

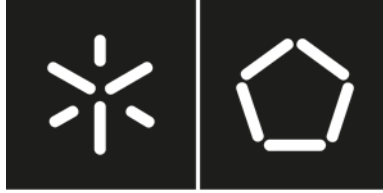


**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Ana Patrícia Veiga da Silva

## **Industrialização têxtil da fibra Curauá**

Outubro 2019



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Ana Patrícia Veiga da Silva

## **Industrialização têxtil da fibra Curauá**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado Integrado em Engenharia Têxtil

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor António Pedro Garcia de  
Valadares Souto**  
e coorientação da  
**Professora Doutora Rosa Maria de Castro  
Fernandes Vasconcelos**

Outubro 2019

*"Ninguém escapa ao sonho de voar, de ultrapassar os limites do espaço onde nasceu, de ver novos lugares e novas gentes. Mas saber ver em cada coisa, em cada pessoa, aquele algo que a define como especial, um objeto singular, um amigo - é fundamental. Navegar é preciso, reconhecer o valor das coisas e das pessoas, é mais preciso ainda!"*

**Antoine de Saint-Exupéry**

# AGRADECIMENTOS

Na realização da presente dissertação, tive o apoio de várias entidades e pessoas às quais estou profundamente grata.

Assim, deixo expresso os meus agradecimentos às entidades:

Inovafil – Fiação S.A., pela colaboração e financiamento deste projeto.

2C2T – Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil e ao Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade do Minho por ceder as suas instalações e equipamentos para a realização deste trabalho.

Sou grata a todos os professores que contribuíram para a minha trajetória académica, especialmente ao Professor Doutor António Pedro Souto, responsável pela orientação, e à Professora Doutora Rosa Vasconcelos, coorientadora do projeto. Manifesto aqui a minha gratidão eterna por compartilharem a sua sabedoria, tempo e experiência.

Ao Eng. Joaquim Jorge Peixoto e à Dra. Anabela Pereira pelo apoio prestado no Laboratório de Investigação de Física Têxtil e no Laboratório de Ultimeção, respetivamente.

Aos colegas/família de trabalho do Laboratório de Acabamentos Funcionais II agradeço o apoio incondicional, companheirismo, incentivo e amizade. Obrigada por transformarem os dias longos em horas e os minutos em momentos agradáveis.

Um agradecimento especial ao Eng. Pedro Gomes. Sou imensamente grata por me amparar nos momentos difíceis e por contribuir no meu crescimento académico e pessoal.

Agradecer ainda a toda a minha família. De forma especial, agradeço aos meus pais pela confiança que sempre depositaram em mim, por nunca perderem a fé, pelo apoio e incentivo nas horas difíceis. Não poderia deixar de agradecer ao meu padrinho de batismo, Marco, por ser uma inspiração para mim.

Agradeço à Márcia, minha querida irmã, por me amparar em todos os momentos difíceis e por acreditar em mim mais do que eu própria (por vezes), incitando-me a continuar.

Agradeço ao meu namorado, César, por caminhar ao meu lado.

Agradeço à avó Candida que, não estando presente fisicamente continua a fazer parte da minha vida, por me ter ensinado o verdadeiro significado das palavras família e dedicação.

Por fim, agradeço à Francisca, minha afilhada e sobrinha querida, por me proporcionar momentos incríveis de brincadeira, aprendizagem e por preencher os meus dias de alegria.

A todos, o meu sincero e profundo Muito Obrigada!

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

# **TÍTULO:** Industrialização Têxtil da Fibra Curauá

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo o estudo da possibilidade de aplicar a fibra curauá na cadeia têxtil tendo por base a possibilidade de proceder à sua fiação, tricotagem e tingimento. A fibra curauá, atualmente aplicada em áreas como a construção, indústria automóvel, materiais compósitos e medicina, é uma fibra lignocelulósica com elevado desempenho mecânico, térmico e baixo custo. Devido às suas características únicas apresenta-se adequada na elaboração de produtos têxteis, contudo requer um inovador processo de preparação à fiação. Sendo normalmente utilizada em compósitos, possui propriedades que a torna interessante para a aplicação em vestuário como substituto/complemento às mais tradicionais fibras de origem vegetal (celulósicas). O processamento da fibra de curauá é fundamental para a adequação a este tipo de utilização. A obtenção de uma fibra mais uniforme com características de comprimento, finura e flexibilidade, resistência mecânica e bom desempenho tintorial é essencial para a introdução desta fibra no setor têxtil de vestuário. O trabalho foca o estudo do tratamento adequado à fibra de curauá e a sua otimização utilizando diferentes tipos de equipamentos, variando o tempo, a temperatura e os produtos químicos nos processos escolhidos. A investigação desenvolvida conclui que o tratamento adequado à fibra consiste num processo enzimático (pectinases e celulasas, que removem pectinas e promovem melhor separação dos feixes de fibras) e algodonização (destruição das camadas exteriores e remoção dos componentes não celulósicos presentes nas fibras) obtendo-se feixes de fibras mais finos e flexíveis sem comprometer as propriedades mecânicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fibra de curauá; Algodonização; Processo Enzimático; Tingimento; Fiação

# **TITLE:** Textile Industrialization of Curaua Fiber

## **ABSTRACT**

The present work aims to study the possibility of applying curaua fiber in the textile chain, as well as the possibility of spinning, knitting and dyeing. curaua fiber, currently applied in areas such as construction, automotive industry, composite materials and medicine, is a lignocellulosic fiber with high mechanical and thermal performance and low cost. Due to its unique characteristics, it is adequate in the preparation of textile products, however it requires an innovative process of preparation for spinning. Being usually applied in composites, it has properties that makes it interesting for the application in clothing as a substitute/complement to the most traditional fibers of plant origin (cellulosic). Curaua fiber processing is fundamental for suitability for this type of use. Obtaining a more uniform fiber with characteristics of length, fineness and flexibility, mechanical strength and good dyeing performance is essential for the introduction of this fiber in the textile clothing sector. This work focuses on the study of the treatment suitable for curaua fiber and its optimization: different types of equipment, time variation, temperature and chemicals in the selected processes. The research developed concludes that the appropriate treatment of fiber consists on enzymatic process (pectinases and cells, which remove pectins and promote better separation of fiber bundles) and cottonization (destruction of outer layers and removal of the non-cellulosic components present in the fibers) obtaining thinner and more flexible fiber bundles without compromising the mechanical properties.

**KEYWORDS:** Curaua Fiber; Cottonization; Enzymatic Process; Dyeing; Spinning

## **ÍNDICE**

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>x</b>
<b>COMUNICAÇÕES</b> .....	<b>xii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Motivação e Objetivos</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Questões e Objetivos de Investigação</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Metodologia</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Estrutura da Dissertação</b> .....	<b>3</b>
<b>2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Curauá, Cultivo e Extração</b> .....	<b>5</b>
2.1.1 Composição química da fibra de curauá .....	7
2.1.2 Estrutura morfológica da fibra de Curauá.....	8
2.1.3 Propriedades físicas da fibra de curauá .....	9
<b>2.2 Tratamento prévio das fibras de Linho</b> .....	<b>10</b>
2.2.1 Processos de Maceração.....	11
2.2.2 Processo de branqueamento convencional .....	14
2.2.3 Processo de algodonização e branqueamento.....	14
<b>2.3 Processo de tingimento por esgotamento</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4 Processo de fiação de fibras curtas de algodão</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5 Estado da Arte</b> .....	<b>17</b>
2.5.1 Aplicações da fibra de curauá.....	17
2.5.2 Aplicação da fibra de curauá à indústria têxtil .....	18
2.5.3 Fiação de fibras curtas de linho com algodão .....	18
<b>3 Desenvolvimento experimental</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 Materiais e Equipamentos</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2 Comparação entre tratamento de branqueamento convencional e algodonização e branqueamento</b> .....	<b>25</b>
3.2.1 Branqueamento convencional .....	25
3.2.2 Algodonização e branqueamento .....	26
3.2.3 Microscopia Eletrónica de Varrimento .....	27



<b>3.3 Comparação do processo Algodonização e Branqueamento em três equipamentos distintos ..27</b>	
<b>3.4 Otimização do Processo Algodonização e Branqueamento <i>Branson Ultrasonics 3510</i>.....28</b>	
3.4.1 Análise da concentração de Hidróxido de Sódio - NaOH .....	28
3.4.2 Análise da concentração de Peróxido de Hidrogénio - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	29
3.4.3 Receita de algodonização otimizada .....	30
<b>3.5 Principais propriedades das fibras para processo industrial de fiação ..... 31</b>	
3.5.1 Finura .....	31
3.5.2 Flexibilidade .....	31
3.5.3 Comportamento tintorial da fibra .....	31
<b>3.6 Estudo da eliminação das substâncias pécticas presentes nas fibras de curauá ....32</b>	
3.6.1 Tratamento enzimático com lipases .....	32
3.6.2 Tratamento enzimático com pectinases .....	32
3.6.3 Tratamento enzimático com pectinases e posterior tratamento com celulasas .....	33
3.6.4 <i>Cocktail</i> enzimático: pectinases + celulasas .....	33
3.6.5 Reprodução do melhor tratamento usando ultrassom .....	34
3.6.6 Avaliação de alterações nas condições do processo enzimático .....	35
<b>3.7 Análise da perda de massa nos processos de tratamento das fibras de curauá.....35</b>	
<b>3.8 Processo de fiação e avaliação dos protótipos ..... 35</b>	
3.8.1 Processo de branqueamento e tingimento por esgotamento com corantes reativos das malhas.....	38
3.8.2 Análise da influência da massa linear na produção dos protótipos .....	40
<b>4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS..... 41</b>	
<b>4.1 Comparação entre o tratamento de branqueamento tradicional e algodonização e branqueamento..... 41</b>	
4.1.1 Microscopia Eletrónica de Varrimento .....	41
4.1.2 Grau de Branco.....	43
<b>4.2 Comparação do processo em três equipamentos distintos ..... 44</b>	
4.2.1 Resistência à tração .....	44
4.2.2 Grau de branco .....	45
<b>4.3 Otimização do Processo Algodonização e Branqueamento no equipamento <i>Branson Ultrasonics 3510</i> ..... 46</b>	
4.3.1 Análise da concentração de NaOH.....	46
4.3.2 Análise da concentração de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	46
4.3.3 Receita otimizada.....	47
<b>4.4 Principais propriedades das fibras para processo industrial de fiação ..... 48</b>	

4.4.1 Finura.....	48
4.4.2 Flexibilidade.....	49
4.4.3 Comportamento tintorial das fibras.....	49
<b>4.5 Estudo da eliminação da substâncias pécnicas presentes nas fibras de curauá..</b>	<b>51</b>
4.5.1 Resistência à tração.....	52
4.5.2 Propriedades de Flexão <i>KES – F2</i> .....	54
4.5.3 Análise por Microscopia Eletrónica de Varrimento.....	55
4.5.4 Grau de branco.....	58
<b>4.6 Análise da perda de massa nos processos de tratamento das fibras curauá...</b>	<b>59</b>
<b>4.7 Processo de fiação e avaliação dos protótipos.....</b>	<b>60</b>
4.7.1 Ensaio de resistência mecânica.....	60
4.7.2 Ensaio de irregularidades (Uster).....	60
4.7.3 Processo de branqueamento e tingimento por esgotamento com corantes reativos das malhas.....	61
4.7.4 Análise da influência da massa linear na produção dos protótipos.....	65
<b>5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS .....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>79</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Fases de desenvolvimento do trabalho.....</i>	<i>2</i>
<i>Figura 2. Plantação de Curauá (Fonte: Silva, 2013).....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3. Colheita de folhas de Curauá utilizando o método de corte. (Fonte: Pimenta, 2015).....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 4. Colheita de folhas de Curauá por remoção completa da folha. (Fonte: Silva, 2013).....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 5. Operação de desfibração. (Fonte: Silva, 2013).....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 6. Operações de lavagem e secagem das fibras de Curauá. (Fonte: Pimenta, 2015).....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 7. Estrutura dos principais grupos de lípidos presentes nas fibras curauá. (A) ácido esteárico; (B) n-docosanol; (C) ácido 26- hidroxihexacosanoico; (D) ácido 2-hidroxitetraicosanoico; (E) docosanol, 16-hidroxihexadecanonte; (F) 1-monodocosanolglicerol; (G) 1-mono(24-hidroxitetraicosanol)glicerol; (H) campesterol; (I) ergostanol; (J) sitosterol; (K) estigmastenol; (L) campesteril 3<math>\alpha</math>-D-glucoptiranoside; (M) sitosteril 3<math>\alpha</math>-D-glucoptiranoside. (Fonte: Marques, et al., 2007).....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 8. Estrutura microscópica da secção longitudinal das fibras de curauá (500x). (Fonte: Tomczak, et al., 2007).....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 9. Estrutura microscópica de uma extremidade da fibra curauá. (Fonte: Spinacé, et al., 2009).....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 10. Branson Ultrasonics 3510, ultrassom HC 4030 Heraeus Vötsch com placa de aquecimento e AHIBA, respetivamente.....</i>	<i>23</i>

<i>Figura 11. Espectrofotômetro de reflexão.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 12. Dinamômetro HOUNSFIELD modelo H10KS.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 13. Equipamento para determinação das propriedades de flexão, KES – FB 2.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 14. Equipamento Uster Tensorapid 4 de medição das propriedades de resistência mecânica.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 15. Equipamento Uster tester 5 de medição das irregularidades.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 16. Fibras de curauá sem tratamento.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 17. Fibras de curauá paralelizadas/individualizadas após: a) tratamento de algodonização e branqueamento e b) branqueamento convencional.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 18. Carda de amostras, equipamento utilizado na individualização das fibras de Curauá.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 19. Fita da carda a alimentar a máquina laminador.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 20. Máquina torce.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 21. Máquina contínuo de anéis.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 22. Amostra de fita algodão/curauá após uma passagem de laminador.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 23. Tear de malha circular de amostras Lawson – Hemphill, FAK.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 24. Curva de esgotamento do processo de tingimento (Fonte: Pimenta, 2015).....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 25. Imagens das mostras A, B e C no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 250x.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 26. Imagens das mostras A, B e C no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 1000x.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 27. Imagens das mostras A, B e C no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 5000x.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 28. Amostras após tratamento na Branson Ultrasonics 3510, HC 4030 Heraeus Vötsch com placa de aquecimento e AHIBA, respetivamente.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 29. Imagens das fibras de curauá cru e fibras linho cru, no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 1000x.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 30. Imagens das fibras de curauá receita inicial (processo mais agressivo) e fibras curauá processo otimizado, no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 1000x.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 31. Fibra curauá 1, curauá otimizado e linho após tingimento com corante reativo vermelho.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 32. Fibra curauá 1, curauá otimizado e linho após tingimento com corante reativo azul.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 33. Fibra curauá 1, curauá otimizado e linho após tingimento com corante reativo amarelo.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 34. Imagens das fibras da amostra 8 (Cocktail enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização na AHIBA) e amostra 9 (Cocktail enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização no ultrassom em banho maria) no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 250x.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 35. Imagens das fibras da amostra 8 (Cocktail enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização na AHIBA) e amostra 12 (Cocktail enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase durante o dobro do tempo, com algodonização na AHIBA) no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 250x.....</i>	<i>56</i>

<i>Figura 36. Imagens das fibras da amostra 8 (Cocktail enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização na AHIBA) e amostra 13 (Cocktail enzimático: 30% Pectinase + 30% Celulase com algodonização na AHIBA) no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 250x.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 37. Imagens das fibras da amostra 9 (Cocktail enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização no ultrassom em banho maria) e 14 (Cocktail enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase durante 120min, com algodonização no ultrassom em banho maria) no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 250x. ....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 38. Imagens das fibras da amostra 9 (Cocktail enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização no ultrassom em banho maria) e 15 (Cocktail enzimático: 30% Pectinase + 30% Celulase durante, com algodonização no ultrassom em banho maria) no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 250x. ....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 39. Imagens das malhas crú CO/curauá 2 (fibras de curauá receita de algodonização) e CO/linho no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 1000x. ....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 40. Imagens das malhas branqueadas CO/curauá 2 (fibras de curauá receita de algodonização) e CO/linho no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 1000x. ....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 41. Malha curauá 1, curauá otimizado e linho após tingimento com corante reativo vermelho. ....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 42. Malha curauá 1, curauá otimizado e linho após tingimento com corante reativo azul. ....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 43. Malha curauá 1, curauá otimizado e linho após tingimento com corante reativo amarelo. ....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 44. Malha CO/Curauá 1, CO/Curauá algodonização otimizada, Linho, CO/Curauá (trat. enzimático 15%/15% pectinases/celulases, 120min + algodonização otimizada), CO/Curauá (trat. enzimático 30%/30% pectinases/celulases, 60min + algodonização otimizada), após tingimento com corante reativo vermelho. ....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 45. Malha CO/Curauá 1, CO/Curauá algodonização otimizada, Linho, CO/Curauá (trat. enzimático 15%/15% pectinases/celulases, 120min + algodonização otimizada), CO/Curauá (trat. enzimático 30%/30% pectinases/celulases, 60min + algodonização otimizada), após tingimento com corante reativo azul. ....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 46. Malha CO/Curauá 1, CO/Curauá algodonização otimizada, Linho, CO/Curauá (trat. enzimático 15%/15% pectinases/celulases, 120min + algodonização otimizada), CO/Curauá (trat. enzimático 30%/30% pectinases/celulases, 60min + algodonização otimizada), após tingimento com corante reativo amarelo. ....</i>	<i>72</i>

# ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1. Composição química da fibra de Curauá. (Fonte : Hoareau, et al., 2004 ; Tomczak, et al., 2007) .....</i>	<i>7</i>
<i>Tabela 2. Comparação entre as propriedades físicas das fibras de curauá, algodão e linho, em crú... 10</i>	<i>10</i>
<i>Tabela 3. Condições de algodonização e branqueamento. (Fonte: Improving the modification of technical flax fibres, Andrassy et. al 2013) .....</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 4. Propriedades físicas das fibras de algodão e linho. (Fonte: Sava &amp; Ichim, 2015).....</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 5. Propriedades físicas das fibras de algodão e linho. (Fonte: Svekan &amp; Kadoglu, 2012).....</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 6. Propriedades físicas das fibras de Algodão e Linho. (Fonte: Lawal, et al., 2011) .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 7. Receita de branqueamento convencional. ....</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 8.Receita de algodonização e branqueamento do curauá.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 9. Receita de algodonização e branqueamento do curauá nas máquinas Branson Ultrasonics 3510, ultrassom HC 4030 Heraeus Vötsch com placa de aquecimento e AHIBA.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 10. Receita de algodonização e branqueamento do curauá com diferentes concentrações de NaOH.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 11. Receita de algodonização e branqueamento do curauá com diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 12. Receita otimizada de algodonização e branqueamento da fibra de curauá.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 13. Receita do tratamento cocktail enzimático: pectinase + celulase.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 14. Receita de branqueamento utilizada. ....</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 15. Receita de tingimento utilizada. ....</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 16. Características técnicas dos fios produzidos.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 17. Grau de branco médio, escala de Berger.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 18. Resultados de resistência à tração obtidos para os processos realizados nos diferentes equipamentos.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 19. Média dos graus de branco obtidos para as amostras tratadas em cada um dos três equipamentos.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 20. Estudo da influência da concentração de hidróxido de sódio (NaOH) no valor grau de branco.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 21. Estudo da influência da concentração de peróxido de hidrogênio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no valor grau de branco.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 22. Resistência à tração obtida par as fibras tratadas no equipamento Branson Ultrasonics 3510.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 23. Grau de branco obtido para processo otimizado do equipamento Ultrasonics 3510 .....</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 24. Resultados de flexão obtidos no KES – FB 2 para as fibras de curauá crú, algodonizadas e linho.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 25. Resultados de força colorística das fibras curauá e linho.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 26. Identificação das amostras.....</i>	<i>51</i>

<i>Tabela 27. Resultados de resistência à tração obtidos para as amostras em estudo.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 28. Resultados de flexão obtidos no KES – FB 2 para as fibras de curauá crú, algodonzadas e linho.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 29. Resultados de grau de branco (escala de Berger).....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 30. Resultados da perda de massa, matéria não fibrosa, resultante dos processos de tratamento das fibras de curauá.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 31. Comparação das propriedades de resistência mecânica entre os fios 1 e 2.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 32. Análise comparativa dos resultados de irregularidades (Uster) obtidos para os fios 1, 2.</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 33. Análise comparativa dos resultados de irregularidades (Uster) obtidos para os fios 1, 2.</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 34. Resultados de força colorística das malhas.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 35. Características técnicas dos fios produzidos.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 36. Comparação das propriedades de resistência mecânica entre os fios A, B, C, D, E, F, G e H.</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 37. Uster obtido para os fios A, B, C, D, E, F, G e H.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 38. Análise estatística em SPSS, da massa linear dos protótipos.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 39. Análise estatística, em SPSS, dos pontos finos presentes nos protótipos.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 40. Análise estatística, em SPSS, dos pontos grossos presentes nos protótipos.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 41. Análise estatística, em SPSS, dos neps presentes nos protótipos. ....</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 42. Resultados obtidos para a medição do grau de branco das amostras de malha branqueada.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabela 43. Resultados de força colorística das malhas tingidas. ....</i>	<i>71</i>

## **COMUNICAÇÕES**

Parte do trabalho aqui descrito foi apresentado sob a forma de comunicação oral:

Rayana Santiago de Queiroz, Ana Patrícia Veiga da Silva, Ana Cristina da Luz Broega, António Pedro Garcia Valadares Souto, “Dyeing Performance Of Brazilian Pineapple Leaf Fibers For Textile Application”, 4<sup>th</sup> International Conference on Natural Fibers – ICNF 2019. Porto, Portugal, 1,2 e 3 de Julho 2019.

Uma comunicação sob a forma de artigo publicado na revista SN Applied Sciences.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Motivação e Objetivos

Atualmente, existe uma grande procura do mercado por fibras naturais vegetais, não só no que diz respeito à produção de têxteis e de vestuário mas para aplicação em outras áreas como a construção, indústria automóvel, materiais compósitos e medicina. A fibra curauá é uma fibra lignocelulósica que alia o bom desempenho mecânico ao facto de ser proveniente de fonte renovável, biodegradável e representar uma fonte de rendimento para a população rural da sua região de origem. Devido às suas características únicas, a fibra de curauá apresenta-se adequada na elaboração de produtos têxteis, contudo requer um processo inovador de preparação à fiação. Sendo normalmente utilizada em compósitos, possui propriedades que a tornam interessante para a aplicação em vestuário como substituto/complemento às tradicionais fibras de origem vegetal (celulósicas).

A indústria têxtil apresenta principal interesse na fibra curauá devido ao seu bom desempenho mecânico e térmico, por ser uma fibra de fácil plantação e cultivo e apresentar um baixo custo.

O processamento da fibra de curauá é fundamental para a adequação da fibra à indústria têxtil, nomeadamente ao processo de fiação. A obtenção de uma fibra mais uniforme com características de comprimento, finura, flexibilidade, resistência mecânica e boas propriedades tintoriais é essencial para a introdução desta fibra no setor têxtil de vestuário.

Neste estudo investigou-se a possibilidade da utilização da fibra curauá na cadeia têxtil, tendo-se obtido novos conhecimentos científicos sobre a mesma, as suas propriedades, bem como as possibilidades de transformação/alteração da sua estrutura com vista à fabricação de novos materiais (fios/malhas/tecidos).

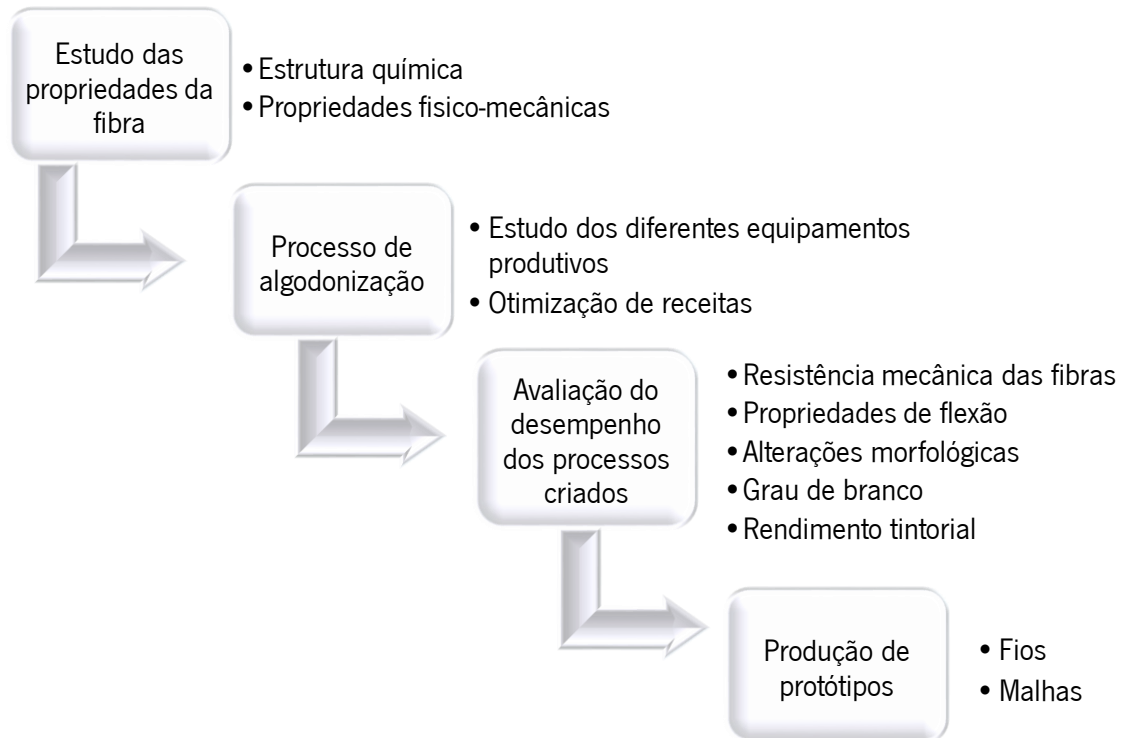
O estudo baseou-se na pesquisa bibliográfica, na formulação de hipóteses e estudo de variáveis de processo que levam à otimização da aplicação desta fibra na indústria têxtil.

O tratamento da fibra consistiu no processo de algodonização das fibras, que tem como objetivo a sua adaptação aos métodos de processamento da fibra do algodão, permitindo obter feixes de fibras finos e flexíveis após a destruição das camadas exteriores e remoção parcial dos componentes não celulósicos presentes nas fibras de curauá.

O trabalho desenvolvido focou o estudo na algodonização da fibra de curauá e a sua otimização, para diferentes equipamentos, tempo, temperatura e produtos químicos. De igual forma, foram avaliadas



as alterações de resistência à tração (tenacidade, força máxima e alongamento), determinadas as propriedades de flexão e grau de branco das fibras e calculado a taxa de desperdícios expectável no processamento das mesmas.



**Figura 1.** Fases de desenvolvimento do trabalho.

## 1.2 Questões e Objetivos de Investigação

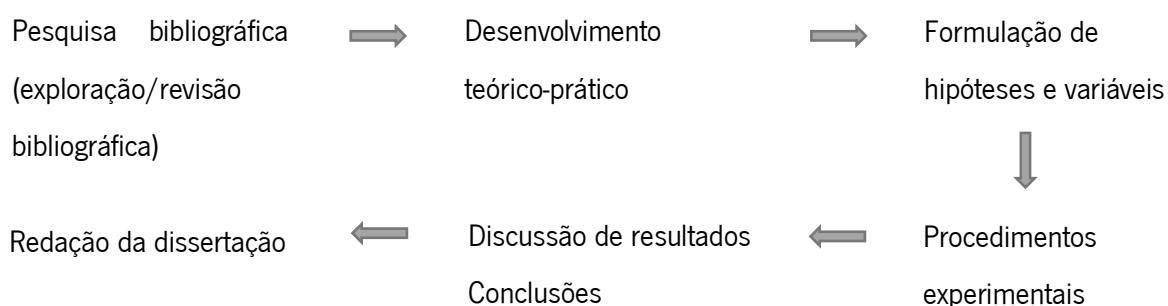
Este trabalho teve como objetivo o estudo da possibilidade de utilização da fibra curauá na cadeia têxtil. A exploração, revisão bibliográfica e estudo dos principais conceitos deram origem à formulação de hipóteses às quais se pretende responder com a realização deste trabalho.

As questões e objetivos de investigação que se impõem são:

- Existe a possibilidade de proceder à fiação da fibra curauá?
- Estudar a possibilidade de proceder à tricotagem/tecelagem de fios que contenham curauá.
- Verificação dos resultados de coloração obtidos em estudos anteriores da fibra curauá.

### 1.3 Metodologia

A metodologia utilizada incidu, numa primeira fase, na pesquisa bibliográfica, através da exploração e revisão bibliográfica. Numa segunda fase do trabalho procedeu-se ao desenvolvimento teórico-prático a partir do estudo dos conceitos a serem utilizados. A terceira e quarta fases corresponderam à formulação de hipóteses e variáveis a tratar e à execução do trabalho experimental, respetivamente. Na fase seguinte analisaram-se e discutiram-se os resultados obtidos no trabalho experimental e as conclusões. Por último, foi efetuada a redação da dissertação.



### 1.4 Estrutura da Dissertação

O trabalho desenvolvido foi organizado e apresentado em cinco capítulos tendo por base a pesquisa bibliográfica, o trabalho experimental efetuado, a discussão de resultados obtidos e as conclusões e tarefas futuras. Assim, apresentando a estrutura da dissertação temos:

#### Primeiro capítulo – **Introdução**

Neste capítulo é realizada a introdução ao trabalho, apresentando os tópicos que deram motivação à sua realização, bem como os objetivos, as questões de investigação às quais o trabalho pretende dar resposta e a metodologia que foi utilizada para o realizar. Ainda neste capítulo é dada a conhecer a estrutura da dissertação.

#### Segundo capítulo – **Enquadramento Teórico**

Este capítulo resulta da pesquisa e revisão bibliográfica e dá a conhecer os conceitos teóricos acerca da fibra e dos processos a utilizar que permitem uma melhor compreensão e realização do trabalho.

### Terceiro capítulo – **Metodologia**

Neste capítulo são apresentados e explicados os materiais e equipamentos, métodos experimentais e condições utilizadas na realização e desenvolvimento do trabalho.

### Quarto capítulo – **Apresentação e Discussão de Resultados**

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos, é feita uma discussão e análise dos mesmos e retiradas algumas conclusões preliminares.

### Quinto capítulo – **Conclusões**

No último capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido e dadas a conhecer as perspectivas de trabalhos futuros a desenvolver.

