a variabilidade intra-grupo associada a diferenças pontuais de gramatura, densidade de fios e título dos fios. Dessa forma, o Gráfico 5 favorece uma representação mais estável da tendência global entre as diferentes composições fibrosas, permitindo uma leitura mais clara do efeito da constituição dos materiais sobre o comportamento mecânico.

Gráfico 5. Correlação entre composição fibrosa e resistência à tração



De acordo com o Gráfico 5, o Grupo 2, composto por algodão, poliéster e elastano, apresentou os maiores valores médios de resistência à tração nas direções do urdume (167,35 kgf) e da trama (124,22 kgf). Esse comportamento sugere que a combinação dessas fibras pode favorecer o desempenho mecânico do tecido, possivelmente em razão da maior tenacidade do poliéster e da interação entre os constituintes fibrosos e a estrutura têxtil na transferência e distribuição das tensões. Resultados semelhantes foram relatados por Islam *et al.* (2024), que observaram melhores propriedades mecânicas em tecidos denim produzidos com misturas

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

algodão/poliéster em comparação a estruturas constituídas exclusivamente por algodão, dependendo do tipo de fio e da construção do tecido.

O Grupo 1, constituído por algodão (98%) e elastano (2%), apresentou resistência média de 164,53 kgf no urdume e 91,48 kgf na trama, conforme os dados do Quadro 1. Embora os valores de resistência no urdume tenham sido próximos aos observados para o Grupo 2, verificou-se menor resistência na direção da trama. Esse comportamento pode estar relacionado à ausência de poliéster na composição, uma vez que essa fibra apresenta maior tenacidade que o algodão, podendo contribuir para o aumento da capacidade de suportar esforços de tração.

Os Grupos 3 e 4, compostos predominantemente por poliéster, apresentaram valores médios intermediários de resistência à tração. O Grupo 3 apresentou médias de 150,86 kgf no urdume e 79,23 kgf na trama, enquanto o Grupo 4 apresentou médias de 152,62 kgf e 73,02 kgf, respectivamente. Entretanto, o Grupo 3 registrou o maior valor individual de resistência à tração observado no estudo, atingindo 189,40 kgf na direção do urdume (Quadro 3). Esse resultado indica que a composição fibrosa, embora relevante, atua em conjunto com outros fatores estruturais, como a arquitetura do tecido, a densidade de fios e as características dos fios, que podem modificar a distribuição das tensões e, consequentemente, o comportamento mecânico.

De modo geral, os resultados indicam que a composição fibrosa pode representar um parâmetro importante para a resistência à tração dos tecidos analisados. Entretanto, seu efeito deve ser interpretado em conjunto com os demais parâmetros estruturais, uma vez que a resposta mecânica resulta da interação entre a composição das fibras, a estrutura do tecido e as condições de transferência de cargas durante o ensaio.

4.5. Influência da direção do fio na resistência à tração dos tecidos

A direção dos fios (urdume e trama) constitui um dos principais fatores estruturais associados ao comportamento mecânico de tecidos planos, uma vez que a construção têxtil resulta em diferentes condições de formação, alinhamento e distribuição de carga entre essas direções. De acordo com a literatura clássica, tecidos planos apresentam comportamento anisotrópico, influenciado pela geometria da estrutura, pelo grau de ondulação dos fios (crimp) e pelas condições de inserção dos fios de urdume e trama durante a tecelagem (GROSBERG; HEARLE, 2001). Essas diferenças estruturais contribuem para variações no comportamento mecânico observado entre as direções do tecido sob carregamento.

A análise dos Quadros 1 a 4 indica que, de forma consistente, a resistência à tração na direção do urdume foi superior à observada na trama para a maioria dos tecidos avaliados, independentemente da composição fibrosa. Esse comportamento está relacionado ao conceito

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de anisotropia, que se refere à condição em que um material apresenta propriedades mecânicas diferentes dependendo da direção em que é solicitado. No caso dos tecidos planos, isso significa que sua resistência não é uniforme em todas as direções: o material responde de forma distinta quando a força é aplicada no sentido do urdume ou da trama, em função da orientação dos fios e da forma como eles estão entrelaçados na estrutura têxtil.

