

**INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE - CAMPUS ARAQUARI**

**HYALLE MIRELLA MOURA FREITAS DOS SANTOS, JÉSSICA SARDÁ ALBERTON,  
LETÍCIA MÂNICA FERREIRA GOMES, MARIANE RODRIGUES GRACIANO,  
PÂMELA EDUARDA DE OLIVEIRA**

**BIODEGRADAÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS POR MICRORGANISMOS  
DO CHORUME EM MEIOS ENRIQUECIDOS POR UM SUBPRODUTO  
DA FABRICAÇÃO DA CACHAÇA**

**ARAQUARI**

**2016**

**HYALLE MIRELLA MOURA FREITAS DOS SANTOS, JÉSSICA SARDÁ ALBERTON,  
LETÍCIA MÂNICA FERREIRA GOMES, MARIANE RODRIGUES GRACIANO,  
PÂMELA EDUARDA DE OLIVEIRA**

**BIODEGRADAÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS POR MICRORGANISMOS  
DO CHORUME EM MEIOS ENRIQUECIDOS POR UM SUBPRODUTO  
DA FABRICAÇÃO DA CACHAÇA**

Trabalho Final do Projeto de Iniciação Científica Integrada (PIC-QUIMI) apresentado ao Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari como parte complementar à matriz curricular do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio.

**ARAQUARI**

**2016**

## RESUMO

O desenvolvimento industrial tem causado impactos ambientais cada vez mais críticos e frequentes. O setor têxtil se destaca em relação ao nível elevado de consumo e produção de efluentes. Os corantes presentes nestes dejetos, ao serem despejados, podem prejudicar ciclos biológicos. Assim, novas pesquisas vêm sendo realizadas a fim de encontrar alternativas para o tratamento de efluentes têxteis. Uma delas é a biodegradação de moléculas de interesse, que pode ser realizada por microrganismos. Uma fonte interessante destes microrganismos é o chorume, líquido viscoso que pode produzir grandes problemas ambientais especialmente ao alcançar lençóis freáticos. Este trabalho utilizou a flora microbiana proveniente do chorume formado no descarte de dejetos têxteis para verificar o potencial de biodegradação de corantes têxteis, utilizando como fonte nutricional microbiana o vinhoto, um subproduto da indústria alcooleira. Quando descartado como resíduo, o vinhoto também pode causar impactos ambientais como acidificação e eutrofização. Soluções do efluente, chorume, vinhoto e/ou melado (fonte de nutrientes de referência) foram preparadas, tendo os dois últimos em diferentes concentrações. As soluções foram também submetidas a diferentes intensidades de aeração (agitação) e tiveram suas eficiências comparadas por 15 dias de tratamento. As soluções que receberam agitação constante com vinhoto em menor concentração apresentaram menor quantidade de matéria orgânica (obtida por DQO) e um espectro de menor intensidade de absorvância (300 – 800 nm). Além disso, as amostras agitadas continuamente não apresentaram toxicidade (*Vibrio fischeri*). Contudo, a quase neutralização do pH foi obtida nas soluções pouco agitadas, suplementadas com melado e melado/vinhoto (50/50). É possível utilizar o chorume como fonte microbiológica para tratamento de efluente têxtil, aproveitando o vinhoto como fonte nutricional, em sistemas preferencialmente mais aerados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodegradação, dejetos de indústrias têxteis, vinhoto, impactos ambientais.

## ABSTRACT

The industrial development has caused environmental impacts increasingly critical and frequent. The textile industry stands out due to the high demand and production of effluents. When the pigments are released, they can cause environmental impact influencing biological cycles. Thus, new researches have been conducted to find alternatives for the treatment of textile effluents. One alternative is the biodegradation of molecules of interest, which can be performed by microorganisms. An interesting source of these microorganisms is the leachate, which is a viscous liquid that can cause significant environmental problems particularly when achieve the groundwater. This work used the microbial flora from leachate of textile waste to evaluate the biodegradation potential of textile pigments, using *vinhoto* as energy source for microorganisms, which is a byproduct of alcohol industry. When released as waste, *vinhoto* is a potentially polluting product, and can cause acidification and eutrophication. Solutions of the waste, *vinhoto* and/or molasses (reference nutrient source) and leachate were obtained, varying the level of the last two. The solutions were also submitted to different aeration degree (shaking) and had their efficiencies compared for 15 days of assessment. The solutions which received continuous stirring with less concentrated *vinhoto* with presented a lower amount of organic matter (obtained by COD) and a spectrum with lower absorbance intensity (300 - 800 nm). In addition, continuously stirred samples showed no toxicity (*Vibrio fischeri*). However, nearly the pH neutralization was obtained in the slightly stirred essays, enriched with molasses and molasses/*vinhoto* (50/50). The application of leachate as a microbiological source for textile effluent treating, taking advantage of *vinhoto* as a nutritional source, preferentially in well-aerated systems, is possible.

**KEYWORDS:** Biodegradation, waste from textile industries, *vinhoto*, environmental impacts.

## SUMÁRIO

<b>1 TEMA .....</b>	<b>5</b>
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	5
<b>2 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>6</b>
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
<b>3 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>9</b>
4.1 OS CORANTES TÊXTEIS.....	9
4.2 CHORUME: UM POTENCIAL POLUENTE.....	10
4.3 VINHOTO: UM SUBPRODUTO RICO EM NUTRIENTES .....	11
4.4 MELADO: FONTE NUTRITIVA DE COMPARAÇÃO .....	11
4.5 A BIODEGRADAÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS .....	12
<b>5 METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	<b>14</b>
5.1 AMOSTRAS E EXPERIMENTOS.....	14
5.2 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS.....	15
<b>5.2.1 Determinação da quantidade de matéria orgânica por DQO.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2.2 Ensaio de toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> .....</b>	<b>17</b>
<b>5.2.3 Análise de Variância.....</b>	<b>17</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>18</b>
6.1 ANÁLISE DE ACIDEZ.....	18
6.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO).....	19
6.3 AVALIAÇÕES ESPECTROFOTOMÉTRICAS .....	20
6.4 ENSAIOS DE <i>VIBRIO FISCHERI</i> .....	22
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>

## **1 TEMA**

Avaliação da biodegradação de corantes de efluentes têxteis.

### **1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Avaliação da degradação de corantes de efluentes têxteis, submetidos a diferentes intensidades de aeração, por bactérias oriundas do chorume, tendo como substratos o vinhoto e o melado em diferentes concentrações, sendo o melado o controle do experimento.

## 2 OBJETIVO GERAL

Estudar a eficiência do processo de biodegradação de compostos de cor presentes em efluentes têxteis utilizando a flora microbiana de chorume de dejetos da mesma indústria, alimentados com nutrientes provenientes de um subproduto da produção da cachaça, o vinhoto, em diferentes concentrações, em condições aeróbicas e pouco aeróbicas.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar a influência da concentração do vinhoto na atividade microbiana de degradação dos corantes têxteis.

Comparar a eficiência dos tratamentos de meios enriquecidos com vinhoto com meios enriquecidos com melado.

Comparar as diferentes condições de aeração das soluções de efluente, considerando que isto ainda não está bem elucidado para os microrganismos do chorume dos dejetos industriais têxteis utilizados.

Determinar parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos ensaios: pH, demanda química de oxigênio (DQO), toxicidade para a bactéria *Vibrio fischeri* e o espectro de absorção UV-Vis.

Observar os efeitos de neutralização e descoloração/degradação dos corantes dos efluentes têxteis durante e ao final do tratamento biológico.