## 2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo é abordado o enquadramento teórico do trabalho que tem por base os conceitos teóricos que suportam todo o trabalho desenvolvido e a análise do estado da arte.

### 2.1 Curauá, Cultivo e Extração

As fibras de curauá são fibras naturais de origem vegetal, extraídas das folhas da planta da família da *bromeliaceae* (Morais , et al., 2016), curauá cujo nome científico é *Ananas erectifolius*. Esta planta é originária da região da amazônia, sendo encontrada em algumas regiões do Brasil como Acre, Mato Grosso, Goiás, Amazonas e Estados do Pará, onde tiveram início as primeiras plantações comerciais (Zah, et al., 2007).

As folhas da planta curauá são eretas, rígidas e com faces planas que podem alcançar mais de um metro e meio de comprimento e quatro centímetros de largura (Spinacé, et al., 2009; Tomczak, et al., 2007). Por serem de natureza lignocelulósica apresentam bom desempenho mecânico e, para além da sua importância tecnológica, é de salientar a importância ecológica, uma vez que são plantas de fácil cultivo.

As condições de plantação são semi-áridas, não é necessária irrigação sendo disponibilizados 2000 mm de precipitação anual (Tomczak, et al., 2007; Zah, et al., 2007). Após um ano as folhas estão maduras e podem ser colhidas para posterior extração das fibras. Podem ser plantadas 2500 plantas por hectare, estimando-se que por ano a produção de folhas por cada planta seja de 50-60.



**Figura 2.** Plantação de Curauá (Fonte: Silva, 2013).

A colheita pode ser feita de duas formas. Através da utilização de um instrumento de corte para cortar as folhas na base (figura 3), que é o processo recomendado nas primeiras colheitas para não danificar o bulbo central da planta ou, por outro lado, remoção completa da folha arrancando-a da base da planta (figura 4). Este último processo é utilizado após as nove colheitas iniciais, altura em que se deve proceder a uma nova plantação.



**Figura 3.** Colheita de folhas de Curauá utilizando o método de corte. (Fonte: Pimenta, 2015)



**Figura 4.** Colheita de folhas de Curauá por remoção completa da folha. (Fonte: Silva, 2013)

Concluída a colheita, procede-se à extração das fibras recorrendo a uma técnica de desfibrção semelhante à usada na extração das fibras de sisal (Silva, 2013). O processo de desfibrção (figura 5) consiste na passagem da folha pela máquina desfibradora e dura cerca de sete a nove segundos por folha, dependendo do seu comprimento. Por último, realiza-se uma lavagem (figura 6) das fibras para remoção dos resíduos de seiva seguindo-se a secagem à temperatura ambiente por um número mínimo de 48 h (Silva, 2013).



**Figura 5.** Operação de desfibrção. (Fonte: Silva, 2013)



**Figura 6.** Operações de lavagem e secagem das fibras de Curauá. (Fonte: Pimenta, 2015)

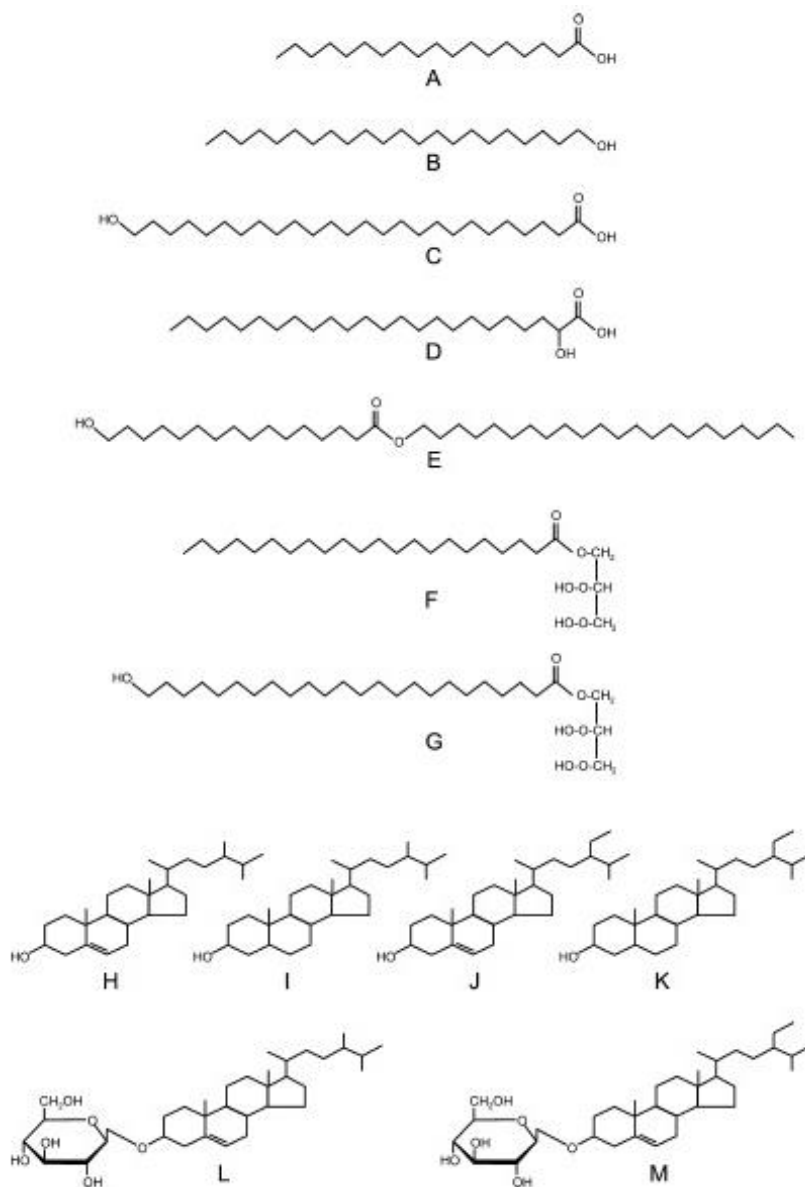
### 2.1.1 Composição química da fibra de curauá

A composição química das fibras de curauá tem por base a celulose, hemicelulose, lenhina e cinzas nas concentrações apresentadas na tabela 1.

Marques, et al., (2007) conclui que as fibras de curauá são caracterizadas por conter elevado teor de holocelulose e  $\alpha$ -celulose e elevado teor de lenhina, semelhante ao do sisal. Estes autores referem a presença de componentes lipídicos nos extratos da fibra que, na sua maioria, podem ser saponificados e depois hidrolizados e dissolvidos durante a fervura alcalina. A estrutura dos principais grupos de lípidos presentes nas fibras de curauá são apresentados na figura 7.

**Tabela 1.** Composição química da fibra de Curauá. (Fonte : Hoareau, et al., 2004 ; Tomczak, et al., 2007)

<b>Composição</b>	
<b>Celulose</b>	73,6 %
<b>Hemicelulose</b>	9,9 %
<b>Lenhina</b>	7,5 %
<b>Cinzas</b>	0,9 %
<b>Água</b>	7,9 %

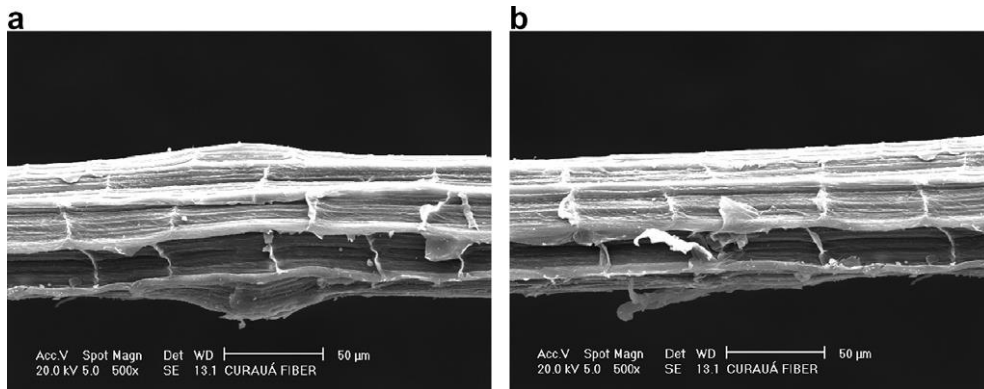


**Figura 7.** Estrutura dos principais grupos de lipídios presentes nas fibras curauá. (A) ácido esteárico; (B) n-docosanol; (C) ácido 26- hidroxihexacosanoico; (D) ácido 2-hidroxitetraicosanoico; (E) docosanol, 16-hidroxihexadecanona; (F) 1-monodocosanolglicerol; (G) 1-mono(24-hidroxitetraicosanol)glicerol; (H) campesterol; (I) ergosterol; (J) sitosterol; (K) estigmasterol; (L) campesterol 3 $\alpha$ -D-glucopiranosídeo; (M) sitosterol 3 $\alpha$ -D-glucopiranosídeo. (Fonte: Marques, et al., 2007)

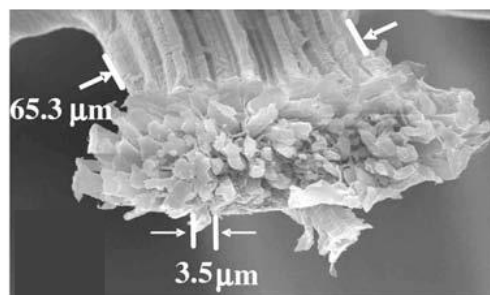
### 2.1.2 Estrutura morfológica da fibra de Curauá

Na figura 8 é apresentada a estrutura microscópica da secção longitudinal das fibras de curauá onde são visíveis irregularidades da superfície (Tomczak, et al., 2007). A rugosidade da superfície pode ser atribuída à presença de resíduos amorfos de lenhina e hemicelulose (Taipina, et al., 2012).

Segundo Spinacé, et al., (2009) a estrutura microscópica de um feixe de fibras curauá (figura 9) apresenta 65,3  $\mu\text{m}$  de diâmetro e fibrilas com 3,5  $\mu\text{m}$  de diâmetro.



**Figura 8.** Estrutura microscópica da secção longitudinal das fibras de curauá (500x). (Fonte: Tomczak, et al., 2007)



**Figura 9.** Estrutura microscópica de uma extremidade da fibra curauá. (Fonte: Spinacé, et al., 2009)

### 2.1.3 Propriedades físicas da fibra de curauá

Estudos realizados com o intuito de caracterizar fisicamente as fibras de curauá demonstram, segundo Tomczak, et al., (2007) que o índice de cristalinidade das fibras é de 66,3%, o ângulo microfibrilar é de 18,8° e o diâmetro das fibras é 65  $\mu\text{m}$ , segundo Spinacé, et al., (2009).

A tabela 2 apresenta o comprimento e a finura da fibra bem como a densidade linear e as propriedades mecânicas como a resistência à tração, tenacidade e o alongamento à rotura das fibras de curauá, algodão e linho.

Neta, et al., (2015) obteve, relativamente à massa volúmica das fibras de curauá, um valor de  $1,40 \pm 0,01 \text{ g.cm}^{-3}$ . Spinacé, et al., (2009), em estudos realizados, obteve relativamente à resistência à tração  $900 \pm 200 \text{ MPa}$  e de módulo de elasticidade  $36 \pm 10 \text{ GPa}$ . O mesmo autor em 2011, obteve  $509 \pm 109 \text{ MPa}$ ,  $19 \pm 4 \text{ GPa}$  de módulo de elasticidade e  $3,0 \pm 0,3 \%$  de alongamento à rutura.



**Tabela 2.** Comparação entre as propriedades físicas das fibras de curauá, algodão e linho, em crú.

<b>Fibra</b>	<b>Curauá</b>	<b>Algodão</b>	<b>Linho</b>	<b>Referências</b>
<b>Comprimento da fibra (mm)</b>	250 - 500	15 - 50	1000	Monteiro, et al., 2007; Sava & Ichim , 2015; Sava & Ichim , 2015
<b>Massa linear da fibra (mtex)</b>	13600* (*valor médio)	100 - 300	1500 - 2500	Pimenta, et al., 2016; Sava & Ichim , 2015; Sava & Ichim , 2015
<b>Massa volúmica (g.cm<sup>-3</sup>)</b>	0,57 – 0,92	1,5 – 1,6	1,3 – 1,5	Monteiro, et al., 2011; Monteiro, et al., 2011 e Holbery & Houston, 2006; Monteiro, et al., 2011
<b>Resistência à tração (Mpa)</b>	117 - 3000	287 - 800	344 - 1035	Monteiro, et al., 2011
<b>Tenacidade (N/Tex)</b>	0,36 - 0,82	0,25 - 0,27	0,23 - 1,07	Holbery & Houston, 2006
<b>Alongamento (%)</b>	3,7 – 4,3	7,0 – 8,0	1,2 – 3,2	Zah, et al., 2007; Holbery & Houston, 2006; Zah, et al., 2007

O comprimento das fibras de algodão varia de acordo com a sua espécie. As fibras de algodão *Gossypium herbaceum* e *Gossypium arboreum*, com origem na Índia e nas regiões semi-áridas como a África e Arábia, tem comprimento de 15 mm enquanto que o algodão *Gossypium barbadense* (conhecido por Algodão do Egípto, Pima Americano, etc) com origem nas ilhas conhecidas por Sea Island tem comprimento por volta dos 50 mm.

As fibras de linho (*Linum usitatissimum*) apresentam pouca variação de comprimento podendo alcançar os 1000 mm (Sava & Ichim , 2015).

## **2.2 Tratamento prévio das fibras de Linho**

Sirghie et. al, (2014), afirmam que as fibras de linho ou cânhamo, com vista à utilização em têxteis ou outras aplicações, necessitam de tratamentos prévios de maceração para separação/degradação da parte lenhosa do caule. Este processo é dos que mais contribui para a qualidade e brilho das fibras podendo pôr em causa estas características se não for bem executado.

Com o objetivo de alcançar maior qualidade, no tratamento prévio das fibras devem ser integrados processos enzimáticos e de algodonização.

Segundo Maximov (2008), o processo de algodonzificação é utilizado para modificar as características das fibras de linho tornando-as mais semelhantes às fibras de algodão. As fibras de linho, quando tratadas pelos processos adequados apresentam elevado nível de suavidade, cor brilhante e clara e características próximas das fibras de algodão. Estas características permitem a introdução destas fibras em mistura na linha de produção do algodão e em fios de linho que podem ser utilizados na produção de tecidos.

### **2.2.1 Processos de Maceração**

A maceração é um processo microbiano através do qual as ligações químicas que ligam as fibras à parte lenhosa do caule são quebradas (Fouk, et al., 2001); (Akin, 2013); (Sirghie, et al., 2014). Existem alguns tipos de maceração que diferem de acordo com as condições de realização, dos quais:

- Processo de maceração pelo orvalho – os caules colhidos são deixados no campo até as fibras se separarem da parte lenhosa do caule, um processo que pode durar semanas;
- Processo de maceração com água – os caules colhidos são imersos em bacias de água ou em água corrente em rios entre 7 a 15 dias e monitorizadas até ocorrer a degradação da parte lenhosa e a separação das fibras;
- Processo de maceração química;
- Processo de maceração enzimática.

O processo de maceração com água, apesar de produzir fibras de qualidade muito superior às obtidas usando o orvalho, requer grandes quantidades de água que devem ser tratadas posteriormente.

No final de uma maceração adequada, é expectável obter feixes de fibras com o comprimento total do caule, completamente separados da parte lenhosa e separados entre si. No entanto, é necessário monitorizar o processo, de forma a garantir que as fibras não se quebrem nas suas porções mais elementares ou que os caules apodreçam e que outros microorganismos comecem a atacar a celulose.

Os inconvenientes do processo de maceração com água são o tempo do processo e a quantidade e qualidade das fibras obtidas após o processo de separação (relação fibra/haste). Além disso, a quantidade e a qualidade das águas residuais que devem ser tratadas antes de serem lançadas no meio ambiente devem ser consideradas, devido à sua elevada concentração de compostos orgânicos.

Para obter fibras de qualidade consistente, bem como desenvolver padrões de qualidade são necessários métodos de maceração mais aperfeiçoados (Fouk, et al., 2001).

A maceração química e a maceração enzimática são técnicas que incrementam significativamente os métodos de maceração. (Akin, 2013)

O foco tem reincidento na maceração enzimática com o objetivo de produzir fibras de elevada qualidade que, quando algodonizadas, apresentam valor acrescentado e uniformidade para mistura com algodão e outras fibras, para aplicação em têxteis.

### **2.2.1.1 Maceração Enzimática**

A maceração adequada liberta a camada de cutícula/epiderme dos feixes de caule e degrada a pectina, presente nestas regiões. A pectina é um polissacarídeo complexo presente nas paredes celulares e tecidos vegetais, em baixa quantidade, está estrategicamente localizada e liga as paredes celulares das plantas. Embora, seja particularmente importante na manutenção da estrutura do caule e fibras de linho, a sua degradação é um fator relevante na qualidade resultante das fibras de linho. (Akin, 2013)

Têm sido estudados e realizados testes experimentais sobre as pectinases e as formas de degradar a pectina no linho. Estudos comprovam que durante a modificação enzimática das fibras de linho, ocorre a alteração na constituição química das fibras, primeiro como resultado da hidrólise e depois da remoção de algumas substâncias químicas componentes das fibras, principalmente de pectinas. A lenhina, presente nestas fibras, age como uma barreira física para as pectinases (enzimas que degradam as pectinas) e celulasas envolvidas na maceração (Sampaio, et al., 2005). Segundo este autor, o elevado conteúdo de lenhina limita a taxa de quebra pectinolítica de feixes de fibras de linho em fibras elementares, o que é uma vantagem na produção de fibra de linho longa. A produção de fibras de linho curtas algodonizadas, com nível de lenhina inferior, facilita o processo de maceração. Um processo de maceração não adequado, insuficiente ou exagerado, resulta na separação inadequada da camada da cutícula/epiderme e dos tecidos internos lenhosos. A limpeza (algodonização, branqueamento, etc.) subsequente torna-se problemática, porque os materiais não-fibrosos reduzem o rendimento e eficiência do processamento e conseqüentemente a qualidade das fibras. Por outro lado, um processo de maceração excessiva resulta em fibras celulósicas enfraquecidas por celulasas excessivamente ativas, resultando em baixa qualidade da fibra. As fibras de linho algodonizadas, obtidas por processos que envolvem tratamentos enzimáticos e de algodonização adequados apresentam características mais semelhantes às do algodão.

Para além do linho existem muitas outras fibras economicamente importantes para inúmeros usos em todo o mundo o que leva a questionar se a mesma enzima resulta no tratamento de outras plantas lignocelulósicas. Como exemplo, testes de maceração enzimática realizados em cânhamo, que possui

mais lenhina que o linho, obtiveram algum sucesso, mas são necessários outras enzimas ou protocolos diferentes dos utilizados (Akin, 2013).

No tratamento de fibras pouco estudadas é importante seguir requisitos como: seleção prévia da planta/fibra; soluções e condições enzimáticas para adaptar fibras com propriedades específicas; procedimentos de limpeza integrados; métodos objetivos de avaliação para garantir uma qualidade elevada e consistente e aplicações direcionadas. Estabelecer estes requisitos é de extrema importância para obter técnicas e processos bem-sucedidos, económicos e comerciais, características fundamentais para aplicação na indústria têxtil.

### **2.2.1.2 Maceração enzimática das fibras de linho**

As pectinases, poligalacturonases ou pectato-liases, são enzimas apropriadas para separar as fibras da cutícula e do núcleo do linho. Akin (2013) afirma que as pectato-liases podem separar as fibras dos componentes não-fibrosos mantendo a resistência das fibras referindo que o Bioprep (enzima pectato-liase), que funciona como agente de limpeza do algodão, age removendo a cutícula da fibra de algodão, mostrando-se eficaz em vários testes.

Perante este cenário, empresas comerciais apostaram no desenvolvimento e produção de enzimas fornecendo pectinases mais puras e ativas que garantem tratamento enzimático mais eficaz.

Fouk, et al., (2001) e Akin (2013) examinaram algumas enzimas comerciais para utilizar na maceração. Concentraram-se no produto misto Viscozyme plus EDTA, rico em endopoligalacturonase, e no produto pectato-liase alcalino mais puro Bioprep, seguido de um quelante comercial de EDTA. Desenvolveram receitas adequadas para a separação das fibras numa planta piloto de processamento de fibras. Estas foram caracterizadas por métodos objetivos. Embora as fibras tratadas por Bioprep tenham boas propriedades de finura, resistência e limpeza, não foram realizados testes em têxteis. Os resultados indicam que as pectinases sem a necessidade de enzimas complementares são eficazes na separação da fibra do caule de linho, a inclusão de um quelante, como o EDTA, reduz a quantidade de enzima necessária. Os resultados foram positivos e há um interesse considerável na realização de novas pesquisas no pós-tratamento.

As propriedades das fibras podem ser adaptadas com a utilização de processos enzimáticos com enzimas específicas. No entanto, é necessária consistência no fornecimento e características da fibra para que a sua utilização no mercado se amplifique comercialmente, especialmente em produtos de valor acrescentado.

### **2.2.1.3 Fibras de Linho**

O linho apresenta-se de duas formas: fibras longas e fortes do caule, consideradas um dos primeiros sucessos na área têxtil, ou fibras curtas e requintadas.

As fibras de linho longas, apesar da reduzida produção e uso de época, conferem características de conforto, cair e uma aparência distinta o que lhe concede participação no mercado, nomeadamente no mercado de têxteis de luxo. A mistura de fibras curtas de linho com algodão e outras fibras, devido ao seu potencial, confere aos têxteis propriedades diferenciadas. Por exemplo, a utilização de mistura de algodão com maior percentagem de linho algodonzado na fição de open-end turbina melhorou a permeabilidade ao ar, as taxas de absorção de humidade e modificou a estrutura do tecido. (Akin, 2013)

### **2.2.2 Processo de branqueamento convencional**

O processo de branqueamento tem como objetivo eliminar a cor natural característica das fibras, normalmente, castanho claro. Esta cor é provocada pela presença de impurezas (compostos não celulósicos) no interior das fibras. Para eliminar essas impurezas, as fibras são submetidas a um processo de branqueamento oxidativo na presença de peróxido de hidrogénio.

### **2.2.3 Processo de algodonização e branqueamento**

O tratamento de algodonização é um processo atualmente utilizado no tratamento das fibras de linho. Andrassy et al., (2013) realizaram um estudo para verificar a viabilidade de efetuar os processos de algodonização e branqueamento em simultâneo das fibras de linho expostas ao ultrassom numa solução alcalina de branqueamento.

Os resultados da investigação indicam efeitos positivos da utilização do ultrassom durante a algodonização e branqueamento. O processo por ultrassom provou ser apropriado, apresentando vantagens como redução do consumo de energia, redução da quantidade de produtos químicos utilizados e menor duração do tratamento.

Ainda de salientar que, neste estudo, as fibras de linho adquiriram cor bege suave, brilho e elevada maciez. Os autores concluíram que um tratamento de banho único, utilizando ultrassom, a temperatura de 85°C e duração de 30 min é recomendado e permite obter excelentes resultados.

As condições do processo são apresentadas na tabela 3.

**Tabela 3.** Condições de algodonização e branqueamento. (Fonte: *Improving the modification of technical flax fibres*, Andrassy et. al 2013)

<b>Equipamento</b>	Ultrassom - SONIS 4 (ISKRA, Kranj, Slovenia), frequência do ultrassom 30 kHz		
<b>Composição da solução de algodonização e branqueamento</b>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (31,3 %)	20 mL.L <sup>-1</sup>	Kemonecer NI – agente molhante
	NaOH (32%)	12 mL.L <sup>-1</sup>	
	TC	- 4 g.L <sup>-1</sup>	Razão de Banho
	estabilizador		
	GBU N		
<b>Temperatura (°C)</b>	60, 85, 95		

### 2.3 Processo de tingimento por esgotamento

O processo de tingimento por esgotamento consiste em colocar o material que se pretende colorir em contacto com a solução de tingimento e apresenta como principais fases a adsorção e difusão do corante na fibra. Na primeira fase o corante é transferido do banho para a superfície da fibra e na difusão ocorre a entrada do corante no interior do material, efetuando-se ligações químicas (Araújo & Castro, 1987).

Para que o processo de tingimento ocorra com uniformidade e equilíbrio é necessário o controlo de parâmetros como: a utilização de produtos auxiliares, em quantidades calculadas com base no peso do material a tingir; a substantividade inicial do corante - aumento gradual à medida que se realiza o processo de tingimento; a temperatura – aumento gradual a partir da temperatura ambiente; agitação, controlo do pH e razão de banho da solução de tingimento.

No tingimento com corantes reativos estes estabelecem ligações covalentes com a fibra, obtendo-se ligações mais fortes do que Van Der Waals, pontes hidrogénio e iónicas. No final do processo de tingimento com este tipo de corantes deve ser efetuado um ensaboamento à fervura de modo a retirar o corante hidrolisado e não fixado.

### 2.4 Processo de fição de fibras curtas de algodão

O processo de fição é um conjunto de operações que permitem transformar as fibras em fio. O princípio da fição consiste em:

*“De uma massa desordenada de fibras que se encontram emaranhadas, devido às fortes pressões a que foram sujeitas para que o seu transporte fosse facilitado, consegue-se, através de operações de estiragem e de paralelização, isto é, colocando as fibras paralelas umas em relação às outras com uma determinada secção transversal, obter-se um fio com a secção desejada (massa linear), ao qual é inserida uma certa torção, com o objetivo de lhe conferir um determinado número de propriedades.”* (Vasconcelos, 1993).

Segundo a mesma autora, as características e propriedades do fio produzido são influenciadas pela matéria prima (tipo de matéria prima e suas características) utilizada no processo de fiação bem como a linha de produção utilizada.

No processo de fiação existem alguns parâmetros da fibra que devem ser tidos em conta uma vez que determinam o limite de fiação. Esses parâmetros são o comprimento da fibra e o valor do índice de uniformidade do comprimento da fibra; a percentagem de peso de fibras curtas ou flutuantes; a finura da fibra e as propriedades dinamométricas das fibras (resistência e alongamento).

- O comprimento da fibra e o valor do índice de uniformidade do comprimento da fibra são relevantes porque uma grande variação no comprimento aumenta os desperdícios e provoca perturbações no processo.
- A percentagem do peso de fibras curtas ou flutuantes. São consideradas fibras curtas ou flutuantes quando apresentam um valor da ordem dos 12,0 ou 12,5 mm (no algodão). Provocam o aumento do número de quebras durante o processo, da percentagem de desperdícios e da torção inserida, danificando as propriedades do fio.
- A finura, que está relacionada com o grau de maturidade da fibra e determina o número de fibras que se podem encontrar na secção transversal do fio. Esta característica está relacionada com a resistência, quanto maior o número de fibras da secção transversal maior a resistência e a distribuição das fibras no fio.
- A resistência e alongamento. A resistência afeta o processo produtivo, sendo que a fibra necessita ser resistente para que o processo seja rentável. O alongamento influencia diretamente o alongamento do fio, não tendo efeito relevante no processo.

Parâmetros de controlo do processo de fiação

- Massa linear é um parâmetro crucial a definir para a especificação do fio a produzir.

- Na operação de estiragem, a fita é submetida a um dispositivo constituído por dois pares de cilindros de estiragem. Nesta etapa há dois parâmetros a controlar: a distância entre os cilindros, que deve ser semelhante ao comprimento da fibra mais longa presente na fibra; a velocidade dos rolos de alimentação ou entrada que deve ser inferior à velocidade dos rolos de saída.
- No torce, a torção é um dos parâmetros de controlo do processo de fição. Influencia a resistência e a massa linear do fio.
- No contínuo, as quebras do fio e torção a aplicar são os principais parâmetros a ter em conta.

## **2.5 Estado da Arte**

Atualmente, a fibra curauá é aplicada em várias áreas tais como: estruturas compósitas (para reforço destas estruturas), indústria automóvel e construção civil.

No setor da indústria têxtil foram realizados estudos recentes sobre o tingimento destas fibras.

Conhecer o estado da arte dos processos de fição utilizados nas misturas de algodão e linho é relevante para o estudo, de forma a adequar o processo às fibras de curauá e estabelecer comparação.

### **2.5.1 Aplicações da fibra de curauá**

A fibra de curauá é um material atrativo a nível económico e tecnológico pois alia a diminuição do custo económico a características como baixa densidade, isolamento acústico e ausência de odores. A ausência de odores é uma vantagem em relação às outras fibras naturais para aplicação em componentes estruturais do interior do automóvel. A substituição de fibra de vidro por fibra de curauá nos compósitos utilizados nos componentes estruturais do interior do carro diminui o custo total em 50% (Zah, et al., 2007).

A partir de compósitos poliméricos com fibras de curauá é possível obter um material com elevada resistência à tração e, simultaneamente, resistência ao impacto, características promissoras do uso destas fibras para reforçar os compósitos segundo Neta, et al., (2015) e Morais, et al., (2016).

Monteiro, et al., (2017) e Braga, et al., (2017) utilizaram fibra de curauá para reforçar compósitos poliméricos de blindagem constituídos por multicamadas utilizados na proteção pessoal. Segundo os autores, a segunda camada era comumente constituída por fibra aramida, no entanto, a substituição por compósitos de matriz de poliéster com 30% de fibra curauá apresenta um desempenho técnico



semelhante. Esta substituição para além de contribuir para a sustentabilidade apresenta vantagens económicas, estes compósitos têm custo inferior em comparação com a aramida.

Recentemente, Bilcati, et al., (2018) estudou o uso da fibra de curauá na fabricação de compósitos de cimento concluindo que é viável a adição de 10% destas fibras para reforçar a matriz de cimento na fabricação de painéis de cimento-madeira.

### **2.5.2 Aplicação da fibra de curauá à indústria têxtil**

Através da revisão bibliográfica efetuada verificou-se que, até ao momento, são diminutos os estudos relativos à fibra de curauá no setor têxtil, tendo sido publicados apenas dois.

Oliveira, et al., (2015) publicou um artigo sobre o tingimento das fibras de curauá e de banana utilizando métodos industriais e três corantes reativos com três concentrações diferentes. As conclusões foram positivas relativamente ao comportamento das fibras nos ensaios de solidez dos tintos à fricção, à lavagem industrial e à luz.

Pimenta, et al., (2016) realizou o estudo e comparação entre o tingimento por esgotamento do algodão e das fibras de curauá, nas mesmas condições, com corantes reativos e diretos utilizando cinco concentrações de corante. Concluiu que as fibras de curauá podem ser tingidas com corantes diretos e reativos, no entanto, são obtidos melhores resultados na utilização de reativos.

Os resultados obtidos confirmam a possibilidade de introduzir esta fibra na indústria têxtil de forma a dar resposta à necessidade do mercado por fibras naturais.