De forma complementar, o Gráfico 5 evidencia o comportamento global dos materiais a partir das médias de resistência à tração por grupo, permitindo avaliar a influência da composição fibrosa de maneira integrada. Essa abordagem reforça que, embora a anisotropia determine o comportamento direcional dos tecidos, a magnitude da resistência está também associada à constituição fibrosa, a qual atua como fator modulador do desempenho mecânico.

5. ALONGAMENTO

5.1. Influência da composição fibrosa no alongamento dos tecidos

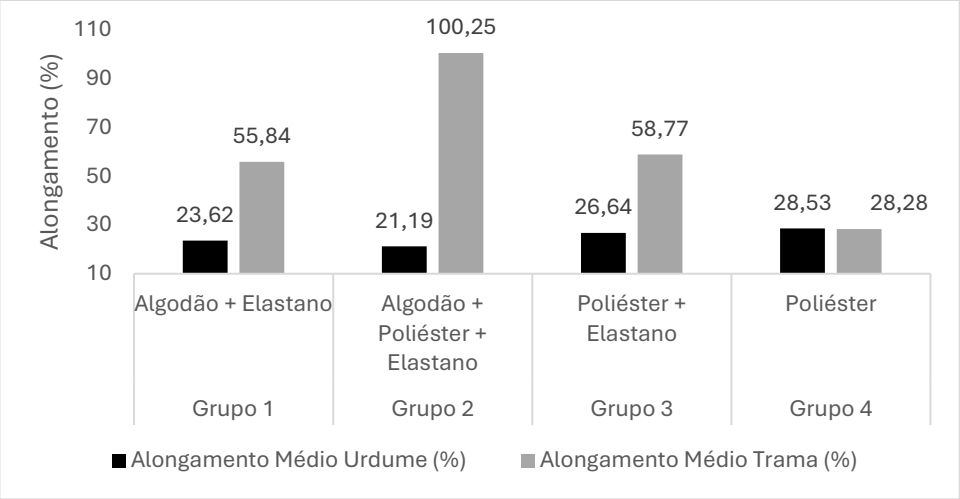
O alongamento corresponde à capacidade de um material deformar-se quando submetido a uma força de tração, sendo expresso em percentual em relação ao seu comprimento inicial. Essa propriedade está diretamente relacionada à estrutura do tecido, às características dos fios e, principalmente, à composição fibrosa empregada em sua construção. Em tecidos planos, o alongamento é influenciado pela mobilidade dos fios na estrutura, pelo grau de compactação do tecido e pela presença de fibras elastoméricas, como o elastano, que conferem elevada capacidade de deformação e recuperação elástica. Segundo Das e Alagirusamy (2021), a capacidade de alongamento é um dos principais parâmetros utilizados para avaliar o comportamento mecânico dos tecidos, pois está relacionada ao conforto, à flexibilidade e à resposta estrutural do material quando submetido a esforços mecânicos.

A análise dos resultados apresentados nos Quadros 1 a 4 demonstra diferenças significativas entre os grupos avaliados. De modo geral, os maiores valores de alongamento foram observados nos tecidos que continham elastano em sua composição (Grupos 1, 2 e 3). No Grupo 1, os valores de alongamento na trama variaram de 52,50% a 60,44%, enquanto no Grupo 2 foram registrados os maiores percentuais entre todos os grupos, oscilando de 76,68% a 118,59%. No Grupo 3, os resultados situaram-se entre 49,36% e 71,61%. Em contraste, o Grupo 4 (Quadro 4) apresentou os menores valores de alongamento na trama, variando de 24,88% a 32,57%. Esses resultados indicam que a presença de elastano exerceu influência significativa na capacidade de deformação dos tecidos, promovendo maior extensibilidade quando comparados aos tecidos sem fibras elastoméricas.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Para melhor visualização das diferenças entre os grupos, o Gráfico 6 apresenta os valores médios de alongamento obtidos nas direções do urdume e da trama.

