

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

RAQUEL RIBEIRO MELO

**BIORREMOÇÃO DE CORANTE DIRETO DE
EFLUENTE INDUSTRIAL SIMULADO
UTILIZANDO LEVEDURA LIOFILIZADA.**



Rio Claro
2014

RAQUEL RIBEIRO MELO

BIORREMOÇÃO DE CORANTE DIRETO DE EFLUENTE
INDUSTRIAL SIMULADO UTILIZANDO LEVEDURA LIOFILIZADA.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Renato Corso

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Biociências da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro,
para obtenção do grau de Bacharela e
Licenciada em Ciências Biológicas.

Rio Claro
2014

604.6 Melo, Raquel Ribeiro
M528b Biorremocão de corante direto de efluente industrial
 simulado utilizando levedura liofilizada / Raquel Ribeiro
 Melo. - Rio Claro, 2014
 52 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots.

 Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e
 bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual
 Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
 Orientador: Carlos Renato Corso

 1. Resíduos. 2. *Saccharomyces cerevisiae*. 3. Biossorção.
 4. Efluentes têxteis. I. Título.

Aos meus pais, William e Lgia,
À minha família e aos meus amigos:
obrigada pelo apoio e confiança, independente da escolha feita.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais, que me deram todas as oportunidades na vida, além de muito amor e carinho e, sobretudo, me ensinaram a importância da gratidão, o que me traz a esse momento. Aos meus avós, paternos e maternos, por passarem adiante os valores e virtudes de uma vida repleta de desafios e batalhas, todas elas elegantemente vencidas.

Agradeço ao meu orientador Carlos Renato Corso pela oportunidade, pelo conhecimento, pelos ensinamentos e, principalmente, pela paciência demonstrada, sei que não deve ter sido fácil.

A todos os meus amigos de São José dos Campos, pelos momentos inesquecíveis de diversão e muita amizade, apesar do tempo e a distância nos terem separado, aqueles dias ficarão para sempre marcados na memória. Em especial, Duda, Cla, Nat e Mih, pelos melhores trabalhos já feitos na história da humanidade, pelas histórias juntas, viagens, filmes e risadas, muitas risadas.

Agradeço a todo o CBI 2009 por todos os anos de companheirismo. É uma alegria ver o rumo que cada um está tomando, seja na vida profissional ou pessoal. Michelle, Poliana e Verônica. As aulas mais divertidas do mundo, os intervalinhos então nem se fala. Obrigada também pelas festas, saídas de campo ou brigas que tive que apartar. Luana, Mônica e Vivian. Loucas. Esquentas, festas, luais, garachurras, pizzas, caneta na balada. Gratidão. Amigos da kit da Moniquinha, que também estavam presentes nesse momentos: Dri, Sinuca, Déa, Bira e Nyna (olha por nós daí). Vizinhas, Ana, obrigada. Obrigada a todos os amigos feitos na UNESP. O que a UNESP constrói, ninguém destrói.

Agradecimento mais que especial aos times de Futsal e Rugby. O aprendizado e crescimento (metaforicamente) que vocês proporcionaram levarei pra toda a vida. União, respeito, confiança, parceria, apoio. Marina, Fênix, Maira, Larissinha!, Regaça, Cari, Van, Nani. Mama, Risos, Lê, Carol, Mayarinha, Maira e Lari de novo, Loren, Dry, Denise, Tatinha, Gi, Carrets, Ju, Robson, Neymar, Cholas. E agregados. Orgulho em fazer parte disso e dividir tantos momentos especiais. “[...] eu nunca vou deixá-los cair, nunca vou decepcioná-los.” Rob, uma vez você me disse que a faculdade não se resumia apenas a sala de aula. Você estava certo, como estava. Obrigada.

Obrigada à música que alegra meus dias e proporciona momentos únicos ao lado de pessoas especiais.

A todos de que de alguma forma me apoiaram. Gratidão.

*“Existe uma única estrada
e somente uma,
e essa é a estrada que eu amo.
Eu a escolhi.
Quando trilho nessa estrada
as esperanças brotam, e,
o sorriso se abre em meu rosto.
Dessa estrada nunca, jamais fugirei.”*

Daisaku Ikeda

RESUMO

Uma das formas mais primitivas de trabalho humano das quais se conhece é a fiação e tecelagem para a confecção de tecidos e vestimentas, sendo estas, ao menos em épocas mais antigas, demonstrativos de status e poder. Com o advento da Revolução Industrial, em meados do século XVIII na Inglaterra, a indústria têxtil passa a ser cada vez mais produtiva, e o que anteriormente era manufaturado e de difícil obtenção, passa agora a ser produzido de maneira mecanizada e, portanto, em larga escala. Apesar de todo o impulso dado à economia de um mercado capitalista em expansão, devem-se salientar as consequências geradas por essa maior industrialização, principalmente as de cunho ambiental, cada vez mais preocupante nos dias atuais. A emissão de resíduos, por muitas vezes tóxicos, em efluentes, pode provocar a contaminação de ecossistemas aquáticos, gerando danos enormes à biota destes e, conseqüentemente, afetando toda a biodiversidade, atingindo também os humanos. Para evitar esses problemas, algumas estratégias vêm sendo utilizadas na tentativa de eliminar, ou ao menos reduzir, a quantidade de corantes presentes nos efluentes, e já que a indústria têxtil emite resíduos de maneira constante, métodos eficientes (que apresentem bons resultados em um curto espaço de tempo) e de baixo custo são necessários. O presente estudo testará a capacidade de biorremocão de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, em contato com corantes em concentração fixa, diluído em água com três diferentes pHs. Os testes serão feitos em duplicata e, após as análises de concentração feitas com o auxílio da espectrofotometria, serão analisadas quais pHs apresentariam maior eficiência na remoção dos corantes e a influência da biomassa nesse processo.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharomyces cerevisiae*, Biossorção, Efluentes têxteis.

ABSTRACT

One of the most primal ways of human work already known is the tessellation and ginning for the production of fabric and clothing - what used to be, back in those days, statement of power and status. The arrival of the Industrial Revolution - in the middle of the XVIII century at Britain - increased the textile industry production, and what used to be manufactured and hard to obtain, starts then to be produced in mechanical ways and large-scale. Despite all the boost given to the economy of an expanding capitalist market, it should be pointed out the consequences of this major industrialization, especially the environmental ones, more and more concerning nowadays. The emissions of waste - that sometimes could be toxic – in effluents can possibly contaminate the aquatic ecosystems, causing a huge damage to its fauna and flora, affecting therefore all the biodiversity, reaching inclusively the humans. To avoid these problems, a few strategies have been taking place in the attempt to eliminate – or at least reduce – the amount of dye found in the effluents, and as the textile industry constantly leaves waste, efficient methods - that present good results in a short period of time - with a low cost are needed. The present study will test the bioremoval capacity of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in contact with dyes in a fix concentration, diluted in water with three different pH values. The tests will be done duplicate, and after the concentration analyses - made by spectrophotometry – it will be analyzed which pH shows major efficiency in the dye removal and what is the influence of the biomass in this process.

KEYWORDS: *Saccharomyces cerevisiae*, Biosorption, Textile effluents.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivos Gerais	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3 REVISÃO DA LITERATURA	13
3.1 Indústria têxtil no Brasil	13
3.2 Indústria têxtil e meio ambiente	14
3.3 Corantes têxteis	15
3.4 Tratamento de efluentes têxteis	17
3.5 Biossorção	18
3.6 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	19
4 MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 Material	21
4.1.1 Reagentes	21
4.1.2 Material comum	21
4.1.3 Equipamentos	21
4.2 Metodologia	25
4.2.1 Caracterização e preparo da solução estoque do corante	25
4.2.2 Preparo da água em três diferentes pHs	26
4.2.3 Teste de estabilidade do corante	26
4.2.4 Reta Padrão do corante	26
4.2.5 Testes de biossorção com <i>S. cerevisiae</i>	26
4.2.6 Estimativa de remoção total e escolha do melhor pH	27
4.2.7 Teste de eficiência da biossorção e da influência da biomassa no processo adsortivo	28

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 Estabilidade do corante.....	31
5.2 Retas padrão do corante.....	31
5.3 Experimentos de biossorção com <i>S. cerevisiae</i>	35
5.4 Estimativa de remoção total e escolha do melhor pH	39
5.5 Teste da eficiência da biossorção e da influência da biomassa no processo adsortivo	42
6 CONCLUSÃO	46
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

Uma das formas mais primitivas de trabalho humano que se conhece é a fiação e tecelagem para a confecção de tecidos e vestimentas, sendo estas, ao menos em épocas mais antigas, demonstrativos de status e poder. Desde o princípio da humanidade, ainda nas primeiras civilizações existentes, a prática da tecelagem e ornamentação de tecidos era bastante frequente, apesar da dificuldade existente na conservação da produção, devido à simplicidade e fragilidade dos materiais utilizados para tais feitorias.

O início da atividade, segundo relatos de estudos históricos, se dá entre os séculos I ou II d.C., no período conhecido como Greco-romano, em que a produção têxtil era realizada apenas por motivos pagãos. Durante os séculos V e VI d.C., ocorreu o período de transição, no qual a produção ainda era prevalentemente pagã, mas começa a haver uma tendência aos motivos cristãos, os quais foram completamente introduzidos a partir do século VI d.C., quando passam a predominar. Neste denominado Período Copto, os materiais produzidos, quase que em sua totalidade, apresentavam estampas contendo figuras como cenas da Bíblia, imagens de santos e similares.

Por toda a Idade Média, a produção dos tecidos era cada vez mais apreciada, por isso despertou interesse no seu desenvolvimento e, conseqüentemente, ampliaram-se os pontos de produção. Foi na Idade Moderna, entretanto, que a atividade sofreu maior expansão. As causas mais apontadas para esse crescimento referem-se ao desenvolvimento tecnológico de equipamentos de tecelagem, bem como ao aumento da demanda por parte de populações que foram se urbanizando e com socialização cada vez mais intensa. A indústria têxtil que se formava representava uma grande importância econômica para a sociedade européia entre os séculos XIV e XVIII, fazendo desse tipo de comércio um dos mais importantes segmentos da Revolução Industrial (1780-1880).

Com o advento da Revolução Industrial, em meados do século XVIII na Inglaterra, a indústria têxtil passa a ser cada vez mais produtiva, e o que anteriormente era manufaturado artesanalmente e de difícil obtenção, passa agora a ser produzido de maneira mecanizada e, portanto, em larga escala. Sobre a Revolução, Azevedo e Seriacopi (2005, p. 240) afirmam: “Com ela surgiram novas

ferramentas e máquinas capazes de substituir dezenas de braços humanos. Reunidas nas fábricas, as máquinas deram origem a novos processos de produção”. Esse sistema de produção acabou por fortalecer o sistema capitalista, o que apresentou algum benefício, como a queda no preço das mercadorias, uma vez que estas agora eram produzidas com maior facilidade. Por outro lado, houve muitas perdas no que tange a população e sua qualidade de vida, pois essa mudança provocou aumento no desemprego, diminuição do valor dos salários pagos aos trabalhadores, péssimas condições de trabalho, poluição do ar e rios e acidentes nas máquinas.

Nos moldes atuais de um capitalismo globalizado, essas situações adversas só tendem a piorar e, apesar de todo o impulso dado à economia de um mercado capitalista em expansão, devem-se salientar as consequências geradas por essa maior industrialização, principalmente as de cunho ambiental, cada vez mais preocupantes. As indústrias têxteis emitem, por consequência de sua produção, uma série de resíduos que podem ser, e são em grande parte das vezes, tóxicos. Em se tratando da poluição da água, a emissão dos resíduos das indústrias em efluentes pode acabar contaminando rios, lagos, mares, etc., provocando enormes prejuízos a todo o ecossistema a seu redor, tanto a flora quanto a fauna, provocando riscos à biodiversidade e afetando também, logicamente, a população humana.

