

# Avaliação da toxicidade de resíduo de lavanderia industrial de jeans

## *Evaluation of toxic wastewater from industrial denim laundry process*

Sandra Regina Longhin\*  
Paulo Henrique da Silva\*\*

Os efluentes de lavanderias industriais de beneficiamento do jeans promovem impactos ambientais com o desequilíbrio do sistema aquático. Neste estudo analisou-se o potencial toxicológico dos efluentes utilizando-se o bioensaio sistema-teste *Allium cepa*. Para efeito comparativo, o bioensaio foi realizado em resíduo bruto (RB), resíduo tratado (RT) em paralelo com água potável (CN). O resultado para RB não apresentou diferença significativa frente ao CN (ANOVA); porém no RT observamos as menores médias de crescimento radicular. O bioensaio se mostrou satisfatório para avaliar a toxicidade de efluentes, resultando na necessidade de neutralização do RT ou mudança no reagente floculante.

Palavras-chave: *Allium cepa*. Bioensaio. Lavanderia industrial. Toxicidade.

*The effluents from industrial denim processing laundries promote environmental impacts with the imbalance of the aquatic system. In this study the toxicological potential of effluents was analyzed using the Allium cepa test system bioassay. For comparison, the bioassay was carried out in crude residue (RB), treated waste (RT) in parallel with drinking water (CN). The result for RB did not show significant difference against the CN (ANOVA), but in the RT we observed the lower averages of root growth. The bioassay proved to be satisfactory for effluent toxicity, resulting in the need for RT neutralization or change in the flocculating reagent.*

Keywords: *Allium cepa*. Bioassay. Industrial laundry. Toxicity.

## 1 Introdução

Em se tratando de recursos hídricos, além de planejar o uso das reservas naturais, é de fundamental importância pensar naquilo que é devolvido ao meio ambiente, principalmente na forma de efluente. O setor industrial tem a responsabilidade de minimizar ou, até mesmo, de evitar que o processo produtivo promova grandes ou irreversíveis impactos ambientais. O lançamento indevido de resíduos poluentes na água pode provocar sérias alterações não só no aspecto estético, mas também em toda a biodiversidade aquática.

Entendem-se por efluentes os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos (BRASIL, 2011). No contexto brasileiro alguns anos atrás, a qualidade de um efluente era avaliada através de suas características físico-químicas. Posteriormente, o CONAMA, por

\* Doutora em Química Analítica e Inorgânica (UnB). Professora Titular do Instituto Federal de Goiás (IFG) campus Goiânia e professora Adjunto I da PUC Goiás/GO - Brasil. E-

\*\* Tecnólogo em Química Agro-Industrial. E-mail: paulodark1@gmail.com.

meio da Resolução Nº 357/2005, estabelece condições e padrões para lançamento de efluentes industriais, referindo-se ao potencial de efeito tóxico ao receptor. A Resolução Nº 430 do CONAMA, publicada em maio de 2011, altera e complementa a Resolução Nº 357, e estabelece critérios para a cobrança do atendimento aos parâmetros de toxicidade pelos órgãos ambientais estaduais. Com isto, há uma exigência maior para que as empresas atendam aos limites de toxicidade para efluentes estabelecidos por lei.

A Resolução Nº 430/2011 do CONAMA estabelece que os efluentes, seja qual for sua fonte poluidora, somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor, caso obedeçam as condições e padrões da lei vigente. Os ensaios toxicológicos são necessários para detectar a toxicidade de um determinado efluente, a partir de amostra coletada *in loco*, permitindo a identificação da presença de substâncias químicas tóxicas nessas amostras de forma isolada. As análises ecotoxicológicas atuam nas vertentes de tempo *versus* efeito em diferentes concentrações; o ensaio age através de um bioindicador (ROCHA; SOBRAL, 2012).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), o termo toxicidade é definido como uma propriedade inerente à substância que produz efeitos danosos aos organismos expostos, durante um determinado tempo, a uma concentração específica. Para determinar o efeito nocivo de agentes físicos, químicos ou biológicos a diversos organismos, são realizados ensaios toxicológicos. No ambiente aquático, em especial nos estudos com efluentes, identificamos problemas como lançamento de misturas de substâncias tóxicas, estabelecendo prioridades de controle de acordo com a necessidade de cada região e viabilizando, assim, criação de propostas de ações corretivas de forma mais apropriada.

Em testes para avaliação de qualidade de água, a utilização de *Allium cepa* tem se caracterizado como um modelo rápido e eficaz na avaliação de toxicidade causada por poluentes (LEME; MARIN-MORALES, 2007). Por ser uma espécie de elevada sensibilidade e de excelente correlação com outros sistemas-teste, ensaios com *Allium cepa* evidenciam um cenário de poluição ambiental, bem como de contaminação dos ambientes aquáticos por substâncias químicas. Segundo Fiskesjö (1985), a indicação de toxicidade é dada pela observação do crescimento das radículas – ou inibição desse crescimento –, bem como pelos efeitos adversos causados aos cromossomos.