Gráfico 6. Alongamento médio dos tecidos dos Grupos 1, 2, 3 e 4 nas direções do urdume e da trama



De acordo com o Gráfico 6, observa-se que os Grupos 1, 2 e 3 apresentaram maiores valores de alongamento na direção da trama em comparação ao Grupo 4. Esse comportamento pode estar relacionado à presença de elastano na estrutura dos tecidos, uma vez que essa fibra apresenta elevada capacidade de deformação e recuperação elástica. Siddiqa *et al.* (2020) também observaram aumento do alongamento em tecidos planos contendo elastano, indicando que sua incorporação favorece a deformabilidade da estrutura têxtil. Entre os grupos avaliados, o Grupo 2 apresentou simultaneamente os maiores valores de alongamento e de resistência à tração na direção da trama, sugerindo que a combinação entre algodão, poliéster e elastano, associada às características estruturais do tecido, pode favorecer a distribuição das tensões sem comprometer a resistência mecânica.

O Grupo 4 apresentou comportamento distinto dos demais grupos. Constituído exclusivamente por poliéster, sem a presença de elastano, registrou os menores valores de alongamento em ambas as direções do tecido, variando de 23,41% a 30,79% no urdume e de 24,88% a 32,57% na trama. Além disso, observou-se menor diferença entre os valores obtidos nas duas direções, indicando comportamento mecânico mais uniforme da estrutura.

A menor extensibilidade observada no Grupo 4 pode estar associada à ausência de elastano, uma vez que, sem essa fibra, a deformação do tecido depende predominantemente da

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

mobilidade dos fios e da reorganização da estrutura durante a aplicação da carga. Chattopadhyay e Vyas (2020) relataram que o aumento do teor de elastano está associado ao incremento do alongamento e da elasticidade dos tecidos planos. De forma semelhante, Bolaji e Dolez (2024) observaram que a incorporação dessa fibra modifica a resposta tensão–deformação, influenciando a deformabilidade do tecido conforme sua estrutura e as condições de carregamento.

Assim, os resultados indicam que a composição fibrosa pode exercer influência sobre o comportamento deformacional dos tecidos analisados. Entretanto, esse efeito deve ser interpretado em conjunto com as características estruturais do tecido, uma vez que a deformação resulta da interação entre a composição das fibras, a arquitetura têxtil e os mecanismos de redistribuição das tensões durante o ensaio de tração.

5.2. Influência da direção dos fios no alongamento

A análise do alongamento (%) dos tecidos apresentados nos Quadros 1 a 4 indica que a composição fibrosa e a direção do tecido (urdume e trama) estão associadas ao comportamento deformacional das amostras avaliadas. De modo geral, observaram-se maiores valores de alongamento na direção da trama em todos os grupos. Esse comportamento pode estar relacionado à própria estrutura dos tecidos planos, na qual os fios de trama tendem a apresentar maior mobilidade durante o ensaio de tração, favorecendo sua acomodação e redistribuição das tensões antes da ruptura.

O Grupo 1 (CO/PUE) apresentou alongamento moderado, variando de 19,43% a 28,09% no urdume e de 52,50% a 60,44% na trama (Quadro 1). Esse comportamento pode estar relacionado à predominância de algodão associada à presença de elastano, cuja elevada capacidade de deformação favorece o aumento da extensibilidade do tecido. Constantino *et al.* (2022) observaram comportamento semelhante em tecidos planos contendo elastano, indicando maior deformabilidade em comparação a estruturas sem essa fibra.

O Grupo 2 (CO/PES/PUE) apresentou os maiores valores de alongamento, especialmente na trama (76,68% a 118,59%). Esse resultado sugere que a combinação entre algodão, poliéster e elastano pode favorecer a deformação da estrutura sem comprometer sua integridade mecânica, possivelmente em razão da interação entre as propriedades elásticas do elastano e as características estruturais do tecido. Jovanović *et al.* (2022) e Bolaji e Dolez (2024) também indicam que a incorporação de elastano tende a aumentar o alongamento e a capacidade de deformação dos tecidos.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

O Grupo 3 (PES/PUE) apresentou valores intermediários de alongamento no urdume (22,58% a 35,12%) e superiores na trama (49,36% a 71,61%). Esse comportamento é consistente com a presença de elastano na composição, que pode favorecer a deformação da estrutura durante a aplicação da carga, conforme discutido por Jovanović *et al.* (2022).