Por isso, vem se buscando meios para a diminuição desses elementos tóxicos liberados nos ecossistemas aquáticos, principalmente se os métodos de tratamento forem rápidos, eficientes e de custo baixo a moderado. Procurando suprir a necessidade dessa busca, esse estudo propõe o uso de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* em contato com um corante que simule um efluente têxtil.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo desse trabalho é estudar e analisar a capacidade adsortiva de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, quando em contato com uma solução de água e corante que simule um efluente têxtil, a fim de se avaliar a viabilidade do bioissorvente como alternativa para o tratamento dos resíduos da indústria têxtil.

2.2 Objetivos Específicos

- Escolher um corante e determinar sua estabilidade em diferentes pHs;
- Testar e analisar qual o melhor pH para a ação das leveduras;
- Analisar a eficiência do bioissorvente para a remoção do corante escolhido e;
- Analisar comparativamente a influência da biomassa na capacidade adsortiva da levedura.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Indústria têxtil no Brasil

A indústria têxtil e de confecção no Brasil se enquadra entre as dez mais produtivas do mundo, ocupando o quarto lugar entre os maiores produtores de artigos de vestuários e o quinto em relação às manufaturas têxteis (ABIT, 2013), como ilustra a figura a seguir (Figura 1):

<i>Produtores de Têxteis</i>			<i>Produtores de Vestuário</i>		
País	Produção (mil ton)	% mundial	País	Produção (mil ton)	% mundial
1. China	38.561	50,7%	1. China	21.175	46,4%
2. Índia	5.793	7,6%	2. Índia	3.119	6,8%
3. EUA	4.021	5,3%	3. Paquistão	1.523	3,3%
4. Paquistão	2.820	3,7%	4. BRASIL	1.271	2,8%
5. BRASIL	2.249	3,0%	5. Turquia	1.145	2,5%
6. Indonésia	1.899	2,5%	6. Coreia do Sul	990	2,2%
7. Taiwan	1.815	2,4%	7. México	973	2,1%
8. Turquia	1.447	1,9%	8. Itália	935	2,0%
9. Coreia do Sul	1.401	1,8%	9. Malásia	692	1,5%
10. Tailândia	902	1,2%	10. Polônia	664	1,5%

Figura 1. Maiores produtores de artigos de vestuários e manufaturas têxteis. Fonte: IEMI – ano base 2010. Retirado de ABIT, 2013.

Vale salientar, porém, que apesar de ser um grande produtor e consumidor de produtos têxteis, a participação brasileira no comércio exterior não é muito expressiva, ocupando apenas a 23ª posição no ranking, liderado pela indústria chinesa, que somente no ano de 2010 obteve um ganho de 240,5 bilhões de dólares, contrastando com US\$ 39,4 bilhões do segundo colocado do ranking, a Alemanha (ABIT, 2013).

No ano de 2013, o faturamento da indústria têxtil brasileira foi de US\$ 53 bilhões e sua produção média foi de 9,8 bilhões de peças (TEXBRASIL, 2013). Apesar desse setor mover a economia e gerar enorme quantidade de empregos, diretos e indiretos, caracterizando-se como o segundo maior empregador da área de

transformação – ficando atrás apenas do setor de alimentos e bebidas –, deve-se salientar que existem também algumas situações desfavoráveis. Os resíduos gerados por esse tipo de indústria podem causar severos danos ao meio ambiente, como citado.

3.2 Indústria têxtil e meio ambiente

Uma das grandes dificuldades encontradas pelas indústrias têxteis está centrada no problema ambiental, principalmente no controle e remoção dos corantes de efluentes residuários (KIMURA et al., 1999). Por sua natureza química, os corantes são facilmente detectáveis a olho nu, o que constitui ao mesmo tempo uma vantagem e uma desvantagem. Se, por um lado, uma pequena quantidade de corante lançada é suficiente para tingir todo um rio, por outro lado essa condição permite que as autoridades responsáveis pela fiscalização ambiental façam uma rápida detecção.

O grande problema da indústria têxtil reside no fato de que, estimativamente, 15% da produção mundial de corantes é perdida para o meio-ambiente na síntese, processamento ou aplicação dos mesmos, o que caracteriza uma emissão de, aproximadamente, 1,20 toneladas do composto por dia (GUARATINI e ZANONI, 2000).

Os riscos causados por esses lançamentos podem se dar nos âmbitos ecológicos e toxicológicos. A presença dos corantes sintéticos em sistemas aquáticos pode interferir na disponibilidade de oxigênio dissolvido, o que influencia diretamente a fisiologia respiratória dos peixes, podendo causar grande mortalidade, além de comprometer também a atividade fotossintética, devido ao bloqueio da penetração dos raios solares (MITTER, 2012), causando um desequilíbrio do ecossistema aquático e de todo seu entorno.

A isso, somam-se os riscos causados pela absorção desses corantes pelo organismo, que podem prejudicar vias cutâneas e respiratórias, causando irritabilidade e alergias, podendo até serem mutagênicos e carcinogênicos, ou ainda letais, dependendo da sua toxicidade. Logicamente, a gravidade dessas lesões na saúde humana depende de uma série de fatores, como o modo e o tempo de

exposição, ingestão oral, sensibilização da pele e das vias respiratórias, bem como do grau de toxicidade do reagente (GUARATINI e ZANONI, 2000).

3.3 Corantes têxteis

Uma definição geral para o termo corante seria uma substância intensamente colorida que, quando aplicada a um material, lhe confere cor (ABIQUIM, 2010). Os corantes são compostos químicos orgânicos que conseguem absorver luz visível seletivamente. Isso ocorre devido à presença de cromóforos em sua molécula e, por isso, aparecem coloridos. A cor desses compostos pode ser intensificada e/ou modificada por grupos auxocromos e, a estabilidade da molécula do corante é diretamente relacionada à força de ligação química entre os átomos dos dois grupos citados: os cromóforos e os auxocromos (KIMURA et al., 1999).

Devido à sua enorme complexidade, muitas vezes impossível de ser traduzidos por uma fórmula química – já que alguns deles são constituídos por uma mistura de vários compostos e outros não apresentam estrutura química definida –, utiliza-se sua nomenclatura comercial, e não sua nomenclatura química usual. Para identificá-los utiliza-se o Colour Index (CI), publicação da American Association of Textile Chemists and Colorists e da British Society of Dyers and Colorists (ABIQUIM, 2010).

Os corantes podem ser classificados de acordo com suas estruturas químicas (antraquinona, azo e etc.) ou de acordo com o método pelo qual ele é fixado à fibra têxtil, segundo Guaratini e Zanoni (2000). Quanto ao modo de fixação, podemos classifica-los como (GUARATINI e ZANONI, 2000):

- **Corantes Reativos:** apresentam um grupo eletrofílico (reativo) capaz de formar ligação covalente com grupos hidroxila das fibras celulósicas, com grupos amino, hidroxila e tióis das fibras protéicas e também com grupos amino das poliamidas. Apresentam alta solubilidade em água e o estabelecimento de uma ligação covalente entre o corante e a fibra, cuja ligação confere maior estabilidade na cor do tecido tingido. Os principais corantes reativos contêm a função azo e antraquinona como grupos

cromóforos e os grupos clorotriazinila e sulfatoetilsulfonila como grupos reativos.

- **Corantes Diretos:** caracterizam-se como compostos solúveis em água capazes de tingir fibras de celulose (algodão, viscose, etc.) através de interações de Van der Waals. Esta classe de corantes é constituída principalmente por corantes contendo mais de um grupo azo (díazo, triazo e etc.) ou pré-transformados em complexos metálicos.
- **Corantes Azoicos:** são compostos coloridos, insolúveis em água, que são realmente sintetizados sobre a fibra durante o processo de tingimento. Nesse processo a fibra é impregnada com um composto solúvel em água, conhecido como agente de acoplamento que apresenta alta afinidade por celulose.
- **Corantes Ácidos:** corresponde a um grande grupo de corantes aniônicos portadores de um a três grupos sulfônicos. Estes grupos substituintes ionizáveis tornam o corante solúvel em água, e têm vital importância no método de aplicação do corante em fibras protéicas (lã, seda) e em fibras de poliamida sintética. Estes corantes caracterizam-se por substâncias com estrutura química baseada em compostos que fornecem uma ampla faixa de coloração e grau de fixação.
- **Corante à Cuba:** engloba uma grande e importante classe de corantes baseada nos índigos, tioindigóides e antraquinóides. A maior aplicação deste tipo de corante tem sido a tintura de algodão, embora devido às suas excelentes propriedades de fixação, outros materiais também têm sido utilizados.
- **Corantes de Enxofre:** corantes que, após a aplicação, caracterizam-se por se apresentarem como compostos macromoleculares com pontes de polissulfeto, os quais são altamente insolúveis em água. Estes compostos têm sido utilizados principalmente na tintura de fibras celulósicas, conferindo cores preto, verde oliva, azul marinho, marrom, apresentando boa fixação.

- **Corantes Dispersivos:** constituem uma classe de corantes insolúveis em água aplicados em fibras de celulose e outras fibras hidrofóbicas através de suspensão. Esta classe de corantes tem sido utilizada principalmente para tinturas de fibras sintéticas, tais como: acetato celulose, nylon, polyester e poliacrilonitrila.
- **Corantes Pré-Metalizados:** utilizados principalmente para tintura de fibras protéicas e poliamida. Os corantes são caracterizados pela presença de um grupo hidroxila ou carboxila na posição orto em relação ao cromóforo azo, permitindo a formação de complexos com íons metálicos.
- **Corantes Branqueadores:** Estes corantes apresentam grupos carboxílicos, azometino (-N=CH-) ou etilênicos (-CH=CH-) aliados a sistemas benzênicos, naftalênicos, pirênicos e anéis aromáticos que proporcionam reflexão por fluorescência na região de 430 a 440 nm quando excitados por luz ultravioleta. As fibras têxteis no estado bruto apresentam como característica uma aparência amarelada por absorver luz particularmente na faixa de baixo comprimento de onda. A diminuição dessa tonalidade tem sido diminuída na indústria ou na lavanderia pela oxidação da fibra com alvejantes químicos ou utilizando os corantes brancos também denominados de branqueadores ópticos ou mesmo branqueadores fluorescentes.

A constante emissão desses corantes em efluentes faz com que seja necessária a busca por diversos tipos viáveis de tratamento de águas.

3.4 Tratamento de Efluentes Têxteis

O aumento da complexidade e dificuldade para o tratamento de efluentes têxteis tem levado a busca constante de novas metodologias para o tratamento desses rejeitos. Existem uma enorme variedade de métodos físicos, químicos e biológicos, e a escolha do melhor deles deve ser feita levando-se em consideração os objetivos a serem alcançados (KUNZ, 2002).

Numerosos processos vêm sendo propostos para o tratamento de efluentes têxteis, como, por exemplo, a floculação, coagulação, adsorção e oxidação. No entanto, esses processos, de maneira geral, possuem custo elevado e eficiência limitada. Para tentar contornar essa situação, estão sendo buscados processos biotecnológicos, muitos deles utilizando como matéria-prima fungos e bactérias (PEIXOTO, MARINHO e RODRIGUEZ, 2013).

Os fungos têm se mostrado como os organismos mais apropriados para a remoção de corantes e tratamentos de efluentes têxteis, e o fazem mediante três mecanismos: Biossorção, Bioacumulação e Biodegradação (PEIXOTO, MARINHO e RODRIGUEZ, 2013). Muitos estudos demonstram que os fungos são capazes de descolorir e remover corantes por biossorção, e esse será o mecanismo empregado nesse estudo.