### 3 INTRODUÇÃO

Existem diversas empresas relativas à indústria têxtil espalhadas pelo mundo, pois as necessidades humanas exigem estes tipos de bens materiais como vestuários, decoração, produtos para cama, toalhas para mesa e banho (FUJITA, et al., 2015), e, por isso, a indústria têxtil é um dos setores econômicos que mais cresce mundialmente (MOURA, et al., 2015).

No Brasil, as primeiras indústrias têxteis foram inauguradas em 1830 na região Nordeste, sendo que a Bahia foi o principal centro até 1860. A partir de 1866 as fábricas começaram a se concentrar na região centro-sul. Em 2007 a maior parte das fábricas instaladas no Brasil estava na região Sul e Sudeste, atuando desde a fiação à confecção de vestuários (FUJITA, et al., 2015; COSTA, et al., 2009).

Atualmente, a indústria têxtil e de confecção brasileira está entre as mais competitivas do mundo. Em 2011, o Brasil estava em oitavo lugar entre os maiores produtores têxteis e em sétimo na produção de artigos confeccionados (FUJITA, et al., 2015). Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), em 2011, o Brasil apresentava um parque industrial de R\$ 80 bilhões em lucros, ou 3,5 % do Produto Interno Bruto (PIB), com 30 mil empresas em funcionamento, rendendo 8 milhões de empregos diretos e indiretos (DINIZ, 2011).

As indústrias têxteis estão entre as empresas que mais utilizam água em suas produções. O volume médio para o tingimento de uma tonelada de tecido é de aproximadamente 100 m<sup>3</sup> de água (WIELEWSKI, 2014), além do uso de outros produtos, tais como detergentes, soda cáustica, gomas, antiespumantes, cloro, formóis, emulsões e óleos (RIBEIRO, 2013).

Existem 8 mil tipos de corantes têxteis, com produção anual de mais de 700 mil toneladas no mundo, e 20 % destes são descartados em corpos hídricos. Isso é um grande problema ambiental, pois este tipo de efluente apresenta difícil degradação (MOURA, et al., 2015) e seus resíduos, quando liberados sem o devido tratamento, poluem o ecossistema hídrico, dificultando a penetração de luz no ambiente e, assim, prejudicando a fotossíntese dos seres autotróficos (MENDES, 2016; LEITE, 2015). Os corantes têxteis além de poluírem os cursos d'água, podem ser prejudiciais se ingeridos por organismos vivos. Estudos realizados com diferentes testes com corantes *in natura* e efluentes têxteis mostraram que estes são mutagênicos ou carcinogênicos (DUSMAN; et al., 2012). De acordo com o Instituto Nacional do Câncer, o EPA (sigla em inglês que significa Agência de Proteção Ambiental) e o ETAD (sigla em inglês para Associação sobre Ecologia e Toxicologia para Corantes e Pigmentos Orgânicos), alguns corantes são metabolizados em agentes cancerígenos quando ingeridos por organismos aquáticos (SILVA, 2007), porém seus mecanismos não são completamente conhecidos devido à dificuldade de se estudá-los, uma vez que seus resíduos persistem por muito tempo quando liberados no ambiente e seus efeitos podem ser observados durante décadas (DELLAMATRICE, 2005).

Existem vários processos para o tratamento de efluentes têxteis, tais como a adsorção, a degradação química, os métodos baseados em técnicas eletroquímicas, a coagulação, a flotação, a sedimentação, a ozonização e a biodegradação (TOSATO, et al., 2011; RIBEIRO, 2013). Os processos biológicos ganharam mais enfoque recentemente por serem economicamente viáveis e por resultarem em produtos pouco poluentes (RIBEIRO, 2013).

Para o bom desenvolvimento dos microrganismos no processo de biodegradação é necessária uma fonte de nutrientes. Um produto utilizado e que representa custos para a indústria, apesar de ser considerado barato, é o melado da cana-de-açúcar. Uma alternativa interessante seria o vinhoto (CAMPOS, 2009), um subproduto da produção de cachaça, que tem elevado índice de matéria orgânica e que quando descartado de maneira indevida, pode acarretar vários problemas nos ambientes aquáticos. O Estado de Santa Catarina está entre os maiores produtores nacionais de cachaça, sendo produzidos anualmente 1,3 bilhão de litros, o que gera quase R\$ 200 milhões de lucro, empregando cerca de 450 mil trabalhadores (RODAS, et al., 2005).

Outro poluidor ambiental potencialmente considerável é o chorume, líquido produzido na biodegradação da matéria orgânica, encontrado principalmente em aterros sanitários, que se não for tratado corretamente pode causar grandes impactos. Neste meio rico em nutrientes existem microrganismos que poderiam ser aplicados no tratamento de dejetos em etapas biológicas (SERAFIM, 2003).

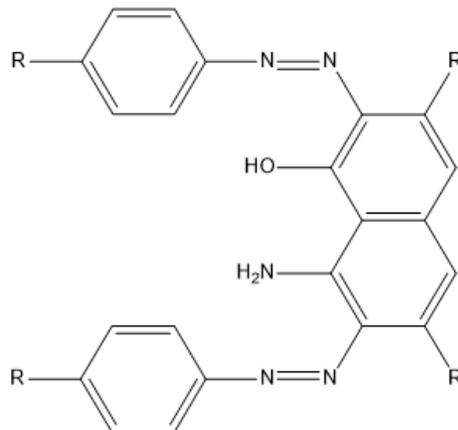
Este trabalho avaliou a biodegradação de corantes de efluentes têxteis utilizando como fonte de microrganismos o chorume. O meio foi enriquecido com vinhoto em diferentes concentrações, tendo como controle o melado. A avaliação do processo foi feita por medidas físico-químicas e biológicas, como pH, DQO, efeito inibidor de *Vibrio fischeri* e medidas de absorvância. A pesquisa foi conduzida nos laboratórios de química do Instituto Federal Catarinense (IFC) - Campus Araquari, com colaboração da empresa que forneceu amostras.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 OS CORANTES TÊXTEIS

As substâncias químicas orgânicas que fornecem cores a substratos têxteis de fibras sintéticas ou naturais são denominadas corantes têxteis (MARÍN, 2015). A molécula do corante utilizado para tingimento das fibras têxteis pode ser classificada pelo seu grupo cromóforo ou pela sua fixação (VIEIRA, 2007). O grupo cromóforo é responsável pela cor dos compostos, por absorver a radiação visível. Dentre os grupos cromóforos geralmente presentes em corantes têxteis, o grupamento azo é o mais utilizado, representando cerca de 60 % (ZANONI, 2010; MARQUES, 2015; VIEIRA, 2007). Os corantes azo possuem em sua estrutura pelo menos um grupo  $-N=N-$  conjugados com duplas ligações de anéis aromáticos (Figura 1) (MARQUES, 2015).

Figura 1 - Estrutura química de um grupo cromóforo de azocorantes, onde R são cadeias carbônicas que diferenciam os corantes deste tipo.



O corante possui uma parte responsável pela sua fixação ao tecido. Essa parte do corante pode ser dividida em vários grupos, sendo os principais: corantes reativos (solúveis em água), ácidos (corantes aniônicos, com um a três grupos sulfônicos e solúveis em água), dispersos (utilizados principalmente em fibras sintéticas; insolúveis em água), azóicos (compostos coloridos; insolúveis em água) e diretos (contém mais de um grupo azo e são solúveis em água) (VIEIRA, 2007). Os corantes reativos são os mais utilizados na indústria têxtil (MARQUES, 2015). Eles se ligam à fibra por meio da reação que ocorre entre um átomo de carbono da sua molécula e um átomo de oxigênio, nitrogênio ou enxofre da fibra. Estes corantes possuem maior solidez, e uma vasta opção de cores, sendo estas as principais vantagens da sua utilização (MARQUES, 2015).