O Grupo 4 (100% PES) apresentou os menores valores de alongamento em ambas as direções (urdume: 23,41% a 30,79%; trama: 24,88% a 32,57%). A ausência de elastano pode ter limitado a capacidade de deformação do tecido, fazendo com que a resposta mecânica dependesse predominantemente da mobilidade dos fios e da organização estrutural do tecido durante o carregamento.

De modo geral, os resultados são consistentes com os achados de Eryuruk e Kalaoglu (2016), que indicam que a presença de elastano tende a favorecer o alongamento e a elasticidade dos tecidos planos. Os resultados também sugerem que as diferenças observadas entre urdume e trama não decorrem apenas da composição fibrosa, mas também da distinta mobilidade dos fios e da forma como as tensões são distribuídas em cada direção da estrutura têxtil durante o ensaio de tração.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise conjunta dos resultados obtidos para gramatura, densidade de fios, título dos fios, composição fibrosa, resistência à tração e alongamento, observa-se que o comportamento mecânico dos tecidos estudados resulta da interação entre múltiplos parâmetros estruturais, não sendo governado por uma variável isolada.

Em relação à gramatura, verificou-se tendência de aumento da resistência à tração com o incremento da massa por unidade de área, especialmente nos Grupos 1 e 2, nos quais foram observadas relações mais consistentes entre essas variáveis. Entretanto, essa associação não se manteve de forma uniforme entre todos os grupos, sugerindo que a gramatura atua como um fator contributivo, dependente da composição fibrosa e da estrutura do tecido.

Quanto à densidade de fios, observou-se influência sobre a resistência à tração, porém sem comportamento linear consistente em todas as condições. Embora estruturas mais densas possam favorecer a compactação e a distribuição de tensões, os resultados indicam que outros fatores, como título dos fios e composição fibrosa, também exercem influência significativa no desempenho mecânico.

No que se refere ao título dos fios, observou-se que maiores valores de massa linear tendem a estar associados ao aumento da resistência à tração, especialmente no urdume, como

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

evidenciado no Grupo 3 (R^2 = 0,9791). Contudo, essa relação não se manteve na trama, indicando que o efeito do título depende da direção estrutural e da interação com outros parâmetros do tecido.

A composição fibrosa apresentou contribuição relevante para o comportamento mecânico, sendo que a combinação de algodão, poliéster e elastano resultou nos maiores valores de resistência à tração, especialmente no Grupo 2. Esse resultado sugere que a interação entre diferentes fibras pode favorecer o desempenho mecânico, em função de suas propriedades complementares e da estrutura do tecido.

Em relação à direção dos fios, observou-se comportamento anisotrópico em todos os grupos, com maior resistência no urdume e maior deformabilidade na trama. Esse comportamento está associado à arquitetura dos tecidos planos e à distribuição diferenciada de tensões durante o ensaio de tração.

Quanto ao alongamento, a presença de elastano mostrou-se associada ao aumento da deformabilidade dos tecidos, enquanto o Grupo 4, composto exclusivamente por poliéster, apresentou menor extensibilidade e maior estabilidade dimensional.

Dessa forma, conclui-se que as propriedades mecânicas dos tecidos analisados são influenciadas pela interação entre composição fibrosa e parâmetros estruturais como gramatura, densidade de fios e título dos fios, evidenciando um comportamento multifatorial.

Quanto ao escopo metodológico do estudo, destaca-se que a análise foi conduzida com um conjunto de 16 amostras, distribuídas em diferentes composições têxteis, o que confere caráter exploratório aos resultados e delimita sua extrapolação para outros contextos. Adicionalmente, as análises foram realizadas com base em regressões lineares simples, o que permite a identificação de tendências entre variáveis estruturais e propriedades mecânicas, embora não considere a interação conjunta entre múltiplos parâmetros estruturais do tecido.

Como perspectivas futuras, sugere-se a ampliação do número de amostras e a inclusão de diferentes tipos de ligamentos têxteis, bem como a aplicação de abordagens estatísticas multivariadas, capazes de capturar de forma mais abrangente as interações entre composição fibrosa, parâmetros estruturais e o comportamento mecânico dos tecidos.