3.5 Biossorção

A remoção de corantes de efluentes por adsorção tem sido bastante relatada. Uma variedade de adsorventes tem sido empregada, destacando-se carvão ativo, turfa, sílica, alumina, celulose, quitina e quitosana (KIMURA et al., 1999). Atualmente, existe uma busca constante por adsorventes de baixo custo, o que leva a um interesse crescente pelos resíduos da agricultura, bem como pela biomassa microbiana – bactérias, fungos e algas (PEIXOTO, MARINHO e RODRIGUEZ, 2013).

Biossorção pode se referir a um “processo onde se utiliza sólidos de origem vegetal ou microorganismos na retenção, remoção ou recuperação de metais pesados de um ambiente líquido” (COSSICH, 2000). O processo refere-se à retirada de resíduos tóxicos que podem ser de um ecossistema aquático. Esse fenômeno pode ocorrer por adsorção à parede celular dos microorganismos ou outros substratos que permitam a deposição do corante, e também pela absorção intracelular destas substâncias, que venham a ter afinidade com organelas ou estruturas existentes dentro da célula (CORSO, 1998).

Recentemente, muitos estudos mostram que a biossorção pode ser uma alternativa viável aos métodos físico-químicos e, entre os diversos tipos de biomassa

pesquisados, os fungos mostram-se apropriados para o processo (PRIGIONE et al., 2008).

Estudos de Gadd et al. (1990) e Kapoor e Viraraghavan (1995) afirmaram que a bioissorção depende de alguns fatores, entre eles o pH e a concentração da biomassa, os quais serão analisados nesse estudo. Alguns estudos de bioissorção utilizando algas e fungos descreveram que o melhor pH estava entre 2,0 e 5,0 (VOLESKY e HOLAN, 1995).

Quanto à interação entre a concentração de biomassa e a bioissorção, é reportado na literatura que ela se dispõe de maneira antagônica, ou seja, quanto maior a concentração de biomassa, menos a bioissorção. Isso ocorreria devido a diminuição da área superficial da biomassa em contato com a solução (KIFF e LITTLE, 1986).

3.6 *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae, também conhecida como fermento de pão, são leveduras e pertencem ao Reino Fungi, organismos eucariotos que se diferenciam de animais e plantas por diversas características, sendo uma delas, talvez a mais importante, o fato de possuírem suas paredes celulares compostas glucanas, mananas e proteínas, sendo observadas pequenas quantidades de quitina.

Mais especificamente, a *Saccharomyces cerevisiae* se enquadra no Filo Ascomycota. Os ascomicetos compreendem mais de 32000 espécies conhecidas, entre as quais se incluem vários fungos de importância econômica (RAVEN et al., 2007).

Segundo Raven, a definição de levedura seria “um fungo unicelular que reproduz principalmente por brotamento”. Essa condição, de serem organismos unicelulares, caracterizam uma exceção dentro do grupo, uma vez que a maioria dos fungos são filamentosos. Existem, atualmente, pelo menos 1200 espécies de leveduras conhecidas, distribuídas em, aproximadamente 80 gêneros.

Saccharomyces cerevisiae é um organismo aeróbio facultativo, constituído por uma única célula, de formato oval ou esférico. Essa levedura é bastante utilizada na indústria alimentícia, seja para produção de pães (fermentação aeróbia com liberação de CO²) ou de bebidas alcoólicas (fermentação anaeróbia com liberação

de álcool), como vinhos e cervejas, além de servir também para a fabricação de biocombustíveis, apresentando, portanto, uma grande importância econômica e alto valor comercial. Além disso, *Saccharomyces cerevisiae* é importante também para a pesquisa genética, e foi o primeiro organismo eucarioto a ter seu genoma completamente detalhado (RAVEN et al., 2007).

As figuras abaixo (Figuras 2 e 3) ilustram *Saccharomyces cerevisiae* sob microscópio eletrônico de varredura e óptico.

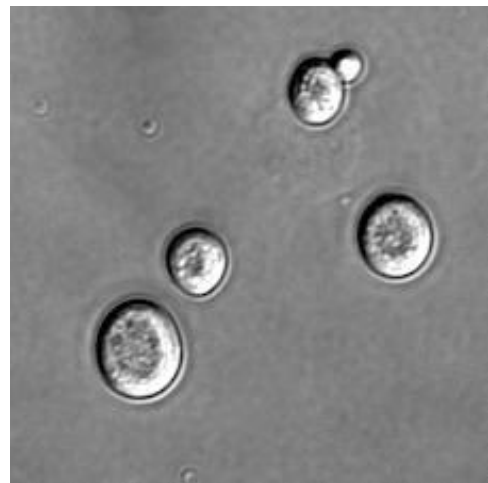
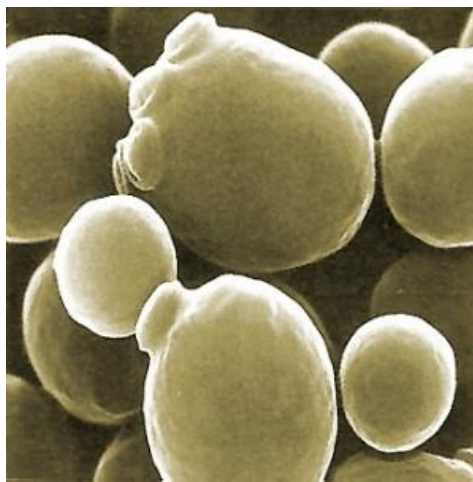


Figura 2. Microscopia eletrônica de *S. cerevisiae* **Figura 3.** Microscopia óptica de *S. cerevisiae*

Segundo Pereira (1995), entre as vantagens apresentadas ao se trabalhar com leveduras dessa espécie, destacam-se:

- Baixo custo;
- Facilidade de obtenção;
- Facilidade de manipulação;
- Ausência de necessidade de se preparar de meio de cultura;
- Reações são executadas a temperatura ambiente e;
- Ausência de toxicidade e/ou patogenicidade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Reagentes

Para a realização deste trabalho, foram utilizados o Corante Acid Blue 25, fabricado pela *Aldrich Chemical Company Inc* e leveduras *Saccharomyces cerevisiae* da marca “Dona Benta Fermix”, lote: 37233328, fabricada em Istambul, Turquia.



Figura 4. Leveduras da marca “Dona Benta Fermix”.

Fonte: Dona Benta.

4.1.2 Equipamento / Vidraria

Foram utilizados materiais de uso rotineiro em laboratório.

4.1.3 Equipamentos principais

Os equipamentos utilizados na execução do trabalho foram pHmetro Digimed modelo DMPH-2, Balança Analítica modelo ADA 210/L, Centrífuga Centribio modelo 80-2B, Vórtex, Agitador Magnético e Espectrofotômetro Shimadzu Ultravioleta – Visível (UV-VIS) modelo 2401 PC.

Alguns dos equipamentos utilizados estão ilustrados nas figuras (Figuras de 5 a 10):



Figura 5. Espectrofotômetro

Fonte: MORÃO (2011)



Figura 6. pHmetro

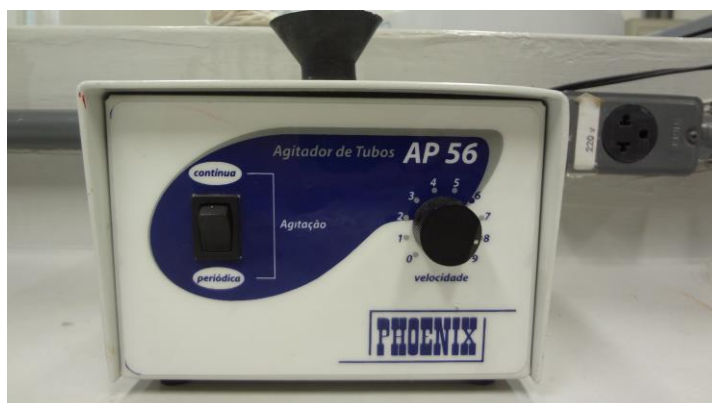


Figura 7. Vórtex



Figura 8. Balança analítica



Figura 9. Agitador magnético



Figura 10. Centrifuga

4.2 Metodologia

4.2.1 Preparo da solução estoque do corante

O corante utilizado no trabalho foi o Acid Blue 25, que apresenta as seguintes características:

- C.I. 62055
- Grau de Pureza: 45%
- Fórmula Molecular: $C_{20}H_{13}N_2NaO_5S$
- Massa Molecular: 416,38

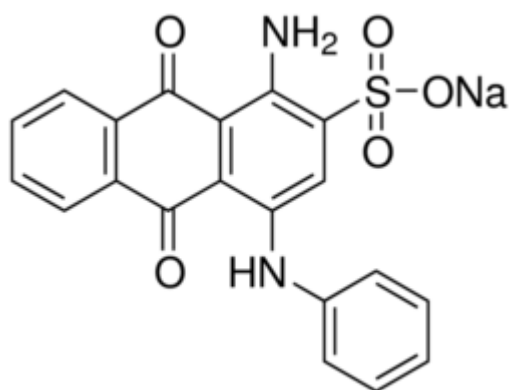


Figura 11. Fórmula estrutural do corante Acid Blue 25.

Fonte: Sigma-Aldrich Chemical Company, Inc., 2014.

Para o preparo da solução estoque do corante, com concentração final de 1 mg.mL^{-1} , foram dissolvidos 100 mg do corante em água destilada, completando o volume de 100 mL em balão volumétrico.

4.2.2 Preparo de água em três diferentes pHs

Três béqueres com água destilada foram utilizados para o preparo das águas nos pHs 2,5; 4,5 e 6,5. O caráter ácido ou básico do conteúdo de cada um desses béqueres foi ajustado com a adição de pequenas quantidades de H₂SO₄ 0,1 M e NaOH 0,1M, respectivamente para acidificar ou alcalinizar. Este conteúdo foi mantido em movimento mediante o uso de um agitador magnético

4.2.3 Teste de estabilidade do corante

Para a determinação da estabilidade do corante foram efetuadas diluições da solução estoque de corante – de concentração 1 mg.mL⁻¹ – em água, nos três diferentes pHs descritos no item 4.2.2.

As diluições foram feitas nas seguintes proporções:

- 1 mL de corante + 9 mL de água pH 2,5
- 1 mL de corante + 9 mL de água pH 4,5
- 1 mL de corante + 9 mL de água pH 6,5

Posterior a isso, efetuou-se a análise das varreduras espectrais. Se as curvas nos gráficos se mostrassem dispostas de maneira similar, quase que sobrepostas, significaria a estabilidade do corante. Após a determinação da estabilidade, seriam feitas as análises quantitativas. Além disso, a varredura informa as características de absorção do corante frente aos diferentes comprimentos de onda.

4.3.4 Reta Padrão do corante

Atestando-se a estabilidade do corante, determinou-se, em sequencia, a reta padrão do mesmo, utilizando as diluições nos três diferentes pHs. A reta padrão deve ser construída a partir da análise de um gradiente de concentrações de corante, como mostrado na tabela (Tabela 1):

TUBO	ÁGUA	CORANTE
0	10,0	0,0
1	9,8	0,2
2	9,6	0,4
3	9,4	0,6
4	9,2	0,8
5	9,0	1,0

Tabela 1. Protocolo experimental para o preparo das soluções.

A partir das absorvâncias efetuou-se a análise quantitativa do corante.

4.2.5 Testes de biossorção

A eficiência de remoção do corante pelas leveduras foi verificada mediante testes nos quais foram fixadas as concentrações de água e corante. Variou-se apenas a concentração do adsorvente, no gradiente de 0 a 5 mg de *Saccharomyces cerevisiae*. Os testes foram elaborados em duplicata e a água mantida nos pHs 2,5; 4,5 e 6,5. A tabela (Tabela 2) mostra as proporções estabelecidas:

TUBO	ÁGUA (mL)	CORANTE (mL)	LEVEDURAS (mg)
0	9,0	1,0	0
1	9,0	1,0	1
2	9,0	1,0	2
3	9,0	1,0	3
4	9,0	1,0	4
5	9,0	1,0	5

Tabela 2. Protocolo experimental para verificar a remoção do corante por *Saccharomyces cerevisiae*.

