

## II-111 - ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO PARA TRATAMENTO DE CORANTES PROVENIENTES DE EFLUENTE DE TINGIMENTO DE ÁGATA

**Ana Lúcia Denardin da Rosa** <sup>(1)</sup>

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Professora da Universidade Federal de Rondônia.

**Carolina Felippsen Leser** <sup>(2)</sup>

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria.

**Mariana Alves Menna Barreto** <sup>(3)</sup>

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria.

**Elvis Carissimi** <sup>(4)</sup>

Engenheiro Civil pela Universidade de Passo Fundo. Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutor Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professor Universidade Federal de Santa Maria.

**André Azevedo Machado** <sup>(5)</sup>

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Av. Roraima, nº1000 - Camobi – Santa Maria – Rio Grande do Sul - CEP: 97105-900 - Brasil -- e-mail: eng.analucia@yahoo.com.br.

### RESUMO

Sistemas de tratamento capazes de remover corantes presentes em efluentes industriais tem sido alvo de estudos nos últimos anos. Isto se deve ao maior rigor das leis ambientais e da conscientização, além do grave problema ambiental gerado para a vida aquática e para a saúde pública, quando esses efluentes são lançados inapropriadamente nos recursos hídricos. Para minimizar problemas causados pelos corantes diversos pesquisas são desenvolvidas, tendo destaque a técnica de adsorção, que tem sido empregada pelas indústrias, por apresentar sucesso para uma remoção efetiva da cor, além de ser bastante eficiente e de fácil execução. O objetivo do presente estudo foi avaliar a adsorção dos corantes Rodamina B e Verde Brilhante, empregados no tingimento de Ágatas, utilizando como adsorvente o Carvão ativo. Para tanto, foi testado o efeito da variação da massa do adsorvente (0,1; 0,3 e 0,5g), quando a concentração dos corantes era de 100mg/L, além de, testado tempo de contato entre adsorvente e corante. Os resultados obtidos indicaram que a capacidade de adsorção e a remoção dos corantes Rodamina B e Verde Brilhante com 0,3 e 0,5g de adsorvente foram estatisticamente semelhantes, sendo possível remover 99% de Rodamina B e Verde Brilhante em 35 minutos de ensaio com 0,3g do adsorvente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rodamina B, Verde Brilhante, Adsorção.

### INTRODUÇÃO

Os corantes são substâncias com elevado potencial de aplicação nas mais diversas áreas. São utilizados para colorir os produtos finais de indústrias têxteis, de pedras preciosas, couro, papéis, plásticos e alimentos. No Rio Grande do Sul, mais especificamente na região de Soledade, os corantes orgânicos Rodamina B, Verde Brilhante e Violeta Cristal são utilizados para o tingimento da Ágata, uma vez que o município é o maior produtor e exportador mundial desse material.

Para preparar o geodo para exportação são utilizados diversos processos de beneficiamento, dentre eles o tingimento, que é realizado para obter diferentes tonalidades do produto tornando-o mais atrativo para o mercado, entretanto, são gerados efluentes coloridos com concentrações de corantes variando de 20 a 200mg. L<sup>-1</sup>, conforme (HARTMANN e SILVA, 2010). Segundo Aksu e Tezer (2005), os efluentes coloridos, constituem um dos efluentes mais problemáticos a serem tratados, não somente por sua elevada demanda química e bioquímica de oxigênio, ou valores de sólidos suspensos e compostos tóxicos, mas também pela cor, que é o primeiro contaminante a ser reconhecido pelo ser humano.

Em Soledade são encontradas mais de 180 micros e pequenas empresas trabalhando no setor de gemas e joias. (HARTMANN e SILVA, 2010). Entretanto, Zanatta (2014) verificou no município que entre 2005 e 2012 houve a redução tanto no número de estabelecimentos formais do setor quanto no número de vínculos a eles associados. Tal fato se deve a presença da informalidade, principalmente quando se tem presente o processo de terceirização, o que acabou por transferir o ônus de tratar os resíduos gerados das grandes para as pequenas empresas, o que dificulta o controle do processo e o tratamento dos efluentes gerados.