## 4.2 CHORUME: UM POTENCIAL POLUENTE

A degradação da matéria orgânica gera o chorume, um líquido de coloração escura, produzido principalmente em aterros sanitários e formados por pelo menos três diferentes fontes: umidade natural dos lixos ou proveniente de chuvas, líquidos produzidos durante a degradação da matéria orgânica e das enzimas expelidas pelas bactérias degradadoras (SERAFIM, 2003).

Quando o rejeito de indústrias e moradias é conduzido ao aterro sanitário, a degradação é feita primeiramente por bactérias acetogênicas, o que promove um caráter ácido ao meio. Porém, com o passar do tempo, a concentração de bactérias metanogênicas aumenta, elevando o pH. Enquanto isso ocorre, a água proveniente das chuvas pode levar os produtos da degradação para as camadas inferiores (PACHECO, et al., 2004). Então, os produtos gerados pela biodegradação do lixo se misturam formando o chorume, e suas características físico-químicas variam de acordo com vários fatores, principalmente com a composição do lixo degradado, o tempo que ele está armazenado e o volume pluviométrico do local onde ocorre a degradação (CELERE, et al., 2007).

De maneira geral, o chorume pode ser considerado como uma matriz de extrema complexidade, composta por quatro frações principais: matéria orgânica dissolvida (formada principalmente por metano, ácidos graxos voláteis, compostos húmicos e fúlvicos), compostos orgânicos xenobióticos (representados por hidrocarbonetos aromáticos, compostos de natureza fenólica e compostos organoclorados alifáticos), macrocomponentes inorgânicos (dentre os quais se destacam Ca, Mg, Na, K, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Fe, Mn, Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e metais potencialmente tóxicos (ex.: Cd, Cr, Cu, Pb, Ni e Zn) (MORAIS, 2005, p. 1).

Os impactos ambientais causados pelo chorume são dependentes do tempo de decomposição do lixo e das condições onde está alojado. Estudos mostram que os efeitos de sua presença podem ser verificados em mais de 100 metros de distância do local onde é despejado, considerando-se o odor e a migração do próprio chorume (MORAIS, 2005). Em caso de má implantação ou falta de manutenção de um aterro sanitário, o chorume pode se infiltrar no solo e até atingir águas subterrâneas, comprometendo a qualidade e a possível utilização deste recurso, já que nas várias composições do subproduto da degradação dos dejetos, podem haver vários tipos de contaminantes (CELERE, et al., 2007). Os tratamentos deste subproduto variam entre processos biológicos, aeróbios e anaeróbios e uma infinidade de processos físico-químicos, gerando muitas vezes altos custos (SERAFIM, 2003).

Desta forma, o chorume é uma rica fonte de microrganismos, e poderia ser destinado a outros propósitos, como para a biodegradação e tratamento de outros materiais de interesse ambiental.

#### 4.3 VINHOTO: UM SUBPRODUTO RICO EM NUTRIENTES

O Brasil é o segundo maior produtor de etanol do mundo (SHIKIDA, 2015). Uma das principais matérias primas para a produção de álcool é a cana-de-açúcar, sendo responsável por cerca de 76 % da produção brasileira (MOTA, 2012).

Com as grandes atividades agroindustriais do país, e com o elevado índice de resíduos que estes processos produzem, existe o problema do acúmulo destes resíduos ou da utilização de tratamentos inadequados para o descarte no meio ambiente. Estes resíduos causam graves problemas ambientais, sendo os corpos hídricos os mais atingidos. O fator mais preocupante é que a maioria das fábricas de bebidas brasileiras descarta seus resíduos em mananciais e modificam as propriedades desses corpos hídricos. Como consequência, por exemplo, tem-se a acidificação do meio, proporcionando um odor intenso e desagradável.

Um dos principais resíduos produzidos pela atividade da cana-de-açúcar, que tem como utilidade produzir a cachaça, é o vinhoto, um subproduto altamente nocivo quando descartado nos meios aquáticos por possuir propriedades deletérias para os seres que ali se desenvolvem (CANDIDO, et al., 2015).

O vinhoto é gerado pelo processo fermentativo do caldo da cana-de-açúcar ao passar por um destilador, sendo que para cada litro de cachaça, são produzidos 4 litros de vinhoto. Essa proporção é preocupante porque o vinhoto apresenta elevada quantidade de matéria orgânica e altos índices de DBO<sub>5</sub> e DQO. Quando o vinhoto entra em contato com os afluentes, pode consumir todo o oxigênio do meio onde se encontra, causando assim a morte dos seres vivos que necessitam de oxigênio para sobreviver (CAMPOS, 2009).

O vinhoto também possui coloração escura, o que provoca a deficiência de luz, dificultando assim a penetração de luz solar no local, o que é deletério para os seres ali presentes que realizam o processo de fotossíntese (MARQUES, 2013; CAMPOS, 2009). Além disso, a presença do resíduo vinhoto colabora para a eutrofização da água e proporciona o aparecimento de substâncias como o ácido láctico, o glicerol, o etanol e o ácido acético (SILVA, et al., 2014; LAVOIE, et al., 2013).

Desta maneira, por razão de o vinhoto apresentar muita matéria orgânica em sua composição, pode servir como fonte de nutrientes para os microrganismos que participam da biodegradação dos corantes dos efluentes têxteis (JUNG, et al., 2015; POSSIGNOLO, et al., 2015).

#### 4.4 MELADO: FONTE NUTRITIVA DE COMPARAÇÃO

O melado é um subproduto da cana-de-açúcar obtido a partir da evaporação do caldo de cana. É um alimento que possui coloração escura, textura viscosa e nutritivo, por possuir elevados teores de

açúcares, vitaminas e minerais. Além disso, possui um teor energético de 296 kcal/100 g de melado. E de carboidratos de 76,6 g/100 g de melado (FAGUNDES, et al., 2010).

#### 4.5 A BIODEGRADAÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS

Os processos biológicos são uma das alternativas mais econômicas e eficientes para a degradação de substâncias potencialmente poluentes presentes em dejetos industriais. A maioria das indústrias têxteis utiliza o método físico-químico de precipitação-coagulação, seguido de tratamento biológico via sistema de lodos ativados. O processo possui alto rendimento, sendo retirados até 80 % da carga de corantes do efluente. Porém, a quantidade de lodo produzido é consideravelmente grande, e após ter absorvido alta concentração de corantes, é difícil a sua recuperação ou reutilização. Fatores como este estimulam pesquisadores a buscar novos e melhores processos de tratamento de efluentes têxteis. Microrganismos versáteis, que degradam grande variedade de corantes, com baixo custo operacional, são o alvo de pesquisas nesta área, com destaque para bactérias como *Pseudomonas sp* e *Sphingomonas sp*, pois são particularmente úteis para degradação de azocorantes (KUNZ, et al., 2002). Além disso, o tratamento por microrganismos é capaz de diminuir a DBO e DQO dos efluentes e proporcionar a remoção das partículas sólidas, matéria orgânica dissolvida e parte da matéria inorgânica. Sendo que os principais microrganismos envolvidos na degradação de matéria orgânica são as bactérias (BELTRAME, 2000).