4.2.6 Estimativa de remoção total e escolha do melhor pH

Com os valores obtidos nos experimentos do item 4.2.5, conseguiu-se calcular a concentração de corante remanescente, empregando a equação (1) (VITOR e CORSO, 2008). Esta equação foi utilizada para construir a reta padrão do corante:

$$\text{Abs}^{\text{máx}} = a + b \cdot x \quad (1)$$

Com auxílio da curva relacionou-se a concentração de corante remanescente com a concentração de leveduras. Com este recurso extrapolamos os resultados para efetuar os cálculos da remoção esperada, do corante na mistura. Dessa maneira, observou-se qual pH com maior eficiência na bioadsorção.

4.2.7 Teste de eficiência da bioadsorção e da influência da biomassa no processo adsorptivo

Após a escolha do melhor pH para a ação da adsorção pelas leveduras, foram utilizados dois protocolos (1 e 2) para a análise da correlação entre a concentração de biomassa e capacidade de bioadsorção.

- **Protocolo 1**

Este teste utilizou a metodologia do item 4.2.5 (Testes de bioadsorção). As mesmas concentrações de água e corante, bem como o mesmo gradiente de concentração de leveduras – 0; 1; 2; 3; 4 e 5 mg – foram colocados em cinco diferentes tubos de ensaio e deixados no contato por duas horas (Figura 12). Após esse tempo, os materiais foram centrifugados por 20 minutos a 3000 rpm. O sobrenadante foi selecionado para leitura no espectrofotômetro e o precipitado foi descartado.

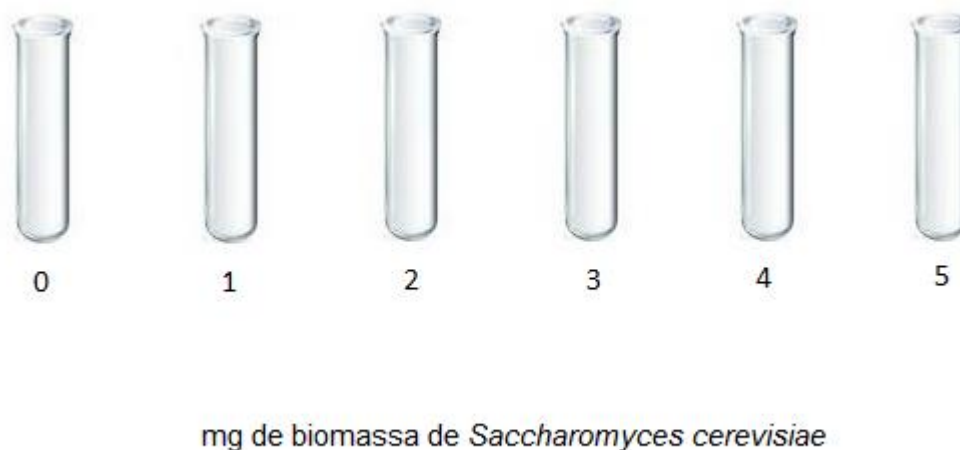


Figura 12. Protocolo 1, no qual a 10 mL de solução de corante foram acrescentadas diferentes massas de *Saccharomyces cerevisiae*.

○ Protocolo 2

O segundo experimento foi realizado de maneira que apenas 1 mg de leveduras foram adicionadas em cada tempo (t). Em t_0 , um tubo de ensaio continha 9,0 mL de água e 1,0 mL de corante – proporções mantidas – e 1 mg de leveduras. Esse tubo (t_0) foi deixado no contato por duas horas e, após esse tempo, procedeu-se a centrifugação deste – 20 minutos a 3000 rpm. Retirou-se o sobrenadante para a leitura espectrofotométrica e o precipitado foi descartado. Realizada a leitura, a esse mesmo tubo adicionou-se mais 1 mg de leveduras, o que corresponde ao tempo t_1 , e o mesmo procedimento foi realizado. Ou seja, o tubo ficou duas horas no contato, a seguir a centrifugação, retirada do sobrenadante e descarte do precipitado e leitura. Após essa segunda leitura, mais 1 mg de leveduras foram adicionadas (t_2) e toda essa metodologia foi repetida até se completar cinco ciclos, no t_4 . A figura a seguir ilustra o processo (Figura 13):

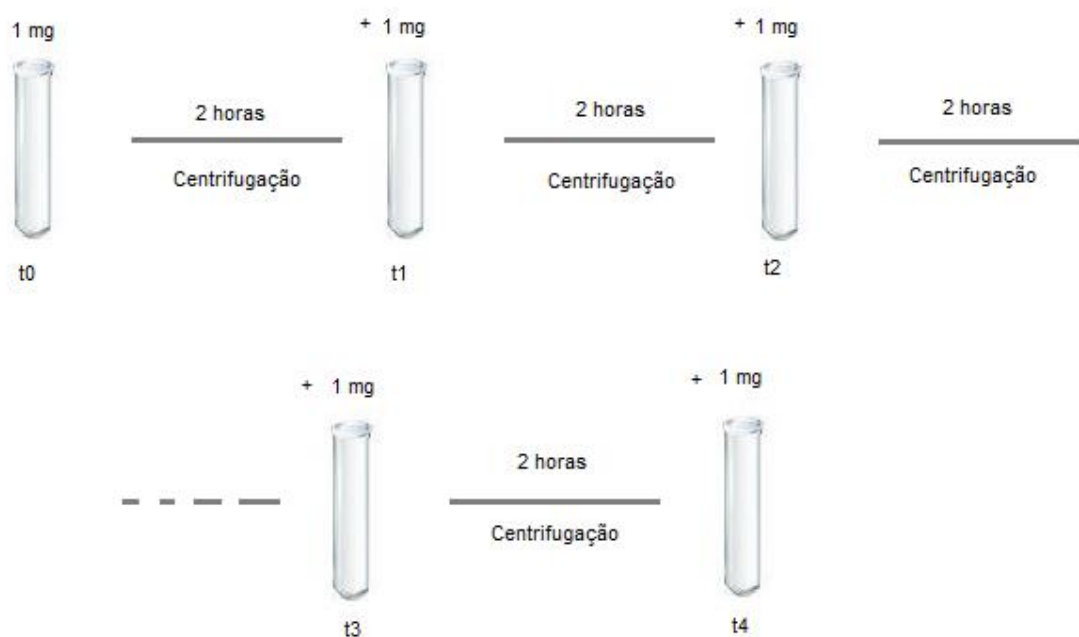


Figura 13. Protocolo 2, no qual procede-se o acréscimo sequencial de 1 mg de *Saccharomyces cerevisiae* ao tubo com corante. O procedimento foi repetido em cinco ciclos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Estabilidade do Corante

Os testes realizados geraram resultados que nos permitiram afirmar que o corante é estável, pois existe uma confluência das curvas correspondentes aos três diferentes pHs, as quais apresentam-se de maneira quase que sobrepostas, conforme podemos visualizar na figura 14:

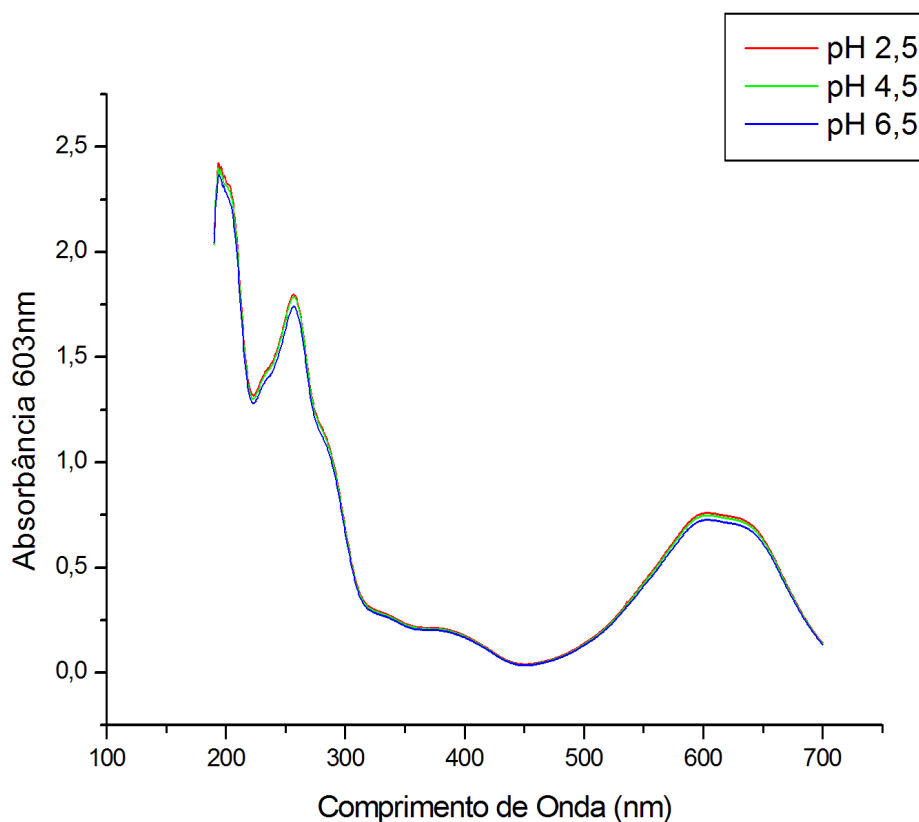


Figura 14. Varredura espectral do teste de estabilidade do corante Acid Blue 25.

5.2 Retas padrão do corante

As varreduras espectrais para as soluções de cada um dos três diferentes pHs é mostrada nas figuras 15, 16 e 17:

○ pH 2,5

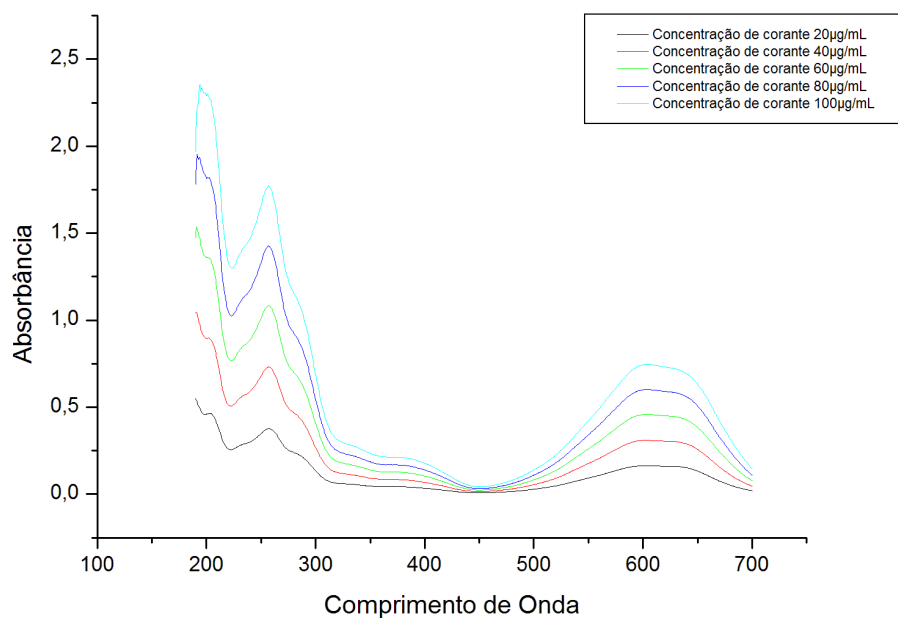


Figura 15. Espectro do corante Acid Blue 25, pH 2,5, $\lambda_{m\acute{a}x}$ = 603 nm e caminho óptico de 0,5 cm.