### **2.5.3 Fiação de fibras curtas de linho com algodão**

Tradicionalmente, as fibras de linho são utilizadas num sistema de fiação diferente das fibras de algodão por possuírem diferentes particularidades de estrutura e propriedades. O processo de fiação do linho requer trabalho intensivo, é menos eficiente e económico comparado com o processo de fiação de algodão convencional.

Antes do processo de fiação o linho sofre um processo de algodonização que consiste na redução do comprimento e espessura das fibras. O linho algodonado pode ser utilizado nos equipamentos de fiação do algodão, em mistura com algodão, para uma vasta gama de aplicações.

Segundo Sava & Ichim (2015), o fio de mistura de linho algodonado/algodão apresenta menor força, elevado coeficiente de variação (CV) de força à rutura, menor alongamento à rutura, elevada irregularidade em massa e elevado número de imperfeições por 1000 m de fio em comparação com fio 100% Algodão. Este comportamento deve-se às diferenças existentes entre estas duas categorias de

fibras (tabela 4), no que diz respeito à finura, percentagem de fibras curtas e estrutura da fibra. As fibras de linho algodonzado são mais grossas que as de algodão e o número de fibras na secção transversal de fios de mistura é inferior ao de fios 100% algodão.

**Tabela 4.** Propriedades físicas das fibras de algodão e linho. (Fonte: Sava & Ichim, 2015)

	<b>Algodão</b>	<b>Linho algodonzado</b>
<b>Massa linear (mtex)</b>	185	382
<b>Tenacidade fibra (cN/tex)</b>	19	16
<b>Comprimento médio (mm)</b>	28	27
<b>Percentagem fibras curtas (%)</b>	17	37

A presença de elevada percentagem de fibras curtas no linho algodonzado causa fios frágeis, aumenta os desperdícios e diminui a eficiência do processo, obtendo-se fios irregulares. O aumento da percentagem de linho algodonzado nos fios de mistura afeta negativamente as características dos fios, tornando-os mais finos porque o número de fibras na secção transversal do fio diminui. Para manter aceitável o número de quebras do fio ao longo do processo de fiação utiliza-se elevada torção e baixa velocidade, o que resulta numa diminuição da produtividade (Sava & Ichim, 2015).

No estudo sobre o sistema de fiação de anel e *open-end* turbina para fios mistura linho/algodão, Svekan & Kadoglu (2012) concluem que o efeito da percentagem de mistura afeta de forma estatisticamente significativa a tenacidade e alongamento de fios produzidos pelo contínuo de anéis. As características das fibras utilizadas no estudo são apresentadas na tabela 5.

**Tabela 5.** Propriedades físicas das fibras de algodão e linho. (Fonte: Svekan & Kadoglu, 2012)

	<b>Algodão</b>	<b>Linho</b>
<b>Micronaire</b>	4,3	7,65
<b>Força (g/tex)</b>	32,2	44,98
<b>Alongamento (%)</b>	4,9	1,19
<b>Comprimento médio (mm)</b>	29,36	33,01

Os resultados apontaram que a tenacidade e alongamento do fio diminuem com o aumento da percentagem de linho nos fios de anel e nos fios *open-end* turbina, sendo evidente que os fios de anel apresentam valores mais elevados do que os fios *open-end* turbina. A uniformidade e a pilosidade dos fios de anel são superiores nos fios de anel em comparação com os fios *open-end* turbina e aumentam com o aumento da percentagem de fibras de linho na mistura.

Apesar das fibras de linho possuírem elevada tenacidade, o aumento da percentagem de linho afeta negativamente a tenacidade devido ao elevado índice de fibras curtas e baixo alongamento das fibras de

linho utilizadas no estudo. Por outro lado, o autor conclui que os valores de tenacidade, alongamento e pilosidade dos fios de anel diminuem com a diminuição da massa linear do fio. A uniformidade do fio aumenta com a diminuição da massa linear.

O aumento da torção assegura melhor alongamento e provoca a diminuição da tenacidade, pontos grossos e pilosidade. A diminuição da tenacidade do fio deve-se ao facto de exceder o coeficiente de torção crítico. De acordo com o estudo a tenacidade diminui e o alongamento aumenta com o aumento da torção.

Outros estudos sobre fibras de linho afirmam que as propriedades do fio são afetadas negativamente com o aumento da percentagem de linho em fios de mistura linho/algodão e o efeito é estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ). Lawal, et al. (2011) estudou a influência da velocidade do fuso, no processo de fição convencional (fio de anel) na qualidade do fio linho/algodão. A elevada velocidade do fuso causa problemas na fição no que diz respeito à percentagem de quebras do fio, pilosidade e perda de força, no entanto, quanto maior a velocidade do fuso maior a produtividade. Consequentemente, a produção de um fio aceitável é alcançado a velocidades relativamente baixas. Foram produzidos fios com as proporções 10%/90%, 30%/70%, 50%/50% e 70%/30% linho/algodão com massa linear de 39 tex e 59 tex.

Segundo o autor foi difícil produzir um fio fino (39 tex) de 70%/30% linho /algodão com uma elevada velocidade do fuso devido às condições de fição inadequadas. A tenacidade e as imperfeições (neps, pontos finos e pontos grossos) de fios de mistura linho/algodão aumentam e o alongamento à ruptura diminui com o aumento da velocidade do fuso para todas as densidades lineares e todas as proporções do estudo. O valor de tenacidade diminui e as imperfeições aumentam com o aumento da percentagem de linho na mistura linho/algodão. Concluíram que não é possível aumentar a velocidade do fuso além dos 9000 rpm para fio 70%/30% linho/algodão de 39 tex devido à frequência de quebras de fio. O fio 10%/90% linho/algodão produzido apresenta melhor qualidade em termos de força e uniformidade. A maior desvantagem na utilização do linho macerado é a quantidade de fibras curtas (tabela 6) que contribuem para a diminuição na qualidade do fio. O comprimento uniforme de fibra pode ser alcançado com melhorias no processo de maceração e equipamentos de processamento.

**Tabela 6.** Propriedades físicas das fibras de Algodão e Linho. (Fonte: Lawal, et al., 2011)

	<b>Algodão</b>	<b>Linho algodonzado</b>
<b>Micronaire</b>	4,2	5,2
<b>Massa linear (mtex)</b>	165	373
<b>Tenacidade fibra (cN/tex)</b>	16,9	27
<b>Comprimento médio (mm)</b>	22	57
<b>Percentagem fibras curtas (%)</b>	4,1	6,56

### **3 Desenvolvimento experimental**

Nesta etapa do trabalho são abordados os procedimentos experimentais realizados com a finalidade de cumprir os objetivos da investigação, ou seja, obter o processo de tratamento prévio para adequar as fibras de curauá à fição.

O trabalho experimental iniciou-se com a realização do processo de tratamento de branqueamento convencional, e a algodonização e branqueamento da fibra curauá, com o objetivo de comparar estes processos e selecionar o mais adequado. Seguindo-se a otimização das condições do processo.

De seguida, foram analisadas as características mais importantes das fibras para a aplicação no processo de fição. No sentido de melhorar estas características foram testadas diferentes condições de processo e foram incluídas novas etapas.

Por fim, realizou-se um estudo de validação da capacidade colorística das fibras, por ser um factor determinante na sua implementação na indústria têxtil.

#### **3.1 Materiais e Equipamentos**

As fibras de curauá utilizadas neste trabalho foram obtidas na região de Manaus, Amazônia, Brasil.

Para o trabalho experimental foram utilizados, nos processos de algodonização, branqueamento convencional, tratamento enzimático e tingimento, os produtos: Diadavin UN, Diadavin ANE e Erkantol AS da Tanatex; Baystabil DB e Baysorex EXT da Bayer; peróxido de hidrogénio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, hidróxido de sódio - NaOH; carbonato de sódio Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> da José M. Vaz Pereira S.A, cloreto de sódio - NaCl da Vatel, companhia de produtos alimentares S.A.; pectinase BIOPREP 3000L e celulase Mazyme NBT da Aquitex e os corantes Levafix<sup>®</sup> Azul CA CB 20, Levafix<sup>®</sup> Vermelho CA CB25 e Levafix<sup>®</sup> Amarelo CA CB25 da DyStar.

Na figura 10 são apresentados os equipamentos utilizados no processo de algodonização, ultrassom *Branson Ultrasonics 3510*, ultrassom *HC 4030 Heraeus Vötsch* com placa de aquecimento e *AHIBA*, respetivamente. O equipamento *AHIBA* foi utilizado para o branqueamento convencional, os processos enzimáticos e os processos de tingimento realizados no trabalho.



**Figura 10.** *Branson Ultrasonics 3510*, ultrassom *HC 4030 Heraeus Vötsch* com placa de aquecimento e *AHIBA*, respectivamente.

O espectrofotômetro de reflexão SF-600+CL (figura 11) foi utilizado para determinação do grau de branco das amostras algodonzadas e branqueadas, assim como a força colorística K/S das amostras tingidas. A determinação do grau de branco é segundo a escala de *Berger*, com o iluminante D65/10.



**Figura 11.** Espectrofotômetro de reflexão.

O microscópio eletrônico de varrimento (MEV) foi utilizado para a análise morfológica e finura/diâmetro das fibras após tratamentos de branqueamento convencional e algodonzação, com o intuito de comparar os resultados obtidos pela utilização dos três equipamentos supracitados, após otimização do processo de algodonzação; tratamentos enzimáticos e na análise morfológica da superfície das malhas de CO/curauá e CO/linho. As amostras foram recobertas com um filme fino de Au-Pd (80-20% em peso) utilizando um aplicador de alta resolução, 208HR Cressington Company, acoplado a um Controlador de Espessura de Alta Resolução, MTM-20 Cressington.

Para determinar e avaliar a influência dos processos de tratamento nas propriedades mecânicas das fibras de curauá, utilizou-se o dinamômetro da marca *HOUNSFIELD* modelo *H10KS*, que pode ser observado na figura 12.



**Figura 12.** Dinamômetro *HOUNSFIELD* modelo *H10KS*.

A determinação das propriedades de flexão das fibras foi realizada no *KES – FB 2* (figura 13) e permitiu obter os valores de módulo de rigidez à flexão  $B$  ( $\text{gf.cm}^2/\text{cm}$ ) e a histerese do momento fletor  $2HB$  ( $\text{gf.cm}^2/\text{cm}$ ) das fibras em estudo.



**Figura 13.** Equipamento para determinação das propriedades de flexão, *KES – FB 2*.

Os ensaios para avaliar as propriedades de resistência mecânica dos fios produzidos foram realizados no equipamento *Uster Tensorapid 4* da figura 14.



**Figura 14.** Equipamento *Uster Tensorapid 4* de medição das propriedades de resistência mecânica.

A determinação das irregularidades é obtida utilizando o *Uster tester 5* (figura 15) que permite analisar a qualidade dos fios produzidos, nomeadamente, pontos finos, pontos grossos, neps e pilosidades.



**Figura 15.** Equipamento *Uster tester 5* de medição das irregularidades.

### **3.2 Comparação entre tratamento de branqueamento convencional e algodonização e branqueamento**

De forma a testar a eficiência do novo processo de tratamento e branqueamento da fibra de curauá foi necessário fazer uma comparação com um processo convencional de branqueamento de fibras celulósicas.

Numa máquina de esgotamento, com agitação mecânica (*AHIBA*), foi testada uma receita de branqueamento convencional de fibras de algodão.

Em simultâneo foi usada uma receita de algodonização e braqueio proveniente da pesquisa bibliográfica, testada no equipamento de ultrassom *Branson Ultrasonics 3510* em que a cavitação é feita em banho maria.

Por fim, foram analisadas as amostras por microscopia eletrónica de varrimento (MEV) e medidos os graus de branco de cada amostra.

#### **3.2.1 Branqueamento convencional**

No processo de branqueamento são utilizados os produtos e as condições apresentadas na tabela 7. O equipamento utilizado é a *AHIBA*.



**Tabela 7.** Receita de branqueamento convencional.

Equipamento	AHIBA	
<b>Composição do tratamento de branqueamento</b>	Diadavin Un – Agente molhante	2 mL.L <sup>-1</sup>
	Diadavin ANE – Detergente emulsificante e dispersante	1 mL.L <sup>-1</sup>
	Ekantol As - Agente molhante	1 mL.L <sup>-1</sup>
	Baysorex EXT – Agente sequestrante	2 mL.L <sup>-1</sup>
	Baystabil DB - Estabilizador	1 mL.L <sup>-1</sup>
	Hidróxido de Sódio – NaOH 38° Bé – Agente alcalino	6 mL.L <sup>-1</sup>
	Peróxido de Hidrogénio – H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 50% - Agente branqueador	20 mL.L <sup>-1</sup>
<b>R:B</b>	1:40	
<b>Temperatura (°C)</b>	100	
<b>Tempo</b>	60 min	

### 3.2.2 Algodonização e branqueamento

O tratamento foi realizado às fibras de curauá crú. Estas fibras são apresentadas na figura 16.



**Figura 16.** Fibras de curauá sem tratamento.

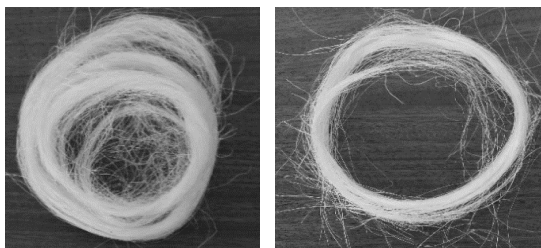
O tratamento de algodonização e branqueamento é efetuado segundo a receita da tabela 8, no ultrassom *Branson Ultrasonics 3510*, com frequência de 30 kHz.

**Tabela 8.** Receita de algodonização e branqueamento do curauá.

Equipamento	Ultrassom <i>Branson Ultrasonics 3510</i>	
<b>Composição do tratamento de branqueamento</b>	Diadavin UN – Agente molhante	1 mL.L <sup>-1</sup>
	Baystabil DB - Estabilizador	4 mL.L <sup>-1</sup>
	Hidróxido de sódio – NaOH (38° Bé) – Agente alcalino	12 mL.L <sup>-1</sup>
	Peróxido de hidrogénio - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (50 %) – Agente branqueador	20 mL.L <sup>-1</sup>
<b>R:B</b>	1:20	
<b>Temperatura (°C)</b>	80	
<b>Tempo</b>	30 min	

Após o tratamento são realizadas duas lavagens com uma relação de banho de 1:20 com detergente Diadavin UN a 2 g.L<sup>-1</sup> a 100°C durante 30 minutos.

Na figura 17 são apresentadas as fibras paralelizadas/individualizadas após os tratamentos de algodonização e branqueamento e branqueamento convencional, respectivamente.



**Figura 17.** Fibras de curauá paralelizadas/individualizadas após: a) tratamento de algodonização e branqueamento e b) branqueamento convencional.

Com o objetivo de avaliar o efeito dos tratamentos de algodonização e branqueamento e de branqueamento convencional na superfície da fibra e selecionar o tratamento mais adequado observam-se as amostras de fibra de curauá tratado e uma amostra de controle, em crú, no microscópio eletrônico de varrimento (MEV).

### **3.2.3 Microscopia Eletrônica de Varrimento**

A microscopia eletrônica de varrimento permite avaliar o efeito dos tratamentos de algodonização e branqueamento e do branqueamento convencional na fibra. Três amostras de fibras de curauá foram observadas. A amostra A é uma amostra de curauá crú, a amostra B é amostra de curauá após tratamento de algodonização e branqueamento e a amostra C é de curauá após tratamento de branqueamento convencional.

### **3.3 Comparação do processo Algodonização e Branqueamento em três equipamentos distintos**

De forma a testar a influência de diferentes equipamentos produtivos foram realizados ensaios em três equipamentos distintos, utilizando as mesmas condições de processo: ultrassom *Branson Ultrasonics 3510*, ultrassom *HC 4030* com placa de aquecimento e *AHIBA* (Figura 10).

No equipamento *Branson Ultrasonics 3510* o processo é realizado com ultrassons, onde a cavitação é feita em banho maria, no ultrassom *HC 4030* com placa de aquecimento conseguem-se

atingir temperaturas mais elevadas devido à utilização da placa de aquecimento (80°C) e o ultrassom é feito diretamente no banho. O equipamento *AHIBA* fornece agitação mecânica ao processo.

Na tabela 9 são apresentados os produtos utilizados no processo. A relação de banho, a temperatura e tempo do processo são parâmetros a ter em conta para a adequada realização e eficiência do mesmo.

**Tabela 9.** Receita de algodonização e branqueamento do curauá nas máquinas Branson Ultrasonics 3510, ultrassom HC 4030 Heraeus Vötsch com placa de aquecimento e AHIBA.

<b>Produto</b>	<b>Concentração</b>	<b>Função</b>
<b>Diadavin UN</b>	1 g.L <sup>-1</sup>	agente molhante
<b>Baystabil DB</b>	4 g. L <sup>-1</sup>	estabilizador
<b>Hidróxido de sódio – NaOH (38<sup>º</sup> Be)</b>	10 mL.L <sup>-1</sup>	agente alcalino
<b>Peróxido de hidrogénio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50 %)</b>	20 mL.L <sup>-1</sup>	agente branqueador
<b>R:B</b>	1:20	
<b>Temperatura</b>	80 °C	
<b>Duração</b>	30 min	

Na sequência dos testes realizados foi possível observar que para cada tipo de equipamento se obtém resultados dispares, devido principalmente às características dos mesmos.

### **3.4 Otimização do Processo Algodonização e Branqueamento *Branson Ultrasonics 3510***

A otimização do processo de algodonização passa pela realização de estudos experimentais com variação das concentrações de hidróxido de sódio – NaOH e peróxido de hidrogénio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, e formação da receita com as quantidades mais adequadas à fibra curauá.

#### **3.4.1 Análise da concentração de Hidróxido de Sódio - NaOH**

Uma vez que a fibra resultante do processo inicial se apresenta quebradiça e danificada, foi realizado o tratamento utilizado na tabela 10 com o objetivo de determinar a quantidade de hidróxido de sódio - NaOH indicada para o processo. Após o tratamento foram realizadas duas lavagens com detergente Diadavin UN a 2 g.L<sup>-1</sup> a 100°C durante 30 minutos.

**Tabela 10.** Receita de algodonização e branqueamento do curauá com diferentes concentrações de NaOH.

<b>Produto</b>	<b>Concentração</b>
<b>Diadavin UN</b>	1 g.L <sup>-1</sup>
<b>Baystabil DB</b>	4 g.L <sup>-1</sup>
<b>Peróxido de Hidrogénio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50%)</b>	20 mL.L <sup>-1</sup>
<b>Hidróxido de Sódio – NaOH (38<sup>º</sup>Be)</b>	<b>1.</b> 12 mL.L <sup>-1</sup>
	<b>2.</b> 10 mL.L <sup>-1</sup>
	<b>3.</b> 7,5 mL.L <sup>-1</sup>
	<b>4.</b> 5 mL.L <sup>-1</sup>
<b>R : B</b>	1:20

As quatro amostras apresentaram o mesmo grau de branco, a olho nú, pelo que se selecionou para realizar o ensaio de variação das concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a concentração mais baixa de 5 mL.L<sup>-1</sup> de NaOH.

### **3.4.2 Análise da concentração de Peróxido de Hidrogénio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Com o objetivo de determinar a quantidade de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> indicada para o processo, realizou-se o processo apresentado na tabela 11 na máquina *Branson Ultrasonics 3510*.

Após o tratamento foram realizadas duas lavagens com detergente Diadavin UN a 2 g.L<sup>-1</sup> a 100°C durante 30 minutos.

**Tabela 11.** Receita de algodonização e branqueamento do curauá com diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

<b>Produto</b>	<b>Concentração</b>
<b>Diadavin Un</b>	1 g.L <sup>-1</sup>
<b>Baystabil DB</b>	4 g.L <sup>-1</sup>
<b>Hidróxido de Sódio – NaOH (38<sup>º</sup>Be)</b>	5 mL.L <sup>-1</sup>
<b>Peróxido de Hidrogénio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50%)</b>	<b>1.</b> 20 mL.L <sup>-1</sup>
	<b>2.</b> 15 mL.L <sup>-1</sup>
	<b>3.</b> 10 mL.L <sup>-1</sup>
	<b>4.</b> 7,5 mL.L <sup>-1</sup>
	<b>5.</b> 5 mL.L <sup>-1</sup>
<b>R : B</b>	1:20

Verificou-se que a amostra tratada com 20 mL.L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> apresentou maior grau de branco, o que levou à seleção desta concentração para compor a receita de algodonização otimizada.

### 3.4.3 Receita de algodonização otimizada

Como resultado dos estudos da variação de concentração de hidróxido de sódio - NaOH e peróxido de hidrogénio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no equipamento *Branson Ultrasonics 3510*, produziu-se a receita de algodonização adequada.

A seleção da concentração dos reagentes da receita de algodonização otimizada teve como principal foco a resistência mecânica das fibras após tratamento, que permita estas sofrerem as solicitações necessárias ao processo de fiação e aos processos de branqueamento e tingimento posteriores sem comprometer a resistência mecânica. Sendo a fibra de curauá para utilizar em mistura com algodão cru haverá um processo de branqueamento posterior, em malha.

**Tabela 12.** Receita otimizada de algodonização e branqueamento da fibra de curauá.

<b>Produto</b>	<b>Concentração</b>	<b>Função</b>
<b>Diadavin UN</b>	1 g.L <sup>-1</sup>	agente molhante
<b>Baystabil DB</b>	4 g. L <sup>-1</sup>	estabilizador
<b>Hidróxido de sódio – NaOH (38° Be)</b>	5 mL.L <sup>-1</sup>	agente alcalino
<b>Peróxido de hidrogénio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50 %)</b>	20 mL.L <sup>-1</sup>	agente branqueador
<b>R:B</b>	1:20	
<b>Temperatura</b>	80 °C	
<b>Duração</b>	30 min	

### **3.5 Principais propriedades das fibras para processo industrial de fiação**

Para introdução das fibras no processo industrial de fiação as principais características a ter em conta são o comprimento da fibra, a finura e a flexibilidade. O comprimento da fibra é realizado aquando da introdução no processo industrial utilizando um processo de corte manual. A finura e a flexibilidade são características a avaliar e modificar para tornar a fibra apta. Uma vez que as fibras de curauá se assemelham morfológicamente às fibras de linho, estas propriedades foram avaliadas em ambas as fibras para estabelecer comparação, procurando com a otimização do processo de tratamento aproximar as características das fibras de curauá às do linho. Nesse sentido foram realizadas observações por MEV onde foi realizada a medição do diâmetro dos feixes de fibras. A flexibilidade das fibras foi avaliada a partir do ensaio de determinação das propriedades de flexão no *KES – FB 2*.

#### **3.5.1 Finura**

A finura das fibras é uma característica importante no processo industrial de fiação. Consiste na quantidade de fibras por feixe de fibra e é medido através da análise de MEV.

#### **3.5.2 Flexibilidade**

A flexibilidade é uma característica importante na implementação das fibras no processo industrial de fiação, dado que define a capacidade desta se misturar e torcer para formar a mecha que dará origem ao fio. A determinação das propriedades de flexão das fibras, realizada no *KES – FB 2*, é feita utilizando o módulo de rigidez à flexão ( $\text{gf.cm}^2/\text{cm}$ ).

#### **3.5.3 Comportamento tintorial da fibra**

Validar o comportamento tintorial da fibra é importante para a sua introdução na indústria têxtil. Para isso, foram realizados tingimentos por esgotamento com corantes retivos, segundo o sub-capítulo 3.8.1.

### **3.6 Estudo da eliminação das substâncias pécticas presentes nas fibras de curauá**

A presença de substâncias pécticas nas fibras de curauá, que não são removíveis com o processo de algodonização e branqueamento, dificulta o seu manuseamento e tratamento. Estas substâncias dificultam a separação dos feixes de fibras, bem como, a remoção das impurezas e dos resíduos de reagentes e detergente na limpeza.

Por este motivo, tornou-se necessária a inclusão de processos enzimáticos como primeira etapa de tratamento da fibra de curauá com vista à eliminação de substâncias pécticas presente nas fibras, dotando a fibra de maior capacidade de absorção do tratamento de algodonização. Foram realizados estudos com lipases (procurando remover gorduras), pectinases (remoção das substâncias pécticas) e celulases (tornar a superfície das fibras mais limpa e macia) na fibra em crú. Posteriormente, foi realizado o processo de algodonização.

#### **3.6.1 Tratamento enzimático com lipases**

O processo enzimático foi realizado à fibra curauá em crú de acordo com as condições estabelecidas na ficha técnica da enzima (Anexo pág. 76) e posterior desativação da enzima, durante três minutos a 100°C seguindo-se a lavagem com detergente não iónico à fervura durante dez minutos. Realizou-se posteriormente o processo de algodonização no equipamento AHIBA e duas lavagens com detergente não iónico à fervura durante trinta minutos. Verifica-se, por análise de microscopia eletrónica de varrimento, que a utilização deste tratamento enzimático não produz efeitos positivos no manuseamento/separação dos feixes de fibras.

#### **3.6.2 Tratamento enzimático com pectinases**

O processo enzimático foi realizado em algumas concentrações: 0,5 %; 1,0%; 5,0%; 10,0% e 15,0% s.p.f., seguindo as condições de pH, temperatura e tempo com melhor eficiência, estabelecidas na ficha técnica (Anexo pág. 79). No final foi realizada a desativação da enzima e a lavagem à fervura com detergente não iónico.

O aumento da concentração de enzima provoca um aumento evidente na separação das fibras no feixe de fibras o que leva à diminuição do diâmetro/grossura do feixe de fibras em comparação com as fibras de curauá crú.

Foi realizado o processo de algodonização, na *AHIBA*, às amostras previamente tratadas com pectinase e verifica-se uma melhoria no manuseamento e separação das fibras com o aumento da concentração de enzima e em comparação com a amostra de controlo (amostra de curauá, isenta de tratamento enzimático, algodonizada na *AHIBA*).

Conclui-se que a realização do processo enzimático com 15% de pectinase acrescenta melhorias significativas no tratamento da fibra de curauá. No entanto, as fibras ainda apresentam resíduos de reagentes e detergentes à superfície e com a perda de goma ficam mais ásperas, há mais atrito entre elas o que promove o entrelaçamento das fibras e a formação de nós. Para solucionar este problema recorreu-se ao estudo de tratamento enzimático com celulasas após este tratamento com pectinases.

### **3.6.3 Tratamento enzimático com pectinases e posterior tratamento com celulasas**

Foi previamente realizado o processo enzimático com 15% de pectinases. O processo enzimático com celulasas foi realizado em concentrações: 2,0%; 5,0%; 10,0%; 15,0%; 20,0% s.p.f., de celulasas seguindo as condições de pH, temperatura e tempo com melhor eficiência, próximo de 100% para cada um dos processos em separado, segundo informações reveladas nas fichas técnicas. No final foi realizada a desativação da enzima e a lavagem à fervura com detergente não iónico.

Verifica-se uma melhoria na separação das fibras tratadas com celulasas devido à diminuição dos agregados/nós em comparação com a amostra de controlo (amostra tratada com pectinase 15%, sem celulasas) antes e após algodonização na *AHIBA*.

As amostras tratadas com celulase a 10,0% e 15,0% apresentaram características mais satisfatórias em comparação com as restantes concentrações. As fibras tratadas com 20,0% de celulase apresentam-se muito ásperas ao toque.

### **3.6.4 Cocktail enzimático: pectinases + celulasas**

A realização do estudo do processo unificando os processos enzimáticos num *cocktail* enzimático constituído por pectinases e celulasas tem como objetivo obter resultados mais satisfatórios com diminuição de custo. Isto deve-se à diminuição da concentração das enzimas e/ou diminuição do número de etapas do processo com conseqüente diminuição do número de lavagens posteriores.

As condições de tratamento (pH e temperatura) foram seleccionadas com vista a obter um desempenho superior a 90% de eficiência. A eficiência, relativamente às condições de pH, é de cerca de



98% para ambas as enzimas a um pH com o valor de 7. Relativamente à temperatura obteve-se 98% de eficiência da pectinase e 75% da celulase para a temperatura de 50°C, de acordo com a análise dos dados estabelecidos na ficha técnica das enzimas (Anexos págs. 79 – 85). Foram selecionadas as concentrações de 10,0% e 15,0% s.p.f de celulase uma vez que obtiveram melhores resultados na realização dos processos previamente realizados em separado. A receita é apresentada na tabela 13.

**Tabela 13.** Receita do tratamento cocktail enzimático: pectinase + celulase.

	<b>C10</b>	<b>C15</b>
<b>Pectinase</b>	15%	15%
<b>Celulase (Mazyme NBT)</b>	10%	15%
<b>pH</b>	7	7
<b>Temperatura (°C)</b>	50	50
<b>Tempo (min)</b>	60	60
<b>Desativação da enzima</b>	99°C; 3 min	99°C; 3 min
<b>R : B</b>	1:20	1:20
<b>Lavagem:</b>		
<b>Diadavin UN 2 g.L<sup>-1</sup></b>	100°C; 10 min	100°C; 10 min

Comparando o comportamento da fibra com processo *cocktail* enzimático e da fibra com processos enzimáticos em separado, as fibras apresentam maior desunião, são menos ásperas e têm menor atrito e formação de aglomerados quando tratadas pelo processo *cocktail* enzimático (pectinases e celulases em simultâneo). Isto deve-se ao facto de ocorrer em simultâneo a remoção de impurezas da superfície das fibras com a separação das mesmas o que promove uma limpeza mais eficiente.

A amostra tratada com 15% s.p.f. de celulases apresentou melhor toque, maior facilidade na separação e manipulação das fibras, dado a haver menor atrito entre fibras e menor formação de aglomerados após algodonização e lavagens.

### **3.6.5 Reprodução do melhor tratamento usando ultrassom**

O processo *cocktail* enzimático: 15% s.p.f. de pectinase + 15% s.p.f. de celulase avaliado no ponto 3.6.4 foi reproduzido e realizada a algodonização no equipamento ultrassom (em banho maria) para avaliar o comportamento das fibras, uma vez que neste equipamento normalmente obtêm-se fibras mais limpas o que leva a um incremento do grau de branco e maior facilidade na separação dos feixes de fibras.

### **3.6.6 Avaliação de alterações nas condições do processo enzimático**

Neste ponto foi realizado o estudo da influência da alteração de algumas condições do processo, tais como aumento do tempo mantendo as restantes condições constantes e aumento da concentração das enzimas para o dobro mantendo as outras condições constantes. Os resultados foram apresentados e discutidos no subcapítulo 4.5.

### **3.7 Análise da perda de massa nos processos de tratamento das fibras de curauá**

Para determinar a perda de massa, matéria não fibrosa, a fibra é pesada e colocada na estufa a 103-105° durante 16h, antes do tratamento. Quando retirada da estufa é colocada no exsecador durante 15 mim e procede-se à sua pesagem. Esta tarefa é realizada após tratamento enzimático e repete-se após tratamento de algodonização e branqueamento.

