

## Biodegradação de resíduo têxtil de algodão

### Cotton textile waste biodegradation

#### RESUMO

**Letícia Sotti Silva**  
[leticiasotti14@gmail.com](mailto:leticiasotti14@gmail.com)  
Universidade Tecnológica do  
Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

**Milena Martins Andrade**  
[milenaandrade@utfpr.edu.br](mailto:milenaandrade@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica federal  
do Paraná, Apucarana, Paraná,  
Brasil

**Thais Correia Guimarães**  
[thaisguimaraes@alunos.utfpr.edu.br](mailto:thaisguimaraes@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica do  
Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

**Luana Dumas**  
[luanadumas@utfpr.edu.br](mailto:luanadumas@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica do  
Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

**Alessandra Machado Baron**  
[alessandrab@utfpr.edu.br](mailto:alessandrab@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Apucarana, Paraná,  
Brasil

**Patrícia Salomão Garcia**  
[patriciagarcia@utfpr.edu.br](mailto:patriciagarcia@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Apucarana, Paraná,  
Brasil

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

**Direito autorial:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



A indústria têxtil gera toneladas de resíduos em todos os setores. Parte dos resíduos sólidos é reciclada ou reaproveitada, mas a maioria é depositada em aterros industriais e os efluentes passam por tratamentos químicos. Na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Apucarana, os laboratórios de pesquisa e ensino geram grande quantidade de retalhos e grande volume de efluente contendo enzimas celulases. Neste trabalho, foi realizada a biodegradação do resíduo sólido de algodão com o efluente contendo enzimas celulases. As amostras foram testadas em duas etapas; avaliando-se na primeira etapa a influência da agitação e na segunda, o tamanho da amostra (cortada e triturada) e a temperatura. Nesta segunda etapa também foi utilizado uma solução de celulases para comparação. A utilização do efluente contendo a enzima celulase promoveu alterações estruturais no resíduo sólido testado, principalmente a 50 °C. Aparentemente, a trituração das amostras favoreceu a biodegradação e não houve diferença das amostras tratadas com o efluente ou com a solução de enzima. Este trabalho serve como base para a otimização do processo de biodegradação, assim como avaliar detalhadamente os produtos resultantes e desta forma, diminuir o impacto ambiental causado por esses resíduos.

**PALAVRAS CHAVES:** Resíduo sólido. Efluente. Celulases.

#### ABSTRACT

The textile industry generates tons of waste in all sectors. Part of the solid waste is recycled or reused, but the majority is deposited in industrial landfills and the effluents undergo chemical treatments. At the Federal Technological University of Paraná, Apucarana campus, research and teaching laboratories generate a large amount of solid waste and a large volume of effluent containing cellulase enzymes. In this work, solid cotton residue biodegradation was carried out with the effluent containing cellulases enzymes. The samples were tested in two stages; evaluating in the first stage the influence of agitation and in the second, the sample size (cut and crushed) and the temperature. In this second stage, a cellulases solution was also used for comparison. The use of the effluent containing cellulase enzyme promoted structural changes in the tested solid waste, mainly at 50 °C. Apparently, trituration of the samples favored biodegradation and there was no difference between the samples treated with the effluent or with the enzyme solution. This work serves as a basis for the optimization of the biodegradation process, as well as to evaluate in detail the resulting products and in this way, reduce the environmental impact caused by these residues.

**KEYWORDS:** Textile solid waste. Effluent. Cellulases.



## INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é constituída por uma rede de infrassegmentos produtivos independentes, tais como o beneficiamento das fibras naturais, a fiação de fibras naturais, artificiais e sintéticas, tecelagem, malharia, confecção, lavanderia, entre outros (FUJITA; JORENTE, 2015). Todos esses segmentos geram resíduos, sendo de dois principais tipos: resíduos sólidos e efluentes. Os resíduos sólidos gerados, em sua maioria, não são considerados perigosos, mas representam um problema para as empresas. São constituídos por fibras têxteis e retalhos da confecção. Os efluentes contêm diferentes produtos químicos, resultante dos beneficiamentos utilizados, atingindo valores elevados de carga orgânica, temperatura, salinidade, cor e outros, por vezes passando do limite permitido pela legislação (CHAMBINO; CORREIA, 2009).