○ pH 4,5

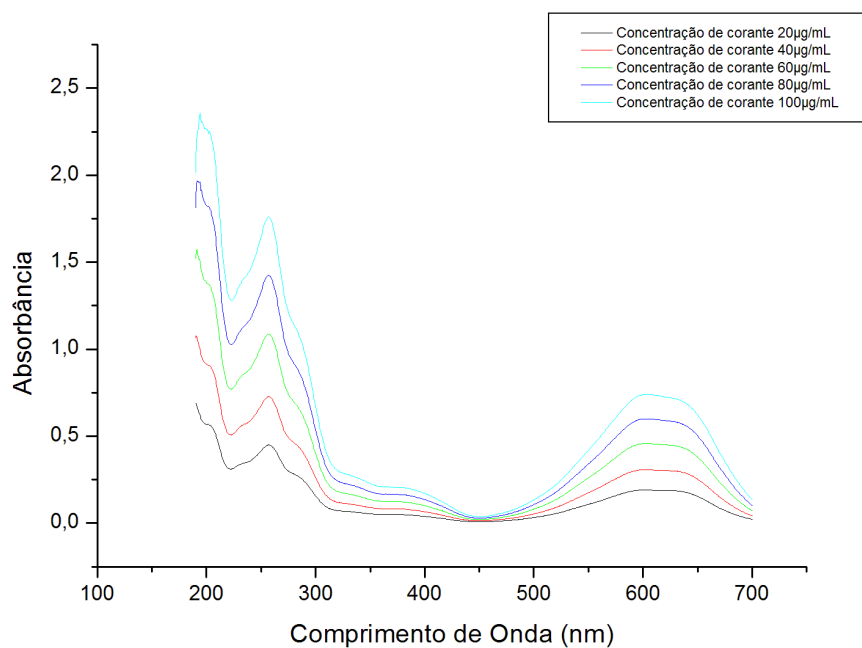


Figura 16. Espectro do corante Acid Blue 25, pH 4,5, $\lambda_{m\acute{a}x}$ = 603 nm e caminho óptico de 0,5 cm.

○ pH 6,5

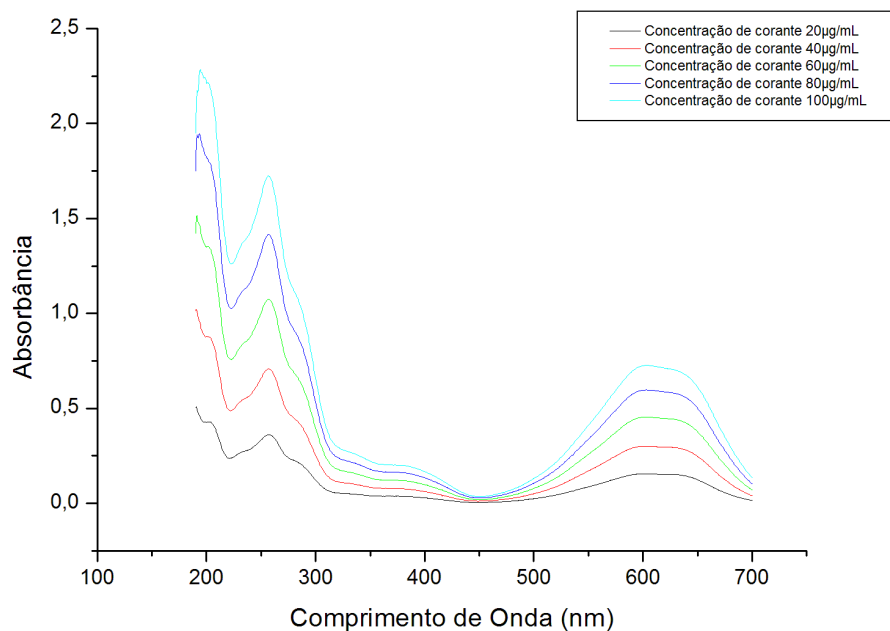


Figura 17. Espectro do corante Acid Blue 25, pH 6,5, $\lambda_{m\acute{a}x}$ = 603 nm e caminho óptico de 0,5 cm.

Verifica-se que as curvas de cada um dos espectros nos diferentes pHs assemelham-se, o que reafirma estabilidade do corante descrita.

Uma vez estabelecida a máxima absorção, no $\lambda = 603$ nm, foram construídas retas padrão para cada um dos três pHs (Figuras 18, 19 e 20):

○ **Reta padrão pH 2,5**

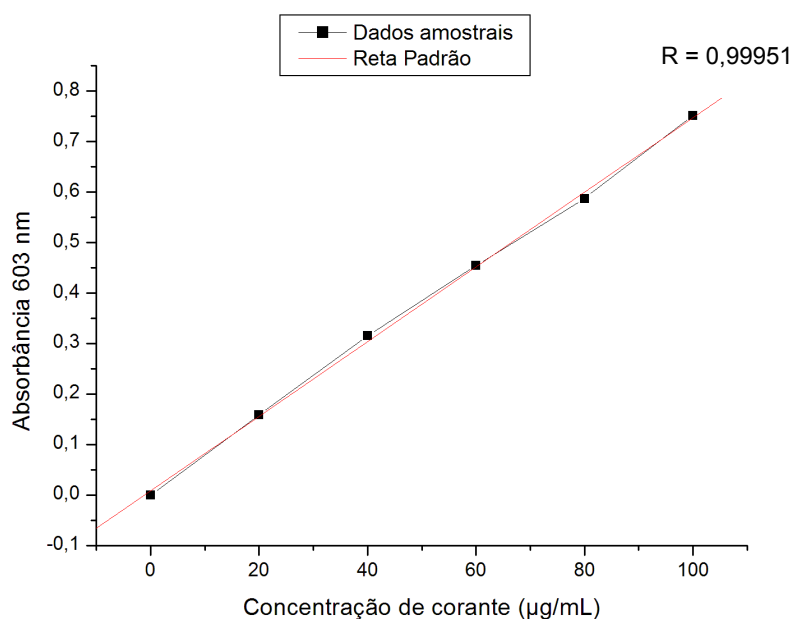


Figura 18. Reta padrão do corante, pH 2,5 e caminho óptico de 0,5 cm, para as concentrações de: 20; 40; 60; 80 e 100 µg/mL.

Absorbância λ 603 nm = 0,00781 + (0,0074 * concentração do corante)

○ **Reta padrão pH 4,5**

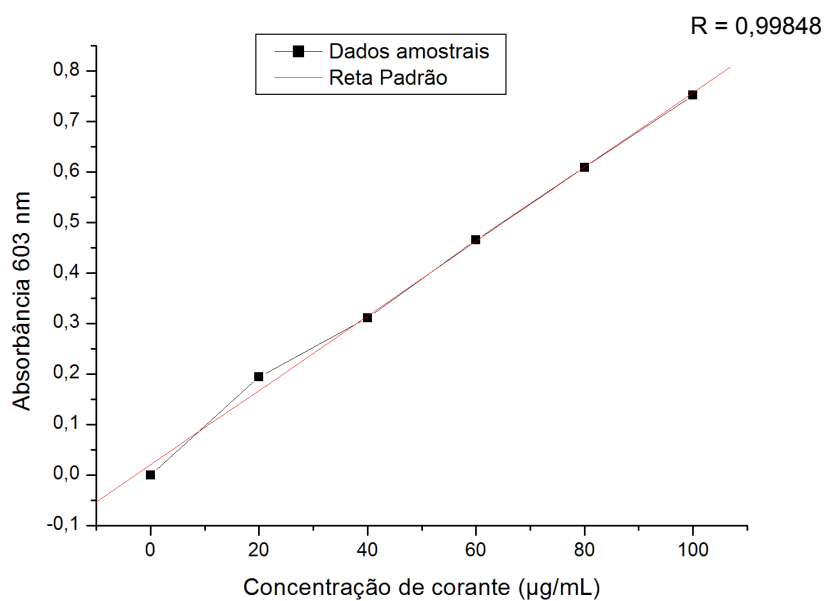


Figura 19. Reta padrão do corante, pH 4,5 e caminho óptico de 0,5 cm, para as concentrações de: 20; 40; 60; 80 e 100 µg/mL.

Absorbância λ 603 nm = 0,02 + (0,00737 * concentração do corante)

○ **Reta padrão pH 6,5**

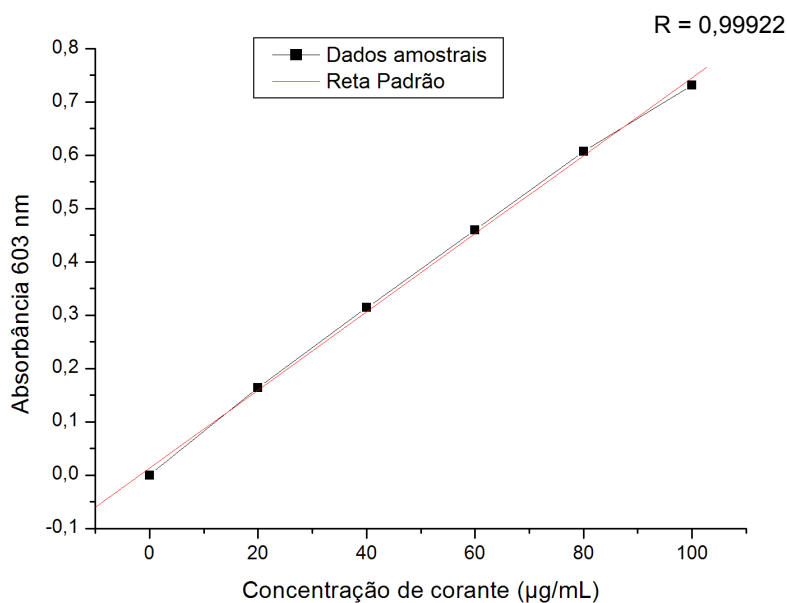


Figura 20. Reta padrão do corante, pH 6,5 e caminho óptico de 0,5 cm, para as concentrações de: 20; 40; 60; 80 e 100 µg/mL.

$$\text{Absorvância } \lambda \text{ 603 nm} = 0,0129 + (0,00733 * \text{concentração do corante})$$

Analisando-se os valores de R obtidos, conclui-se que as amostras apresentam resultados confiáveis, já que seus valores – maiores que 0,999 para os pHs 2,5 e 6,5; e aproximadamente 0,998 para o pH 4,5 – se mostram muito próximos de 1,0. Ressalta-se que, quanto mais próximo de 1 for o valor de R, maior confiabilidade é demonstrada.

5.3 Experimentos de bio sorção com *Saccharomyces cerevisiae*

Os resultados dos experimentos de bio sorção utilizando *Saccharomyces cerevisiae*, nos três pHs, mostram conclusões que nos permitiram qualificar a eficiência dos pHs, utilizando somente as varreduras espectrais (Figuras 21, 22 e 23).

○ **Varredura espectral pH 2,5**

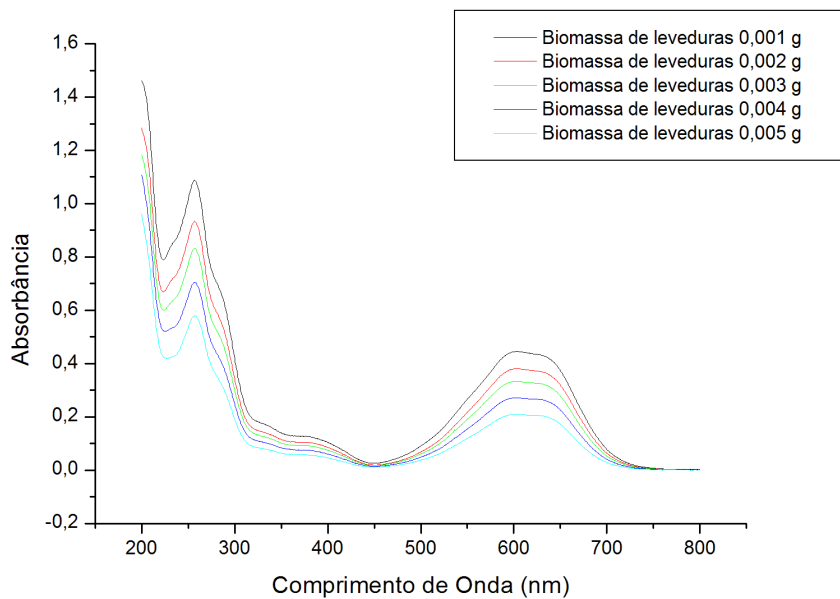


Figura 21. Espectro do corante Acid Blue 25, pH 2,5 e caminho óptico de 0,5 cm para as biomassas de leveduras: 1 mg; 2mg; 3mg; 4 mg; 5 mg.