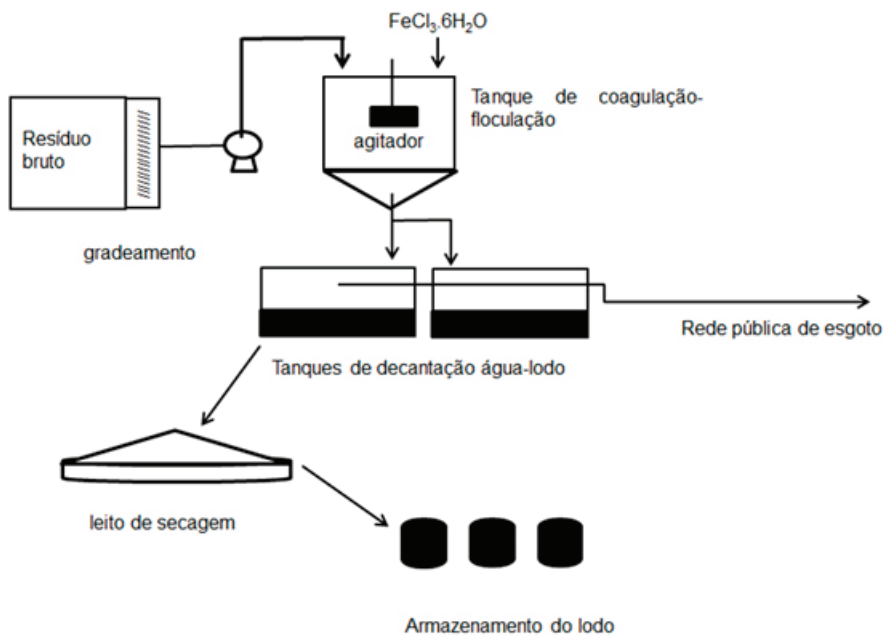
As regiões mais industrializadas exercem impactos ambientais mais significativos, causados pela emissão de efluentes. Durante muito tempo, esse acontecimento pouco preocupava; no entanto, a atual legislação e a conscientização ambiental se ativeram em caracterizar a geração de efluentes líquidos e em avaliar seus impactos no meio para propor tratamento adequado. A existência de um monitoramento é essencial para atender as necessidades das organizações que promovem a responsabilidade social eliminando os níveis de resíduos tóxicos nos processos.

As lavanderias industriais de beneficiamento de jeans abastecem o setor da moda e, devido a sua importância, cresce sua difusão pelo país. Entretanto, paralelamente a esse desenvolvimento, vem se intensificando uma preocupação em promover estudos sobre os resíduos gerados nesse setor produtivo, que são propulsores de ações relacionadas ao desenvolvimento sustentável.

Um dos principais impactos negativos que o resíduo industrial de lavanderias de jeans gera ao ambiente aquático está relacionado ao processo de tingimento do tecido. Segundo Brito

(2013), o corante utilizado não se fixa totalmente à fibra da peça e, quando descartado na forma de efluente, a coloração acentuada impede a luz solar de chegar ao ambiente aquático. Esse processo dificulta a atividade fotossintética prejudicando o desenvolvimento da biota. A quantidade de produtos químicos na forma de sal se mistura à água e diminui o oxigênio do meio, deixando-o tóxico e dificultando a sobrevivência das espécies.

Em lavanderias industriais o método da coagulação-floculação é o processo de tratamento de efluentes mais utilizado. O Cloreto Férrico ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) é um coagulante usado em tratamentos físico-químicos de águas residuais e potáveis, atuando como coadjuvante na desidratação de lamas e na precipitação de fósforo. É um produto de baixo custo e fácil aplicação, que atua no pH e redução efetiva na cor e turbidez (FISPQ – LABSYNTH, 2010). A Figura 1, a seguir, apresenta o fluxograma do processo de tratamento do resíduo de uma lavanderia industrial de estonagem de jeans.



**Figura 1:** Fluxograma de sistema de tratamento de efluentes em uma lavanderia de jeans

Na empresa onde foi realizada a coleta do resíduo para o biensaio, o resíduo é armazenado em tanques para tratamento. Depois de um tempo nesses reservatórios, o resíduo passa pelo gradeamento que tem a função de reter o material sólido grosseiro em suspensão no esgoto para evitar o desgaste de equipamentos industriais como válvulas, tubulações e bombas. Quando é bombeado até o tanque de coagulação-floculação, o resíduo é tratado com Cloreto Férrico ( $\text{FeCl}_3$ ), que separa as partículas sólidas do efluente.

Para o resíduo proveniente da lavanderia industrial de beneficiamento do jeans, são usados 20 L de cloreto férrico hexa-hidratado ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) em um tanque de 8.000 L de efluente. A parte que contém fibras de tecido vai para o tanque de separação água/lodo, onde aguarda o tempo de uma (1)

semana para a decantação antes de atingir a rede de esgoto. São tratados cerca de 48.000 L/dia, o que semanalmente corresponde a 288.000 L de resíduo tratado naquela empresa. O lodo gerado segue para um leito de secagem com a finalidade de que a parte líquida presente seja evaporada.

Segundo Lima (2013), em uma reportagem do jornal “Tribuna do Planalto”, são 100 empresas (lavanderias) atuando no ano de 2013 na região da grande Goiânia e mais de 50 espalhadas no interior do estado de Goiás. A partir dos dados fornecidos pela empresa pesquisada, considerando o total de lavanderias atuando na área, somente em Goiânia estima-se um descarte de 28.800.000 litros de efluente nas galerias de esgoto da cidade semanalmente. Em âmbito estadual, estima-se um descarte de 43.200.000 litros desses efluentes por semana.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a toxicidade dos resíduos gerados por uma lavanderia industrial. O efluente gerado na indústria é tratado com  $\text{FeCl}_3$  (cloreto férrico) como agente coagulante. Optou-se pelo sistema-teste com *Allium cepa*, frequentemente utilizado em análises do potencial toxicológico de resíduos, como indicativo de toxicidade através da inibição do crescimento de radículas em diferentes diluições do efluente industrial (50%, 25% e 10%). Para efeito comparativo, o bioensaio foi realizado em resíduo bruto, resíduo tratado em paralelo com um controle negativo, água potável. Além disso, foram levados em consideração dois fatores estabelecidos legalmente: pH entre 5 e 9; temperatura inferior a 40 °C.