Parte do resíduo sólido é reaproveitada ou reciclada, mas ainda sobram fios e retalhos que são destinados a aterros industriais e/ou incineração. Os resíduos líquidos passam pelo tratamento de efluentes, que muitas vezes é dispendioso e utiliza reagentes químicos.

Na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Apucarana, o Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento e de Produção do Vestuário gera uma grande quantidade de retalhos com composição de algodão que são reaproveitados em projetos ou depositados em aterros industriais. No Laboratório de Lavanderia, durante as aulas práticas, é gerado grande volume de efluente contendo enzimas celulasas, que são descartadas juntamente com outros efluentes líquidos de todos os laboratórios, contendo reagentes químicos e corantes, recebendo tratamento químico. Quanto aos resíduos gerados na UTFPR, campus Apucarana, tem-se as seguintes quantidades (GUIMARÃES, 2019):

- Resíduo Sólido: A partir de 2014 iniciou-se a separação dos retalhos e, esta, estendeu-se até a metade de 2018, totalizando cerca de 152 kg. No entanto, não se tem o dado medido de acordo com sua composição;
- Resíduo Líquido: Com um total de 150 L de efluentes contendo enzima, de forma semanal.

O efluente gerado no processo de biopolimento do tecido de algodão, que contém a enzima celulase, pode ser separado antes do descarte e ser reutilizado, pois grande quantidade de enzima ainda pode estar presente. Este efluente pode ser aplicado na biodegradação do resíduo sólido têxtil que não foi reutilizado.

As enzimas são catalisadores biológicos, altamente específicas, promovendo reações de síntese ou de hidrólise, substituindo catalisadores químicos, gerando benefícios para o meio ambiente. Uma das enzimas utilizada na indústria têxtil é a celulase. Celulasas são enzimas capazes de hidrolisar a celulose, são produzidas por algas, fungos e bactérias. As celulasas são constituídas por um conjunto de três classes de enzimas, que possuem atuação na hidrólise da celulose que são: endoglucanases, exoglucanases e 1,4- $\beta$ -D-glucosidases ou celobiasas. As endoglucanases caracterizam por agirem sobre a celulose amorfa. As celobiohidrolases atacam as extremidades dessas cadeias produzindo celobiose. E as beta-glucosidases completa um processo hidrolítico catalisando a hidrólise da celobiose em glicose (CASTRO; PEREIRA JR, 2010).

É importante lembrar que o algodão é uma fibra altamente utilizada nas indústrias têxteis, constituída de celulose, proteína e outros compósitos, desse modo, há inúmeras oportunidades de aplicação de enzima.

Desta forma, este trabalho propõe desenvolver uma alternativa econômica de tratamento do resíduo sólido gerado nos laboratórios de confecção e vestuário, que são retalhos de tecido de algodão, juntamente com o resíduo líquido (efluente) contendo a enzima celulase da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Apucarana (UTFPR, campus Apucarana).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Materiais

O efluente contendo enzima celulase foi coletado durante as aulas práticas da disciplina de Tecnologia de Lavanderia Industrial no Laboratório de Lavanderia Industrial da UTFPR, campus Apucarana. A enzima celulase neutra granulada da Marca Power 700F foi cedida também por este laboratório. Os retalhos de algodão (algodão cru) foram coletados nos Laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento e Laboratório de Produção do Vestuário da UTFPR, campus Apucarana.

### Preparo da amostra de algodão

As amostras foram cortadas em dimensões de 2,5 x 2,5 cm –NBR 10588, levadas a estufa a  $60 \pm 5^\circ\text{C}$  por 24 h, foram pesadas e distribuídas 3 em cada placa ou Erlenmeyer.