○ **Varredura espectral pH 4,5**

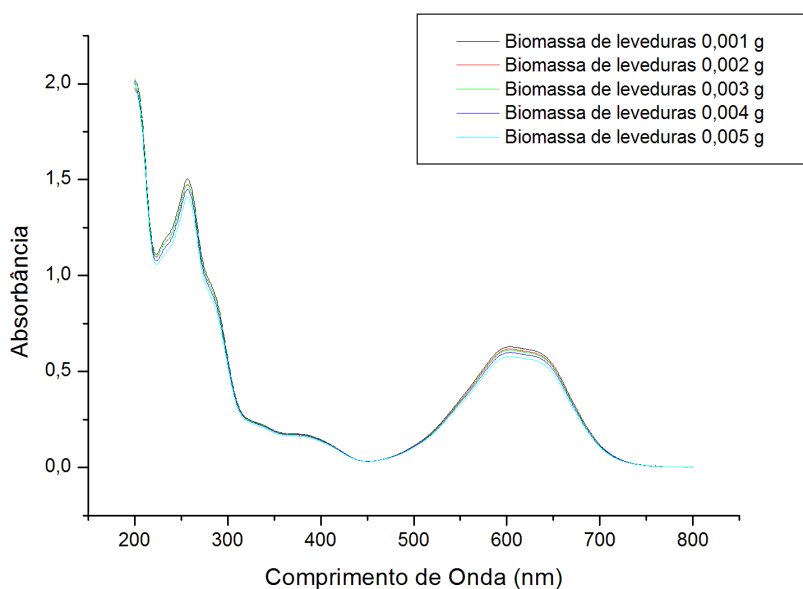


Figura 22. Espectro do corante Acid Blue 25, pH 4,5 e caminho óptico de 0,5 cm para as biomassas de leveduras: 1 mg; 2mg; 3mg; 4 mg; 5 mg.

- **Varredura espectral pH 6,5**

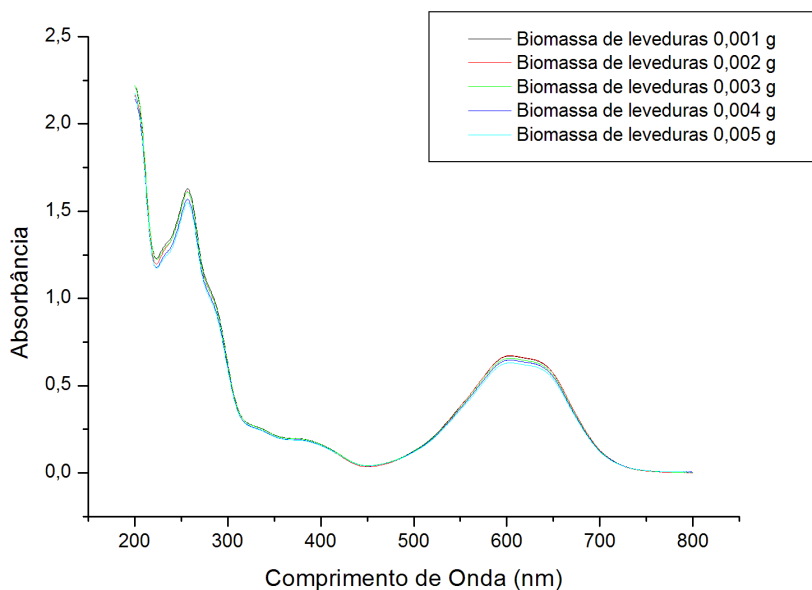


Figura 23. Espectro do corante Acid Blue 25, pH 6,5 e caminho óptico de 0,5 cm para as biomassas de leveduras: 1 mg; 2mg; 3mg; 4 mg; 5 mg.

As imagens das figuras 21, 22 e 23 demonstram que – nos pHs 4,5 e 6,5 – a ação das leveduras foi quase nula, quando comparamos com os resultados obtidos no pH 2,5. As figuras 22 e 23 mostram uma sobreposição de curvas, mesmo variando-se a concentração da biomassa de leveduras, revelando que a preparação da biomassa em pHs mais ácidos favorece a remoção do corante.

Contudo, para a confirmação desses resultados foram confeccionadas as retas padrão para cada uma dessas interações levedura-efluente simulado, para posteriores cálculos que estimam a remoção total do biossorvente em cada um desses pHs (Figuras 24, 25 e 26).

○ **Reta padrão pH 2,5 (com leveduras)**

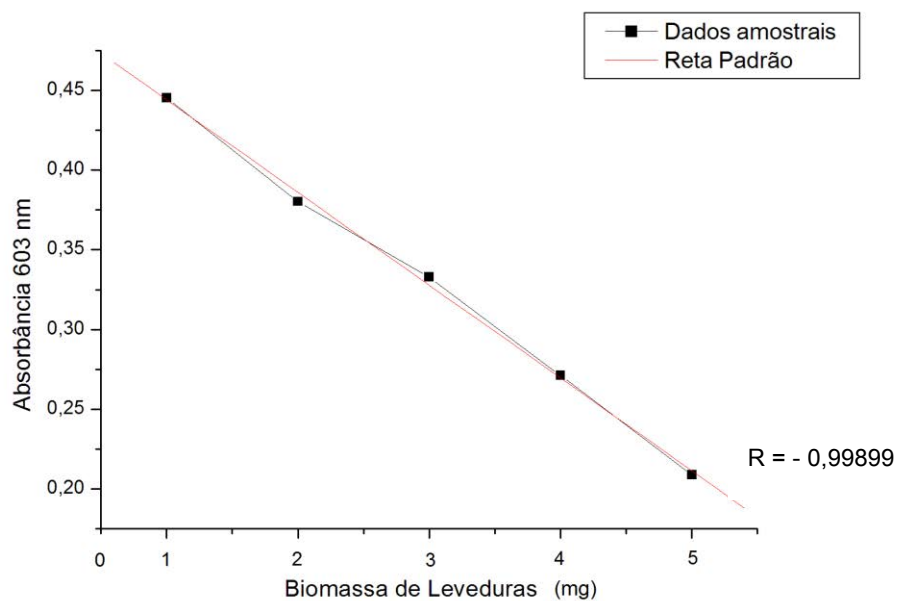


Figura 24. Reta padrão do corante Acid Blue 25 em interação com leveduras, pH 2,5 e caminho óptico de 0,5 cm, para as biomassas de leveduras: 0 mg; 1 mg; 2mg; 3mg; 4 mg; 5 mg.
Absorbância λ 603 nm = 0,50225 + (- 58,19 * concentração do corante)

○ **Reta padrão pH 4,5 (com leveduras)**

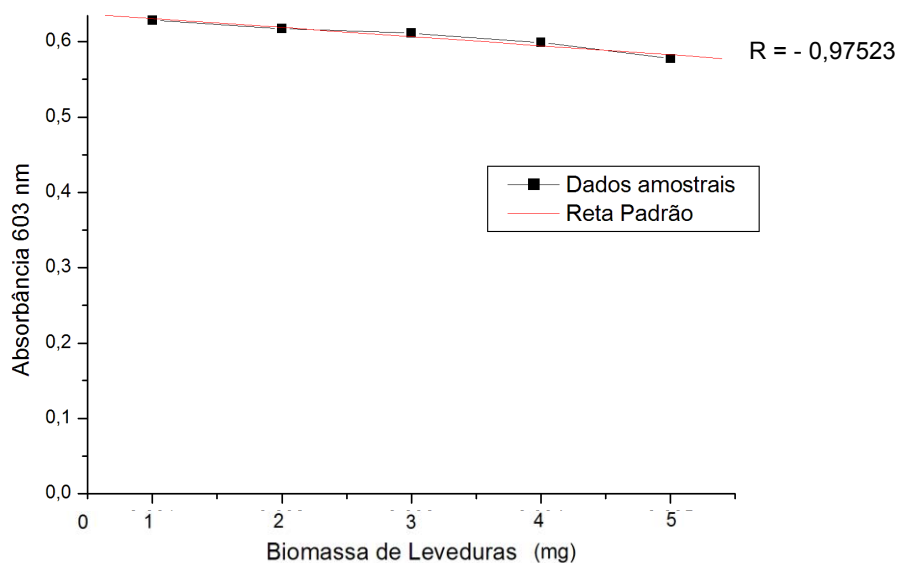


Figura 25. Reta padrão do corante Acid Blue 25 em interação com leveduras, pH 4,5 e caminho óptico de 0,5 cm, para as biomassas de leveduras: 0 mg; 1 mg; 2mg; 3mg; 4 mg; 5 mg.
Absorbância λ 603 nm = 0,64293 + (- 12,05 * concentração do corante)

○ **Reta padrão pH 6,5 (com leveduras)**

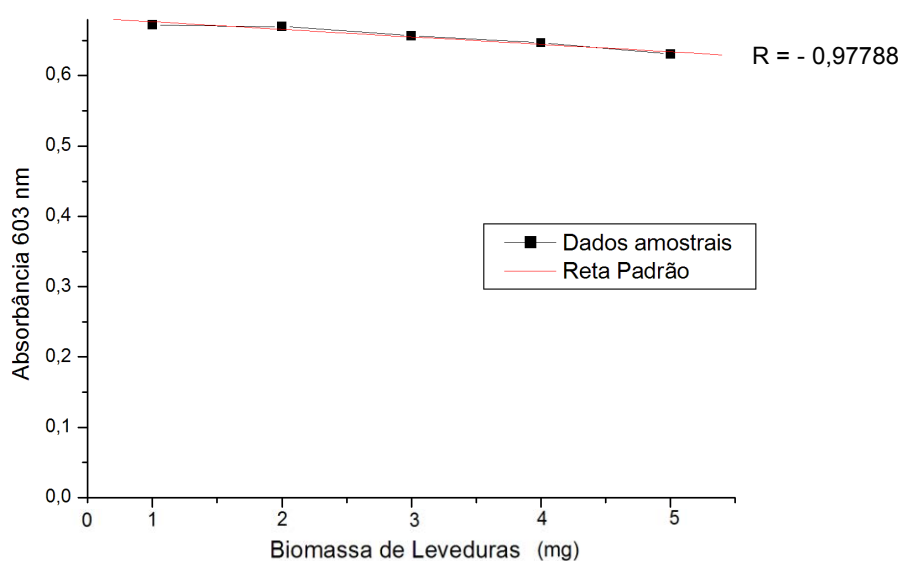


Figura 26. Reta padrão do corante Acid Blue 25 em interação com leveduras, pH 6,5 e caminho óptico de 0,5 cm, para as biomassas de leveduras: 0 mg; 1 mg; 2mg; 3mg; 4 mg; 5 mg.