Processos que utilizam carvão ativado na remoção de corantes de efluentes têxteis apresentam alta eficiência em relação aos processos de coagulação, seguidos de separação por flotação ou sedimentação, pois estes não são eficazes na remoção da cor e compostos orgânicos dissolvidos. Contudo, como a superfície química do carvão é positiva, a adsorção de corantes catiônicos é impossibilitada, afetando a qualidade do tratamento. Além disso, estes processos de tratamento não destroem as moléculas dos corantes, havendo apenas a retirada do resíduo de corante têxtil (KUNZ, et al., 2002).

O tratamento de efluentes com ozônio se mostrou eficiente para alguns efluentes têxteis. As ligações duplas dos grupos cromóforos podem ser rompidas pela oxidação do ozônio, formando moléculas menores e saturadas, degradando e descolorindo assim o efluente (LIN, 1996). Porém, esse processo não é muito utilizado pelas indústrias por conta do aumento da toxicidade de alguns intermediários da reação, o que torna necessário o acompanhamento do processo por meio de testes de toxicidade (KUNZ, 2002).

Cerca de 20 % dos corantes empregados no processo de coloração dos tecidos são encontrados nos efluentes, como resultado da fixação incompleta durante a etapa de tingimento dos tecidos (MOURA, et al., 2015). As propriedades dos corantes têxteis, tais como cor muito brilhante, cores com

maior visibilidade em baixas concentrações, estrutura química estável a luz e aos ataques químicos, os tornam bastante resistentes à degradação microbiana, fazendo com que essas substâncias se alojem nos efluentes por um longo tempo. O fato dessas substâncias possuírem cor faz com que elas sejam ainda mais indesejáveis no ambiente (GUARATINI, et al., 2000).

Se o processo de biodegradação por bactérias aeróbias for totalmente eficiente, ou seja, capaz de degradar 100 % do corante dessa solução de rejeito, o produto final desse processo, seria gás carbônico e água, ou seja, produtos de baixo potencial poluente relativo.

## 5 METODOLOGIA DA PESQUISA

### 5.1 AMOSTRAS E EXPERIMENTOS

A amostra do efluente têxtil e o chorume foram fornecidos pela indústria têxtil Döhler S/A, e o vinhoto pela indústria de cachaça artesanal Max Moppi, ambas de Joinville – SC, a cerca de 15 km de Araquari – SC. O melado foi obtido em comércio local.

Segundo o setor de tratamento de resíduos da indústria têxtil, existem evidências práticas de que os microrganismos do chorume têm ação efetiva na degradação de corantes presentes no dejetos justamente por ser proveniente da degradação de dejetos, sólidos e pastosos, da própria indústria. Também segundo os técnicos do setor, o melado tem os nutrientes disponíveis aos microrganismos do chorume, mas, ainda assim, a indústria tem um gasto com o melado que poderia ser evitado caso outra fonte de nutrientes mais econômica ou grátis pudesse ser usada com a mesma ou melhor eficiência. Assim, a eficiência do vinhoto como fonte de nutrientes foi comparada ao do melado (controle). Uma mistura das duas fontes de nutrientes também foi testada. O tempo de observação do tratamento foi de 15 dias. Os microrganismos receberam nutrientes do melado e vinhoto no dia 0 e no dia 8 em igual quantidade, conforme a Tabela 1. As proporções escolhidas têm base em informações de testes preliminares realizados na própria indústria fornecedora do dejetos.

Tabela 1 - Ensaios para teste de biodegradação de corantes de dejetos têxteis com microrganismos do chorume alimentados por melado e vinhoto.

Ensaio*	Efluente (mL)	Chorume (mL)	Vinhoto 10% (mL)	Melado 10% (mL)	
Pouca agitação	1P	800	160	-	12
	2P	800	160	4	-
	3P	800	160	12	-
	4P	800	160	6	6
Agitação constante	1A	125	25	-	3,75
	2A	125	25	1,25	-
	3A	125	25	3,75	-
	4A	125	25	1,87	1,87

\*Aos ensaios 1 foram adicionados melado, 2 com vinhoto em menor quantidade, 3 com maior quantidade e 4 com melado/vinhoto 50/50. A quantidade de vinhoto era três vezes maior para as amostras 3 em comparação com as amostras 4. Amostras 1-4P foram obtidas em recipientes de base retangular de 30 cmX15cm sob agitação manual e periódica. Amostras 1-4A foram obtidas em erlenmeyer sob agitação constante.

Outra variável do processo, além da fonte extra de carbono (vinhoto e melado), foi a intensidade de agitação dos ensaios. Quatro ensaios e suas respectivas duplicatas foram preparados em erlenmeyers de 250 mL que ficaram em constante agitação (mesa agitadora Orbital SL180/A, nível de velocidade 2) e quatro ensaios mais as duplicatas foram feitos em recipientes com uma base retangular ampla, adaptado de garrafas de 5 L de polietileno de água mineral comercial (Figura 2), o que reproduzia, geometricamente, o sistema de lagoa originalmente utilizado pela indústria. Como não era possível fazer uma agitação constante nestas embalagens, os erlenmeyers foram usados em mesa própria de agitação de laboratório. Os ensaios de pouca agitação (1-4P, Tabela 1) recebiam agitação manual durante 1 minuto três vezes ao dia, exceto nos finais de semana (Tabela 1), pois era de conhecimento que os microrganismos necessitavam de um mínimo de agitação para se desenvolverem.

Figura 2 - Frascos adaptados para os ensaios com agitação manual periódica.



O vinhoto e o melado foram utilizados diluídos a 10% pelo fato de apresentarem alta concentração de matéria orgânica, o que poderia resultar em uma dosagem excessiva de nutrientes para as bactérias ou prejudicar a ação de degradação, por já existir uma grande quantidade de nutrientes. Foram adicionados às amostras apenas melado (1A e 1P), vinhoto em menor (2A e 2P) e maior (3A e 3P) concentrações e melado/vinhoto na proporção 50/50 (v/v) (4A e 4P) (Tabela 1).

## 5.2 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS

Os efeitos da biodegradação dos corantes foram avaliados pelos métodos de Demanda Química de Oxigênio (DQO), espectrofotometria e medida da toxicidade aguda por *Vibrio Fischeri*. As variações do potencial hidrogeniônico (pH) também foram observadas.

A DQO foi determinada com base no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, et al., 1999). Foi realizada nos dias 1, 8 e 15, assim como o pH (potenciômetro MS Tecnocon Mpa210).

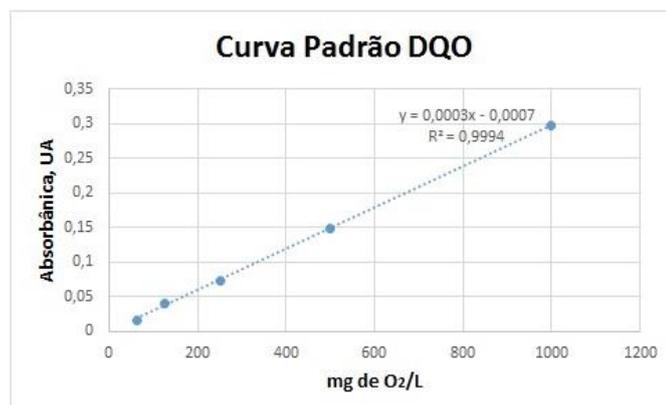
As avaliações espectrofotométricas foram utilizadas para verificar a variação da intensidade e da cor das amostras. Os espectros de absorvância (190 a 800 nm) foram obtidos em espectrofotômetro UV-Vis (Shimadzu UV-1800) nos dias 1, 8 e 15. Para análise toxicológica a avaliação com *Vibrio fischeri* foi feita ao final do experimento (15º dia).