A adsorção utilizando o carvão ativado é uma técnica mundialmente aceitável para tratamento de efluentes coloridos, pois apresenta alta eficiência e é de fácil operação. Entretanto, Crini (2006) destaca que diversos adsorventes vêm sendo estudados, dentre estes a biomassa proveniente de microalgas verdes e azuis vêm se destacando, uma vez que as microalgas são abundantes no meio ambiente e facilmente encontradas em muitos países nos ecossistemas aquáticos lênticos com excesso de nutrientes.

O presente trabalho faz parte de uma tese de doutorado, a qual realizará a remoção de corantes orgânicos provenientes do tingimento de ágata utilizando microalgas verdes e carvão ativo comercial. O objetivo desse trabalho foi apresentar e discutir os resultados obtidos com os testes preliminares utilizando carvão ativo comercial para remoção de Rodamina B e Verde Brillhante.

## METODOLOGIA

O adsorvente utilizado no trabalho é o carvão ativo pulverizado comercial da marca AlphaCarbo®, sendo as características do carvão apresentadas pelo certificado de qualidade da empresa, , mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1: Características do carvão e técnicas analíticas utilizadas.**

<b>Características do carvão ativo pulverizado - Normativo</b>	<b>Valores</b>	<b>Especificações técnicas</b>
Número de iodo (mg de I <sub>2</sub> . g <sup>-1</sup> )- ABNT NBR 12073	760,24	750 mín.
Eficiência Relativa no melão - IT PA 11	154	100 mín.
Granulometria(% em massa passante) - ABNT NBR 12075	68,2	50-80
Umidade (% em massa) -ABNT NBR 12077	7,28	8máx
Cinzas -IT-PA 04	6,8	8máx
pH - IT PA 08	9,6	8,5 a 10,5

Conforme observado na Tabela 1, as características do carvão ativo estão de acordo com as especificações das normas técnicas, sendo assim satisfatórias, uma vez que as propriedades texturais dos adsorventes (granulometria, o volume e tamanho dos poros) são importantes no processo de adsorção, considerando que a adsorção é um fenômeno de superfície (BHATNAGAR E JAIN, 2005). O número de iodo é utilizado como um índice representativo da quantidade de microporos presente na amostra de carvão, em que 1 mg de iodo seja correspondente a 1m<sup>2</sup> de superfície interna do carvão ativo(EL-HENDAWY et al., 2001).

Já a eficiência relativa no melão está relacionada à capacidade dos adsorventes em adsorverem moléculas de grande massa molar, indicando assim os macroporos do carvão ativo. Ainda conforme os autores Bhatnagar e Jain (2005), a granulometria também influencia na adsorção, pois o tamanho do adsorvente determina o tempo requerido para o transporte dentro dos poros, que são os locais em que ocorre a adsorção e quanto menores forem os grãos, maior é a taxa de adsorção.

Os corantes utilizados são a Rodamina B (massa molar = 479) e o Verde Brillhante (massa molar = 483), ambos da marca VETEC®. Foi realizada uma varredura na região do visível com espectrofotômetro para determinar o comprimento de onda de máxima absorvância ( $\lambda_{máx}$ ) para os corantes estudados em concentração de 2 e 8 mg/L em pH natural da solução (água destilada e corante). No mesmo pH e para o comprimento de onda encontrado foram traçadas curvas padrões de absorvância em função da concentração de corante para posterior quantificação dos corantes nas diversas condições experimentais.

Com a finalidade de verificar a capacidade de adsorção e o percentual de remoção dos corantes em relação a diferentes dosagens (0,1, 0,3 e 0,5g) de carvão ativo comercial, essas quantidades foram adicionadas em 100

mL de uma solução de 100 mg/L dos corantes. Os teste foram realizados em temperatura ambiente(23°C) em pH da solução sob agitação magnética. Alíquotas das suspensões foram retiradas no equilíbrio (o equilíbrio foi considerado quando a concentração de corante na suspensão não apresentasse diferença significativa em três medidas consecutivas, avaliados pelo teste ANOVA).