Absorbância λ 603 nm = 0,68728 + (- 10,68 * concentração do corante)

5.4 Estimativa de remoção total e escolha do melhor pH

Mediante a aplicação da equação (1), do item 4.2.6, calculou-se a concentração de corante remanescente, cujos resultados estão registrados na tabela 3:

Corante remanescente em $\mu\text{g/mL}$			
LEVEDURAS (g)	pH 2,5	pH 4,5	pH 6,5
0,001	59,10	82,59	89,96
0,002	50,34	81,03	89,64
0,003	43,93	80,24	87,83
0,004	35,59	78,57	86,45
0,005	27,16	75,64	84,27

Tabela 3. Concentrações de corante remanescente (em $\mu\text{g/mL}$), após bio-sorção no tempo de duas horas por *Saccharomyces cerevisiae*.

Esses resultados comprovam que o pH 2,5 é o mais eficiente na remoção do corante. Porém, objetiva-se também quantificar a remoção total estimada, ou seja, o quanto de biomassa de leveduras seria necessário para remover todo o corante da mistura. Com os dados da tabela 3, pode-se construir novas retas, relacionando a concentração de corante remanescente com a concentração da biomassa do bioissorvente, mostradas nas figuras 27, 28 e 29:

○ **Corante remanescente x Biomassa de leveduras – pH 2,5**

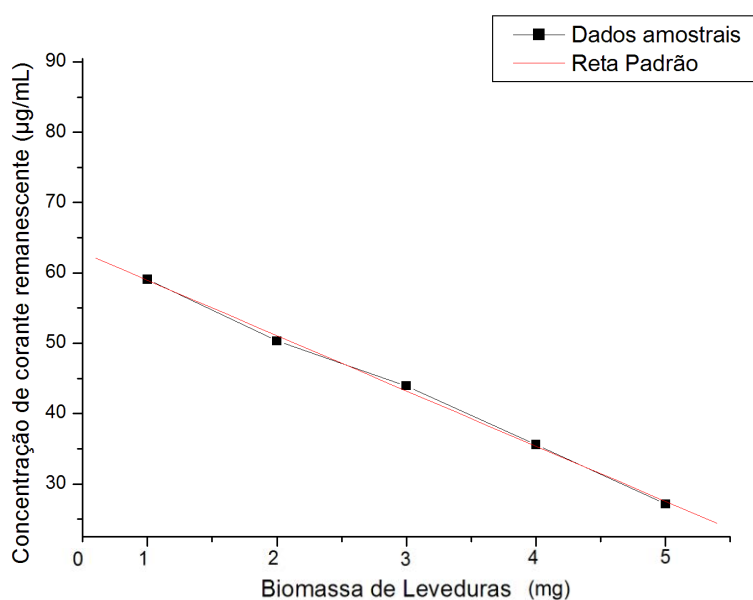


Figura 27. Biomassa de leveduras em função da concentração de corante remanescente – pH 2,5.

○ **Corante remanescente x Biomassa de leveduras – pH 4,5**

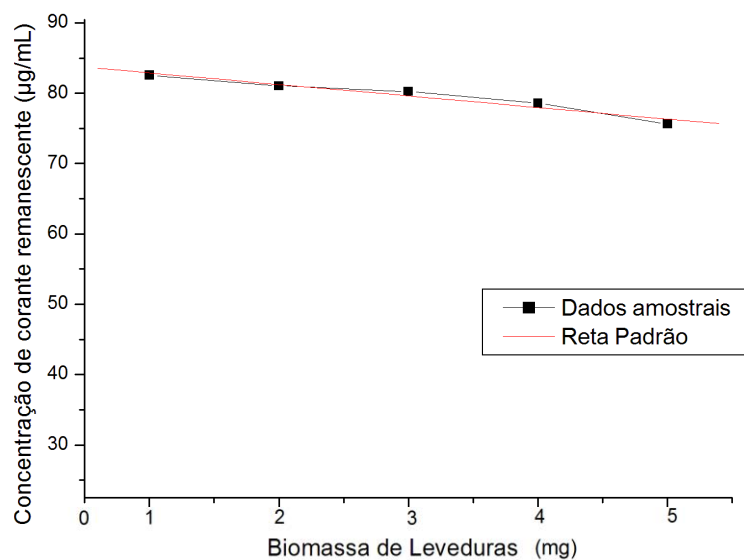


Figura 28. Biomassa de leveduras em função da concentração de corante remanescente – pH 4,5.

○ **Corante remanescente x Biomassa de leveduras – pH 6,5**

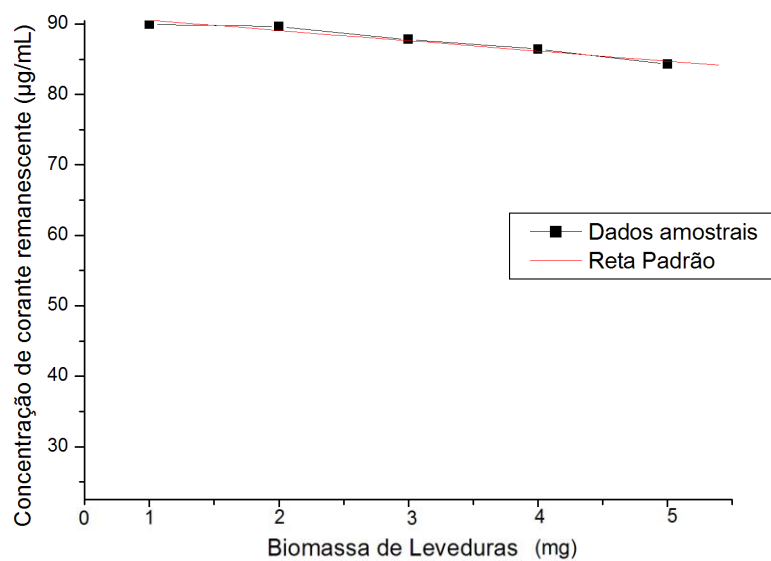


Figura 29. Biomassa de leveduras em função da concentração de corante remanescente – pH 6,5.

A partir das equações das retas obtidas, pode-se calcular por estimativa a remoção total do corante.

$$y = a + b \cdot x$$

onde; $y=0$, será a indicação de que o corante será totalmente removido e;
 x – refere-se à quantidade de levedura necessária para a total remoção,

Logo, tem-se que:

$$x = - (a/b) \quad \text{Equação (2)}$$

Os resultados são mostrados na tabela 4.

pH	Biomassa de leveduras necessárias (mg)
2,5	8,5
4,5	52
6,5	63

Tabela 4. Quantidade de biossorvente necessário para a completa remoção do corante em solução de concentração $1 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$.

Pelos experimentos realizados, comprova-se que o pH 2,5 é o mais eficiente na remoção do corante. Novos experimentos serão realizados com pH 2,5.

5.5 Teste de eficiência da biossorção e influência da biomassa no processo adsorativo

Os testes realizados geraram resultados registrados em gráficos que permitem concluir que existe uma influência significativa da biomassa no processo de biossorção. A figura 30 mostra a biossorção obtida pela metodologia do protocolo 1, enquanto a figura 31 corresponde a biossorção correspondente ao protocolo 2.

○ **Protocolo 1**

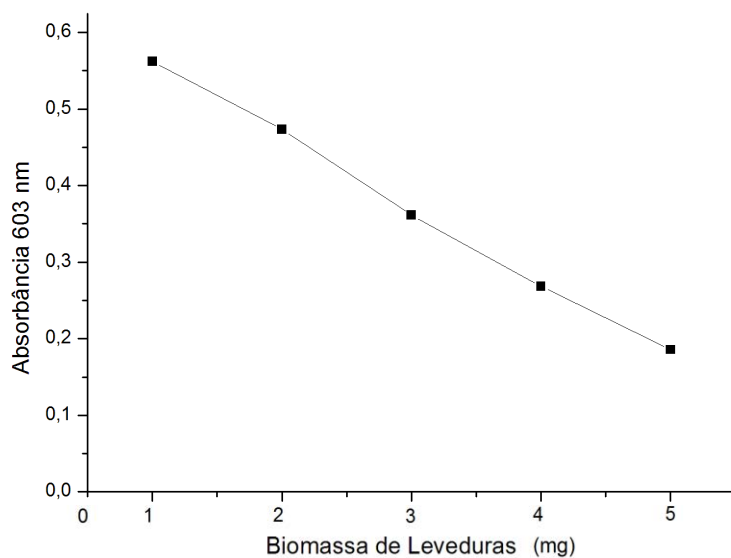


Figura 30. Biossorção realizada por leveduras *S. cerevisiae* colocadas em contato com o corante Acid Blue 25 em um único tempo de duas horas (t).

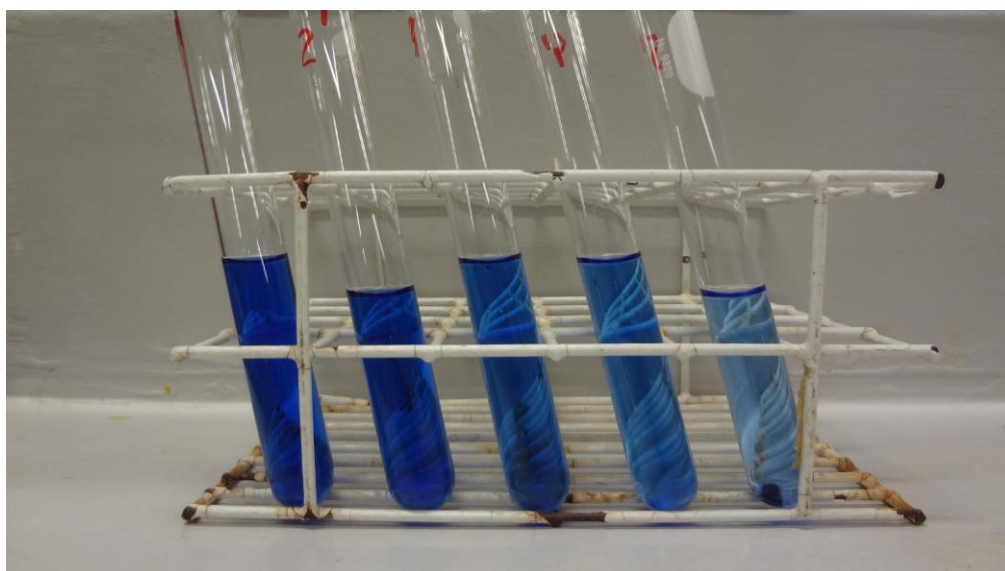


Figura 31. Tubos contendo concentração de leveduras de 0; 1; 2; 3; 4 e 5 mg (da esquerda para direita) após a biossorção.

- **Protocolo 2**

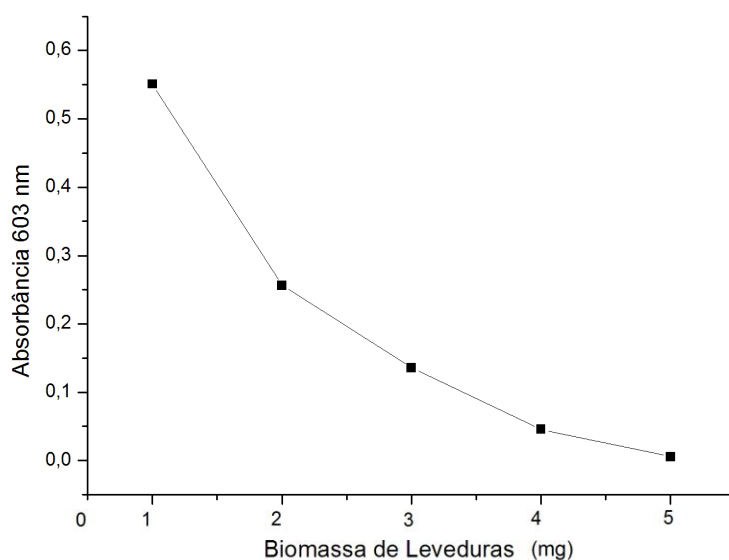


Figura 32. Biossorção realizada por leveduras *S. cerevisiae* colocadas em contato com o corante Acid Blue 25 em tempos distintos (t_0 , t_1 , t_2 , t_3 e t_4), sendo t_4 o tempo correspondente a ação de 5 mg do biossorvente.