Os ensaios foram conduzidos nos laboratórios de química do IFC – Câmpus Araquari. Os métodos biológicos, de toxicidade e de tratamento estatístico dos dados estão descritos a seguir.

### 5.2.1 Determinação da quantidade de matéria orgânica por DQO

A DQO é um parâmetro muito utilizado nos estudos de análise de esgoto sanitário e de efluentes industriais, e é aplicada para se medir a quantidade de oxigênio utilizada para oxidar a matéria orgânica presente em uma amostra através da utilização de um agente químico, como o dicromato de potássio (CETESB, 2009). Para esta avaliação, foi feita uma curva padrão de DQO, de 0 a 1000 mg de O<sub>2</sub>/L dissolvido (Gráfico 1). Foi adicionando em um tubo de ensaio 2,5 mL da amostra do efluente têxtil, 1,5 mL da solução de digestão (dicromato de potássio + sulfato de mercúrio) e 3,5 mL de solução de ácido sulfúrico + sulfato de prata. Também foi preparado o branco utilizando-se água destilada em vez do efluente têxtil. Em seguida os tubos foram agitados para que houvesse a sua homogeneização e colocados no digestor a 150 °C por duas horas. Posteriormente, foi feita a leitura dos tubos no espectrofotômetro (sendo que a solução contendo água destilada foi utilizada como branco), no comprimento de onda de 600 nm. A DQO foi obtida substituindo-se os valores da absorvância na fórmula obtida pela curva padrão de DQO. Foram obtidos os valores de DQO para os oito ensaios, o efluente têxtil puro e o vinhoto puro. Maiores valores de DQO estão associados a uma maior quantidade de matéria orgânica susceptível à oxidação química.

Gráfico 1 – Curva padrão da DQO em mg O<sub>2</sub>/L dissolvido



### 5.2.2 Ensaio de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri*

O teste de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* (*Photobacterium phosphoreum*), bactéria luminescente de origem marinha, tem como objetivo indicar o grau de toxicidade de uma amostra que pode ser de água marinha, doce e de sedimentos desses ambientes, após o ajuste de salinidade. A bactéria não tem sua emissão de luz natural alterada em ambientes aquáticos com concentrações de oxigênio dissolvido superiores a 0,5 mg/L. O teste baseia-se em expor a bactéria a uma amostra de água ou sedimentos, durante determinado período e verificar, na presença de substâncias tóxicas à bactéria, a diminuição da luminescência, sendo esta proporcional à toxicidade da amostra. Dentre as substâncias tóxicas às bactérias estão os metais, fenóis, benzeno e seus derivados e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (CETESB, 2009).

Primeiramente as amostras tiveram seu pH e salinidade ajustadas (pH entre 6,5 e 8,5; e salinidade de 22g/L), para que não houvesse interferência na atividade das bactérias. Após isso foi feita a reativação da bactéria, transferindo-se 1 mL de solução tampão de reativação para uma cubeta e depois de cinco minutos, para a ampola contendo a bactéria, sendo homogeneizado com a pipeta sem a formação de bolhas. Em seguida a bactéria reativada foi transferida para a cubeta e aguardados 15 min. Foi preparada uma solução salina de 22 g/L (salinidade boa para a bactéria), e colocado 2 mL dessa solução em uma cubeta, depois de aguardar os 15 min foi adicionado 0,2 mL de bactéria reativada na cubeta com a solução salina. Uma cubeta 3 mL de amostra controle (solução salina), e as outras cubetas com 3 mL das amostras finais do efluente tratado, ambas em duplicata. Foram adicionados 0,1 mL da bactéria reativada nas cubetas das duplicatas (esse processo foi realizado dentro de 15 min), após isso foi realizada a leitura de intensidade de emissão da luz gerada na bioluminescência. Foram pipetados 0,9 mL da amostra do efluente e do controle nas suas respectivas duplicatas. Esse processo ocorreu dentro de um tempo de 30 min, e, após este tempo, foi feita novamente a leitura das duplicatas. Todo o teste foi realizado no aparelho BioFix Lumi-10, com todas as ampolas no módulo de incubação do aparelho. O experimento foi realizado com a utilização do software Easy data, que forneceu os resultados para determinar se as amostras eram ou não tóxicas.

### 5.2.3 Análise de Variância

Para comparação de médias obtidas nas repetições analíticas, foi utilizado o Teste de Tukey ao nível de 5 %. A análise dos dados foi feita no programa SASM-Agri versão 8.2 (CANTERI et al., 2001).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 ANÁLISE DE ACIDEZ

As amostras de dejetos têxteis com chorume, vinhoto e/ou melado apresentaram pH entre 7,29 e 9,35 (Tabela 2). Beltrame (2000) reporta em sua revisão que, apesar da grande diversidade de processos da indústria têxtil, matérias-primas, técnicas e equipamentos, de uma maneira geral as águas residuais provenientes da estamparia, tinturaria e lavagem de tecidos apresentam pH neutro ou alcalino.

Tabela 2 - Valores de pH<sup>1</sup>, em 15 dias, para os ensaios de tratamento biológico de dejetos têxteis sob agitação mais (A) e menos (P) intensa, com chorume, adicionados de melado (1), vinhoto em menor (2) e maior (3) concentrações, e melado/vinhoto 50/50 (4).

Ensaio	Dia 1		Dia 8		Dia 15		Média	DP (média)
	pH <sup>2</sup>	DP	pH <sup>2</sup>	DP	pH <sup>2</sup>	DP		
1A	8,24 <sup>B</sup>	0,13	9,16 <sup>A</sup>	0,02	8,48 <sup>B</sup>	0,24		
2A	8,92	0,33	9,24	0,15	9,04	0,05	9,06	0,22
3A	8,67	0,05	9,04	0,21	9,02	0,04	8,92	0,21
4A	8,27 <sup>B</sup>	0,02	9,27 <sup>A</sup>	0,06	8,72 <sup>AB</sup>	0,16		
Média	8,50	0,33	9,23	0,14	8,82	0,27		
1P	7,78 <sup>AB,b</sup>	0,04	8,22 <sup>A</sup>	0,12	7,34 <sup>B,c</sup>	0,07		
2P	9,28 <sup>A,a</sup>	0	8,75 <sup>B</sup>	0,08	9,00 <sup>AB,a</sup>	0,08		
3P	9,14 <sup>A,a</sup>	0,03	8,62 <sup>C</sup>	0,03	8,88 <sup>B,a</sup>	0,01		
4P	7,70 <sup>B,b</sup>	0,04	8,40 <sup>A</sup>	0,120	8,23 <sup>A,b</sup>	0,12		
Média			8,50	0,23				

<sup>1</sup>Média de duas repetições  $\pm$  desvio padrão (DP).

<sup>2</sup>Letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa para o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Quando não houve diferença, a média  $\pm$  DP são mostrados.