O carvão e os corantes adsorvidos foram separados da fase líquida através de filtração com papel (JP 42 de  $\phi$  11 cm) faixa azul (o papel não interferiu significativamente nos valores de concentração dos corantes) e a concentração dos corantes foi determinada por espectrofotometria (V-1600 Spectrophotometer). Todos os experimentos foram feitos em duplicata (n=2), aplicados teste T (médias) e teste F (variância) para verificar a semelhança estatística das amostras.

A capacidade de adsorção no equilíbrio ( $q_e$ ) e o percentual de remoção dos corantes (R) foram determinados pelas Equações 1 e 2, respectivamente.

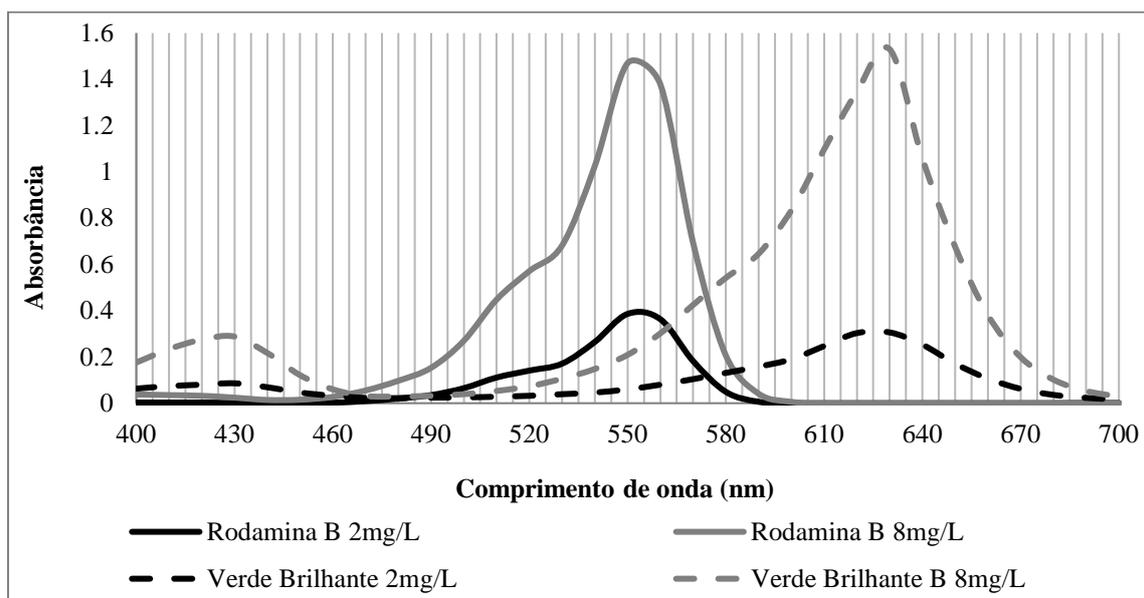
$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{w} \text{ equação (1)}$$

$$R(\%) = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \text{ equação (2)}$$

Sendo  $C_0$  a concentração inicial na fase líquida (mg/L),  $C_e$  a concentração na fase líquida no equilíbrio (mg/L), V o volume total da suspensão (L) e W a massa de carvão (g).

## RESULTADOS

A Figura 1 mostra a varredura no espectrofotômetro da solução de água destilada e com corantes nas concentrações 2 e 8 mg/L em pH natural da solução, sendo os comprimentos de onda de máxima absorbância encontrados para a Rodamina B e Verde Brilhante de 554nm e 630nm, respectivamente, resultados esses, semelhantes aos recomendados por Gurr (1970).



**Figura 1: Espectro visível dos corantes Rodamina B e Verde Brilhante em pH da solução.**

A Figura 2 apresenta a curva de calibração dos dois corantes utilizados.