### Biodegradação dos resíduos de algodão

#### Etapa I

Na primeira etapa do processo de biodegradação utilizou-se dois tipos de tratamento:

1. Três amostras foram colocadas em uma placa de Petri com 30 mL do efluente com a enzima, temperatura ambiente e sem agitação.
2. Três amostras foram colocadas em um Erlenmeyer de 250 mL contendo 30 mL de efluente, levados em incubadora *shaker*, a 150rpm e temperatura ambiente

Em tempos determinados de 24, 48 72 e 96 h, os frascos e as placas correspondentes foram retirados e os resíduos resultantes foram levados para a estufa a  $60 \pm 5^\circ\text{C}$  e pesados.

#### Etapa II

Nesta etapa utilizou-se o resíduo de duas formas, cortado como na etapa anterior e triturado em um liquidificador (Marca: Philips, Modelo: RI 2008). Também foi utilizado uma solução de enzima celulase para comparação.

Três amostras do resíduo (cortado ou triturado) foram colocadas em Erlenmeyers de 250 mL e deixadas em contato com 100 mL do efluente ou solução da enzima celulase a  $50^\circ\text{C}$  e agitação de 150 rpm durante 96 h, totalizando 16 frascos. Em intervalos de 24 h os fracos correspondentes foram retirados, seu conteúdo filtrado a vácuo e os resíduos resultantes foram levados para a estufa a  $60 \pm 5^\circ\text{C}$  e pesados. A porcentagem de degradação foi calculada pela Equação 1:

$$\% \text{degradação} = \frac{\text{massa inicial} - \text{massa final}}{\text{massa inicial}} \times 100 \quad (1)$$

### Análise microscópica do resíduo sólido

As amostras foram analisadas individualmente por um Microscópio Digital (Marca: Kaiomy, Modelo: HELIOS 200).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Etapa 1

Nesta primeira etapa onde o processo de biodegradação foi avaliado em temperatura ambiente com e sem agitação, não foi verificada variação de peso nas amostras, possivelmente devido a enzima ser ativada em temperaturas mais altas.

### Etapa 2

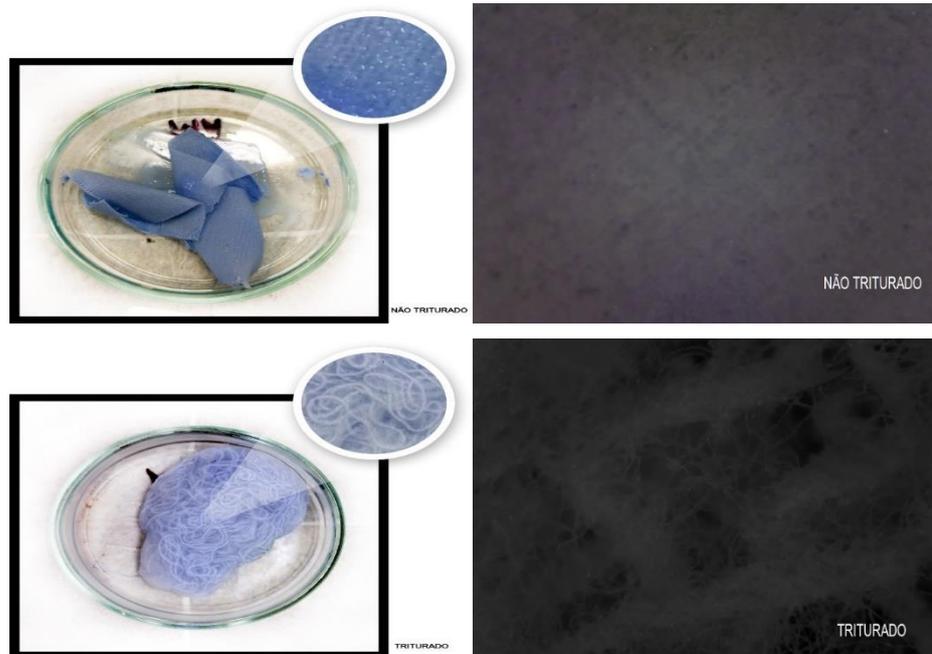
Nesta etapa, o processo de biodegradação foi avaliado a 50 °C, que de acordo com Cysneiros (2013) é a temperatura ótima para a enzima celulase. Uma solução de celulase foi utilizada no tratamento dos resíduos sólido para comparação com o tratamento utilizando o efluente contendo a enzima.