## | 28 | 2 Metodologia

A coleta das amostras ocorreu em uma lavanderia industrial com a utilização de galões de polietileno de resíduo bruto (RB) e resíduo tratado (RT) - 10 L cada - do processo de estonagem de jeans. A temperatura das amostras foi medida *in loco*, utilizando-se um termômetro INCOTERM. Após essa etapa, as amostras foram encaminhadas ao laboratório para preparo, análises e armazenamento.

As medidas físico-químicas realizadas foram de pH e condutividade elétrica para o resíduo bruto 100% (RB1), resíduo tratado 100% (RT1). O pHmetro usado foi da marca Nova Técnica e o condutivímetro da marca Alpax. Após essa etapa, definiram-se os fatores de diluições a serem realizadas para os ensaios de toxicidade e determinaram-se o pH e a condutividade das soluções diluídas.

As diluições estabelecidas para os ensaios foram 50%, 25% e 10%, visando ao atendimento do parâmetro pH estabelecido pela Resolução CONAMA 430/2011 ( $5,0 < \text{pH} < 9,0$ ).

O desenvolvimento do experimento iniciou-se com a montagem do bioensaio. Para tanto, foram adquiridas no comércio formal 80 unidades de *Allium cepa*, selecionadas considerando a hegemonia e saúde do vegetal para minimizar ao máximo os fatores que inibissem o desenvolvimento das radículas. Elas foram descascadas e suas radículas eliminadas por meio de um bisturi com lâmina estéril, para que o crescimento radicular tivesse o mesmo marco zero.

Após essa etapa, os recipientes descartáveis incolores foram identificados e os organismos ordenados. A etapa seguinte constituiu no preenchimento dos recipientes com as soluções

residuais. Foram utilizados 35 organismos para o estudo do RB e suas diluições, distribuídos conforme o exposto na Tabela 1.

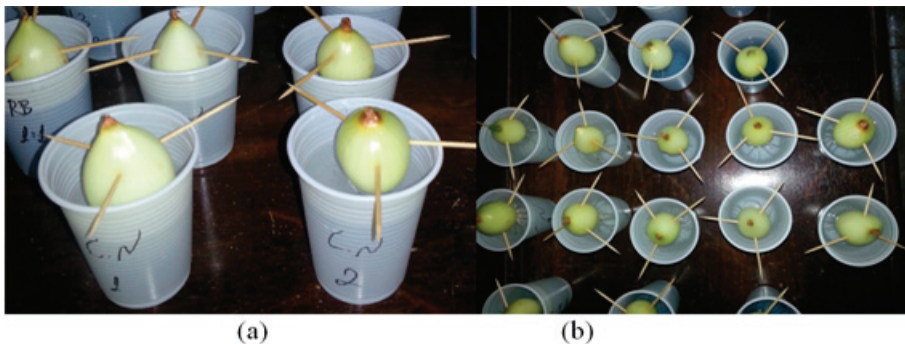
*Tabela 1: RB e suas diluições*

<b>Resíduo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Fator de Diluição</b>
RB1	5	—
RB2	10	50%
RB3	10	25%
RB4	10	10%

*Tabela 2: RT e suas diluições*

<b>Resíduo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Fator de Diluição</b>
RT1	5	—
RT2	10	50%
RT3	10	25%
RT4	10	10%

Um controle negativo (CN), que contava com 10 unidades de organismos, foi realizado como referência, utilizando-se água de abastecimento público. As cebolas foram dispostas a fim de garantir o acesso da região radicular ao resíduo ou água, minimizando o contato excessivo que possa inibir o crescimento ou causar outros danos ao vegetal, conforme se observa na Figura 2 a seguir.



**Figura 2: Montagem do experimento: (a) visão lateral e (b) visão frontal**

Os organismos foram dispostos de forma equidistante para que o acesso a cada unidade fosse facilitado, minimizando ao máximo a possibilidade de ocorrência de transtornos como a queda e a contaminação cruzada. Houve, ainda, uma preocupação quanto à incidência de luz uniforme a todas unidades.

No desenvolvimento experimental, após 24 h do início do bioensaio, determinou-se a quantidade de radículas e mediu-se o crescimento radicular de cada organismo com a utilização de uma régua de precisão da marca Waleu. Para contabilizar as radículas, foi utilizada uma lupa da marca Techmus. As cebolas foram apoiadas em uma superfície de fundo preto para minimizar erros na medição do crescimento radicular, uma vez que as radículas são de cor branca. Essas mesmas medidas foram repetidas para 48 h, 72 h, 96 h e 120 h. Com o passar dos dias, o volume do líquido nos copos era conferido e, em caso de evaporação, o volume era completado com o líquido correspondente, utilizando-se uma seringa da marca Luer Lock.

Ao final do bioensaio, mediu-se o pH dos resíduos dos efluentes bruto e tratado, que mais tarde, atendendo a Resolução CONAMA 430/2011, foram descartados. As cebolas foram cortadas em pequenas partes para posterior descarte como resíduo orgânico.

Após o período de 120 h, o RT1 foi novamente avaliado quanto ao seu pH. Sua leitura apresentou uma redução significativa de pH, passando de 5,43 para 3,27, o que levou a um segundo bioensaio para verificação da influência do pH no crescimento radicular. Depois de verificado o pH do RT1, realizou-se uma nova diluição com fator 10%, seguida de análise de pH. O novo RT com fator de diluição 10% (RT4\*) apresentou pH 4,22. Esse pH foi corrigido com solução 3,0 mol L<sup>-1</sup> de NaOH. O pH 7,96 foi obtido após essa etapa, que foi prosseguida pela realização do bioensaio. O acompanhamento diário do pH foi realizado por meio de papel indicador universal da MERCK, com a finalidade de analisar sua possível alteração e influência no crescimento radicular.