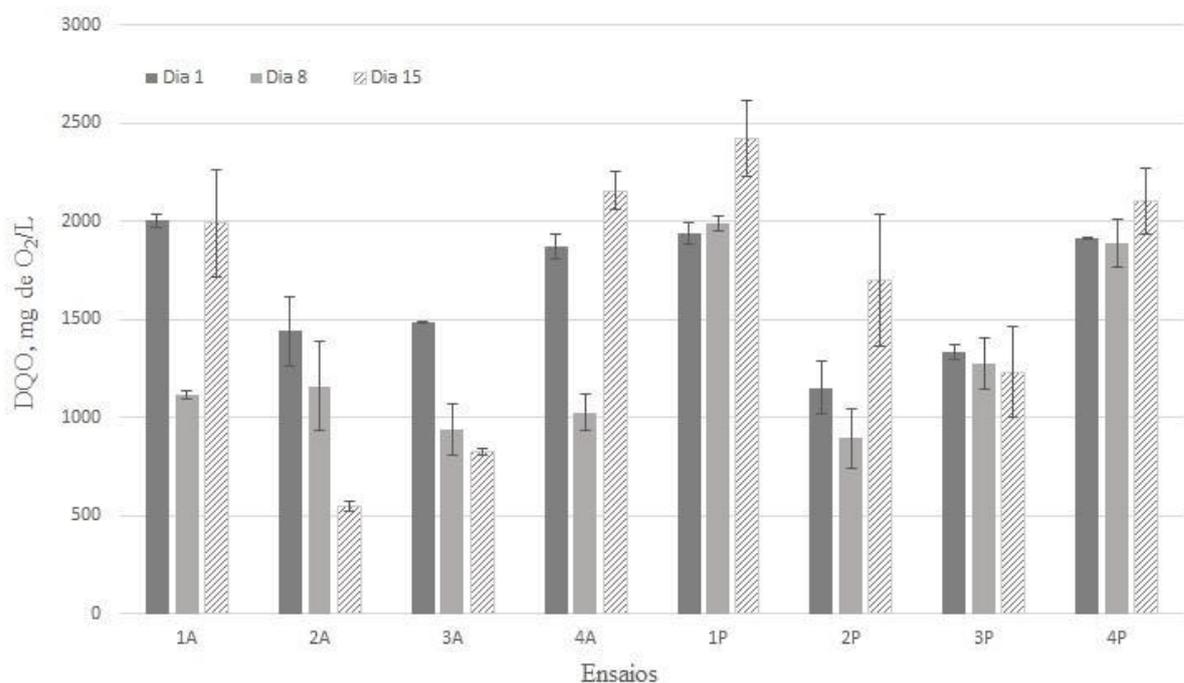
As medidas de pH (duplicatas) apresentaram um CV < 5%. O efluente bruto tem caráter alcalino, com pH > 10,3. Todos os meios enriquecidos com melado e/ou vinhoto tiveram seus pHs diminuídos em relação ao dejetos bruto logo no primeiro dia (Tabela 2), pois, tanto o chorume (pH < 5,2) quanto o vinhoto (pH < 3,3) e o melado (pH < 4,7) são ácidos. Isto é considerado uma ação positiva, pois nesses sistemas de tratamento, uma das necessidades é a neutralização do dejetos antes do descarte. Desta forma, a utilização do sistema com vinhoto, melado e chorume diminuiria o consumo de ácido sulfúrico, que atualmente é aplicado pela indústria para esta correção.

Em sistemas sob agitação mais intensa (A), não houve diferença significativa entre os valores de pH dos ensaios com melado, vinhoto e melado/vinhoto analisando-se cada dia de análise e suas médias (Tabela 2). As amostras com vinhoto em sistemas sob agitação mais intensa não tiveram seus pHs afetados com o tempo, mantidos em 9,06 e 8,92 para as amostras com menor (2A) e maior concentração de vinhoto (3A), respectivamente. Isso não ocorreu para as amostras com vinhoto em agitação reduzida (2P e 3P), que tiveram um comportamento tendendo para a diminuição (8º dia) e o aumento mais suave do pH (15º dia). A melhor ação de neutralização do dejetos foi observada sob pouca agitação e com melado (1P) ou melado/vinhoto (4P) (Tabela 2). Mas, considerando o final do processo (15º dia) e amostras apenas com vinhoto, a agitação pouco influenciou nos valores de pH, que se manteve em torno de 9.

## 6.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

A DQO determinada para os experimentos de biodegradação dos dejetos têxteis, ao final do período de observação, variou de 2400 mg de O<sub>2</sub>/L (amostra 1P) a 550 mg de O<sub>2</sub>/L (amostra 2A). É citado que uma carga orgânica moderada para dejetos deste tipo varia de 300 a 3000 mg de O<sub>2</sub>/L (BELTRAME, 2000). De uma maneira geral, os ensaios que apresentaram menor índice de matéria orgânica (menor DQO) foram aqueles enriquecidos com vinhoto (amostras 2 e 3, Figura 3).

Figura 3. Demanda química de oxigênio (DQO) para os ensaios de tratamento de dejetos têxtil industrial com chorume e enriquecimento nutricional, sob agitação mais (A) e menos (P) intensa, adicionados de melado (1), vinhoto em menor (2) e em maior (3) concentrações, e melado/vinhoto 50/50 (4).



A quantidade de matéria orgânica tendeu a diminuir nas amostras sob maior agitação nos primeiros 8 dias, enquanto que nas amostras com pouca agitação, não houve variação significativa da DQO neste período (Figura 3). O sistema mais aerado favorece o desenvolvimento das bactérias do chorume, que provavelmente são, em sua maioria, aeróbias, conforme informações da própria indústria fornecedora das amostras.

Durante a última semana de análise, observando-se o sistema em agitação constante, a quantidade de matéria orgânica aumentou para os ensaios que contêm melado (1A e 4A), porém não se alterou para o ensaio com maior concentração de vinhoto (3A) e continuou diminuindo no ensaio com menor quantidade de vinhoto (2A). Vale ressaltar que no oitavo dia, todas os ensaios receberam novas doses dos produtos que continham nutrientes (melado e/ou vinhoto).

Nos ensaios com maior quantidade de vinhoto (3A e 3P) e com vinhoto/melado com pouca agitação (4P), a DQO se manteve entre o 8º e o 15º dia. Nos demais experimentos, houve um aumento da DQO neste período, exceto para a amostra 2A. Isto se deve ao fato de que o melado contém uma maior quantidade de matéria orgânica, visto os maiores valores de DQO do primeiro dia para as amostras 1 e 4. Na nova adição de nutrientes, no 8º dia, a amostra 2A, que não contém melado, é composta por uma menor concentração de vinhoto e está sob alta agitação, e foi a única que apresentou uma redução da DQO na última semana de avaliação pois, além de melhores condições em termos de oxigenação, esta amostra recebeu uma quantidade adequada de nutriente (o vinhoto em menor concentração) e os microrganismos conseguiram, portanto, utilizar a matéria orgânica disponível, não havendo uma dosagem excessiva. A variação da DQO da amostra 2A foi de 2,5 vezes entre os dias 1 e 15, a maior obtida (Figura 3).

Desta forma, considerando que o dejetado de melhor qualidade a ser descartado no meio ambiente deve apresentar baixos índices de matéria orgânica, ensaios sob agitação e com enriquecimento de vinhoto no nível mais baixo aplicado neste trabalho seriam as condições indicadas de tratamento.