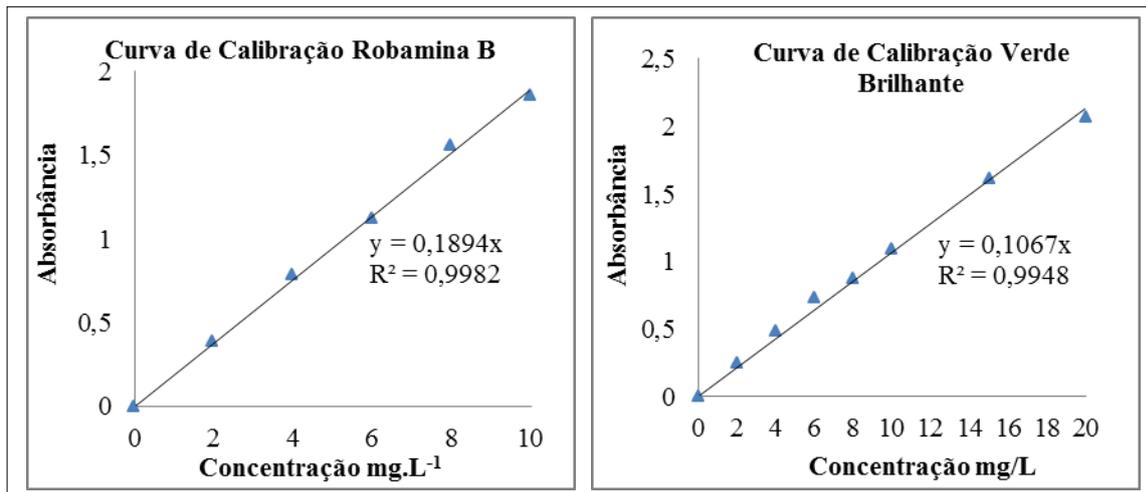


Figura 2: Curva de Calibração dos corantes Rodamina B e Verde Brilantes em pH da solução.

As Figuras 3 e 4 apresentam os valores médios das réplicas em função do tempo do ensaio e da capacidade de adsorção, após a filtração do material adsorvente, para os dois corantes e para as massas de 0,1; 0,3 e 0,5g. Já as tabelas 2 e 3 apresentam os resultados das concentrações finais das alíquotas retirada, para cada uma das réplicas, em diferentes tempos, e aplicação do teste ANOVA para verificar quando a concentração de corante na suspensão não apresentava diferença significativa em três medidas consecutivas para cada um dos corantes.

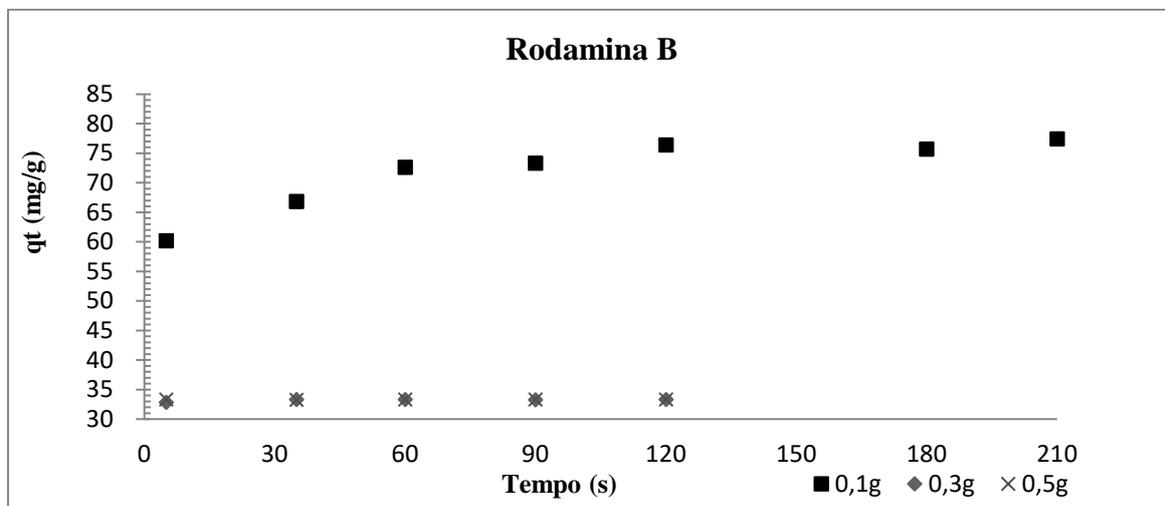


Figura 3: Capacidade de adsorção em função do tempo e da massa de adsorvente para concentração inicial de 100mg/L de Rodamina B em pH natural da solução.