Como pode ser observado, a biossorção realizada separadamente foi mais eficiente, elucidando assim a influência da biomassa sob o processo, conforme citado na revisão da literatura. A figura 33 faz uma comparação entre as concentrações de corantes remanescentes nos dois diferentes protocolos.

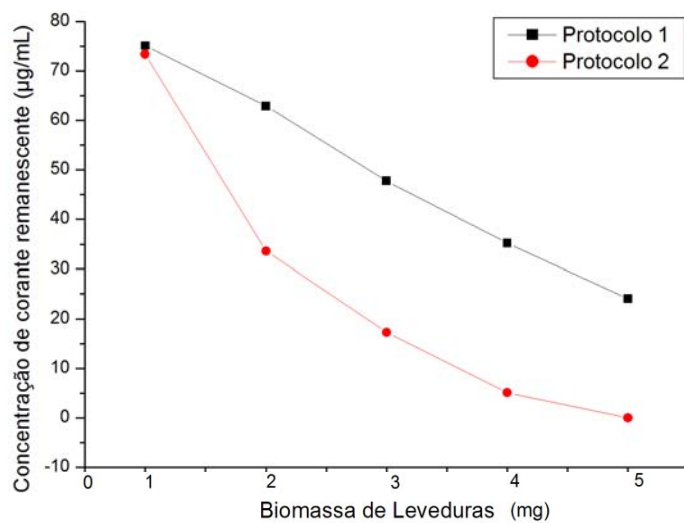


Figura 33. Comparação entre as eficiências de bioadsorção mostradas pelas duas metodologias distintas propostas.

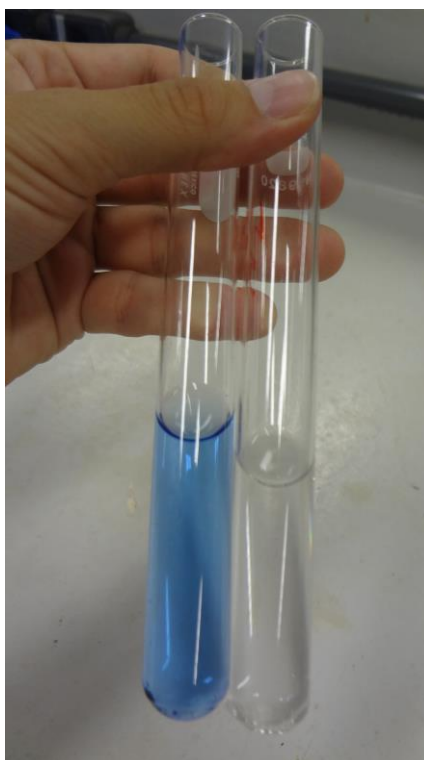


Figura 34. Comparação da bioadsorção na concentração mais altas de leveduras (5 mg). À esquerda a do protocolo 1 e à direita do protocolo 2.

6 CONCLUSÃO

A indústria têxtil representa um setor muito produtivo da economia mundial e também da brasileira, sendo responsável por quase 5% do PIB industrial e por mais de 10% dos empregos dessa área econômica, direta ou indiretamente (ABIT, 2011). Entretanto, a constante emissão de rejeitos provenientes de seus processos de fabricação, causa enorme preocupação socioambiental, devido às próprias características físico-químicas dos corantes empregados nesses processos.

Na tentativa de eliminar, ou ao menos amenizar a ocorrências desses riscos ecotoxicológicos, muitos métodos de tratamento de efluentes têxteis vêm sendo propostos. No entanto, muitos deles apresentam elevado custo e eficiência não muito rendosa. Como alternativa viável, estão sendo estudados tratamentos por organismos vegetais e microbiológicos. Os fungos são relacionados, em diversos trabalhos científicos encontrados, como um dos organismos mais apropriados para o tratamento alternativo dos efluentes da indústria têxtil.

Nesse estudo utilizaram-se fungos unicelulares (leveduras), da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, em contato com uma solução de água e do corante Acid Blue 25 – que simulava um efluente têxtil – e empregou-se a técnica de bioissorção. Essa espécie de leveduras é reconhecida por ser de fácil obtenção e manuseio, além de não apresentar patogenicidade ou toxicidade. Essas características os colocam em uma posição favorável para serem utilizados nas indústrias, uma vez que não implicam na necessidade de um profissional altamente especializado para o trabalho.

Os objetivos do estudo, os quais eram analisar as influências do pH e da biomassa no processo de bioissorção, foram alcançados. Os ensaios foram realizados todos em duplicata e, em primeiro momento, em três diferentes pHs, sendo estes: 2,5; 4,5 e 6,5. Segundo a literatura consultada, fungos filamentosos e leveduras, de maneira geral, trabalham melhor em ambientes ácidos. Essa condição foi reassegurada, com veemência, pelos resultados dos testes, que mostraram que a bioissorção no pH 2,5 é superior à dos outros dois pHs analisados.

Após essa etapa, elaboraram-se os testes da influência da biomassa no processo adsorptivo. Tendo em vista a ampla vantagem do pH mais ácido sobre os demais, estes ensaios foram realizados somente no pH 2,5. Duas diferentes

metodologias foram propostas, para que se fossem feitas análises comparativas. Em um dos procedimentos, as leveduras foram colocadas concomitantemente e foi mensurada sua capacidade de biorremoção. Como esperado, a maior biomassa de leveduras (5 mg), foi a que mais removeu o corante.

Em um segundo momento, a distribuição de leveduras não se deu ao mesmo tempo, e sim após adição, de maneira gradual, de 1 mg em 1 mg do bioissorvente, até que se atingisse a concentração final de 5 mg, como no procedimento anterior. Essa segunda maneira mostrou-se mais eficaz que a primeira, sendo o corante totalmente removido, enquanto na primeira encontrou-se ainda pequena quantidade remanescente de corante.

Uma grande concentração de reagentes em um reator pode fazer com que a eficiência do processo seja diminuída, uma vez que, aumentando-se a biomassa, reduz-se a superfície de contato e, conseqüentemente, as interações entre as moléculas de adsorvente-adsorbato. Ao passo que, em um reator com maior superfície de contato disponível, as interações ocorrem de maneira mais livre. Vale ressaltar, porém, que este segundo método requer maior tempo de ação. Logo, o método ideal depende muito do objetivo do tratamento e do que for mais conveniente para quem o executa.

A bioissorção utilizando leveduras *S. cerevisiae* revela-se como uma alternativa viável ao tratamento de efluentes têxteis e, por isso, é necessário conhecer bem os processos que influenciam sua eficiência (como o pH e a biomassa). Dos muitos estudos realizados, e outros em etapas de avaliação, é necessário ainda enfrentar novos desafios. Recomenda-se aliar pesquisas com o bom senso – das indústrias e, principalmente, dos consumidores – para que no futuro possa existir novos rumos a um ecossistema mais saudável.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIQUIM. Atividades setoriais: Corantes e pigmentos. Acesso em: 22/12/2014. Disponível em: <<http://abiquim.org.br/corantes/cor.asp>>.

ABIT. Indústria têxtil e de confecção brasileira: cenário, desafios, perspectivas e demandas. Brasília, 2013. Acesso em: 21/12/2014.

Disponível em: <<http://www.abit.org.br/Publicacao.aspx#23>>.

ABIT. Panorama do setor têxtil e de confecções. Brasília, 2011. Acesso em: 21/12/2014.

Disponível em: <http://abit.org.br/abitonline/2011/06_07/apresentacao.pdf>.

ALMEIDA, E.J.R. **Avaliação da toxicidade de corantes azóicos por *Allium cepa* e estudo da capacidade de remoção destes compostos em solução por *Saccharomyces cerevisiae*.** 2010. 86 f. Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.

AZEVEDO, G.C.; SERIACOPI, R. **História:** volume único. – São Paulo: Ática, 2005.

BELTRAME, L.T.C. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento.** 2000. 179 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

CORSO, C. R. **Aplicabilidade das equações de Freundlich e Langmuir e o estudo as toxicidade, na interação biossorbitiva entre *Aspergillus oryzae* paramorfogênico e corantes azóicos de solução aquosa.** 1998. 115f. Tese (Livre-Docência) – Instituto de Biociências, Biofísica, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

COSSICH, E. S. **Biossorção de Cromo(III) pela Biomassa da Alga Marinha *Sargassum sp.*** 2000. 147f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DEL RIO, D.T. **Biossorção de cádmio por leveduras *Saccharomyces cerevisiae***. 2004. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

GADD, G.M.; EHRICH, H.I.; BRIERLY, C.L. Fungi and yeast for metal accumulation. **Microbial mineral recovery**. New York: McGraw-Hill, p. 249-275, 1990.

GUARATINI, C.C.I.; ZANONI, M. V. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23(1), p. 71-78, 2000.

GUARI, E.B. **Biorremocão do corante Acid Blue 29, usando serragem (*Pinus sp.*) como biossorvente**. 2013. 60f. Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) – Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.

IMMICH, A.P.S. **Remoção de Corantes de Efluentes Têxteis Utilizando Folhas de *Azadirachta indica* como Adsorvente**. 2006. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

KAPOOR, A.; VIRARAGHAVAN, T. Fungal biosorption – an alternative treatment for heavy metal bearing wastewaters: a review. **Bioresource Technology**, v. 53, p. 195-206, 1995.

KIFF, R.J.; HOLAN, Z.R. **Biosorption of heavy metals by immobilised fungal biomass**. In Immobilization of ions by biosorption. Ellis Hunt Publishers, 649 p. Chichester, Reino Unido. 1986.

KIMURA, I.R. et al. Efeito do pH e do tempo de contato na adsorção de corantes reativos por microesferas de quitosana. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, p. 51-57, jul. 1999.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, v. 25, p. 78-82, 2002.

MITTER, E.K. **Utilização de *Saccharomyces cerevisiae* imobilizada em bagaço de cana de açúcar para a bioadsorção e biodegradação do corante Acid Black 48**. 2012. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.

MORÃO, L.G. **Estudo de bioadsorção e teste de imobilização usando *Luffa cylindrica* como adsorvente e *Saccharomyces cerevisiae* como agente imobilizado visando analisar a capacidade de remoção de corantes azoicos em solução**. 2011. 75 f. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.

PEIXOTO, F.; MARINHO G.; RODRIGUES, K. Corantes têxteis: uma revisão. **HOLOS**, Ano 29, Vol. 5, 2013.

PEREIRA, R.S. Fermento biológico de padaria (*Saccharomyces cerevisiae*) e seu uso em sínteses assimétricas. **Química Nova**, v. 18(5), p. 452-459, 1995.

PRIGIONE, V., TIGINI, V., PEZZELLA, C., ANASTASI, A., SANNIA, G., VARESE, G.C., Decolourisation and detoxification of textile effluents by fungal biosorption. **Water Research**, v. 42, p. 2911-2920, 2008.

RAVEN, P.H. et al. **Biologia vegetal**. 7.ed, 728 p, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

SIGMA-ALDRICH. Acid Blue 25. Acesso em: 18/12/2014. Disponível em: <<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/210684?lang=pt®ion=BR>>.

TEXBRASIL. Perfil do setor têxtil e de confecção em 2013. Acesso em: 21/12/2014. Disponível em: <<http://www.texbrasil.com.br/texbrasil/Index.aspx>>.

VITOR, V; CORSO, C.R. Decolorization of textile dye by *Candida albicans* isolated from industrial effluents. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v.35, p.1353-1357, 2008.

VOLESKY, B.; HOLAN, Z.R. Biosorption of heavy metals. **Biotechnology Progress**, v.II, p. 235-250, 1995.

Raquel Ribeiro Melo
Discente

Dr. Carlos Renato Corso
Orientador