### 6.3 AVALIAÇÕES ESPECTROFOTOMÉTRICAS

Os ensaios sob menor agitação e com melado ou melado/vinhoto apresentavam-se mais opacos visualmente (Figura 4). Esta observação foi comprovada com os experimentos espectrofotométricos. É possível verificar na Figura 5-a que, para o experimento com maior concentração de vinhoto (a seguir será exposto o porquê de ter esta condição escolhida para a discussão), a agitação contínua não permite um aumento de absorbância, como ocorreu no ensaio com agitação reduzida. Na Figura 5-a está também o espectro do efluente bruto, que não tem coloração mais intensa porque não recebeu chorume nem solução nutritiva (melado, vinhoto). Estes

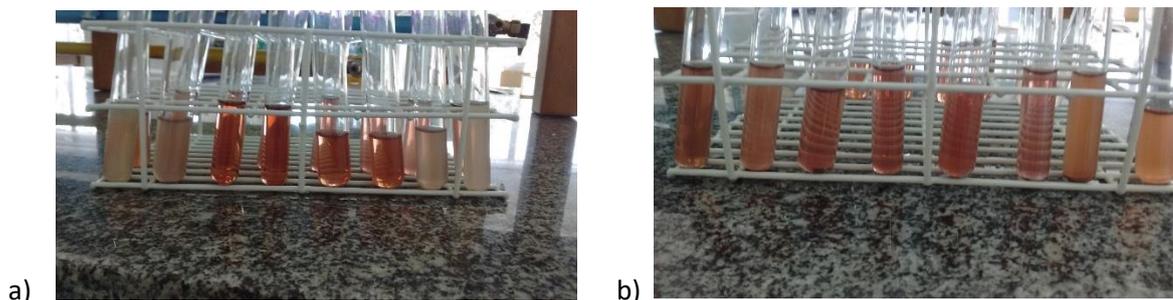
aditivos têm coloração que contribui com a absorvância em quase todo o espectro. Desta forma, o sistema sob agitação seria o mais indicado do ponto de vista da manutenção da coloração clara do resíduo líquido industrial. Os experimentos sob agitação foram discutidos a seguir.

Verifica-se que, até o 8º dia, não houve diferenças significativas entre os espectros de absorvância entre 300 e 800 nm (Figuras 5-b e 5-c), região do visível, e, portanto, onde os compostos de cor provenientes do dejetto têxtil irão absorver a luz. As pequenas diferenças mostradas nestes gráficos não são relevantes do ponto de vista estatístico. A 500 nm, ponto de interesse, pois o dejetto têxtil tem um pico suave de absorvância em torno deste comprimento de onda, os valores não apresentaram diferença estatística significativa nos ensaios do dia 1 e dia 8.

Entretanto, nas medidas feitas no 15º dia, os espectros dos diferentes tratamentos mostraram-se significativamente diferentes, como expõe a Figura 5-d. Considerando que o melhor tratamento seria o que menos apresenta cor, ou seja, absorvâncias menores na região do visível, o ensaio com vinhoto a uma concentração maior foi o que produziu melhor resultado. Na sequência estiveram o vinhoto em menor concentração, melado/vinhoto, e o ensaio que apresentou cores mais intensas ao final do experimento e sob agitação constante foi o melado, e, portanto, o menos interessante em termos de “clareamento” do dejetto.

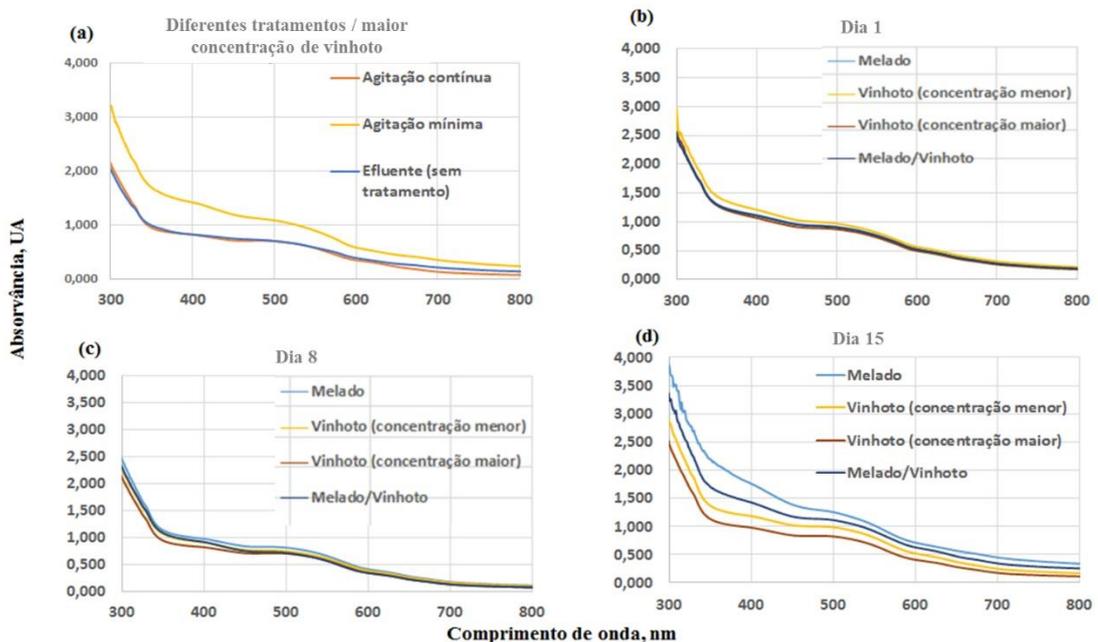
Conchon (1995) afirma que o sistema de lodo ativado (processo biológico) é o tratamento mais eficiente para efluente têxtil operando em faixa de tempo prolongada por apresentar alta estabilidade, baixo custo, e com remoção da cor em níveis superiores a 90 %.

Figura 4 – Imagem dos ensaios<sup>1</sup> com dejetto têxtil, vinhoto/melado e chorume para testes de degradação de corantes contaminantes.



<sup>1</sup> (a) Amostras das células 1P, 2P, 3P, 4P (agitação periódica) e suas duplicatas. (b) Amostras das células 1A, 2A, 3A, 4A (da esquerda para a direita; constante agitação) e suas respectivas duplicatas. Amostra 1 com melado; 2 com vinhoto em menor concentração; 3, vinhoto em maior teor; 4, com mistura vinhoto/melado 50/50.

Figura 5 - Espectros de absorvância UV-Vis de ensaios com dejetos industriais têxteis enriquecidos com vinhoto e melado, sob ação de microrganismos do chorume.



(a) Comparação de ensaios com vinhoto em maior concentração em relação aos diferentes tipos de tratamento. (b), (c) e (d) Comparação entre ensaios com diferentes fontes de nutrientes no decorrer do experimento.

Considerando o exposto, em termos de intensidade de coloração das soluções de estudo, a melhor condição foi alcançada com 15 dias de tratamento, apenas com vinhoto, em maior concentração, e sob agitação constante.

#### 6.4 ENSAIOS DE *Vibrio fischeri*

O teste de toxicidade com a bactéria *Vibrio fischeri* foi iniciado com as amostras em um fator de diluição 4 de acordo com orientações sugeridas pela empresa Döhler S/A, e foi observado que nenhuma das amostras em agitação contínua (1-4A) apresentaram toxicidade para a bactéria, resultado este que se repetiu somente para a amostra 3P (alta quantidade de vinhoto como aditivo) dos ensaios conduzidos em agitação reduzida.

Como as amostras 1P, 2P e 4P apresentaram certo grau de inibição da bioluminescência da bactéria, foi realizado, como previsto, uma diluição seriada destas amostras (4-8-16-32-64-128-256), para se obter o valor de diluição ideal, se possível, para ser caracterizado como não tóxica. As duplicatas das amostras 1P e 2P apresentaram maior grau de inibição, enquanto a amostra 4P apresentou menor toxicidade.

Portanto, sob agitação, qualquer tratamento utilizando os microrganismos do chorume com adição de vinhoto e/ou melado, nas proporções testadas, pode ser aplicado com semelhante eficiência

em termos de toxicidade. O tratamento sob menor intensidade de agitação mostrou-se mais eficiente quando se usa o vinhoto como aditivo nutricional da flora microbiana, o que é um fator positivo em termos ambientais.