### 3 Resultados e discussão

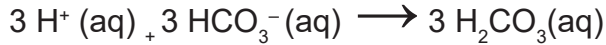
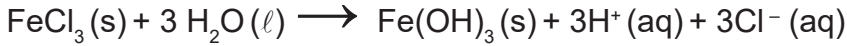
Em relação às análises físico-químicas, após a realização da coleta dos resíduos bruto (RB) e tratado (RT) na indústria, foi medida *in loco* a temperatura dos mesmos obtendo-se 29,5 °C para o RB e 26 °C para o RT. A temperatura do RB se deve ao processo de lavagem que utilizam alta temperatura para o beneficiamento do jeans.

Em laboratório determinou-se o pH e condutividade elétrica do RB, RT e suas diluições. A Tabela 3 apresenta estes resultados.

**Tabela 3: Parâmetros físico-químicos para RB, RT, soluções diluídas, CN e água destilada**

Resíduo	pH	Condutividade (µS cm <sup>-1</sup> )
RB1	6,70	608,0
RB2	6,87	307,
RB3	6,77	185,2
RB4	6,61	75,6
RT1	5,43	705,0
RT2	5,25	381,
RT3	5,44	237,0
RT4	5,57	92,9
CN	8,10	158,6
Água Destilada	5,48	4,48

Os resultados obtidos para RT mostram pH inferior aos obtidos nas análises de pH do RB. O pH variou de 5,25 (RT2) até 5,43 (RT1). A justificativa para o aumento da acidez está no agente coagulante empregado. O  $\text{FeCl}_3$  (cloreto férrico) aumenta a acidez em meio aquoso, pois sofre hidrólise salina.



A hidrólise salina do cloreto férrico em água, forma hidróxido de ferro III ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ), ânions cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) e cátions  $\text{H}^+$ . Os cátions  $\text{H}^+$  reagem com os íons bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) presentes na água e formam o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), que reduz o pH do meio (PROSAB, 2001).

No que tange à condutividade elétrica para o resíduo tratado, os resultados obtidos indicam a redução da concentração de íons presentes na solução. O valor de  $705 \text{ uS cm}^{-1}$  foi obtido para RT1, a condutividade do RT4 foi de  $92,9 \text{ uS cm}^{-1}$ .

O pH da água de abastecimento público apresentou um valor básico e um valor intermediário de condutividade. A água destilada apresentou um  $\text{pH} > 7$  e uma condutividade também  $> 7$ , devido à pequena quantidade de íons em solução.

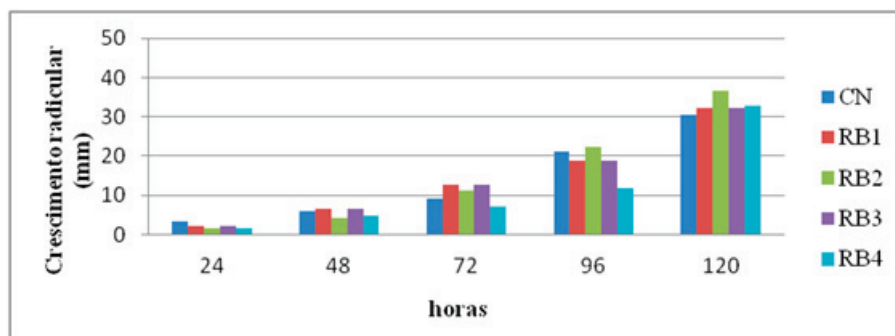
No teste realizado com *Allium cepa*, o grau de toxicidade é avaliado pela inibição do crescimento radicular. Para o controle negativo (CN), utilizou-se água de abastecimento público. Se a mortalidade das espécies fosse superior a 10%, o teste seria considerado não válido e seus resultados não deveriam ser considerados, porém isso não ocorreu com este estudo. A Figura 3, a seguir, apresenta o aspecto visual do teste realizado com o controle negativo.

| 31 |



**Figura 3:** Aspecto visual do CN (a) 24 h, (b) 48 h, (c) 72 h, (d) 96 h e (e) 120 h

Na Figura 3, podemos notar um índice satisfatório de crescimento radicular para o CN durante os cinco dias de ensaio. No quinto dia, a média era de 30,37 mm. A Figura 4, a seguir, apresenta um estudo sobre o valor médio de crescimento radicular do RB durante o período do ensaio.



**Figura 4:** Valor médio de crescimento radicular – RB

O resultado do teste de variância ANOVA, seguido de teste F, para a comparação entre o número médio de crescimento radicular do CN e as diluições do RB no 5º (quinto) dia de ensaio estão expressos na Tabela 4.

**Tabela 4:** Análise de estatística da taxa de crescimento radicular *Allium cepa* do RB após 120 h do início do ensaio ( $\alpha = 5\%$ )

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
CN	10	302,8089	30,28089 (a)	62,864
RB1	5	161,31	32,262 (a)	259,3474
RB2	10	329,1842	32,91842 (a)	62,10829
RB3	10	366,0119	36,60119 (a)	150,2482
RB4	10	282,8389	28,28389 (a)	82,58167

*Nota:* Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si.

Interpretando a Figura 4 e a Tabela 4, nota-se que os valores de crescimento radicular do RB não variaram significativamente do CN ao passar das horas. A diluição com maior média foi a RB2, que apresentou valor 20,8% superior ao do CN; a diluição com valor menor de média foi a RB4 com valor 6,6% inferior ao do CN.