### **3.8 Processo de fiação e avaliação dos protótipos**

A produção do fio foi realizada utilizando a linha de produção da empresa Inovafil - Fiação S.A.

As fibras após os tratamentos enzimático e algodonização necessitam de um processo mecânico de individualização. As fibras foram cortadas no tamanho de 3 cm a 4 cm e distribuídas pelo tapete rolante da máquina.

A receção e armazenamento das fibras após passagem nos rolos é feita utilizando um aspirador.



**Figura 18.** Carda de amostras, equipamento utilizado na individualização das fibras de Curauá.

A passagem das fibras na carda de amostras apresenta como principais pontos de destaque:

- a quantidade e disposição das fibras colocadas no tapete rolante da máquina; deve-se colocar uma quantidade adequada e as fibras devem ser depositadas ao longo do tapete para que a máquina não encrave por excesso de material.
- a utilização do aspirador (bem limpo, de forma a garantir que não há contaminações) é crucial para recolher o maior número de fibras.

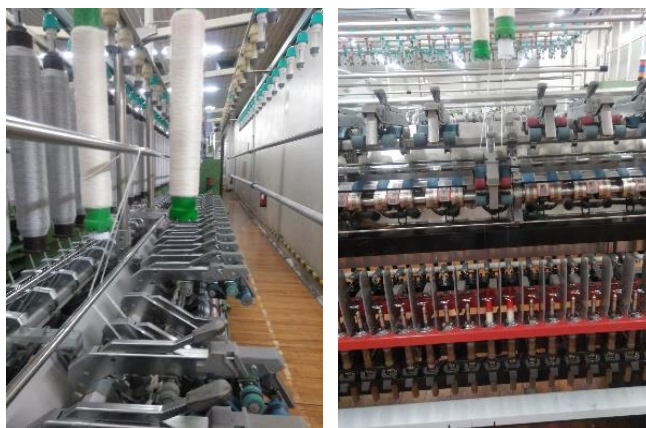
Concluída esta fase inicial de individualização das fibras seguem-se as etapas do processo de fição, iniciando-se com a pesagem e mistura manual das fibras a utilizar. Essa mistura entra na carda para formar uma fita através da mistura íntima das fibras; a fita (figura 19) entra no laminador (duas ou 3 passagens), segue para o torce (figura 20) onde é ajustada a torção de modo a obter a massa linear pretendida e preparar para a fição propriamente dita. As últimas fases do processo de fição são a fição propriamente dita e os acabamentos. A fição ocorre no contínuo de anéis (figura 21) e os acabamentos, nomeadamente a bobinagem, na bobinadeira onde o fio passa da canela ao cone.



**Figura 19.** Fita da carda a alimentar a máquina laminador.



**Figura 20.** Máquina torce.



**Figura 21.** Máquina contínuo de anéis.

O processo de fiação da fibra 1 (fibra com pré-tratamento com concentração de  $12 \text{ mL.L}^{-1}$  de NaOH) apresentou algumas dificuldades pelo que foi necessário aumentar a torção para valor superior a 60 voltas/m no torce, sendo que um valor normal de torção utilizado nesta fase seria de 56 voltas/m. O aumento da torção nesta fase torna a mecha muito dura e provoca quebras aquando da passagem no contínuo de anel devido à incapacidade de estiramento da mecha. No contínuo de anel, as solainas utilizadas foram substituídas por solainas mais duras e foi utilizado um clipe mais alto. As solainas possuem rolos que provocam a estiragem da mecha transformando-a em fio. Devido às dificuldades ocorridas no processo surgiu a necessidade de aumentar a torção para 950 voltas/m embora o valor ideal fosse de 860 voltas/m.

A amostra de fio 2 (fibra de curauá com pré-tratamento com concentração de  $5 \text{ mL.L}^{-1}$  de NaOH) não apresentou dificuldades no processo até ao torce, sendo a torção utilizada de 56 voltas/m. Este facto é importante uma vez que, o aumento da torção nesta fase torna a mecha muito dura e provoca quebras aquando da passagem no contínuo devido à incapacidade de estiramento da mecha.

No contínuo de anel, a torção inicial foi de 880 voltas/m com velocidade de 7000 rpm. Devido à ocorrência de quebras foi-se aumentando a torção e diminuindo a velocidade atingindo as 970 voltas/m a 6500 rpm. Quando estabilizou aumentou-se a velocidade para 7000 rpm, mantendo a torção. No fio 1 a torção foi de 950 voltas/m.

De salientar que as fibras de algodão penteado e as fibras de curauá apresentam-se muito diferentes a nível de comprimento e de finura. Na figura 22 é possível observar que as fibras de algodão são mais finas em comparação com as fibras de curauá.



**Figura 22.** Amostra de fita algodão/curauá após uma passagem de laminador.

Utilizando os fios de protótipos produzidos, foram construídas malhas de estrutura jersey no tear circular de amostras Lawson – Hemphill, FAK (Figura 23).



**Figura 23.** Tear de malha circular de amostras Lawson – Hemphill, FAK.

### **3.8.1 Processo de branqueamento e tingimento por esgotamento com corantes reativos das malhas**

O processo de tingimento é aplicado neste trabalho em duas fases distintas:

- Aplicado à fibra após tratamento de algodonização com branqueamento;
- Aplicado à malha composta por fio 90%/10% algodão/curauá, após tratamento de branqueamento da malha.

Utilizando os protótipos de fios produziram-se malhas de estrutura jersey. Procedeu-se ao branqueamento das malhas e, de seguida, tingimento com corantes reativos com o objetivo de validar o comportamento tintorial.

O processo de branqueamento utilizado seguiu a receita de Pimenta (2015), apresentada na tabela 14. Na realização do processo utilizou-se uma relação de banho de 1:40 a temperatura de 100°C durante 60 minutos.

**Tabela 14.** Receita de branqueamento utilizada.

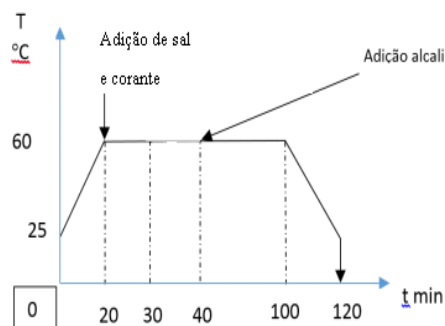
Reagente	Concentração	Função
<b>Diadavin UN</b>	2 mL.L <sup>-1</sup>	Detergente não iónico
<b>Diadavin ANE</b>	1 mL.L <sup>-1</sup>	Detergente não iónico
<b>Erkantol AS</b>	1 mL.L <sup>-1</sup>	Agente molhante aniónico
<b>Baysorex EXT</b>	2 mL.L <sup>-1</sup>	Agente sequestrante
<b>Baystabil DB</b>	1 mL.L <sup>-1</sup>	Estabilizador do peróxido de hidrogénio
<b>Hidróxido de Sódio 38<sup>o</sup> Be</b>	6 mL.L <sup>-1</sup>	Agente alcalino
<b>Peróxido de Hidrogénio 35%</b>	20 mL.L <sup>-1</sup>	Agente oxidante

O processo de tingimento seguiu a receita de Pimenta (2015), apresentada na tabela 15.

**Tabela 15.** Receita de tingimento utilizada.

Reagente	Concentração	Função
<b>Levafix Azul CA CB20</b>	1% s.p.f.	Corante
<b>Levafix Vermelho CA CB25</b>	1% s.p.f.	Corante
<b>Levafix Amarelo CA CB25</b>	1% s.p.f.	Corante
<b>NaCl</b>	35 g.L <sup>-1</sup>	Sal
<b>Carbonato de sódio</b>	10 g.L <sup>-1</sup>	Alcali

Na realização do processo utilizou-se uma relação de banho de 1:20 nas condições apresentadas no gráfico da figura 24. Para concluir, foi realizado um ensaboamento à fervura durante 15 minutos com um detergente não iónico (Diadavin UN) a 2 g.L<sup>-1</sup> com relação de banho 1:20.



**Figura 24.** Curva de esgotamento do processo de tingimento (Fonte: Pimenta, 2015).

### 3.8.2 Análise da influência da massa linear na produção dos protótipos

Na tabela 16 são apresentadas as características dos protótipos de fio produzidos com o objetivo de avaliar o efeito da massa linear na produção e qualidade final dos mesmos. Foi avaliada a massa linear 16 Ne e 20 Ne em fios algodão/curauá 90%/10% bem como estabelecida a comparação com amostras de algodão/linho 90%/10% nas mesmas condições. Para determinar as propriedades de resistência mecânica e as irregularidades dos fios A, B, C e D, foram realizados os ensaios.

**Tabela 16.** Características técnicas dos fios produzidos.

<b>Fios</b>	<b>Massa Linear</b>	<b>TPM (voltas/m)</b>	<b>rpm</b>
<b>A. 90%/10% algodão/curauá</b>	16 Ne	620	6000
<b>B. 90%/10% algodão/curauá</b>	20 Ne	650	6000
<b>C. 90%/10% algodão/linho</b>	16 Ne	620	6000
<b>D. 90%/10% algodão/linho</b>	20 Ne	650	6000

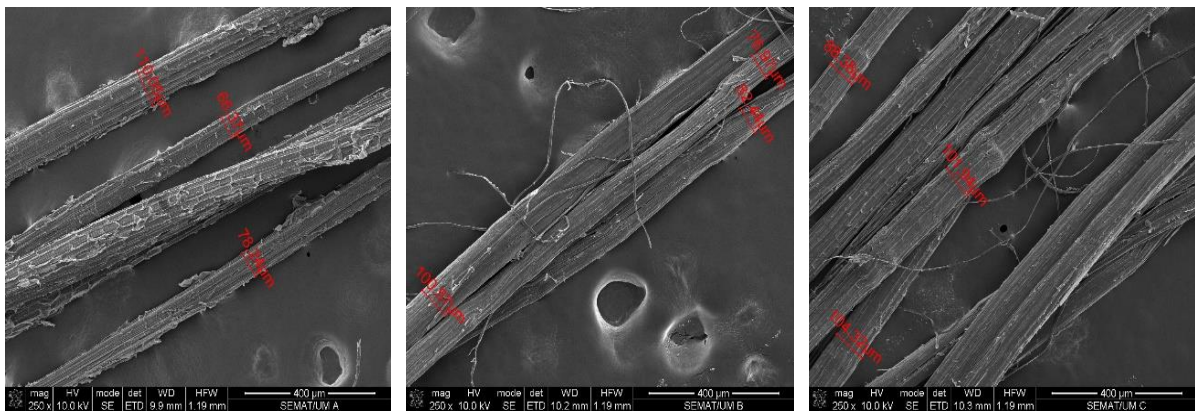
## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

### 4.1 Comparação entre o tratamento de branqueamento tradicional e algodonização e branqueamento

#### 4.1.1 Microscopia Eletrónica de Varrimento

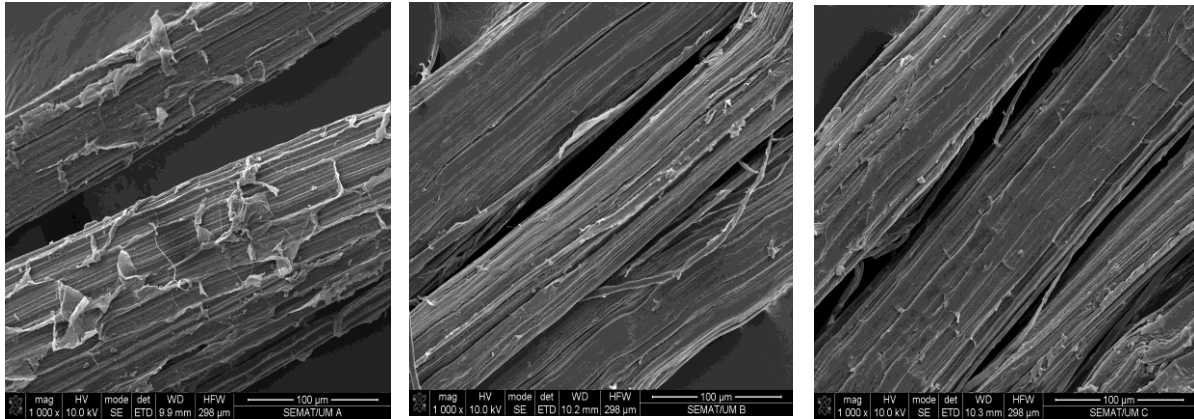
Pretendeu-se avaliar o efeito dos tratamentos de branqueamento convencional e de algodonização e branqueamento na superfície das fibras. Para o efeito observaram-se 3 amostras de fibra de curauá ao microscópio eletrónico de varrimento. A amostra A é uma amostra de curauá crú, a amostra B é amostra de curauá após tratamento de algodonização e branqueamento e a amostra C é de curauá após tratamento de branqueamento convencional.

Na figura 25 são apresentadas as imagens obtidas para as amostras A, B e C com ampliação de 250x. Na amostra A é visível que a superfície é muito irregular pelo facto de a fibra não ter sofrido tratamento. Nas amostras B e C a superfície das fibras apresenta-se menos irregular, sendo que a amostra que se apresenta mais uniforme é a B. O mesmo se observa nas figuras 26 e 27 com ampliação de 1000x e 5000x, respetivamente.

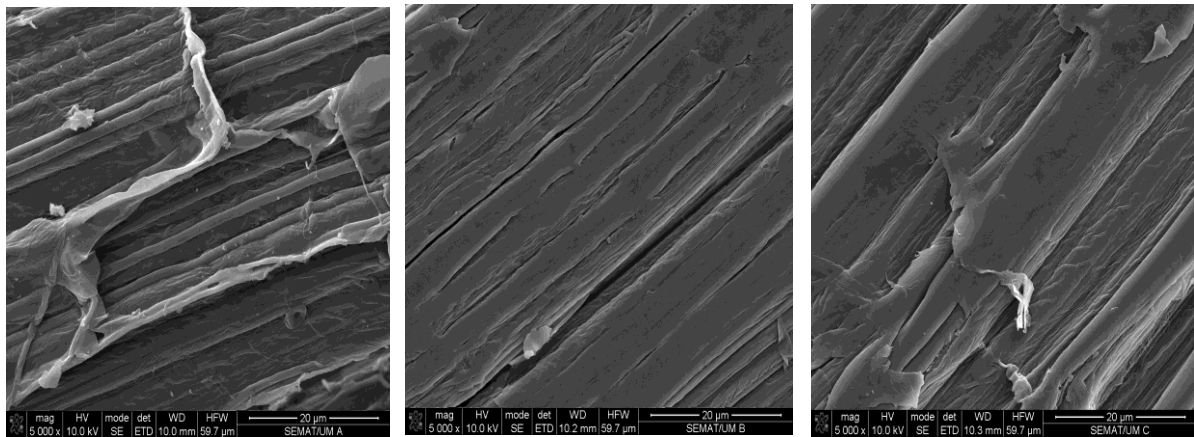


**Figura 25.** Imagens das mostras A, B e C no microscópio eletrónico de varrimento com ampliação de 250x.





**Figura 26.** Imagens das mostras A, B e C no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 1000x.



**Figura 27.** Imagens das mostras A, B e C no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 5000x.

Conclui-se que se obtém uma melhoria da uniformidade da superfície da fibra após os tratamentos. O tratamento que obtém melhores resultados, menos irregularidades na superfície das fibras, é o de algodonização e branqueamento em comparação com o tratamento de branqueamento convencional.

### 4.1.2 Grau de Branco

Na tabela 17 é apresentado o grau de branco das amostras com tratamento de algodonização e branqueamento e com branqueamento tradicional.

**Tabela 17.** Grau de branco médio, escala de *Berger*.

	<b>Amostra algodonização e branqueamento</b>	<b>Amostra branqueamento tradicional</b>
<b>Grau de branco médio</b>	49,5	48,9

A amostra tratada pelo processo que inclui a algodonização apresenta maior grau de branco.

## 4.2 Comparação do processo em três equipamentos distintos

### 4.2.1 Resistência à tração

De acordo com os resultados obtidos, as amostras tratadas no *Branson Ultrasonics 3510* e no *HC 4030 Heraeus Vötsch* possuem o mesmo valor de tenacidade (0,41 N/Tex). Foram efetuados novos testes na *AHIBA* com menor concentração de NaOH para ser possível obter fibras que não se apresentem danificadas. Estas apresentaram valores de resistência de 0,64 N/Tex (tabela 18) muito próximo do valor médio obtido para a fibra em crú.

O coeficiente de variação elevado deve-se à não uniformidade das fibras.

**Tabela 18.** Resultados de resistência à tração obtidos para os processos realizados nos diferentes equipamentos.

<b>Fibra Crú</b>			
	Tenacidade (N/Tex)	Força máxima (N)	Alongamento (%)
<b>Média</b>	0,63	7,50	5,70
<b>d.p.</b>	0,37	4,37	3,93
<b>C.V.</b>	58,3	58,3	68,9

<b>Tratamento realizado no Branson Ultrasonics 3510</b>			
	Tenacidade (N/Tex)	Força máxima (N)	Alongamento (%)
<b>Média</b>	0,41	3,16	4,53
<b>d.p.</b>	0,17	1,31	1,20
<b>C.V.</b>	41,37	41,37	26,37

<b>Tratamento realizado na HC 4030 Heraeus Vötsch com placa de aquecimento</b>			
	Tenacidade (N/Tex)	Força máxima (N)	Alongamento (%)
<b>Média</b>	0,41	3,35	3,84
<b>d.p.</b>	0,17	1,41	0,96
<b>C.V.</b>	41,92	41,92	24,91

<b>Tratamento realizado na AHIBA</b>			
	Tenacidade (N/Tex)	Força máxima (N)	Alongamento (%)
<b>Média</b>	0,64	4,14	5,07
<b>d.p.</b>	0,31	2,01	1,54
<b>C.V.</b>	48,69	48,69	30,36

Legenda:

**d.p.** – desvio padrão

**C.V.** – Coeficiente de Variação

Segundo Zah, et al., (2007) as fibras de curauá no estado crú apresentam valores de tenacidade entre 0,36 a 0,82 N/Tex e as fibras de Linho entre 0,23 e 1,07 N/Tex.

As fibras de algodão apresentam valores de tenacidade inferior, entre 0,25 e 0,27 N/Tex (Holbery & Houston, 2006), e com menor variação quando comparadas com as fibras de linho e de curauá.

O valor de tenacidade obtido no âmbito deste trabalho para as fibras de curauá em crú é de 0,63 N/Tex (tabela 18), sendo que os valores reportados na literatura se encontram entre 0,25 e 1,23 N/Tex. Devido ao tratamento de algodonização verificou-se uma diminuição da tenacidade (exceto no tratamento realizado na *AHIBA*) e uma diminuição significativa do coeficiente de variação, ou seja, o tratamento confere maior uniformidade às fibras de curauá.

#### 4.2.2 Grau de branco

O grau de branco é medido de acordo com a escala de *Berger* com iluminante D65/10. O valor médio obtido para as amostras foi de 32,3 no *Branson Ultrasonics 3510*, 59,2 no *HC 4030 Heraeus Vötsch* com placa de aquecimento e 76,5 na *AHIBA*.



**Figura 28.** Amostras após tratamento na *Branson Ultrasonics 3510*, *HC 4030 Heraeus Vötsch* com placa de aquecimento e *AHIBA*, respectivamente.

**Tabela 19.** Média dos graus de branco obtidos para as amostras tratadas em cada um dos três equipamentos.

	<b>Branson Ultrasonics 3510</b>	<b>HC 4030 Heraeus Vötsch com placa de aquecimento</b>	<b>AHIBA</b>
<b>Média</b>	32,3	59,2	76,5

No equipamento *Branson Ultrasonics 3510* a temperatura não é constante, torna-se difícil atingir a temperatura necessária ao processo e como é realizado em aberto pode ocorrer a perda do  $H_2O_2$ . No entanto, na produção de quantidade de fibra suficiente para produção de amostras de fio, este processo demonstrou ser o mais adequado.

No equipamento *HC 4030 Heraeus Vötsch* com placa de aquecimento, a utilização de parafilme evita a perda do  $H_2O_2$  e, devido à placa de aquecimento, foi possível atingir temperatura elevada que apesar de ter pequenas oscilações é mais fácil de controlar.

O processo em que a fibra tratada apresenta maior grau de branco é o realizado na máquina *AHIBA*. Isto deve-se ao facto de ser um processo que atinge a temperatura considerada adequada ( $80^\circ C$ ) mantendo-a constante ao longo do processo. No entanto, apesar da fibra apresentar um bom grau de branco, encontra-se danificada, quebra com facilidade e apresenta um aspeto de papel, o que compromete as suas propriedades de resistência mecânica.

### 4.3 Otimização do Processo Algodonização e Branqueamento no equipamento

#### *Branson Ultrasonics 3510*

##### 4.3.1 Análise da concentração de NaOH

A variação da concentração de hidróxido de sódio (NaOH) tem principal impacto na resistência mecânica da fibra. Com a diminuição de hidróxido de sódio a fibra torna-se mais resistente e menos danificada. Esta diminuição não afeta significativamente a brancura das fibras de curauá (tabela 20).

**Tabela 20.** Estudo da influência da concentração de hidróxido de sódio (NaOH) no valor grau de branco.

	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>	<b>Amostra 4</b>
	$H_2O_2= 20 \text{ mL.L}^{-1}$	$H_2O_2= 20 \text{ mL.L}^{-1}$	$H_2O_2= 20 \text{ mL.L}^{-1}$	$H_2O_2= 20 \text{ mL.L}^{-1}$
	$NaOH=12 \text{ mL.L}^{-1}$	$NaOH=10 \text{ mL.L}^{-1}$	$NaOH=7,5 \text{ mL.L}^{-1}$	$NaOH=5 \text{ mL.L}^{-1}$
<b>Grau de branco</b>	35,0	33,9	41,5	33,7

##### 4.3.2 Análise da concentração de $H_2O_2$

Na tabela 21 é apresentado o estudo da influência da concentração de peróxido de hidrogénio -  $H_2O_2$  no valor do grau de branco obtido, verificando-se que provoca alterações significativas.

**Tabela 21.** Estudo da influência da concentração de peróxido de hidrogênio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no valor grau de branco.

	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>	<b>Amostra 4</b>	<b>Amostra 5</b>
	NaOH= 5 mL.L <sup>-1</sup>	NaOH= 5 mL.L <sup>-1</sup>	NaOH= 5 mL.L <sup>-1</sup>	NaOH= 5 mL.L <sup>-1</sup>	NaOH= 5 mL.L <sup>-1</sup>
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 20 mL.L <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 15 mL.L <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 10 mL.L <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 7,5 mL.L <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 5 mL.L <sup>-1</sup>
<b>Grau de branco</b>	29,5	19,3	18,2	18,2	17,5

### 4.3.3 Receita otimizada

Neste subcapítulo são analisadas as propriedades de resistência à tração, alongamento e grau de branco das fibras de curauá tratadas pelo processo de algodonização com receita otimizada.

#### 4.3.3.1 Resistência à tração

Na tabela 22 é apresentado o resultado do ensaio da resistência à tração obtido para a amostra de fibra tratada.

**Tabela 22.** Resistência à tração obtida par as fibras tratadas no equipamento *Branson Ultrasonics 3510*.

	<b>Tratamento realizado no <i>Branson Ultrasonics 3510</i></b>		
	Tenacidade (N/Tex)	Força máxima (N)	Alongamento (%)
<b>Média</b>	0,51	4,65	4,21
<b>d.p.</b>	0,21	1,93	1,31
<b>C.V.</b>	41,42	41,42	31,20

Legenda:

**d.p.** – desvio padrão

**C.V.** – Coeficiente de Variação

A amostra obteve valor de tenacidade superior, de 0,51 N/Tex, e um CV inferior, obtendo-se desta forma fibras mais resistentes e uniformes, em comparação com as fibras tratadas no mesmo equipamento com concentração de 10 mL.L<sup>-1</sup> de NaOH tendo sido obtido um valor de tenacidade de 0,41 N/Tex (tabela 18).

#### 4.3.3.2 Grau de branco

Na tabela 23 é apresentado o grau de branco para a amostra de fibra tratada através do processo otimizado no equipamento *Branson Ultrasonics 3510*.

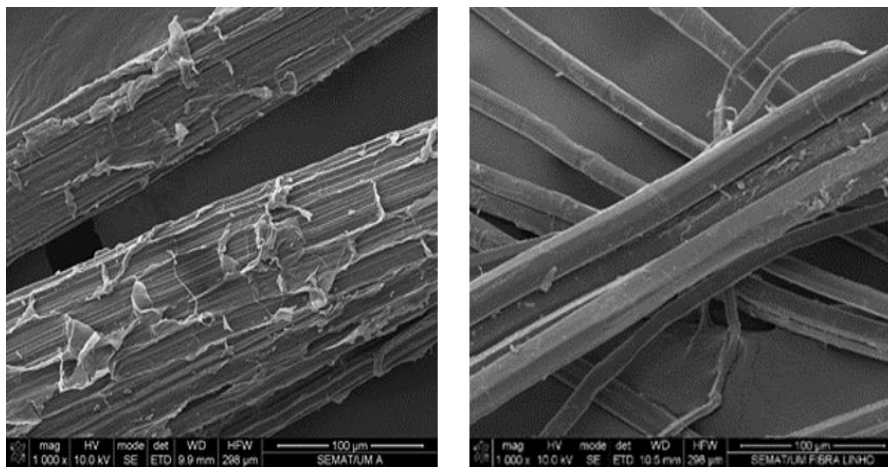
**Tabela 23.** Grau de branco obtido para processo otimizado do equipamento Ultrasonics 3510

	<b>Grau de branco</b>
<b>Média</b>	33,7

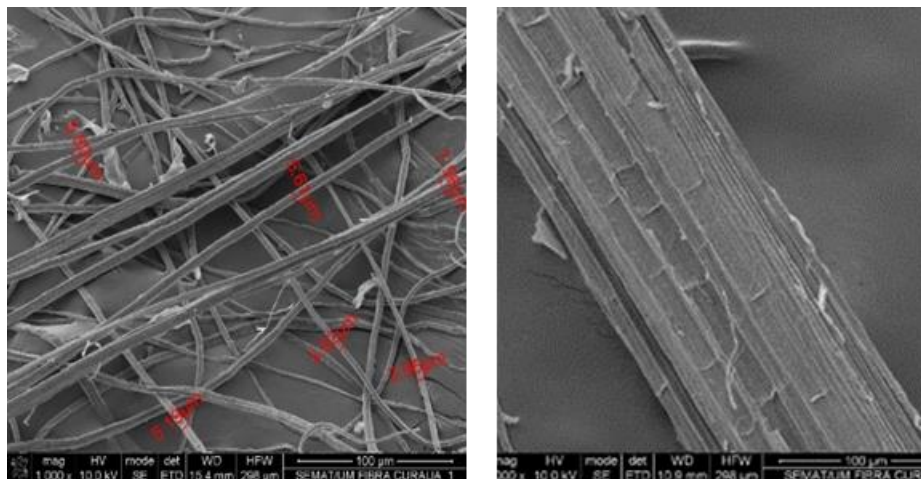
## 4.4 Principais propriedades das fibras para processo industrial de fiação

### 4.4.1 Finura

Na figura 29 são apresentadas imagens representativas da análise de microscopia eletrônica de varrimento (MEV) das fibras de curauá em cru e das fibras linho com ampliação de 1000x.



**Figura 29.** Imagens das fibras de curauá cru e fibras linho cru, no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 1000x.



**Figura 30.** Imagens das fibras de curauá receita inicial (processo mais agressivo) e fibras curauá processo otimizado, no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 1000x.

De acordo com o estudo realizado, as fibras de curauá crú avaliadas apresentam valores entre 78 a 110  $\mu\text{m}$  de diâmetro e as fibras de linho apresentam em média 48 a 63  $\mu\text{m}$ . Este diâmetro é cerca de metade do diâmetro médio dos feixes de fibras de curauá tratado com o processo otimização no ultrassom em banho maria.

As fibras de curauá tratadas com a receita inicial (figura 30), processo mais agressivo devido à quantidade superior de NaOH, obtêm em média 4 a 8  $\mu\text{m}$ . No entanto o processo é demasiado agressivo e ataca a celulose, as fibras apresentam-se danificadas.

#### 4.4.2 Flexibilidade

A determinação das propriedades de flexão das fibras, realizada no *KES – FB 2* deu origem aos resultados da tabela 24.

**Tabela 24.** Resultados de flexão obtidos no *KES – FB 2* para as fibras de curauá crú, algodonzadas e linho.

	<b>Módulo de rigidez à flexão</b>		<b>Histerese do momento fletor</b>	
	<b>B (gf.cm<sup>2</sup>/cm)</b>		<b>2HB (gf.cm<sup>2</sup>/cm)</b>	
	<b>Média</b>	<b>C.V (%)</b>	<b>Média</b>	<b>C.V (%)</b>
<b>Curauá crú</b>	0,0058	78,1	0,0051	54,6
<b>Curauá processo otimizado</b>	0,0025	27,3	0,0043	23,4
<b>Linho</b>	0,0009	31,7	0,0013	34,0

As fibras de curauá tratadas pelo processo otimizado apresentam rigidez cerca de três vezes superior às fibras de linho, o que justifica o facto de as fibras de curauá apresentarem problemas aquando da formação da mecha, no processo de fiação. Por esta razão, foi necessário introduzir novas etapas no processo de tratamento de forma a diminuir de forma significativa o módulo de rigidez à flexão das fibras de curauá.

#### 4.4.3 Comportamento tintorial das fibras

As fibras de curauá apresentam cores com brilho intenso (figuras 31, 32 e 33).

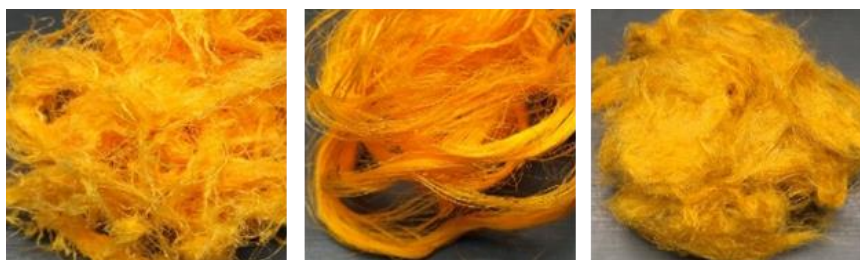




**Figura 31.** Fibra curauá 1, curauá otimizado e linho após tingimento com corante reativo vermelho.



**Figura 32.** Fibra curauá 1, curauá otimizado e linho após tingimento com corante reativo azul.



**Figura 33.** Fibra curauá 1, curauá otimizado e linho após tingimento com corante reativo amarelo.

A otimização no processo de algodonização provoca um incremento de força colorística das fibras de curauá, cerca de três vezes superior. As fibras de linho apresentam força colorística inferior às fibras de curauá tratadas com a receita de algodonização otimizada (tabela 25).