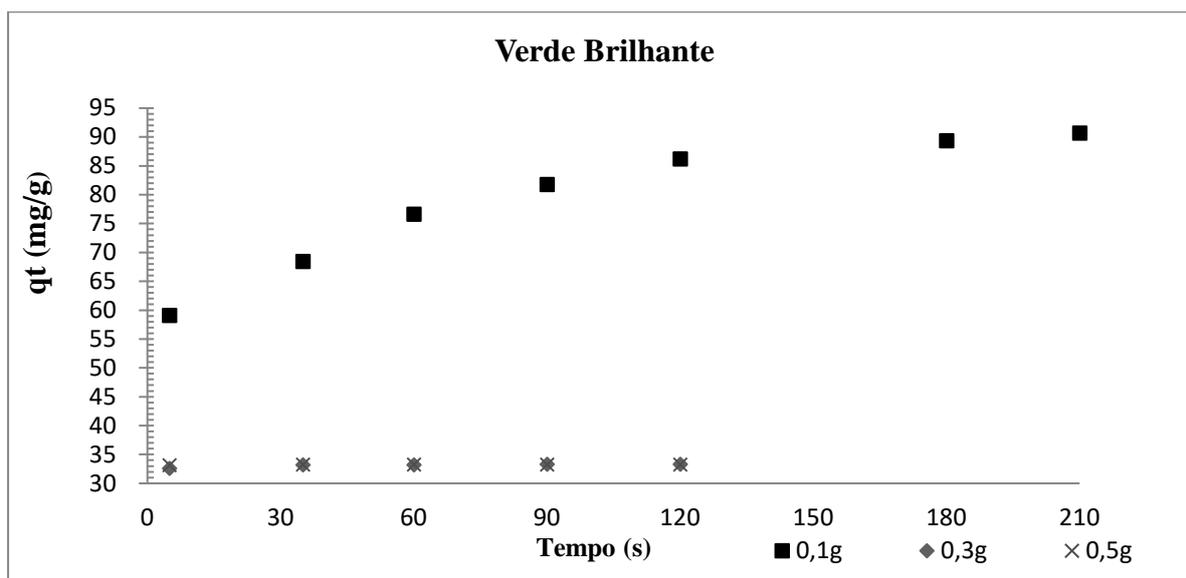


Figura 4: Capacidade de adsorção em função do tempo e da massa de adsorvente para concentração inicial de 100mg/L de Verde Brillhante em pH natural da solução.

Tabela 2: Teste ANOVA e determinação do tempo de ensaio com o corante Rodamina B

0,1 g de adsorvente				0,3 g de adsorvente				0,5 g de adsorvente			
Tempo de ensaio min	A1* mg/L	A2* mg/L	Teste ANOVA p-valor	Tempo de ensaio min	A1* mg/L	A2* mg/L	Teste ANOVA p-valor	Tempo de ensaio min	A1* mg/L	A2* mg/L	Teste ANOVA p-valor
60	26,17	28,57	0,08	35	0,16	0,12	0,75	5	0,14	0,14	0,89
90	26,07	27,24		60	0,10	0,16		35	0,07	0,22	
120	23,35	23,82		90	0,04	0,46		60	0,17	0,06	

A1\*- Amostra 1 concentração final, A2\*- Amostra 2 concentração final.

Tabela 3: Teste ANOVA e determinação do tempo de ensaio com o corante Verde Brillhante

0,1 g de adsorvente				0,3 g de adsorvente				0,5 g de adsorvente			
Tempo de ensaio min	A1* mg/L	A2* mg/L	Teste ANOVA p-valor	Tempo de ensaio min	A1* mg/L	A2* mg/L	Teste ANOVA p-valor	Tempo de ensaio min	A1* mg/L	A2* mg/L	Teste ANOVA p-valor
120	14,06	13,55	0,46	35	0,69	0,11	0,58	5	0,47	0,67	0,12
180	10,68	10,57		60	0,75	0,06		35	0,09	0,37	
210	12,88	5,79		90	0,05	0,03		60	0,15	0,19	

A1\*- Amostra 1 concentração final, A2\*- Amostra 2 concentração final.