Foi feita a análise de toxicidade do RB considerando o número de radículas por dia. A Figura 5 expressa os resultados.



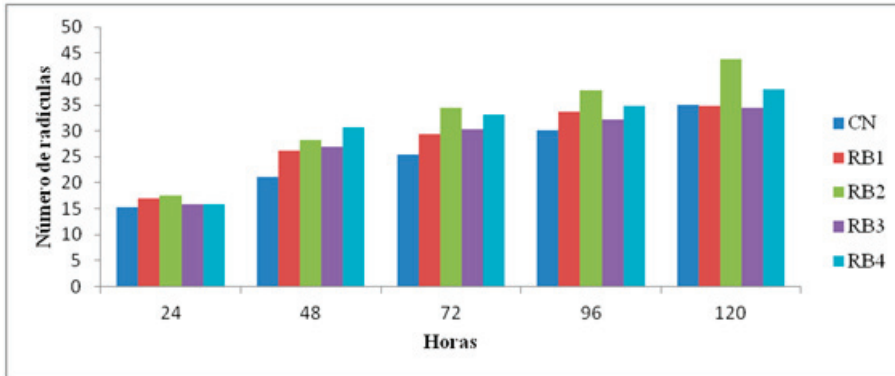


Figura 5: Média do número de radículas – RB

Tabela 5: Análise de estatística do número de radículas *Allium cepa* do RB após 120 h do início do ensaio ( $\alpha = 5\%$ )

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
CN	10	350	35 (a)	78,4444
RB1	5	174	34,8 (a)	20,7
RB2	10	438	43,8 (b)	60,4
RB3	10	345	34,5 (a)	260,9444
RB4	10	381	38,1 (a)	256,1

Nota: Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si.

Interpretando a Figura 5 e a Tabela 5, podemos observar que na análise estatística ANOVA em todas as diluições, após 120 h, notam-se valores médios bem próximos ao CN. RB3 e RB1 apresentaram valores próximos ao CN, enquanto a RB4 apresentou valor aproximadamente 10% superior, e o RB2 apresentou diferença significativa, com valor 25% maior em relação ao CN. Na Figura 6, a seguir, temos o aspecto visual da espécie *Allium cepa* do RB.

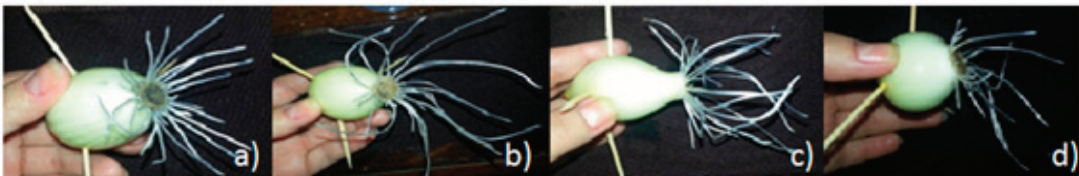


Figura 6: Aspecto visual do *Allium cepa* - RB após 120 h do início do bioensaio (a) RB1, (b) RB2, (c) RB3 e (d) RB4

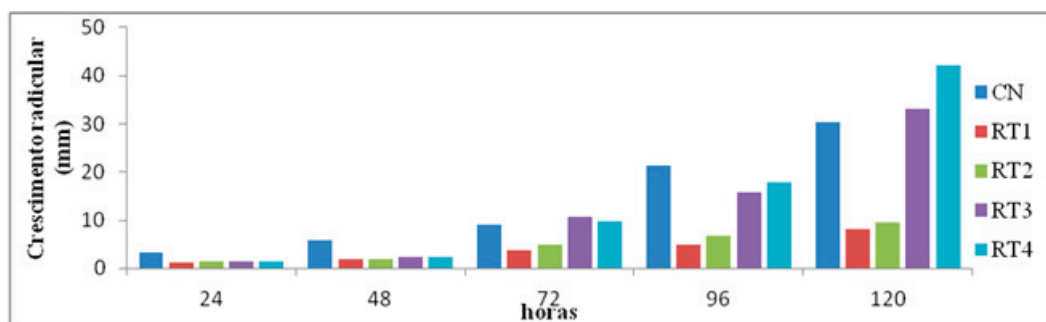
No bioensaio realizado com o RT, foram obtidos, em geral, valores médios de crescimento radicular menores que os valores obtidos nas análises do RB. Foi feita a análise de toxicidade considerando os valores médios de crescimento radicular do RT. O estudo estatístico ANOVA

comprovou a existência de diferenças significativas entre o CN e as diluições do RT. A Tabela 6 e a Figura 7 expressam os valores obtidos no estudo.

**Tabela 6: Análise de estatística da taxa de crescimento radicular *Allium cepa* do RT após 120 h do início do ensaio ( $\alpha = 5\%$ )**