De forma geral, foi possível notar que houve mudança na estrutura dos resíduos sólidos testados, ou seja, ocorreu uma biodegradação parcial das amostras, onde se teve uma remoção da camada superficial do resíduo de algodão, principalmente dos resíduos sólidos triturados. A hidrólise enzimática removeu primeiramente as camadas externas da superfície do tecido (LI; FREY; BROWNING, 2010). Também foi notada alteração na cor do resíduo sólido após o tratamento com a solução de enzima celulase (Figura 1). Essa alteração foi atribuída a agentes externos, ou seja, a caneta que foi utilizada para marcar o tecido era de tinta cor azul que pode ter solubilizado na solução, sendo adsorvida pelo tecido. Os resíduos tratados com o efluente tiveram a cor mais escura e isto pode ser devido a este efluente conter corantes proveniente do processo de biopolimento que gerou esse resíduo. Este corante, inicialmente azul, pela ação de temperatura e agitação pode ter sofrido oxidação ficando com coloração mais escura, sendo absorvido pelo resíduo sólido como mostra a Figura 2.

Os resultados obtidos com o cálculo da porcentagem de degradação não foram conclusivos, pois a porcentagem ficou negativa, ou seja, sua massa final foi maior que a inicial, mas isso pode ser devido ao fato de que após o tratamento das amostras foi notado um pó resultante. Esse pó pode ter promovido o aumento de massa final, mas ao mesmo tempo indica modificação na estrutura do tecido.

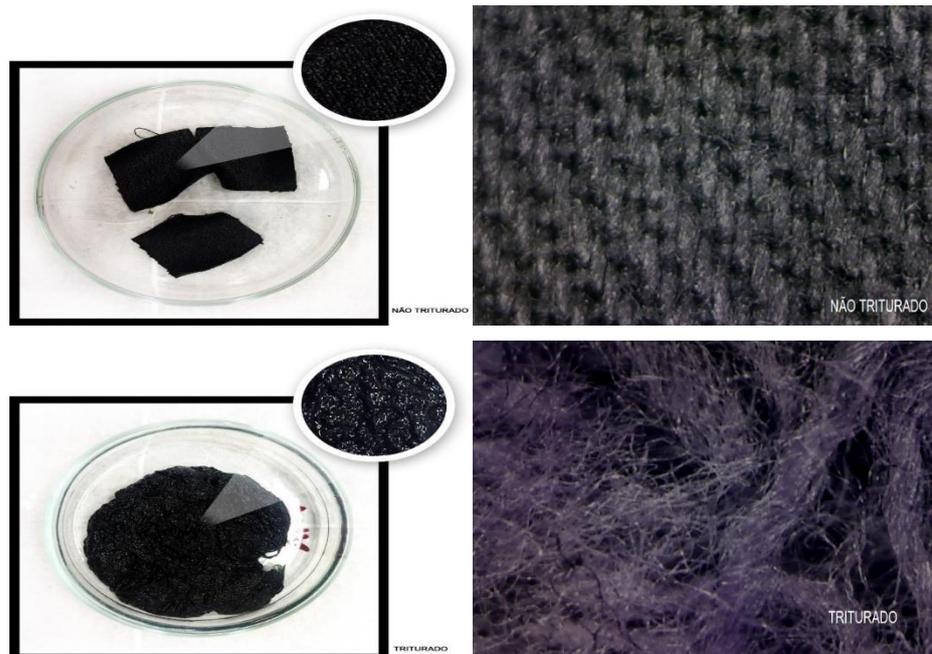
Celulases são enzimas responsáveis pela degradação da celulose, um polissacarídeo formado por várias unidades de glicose unidas entre si através de ligações químicas. As celulases realizam a quebra das ligações químicas existentes entre as unidades de glicose que formam a celulose (CASTRO; PEREIRA JR, 2010; LIMA et al., 2005).