Como é possível observar nas Figuras 3 e 4 e nas tabelas 2 e 3 para as massas de 0,3 e 0,5g, para os dois corantes o equilíbrio foi atingido logo nos primeiros minutos de ensaio, e por essa razão o teste foi realizado até 120 minutos. Quando utilizado 0,1g de adsorvente as concentrações dos corantes na solução não se alteraram a partir de 60 para Rodamina B e 120 minutos para o Verde brilhante, para 0,3g de carvão ativo comercial foi a

partir de 35 minutos para ambos os corantes e para 0,5g adsorvente as concentrações dos e corantes na solução ficaram constante em a partir de 5 minutos. Esse resultado é muito importante, uma vez que o tempo necessário para o tratamento dos efluentes influencia nos custos do processo.

As Figuras 5 e 6 apresentam o efeito da massa de carvão ativo na adsorção de uma solução de 100 mg/L dos corantes Rodamina B e Verde Brillante, respectivamente, utilizando os valores médios das réplicas, nos tempos de equilíbrio.

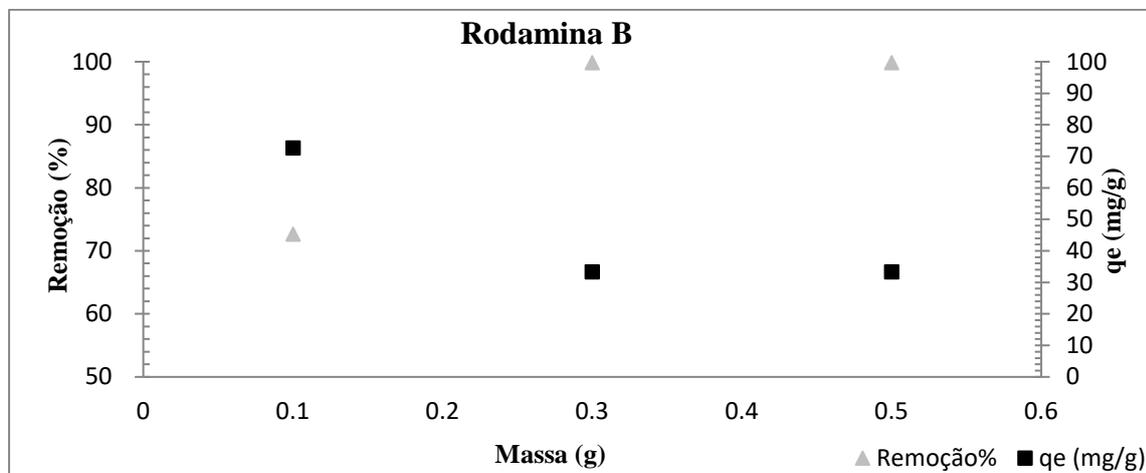


Figura 5: Efeito da massa de carvão ativo na adsorção do corante Rodamina B.