**Tabela 25.** Resultados de força colorística das fibras curauá e linho.

	K/S			R%		
	vermelho	azul	amarelo	vermelho	azul	amarelo
<b>Curauá 1</b>	42,13	55,03	47,34	1325,49	697,27	1521,39
<b>Curauá otimizado</b>	150,51	202,76	146,14	885,30	334,92	1187,49
<b>Linho</b>	92,49	64,69	70,03	757,06	545,88	865,68

#### 4.5 Estudo da eliminação da substâncias pécticas presentes nas fibras de curauá

Na tabela 26 são identificadas as amostras e o tipo de pré-tratamento a que foram submetidas. As amostras de curauá foram submetidas ao tratamento de algodonização no equipamento *AHIBA*, exceto a amostra 9 em que se utilizou o ultrassom (em banho maria). Este equipamento fornece maior grau de limpeza e separação entre as fibras.

**Tabela 26.** Identificação das amostras.

<b>Amostra</b>	<b>Tratamento enzimático</b>	<b>Equipamento de Algodonização</b>
0	N.E	AHIBA
1	Lipase	N.E
2	Lipase	AHIBA
3	15% Pectinase	N.E
4	15% Pectinase	AHIBA
5	15% Pectinase + 15% Celulase (Processos separados)	N.E
6	15% Pectinase + 15% Celulase (Processos separados)	AHIBA
7	<i>Cocktail</i> enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase	N.E
8	<i>Cocktail</i> enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase	AHIBA
9	<i>Cocktail</i> enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase	Ultrassom (em banho maria)
10	<i>Cocktail</i> enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase (120 min)	N.E
11	<i>Cocktail</i> enzimático: 30% Pectinase + 30% Celulase	N.E
12	<i>Cocktail</i> enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase (120 min)	AHIBA
13	<i>Cocktail</i> enzimático: 30% Pectinase + 30% Celulase	AHIBA
14	<i>Cocktail</i> enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase (120 min)	Ultrassom (em banho maria)
15	<i>Cocktail</i> enzimático: 30% Pectinase + 30% Celulase	Ultrassom (em banho maria)

N.E – Não efetuado o tratamento de algodonização.

Os resultados obtidos de grau de branco, resistência à tração, propriedades de flexão, estrutura morfológica e finura dos feixes de fibras através de imagens retiradas por microscopia eletrônica de varrimento, são apresentadas nos seguintes subcapítulos.

### **4.5.1 Resistência à tração**

Na tabela 27 são apresentados os resultados de resistência à tração, obtidos no dinamômetro com uma célula de carga de 250 N.

**Tabela 27.** Resultados de resistência à tração obtidos para as amostras em estudo.

<b>Amostra</b>		<b>Massa Linear (Tex)</b>	<b>Tenacidade (N/Tex)</b>	<b>Força Máxima (N)</b>	<b>Alongamento (%)</b>
0	Média	6,28	0,48	2,99	4,23
	d.p.		0,21	1,3	0,90
	C.V. (%)		43,05	43,05	21,22
1	Média	8,40	0,56	4,70	4,48
	d.p.		0,17	1,43	0,49
	C.V. (%)		30,40	30,40	10,95
2	Média	11,80	0,39	4,66	5,08
	d.p.		0,12	1,46	0,62
	C.V. (%)		31,30	31,30	12,23
3	Média	7,70	0,46	3,56	4,31
	d.p.		0,20	0,20	0,67
	C.V. (%)		43,08	43,08	15,52
4	Média	6,50	0,46	2,99	4,88
	d.p.		0,21	1,34	1,44
	C.V. (%)		44,92	44,92	29,41
5	Média	10,80	0,25	2,71	2,93
	d.p.		0,11	0,11	0,55
	C.V. (%)		45,58	45,58	18,77
6	Média	11,88	0,20	2,35	3,85
	d.p.		0,07	0,07	1,29
	C.V. (%)		33,95	33,95	33,67
7	Média	9,63	0,23	2,18	6,69
	d.p.		13,02	13,02	1,06
	C.V. (%)		48,61	48,61	194,4
8	Média	6,88	0,30	2,07	3,77
	d.p.		0,13	0,13	1,12
	C.V. (%)		42,41	42,41	29,80
9	Média	9,70	0,27	2,60	3,11
	d.p.		0,08	0,08	0,61
	C.V. (%)		29,92	29,92	19,69
12	Média	11,60	0,19	2,20	3,21
	d.p.		0,06	0,06	0,82
	C.V. (%)		31,05	31,05	25,49
13	Média	9,55	0,16	1,48	2,64
	d.p.		0,05	0,05	0,72
	C.V. (%)		31,91	31,91	27,38
14	Média	5,92	0,31	1,84	4,69
	d.p.		0,14	0,84	3,82
	C.V. (%)		45,54	45,54	81,50
15	Média	5,76	0,29	1,69	3,29
	d.p.		0,11	0,65	1,33
	C.V. (%)		38,26	38,26	40,38

Legenda:

**d.p.** – desvio padrão

**C.V.** – Coeficiente de Variação

Verifica-se que à medida que o tratamento é mais eficaz ocorre uma maior limpeza e separação dos feixes de fibras o que leva a uma diminuição na tenacidade. No entanto, essa diminuição não é considerada um fator negativo porque as fibras possuem resistência suficiente para os processos posteriores, dado que o algodão apresenta valores entre 0,25 e 0,27 N/Tex.

#### 4.5.2 Propriedades de Flexão *KES – F2*

Na tabela 28 são apresentados os resultados da determinação das propriedades de flexão.

**Tabela 28.** Resultados de flexão obtidos no KES – FB 2 para as fibras de curauá crú, algodonizadas e linho.

	<b>Módulo de rigidez à flexão</b>		<b>Histerese do momento fletor</b>	
	<b>B (gf.cm<sup>2</sup>/cm)</b>		<b>2HB (gf.cm<sup>2</sup>/cm)</b>	
	<b>Média</b>	<b>C.V. (%)</b>	<b>Média</b>	<b>C.V. (%)</b>
curauá crú	0,0058	78,1	0,0051	54,6
curauá processo algodonização otimizado	0,0025	27,3	0,0043	23,4
linho	0,0009	31,7	0,0013	34,0
8	0,0025	86,1	0,0026	47,5
9	0,0013	45,4	0,0043	42,6
12	0,0009	95,5	0,0022	72,3
13	0,0014	33,3	0,0027	5,7
14	0,0016	94,9	0,0020	46,0
15	0,0014	48,9	0,0028	42,5

As fibras de curauá da amostra 8 apresentam um módulo de rigidez à flexão semelhante ao do curauá tratado sem processo enzimático, 0,0025 gf.cm<sup>2</sup>/cm. A realização do tratamento de algodonização com ultrassom, amostra 9, incrementa a limpeza e as fibras apresentam maior uniformidade verificando-se uma diminuição para cerca de metade do módulo de rigidez à flexão.

A amostra 12 apresenta uma flexibilidade cerca de 3 vezes inferior à amostra 8 devido à alteração do tempo de processo enzimático para o dobro.

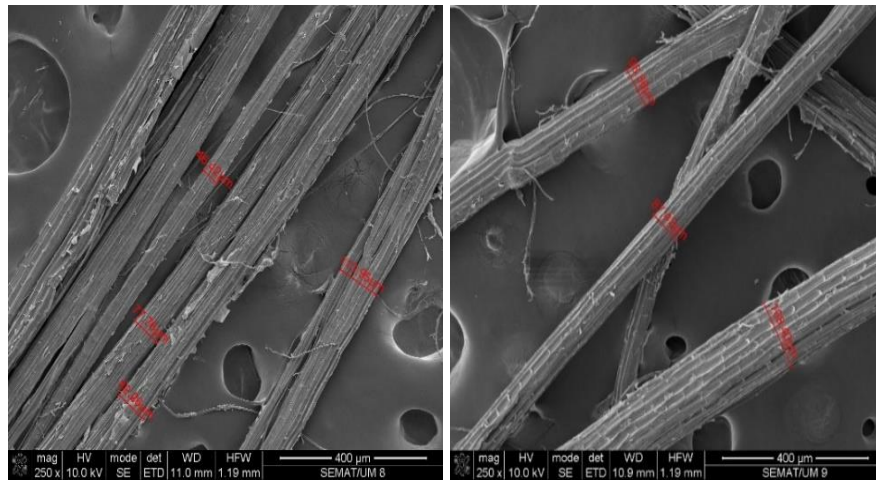
A amostra 13 (dobro da concentração de enzimas) apresenta um módulo de rigidez à flexão de cerca de metade da amostra 8. Este valor é aproximado ao valor do módulo de rigidez à flexão do linho, valor de referência que se pretende alcançar.

As fibras da amostra 14 têm o mesmo processo da amostra 12 mas é realizado no ultrassom. Apresentam coeficientes de variação elevados, ou seja, a amostra não é uniforme, apresenta fibras com características dispares, o que explica os resultados obtidos.

As amostras 9, 13, 14 e 15 obtêm valores de flexibilidade próximos.

### 4.5.3 Análise por Microscopia Eletrônica de Varrimento

Na figura 34 são apresentadas as imagens das amostras 8 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização na AHIBA) e amostra 9 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização no ultrassom em banho maria) no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 250x.

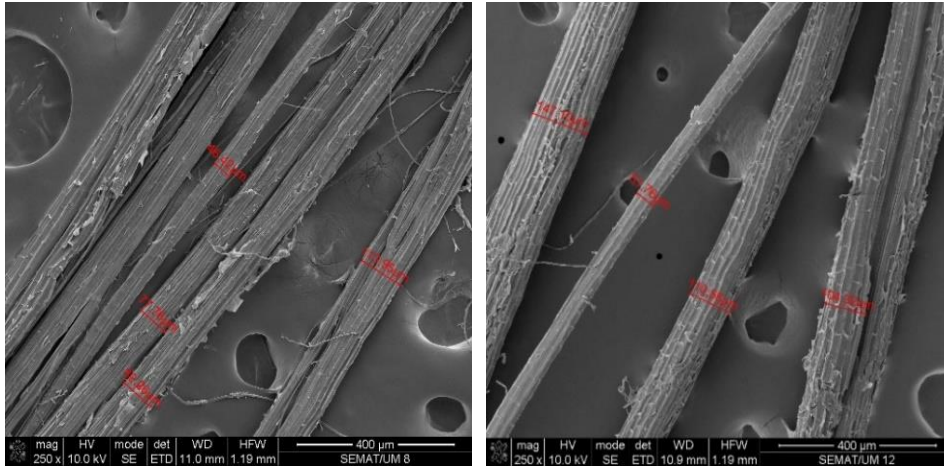


**Figura 34.** Imagens das fibras da amostra 8 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização na AHIBA) e amostra 9 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização no ultrassom em banho maria) no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 250x.

De acordo com o estudo realizado, as fibras da amostra 8 apresentam entre 46 a 114 µm de diâmetro. Este diâmetro é cerca de metade do diâmetro médio dos feixes de fibras de curauá tratado com o processo otimizado no ultrassom em banho maria, sem tratamentos enzimáticos. As fibras de

linho apresentam entre 48 a 63  $\mu\text{m}$  (subcapítulo 4.5.1). As fibras de curauá da amostra 9 apresentam diâmetro de 87 a 118  $\mu\text{m}$ .

Na figura 35 são apresentadas as imagens das amostras 8 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonzificação na AHIBA) e amostra 12 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase durante 120 min) no microscópio electrónico de varrimento com ampliação de 250x.

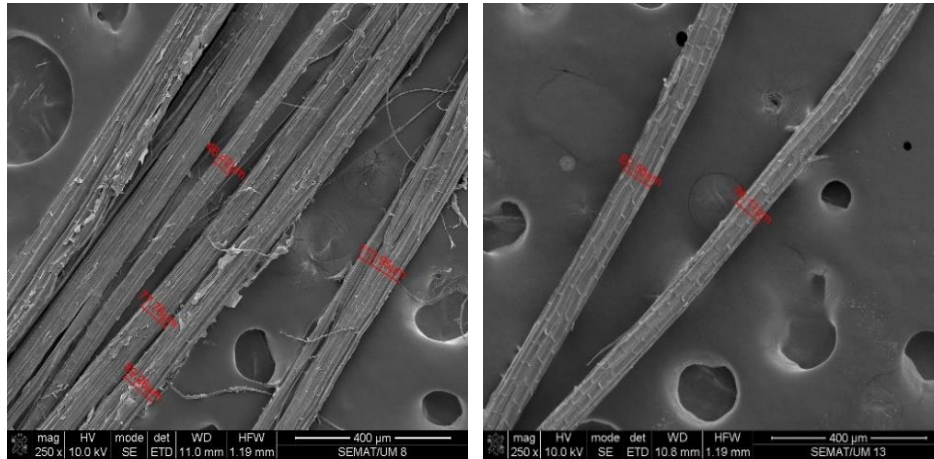


**Figura 35.** Imagens das fibras da amostra 8 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonzificação na AHIBA) e amostra 12 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase durante o dobro do tempo, com algodonzificação na AHIBA) no microscópio electrónico de varrimento com ampliação de 250x.

As fibras da amostra 12 apresentam um diâmetro entre 52 a 150  $\mu\text{m}$ , um pouco superior em comparação com a amostra 8.

Na figura 36 são apresentadas as imagens das amostras 8 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonzificação na AHIBA) e amostra 13 (*Cocktail* enzimático: 30% Pectinase + 30% Celulase durante) no microscópio electrónico de varrimento com ampliação de 250x.

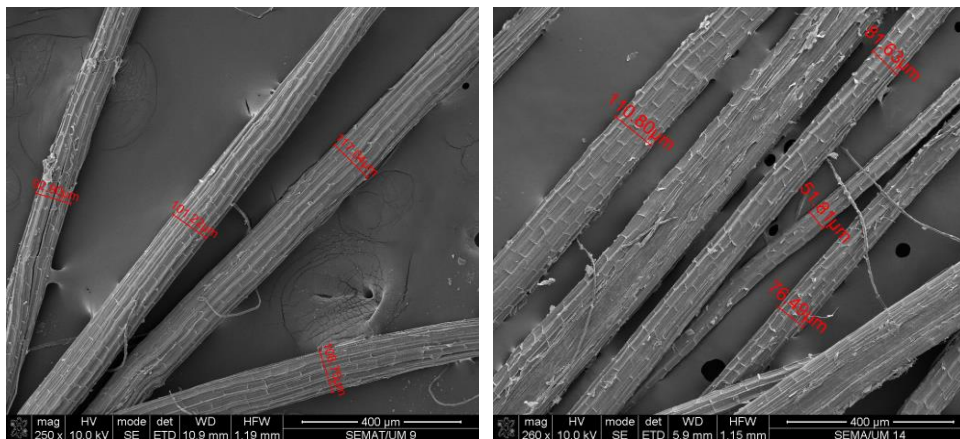




**Figura 36.** Imagens das fibras da amostra 8 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização na AHIBA) e amostra 13 (*Cocktail* enzimático: 30% Pectinase + 30% Celulase com algodonização na AHIBA) no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 250x.

As fibras da amostra 13 são as que apresentam maior uniformidade, diâmetro de 76 a 96 µm.

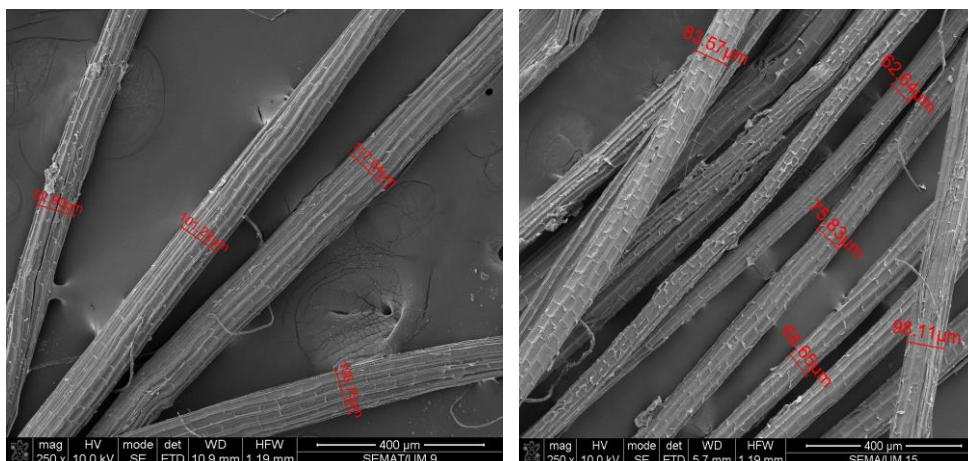
A figura 37 apresenta as imagens das amostras 9 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização com o ultrassom em banho maria) e amostra 14 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase durante) no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 250x.



**Figura 37.** Imagens das fibras da amostra 9 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização no ultrassom em banho maria) e 14 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase durante 120min, com algodonização no ultrassom em banho maria) no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 250x.

As fibras de curauá da amostra 9 apresentam diâmetro de 87 a 118 µm. As fibras da amostra 14 têm diâmetro de 52 a 120 µm.





**Figura 38.** Imagens das fibras da amostra 9 (*Cocktail* enzimático: 15% Pectinase + 15% Celulase com algodonização no ultrassom em banho maria) e 15 (*Cocktail* enzimático: 30% Pectinase + 30% Celulase durante, com algodonização no ultrassom em banho maria) no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 250x.

As fibras da amostra 15 apresentam diâmetro entre 62 a 100  $\mu\text{m}$ , alcançam diâmetros inferiores às fibras da amostra 9 que apresentam diâmetros entre 87 a 118  $\mu\text{m}$ .

#### 4.5.4 Grau de branco

O grau de branco é obtido de acordo com a escala de Berger com iluminante D65/10 e os resultados são apresentados na tabela 29.

**Tabela 29.** Resultados de grau de branco (escala de Berger).

Amostra	Grau de branco (Escala de Berger)
0	24,20
2	23,21
4	24,80
6	26,01
8	24,60
9	33,13
12	30,13
13	32,59
14	38,66
15	40,12

A amostra 9, cujo tratamento é *cocktail* enzimático: 15% pectinase + 15% celulase e posterior algodonização no ultrassom em banho maria, apresenta o grau de branco superior em comparação com a amostra 8 com receita igual mas realizada na AHIBA.

Nas amostras 12 há um aumento do tempo para o dobro e na amostra 13 duplica-se a concentração de enzimas (amostra 13), obtendo-se um aumento do grau de branco.

As fibras das amostras 14 e 15 alcançam graus de branco aproximados de 40 na escala *Berger*.

#### 4.6 Análise da perda de massa nos processos de tratamento das fibras curauá

Na Tabela 30 é apresentada a perda de massa, matéria não fibrosa, média resultante dos processos de tratamento das fibras de curauá para a sua preparação à fiação.

**Tabela 30.** Resultados da perda de massa, matéria não fibrosa, resultante dos processos de tratamento das fibras de curauá.

	<b>Algodonização (Receita inicial)</b>	<b>Algodonização (Receita otimizada)</b>	<b>Processo enzimático</b>		<b>Processo enzimático + Algodonização (Receita otimizada)</b>	
<b>Tratamento</b>		<b>9</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>Perda de massa (%)</b>	11,45	4,27	0,92	0,45	5,19	4,72

A perda de massa média após tratamento de algodonização utilizando a receita otimizada é inferior porque o método é menos agressivo para as fibras.

Com o processo de algodonização otimizado a fibra após tratamento e lavagens não se apresenta danificada e quebrada e a perda de massa é menor em comparação com a obtida nas fibras tratadas com a receita inicial.

O processo *cocktail* enzimático: 15% pectinase + 15% celulase com duração de 120 min provoca uma ligeira perda de massa superior ao cocktail enzimático: 30% pectinase + 30% celulase, cerca de 0,5%.

O processo utilizado na amostra 14 provoca uma perda de massa cerca de 0,5% superior ao processo da amostra 15.

## 4.7 Processo de fiação e avaliação dos protótipos

Com o intuito de avaliar as propriedades de resistência mecânica e as irregularidades dos fios foram realizados ensaios aos fios 1 e 2.

### 4.7.1 Ensaios de resistência mecânica

Na tabela 31 são apresentados os valores obtidos para as propriedades de resistência mecânica dos fios 1 e 2 produzidos. No fio 1 foi utilizado curauá cujo tratamento tem 12 mL.L<sup>-1</sup> de NaOH e 20 mL.L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, no fio 2 foi utilizado 5 mL.L<sup>-1</sup> de NaOH e 20 mL.L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**Tabela 31.** Comparação das propriedades de resistência mecânica entre os fios 1 e 2.

	<b>Fio 1</b>	<b>Fio 2</b>
	<b>90%/10% CO/Curauá</b>	<b>90%/10% CO/Curauá</b>
<b>Tenacidade (cN/tex)</b>	16,28	15,02
<b>Resistência (N)</b>	3,20	2,96
<b>Alongamento (%)</b>	5,34	4,94

O fio 2 apresenta resistência à tração, tenacidade e alongamento ligeiramente inferior em comparação com o fio 1.

### 4.7.2 Ensaios de irregularidades (Uster)

Na tabela 32 são apresentados os valores obtidos nos ensaios efetuados na máquina USTER. Verifica-se da análise da tabela que o fio 2 apresenta mais irregularidades e pontos grossos, igual número de pontos finos e inferior percentagem de neps e pilosidades em comparação com o fio 1.

**Tabela 32.** Análise comparativa dos resultados de irregularidades (Uster) obtidos para os fios 1, 2.

	<b>Fio 1</b>	<b>Fio 2</b>
	<b>90%/10% CO/Curauá</b>	<b>90%/10% CO/Curauá</b>
<b>Irregularidades (%)</b>	16,30	17,77
<b>-50% Pontos Finos</b>	160,0	160,0
<b>+50% Pontos Grossos</b>	1380	1760
<b>+200% Neps</b>	1960	1380
<b>Pilosidades</b>	5,31	4,94

#### **4.7.3 Processo de branqueamento e tingimento por esgotamento com corantes reativos das malhas**

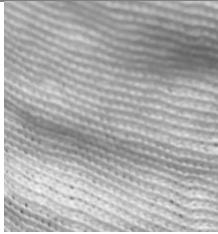
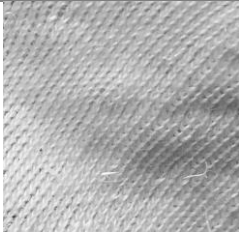
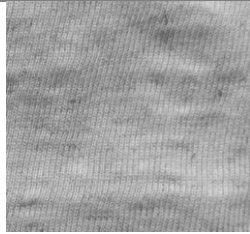



A malha 90%/10% CO/curauá processo de algodonização otimizado, após branqueamento obtém valores de grau de branco aproximadamente 70 na escala *Berger* (tabela 36).

A malha com linho apresenta grau de branco inferior, devido à tonalidade acastanhada do linho.

As malhas com curauá apresentam valores superiores em comparação com as malhas com linho utilizado comumente na indústria têxtil.

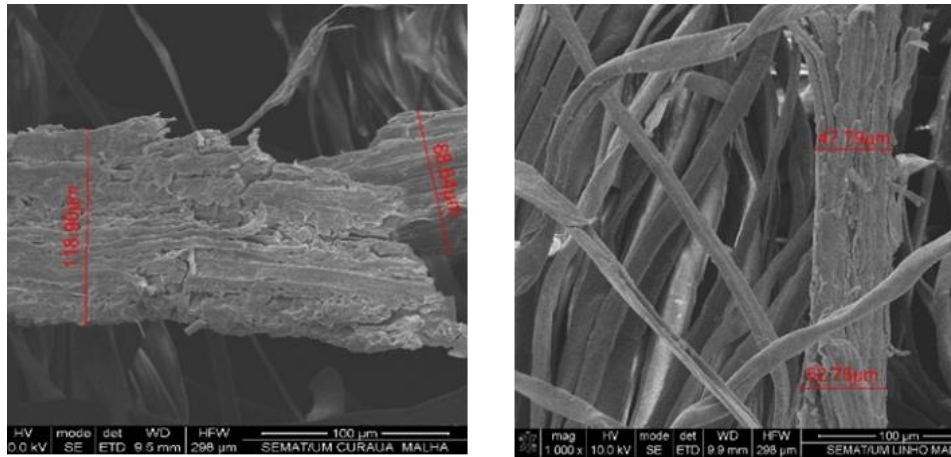
Conclui-se que as malhas com curauá apresentam graus de branco em conformidade, uma vez que o algodão branqueado obtém valores entre 70 a 80.

**Tabela 33.** Análise comparativa dos resultados de irregularidades (Uster) obtidos para os fios 1, 2.

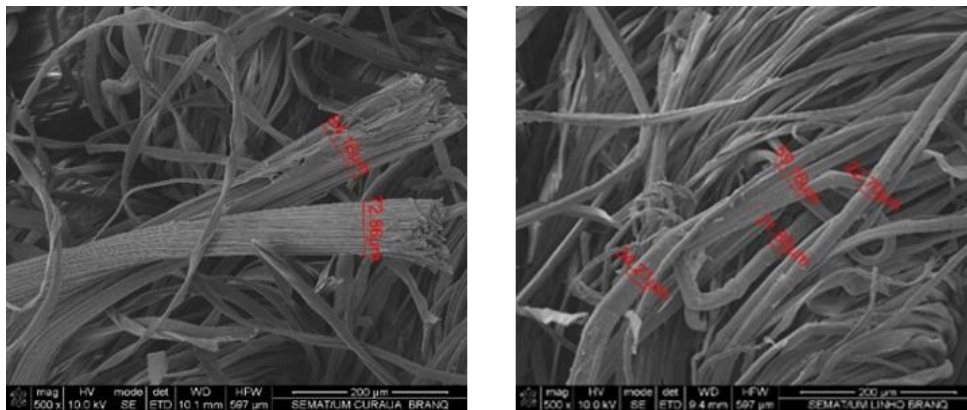
	<b>MALHA CO/CURAUÁ (90%/10%) PROCESSO 1</b>	<b>MALHA CO/CURAUÁ (90%/10%) PROCESSO DE ALGODONIZAÇÃO OTIMIZADO</b>	<b>MALHA CO/LINHO (90%/10%)</b>
<b>Crú</b>			
<b>Branqueada</b>			
<b>Grau de branco médio</b>	67,2	69,7	63,0

As malhas de composição 90%/10% CO/curauá com processo de algodonização otimizado apresentavam, ao toque, aspereza e rugosidade que poderá ser devido à existência de fibras soltas na sua superfície. A visualização destas fibras muito grossas de curauá, para as quais o processo ainda não é o idealizado, é apresentada nas figuras 38 e 39 nas malhas em crú e após branqueamento no microscópio eletrónico de varrimento (MEV).

Na amostra 39 é possível observar uma fibra de curauá de grande diâmetro, 119 µm e uma fibra de linho com cerca de 63 µm, o que justifica o facto de as malhas com curauá apresentarem toque mais áspero e rugosidade.



**Figura 39.** Imagens das malhas crú CO/curauá 2 (fibras de curauá receita de algodonziação) e CO/linho no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 1000x.



**Figura 40.** Imagens das malhas branqueadas CO/curauá 2 (fibras de curauá receita de algodonziação) e CO/linho no microscópio eletrônico de varrimento com ampliação de 1000x.

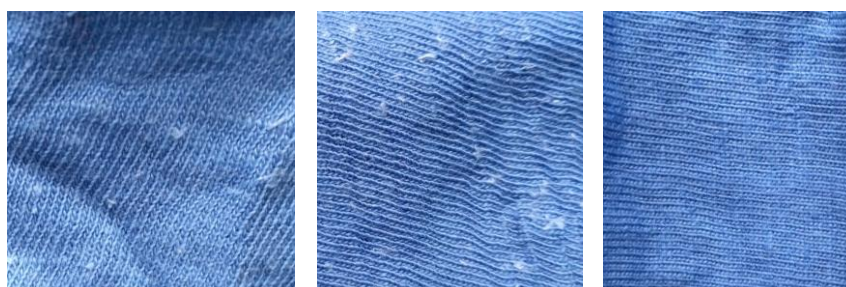
Com o branqueamento das malhas (figura 40) verifica-se uma diminuição do diâmetro das fibras, curauá e linho, em comparação com as malhas em crú.

Conclui-se que as malhas produzidas com fios com curauá na sua composição apresentam feixes de fibras com diâmetros superiores às fibras de linho o que confere um toque mais áspero. Torna-se ainda necessário diminuir o diâmetro dos feixes de fibras de curauá de forma a assemelhar às fibras linho.

As amostras de malha branqueada após tingimento são apresentadas na figuras 41, 42 e 43. Visualmente, as amostras contêm alguns pontos com cor menos intensa mas um desempenho satisfatório (assemelham-se ao linho).



**Figura 41.** Malha curauá 1, curauá otimizado e linho após tingimento com corante reativo vermelho.



**Figura 42.** Malha curauá 1, curauá otimizado e linho após tingimento com corante reativo azul.



**Figura 43.** Malha curauá 1, curauá otimizado e linho após tingimento com corante reativo amarelo.

As malhas produzidas com fios com curauá na sua composição apresentam cores com brilho intenso. A otimização do processo de algodonização provoca um incremento na força colorística das fibras de curauá. As fibras de linho apresentam força colorística inferior às fibras de curauá tratadas com a receita de algodonização otimizada (tabela 34).

**Tabela 34.** Resultados de força colorística das malhas.

	K/S			R%		
	vermelho	azul	amarelo	vermelho	azul	amarelo
<b>Malha CO/Curauá (90%/10%) processo 1</b>	71,57	65,48	56,30	1057,36	639,00	1416,82
<b>Malha CO/Curauá (90%/10%) processo 2</b>	93,95	97,21	89,51	1111,12	608,95	1425,68
<b>Malha CO/Linho (90%/10%)</b>	85,25	71,31	62,29	1046,88	629,56	1439,37

#### 4.7.4 Análise da influência da massa linear na produção dos protótipos

Na tabela 35 são apresentados os protótipos e as suas características, massa linear teórica e experimental, voltas/m teórica e experimental e as rotações por minuto (rpm).