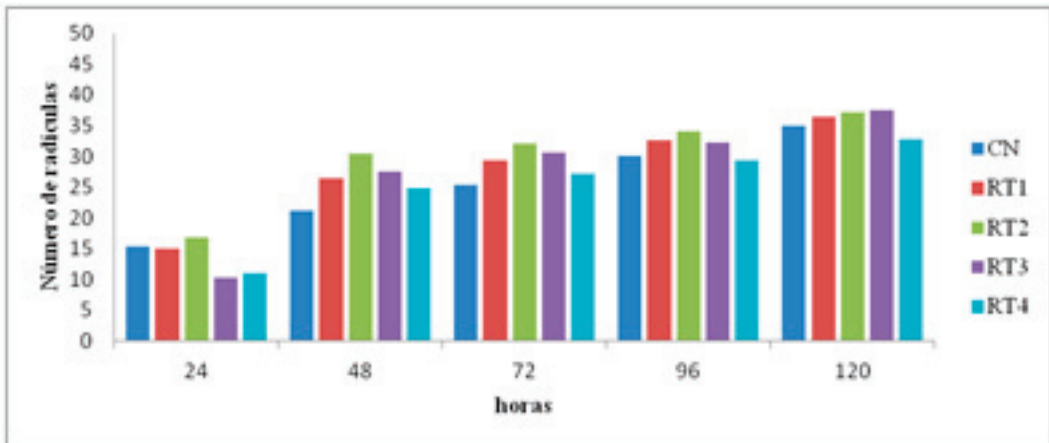
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
CN	10	302,8089	30,28089 (a)	62,864
RT1	5	40,33793	8,067586 (b)	68,69984
RT2	10	95,74767	9,574767 (b)	37,47447
RT3	10	331,9067	33,19067 (a)	76,6754
RT4	10	420,2863	42,02863 (c)	165,0476

*Nota: Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si.*



**Figura 7: Valores médios de crescimento radicular – RT**

Interpretando os resultados da Tabela 6 e da Figura 7, após 5 dias de ensaio, pode-se notar um grau elevado de disparidade entre os valores médios de crescimento. Em relação ao CN, RT4 variou significativamente com média superior em 38%. O RT3 não apresentou diferenças significativas, com valor 9% superior ao do CN. O RT2 e o RT1 obtiveram as maiores diferenças significativas em relação ao CN, com crescimento radicular 68,5 e 73,46% menores. A Figura 8 mostra a média do número de radículas por dia do RT e suas diluições.



**Figura 8: Média do número de radículas - RT**

Observa-se na Figura 8 e na análise estatística da Tabela 7 que a média do número de radículas não varia significativamente entre o CN, o RT e suas diluições.

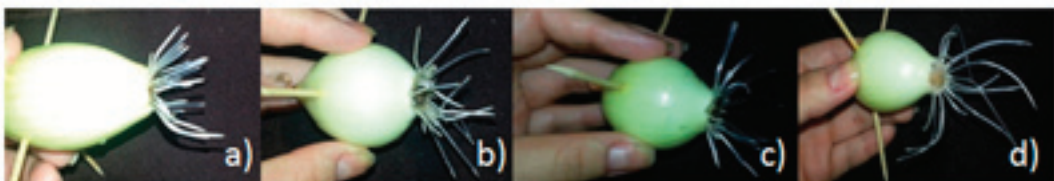
**Tabela 7 - Análise de estatística do número de radículas *Allium cepa* do RT após 120 h do início do ensaio ( $\alpha = 5\%$ )**

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
CN	10	350	35 (a)	78,44444
RT1	5	182	36,4 (a)	112,8
RT2	10	372	37,2 (a)	112,8444
RT3	10	375	37,5 (a)	168,5
RT4	10	328	32,8 (a)	42,17778

Nota: Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si.

Mesmo apresentando um número elevado de radículas, o crescimento médio radicular do RT1 e do RT2 apresentaram valores menores que os valores do CN, o que indica um alto valor de toxicidade desse resíduo para o meio. Na Figura 9 tem-se o aspecto visual das cebolas do RT após 120 h do início do ensaio.

A Figura 9 mostra que quanto maior o fator de diluição, maior é o crescimento radicular, o que demonstra um nível de toxicidade elevado do resíduo para o meio ambiente.



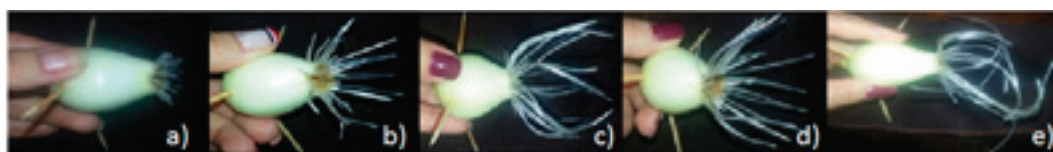
**Figura 9: Aspecto visual *Allium cepa* - RT após 120 h do início do bioensaio (a) RT1, (b) RT2, (c) RT3 e d) RT4**

Após as análises físico-químicas e a realização do bioensaio, procedeu-se a uma nova medida de pH do RT para verificar se ele se alteraria com o tempo. Medido o pH, o resíduo foi diluído com um fator de 10% e posteriormente corrigido para realização de um novo bioensaio. A Tabela 8, a seguir, mostra os valores físico-químicos obtidos nessas análises.

**Tabela 8: Análise físico-química do RT1 e do RT4 após 168 h do início do ensaio**

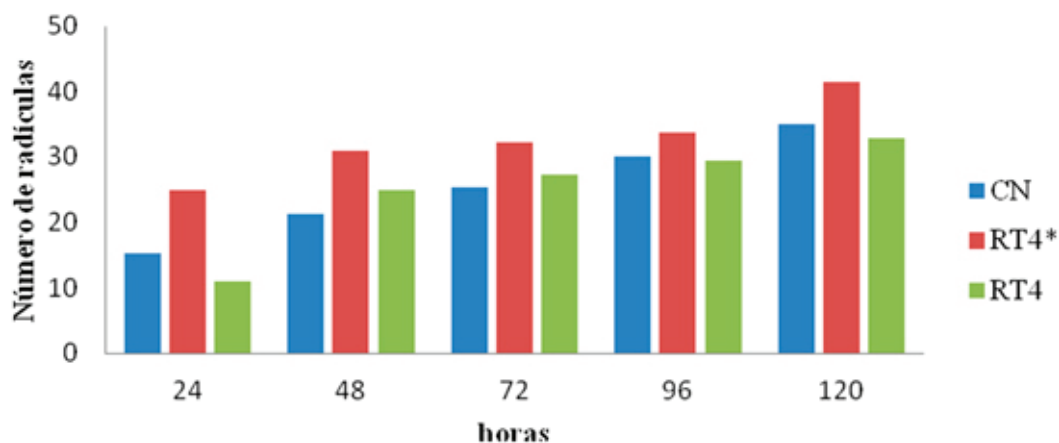
RT após 168 h	pH	pH correção (RT4*)
RT1	3,27	sem correção
RT4	4,22	7,96