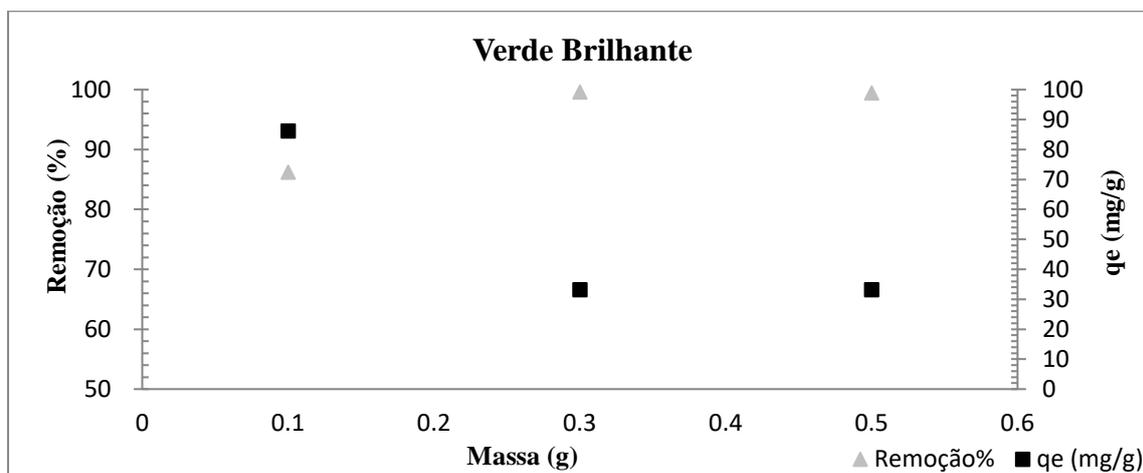


Figura 6: Efeito da massa de carvão ativo na adsorção do corante Ver de Brillante

As Figuras 5 e 6 mostram que o percentual de remoção em ambos os corantes aumentou quando a massa de adsorvente passou de 0,1 para 0,3 g, entretanto não variou se comparado a massa de 0,3 e 0,5 g. A correlação positiva entre a massa do adsorvente e o percentual de remoção pode ser relacionada com o aumento da área de superfície do adsorvente e a disponibilidade de mais sítios de sorção (LACERDA *et al.*, 2015).

Comparando os resultados expostos nas Figuras 5 e 6 é possível verificar que a capacidade de adsorção e remoção dos corantes Rodamina B e Verde Brillante com 0,3 e 0,5g de adsorvente são estatisticamente semelhantes, conforme teste T que apresentou valor de  $p\text{-valor}=0,85$  para Rodamina B e  $p\text{-valor}=0,74$  para o Verde Brillante. Entretanto, para 0,1g de carvão ativo comercial os valores de remoção e capacidade de adsorção são maiores para o Verde Brillante, isso pode ser explicado devido a menor estrutura do corante Verde Brillante, conforme têm demonstrado alguns pesquisadores (AKSU, 2005; CRINI & BADOT, 2008; CARDOSO *et al.*, 2011).

## CONCLUSÕES

Por meio dos testes realizados verificou-se a eficiência da remoção dos corantes utilizados no tingimento de ágata quando utilizado carvão ativo comercial, mostrando uma alternativa de tratamento dos efluentes gerados. Concluiu-se que com 0,3g do adsorvente foi possível remover 99% de Rodamina B e Verde Brillhante em 35 minutos de ensaio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKSU, Z.; TEZER, S. Biosorption of reactive dyes on the green alga *Chlorella vulgaris*. **Process Biochemistry**, v. 40, n. 3-4, p. 1347–1361, 2005.
2. BHATNAGAR, A.; JAIN, A. K. A comparative adsorption study with different industrial wastes as adsorbents for the removal of cationic dyes from water. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 281, n. 1, p. 49–55, 2005.
3. CARDOSO, N. F. et al. Comparison of *Spirulina platensis* microalgae and commercial activated carbon as adsorbents for the removal of Reactive Red 120 dye from aqueous effluents. **Journal of Hazardous Materials**, v. 241-242, p. 146–153, 2012
4. CRINI, G.; BADOT, P. M. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: A review of recent literature. **Progress in Polymer Science (Oxford)**, v. 33, n. 4, p. 399–447, 2008
5. CRINI, G. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 9, p. 1061–1085, 2006.
6. El-Hendawy, A. A. et al. Adsorption characteristics of activated carbons obtained from corncobs. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v.180, p.2209-221, 2001
7. GURR, E. Synthetic dyes in biology, medicine and chemistry. Academic Press INC, New York.1971
8. HARTMANN, L.A.; SILVA, J.T. (org). **Tecnologias para o setor de gemas e mineração**. Porto Alegre. IGEO/UFRGS.2010. 320p.
9. LACERDA, V. S. et al. Rhodamine B removal with activated carbons obtained from lignocellulosic waste. **Journal of Environmental Management**, v. 155, p. 67-65, 2015.
10. CRINI, G.; BADOT, P. M. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide
11. ZANATTA, A. L. **Plano de desenvolvimento com metodologia participativa APL Pedras , Gemas e Jóias**. v. 1, n. 1, p. 120, 2014.