Agradecimentos

Esta pesquisa recebeu apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq), da Fundação Araucária e da Universidade Estadual de Maringá (UEM), instituições às quais os autores expressam seus agradecimentos pelo suporte financeiro e institucional que possibilitou o desenvolvimento deste estudo.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM D1776/D1776M-20(2024): Standard practice for conditioning and testing textiles*. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10588:2015: tecidos planos — determinação da densidade de fios*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10591:2008: tecidos planos — determinação da gramatura*. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12546:2017: tecidos têxteis — análise da estrutura e contagem de pontos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13538:1995: fibras têxteis — identificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14634:2001: tecidos planos — análise estrutural e contagem de pontos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 13934-2:2016: têxteis — propriedades de tração de tecidos — parte 2: determinação da força máxima de ruptura*. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

BIGGI, Alessandra Brandani *et al.* Resistência e alongamento em têxteis: análise das padronagens em tela, sarja e cetim. In: SILVA, Fernando César da (org.). *Engenharia, gestão e inovação*. Ponta Grossa: Editora Poisson, 2025. v. 20, p. 108–119.

BOLAJI, J. T.; DOLEZ, P. I. Mechanical properties of woven fabrics containing elastane fibers. *Fibers*, Basel, v. 12, n. 4, 2024. https://doi.org/10.3390/fib12040030.

CHATTOPADHYAY, R.; VYAS, D. Effect of elastane content on mechanical and comfort properties of woven stretch fabrics. *Journal of Natural Fibers*, v. 17, n. 12, p. 1778–1790, 2020. https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1601951.

DINIZ, R. C. *Fiação: tecnologia e cálculos*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

EL-SHAFEI, A.; EL-SAYED, M.; HASSAN, M. Effect of yarn linear density and fabric structure on mechanical properties of woven fabrics. *Journal of Textile Engineering*, v. 8, n. 2, p. 45–52, 2021. https://doi.org/10.1080/00405000.2021.1894567.

GROSBERG, P.; HEARLE, J. W. S. *Physical properties of textile fibres*. 4. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001.

ISLAM, M. S. *et al.* A comparative analysis of denim fabric performances from cotton/polyester blended rigid and stretched yarns. *Fibers*, v. 12, n. 10, 2024. https://doi.org/10.3390/fib12100086.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

JOVANOVIĆ, T. *et al.* Impact of the elastane percentage on the elastic properties of knitted fabrics under cyclic loading. *Materials*, v. 15, 2022. https://doi.org/10.3390/ma15196512.

KAZI, S. N. *et al.* Fabric properties and performance characteristics: a review. *Materials Today: Proceedings*, v. 46, p. 10987–10992, 2021. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.564.

LOBO, R. N.; LIMEIRA, E. T. N. P.; MARQUES, R. N. *Fundamentos da tecnologia têxtil: da concepção da fibra ao processo de estamparia*. São Paulo: Érica, 2014.

MAHMOUD, M. F. *et al.* Evaluation of the impact of yarn linear density on mechanical performance of woven fabrics. *Heliyon*, v. 8, n. 8, 2022. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09998.

MALIK, Z. A. *et al.* Development of models to predict tensile strength of cotton woven fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, v. 6, n. 4, p. 46–53, 2011.

ÖZDEMIR, H.; MERT, E. The effects of fabric structural parameters on the tensile, bursting and impact strengths of cellular woven fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, v. 104, n. 3, p. 330–338, 2013. https://doi.org/10.1080/00405000.2012.708820.

PATTI, A.; ACIERNO, D. Materials, weaving parameters and tensile responses of woven textiles: a review. *Macromol*, v. 3, n. 3, p. 665–680, 2023. https://doi.org/10.3390/macromol3030037.

SAVILLE, B. P. *Physical testing of textiles*. Cambridge: Woodhead Publishing, 1999.

SIDDIQA, F. *et al.* Effect of elastane and thread density on mechanical attributes of stretch woven fabric. *Asian Journal of Research*, v. 7, n. 1, p. 12–18, 2020.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.