Os resultados mostraram que o pH do RT continuou decrescendo após as medidas realizadas para o bioensaio. O pH decaiu de 5,43 para 3,27 para o RT1 e de 5,57 para 4,22 para o RT4. Com a correção realizada, o pH do RT 10% (RT4\*) ficou em 7,96. A Figura 10, a seguir, apresenta o aspecto visual da *Allium cepa* do RT com fator de diluição de 10% e correção de pH.



**Figura 10: Aspecto visual *Allium cepa* – RT4\* (a) 24 h, (b) 48 h, (c) 72 h, (d) 96 h e e) 120 h**

Podemos notar na Figura 10 que o crescimento radicular do RT4\* se fez bastante satisfatório após a correção de pH. Foi medido diariamente o pH do resíduo para avaliar se ele diminuiria. Os resultados obtidos mostraram que o pH se manteve entre 5 e 6 durante as 120 h de ensaio. Abaixo, na Figura 11, um comparativo entre o número médio de radículas RT4 e RT4\*.



**Figura 11: Comparativo entre a média do número de radículas do RT4 e a média do número de radículas do RT4\***

Foi realizado um estudo estatístico para verificar se existem diferenças significativas entre o número médio de radículas do CN, do RT4 e do RT4\*. Os dados estão expressos na Tabela 9.

**Tabela 9 - Análise de estatística comparativa do número de radículas *Allium cepa* do RT4, RT4\* em relação ao CN após 120 h do início do ensaio ( $\alpha = 5\%$ )**

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
CN	10	350	35 (a)	78,44444
RT4	10	328	32,8 (a)	42,17778
RT4*	10	415	41,5 (b)	59,83333

Nota: Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si.

Com a correção de pH, as espécies de *Allium cepa* apresentaram variação significativa no número de radículas entre o CN, RT4 e o RT4\*. Os dados mostram um valor de brotamento radicular 20,96% superior do RT4\* em relação ao RT4.

Após 336 h da coleta da amostra, o RT1 foi avaliado novamente quanto ao seu pH, o qual mostrou pouca variação, de 3,27 após 168 h para 3,44, mostrando assim que o sistema se estabiliza.

## 4 Conclusões

| 37 |

Os efluentes gerados em lavanderias industriais possuem um aglomerado de substâncias químicas específicas, que se misturam a resíduos provenientes do beneficiamento de jeans de forma mecânica ou física; o tratamento inadequado ou mesmo o não tratamento desses resíduos podem gerar grandes impactos no meio ambiente. Apesar de o resíduo bruto não ter apresentado valores tóxicos consideráveis, o seu tratamento mostrou valores elevados de inibição no crescimento radicular.

Como a importância do jeans na indústria da moda é cada vez mais crescente, o aumento da quantidade de resíduos gerados é resultado da expansão desse setor produtivo. A necessidade de estudos que avaliem o impacto do efluente das lavanderias industriais de beneficiamento de jeans é indiscutível. Os elementos poluentes contidos no produto final de descarte torna-o tóxico, portanto promovem a degradação no biosistema aquático.

A *Allium cepa* é um vegetal popular na agricultura brasileira, do campo das hortaliças condimentares e muito indicado para pesquisas de toxicidade. O bioensaio realizado utilizando *Allium cepa* como organismo-teste apresentou resultado satisfatório aliado a um fácil manuseio.

Nas análises físico-químicas realizadas, obtiveram-se valores convergentes com as normas do CONAMA, em sua Resolução N° 430/2011. Com a disparidade entre a taxa de crescimento radicular para o RT1, o RT2 e o CN, novas análises constataram valores de pH bem abaixo do permitido pela legislação. O resultado justifica-se, pois nos tanques de decantação o resíduo tratado precisa de correção de pH antes de atingir a rede de esgoto, uma vez que ele permanece

em descanso no tanque de decantação por uma semana. O aumento da acidez ao passar dos dias, nos decantadores, pode ser explicada pela contínua hidrólise salina do cloreto férrico (agente coagulante). O pH estabiliza somente quando todo o  $\text{FeCl}_3$  se dissocia em meio aquoso, o que leva mais tempo do que o disposto pela empresa no tratamento onde as amostras foram coletadas. Para o processo realizado no estabelecimento, a estabilização do pH ficou entre valores próximos a 3,5, abaixo do permitido pela legislação ( $\text{pH} \geq 5$ ).

Com os valores de brotamento significativamente superiores para o resíduo tratado após correção de pH, conclui-se que os resíduos liberados pelo processo de beneficiamento de jeans podem promover ações danosas ao ecossistema se não for tratado adequadamente; pois o resíduo tratado teve desempenho pior do que o resíduo bruto nas análises de toxicidade do bioensaio antes da neutralização.