Figura 1. Resíduo de algodão tratado com solução de celulase cortado e triturado



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 2. Resíduo de algodão tratado com efluente contendo celulase cortado e triturado



Fonte: Autoria própria (2019)

Essas enzimas possuem um sistema multi-componente enzimático, incluindo endoglucanases, exoglucanases e beta-glicosidases. As endoglucanases agem na região interna da fibra de celulose liberando compostos menores formados por poucas unidades de glicose (oligossacarídeos). As exoglucanases agem nas extremidades das fibras de celulose liberando unidades de glicose (livres) ou celobiose, que são compostos menores, formados por duas unidades de glicose. As beta-glicosidases quebram a ligação química existente entre as duas unidades de glicose que formam a celobiose, liberando unidades de glicose (livres) (SHAH, 2014; CASTRO; PEREIRA JR, 2010).

Para melhorar os resultados de hidrólise será necessário avaliar e controlar as condições de inibição da atividade enzimática pelos produtos da biodegradação, termoestabilidade das enzimas, tempo, pH do meio, concentração de substrato no meio e velocidade de agitação.

Este trabalho mostrou que o efluente contendo enzimas celulases gerados nas aulas práticas da Universidade pode contribuir para a redução dos resíduos sólidos que são também gerados. Desta forma diminuindo a disponibilidade destes resíduos.

## CONCLUSÕES

O uso do efluente contendo celulase pode promover mudanças nos resíduos sólidos testados, especialmente quando a temperatura elevada para 50°C. De acordo com as análises microscópicas foi possível verificar alterações estruturais superficiais nos tecidos, principalmente no triturado e que estas foram semelhantes, independente da solução utilizada no tratamento.

## REFERÊNCIAS

- CASTRO, A. M.; PEREIRA JR, N. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. **Química Nova**, vol. 33, n. 1, 181-188, 2010. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422010000100031&script=sci\\_arttext&tIng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422010000100031&script=sci_arttext&tIng=en). Acesso em: 01 set. 2020.
- CHAMBINO, T.; CORREIA, A. Prevenção de resíduos na indústria têxtil. In 1º Congresso Lusófono Sobre Ambiente e Energia-3ª Jornadas de Energia. 2009
- CYSNEIROS, C. S. S.; FERREIRA, R. N.; OLIVEIRA, M. A.; FAVORETTO, A. O.; ARNHOLD, E.; ULHOA, C. J. Produção, caracterização e avaliação de enzimas fibrolíticas na digestibilidade da forragem de milho. **Ciência animal brasileira**, v. 14, n.4, p. 426-435, out./dez. 2013. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1809-68912013000400005](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-68912013000400005). Acesso em 09 jun. 2020.
- FUJITA, M.; JORENTE, M. J. V. A indústria têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **Moda Palavra e-periódico**, v. 8, n. 15, p. 153-174, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/modapalavra/article/view/5893>. Acesso em 09 jun. 2020.

GUIMARÃES, T. C. **Biodegradação de resíduo têxtil de algodão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2019. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16227>. Acesso em 09 jun. 2020.

LI, L.; FREY, M.; BROWNING, K. J. Biodegradability study on cotton and polyester fabrics. **Journal of Engineered Fibers and fabrics**, v. 5, n. 4, p. 42-53, 2010.

Disponível em:

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/155892501000500406?icid=int.si-abstract.similar-articles.3>. Acesso em 02 set. 2020.

LIMA, A. L. G.; NASCIMENTO, R. P.; BON, E. P. S.; COELHO, R. R. R. Streptomyces drozdowiczii cellulase production using agro-industrial by-products and its potential use in the detergent and textile industries. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 37, p. 272-277, 2005. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141022905001110>. Acesso em 02 set. 2020.

SHAH, S. R. Chemistry and application of cellulase in textile wet processing.

**Research Journal of Engineering Sciences**, v. 3, n.2, p. 1 – 5, 2014. 2013.

Disponível em: <http://www.isca.me/IJES/Archive/v3/i2/1.ISCA-RJEngS-2013-Editorial-001.pdf>. Acesso em 02 set. 2020.