## 7 CONCLUSÃO

A eficiência do tratamento biológico de dejetos têxteis contaminados com corantes industriais foi estudada sob diferentes condições de fornecimento de nutrientes aos microrganismos e aeração. O chorume gerado em lixo industrial têxtil mostrou ser uma fonte de microrganismos interessante para o tratamento do dejetos. O sistema deve ser preferencialmente aeróbio e os microrganismos podem ser alimentados com o vinhoto. Os testes em escala piloto mostraram que esta tecnologia poderá ser considerada pela indústria têxtil como uma alternativa para o tratamento dos resíduos nela gerados, sendo uma via de destino ambientalmente interessante também para o chorume e o vinhoto.

## REFERÊNCIAS

- APHA, et al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 1009p.; Washington D.C., 1999.
- BELTRAME, L. T. C. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento**, 2000. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.
- CAMPOS, C. R. **Monitoramento da microbiota e dos parâmetros físico-químicos em vinhoto.**, 2009. 106 f. Tese (Doutorado em microbiologia agrícola), Universidade Federal de Lavras, 2009.
- CANDIDO, C., et al. Cultivo de *Chlorella Vulgaris* em vinhaça filtrada. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, V. 16, n.35, p.1-8, Mar, 2015.
- CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri : Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-nott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, V.1, N.2, p.18-24. 2001.
- CELERE, M. S. et al. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública** **23.4**, Rio de Janeiro, abr., 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/csp/v23n4/20.pdf>>.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2009. Apêndice A. Série relatórios. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do meio Ambiente.
- CONCHON, J. A. Indústria têxtil e o meio ambiente. **Química Têxtil**, São Paulo: ABQCT, v. 40, 13-16, 1995.
- COSTA, A. C.; ROCHA, É. R. Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação. **BNDES Setorial, Rio de Janeiro**, n. 29, p. 159-202, 2009.
- DELLAMATRICE, P. M. **Biodegradação e toxicidade de corantes têxteis e efluentes da Estação de Tratamento de Águas Residuárias de Americana, SP**. 2005. Tese de Doutorado (Doutorado em ecologia de agroecossistemas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- DINIZ FILHO, A. Panorama do Setor Têxtil e de Confecções. **ABIT**, Brasília, v. 1, 2011.
- DUSMAN, E., et al. Principais agentes mutagênicos e carcinogênicos de exposição humana. **SaBios: Rev Saúde e Biol**. v.7, n.2, p.66-81, mai./ago., 2012.
- FAGUNDES, A. D. et al. **Características nutricionais com ênfase no ferro e capacidade antioxidante de melados produzidos em Santa Catarina**. 2010. 91 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Florianópolis, 2010.

FUJITA, M.; JORENTE, M. J. V. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **ModaPalavra e-Periódico**, v. 8, n. 15, p. 153-174, 2015.

GUARATINI, C. CI; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química nova**, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.

IX EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar, 9., 2015. Paraná. **Seleção de endofíticos com potencial biotecnológico na biorremediação de corante têxtil**. MOURA, G.F., et al. Maringá: ISBN, 2015. p.4.

JUNG, S. I., et al. Aspectos socioambientais da produção de aguardente e de álcool no Noroeste-Missões do Rio Grande do Sul. **Desenvolvimento em questão**, Rio Grande do Sul, V.13, n.29, p.257-288, Jan/mar, 2015.

KUNZ, A. et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química nova**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

LAVOIE, F. L., et al. Efeito da vinhaça na membrana impermeabilizante usado nos tanques de armazenamento. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, V. 14, n.29, p.1-11, Set, 2013.

LEITE, L. C. **Tratamento de efluentes têxteis através de Processos Oxidativos Avançados (POAs)**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Química Industrial) - Universidade Estadual de Paraíba. Campina Grande.

LIN, S. H. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas**, 1996, 30, 587.

MARÍN, S. L. A. **Remoção dos corantes têxteis CI REACTIVE BLUE 203 e CI REACTIVE RED 195 mediante o uso de bagaço de maçã como adsorvente**. 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco.

MARQUES, C. F. A. **Células solares sensibilizadas por corantes azo: eficiência e fotodegradação**. 2015. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade de Coimbra.

MARQUES, H. M. M. **Vinhoto da cana-de-açúcar aproveitamento e impactos ambientais na região Ibaitu/PR**, 2013. 26 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ensino de Ciências), Universidade Tecnológica do Paraná, Medianeira, 2013.

MENDES, C. Aplicação da biomassa *Saccharomyces cerevisiae* como agente adsorvente do corante Direct Orange 2GL e os possíveis mecanismos de interações adsorbato/adsorvente. **Revista Matéria**, v. 20, n. 4, p. 898-908, 2016.

MORAIS, J. L. Tratamento de chorume de aterro sanitário por fotocatalise heterogênea integrada a processo biológico convencional. **Química Nova**, Paraná, v. 29, n. 1, set. 2005. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n1/27850.pdf>>.

MOTA, V. T. F. V. **Biorreator com membranas anaeróbicas de duplo estágio para o tratamento do vinhoto**, 2012. 163 f. Dissertação (Mestrado em saneamento básico), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PACHECO, J. R., et al. Integração de processos físico-químicos e oxidativos avançados para remediação de percolado de aterro sanitário (chorume). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Paraná, v.9, n. 4, out/dez. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v9n4/v9n4a06>>.

POSSIGNOLO, N. V., et al. Caracterização da vinhaça in natura e concentrada para viabilização da mistura de fontes nitrogenadas. **Ciências e inovação**, Americana, V.2, n.1, p.29-38. Dez, 2015.

RIBEIRO, A. P. A. **Efeito de fungos basidiomicetos na descoloração e fitotoxicidade de corante sintético e efluente têxtil**. 2013. Dissertação (Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras. Lavras.

RODAS, F.G. et al. Inovação na produção de cachaça de qualidade: estudo de caso armazém Vieira–Florianópolis/SC. **Monografia apresentado no Curso de Graduação em Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis**, 2005.

SERAFIM, A. C. Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamentos. **III Fórum de Estudos Contábeis**, São Paulo, 2003. Disponível em: <ftp://ftp-acd.puc-campinas.edu.br/pub/professores/ceatec/demanboro/Material10(05Out)/Tratamento\_Chorume.pdf >.

SHIKIDA, P. F. A. Evolução e fases da agroindústria canavieira no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 23, n. 4, p. 43-57, 2015.

SILVA, A.P.M., et al. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, V.18, n.1, p.38-43, Set, 2014.

SILVA, K. K. O. S. **Caracterização do efluente líquido no processo de beneficiamento do índigo têxtil**, 2007. 156 f. Dissertação (Pós-graduação em engenharia mecânica), Universidade Federa do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

TOSATO, J. C.; HALASZ, M. R. T. **Tratamento de efluentes têxteis utilizando processos físico-químicos e oxidativos avançados**. Faculdade de Aracruz - Espírito Santo, 2011.

VIEIRA, F. D. P. **Descoloração e degradação de corantes têxteis por cianobactérias**. 2007. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Unesp – Univ Estadual Paulista.

WIELEWSKI, L.P. **Avaliação da adsorção do corante preto reativo 5 em espuma de Poliuretana e análise preliminar da biodegradação por fungos basidiomicetos**. 2014. 69 f. Dissertação (Conclusão do curso de Tecnólogo em Processos Ambientais). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

ZANONI, T. B. **Investigação das rotas de biotransformação do grupo cromóforo e avaliação toxicológica parcial dos corantes dispersos sudan III e disperso amarelo 9**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências farmacêuticas) - Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto.