

## **II-029 - REMOÇÃO DO CORANTE INDOSOL AZUL COM BIOSSORVENTES ORIUNDOS DA *ANADENANTHERA COLUBRINA***

### **Cinthy Petrucia Gomes de Lira**

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (2010). Atualmente é mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFPE. Tem experiência na área de biodiesel.

### **Bruno de Albuquerque Amaral**

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (2010). Atualmente é mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFPE. Tem experiência na área de petróleo.

### **Jacson Carlos Afonso da Silva**

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (2010), Atualmente cursando especialização em Engenheiro de Campo - Segurança, Meio Ambiente e Saúde pela Universidade Federal de Pernambuco e mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco. Tem experiência na área de catálise e biodiesel.

### **Joelma Morais Ferreira**

Possui graduação (1998) e mestrado (2001) em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba (2001) e doutorado em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (2006). Atualmente faz Pós-Doutorado pela UFPE na área de Meio Ambiente, é bolsista do Programa Nacional de Pós-Doutorado (CAPES) e é Co-orientadora do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Química, da UFPE. Tem experiência na área de Meio Ambiente.

### **Maurício Alves da Motta Sobrinho**<sup>(1)</sup>

Possui graduação em Engenharia Química pela UNICAP (1992), mestrado em Engenharia Química pela UFCG (1995), doutorado em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine (2001) e Pós-Doutorado na UFPE (2005) e na Universidade do Minho (Portugal) (2013). Atualmente é professor Adjunto do DEQ-UFPE e dos PPG em Engenharia Química (do qual é vice-coordenador) e em Engenharia Civil da UFPE. Pesquisador 2 do CNPq desde 2004. Avaliador INEP/MEC.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: UFPE - Departamento de Engenharia Química - Rua Prof. Arthur de Sá, s/n - Cidade universitária - Recife - PE - CEP 50.740-521- Brasil - Tel: +55 (81) 2126-7268 - Fax: +55 (81) 2126-7268 - e-mail: [mottas@ufpe.br](mailto:mottas@ufpe.br) .

## **RESUMO**

O presente trabalho propôs como alternativa econômica o aproveitamento de casca e semente da árvore da espécie *Anadenanthera colubrina*, em processo de dessorção do corante indosol azul presente em efluentes líquidos. As biomassas foram submetidas à secagem à 50°C durante 72h, trituração e armazenagem à 4° C. Foram preparadas soluções de corante indosol azul turquesa, simulando um efluente típico de indústria têxtil, operando à temperatura ambiente (30°C) e à pressão atmosférica. Foram realizados estudos preliminares de bio sorção, em erlenmeyer de 125 mL onde foram colocados 50mL da solução com 0,1g da biomassa no período de 2h e realizadas as leituras da concentração do corante em espectrofotômetro FEMTO-435 no comprimento de onda de 398 nm. O experimento fatorial 22 foi realizado utilizando-se 0,1 g das biomassas (uma por vez) em 2, 6 e 10 mg/L da solução do corante em 100, 200 e 300 rpm. Os resultados indicaram que os bio sorvetes obtiveram uma eficiência de 91% e 92%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Corante Textil, Indosol Azul, Bio sorção, *Anadenanthera colubrina*.

## **INTRODUÇÃO**

Os corantes sintéticos têxteis representam um grande grupo de substâncias orgânicas que podem apresentar efeitos indesejáveis ao meio-ambiente; além disso, algumas delas podem apresentar riscos aos usuários. O principal ponto que precisa ser destacado é a conscientização dos fabricantes e usuários deste tipo de compostos, no sentido de atacar o problema na fonte. (Guaratini & Zanoni, 2000).

Os riscos toxicológicos de corantes sintéticos à saúde humana estão intrinsecamente relacionados ao modo e tempo de exposição, i.e., ingestão oral, sensibilização da pele, sensibilização das vias respiratórias (Clarke & Steinle, 1995).

Dessa forma, muitas pesquisas têm sido dirigidas na busca de processos e materiais alternativos de baixo custo, que removam corantes ou elementos metálicos do meio aquoso. Um dos processos de remoção desses contaminantes é por adsorção, utilizando biossorventes.

A biossorção é um processo passivo, rápido, reversível e independente de energia metabólica, realizado tanto por biomassa viva quanto por biomassa morta, no qual atuam forças físico-químicas que promovem a atração e a ligação do íon metálico, molécula ou material particulado à biomassa. Dentre os mecanismos envolvidos em biossorção, destacam-se troca iônica, adsorção, complexação, precipitação e cristalização (Souza et al., 2008). A espécie mais comum aos redores da UFPE é a árvore cujo nome científico é *Anadenanthera colubrina*, conforme mostra a figura 1, conhecida popularmente por o angico-branco ou vermelho. Segundo Lorenzi (1992), encontrando-se boa parte das árvores em intensa florada entre novembro e janeiro, no inverno perde totalmente as folhas. Suas flores diminutas são agrupadas em pequenos pontos brancos, por sua vez agrupados em cachos grandes, revestindo de branco as copas verdes. Possui tronco acinzentado, tortuoso e alto, com copa ampla de folhagem rarefeita, no total chegando aos 20 a 25 metros. Seu fruto é de forma de vagem seca chegando a 20 cm e suas sementes têm cor marrom e uma forma achatada e brilhante com ala estreita.



**Figura 1.** Espécie da *Anadenanthera colubrin* com casca e semente

Face ao exposto, o presente trabalho se propõe a estudar a viabilidade técnica e econômica na aplicação da remoção do corante indosol azul turquesa pela casca e semente da *Anadenanthera colubrina*.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Preparação dos biossorventes e dos efluentes sintéticos

#### Biossorventes

Foram utilizados como biossorventes as casca e a semente da *Anadenanthera colubrina*, conforme Figura 1, proveniente do campus da UFPE, localizada no estado de Pernambuco, mantidas sob refrigeração a 4°C.

As biomassas foram submetidas a uma série de tratamentos (secagem, trituração e armazenagem) de modo a adquirir certas condições consideradas importantes para a biossorção, como ausência de umidade nos poros do

adsorvedor e a redução do tamanho das partículas. Nos experimentos realizados utilizou-se a biomassa morta seca em estufa a 50°C por 72 horas.

A seguir é descrito os procedimentos preliminares para obtenção das biomassas para o experimento:

- Lavagem: com água para eliminar resíduos que possam estar presos ao material (poeira, etc.);
- Secagem: em estufa Scientif series 9000 a 50 °C, de modo a retirar toda a umidade existente no material por 72 horas, conforme Figuras 2;



**Figura 2.** Semente e casca do fruto *Anadenanther colubrina* após secagem.

- Trituração: com um processador foram trituradas por 3 minutos até obter o pó, conforme mostra a Figura 3;



**Figura 3.** Semente e Casca do fruto *Anadenanther colubrina* após trituração.

- Armazenagem, a amostra do material foi guardada em frascos de polietileno no refrigerador à temperatura média de 10°C, a fim de manter as suas características intactas.

### Ensaio com corantes

As amostras do corante indosol azul turquesa, foram cedidas pela Clariant do Brasil. Foram preparadas 20 amostras contendo uma solução de 10mg/L Co (concentração inicial) a ser utilizada nos ensaios de biossorção com 50mL do corante mais 0,1g da biomassa. As amostras foram submetidas a uma agitação de 300 rpm por

meio de uma mesa agitadora por um período de 2 horas, as quais foram sendo retiradas em intervalos de 1, 5, 10, 15, 30, 40, 50, 60 e 120 minutos.

Em seguida as alíquotas foram analisadas no espectrofotômetro UV-visível Thermo Genius 10TM (Watham, MA – EUA), para que fossem determinadas as concentrações finais do corante após os intervalos de tempo citados acima. A quantidade de corante (mL/L) adsorvido por massa do adsorvente (g) foi calculado utilizando a Equação 1.

$$q = \frac{(C_i - C_f)}{M} \times V \quad (\text{Eq. 1})$$

onde:  $C_i$  = concentração inicial (mg/L);  $C_f$  = concentração final do corante, (mg/L);  $M$  = massa do biossorvente (g);  $V$  = volume (L).

### Planejamento Fatorial 2<sup>2</sup>

Visando-se ter uma idéia preliminar dos possíveis efeitos de fatores experimentais facilmente controláveis no procedimento, tais como concentração do corante (C) e massa do biossorventes (A) e (B), sobre a quantidade biossorvida foi realizado um planejamento fatorial 2<sup>2</sup> acrescido de 3 pontos centrais. Os níveis selecionados estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Níveis dos fatores estabelecidos para o planejamento experimental 2<sup>2</sup>

	Nível inferior (-)	Ponto Central (0)	Nível superior (+)
Concentração do corante (C) mg/L	2	6	10
Agitação	100	200	300

Em erlenmeyers de 125 mL foram colocados 50 mL de solução do corante com concentrações variando de acordo com a Tabela 1 com 0,1g da biomassa, que foram deixados em contato com a solução por um tempo de 30 minutos em agitação de 100, 200 e 300 rpm de acordo com planejamento fatorial. Os ensaios foram realizados em duplicata com triplicata no ponto central. Em seguida as amostras foram analisadas no espectrofotômetro UV-visível Thermo Genius 10TM (Watham, MA – EUA) para determinação da concentração final.

A variável resposta do planejamento fatorial em estudo foram a capacidade de adsorção (Equação 1) e a eficiência calculada conforme a Equação 2:

$$E = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

onde:  $C_i$  é a concentração inicial do adsorbato (mg/L) e  $C_f$  é a concentração final do adsorbato (mg/L), multiplicados por 100.

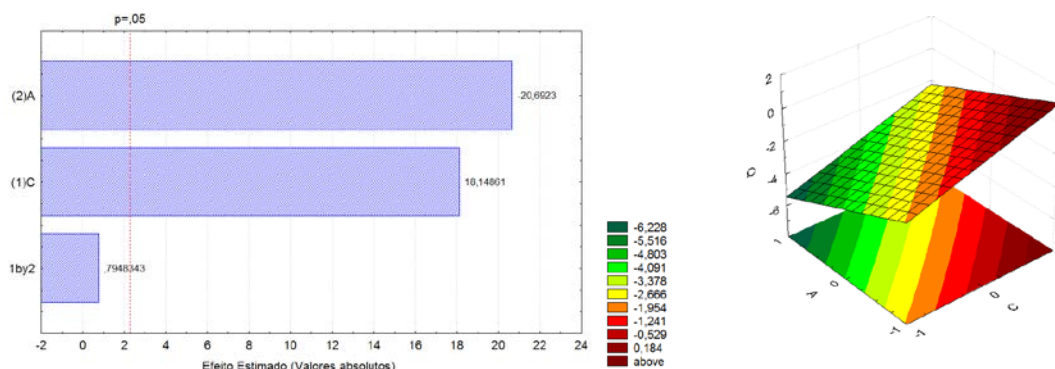
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1ª Parte – Estudo da Capacidade de Adsorção

#### Casca da *Anadenanthera colubrina*

A significância dos efeitos das variáveis dependentes e das possíveis interações entre elas foi checada com base no gráfico de Pareto ao um nível de confiança de 97%, exposto na Figura 4, na solução com Indosol azul

turquesa com a casca. No gráfico de Pareto, as barras dos fatores que graficamente ultrapassarem a linha de significância ( $p = 0,05$ ) exercem uma influência estatisticamente significativa sobre o resultado.



**Figura 4.** Gráfico de Pareto das variáveis que influenciam no processo (a) e gráfico da superfície de resposta (b) da quantidade adsorvida em função da concentração do corante e da agitação do processo utilizando a casca como bioissorvente.

A Equação 1 apresenta o modelo empírico obtido pela regressão dos dados experimentais com os parâmetros que apresentaram efeito estatisticamente significativo. Já a Tabela 2 apresenta o resultado na ANOVA nos dados obtidos.

$$Q = -2,94 + 1,83C - 2,087A \quad (\text{Eq. 1})$$

**Tabela 2.** Dados contendo análise de regressão e teste F para o planejamento com a capacidade de adsorção da casaca como variável resposta.

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Números de Graus de Liberdade	Média Quadrática
Regressão	0,018484	3	0,0062
Resíduos	0,001516	9	0,0002
Falta de Ajuste	1,21	1	0,0006
Erro Puro	0,73	9	0,0001
Total	63,68	13	
Ftabelado REG	<b>3,86</b>		
Fcalc	<b>95,47</b>		
Fc/Ftab	<b>24,73</b>		
R <sup>2</sup>	<b>0,97</b>		

O teste F confirmou para regressão, um valor de  $R^2$  (0,97), pois o Fcalculado foi maior ao Ftabelado, no entanto é necessário um ajuste neste modelo. A Figura 4b representa as superfícies de resposta tridimensionais geradas a partir dos dados estatísticos. Verifica-se que condições otimizadas da quantidade adsorvida, foram encontradas com o aumento da agitação. A melhor região encontrada para a variável resposta foi para maiores faixas das variáveis.

**Semente da *Anadenanthera colubrina***

A significância dos efeitos das variáveis dependentes e das possíveis interações entre elas foi checada com base no gráfico de Pareto ao um nível de confiança de 80%, exposto na Figura 5, na remoção do corante indosol azul turquesa com a semente.

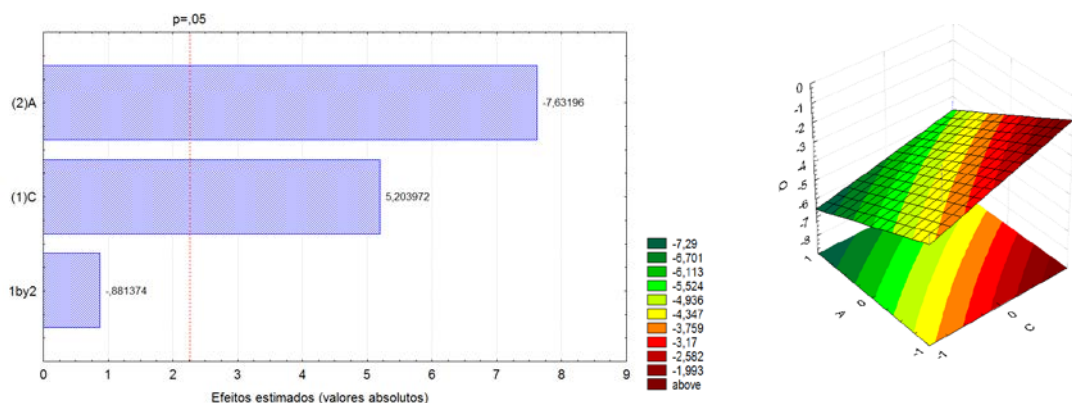
A Equação 2 mostra o modelo empírico obtido pela regressão dos dados experimentais com os parâmetros que apresentaram efeito estatisticamente significativo, enquanto que a Tabela 3 apresenta o resultado na ANOVA nos dados obtidos.

$$Q = -4,86 + 1,31C - 1,92 A \quad (\text{Eq. 2})$$

**Tabela 3.** Dados contendo análise de regressão e teste F.

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Números de Graus de Liberdade	Média Quadrática
Regressão	43,810	3	0,0062
Resíduos	10,810	9	0,0002
Falta de Ajuste	6,240	1	0,0006
Erro Puro	4,570	9	0,0001
Total	54,620	13	
Ftabelado REG	<b>3,86</b>		
Fcalc	<b>12,16</b>		
Fc/Ftab	<b>3,15</b>		
R <sup>2</sup>	<b>0,80</b>		

O teste F confirmou para regressão, um valor razoável do R<sup>2</sup> (0,80) em relação a casca, pois o F<sub>calculado</sub> foi um pouco maior ao F<sub>tabelado</sub>, no entanto é necessário um ajuste neste modelo. A Figura 5b representa as superfícies de resposta tridimensionais geradas a partir dos dados estatísticos.



**Figura 5.** Gráfico de Pareto das variáveis que influenciam no processo (a) e Gráfico da superfície de resposta (b) da quantidade adsorvida em função da concentração do corante e da agitação do processo utilizando a semente como biossorbente.

Verifica-se que nas condições otimizadas da quantidade adsorvida, a variável que interferiu significativamente foi a agitação. A melhor região encontrada para a variável resposta foi para maiores faixas das variáveis.

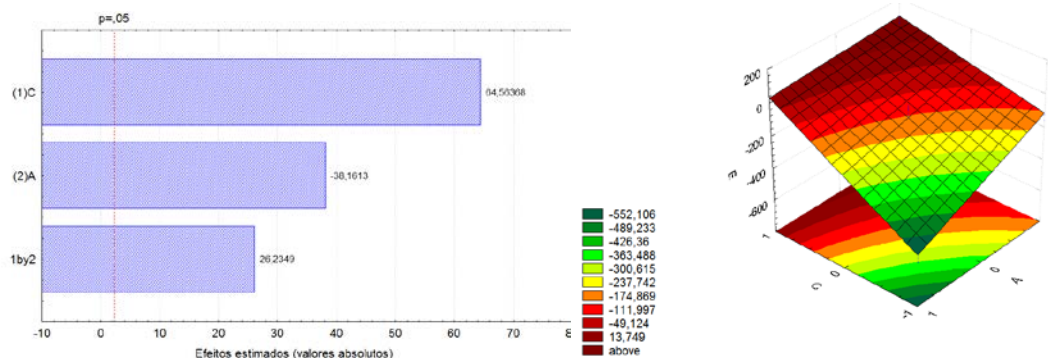
## 2ª Parte – Estudo da Eficiência

### Casca da *Anadenanthera colubrina*

A significância dos efeitos das variáveis dependentes e das possíveis interações entre elas foi checada com base no gráfico de Pareto ao um nível de confiança de 91%, exposto na Figura 6 e Tabela 4, na solução com Indosol

azul turquesa. O gráfico de Pareto fornece uma representação gráfica para os fatores principais (variáveis de entrada) e permite observar a magnitude e a importância de um determinado efeito. No gráfico de Pareto, as barras dos fatores que graficamente ultrapassarem a linha de significância ( $p = 0,05$ ) exercem uma influência estatisticamente significativa sobre o resultado.

Observa-se, através da Figura 6b, que as combinações dos parâmetros nos níveis máximos ou mínimos influenciam fortemente o resultado da função resposta, ou seja, o deslocamento nas direções de máxima ascendente ou mínima descendente provoca um incremento adicional na resposta. Verifica-se ainda que condições otimizadas da eficiência, foram encontradas com o aumento da concentração do corante. A melhor região encontrada para a variável resposta foi para maiores faixas das variáveis.



**Figura 6.** Gráfico de Pareto das variáveis que influenciam no processo (a) e Gráfico da superfície de resposta (b) da eficiência de remoção da cor em função da concentração do corante e da agitação do processo utilizando a casca como bioissorvente.

O modelo empírico obtido (Equação 3) pela regressão dos dados experimentais com os parâmetros que apresentaram efeito estatisticamente significativo:

$$E = -180,86 + 217,33C - 128,46A + 88,31 C A \quad (\text{Eq. 3})$$

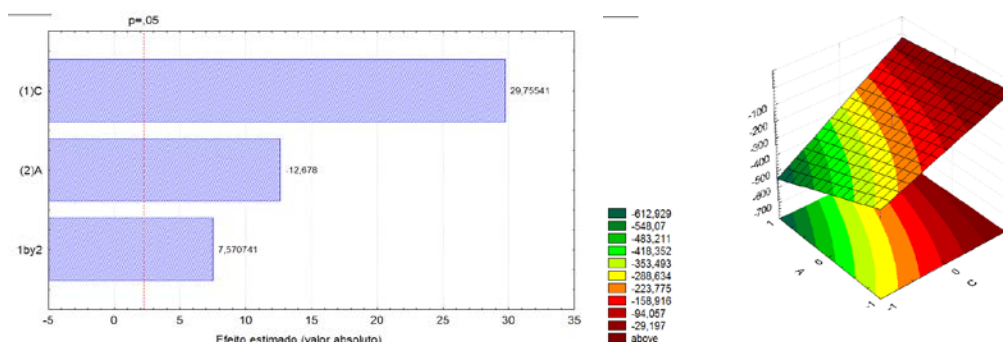
**Tabela 4.** Dados contendo análise de regressão e teste F.

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Números de Graus de Liberdade	Média Quadrática
Regressão	0,018484	3	0,0062
Resíduos	0,001516	9	0,0002
Falta de Ajuste	53621,6	1	0,0006
Erro Puro	815,9	9	0,0001
Total	626739,4	13	
$F_{\text{tabelado REG}}$	<b>3,86</b>		
$F_{\text{calc}}$	<b>31,54</b>		
$F_c/F_{\text{tab}}$	<b>8,17</b>		
$R^2$	<b>0,91</b>		

O teste F confirmou para regressão, um bom valor de  $R^2$  (0,91), pois o  $F_{\text{calculado}}$  foi maior ao  $F_{\text{tabelado}}$ , no entanto é necessário um ajuste neste modelo.

#### Semente da *Anadenanthera colubrina*

No estudo da eficiência do processo, a significância dos efeitos das variáveis dependentes e das possíveis interações entre elas foi checada com base no gráfico de Pareto ao um nível de confiança de 92%, exposto na Figura 7 e Tabela 5, na remoção do corante Indosol azul turquesa utilizando a semente como bioissorvente.



**Figura 7.** Gráfico de Pareto das variáveis que influenciam no processo (a) e Gráfico da superfície de resposta (b) da eficiência de remoção da cor em função da concentração do corante e da agitação do processo utilizando a semente como biossorvente.

Obteve-se, então, o modelo para dados experimentais, representado pela Equação 4.

$$E = -257,41 + 250,14 C - 106,58 A + 63,64 CA \quad (\text{Eq. 4})$$

**Tabela 5.** Dados contendo análise de regressão e teste F.

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Números de Graus de Liberdade	Média Quadrática
Regressão	623861,200	3	207953,733
Resíduos	55925	9	6213,889
Falta de Ajuste	50837,000	1	50837,000
Erro Puro	5088,000	9	565,333
Total	679786,200	13	
Ftabelado REG	<b>3,86</b>		
Fcalc	<b>33,47</b>		
Fc/Ftab	<b>8,67</b>		
R <sup>2</sup>	<b>0,92</b>		

O teste F confirmou para regressão, um valor de R<sup>2</sup> (0,92), pois o F<sub>calculado</sub> foi maior ao F<sub>tabelado</sub>, no entanto é necessário um ajuste neste modelo. A Figura 7a representa as superfícies de resposta tridimensionais geradas a partir dos dados estatísticos. Verifica-se que nas condições otimizadas da eficiência, a variável que mais interferiu significativamente foi a concentração de corante. A melhor região encontrada para a variável resposta foi para maiores faixas das variáveis.

## AGRADECIMENTOS

A empresa Clariant do Brasil, CNPq, CAPES, PROPESQ-UFPE, UFPE, GPTA (Grupo de Processos e Tecnologias Ambientais DEQ-UFPE) e a Doutoranda Flávia Garrett do PPG em Engenharia Química da UFPE.

## CONCLUSÕES

Através da técnica de planejamento experimental foi possível obter informações quanto a importância e influência dos efeitos das variáveis de entrada estudadas nesse trabalho sobre a resposta de eficiência e quantidade adsorvida.

A análise estatística dos resultados mostrou que o biossorvente melhor no processo de adsorção foi a casca, e a variável que apresentou maior influência na remoção do corante foi o aumento de sua concentração obtendo melhor eficiência no processo, enquanto para o q, a variável que influenciou mais o processo foi a agitação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZBAR, N.; YONAR, T.; KESTIOGLU, K. Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and color removal from polyester and acetate fiber dyeing effluent. *Chemosphere*, v. 55, n. 1, p. 35-43, 2004.
2. CIÇEK, F. *et al.* Low cost removal of reactive dyes using wheat bran. *Journal of Hazardous Materials*, v. 146, n. 1-2, p. 408-416, 2007.
3. CLARKE, E. A. E STEINLE, D.; *J. Soc. Dyes Colour* 1995, 25, 5.
4. GUARATINI, C.C.I & ZANONI, M. V. B., Corantes Têxtis, QUÍMICA NOVA, 23(1) (2000).
5. LORENZI, H. Árvores brasileiras. Manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa. Ed. Plantarum. 1992. 352p.
6. SLEIMAN, M. *et al.* Photocatalytic degradation of azo dye Metanil Yellow: Optimization and kinetic modeling using a chemometric approach. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 77, n. 1-2, p. 1-11, 2007.
7. SOUZA, J. I.; CRUSIUS, I. H.; ZOTTARELLI, C. L. A. P.; SCHOENLEIN, N. C., Biossorção de cobre, manganês e cádmio por biomassas de *Saprolegnia subterranea* (Dissmann) R.L. Seym. e *Pythium torulosum* Coker & P. Patt. (Oomycetes). In: *Acta botânica Brasilica*. 22(1): 217-223. 2008.