**Tabela 35.** Características técnicas dos fios produzidos.

Protótipos (composição dos fios)	Tratamento	Teórica		Experimental		rpm
		Massa Linear	TPM (voltas/m)	Massa Linear	TPM (voltas/m)	
<b>A. 90%/10% Algodão/Curauá (Sem Trat. Enz.)</b>	Algodonização otimizado	16 Ne	620	14,85 Ne	602	6000
<b>B. 90%/10% Algodão/Curauá (Sem Trat. Enz.)</b>	Algodonização otimizado	20 Ne	650	18,55 Ne	619	6000
<b>C. 90%/10% Algodão/Linho</b>	Algodonização otimizado	16 Ne	620	15,86 Ne	627	6000
<b>D. 90%/10% Algodão/Linho</b>	Algodonização otimizado	20 Ne	650	19,10 Ne	670	6000
<b>E. 90%/10% Algodão/Curauá (Trat. Enz. 14)</b>	Enzimático: 15% pectinases/15% celulases - 120min + Algodonização otimizado	16 Ne	620	16,27 Ne	611	6000
<b>F. 90%/10% Algodão/Curauá (Trat. Enz.14)</b>	Enzimático 15%pectinases/ 15% celulases (120min) + Algodonização otimizado	20 Ne	650	19,25 Ne	643	6000
<b>G. 90%/10% Algodão/Curauá (Trat. Enz. 15)</b>	Enzimático 30% pectinases/30% celulases	16 Ne	620	15,85 Ne	634	6000
<b>H. 90%/10% Algodão/Curauá (Trat. Enz. 15)</b>	Enzimático 30% pectinases/30% celulases	20 Ne	650	20,09 Ne	659	6000



#### 4.7.4.1 Determinação da resistência à tração

Na tabela 36 são apresentados os valores obtidos para as propriedades de resistência mecânica dos fios A, B, C, D, E, F, G e H produzidos. Para a produção dos fios A e B foi utilizado curauá cujo tratamento de algodonização otimizado tem 5 mL.L<sup>-1</sup> de NaOH e 20 mL.L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Na produção dos fios E, F, G e H foram utilizadas fibras de curauá com tratamentos enzimáticos 14 (nos fios E e F) e 15 (nos fios G e H) e posterior tratamento de algodonização otimizado (5 mL.L<sup>-1</sup> de NaOH e 20 mL.L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

**Tabela 36.** Comparação das propriedades de resistência mecânica entre os fios A, B, C, D, E, F, G e H.

<b>Fio</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
<b>Tenacidade (cN/tex)</b>	13,07	11,18	12,61	12,65	13,22	14,51	12,33	12,89
<b>Resistência (N)</b>	4,83	3,30	4,66	3,73	4,88	4,28	4,55	3,81
<b>Alongamento (%)</b>	5,00	4,24	5,79	5,48	5,62	5,51	5,34	5,22

A introdução dos processos enzimáticos no tratamento das fibras de curauá resulta num aumento do valor da tenacidade obtido para os protótipos produzidos com estas fibras. No entanto, estas diferenças não são estatisticamente significativas conforme  $p \leq 0,05$ .

#### 4.7.4.2 Determinação das irregularidades (Uster) e imperfeições

A análise da qualidade dos fios, nomeadamente, pontos finos, pontos grossos, neps e pilosidades é apresentada na tabela 37.

**Tabela 37.** Uster obtido para os fios A, B, C, D, E, F, G e H.

<b>Fio</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
<b>Irregularidades (%)</b>	15,37	17,56	14,13	15,70	14,42	15,02	14,72	14,06
<b>-50% Pontos Finos</b>	0,00	240,00	120,00	140,00	40,0	15,0	55,0	25,0
<b>+50% Pontos Grossos</b>	640,00	1440	400,00	540,00	855,0	1155	1158	1315
<b>+200% Neps</b>	340,0	1100	520,00	440,00	770,0	1080	985	1165
<b>Pilosidades</b>	8,09	7,11	8,11	7,56	7,61	7,04	7,17	6,68

#### 4.7.4.3 Análise estatística da qualidade dos protótipos, em SPSS

Foi realizada uma análise estatística dos resultados obtidos nos ensaios de resistência mecânica e irregularidades dos protótipos produzidos utilizando o programa SPSS.

Os parâmetros avaliados são a massa linear, tenacidade, força máxima, alongamento, uster, pontos finos, pontos grossos, neps e pilosidades. Dos parâmetros avaliados apenas a massa linear e as imperfeições (pontos finos, pontos grossos e neps) apresentam diferenças estatisticamente significativas de acordo com  $p \leq 0,05$ .

Na tabela 38 é apresentada a análise estatística da massa linear dos fios.

**Tabela 38.** Análise estatística em SPSS, da massa linear dos protótipos.

Massa Linear								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		x		x	x	x	x	x
B	x		x	x	x	x	x	x
C		x		x		x		x
D	x	x	x		x		x	
E	x	x		x		x		x
F	x	x	x		x		x	
G	x	x		x		x		x
H	x	x	x		x		x	

Os fios A, C, E e G apresentam massa linear de 16 Ne e os fios B, D, F e H apresentam 20 Ne. No entanto, através da análise realizada verifica-se que a massa linear do fio A só não apresenta diferenças estatisticamente significativas de acordo com  $p \leq 0,05$  em relação ao fio C. O fio B apresenta diferenças estatisticamente significativas em relação a todos os fios. Os fios C, E e G tem massa linear de 16 Ne e não apresentam diferenças estatisticamente significativas conforme  $p \leq 0,05$ , entre si.

Os fios D, F e H, com massa linear 20 Ne, de igual modo não apresentam diferenças estatisticamente significativas.

Os resultados obtidos permitem concluir que a inserção de 10% de fibras de curauá na composição de fios não contribui estatisticamente para que haja diferenças significativas na massa linear dos mesmos de acordo com  $p \leq 0,05$ .

Na tabela 39 é apresentada a análise estatística dos pontos finos dos protótipos.

**Tabela 39.** Análise estatística, em SPSS, dos pontos finos presentes nos protótipos.

Pontos Finos								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		x	x	x				
B	x		x		x	x	x	x
C	x	x						
D	x					x		
E		x						
F		x		x				
G		x						
H		x						

Assim, verifica-se que os tratamentos enzimáticos realizados provocam uma diminuição na quantidade de pontos finos não apresentando diferenças estatisticamente significativas de acordo com  $p \leq 0,05$  entre o tipo de tratamento enzimático realizado. A massa linear dos fios, 16 Ne ou 20 Ne, não influencia significativamente a quantidade de pontos finos (tabela 39).

A tabela 40 apresenta a análise estatística dos pontos grossos presentes nos protótipos.

**Tabela 40.** Análise estatística, em SPSS, dos pontos grossos presentes nos protótipos.

Pontos grossos								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		x						x
B	x		x	x				
C		x				x	x	x
D		x						x
E								
F			x					
G			x					
H	x		x	x				

Relativamente à avaliação estatística dos resultados obtidos para os pontos grossos podemos verificar que o fio B: 90%/10% algodão/curauá (algodonização otimizada) 20Ne, apresenta valores de

pontos grossos superior em comparação com o fio de massa linear 16 Ne e os fios de mistura com linho, sendo estas diferenças estatisticamente significativas (tabela 43).

O fio H: 90%/10% algodão/curauá (30%/30% pectinases/celulases + algodonização otimizada) 20 Ne apresenta maior número de pontos grossos que os fios com mistura de linho e do que o 90%/10% algodão/curauá (algodonização otimizada) 16 Ne, não apresentando diferenças estatisticamente singnificativas quando comparado com os fios B, E, F e G.

Conclui-se que os fios que possuem tratamento enzimático não apresentam entre si diferenças estatisticamente significativas no que diz respeito ao valor de pontos grossos.

A análise estatística da presença de neps nos protótipos produzidos é apresentada na tabela 41.

**Tabela 41.** Análise estatística, em SPSS, dos neps presentes nos protótipos.

Neps								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		x				x	x	x
B	x		x	x				
C		x				x		x
D		x				x	x	x
E								
F	x		x	x				
G	x			x				
H	x		x	x				

Verifica-se que o fio mistura curauá (algodonização otimizada) 16 Ne apresenta inferior valor de neps em comparação com os fios que têm tratamento enzimático. O fio mistura curauá 20 Ne apresenta mais neps do que os fios de mistura com linho. Comparando os fios com tratamento enzimático e os fios de mistura algodão/linho (C e D), os fios com curauá tratado enzimaticamente e algodonizado com a receita otimizada apresentam mais quantidade de neps.

Conclui-se que em fios CO/curauá (algodonização otimizada) a massa linear influênci a o número de neps sendo que fios mais grossos (16 Ne) apresentam menos neps. Com a introdução dos processos enzimáticos no tratamento da fibra curauá há um aumento dos neps, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre si.

#### 4.7.4.4 Processo de branqueamento e tingimento por esgotamento com corantes reativos das malhas

Na tabela 42 é apresentada a tabela resumo dos resultados de grau de branco obtidos nas malhas branqueadas 90%/10% CO/Curauá (receita inicial), CO/Curauá (algodonização otimizada, CO/Linho, CO/Curauá com tratamento enzimático 14 (15%/15% pectinases/celulases - 120min + algodonização otimizada) e CO/Curauá com tratamento enzimático 15 (30%/30% pectinases/celulases - 60min + algodonização otimizada).

**Tabela 42.** Resultados obtidos para a medição do grau de branco das amostras de malha branqueada.

MALHA CO/CURAUÁ (90%/10%) SEM TRAT. ENZ	MALHA CO/LINHO (90%/10%)	MALHA CO/CURAUÁ (90%/10%) TRAT. ENZIMÁTICO 2X TEMPO	MALHA CO/CURAUÁ (90%/10%) TRAT. ENZ. 2X CONCENTRAÇÃO ENZIMAS	
<b>Grau de branco</b>	69,7	63,0	71,35	72,55

A introdução dos processos enzimáticos no tratamento da fibra de curauá provoca um aumento do grau de branco nas malhas branqueadas correspondentes. As malhas CO/Curauá -15%/15%

pectinases/celulases, 120min + algodonização otimizada e CO/Curauá - 30%/30% pectinases/celulases, 60min + algodonização otimizada apresentam graus de branco de 71,35 e 72,55 na escala de *Berger*, que são resultados muito satisfatórios, uma vez que o algodão branqueado apresenta valores entre 70 a 80.

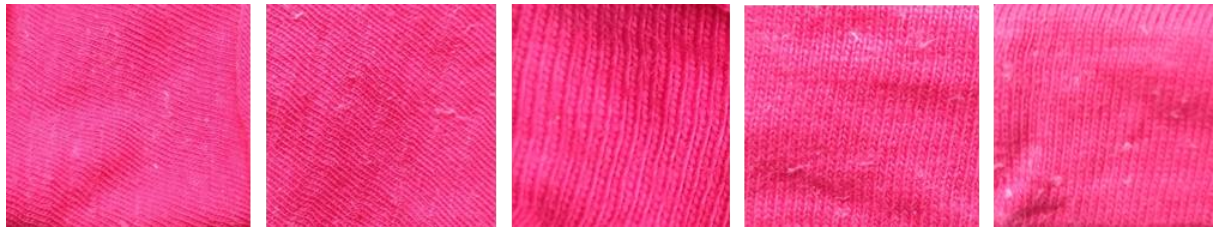
Como se sabe a otimização do processo de algodonização provocou um aumento da força colorística das fibras de curauá, alcançando valores superiores em comparação com as fibras algodonizadas pelo processo inicial e com as fibras de linho.

**Tabela 43.** Resultados de força colorística das malhas tingidas.

	K/S			R%		
	vermelho	azul	amarelo	vermelho	azul	amarelo
<b>Malha CO/Curauá (90%/10%) algodonização 1</b>	71,57	65,48	56,30	1057,36	639,00	1416,82
<b>Malha CO/Curauá (90%/10%) algodonização otimizado (sem trat. enzimático)</b>	93,95	97,21	89,51	1111,12	608,95	1425,68
<b>Malha CO/Linho (90%/10%)</b>	85,25	71,31	62,29	1046,88	629,56	1439,37
<b>Malha CO/Curauá (90%/10%) trat. Enzimático 14 (15%/15% pectinases/celulases, 120min + algodonização otimizada)</b>	72,20	65,20	68,09	1131,48	660,29	1407,27
<b>Malha co/curauá (90%/10%) trat. Enz. 15 (30%/30% pectinases/celulases, 60min + algodonização otimizada)</b>	68,25	65,05	70,23	1100,36	644,29	1367,47

A introdução dos processos enzimáticos no processo de tratamento prévio das fibras de curauá provoca uma diminuição da força colorística (tabela 43). A malha branqueada CO/Curauá (90%/10%) algodonização otimizada obtém valores de grau de branco inferiores pelo que a coloração mais amarelada presente na malha poderá influenciar os resultados de força colorística, obtendo valores mais elevados.

Contudo, quando tingidas as malhas apresentam cores brilhantes características do curauá (figura 44, 45 e 46).



**Figura 44.** Malha CO/Curauá 1, CO/Curauá algodonização otimizada, Linho, CO/Curauá (trat. enzimático 15%/15% pectinases/celulases, 120min + algodonização otimizada), CO/Curauá (trat. enzimático 30%/30% pectinases/celulases, 60min + algodonização otimizada), após tingimento com corante reativo vermelho.



**Figura 45.** Malha CO/Curauá 1, CO/Curauá algodonização otimizada, Linho, CO/Curauá (trat. enzimático 15%/15% pectinases/celulases, 120min + algodonização otimizada), CO/Curauá (trat. enzimático 30%/30% pectinases/celulases, 60min + algodonização otimizada), após tingimento com corante reativo azul.



**Figura 46.** Malha CO/Curauá 1, CO/Curauá algodonização otimizada, Linho, CO/Curauá (trat. enzimático 15%/15% pectinases/celulases, 120min + algodonização otimizada), CO/Curauá (trat. enzimático 30%/30% pectinases/celulases, 60min + algodonização otimizada), após tingimento com corante reativo amarelo.

## 5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

O trabalho desenvolvido teve como principal objetivo a determinação do adequado processamento químico/mecânico da fibra de curauá, fundamental para a tornar apta a ser utilizada no processo de fiação têxtil. Esta fibra torna-se interessante para o setor têxtil de vestuário para aplicação em vestuário como substituto/complemento às mais tradicionais fibras de origem vegetal (celulósicas) devido ao seu bom desempenho mecânico e térmico, por ser uma fibra de fácil plantação e cultivo e apresentar um baixo custo. A obtenção de uma fibra mais uniforme com características de comprimento, finura, flexibilidade, resistência mecânica e boas propriedades tintoriais é essencial para a introdução desta fibra no setor têxtil de vestuário.

Neste estudo investigou-se a possibilidade da utilização da fibra curauá na cadeia têxtil tendo por base os novos conhecimentos científicos sobre esta, as suas propriedades, bem como as possibilidades de transformação/alteração da sua estrutura com vista à fabricação de novos materiais (fios e malhas).

Numa primeira abordagem procurou-se selecionar o tratamento mais adequado às fibras de curauá. Realizaram-se ensaios experimentais de branqueamento convencional e algodonização/branqueamento. Estudaram-se os efeitos destes tratamentos na superfície da fibra e determinou-se o grau de branco. Para o efeito observaram-se 3 amostras de fibra de curauá (crú, branqueado pelo processo convencional e algodonizado/branqueado) ao microscópio eletrónico de varrimento. A fibra em crú é muito irregular pelo facto de não ter sofrido qualquer tratamento apresenta resíduos amorfos de lenhina e hemicelulose (Taipina, et al., 2012). As amostras tratadas apresentam superfície menos irregular, sendo que a amostra que apresenta maior uniformidade é a algodonizada/branqueada. Conclui-se que se obtém uma melhoria da uniformidade da superfície da fibra após os tratamentos, sendo o de algodonização/branqueamento o que apresenta melhores resultados tendo esta amostra obtido o grau de branco superior.

A investigação avançou no sentido da otimização do processo de algodonização e realizaram-se estudos em três equipamentos com características diferentes: ultrassom em que a cavitação é feita no banho maria, ultrassom em que a cavitação é realizada diretamente no banho e no equipamento *AHIBA* em que há agitação mecânica ao longo do processo.

O ultrassom em que a cavitação ocorre em banho maria incrementa a limpeza das fibras e o grau de separação dos feixes de fibras, pelo que é o equipamento selecionado para otimização do processo. Apesar de o grau de branco obtido em fibra não ser muito elevado, a fibra apresenta-se



adequada para os processos posteriores de branqueamento (em malha, por exemplo). De seguida procedeu-se à otimização da receita de algodonização que permitiu a diminuição da concentração de hidróxido de sódio - NaOH para 5 mL.L<sup>-1</sup>. A realização do estudo da perda de massa não fibrosa após o tratamento inicial e após tratamento otimizado permitiu concluir que ocorre menos desperdícios com o processo otimizado, cerca de 4% em vez de cerca de 12% no processo inicial.

Uma vez que o objetivo deste trabalho é preparar as fibras para o processo industrial de fiação foram avaliados os principais requisitos inerentes ao mesmo que são o comprimento da fibra, finura e flexibilidade. Nesse contexto foi estabelecida a comparação com as fibras de linho uma vez que estas fibras são utilizadas usualmente em processo industrial e apresentam características semelhantes ao curauá a nível da sua estrutura (feixes de fibras).

Verificou-se a partir das imagens obtidas por microscopia eletrónica de varrimento que após a otimização do tratamento de algodonização/branqueamento no equipamento de ultrassom em banho maria, nesta fase do trabalho, as fibras de curauá apresentaram um diâmetro muito superior às fibras de linho e o valor do módulo de rigidez à flexão é cerca de três vezes superior (0,0025 gf.cm<sup>2</sup>/cm - curauá otimizado; 0,0009 gf.cm<sup>2</sup>/cm - linho).

Estas características de finura e flexibilidade das fibras de curauá, não são adequadas ao processo industrial de fiação. Dado que as “fibras” de curauá estão agrupadas em feixes de fibras e apresentam uma goma, que permanece após algodonização e lavagens posteriores, o que dificulta o manuseamento das fibras e a separação dos feixes de fibras.

A introdução de processos enzimáticos com lipases, pectinases e celulases antes do tratamento de algodonização solucionou este problema.

A avaliação das propriedades de resistência à tração, análise por microscopia eletrónica de varrimento, determinação das propriedades de flexão e avaliação do grau de branco permitiu retirar as seguintes conclusões:

- i) Verificou-se que à medida que o tratamento é mais eficaz ocorre uma maior limpeza e separação dos feixes de fibras o que provoca uma diminuição na tenacidade, no entanto, essa diminuição não é considerada um fator negativo porque as fibras mantêm elevada resistência quando comparada com outras fibras, nomeadamente com o linho.
- ii) As fibras de curauá da amostra 9, cujo tratamento contém uma mistura enzimática: 15% pectinase + 15% celulase e posterior algodonização no ultrassom em banho maria, apresentam diâmetro de 87 a 118 µm. Nas amostras 14 e 15 ocorre a alteração do tempo de realização do processo enzimático para o dobro e ocorre a utilização do dobro de concentração das enzimas, respetivamente. As fibras da

amostra 14 têm diâmetro de 52 a 120  $\mu\text{m}$  e as da amostra 15 apresentam diâmetro entre 62 a 100  $\mu\text{m}$ , valores que se aproximam dos valores de diâmetro das fibras de linho, entre 48 a 63  $\mu\text{m}$ .

iii) As amostras 9, 14 e 15 apresentam módulo de rigidez à flexão de 0,0013  $\text{gf.cm}^2/\text{cm}$ , 0,0016  $\text{gf.cm}^2/\text{cm}$  e 0,0014  $\text{gf.cm}^2/\text{cm}$ , respectivamente. Estes valores aproximam-se do valor das fibras de linho 0,0009  $\text{gf.cm}^2/\text{cm}$ .

iv) Verifica-se que o aumento do tempo (amostra 14) e o aumento de concentração de enzimas para o dobro (amostra 15) incrementa o grau de branco obtido em comparação com a amostra 9. O aumento da concentração das enzimas possibilita melhores resultados de grau de branco.

Em suma, as amostras 14 e 15 apresentam características de resistência, flexibilidade, finura e brancura adequadas para a sua introdução no processo industrial de fiação.

A seleção entre as condições do processo da amostra 14 (aumento para o dobro do tempo de duração do processo enzimático, mantendo constantes as condições do processo iniciais) e da amostra 15 (aumento da concentração das enzimas para o dobro mantendo as condições de processo iniciais) deve ter em conta o custo do tempo da máquina e o custo das enzimas verificando-se no contexto industrial a fim de determinar qual o processo mais rentável.

O tratamento prévio das fibras de curauá tem por base duas fases. Numa primeira etapa o tratamento enzimático com pectinases e celulasas que poderá ser 15% s.p.f. das enzimas com duração de 120 min (seguindo as condições de pH, razão de banho e desativação das enzimas estabelecidas na tabela 13). Este processo provoca a remoção das pectinas de forma a promover a separação das fibras que constituem os feixes de fibras tornando-as mais acessíveis ao processo de algodonização que se realiza posteriormente. Numa segunda etapa decorre o processo de algodonização otimizado que garante a remoção dos componentes não celulósicos presentes nas fibras e diminuição do diâmetro dos feixes de fibras. A otimização deste processo teve como principal objetivo a seleção da receita que apresenta melhor resistência necessária ao processo de fiação de mistura com fibras celulósicas e que permite o branqueamento posterior.

De salientar que as fibras de curauá tratadas pelos processos enzimáticos e algodonização otimizados apresentam características de tenacidade, flexibilidade e finura semelhantes às fibras de linho e aumento do grau de branco.

A análise dos resultados obtidos para os protótipos de fios produzidos demonstra que não há diferenças estatisticamente significativas em relação à tenacidade (resistência mecânica), incluindo as misturas com linho. Os processos enzimáticos otimizados provocam uma diminuição estatisticamente significativa de acordo com  $p \leq 0,05$  nos pontos finos, no entanto há aumento de pontos grossos e neps.

Os protótipos com processos enzimáticos otimizados que apresentam menos dificuldades no processo de fiação são os de 20 Ne e as malhas produzidas por estes fios apresentam melhor toque.

O trabalho desenvolvido para implementação da fibra de curauá na indústria têxtil deixa em aberto algumas perspectivas para a realização de trabalhos futuros, tais como:

- Estudo do tratamento (enzimático e algodonização) de preparação da fibra ao processo de fiação à escala industrial de modo a tornar o processo reprodutível.
- Estudo do tingimento das fibras em diferentes substratos (malhas e tecidos) utilizando outros corantes com afinidade para fibras celulósicas.

## REFERÊNCIAS

- Akin, D. E., 2013. Linen Most Useful: Perspectives on Structure, Chemistry, and Enzymes for Retting Flax. *Hindawi Publishing Corporation ISRN Biotechnology*, pp. 1-23.
- Andrassy , M., Pezelj, E. & Šurina, R., 2013. *Improving the modification of technical flax fibres*, Zagreb, Croatia: University of Zagreb.
- Araujo , M. d. C. E. d. M., 1986. *Manual de Engenharia Têxtil. V.2*, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Araújo, M. & Castro, M., 1987. *Manual de Engenharia Têxtil*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Bilcati, G. K., Matoski, A., Trianoski, R. & Lengowski, E., 2018. *Potential use of curaua fiber (Ananas erectifolius) for cementitious production composite*. Brasil: Revista Ingeniería de Construcción.
- Braga, F. d. O., Bolzan , L. T., Lima, É. P. & Monteiro, S. N., 2017. Performance of natural curaua fiber-reinforced polyester composites under 7.62 mm bullet impact as a stand-alone ballistic armor. *Journal fo Materials Research and Technology*, September, 6(4), pp. 323-328.
- Foulk, J. A., Akin, D. E. & Dodd, R. B., 2001. Processing techniques for improving enzyme-retting of flax. *Industrial Crops and Products*, Issue 13, pp. 239- 248.
- Hoareau, W. et al., 2004. Polymer degradation and stability. *Sugar cane bagasse and curaua lignins oxidized by chlorine dioxide and reacted with furfuryl alcohol: characterization and stability*, 4 Jullho, pp. 567 - 576.
- Holbery, J. & Houston, D., 2006. *Natural-Fiber-Reinforced Polymer Composites in Automotive Applications*, Battelle Blvd., Richland, WA: Pacific Northwest National Laboratory.
- Lawal, A., Nkeonye, P. & Anandjiwala, R., 2011. Influence of spindle speed on yarn quality of flax/cotton blend. *The Open Textile Journal* , Issue 4, pp. 7-12.
- Madene, A., 2006. Flavour encapsulation and controlled release- a review international. *Journal of Food Science & Tecnology*, January, Volume 41, pp. 1-21.
- Marques, G., Gutiérrez , A. & Río, J. C. D., 2007. Chemical Characterization of Lignin and Lipophilic Fractions from Leaf Fibers of Curaua (Ananas erectifolius). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Issue 55, pp. 1327-1336.
- Maximov, V. V. M., 2008. *Method for processing flax fibre*. London, Patente Nº EP1637631-B1.
- Monteiro , S. N. et al., 2017. Promising Curaua Fiber-Reinforced Polyester Composite for High-Impact Ballistic Multilayered Armor. *Polymer Enginneering and Science*, pp. 948-954.
- Monteiro, S. N. et al., 2011. Natural Lignocellulosic Fibers as Engineering. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 15 July, Issue 42A, pp. 2965-2974.
- Morais , J. A. d., Gadioli, R. & Paoli, M. A. d., 2016. Curaua fiber reinforced high-density polyethylene composites: effect of impact modifier and fiber loading. *Polímeros*, Abril , 26(2), pp. 115-122.

- Neta, L. S. L., Costella, Â. M. d. S., Filho, J. d. A. M. & Giacon, V. M., 2015. Caracterização físico-química de fibras de curauá e sua aplicação em compósitos poliméricos. *Scientia Amazonia*, 24 Março, 4(1), pp. 21-27.
- Oliveira, F. R. et al., 2015. Tinctorial behavior of curaua and banana fibers and dyeing wastewater treatment by porous alumina membranes. *Desalination and Water Treatment*, 29 June, pp. 1-9.
- Pimenta, P. B. F., 2015. *Estudo da coloração de uma nova fibra natural de origem vegetal na indústria têxtil*, Guimarães: Universidade do Minho.
- Pimenta, P. et al., 2016. *New textile fibre: Curaua*. s.l., The 90th Textile Institute World Conference.
- Ryszard, K., Zdzislaw, C., Stanislaw, Z. & Jerzy, M., 2012. OE Cotton Yarns with a High Content of Enzyme-Modified Flax Fibers. *Journal of Natural Fibers*, pp. 137-149.
- Sampaio, S., Bishop, D. & Shen, J., 2005. Physical and chemical properties of flax fibres from stand-retted. *Industrial Crops and Products*, Issue 21, pp. 275-284.
- Sava, C. & Ichim, M., 2015. *Fibres & Textiles. Yarns and woven fabrics made from cotton and cottonised flax blends for upholstery applications*, 17 February, Volume 23.
- Silva, O. G., 2013. *Produção e caracterização de compósitos à base de fibra de curauá, amido termoplástico e polietileno, utilizando-se a termografia*, Belo Horizonte: Universidade do Estado de Minas Gerais.
- Sirghie, C. et al., 2014. *Retting procedure for bast plants such as: flax, hemp, jute, etc..* Timisoara, Patente Nº EP2703527-A1.
- Spinacé, M. A., Lambert, C. S., Feroselli, K. K. & Paoli, M. A. D., 2009. Characterization of lignocellulosic curaua fibres. *Carbohydrate Polymers*, Issue 77, pp. 47-53.
- Spinacé, M. A. S. et al., 2011. Poliolefinas Reforçadas com Fibras Vegetais Curtas:. *Polímeros*, 21(3), pp. 168-174.
- Svekan, A. & Kadoglu, H., 2012. An investigation on ring and open-end spinning of flax/cotton blends. 28 03, pp. 218-222.
- Taipina, M. d. O., Ferrarezi, M. M. d. C. & Gonçalves, M. d. C., 2012. Morphological evolution of curauá fibers under acid hydrolysis. *Cellulose*, 8 May, Issue 19, pp. 1199-1207.
- Tomczak, F., Satyanarayana, K. G. & Sydenstricker, T. H. D., 2007. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil: Parte III - Morphology and properties of Brazilian curauá fibers. *Science Direct*, 5 Junho, pp. 2227-2236.
- Vasconcelos, R. M. d. C. F., 1993. *Contribuição à aplicação de técnicas de inteligência artificial na tecnologia da fiação*, Guimarães: Universidade do Minho.
- Zah, R., Hischier, R., Leão, A. L. & Braun, I., 2007. Curauá fibers in the automobile industry - a sustainability assessment. *Journal Cleaner Production*, Issue 15, pp. 1032-1040.

## **ANEXOS**

## BIOLIPASA L

Lipasa líquida para la industria de la detergencia



### DESCRIPCIÓN

**BIOLIPASA L** es un enzima líquido estabilizado, con alta actividad lipolítica. Se obtiene a partir de una cepa **NO GMO** de *Aspergillus sp.* (CAS núm. 9001-62-1) y por sus características de estabilidad y resistencia al pH, resulta idónea para aplicaciones detergentes para el lavado en frío.

**BIOLIPASA L** hidroliza Triglicéridos a mono- y di glicéridos más fácilmente dispersables. Por tanto, el enzima complementa eficazmente la acción de los productos tensioactivos, especialmente a baja temperatura.

El producto ejerce un efecto positivo en las prendas de algodón, mezcla y sintéticos, en la eliminación de manchas grasas y la blancura de los tejidos

### ACTIVIDAD

El producto está disponible en dos concentraciones:

**BIOLIPASA L** con una actividad de 725 U/g

**BIOLIPASA 2XL** con una actividad de 1.450 U/g

El método de análisis está a disposición de los clientes.

## **CONDICIONES DE UTILIZACIÓN**

**BIOLIPASA L** tiene un nivel de actividad creciente desde pH 7 a pH 11, utilizándose hasta un máximo de 12. La temperatura óptima de utilización es de 50°C. Sin embargo, para tiempos de lavado de hasta 30 minutos, es ampliamente eficaz a temperaturas de 25-65°C.

La dosis de utilización típica en detergentes es del 0,2 al 0,6%.

## **ENVASES Y ALMACENAJE**

Garrafa de 25Kg y contenedores de 1000Kg.

La actividad nominal se mantiene más allá de 6 meses, en condiciones de envase cerrado y temperaturas medias de 25°C.