Assim, os resultados indicam que o tratamento do RB com  $\text{FeCl}_3$  não é eficiente, sendo mais tóxico que o RB puro. Com isso, realça-se a necessidade de novas pesquisas, buscando outras formas de tratamento do efluente gerado nos processos de estonagem de jeans, visando a melhores condições técnicas que suportem os órgãos públicos ambientais na fiscalização do descarte desses resíduos, atentando para os problemas sociais e ambientais oriundos dessa ação.

## Referências

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12713: Ecotoxicologia Aquática : Toxicidade Aguda: Método de Ensaio com *Daphnia* spp (Cladocera, Crustácea). Rio de Janeiro, 2004. 17 p.
- AMARAL, A. de M.; BARBÉRIO, A.; VOLTOLINI, J. C.; BARROS, L. Avaliação preliminar da citotoxicidade e genotoxicidade, da água da bacia do rio Tapanhon (SP-Brasil) através do teste *Allium* (*Allium cepa*). *Revista Brasileira de Toxicologia*, v. 20, n. 1 e 2, p. 65-72, 2007.
- ARRAES, A. I. O. M.; LONGHIN, S. R. Otimização de Ensaio de Toxicidade Utilizando o bioindicador *Allium cepa* Como Organismo Teste. *Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer*, v. 8, n. 14, p. 1958-1972, 2012.
- BAGATINI, M. D.; SILVA, A. C. F.; TEDESCO, S. B. Uso do sistema teste de *Allium cepa* como bioindicador de genotoxicidade de infusões de plantas medicinais. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 17, n. 3, 2007.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº. 430/2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília. Data da legislação: 13 de maio de 2011 Data da publicação no DOU n. 92, de 16 de maio de 2011, pág. 89. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 27 jun. 2014.

BRITO, G. A. Sustentabilidade: um desafio para as lavanderias industriais. *Revista de Design, Inovação e Gestão Estratégica – REDIGE*, v. 4, n. 2, 2013. Disponível em: <<http://www.cetiq.t.senai.br/ead/redige/index.php/redige/article/viewFile/211/251>>. Acesso em: 9 jul. 2014.

CARVALHO, C. R. JEANS: liberdade ou padronização dos sexos e das classes. 2010. Disponível em: <<http://tracosretratos.blogspot.com.br/2010/07/artigo-jeans-liberdade-ou-padronizacao.html>>. Acesso em: 9 jul. 2014.

COMUNIDADE MODA. *Lavanderia de Jeans*: Tudo sobre os processos de lavagem. 2013. Disponível em: <<http://www.comunidademoda.com.br/lavagem-de-jeans/>>. Acesso em: 9 jul. 2014.

FISKEJÖ, G. The Allium test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*, v. 102, n. 1, p. 99-112, 1985.

FISPQLABSYNTH. *Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos*:- Cloreto de Ferro. 2010 Disponível em: <<http://downloads.labsynth.com.br/FISPQ/rv2012/FISPQ-%20Cloreto%20de%20Ferro%20ICO%20Hexahid.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2014.

FONTELLA, L. F. U. *Estudo do Segmento Jeans*. 2009. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/producao-academica/estudo-sobre-o-segmento-jeans/2231/>>. Acesso em: 9 jul. 2014.

JARDIM, G. *Estudos Ecotoxicológicos da água e do Sedimento do Rio Corumbataí, SP*. 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-20062005-172838/pt-br.php>>. Acesso em: 9 jul. 2014.

LIMA, C. *O Dilema das Confecções*. *Jornal Tribuna do Planalto. Comunidades*, v. 28, n. 1437, 2013. Disponível em: <[http://tribunadoplanalto.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=16752:o-dilema-das-confecoes&catid=132:economia](http://tribunadoplanalto.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=16752:o-dilema-das-confecoes&catid=132:economia)>. Acesso em: 28 jun. 2014.

LONGHIN, S. R. *Estudo da degradação dos antibióticos beta-lactâmicos amoxicilina e ampicilina e avaliação da toxicidade e biodegradabilidade dos seus produtos*. 2008. Tese (Doutorado) - Programa de Doutorado em Química, do Instituto de Química da Universidade de Brasília, 2008.

MENEZES, J. C. S. dos S. *Tratamento e Reciclagem do Efluente de uma lavanderia industrial*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Minas, Metalúrgica e de Materiais, 2005.

MORAVIA, W. G. et al. Caracterização microestrutural da argila expandida para aplicação como agregado em concreto estrutural leve. *Cerâmica*, v. 52, n. 322, p. 193-199, 2006.

PEREIRA, J. A. R. *Geração de Resíduos Industriais e Controle Ambiental*. 2001. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secex/sti/indbrasopodesafios/saber/josealmirfinal.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

PROSAB. *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbicos*. In: CHERNICHARO, C.A.L. (Coord.) 2001. Cap. 6. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/prosab/pos\\_tratamento.htm](http://www.finep.gov.br/prosab/pos_tratamento.htm)>. Acesso em: 28 jul. 2014.

REDAÇÃO AMBIENTE BRASIL. *Qualidade da Água e os Bioindicadores*. Disponível em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos\\_agua\\_doce/qualidade\\_da\\_agua\\_e\\_os\\_bioindicadores.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_doce/qualidade_da_agua_e_os_bioindicadores.html)>. Acesso em: 23 abr. 2014.

SAINT CYR, L. Tradução: Marina Pastore. *Como funciona a estonagem?* Disponível em: <[http://www.ehow.com.br/funciona-estonagem-como\\_151183/](http://www.ehow.com.br/funciona-estonagem-como_151183/)>. Acesso em: 23 abr. 2014.

VIEIRA D. Estudo do efeito mutagênico do floxacina em *Allium cepa*. In: CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, 42., 1997, Goiânia, Brazil. Genet Mol Biol Supplement.