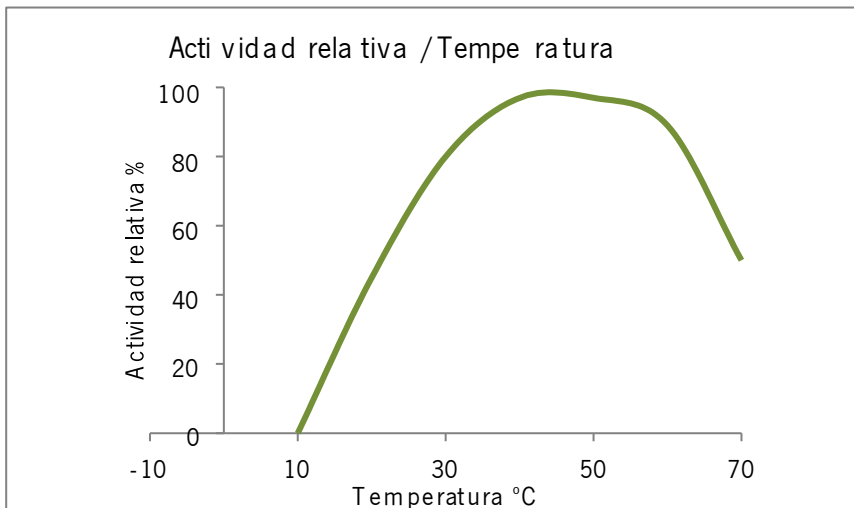
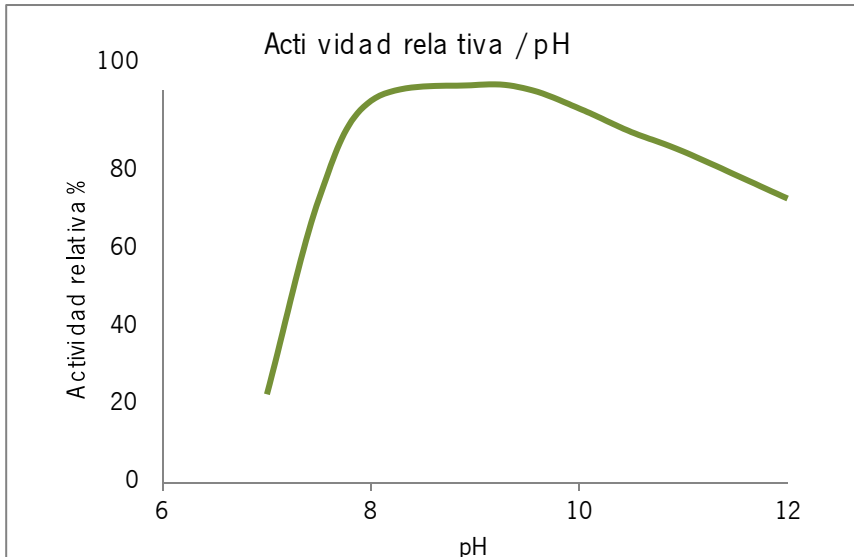
## **INFORMACIÓN DE SEGURIDAD**

**Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE)  
nº 1272/2008** Sensibilización respiratoria, categoría 1.

Leer la hoja de seguridad antes de utilizar el producto.



## Perfil de estabilidad de BIOLIPASA L



Versión 3. octubre 2017

---

## BIOPREP 3000L

### Informação Técnica

---

Enzima para realização do “bioscouring”

#### CARACTERÍSTICAS

---

<b>Constituição:</b>	Pectato liase
<b>Aspecto:</b>	Líquido castanho claro - escuro
<b>Densidade 25°C:</b>	1.10±0.05 g/cm <sup>3</sup>
<b>Atividade:</b>	3000 APSU-CA/g

#### PROPRIEDADES

---

O “scouring” tradicional envolve o uso de produtos químicos como a soda cáustica, que é agressiva para os tecidos, mas também para o meio ambiente. As desvantagens do “scouring” tradicional incluem o manuseio químico, enxaguamento excessivo, preocupações com efluentes e possíveis danos nas fibras.

Para contrariar isso, introduz-se o conceito de “bioscouring”, um processo enzimático que oferece um processo alternativo menos agressivo do que o “scouring” tradicional.

Bioprep 3000 L é uma pectinase alcalina especialmente desenvolvida para formuladores. Pectato liase degrada a pectina da parede celular primária do algodão sem degradar o algodão em si.

A pectina atua como cola entre o núcleo da fibra e as ceras, mas isso pode ser removido por um pectato liase alcalino, tornando as ceras residuais fáceis de erradicar com o subsequente enxague a quente.

## Vantagens

“Bioscouring” tem uma série de potenciais benefícios em relação ao “scouring” tradicional, incluindo:

Produto não agressivo

Tingimento melhorado

Inferior coeficiente de fricção do fio

Aumento do alongamento do fio para melhores eficiências na tecelagem

Sem degradação da celulose

Menor perda de peso

Amigo do ambiente

Seguro e fácil de usar

Menor quantidade de água necessária para enxaguar

---

Mod.055/AQ.1

---

Data: 16-11-2017 Revisão: 0 Página 2 de 3

---

## APLICAÇÃO

---

	Bioprep 3000 L Gama operacional	Gama ótima
<b><i>pH</i></b>	5.5-9.5	6-9
<b><i>Temperatura</i></b>	35-85°C	50-60°C
<b><i>Tempo</i></b>	Pad batch / Esgotamento:30-60 min	
<b><i>Razão de banho</i></b>	1:05 – 1:20	
<b><i>Quantidade</i></b>	Depende da diluição	

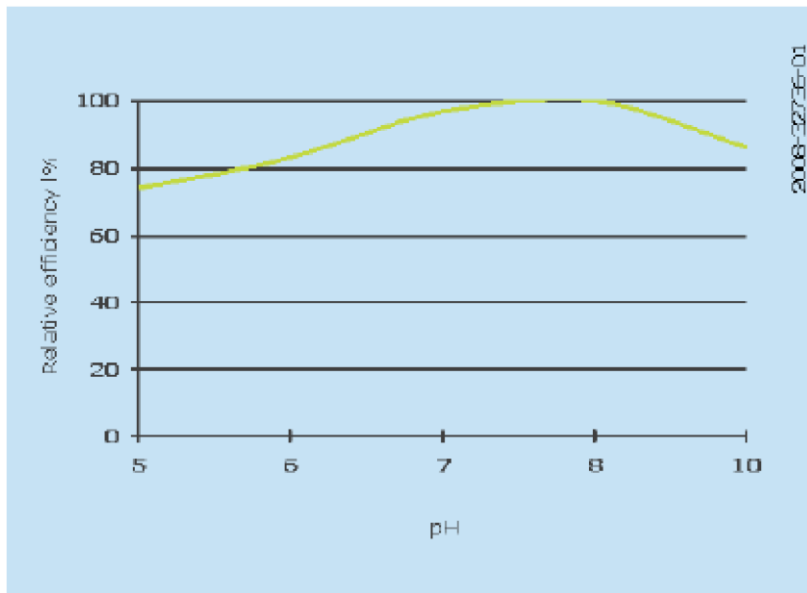


Fig 1 Perfil de pH da Bioprep 3000L

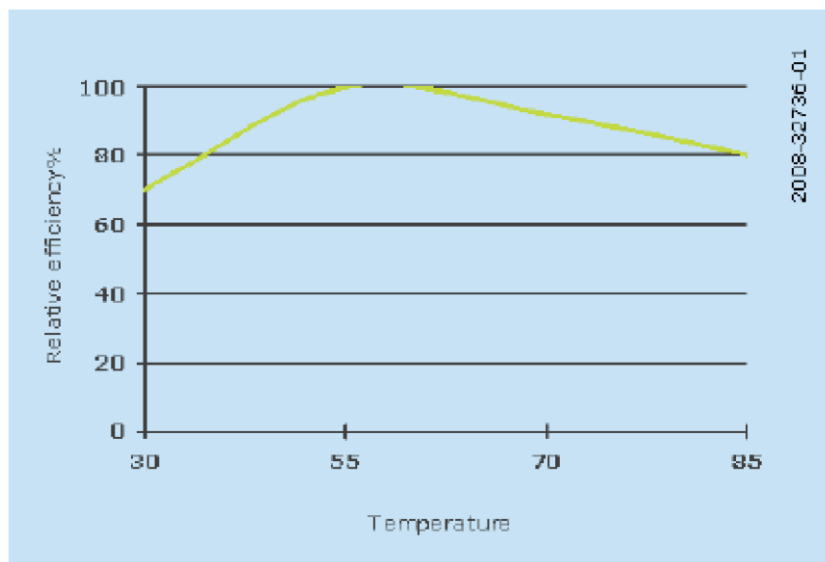


Fig.2 Perfil de temperatura do Bioprep 3000L

---

## SEGURANÇA

---

☐ Consultar Ficha de Segurança

A informação contida nesta literatura é baseada nos nossos conhecimentos actuais. Contudo não assumimos qualquer responsabilidade pelo uso do produto sem o mesmo ser testado previamente nas vossas instalações de trabalho antes do seu uso industrial.

AQUITEX ACABAMENTOS QUÍMICOS TÊXTEIS, SA

Rua Augusto Simões, 1042

4425-626 Pedrouços

Tel: 351229069300

Fax: 351229069309

Email:dep.comercial@aquitex.pt

[www.aquitex.pt](http://www.aquitex.pt)





AQUITEX

ACABAMENTOS QUÍMICOS TÊXTEIS, S.A.

## MAZYME NBT

### Informação Técnica

Celulase líquida de alto desempenho a pH neutro e baixa temperatura.

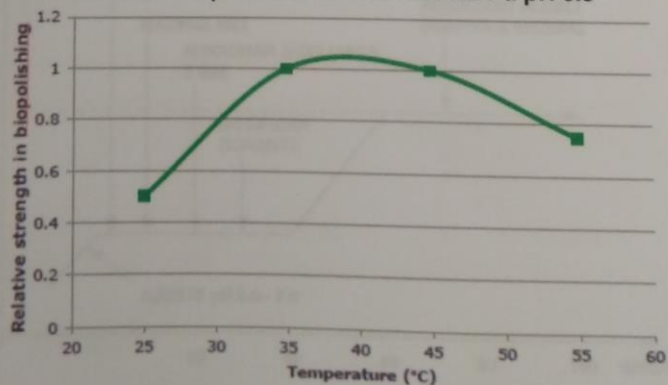
### CARACTERISTICAS

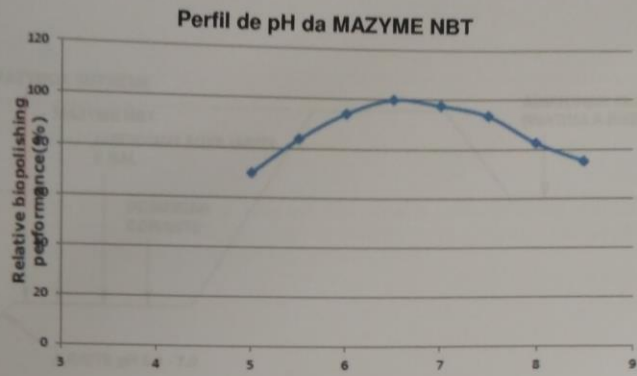
<b>Aspecto:</b>	• Líquido amarelado
<b>pH (10 g/l)</b>	• Aprox. 5.5
<b>Densidade a 20°C:</b>	• Aprox. 1.00
<b>Concentração:</b>	• 4875 CNU-LTC/g

### PROPRIEDADES

- MAZYME NBT é recomendada para o tratamento anti-pilling de artigos celulósicos. A enzima devido à sua performance hidrolisa de uma forma controlada as fibras celulósicas de forma a modificar a superfície do tecido.
- MAZYME NBT apresenta os seguintes benefícios:
  - Redução da energia e consumo de água;
  - Pode ser combinada com o tingimento;
  - Não provoca alteração de cor e reduz o manchamento;
  - Não afeta o grau de branco;
  - Resistente a uma ampla gama de temperatura e pH;
  - Melhora a durabilidade dos artigos tratados.

Perfil de temperatura da MAZYME NBT a pH 6.5





### APLICAÇÃO

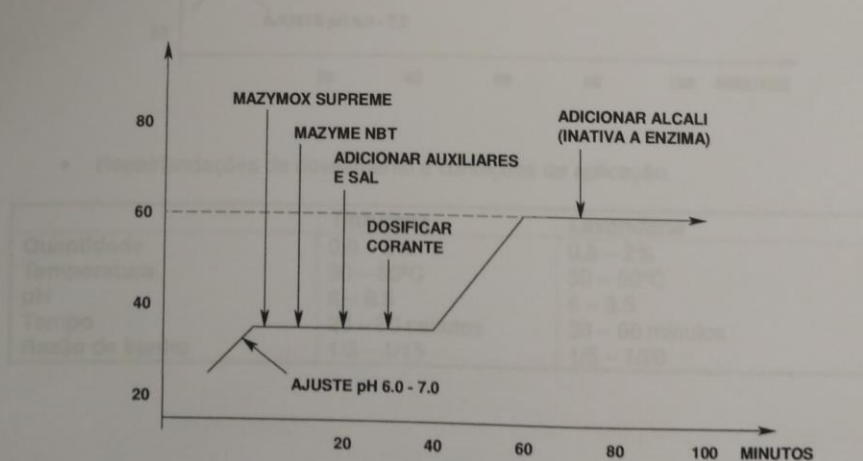
O processo biopolishing garante que fibras soltas sobre o tecido sejam desalojadas. Durante o tratamento com MAZYME NBT é importante que haja uma elevação acção mecânica para permitir a eliminação das fibras do artigo tratado.

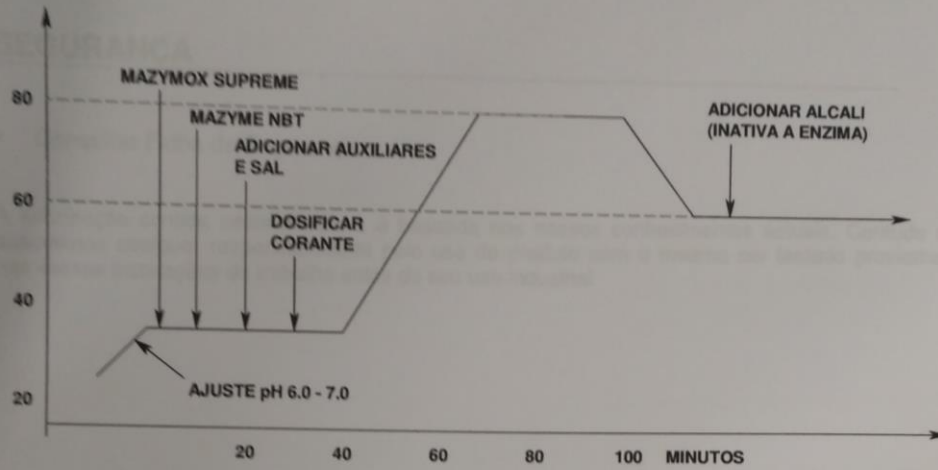
Aplicação	Tipo de artigos		
	Malhas	Peça confeccionada	Denim
Biopolishing	++	++	++
Abrasão Denim	NR	NR	+

NR = Não recomendado / + = Recomendado / ++ = Muito recomendado

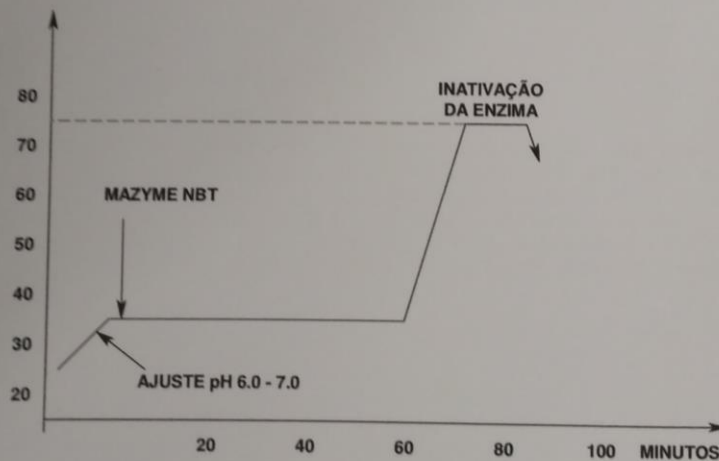
A MAZYME NBT pode ser aplicada em diferentes condições de tingimento, incluindo tingimento e biopolishing combinado.

- O processo de tingimento e biopolishing combinado começa a 35°C, para métodos isotérmicos e de migração.





- Biopolishing antes e depois do tingimento ou em peça confeccionada



- Recomendações de doseamento e condições de aplicação.

	<i>Tinturaria</i>	<i>Lavanderia</i>
Quantidade	0.8 – 2%	0.8 – 2%
Temperatura	30 – 50°C	30 – 50°C
pH	6 – 8.5	6 – 8.5
Tempo	20 – 60 minutos	30 – 60 minutos
Razão de banho	1/5 – 1/15	1/5 – 1/20



Your license will expire in 3 days.

```
Warning # 853 in column 23. Text: pt_PT
The LOCALE subcommand of the SET command specifies a locale
for which collation and translation are not available.
NEW FILE.
DATASET NAME DataSet1 WINDOW=FRONT.

SAVE OUTFILE='/Users/rosa/Patricia.sav'
/COMPRESSED.
ONEWAY Massalinear tenacidade forçamaxima alo0ngamento uster
pontosfinos pontosgrossos neps
pilosidades BY Fio
/MISSING ANALYSIS
/POSTHOC=SCHEFFE ALPHA(0.05).
```

## Oneway

Notes		
Output Created		28-OCT-2019 17:50:46
Comments		
Input	Data	/Users/rosa/Patricia.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on cases with no missing data for any variable in the analysis.

Syntax	ONEWAY Massalinear tenacidade forçamaxima aloOngamento uster pontosfinos pontosgrossos neps pilosidades BY Fio /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=SCHEFFE ALPHA(0.05).	
Resources	Processor Time	00:00:00,14
	Elapsed Time	00:00:00,00

[DataSet1] /Users/rosa/Patricia.sav

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Massalinear	Between Groups	121,510	7	17,359	203,707	,000
	Within Groups	2,045	24	,085		
	Total	123,555	31			
tenacidade	Between Groups	24,940	7	3,563	,415	,884
	Within Groups	206,200	24	8,592		
	Total	231,140	31			
forçamaxima	Between Groups	9,450	7	1,350	1,532	,204
	Within Groups	21,154	24	,881		
	Total	30,604	31			
aloOngamento	Between Groups	6,490	7	,927	,848	,560
	Within Groups	26,246	24	1,094		
	Total	32,736	31			
uster	Between Groups	36,049	7	5,150	,761	,625
	Within Groups	162,422	24	6,768		
	Total	198,471	31			
pontosfinos	Between Groups	190706,619	7	27243,803	27,764	,000
	Within Groups	23550,069	24	981,253		
	Total	214256,688	31			
pontosgrossos	Between Groups	4114542,000	7	587791,714	19,297	,000
	Within Groups	731043,500	24	30460,146		
	Total	4845585,500	31			
neps	Between Groups	3032810,697	7	433258,671	20,599	,000
	Within Groups	504793,750	24	21033,073		

	Total	3537604,447	31			
pilosidades	Between Groups	8,172	7	1,167	1,110	,389
	Within Groups	25,241	24	1,052		
	Total	33,413	31			

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

Scheffe

Dependent Variable	(I) Fio	(J) Fio	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Massalinear	CO_CURAUÁ_A LG_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	-3,68750*	,20641	,000	-4,5375	-2,8375
		CO_FLAX_16	-1,05000*	,20641	,008	-1,9000	-,2000
		CO_FLAX_20	-4,87250*	,20641	,000	-5,7225	-4,0225
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	-1,47750*	,20641	,000	-2,3275	-,6275
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	-4,94750*	,20641	,000	-5,7975	-4,0975
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	-1,08500*	,20641	,005	-1,9350	-,2350
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	-5,05750*	,20641	,000	-5,9075	-4,2075
	CO_CURAUÁ_A LG_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	3,68750*	,20641	,000	2,8375	4,5375
		CO_FLAX_16	2,63750*	,20641	,000	1,7875	3,4875
		CO_FLAX_20	-1,18500*	,20641	,002	-2,0350	-,3350
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	2,21000*	,20641	,000	1,3600	3,0600
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	-1,26000*	,20641	,001	-2,1100	-,4100
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	2,60250*	,20641	,000	1,7525	3,4525
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	-1,37000*	,20641	,000	-2,2200	-,5200

CO_FLAX_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,05000*	,20641	,008	,2000	1,9000
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-2,63750*	,20641	,000	-3,4875	-1,7875
	CO_FLAX_20	-3,82250*	,20641	,000	-4,6725	-2,9725
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-,42750	,20641	,740	-1,2775	,4225
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-3,89750*	,20641	,000	-4,7475	-3,0475
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-,03500	,20641	1,000	-,8850	,8150
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-4,00750*	,20641	,000	-4,8575	-3,1575
CO_FLAX_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	4,87250*	,20641	,000	4,0225	5,7225
	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,18500*	,20641	,002	,3350	2,0350
	CO_FLAX_16	3,82250*	,20641	,000	2,9725	4,6725
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	3,39500*	,20641	,000	2,5450	4,2450
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-,07500	,20641	1,000	-,9250	,7750
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	3,78750*	,20641	,000	2,9375	4,6375
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-,18500	,20641	,997	-1,0350	,6650
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,47750*	,20641	,000	,6275	2,3275
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-2,21000*	,20641	,000	-3,0600	-1,3600
	CO_FLAX_16	,42750	,20641	,740	-,4225	1,2775
	CO_FLAX_20	-3,39500*	,20641	,000	-4,2450	-2,5450
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-3,47000*	,20641	,000	-4,3200	-2,6200
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	,39250	,20641	,813	-,4575	1,2425
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-3,58000*	,20641	,000	-4,4300	-2,7300
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	4,94750*	,20641	,000	4,0975	5,7975
	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,26000*	,20641	,001	,4100	2,1100
	CO_FLAX_16	3,89750*	,20641	,000	3,0475	4,7475
	CO_FLAX_20	,07500	,20641	1,000	-,7750	,9250

		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	3,47000*	,20641	,000	2,6200	4,3200
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	3,86250*	,20641	,000	3,0125	4,7125
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	-,11000	,20641	1,000	-,9600	,7400
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	1,08500*	,20641	,005	,2350	1,9350
		CO_CURAUÁ_A LG_16	-2,60250*	,20641	,000	-3,4525	-1,7525
		CO_FLAX_16	,03500	,20641	1,000	-,8150	,8850
		CO_FLAX_20	-3,78750*	,20641	,000	-4,6375	-2,9375
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	-,39250	,20641	,813	-1,2425	,4575
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	-3,86250*	,20641	,000	-4,7125	-3,0125
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	-3,97250*	,20641	,000	-4,8225	-3,1225
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	CO_CURAUÁ_A LG_16	5,05750*	,20641	,000	4,2075	5,9075
		CO_CURAUÁ_A LG_16	1,37000*	,20641	,000	,5200	2,2200
		CO_FLAX_16	4,00750*	,20641	,000	3,1575	4,8575
		CO_FLAX_20	,18500	,20641	,997	-,6650	1,0350
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	3,58000*	,20641	,000	2,7300	4,4300
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	,11000	,20641	1,000	-,7400	,9600
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	3,97250*	,20641	,000	3,1225	4,8225
tenacidade	CO_CURAUÁ_A LG_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	1,94500	2,07264	,996	-6,5902	10,4802
		CO_FLAX_16	,43500	2,07264	1,000	-8,1002	8,9702
		CO_FLAX_20	,50250	2,07264	1,000	-8,0327	9,0377
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	,15250	2,07264	1,000	-8,3827	8,6877
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	-1,47000	2,07264	,999	-10,0052	7,0652
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	,77250	2,07264	1,000	-7,7627	9,3077
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	,22750	2,07264	1,000	-8,3077	8,7627
	CO_CURAUÁ_A LG_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	-1,94500	2,07264	,996	-10,4802	6,5902

	CO_FLAX_16	-1,51000	2,07264	,999	-10,0452	7,0252
	CO_FLAX_20	-1,44250	2,07264	,999	-9,9777	7,0927
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-1,79250	2,07264	,997	-10,3277	6,7427
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-3,41500	2,07264	,900	-11,9502	5,1202
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-1,17250	2,07264	1,000	-9,7077	7,3627
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-1,71750	2,07264	,998	-10,2527	6,8177
CO_FLAX_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,43500	2,07264	1,000	-8,9702	8,1002
	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,51000	2,07264	,999	-7,0252	10,0452
	CO_FLAX_20	,06750	2,07264	1,000	-8,4677	8,6027
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-,28250	2,07264	1,000	-8,8177	8,2527
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-1,90500	2,07264	,996	-10,4402	6,6302
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	,33750	2,07264	1,000	-8,1977	8,8727
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-,20750	2,07264	1,000	-8,7427	8,3277
CO_FLAX_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,50250	2,07264	1,000	-9,0377	8,0327
	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,44250	2,07264	,999	-7,0927	9,9777
	CO_FLAX_16	-,06750	2,07264	1,000	-8,6027	8,4677
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-,35000	2,07264	1,000	-8,8852	8,1852
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-1,97250	2,07264	,995	-10,5077	6,5627
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	,27000	2,07264	1,000	-8,2652	8,8052
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-,27500	2,07264	1,000	-8,8102	8,2602
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,15250	2,07264	1,000	-8,6877	8,3827
	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,79250	2,07264	,997	-6,7427	10,3277
	CO_FLAX_16	,28250	2,07264	1,000	-8,2527	8,8177
	CO_FLAX_20	,35000	2,07264	1,000	-8,1852	8,8852
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-1,62250	2,07264	,999	-10,1577	6,9127

	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	,62000	2,07264	1,000	-7,9152	9,1552
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	,07500	2,07264	1,000	-8,4602	8,6102
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,47000	2,07264	,999	-7,0652	10,0052
	CO_CURAUÁ_ALG _16	3,41500	2,07264	,900	-5,1202	11,9502
	CO_FLAX_16	1,90500	2,07264	,996	-6,6302	10,4402
	CO_FLAX_20	1,97250	2,07264	,995	-6,5627	10,5077
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	1,62250	2,07264	,999	-6,9127	10,1577
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	2,24250	2,07264	,990	-6,2927	10,7777
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	1,69750	2,07264	,998	-6,8377	10,2327
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,77250	2,07264	1,000	-9,3077	7,7627
	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,17250	2,07264	1,000	-7,3627	9,7077
	CO_FLAX_16	-,33750	2,07264	1,000	-8,8727	8,1977
	CO_FLAX_20	-,27000	2,07264	1,000	-8,8052	8,2652
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-,62000	2,07264	1,000	-9,1552	7,9152
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-2,24250	2,07264	,990	-10,7777	6,2927
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-,54500	2,07264	1,000	-9,0802	7,9902
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,22750	2,07264	1,000	-8,7627	8,3077
	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,71750	2,07264	,998	-6,8177	10,2527
	CO_FLAX_16	,20750	2,07264	1,000	-8,3277	8,7427
	CO_FLAX_20	,27500	2,07264	1,000	-8,2602	8,8102
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-,07500	2,07264	1,000	-8,6102	8,4602
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-1,69750	2,07264	,998	-10,2327	6,8377
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	,54500	2,07264	1,000	-7,9902	9,0802
CO_CURAUÁ_ALG _16	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,54750	,66386	,613	-1,1863	4,2813
	CO_FLAX_16	,18250	,66386	1,000	-2,5513	2,9163
	CO_FLAX_20	1,12500	,66386	,886	-1,6088	3,8588

	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	,06250	,66386	1,000	-2,6713	2,7963
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	,61500	,66386	,996	-2,1188	3,3488
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	,29500	,66386	1,000	-2,4388	3,0288
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	1,12500	,66386	,886	-1,6088	3,8588
CO_CURAUÁ_ALG _16	CO_CURAUÁ_ALG _16	-1,54750	,66386	,613	-4,2813	1,1863
	CO_FLAX_16	-1,36500	,66386	,747	-4,0988	1,3688
	CO_FLAX_20	-,42250	,66386	1,000	-3,1563	2,3113
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-1,48500	,66386	,660	-4,2188	1,2488
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-,93250	,66386	,955	-3,6663	1,8013
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-1,25250	,66386	,819	-3,9863	1,4813
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-,42250	,66386	1,000	-3,1563	2,3113
CO_FLAX_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,18250	,66386	1,000	-2,9163	2,5513
	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,36500	,66386	,747	-1,3688	4,0988
	CO_FLAX_20	,94250	,66386	,952	-1,7913	3,6763
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-,12000	,66386	1,000	-2,8538	2,6138
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	,43250	,66386	1,000	-2,3013	3,1663
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	,11250	,66386	1,000	-2,6213	2,8463
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	,94250	,66386	,952	-1,7913	3,6763
CO_FLAX_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	-1,12500	,66386	,886	-3,8588	1,6088
	CO_CURAUÁ_ALG _16	,42250	,66386	1,000	-2,3113	3,1563
	CO_FLAX_16	-,94250	,66386	,952	-3,6763	1,7913
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-1,06250	,66386	,913	-3,7963	1,6713
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-,51000	,66386	,999	-3,2438	2,2238
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-,83000	,66386	,976	-3,5638	1,9038



	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	,00000	,66386	1,000	-2,7338	2,7338
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,06250	,66386	1,000	-2,7963	2,6713
	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,48500	,66386	,660	-1,2488	4,2188
	CO_FLAX_16	,12000	,66386	1,000	-2,6138	2,8538
	CO_FLAX_20	1,06250	,66386	,913	-1,6713	3,7963
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	,55250	,66386	,998	-2,1813	3,2863
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	,23250	,66386	1,000	-2,5013	2,9663
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	1,06250	,66386	,913	-1,6713	3,7963
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,61500	,66386	,996	-3,3488
CO_CURAUÁ_ALG _16		,93250	,66386	,955	-1,8013	3,6663
CO_FLAX_16		-,43250	,66386	1,000	-3,1663	2,3013
CO_FLAX_20		,51000	,66386	,999	-2,2238	3,2438
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16		-,55250	,66386	,998	-3,2863	2,1813
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16		-,32000	,66386	1,000	-3,0538	2,4138
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20		,51000	,66386	,999	-2,2238	3,2438
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16		CO_CURAUÁ_ALG _16	-,29500	,66386	1,000	-3,0288
	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,25250	,66386	,819	-1,4813	3,9863
	CO_FLAX_16	-,11250	,66386	1,000	-2,8463	2,6213
	CO_FLAX_20	,83000	,66386	,976	-1,9038	3,5638
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-,23250	,66386	1,000	-2,9663	2,5013
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	,32000	,66386	1,000	-2,4138	3,0538
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	,83000	,66386	,976	-1,9038	3,5638
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	-1,12500	,66386	,886	-3,8588
CO_CURAUÁ_ALG _16		,42250	,66386	1,000	-2,3113	3,1563
CO_FLAX_16		-,94250	,66386	,952	-3,6763	1,7913
CO_FLAX_20		,00000	,66386	1,000	-2,7338	2,7338

		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	-1,06250	,66386	,913	-3,7963	1,6713
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	-,51000	,66386	,999	-3,2438	2,2238
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	-,83000	,66386	,976	-3,5638	1,9038
aloOngamento	CO_CURAUÁ_A LG_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	,77750	,73946	,991	-2,2676	3,8226
		CO_FLAX_16	-,82000	,73946	,988	-3,8651	2,2251
		CO_FLAX_20	-,40750	,73946	1,000	-3,4526	2,6376
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	-,54750	,73946	,999	-3,5926	2,4976
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	-,48250	,73946	1,000	-3,5276	2,5626
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	-,35000	,73946	1,000	-3,3951	2,6951
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	-,20500	,73946	1,000	-3,2501	2,8401
	CO_CURAUÁ_A LG_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	-,77750	,73946	,991	-3,8226	2,2676
		CO_FLAX_16	-1,59750	,73946	,698	-4,6426	1,4476
		CO_FLAX_20	-1,18500	,73946	,913	-4,2301	1,8601
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	-1,32500	,73946	,854	-4,3701	1,7201
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	-1,26000	,73946	,884	-4,3051	1,7851
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	-1,12750	,73946	,931	-4,1726	1,9176
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	-,98250	,73946	,966	-4,0276	2,0626
	CO_FLAX_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	,82000	,73946	,988	-2,2251	3,8651
		CO_CURAUÁ_A LG_16	1,59750	,73946	,698	-1,4476	4,6426
		CO_FLAX_20	,41250	,73946	1,000	-2,6326	3,4576
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	,27250	,73946	1,000	-2,7726	3,3176
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	,33750	,73946	1,000	-2,7076	3,3826
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	,47000	,73946	1,000	-2,5751	3,5151
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	,61500	,73946	,998	-2,4301	3,6601

CO_FLAX_20	CO_CURAUÁ_ALG_16	,40750	,73946	1,000	-2,6376	3,4526
	CO_CURAUÁ_ALG_16	1,18500	,73946	,913	-1,8601	4,2301
	CO_FLAX_16	-,41250	,73946	1,000	-3,4576	2,6326
	CO_CURAUÁ_ALG_ENZ1_16	-,14000	,73946	1,000	-3,1851	2,9051
	CO_CURAUÁ_ALG_ENZ1_20	-,07500	,73946	1,000	-3,1201	2,9701
	CO_CURAUÁ_ALG_ENZ2_16	,05750	,73946	1,000	-2,9876	3,1026
	CO_CURAUÁ_ALG_ENZ2_20	,20250	,73946	1,000	-2,8426	3,2476
CO_CURAUÁ_ALG_ENZ1_16	CO_CURAUÁ_ALG_16	,54750	,73946	,999	-2,4976	3,5926
	CO_CURAUÁ_ALG_16	1,32500	,73946	,854	-1,7201	4,3701
	CO_FLAX_16	-,27250	,73946	1,000	-3,3176	2,7726
	CO_FLAX_20	,14000	,73946	1,000	-2,9051	3,1851
	CO_CURAUÁ_ALG_ENZ1_20	,06500	,73946	1,000	-2,9801	3,1101
	CO_CURAUÁ_ALG_ENZ2_16	,19750	,73946	1,000	-2,8476	3,2426
	CO_CURAUÁ_ALG_ENZ2_20	,34250	,73946	1,000	-2,7026	3,3876
CO_CURAUÁ_ALG_ENZ1_20	CO_CURAUÁ_ALG_16	,48250	,73946	1,000	-2,5626	3,5276
	CO_CURAUÁ_ALG_16	1,26000	,73946	,884	-1,7851	4,3051
	CO_FLAX_16	-,33750	,73946	1,000	-3,3826	2,7076
	CO_FLAX_20	,07500	,73946	1,000	-2,9701	3,1201
	CO_CURAUÁ_ALG_ENZ1_16	-,06500	,73946	1,000	-3,1101	2,9801
	CO_CURAUÁ_ALG_ENZ2_16	,13250	,73946	1,000	-2,9126	3,1776
	CO_CURAUÁ_ALG_ENZ2_20	,27750	,73946	1,000	-2,7676	3,3226
CO_CURAUÁ_ALG_ENZ2_16	CO_CURAUÁ_ALG_16	,35000	,73946	1,000	-2,6951	3,3951
	CO_CURAUÁ_ALG_16	1,12750	,73946	,931	-1,9176	4,1726
	CO_FLAX_16	-,47000	,73946	1,000	-3,5151	2,5751
	CO_FLAX_20	-,05750	,73946	1,000	-3,1026	2,9876

		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	-1,9750	,73946	1,000	-3,2426	2,8476
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	-1,3250	,73946	1,000	-3,1776	2,9126
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	,14500	,73946	1,000	-2,9001	3,1901
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	CO_CURAUÁ_A LG_16	,20500	,73946	1,000	-2,8401	3,2501
		CO_CURAUÁ_A LG_16	,98250	,73946	,966	-2,0626	4,0276
		CO_FLAX_16	-6,1500	,73946	,998	-3,6601	2,4301
		CO_FLAX_20	-2,0250	,73946	1,000	-3,2476	2,8426
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	-3,34250	,73946	1,000	-3,3876	2,7026
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	-2,7750	,73946	1,000	-3,3226	2,7676
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	-1,4500	,73946	1,000	-3,1901	2,9001
uster	CO_CURAUÁ_A LG_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	-2,17500	1,83951	,982	-9,7502	5,4002
		CO_FLAX_16	1,14250	1,83951	1,000	-6,4327	8,7177
		CO_FLAX_20	-4,4000	1,83951	1,000	-8,0152	7,1352
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	,95000	1,83951	1,000	-6,6252	8,5252
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	,36250	1,83951	1,000	-7,2127	7,9377
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	,65500	1,83951	1,000	-6,9202	8,2302
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	1,31500	1,83951	,999	-6,2602	8,8902
	CO_CURAUÁ_A LG_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	2,17500	1,83951	,982	-5,4002	9,7502
		CO_FLAX_16	3,31750	1,83951	,850	-4,2577	10,8927
		CO_FLAX_20	1,73500	1,83951	,995	-5,8402	9,3102
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	3,12500	1,83951	,885	-4,4502	10,7002
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	2,53750	1,83951	,959	-5,0377	10,1127
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	2,83000	1,83951	,928	-4,7452	10,4052
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	3,49000	1,83951	,815	-4,0852	11,0652
	CO_FLAX_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	-1,14250	1,83951	1,000	-8,7177	6,4327

	CO_CURAUÁ_ALG _16	-3,31750	1,83951	,850	-10,8927	4,2577
	CO_FLAX_20	-1,58250	1,83951	,997	-9,1577	5,9927
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-,19250	1,83951	1,000	-7,7677	7,3827
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-,78000	1,83951	1,000	-8,3552	6,7952
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-,48750	1,83951	1,000	-8,0627	7,0877
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	,17250	1,83951	1,000	-7,4027	7,7477
CO_FLAX_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	,44000	1,83951	1,000	-7,1352	8,0152
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-1,73500	1,83951	,995	-9,3102	5,8402
	CO_FLAX_16	1,58250	1,83951	,997	-5,9927	9,1577
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	1,39000	1,83951	,999	-6,1852	8,9652
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	,80250	1,83951	1,000	-6,7727	8,3777
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	1,09500	1,83951	1,000	-6,4802	8,6702
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	1,75500	1,83951	,995	-5,8202	9,3302
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,95000	1,83951	1,000	-8,5252	6,6252
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-3,12500	1,83951	,885	-10,7002	4,4502
	CO_FLAX_16	,19250	1,83951	1,000	-7,3827	7,7677
	CO_FLAX_20	-1,39000	1,83951	,999	-8,9652	6,1852
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-,58750	1,83951	1,000	-8,1627	6,9877
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-,29500	1,83951	1,000	-7,8702	7,2802
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	,36500	1,83951	1,000	-7,2102	7,9402
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,36250	1,83951	1,000	-7,9377	7,2127
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-2,53750	1,83951	,959	-10,1127	5,0377
	CO_FLAX_16	,78000	1,83951	1,000	-6,7952	8,3552
	CO_FLAX_20	-,80250	1,83951	1,000	-8,3777	6,7727
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	,58750	1,83951	1,000	-6,9877	8,1627

		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	,29250	1,83951	1,000	-7,2827	7,8677
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	,95250	1,83951	1,000	-6,6227	8,5277
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	-,65500	1,83951	1,000	-8,2302	6,9202
		CO_CURAUÁ_A LG_16	-2,83000	1,83951	,928	-10,4052	4,7452
		CO_FLAX_16	,48750	1,83951	1,000	-7,0877	8,0627
		CO_FLAX_20	-1,09500	1,83951	1,000	-8,6702	6,4802
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	,29500	1,83951	1,000	-7,2802	7,8702
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	-,29250	1,83951	1,000	-7,8677	7,2827
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	,66000	1,83951	1,000	-6,9152	8,2352
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	CO_CURAUÁ_A LG_16	-1,31500	1,83951	,999	-8,8902	6,2602
		CO_CURAUÁ_A LG_16	-3,49000	1,83951	,815	-11,0652	4,0852
		CO_FLAX_16	-,17250	1,83951	1,000	-7,7477	7,4027
		CO_FLAX_20	-1,75500	1,83951	,995	-9,3302	5,8202
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	-,36500	1,83951	1,000	-7,9402	7,2102
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	-,95250	1,83951	1,000	-8,5277	6,6227
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	-,66000	1,83951	1,000	-8,2352	6,9152
pontosfinos	CO_CURAUÁ_A LG_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	- 242,5000 0*	22,1500 9	,000	- 333,7153	- 151,284 7
		CO_FLAX_16	- 122,5000 0*	22,1500 9	,003	- 213,7153	- 31,2847
		CO_FLAX_20	- 140,0000 0*	22,1500 9	,001	- 231,2153	- 48,7847
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	- 40,00000	22,1500 9	,849	- 131,2153	51,2153
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	- 15,07500	22,1500 9	,999	- 106,2903	76,1403
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	- 55,00000	22,1500 9	,536	- 146,2153	36,2153

	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	-25,01000	22,15009	,987	-116,2253	66,2053
CO_CURAUÁ_A LG_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	242,50000*	22,15009	,000	151,2847	333,7153
	CO_FLAX_16	120,00000*	22,15009	,004	28,7847	211,2153
	CO_FLAX_20	102,50000*	22,15009	,019	11,2847	193,7153
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	202,50000*	22,15009	,000	111,2847	293,7153
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	227,42500*	22,15009	,000	136,2097	318,6403
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	187,50000*	22,15009	,000	96,2847	278,7153
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	217,49000*	22,15009	,000	126,2747	308,7053
CO_FLAX_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	122,50000*	22,15009	,003	31,2847	213,7153
	CO_CURAUÁ_A LG_16	-120,00000*	22,15009	,004	-211,2153	-28,7847
	CO_FLAX_20	-17,50000	22,15009	,998	-108,7153	73,7153
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	82,50000	22,15009	,100	-8,7153	173,7153
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	107,42500*	22,15009	,012	16,2097	198,6403
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	67,50000	22,15009	,281	-23,7153	158,7153
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	97,49000*	22,15009	,029	6,2747	188,7053
CO_FLAX_20	CO_CURAUÁ_A LG_16	140,00000*	22,15009	,001	48,7847	231,2153
	CO_CURAUÁ_A LG_16	-102,50000*	22,15009	,019	-193,7153	-11,2847
	CO_FLAX_16	17,50000	22,15009	,998	-73,7153	108,7153
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	100,00000*	22,15009	,024	8,7847	191,2153
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	124,92500*	22,15009	,002	33,7097	216,1403
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	85,00000	22,15009	,083	-6,2153	176,2153

	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_20	114,99000*	22,15009	,006	23,7747	206,2053
CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	40,00000	22,15009	,849	-51,2153	131,2153
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-202,50000*	22,15009	,000	-293,7153	-111,2847
	CO_FLAX_16	-82,50000	22,15009	,100	-173,7153	8,7153
	CO_FLAX_20	-100,00000*	22,15009	,024	-191,2153	-8,7847
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_20	24,92500	22,15009	,987	-66,2903	116,1403
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_16	-15,00000	22,15009	,999	-106,2153	76,2153
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_20	14,99000	22,15009	,999	-76,2253	106,2053
CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	15,07500	22,15009	,999	-76,1403	106,2903
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-227,42500*	22,15009	,000	-318,6403	-136,2097
	CO_FLAX_16	-107,42500*	22,15009	,012	-198,6403	-16,2097
	CO_FLAX_20	-124,92500*	22,15009	,002	-216,1403	-33,7097
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_16	-24,92500	22,15009	,987	-116,1403	66,2903
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_16	-39,92500	22,15009	,851	-131,1403	51,2903
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_20	-9,93500	22,15009	1,000	-101,1503	81,2803
CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	55,00000	22,15009	,536	-36,2153	146,2153
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-187,50000*	22,15009	,000	-278,7153	-96,2847
	CO_FLAX_16	-67,50000	22,15009	,281	-158,7153	23,7153
	CO_FLAX_20	-85,00000	22,15009	,083	-176,2153	6,2153



	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	15,00000	22,1500 9	,999	-76,2153	106,215 3
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	39,92500	22,1500 9	,851	-51,2903	131,140 3
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	29,99000	22,1500 9	,963	-61,2253	121,205 3
CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	CO_CURAUÁ_A LG_16	25,01000	22,1500 9	,987	-66,2053	116,225 3
	CO_CURAUÁ_A LG_16	- 217,4900 0*	22,1500 9	,000	- 308,7053	- 126,274 7
	CO_FLAX_16	- 97,49000*	22,1500 9	,029	- 188,7053	-6,2747
	CO_FLAX_20	- 114,9900 0*	22,1500 9	,006	- 206,2053	- 23,7747
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	- 14,99000	22,1500 9	,999	- 106,2053	76,2253
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	9,93500	22,1500 9	1,000	-81,2803	101,150 3
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	- 29,99000	22,1500 9	,963	- 121,2053	61,2253
pontosgrossos	CO_CURAUÁ_A LG_16	- 799,2500 0*	123,410 18	,000	- 1307,460 3	- 291,039 7
	CO_FLAX_16	241,2500 0	123,410 18	,791	- 266,9603	749,460 3
	CO_FLAX_20	96,25000	123,410 18	,999	- 411,9603	604,460 3
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	- 213,7500 0	123,410 18	,875	- 721,9603	294,460 3
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	- 513,5000 0*	123,410 18	,046	- 1021,710 3	-5,2897
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	- 516,2500 0*	123,410 18	,044	- 1024,460 3	-8,0397
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	- 673,7500 0*	123,410 18	,003	- 1181,960 3	- 165,539 7
CO_CURAUÁ_A LG_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	799,2500 0*	123,410 18	,000	291,0397	1307,46 03

	CO_FLAX_16	1040,50000*	123,41018	,000	532,2897	1548,7103
	CO_FLAX_20	895,50000*	123,41018	,000	387,2897	1403,7103
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_16	585,50000*	123,41018	,015	77,2897	1093,7103
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_20	285,75000	123,41018	,621	-222,4603	793,9603
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_16	283,00000	123,41018	,632	-225,2103	791,2103
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_20	125,50000	123,41018	,993	-382,7103	633,7103
CO_FLAX_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	-241,25000	123,41018	,791	-749,4603	266,9603
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-1040,50000*	123,41018	,000	-1548,7103	-532,2897
	CO_FLAX_20	-145,00000	123,41018	,983	-653,2103	363,2103
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_16	-455,00000	123,41018	,107	-963,2103	53,2103
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_20	-754,75000*	123,41018	,001	-1262,9603	-246,5397
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_16	-757,50000*	123,41018	,001	-1265,7103	-249,2897
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_20	-915,00000*	123,41018	,000	-1423,2103	-406,7897
CO_FLAX_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	-96,25000	123,41018	,999	-604,4603	411,9603
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-895,50000*	123,41018	,000	-1403,7103	-387,2897
	CO_FLAX_16	145,00000	123,41018	,983	-363,2103	653,2103
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_16	-310,00000	123,41018	,521	-818,2103	198,2103

	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-609,75000*	123,41018	,010	-1117,9603	-101,5397
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-612,50000*	123,41018	,010	-1120,7103	-104,2897
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-770,00000*	123,41018	,001	-1278,2103	-261,7897
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	213,75000	123,41018	,875	-294,4603	721,9603
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-585,50000*	123,41018	,015	-1093,7103	-77,2897
	CO_FLAX_16	455,00000	123,41018	,107	-53,2103	963,2103
	CO_FLAX_20	310,00000	123,41018	,521	-198,2103	818,2103
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-299,75000	123,41018	,563	-807,9603	208,4603
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-302,50000	123,41018	,552	-810,7103	205,7103
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-460,00000	123,41018	,100	-968,2103	48,2103
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	513,50000*	123,41018	,046	5,2897	1021,710 3
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-285,75000	123,41018	,621	-793,9603	222,4603
	CO_FLAX_16	754,75000*	123,41018	,001	246,5397	1262,960 3
	CO_FLAX_20	609,75000*	123,41018	,010	101,5397	1117,960 3
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	299,75000	123,41018	,563	-208,4603	807,9603
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-2,75000	123,41018	1,000	-510,9603	505,4603
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-160,25000	123,41018	,970	-668,4603	347,9603

	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	516,2500 0*	123,410 18	,044	8,0397	1024,46 03
		CO_CURAUÁ_A LG_16	- 283,0000 0	123,410 18	,632	- 791,2103	225,210 3
		CO_FLAX_16	757,5000 0*	123,410 18	,001	249,2897	1265,71 03
		CO_FLAX_20	612,5000 0*	123,410 18	,010	104,2897	1120,71 03
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	302,5000 0	123,410 18	,552	- 205,7103	810,710 3
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	2,75000	123,410 18	1,000	- 505,4603	510,960 3
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	- 157,5000 0	123,410 18	,973	- 665,7103	350,710 3
	CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_20	CO_CURAUÁ_A LG_16	673,7500 0*	123,410 18	,003	165,5397	1181,96 03
		CO_CURAUÁ_A LG_16	- 125,5000 0	123,410 18	,993	- 633,7103	382,710 3
		CO_FLAX_16	915,0000 0*	123,410 18	,000	406,7897	1423,21 03
		CO_FLAX_20	770,0000 0*	123,410 18	,001	261,7897	1278,21 03
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	460,0000 0	123,410 18	,100	-48,2103	968,210 3
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_20	160,2500 0	123,410 18	,970	- 347,9603	668,460 3
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	157,5000 0	123,410 18	,973	- 350,7103	665,710 3
neps	CO_CURAUÁ_A LG_16	CO_CURAUÁ_A LG_16	- 767,5000 0*	102,550 17	,000	- 1189,807 5	- 345,192 5
		CO_FLAX_16	- 180,0000 0	102,550 17	,867	- 602,3075	242,307 5
		CO_FLAX_20	- 103,7500 0	102,550 17	,993	- 526,0575	318,557 5
		CO_CURAUÁ_A LG_ENZ1_16	- 430,0000 0*	102,550 17	,044	- 852,3075	-7,6925

	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_20	-740,00000*	102,55017	,000	-1162,3075	-317,6925
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_16	-645,00000*	102,55017	,001	-1067,3075	-222,6925
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_20	-824,99750*	102,55017	,000	-1247,3050	-402,6900
CO_CURAUÁ_ALG _16	CO_CURAUÁ_ALG _16	767,50000*	102,55017	,000	345,1925	1189,807 5
	CO_FLAX_16	587,50000*	102,55017	,002	165,1925	1009,807 5
	CO_FLAX_20	663,75000*	102,55017	,000	241,4425	1086,057 5
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_16	337,50000	102,55017	,199	-84,8075	759,8075
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_20	27,50000	102,55017	1,000	-394,8075	449,8075
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_16	122,50000	102,55017	,981	-299,8075	544,8075
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_20	-57,49750	102,55017	1,000	-479,8050	364,8100
CO_FLAX_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	180,00000	102,55017	,867	-242,3075	602,3075
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-587,50000*	102,55017	,002	-1009,8075	-165,1925
	CO_FLAX_20	76,25000	102,55017	,999	-346,0575	498,5575
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_16	-250,00000	102,55017	,559	-672,3075	172,3075
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ1_20	-560,00000*	102,55017	,003	-982,3075	-137,6925
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_16	-465,00000*	102,55017	,023	-887,3075	-42,6925
	CO_CURAUÁ_ALG __ENZ2_20	-644,99750*	102,55017	,001	-1067,3050	-222,6900
CO_FLAX_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	103,75000	102,55017	,993	-318,5575	526,0575

	CO_CURAUÁ_ALG _16	-663,75000*	102,55017	,000	-1086,0575	-241,4425
	CO_FLAX_16	-76,25000	102,55017	,999	-498,5575	346,0575
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-326,25000	102,55017	,234	-748,5575	96,0575
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-636,25000*	102,55017	,001	-1058,5575	-213,9425
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-541,25000*	102,55017	,005	-963,5575	-118,9425
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-721,24750*	102,55017	,000	-1143,5550	-298,9400
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	430,00000*	102,55017	,044	7,6925	852,3075
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-337,50000	102,55017	,199	-759,8075	84,8075
	CO_FLAX_16	250,00000	102,55017	,559	-172,3075	672,3075
	CO_FLAX_20	326,25000	102,55017	,234	-96,0575	748,5575
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-310,00000	102,55017	,290	-732,3075	112,3075
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-215,00000	102,55017	,728	-637,3075	207,3075
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-394,99750	102,55017	,081	-817,3050	27,3100
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	740,00000*	102,55017	,000	317,6925	1162,307 5
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-27,50000	102,55017	1,000	-449,8075	394,8075
	CO_FLAX_16	560,00000*	102,55017	,003	137,6925	982,3075
	CO_FLAX_20	636,25000*	102,55017	,001	213,9425	1058,557 5

	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	310,00000	102,55017	,290	-112,3075	732,3075
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	95,00000	102,55017	,996	-327,3075	517,3075
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-84,99750	102,55017	,998	-507,3050	337,3100
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	645,00000*	102,55017	,001	222,6925	1067,307 5
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-122,50000	102,55017	,981	-544,8075	299,8075
	CO_FLAX_16	465,00000*	102,55017	,023	42,6925	887,3075
	CO_FLAX_20	541,25000*	102,55017	,005	118,9425	963,5575
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	215,00000	102,55017	,728	-207,3075	637,3075
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-95,00000	102,55017	,996	-517,3075	327,3075
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	-179,99750	102,55017	,867	-602,3050	242,3100
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	824,99750*	102,55017	,000	402,6900	1247,305 0
	CO_CURAUÁ_ALG _16	57,49750	102,55017	1,000	-364,8100	479,8050
	CO_FLAX_16	644,99750*	102,55017	,001	222,6900	1067,305 0
	CO_FLAX_20	721,24750*	102,55017	,000	298,9400	1143,555 0
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	394,99750	102,55017	,081	-27,3100	817,3050
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	84,99750	102,55017	,998	-337,3100	507,3050
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	179,99750	102,55017	,867	-242,3100	602,3050
CO_CURAUÁ_ALG _16	CO_CURAUÁ_ALG _16	1,10000	,72516	,933	-1,8863	4,0863
	CO_FLAX_16	,10750	,72516	1,000	-2,8788	3,0938
	CO_FLAX_20	,56000	,72516	,999	-2,4263	3,5463
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	,60750	,72516	,998	-2,3788	3,5938
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	1,18000	,72516	,906	-1,8063	4,1663

	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	1,05000	,72516	,947	-1,9363	4,0363
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	1,53500	,72516	,719	-1,4513	4,5213
CO_CURAUÁ_ALG _16	CO_CURAUÁ_ALG _16	-1,10000	,72516	,933	-4,0863	1,8863
	CO_FLAX_16	-,99250	,72516	,961	-3,9788	1,9938
	CO_FLAX_20	-,54000	,72516	,999	-3,5263	2,4463
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-,49250	,72516	,999	-3,4788	2,4938
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	,08000	,72516	1,000	-2,9063	3,0663
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-,05000	,72516	1,000	-3,0363	2,9363
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	,43500	,72516	1,000	-2,5513	3,4213
CO_FLAX_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,10750	,72516	1,000	-3,0938	2,8788
	CO_CURAUÁ_ALG _16	,99250	,72516	,961	-1,9938	3,9788
	CO_FLAX_20	,45250	,72516	1,000	-2,5338	3,4388
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	,50000	,72516	,999	-2,4863	3,4863
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	1,07250	,72516	,941	-1,9138	4,0588
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	,94250	,72516	,970	-2,0438	3,9288
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	1,42750	,72516	,785	-1,5588	4,4138
CO_FLAX_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,56000	,72516	,999	-3,5463	2,4263
	CO_CURAUÁ_ALG _16	,54000	,72516	,999	-2,4463	3,5263
	CO_FLAX_16	-,45250	,72516	1,000	-3,4388	2,5338
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	,04750	,72516	1,000	-2,9388	3,0338
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	,62000	,72516	,998	-2,3663	3,6063
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	,49000	,72516	,999	-2,4963	3,4763
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	,97500	,72516	,964	-2,0113	3,9613
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,60750	,72516	,998	-3,5938	2,3788



	CO_CURAUÁ_ALG _16	,49250	,72516	,999	-2,4938	3,4788
	CO_FLAX_16	-,50000	,72516	,999	-3,4863	2,4863
	CO_FLAX_20	-,04750	,72516	1,000	-3,0338	2,9388
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	,57250	,72516	,999	-2,4138	3,5588
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	,44250	,72516	1,000	-2,5438	3,4288
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	,92750	,72516	,973	-2,0588	3,9138
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	-1,18000	,72516	,906	-4,1663	1,8063
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,08000	,72516	1,000	-3,0663	2,9063
	CO_FLAX_16	-1,07250	,72516	,941	-4,0588	1,9138
	CO_FLAX_20	-,62000	,72516	,998	-3,6063	2,3663
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-,57250	,72516	,999	-3,5588	2,4138
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	-,13000	,72516	1,000	-3,1163	2,8563
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	,35500	,72516	1,000	-2,6313	3,3413
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_16	CO_CURAUÁ_ALG _16	-1,05000	,72516	,947	-4,0363	1,9363
	CO_CURAUÁ_ALG _16	,05000	,72516	1,000	-2,9363	3,0363
	CO_FLAX_16	-,94250	,72516	,970	-3,9288	2,0438
	CO_FLAX_20	-,49000	,72516	,999	-3,4763	2,4963
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-,44250	,72516	1,000	-3,4288	2,5438
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	,13000	,72516	1,000	-2,8563	3,1163
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	,48500	,72516	,999	-2,5013	3,4713
CO_CURAUÁ_ALG _ENZ2_20	CO_CURAUÁ_ALG _16	-1,53500	,72516	,719	-4,5213	1,4513
	CO_CURAUÁ_ALG _16	-,43500	,72516	1,000	-3,4213	2,5513
	CO_FLAX_16	-1,42750	,72516	,785	-4,4138	1,5588
	CO_FLAX_20	-,97500	,72516	,964	-3,9613	2,0113
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_16	-,92750	,72516	,973	-3,9138	2,0588
	CO_CURAUÁ_ALG _ENZ1_20	-,35500	,72516	1,000	-3,3413	2,6313

CO_CURAUÁ_A LG_ENZ2_16	-,48500	,72516	,999	-3,4713	2,5013
---------------------------	---------	--------	------	---------	--------

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Homogeneous Subsets

### Massalinear

Scheffe<sup>a</sup>

Fio	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	14,8525			
CO_FLAX_16	4		15,9025		
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_16	4		15,9375		
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_16	4		16,3300		
CO_CURAUÁ_ALG_16	4			18,5400	
CO_FLAX_20	4				19,7250
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_20	4				19,8000
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_20	4				19,9100
Sig.		1,000	,740	1,000	,997

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

### tenacidade

Scheffe<sup>a</sup>

Fio	N	Subset for alpha = 0.05
		1
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	11,1275
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_16	4	12,3000
CO_FLAX_20	4	12,5700

CO_FLAX_16	4	12,6375
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_20	4	12,8450
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_16	4	12,9200
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	13,0725
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_20	4	14,5425
Sig.		,900

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

### forçamaxima

Scheffe<sup>a</sup>

Fio	N	Subset for alpha = 0.05 1
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	3,2850
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_20	4	3,7075
CO_FLAX_20	4	3,7075
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_20	4	4,2175
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_16	4	4,5375
CO_FLAX_16	4	4,6500
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_16	4	4,7700
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	4,8325
Sig.		,613

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

### alo0ngamento

Scheffe<sup>a</sup>

Fio	N	Subset for alpha = 0.05
-----	---	----------------------------

		1
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	4,2250
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	5,0025
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_20	4	5,2075
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_16	4	5,3525
CO_FLAX_20	4	5,4100
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_20	4	5,4850
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_16	4	5,5500
CO_FLAX_16	4	5,8225
Sig.		,698

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

### uster

Scheffe<sup>a</sup>

Fio	N	Subset for alpha = 0.05 1
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_20	4	14,0600
CO_FLAX_16	4	14,2325
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_16	4	14,4250
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_16	4	14,7200
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_20	4	15,0125
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	15,3750
CO_FLAX_20	4	15,8150
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	17,5500
Sig.		,815

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

### pontosfinos

Scheffe<sup>a</sup>

Fio	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	,0000			
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_20	4	15,0750			
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_20	4	25,0100			
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_16	4	40,0000	40,0000		
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_16	4	55,0000	55,0000	55,0000	
CO_FLAX_16	4		122,5000	122,5000	
CO_FLAX_20	4			140,0000	
CO_CURAUÁ_ALG_16	4				242,5000
Sig.		,536	,100	,083	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

### pontosgrossos

Scheffe<sup>a</sup>

Fio	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
CO_FLAX_16	4	400,0000		
CO_FLAX_20	4	545,0000		
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	641,2500		
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_16	4	855,0000	855,0000	
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_20	4		1154,7500	1154,7500
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_16	4		1157,5000	1157,5000
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_20	4		1315,0000	1315,0000
CO_CURAUÁ_ALG_16	4			1440,5000
Sig.		,107	,100	,621

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

### neps

Scheffe<sup>a</sup>

Fio	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	340,0000		
CO_FLAX_20	4	443,7500	443,7500	
CO_FLAX_16	4	520,0000	520,0000	
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_16	4		770,0000	770,0000
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_16	4			985,0000
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_20	4			1080,0000
CO_CURAUÁ_ALG_16	4			1107,5000
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_20	4			1164,9975
Sig.		,867	,234	,081

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

### pilosidades

Scheffe<sup>a</sup>

Fio	N	Subset for alpha = 0.05
		1
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_20	4	6,6850
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_20	4	7,0400
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	7,1200
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 2_16	4	7,1700
CO_CURAUÁ_ALG__ENZ 1_16	4	7,6125
CO_FLAX_20	4	7,6600
CO_FLAX_16	4	8,1125
CO_CURAUÁ_ALG_16	4	8,2200
Sig.		,719

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.