

## II-583 - AVALIAÇÃO DA VELOCIDADE E DO TEMPO DE AGITAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE INDÚSTRIAS DE PRODUTOS DE LIMPEZA NA ADSORÇÃO DE SURFACTANTES.

**Nattácia Rodrigues de Araujo Felipe Rocha<sup>(1)</sup>**

Licenciada em Química pela Universidade Luterana do Brasil ILES/Itumbiara-GO. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia (FEQ/UFU). Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia (FEQ/UFU). Professora Adjunto I da Universidade de Rio Verde-GO (UniRV).

**Moilton Ribeiro Franco Júnior**

Dr. em Engenharia Química. Professor Adjunto da Universidade Federal de Uberlândia (FEQ/UFU).

**Nadine Pereira Merlo**

Aluna de graduação em Engenharia Ambiental- Universidade de Rio Verde (UniRV).

**Alex Anderson de Oliveira Moura**

Msc. Em Engenharia Química. Professor Adjunto I da Universidade de Rio Verde (UniRV).

**Weliton Eduardo Lima de Araujo**

Msc. Em Engenharia Sanitária e Ambiental. Professor Adjunto I da Universidade de Rio Verde (UniRV).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua RG 10, Quadra 44, Lote 04, Casa 01- Gameleira II- Rio Verde-GO- CEP: 75.906-852- Brasil-Tel: (64) 8146-7447- e-mail: [nattacia@unirv.edu.br](mailto:nattacia@unirv.edu.br)

### RESUMO

O estudo das águas nos revela muito da natureza do mundo e do universo. Muitas das propriedades da própria vida são elucidadas pela compreensão das características físicas e químicas da água. O presente trabalho pretende monitorar a qualidade da água residual de indústrias de produtos de limpeza utilizando material adsorvente, em um processo batelada, com agitações e rotações variadas. Os testes avaliaram os seguintes parâmetros: turbidez, pH, condutividade e absorbância. Retirou-se uma alíquota de  $\pm 30$  mL para proceder com as análises em  $t = 0$ . Após as análises das condições iniciais, colocou-se  $\pm 300$  mL de água residual em 3 béqueres. Pesou-se em uma balança analítica 0,15 g de carvão ativo mesh 48, transferiu-se essa medida para cada béquer. Foi iniciado o processo de agitação, durante 45 e 60 minutos em dias de experimentos diferentes, variando a rotação de cada reator em: 2, 4 e 6 rpm. Fez-se a medição de turbidez para cada reator (1, 2 e 3) após a decantação em tempos de 15 e 30 minutos. Foram feitas as leituras do pH mergulhando o eletrodo em cada amostra. Por meio de um condutivímetro fez-se análises de condutividade da água residual, obtendo os resultados em micro Siemens. Usou-se um kit de análises para LAS (laurilsulfato de sódio) do seguinte modo: foram adicionadas em um tubo de ensaio, 5 ml da água residual, 3 gotas do reagente 1 (azul de metileno), 5 ml do reagente 2 (kit análises) e 5 ml da solução extratora; logo após foi feita a medida de absorbância. Os melhores resultados obtidos para absorbância foram com agitação de 60 minutos podendo observar uma maior remoção de surfactante no meio. O sistema em questão mostrou-se eficiente uma vez que foi possível verificar a remoção do surfactante da água residual proveniente de indústrias de produtos de limpeza no decorrer dos experimentos. Recomenda-se aumentar o tempo de agitação e acompanhar a remoção de surfactante em tempos de decantação variados durante 24 horas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Surfactante, água residual, adsorção.

### INTRODUÇÃO

“Tinham razão os sábios gregos: o estudo das águas nos revela muito da natureza do mundo e do universo. Muitas das propriedades da própria vida são elucidadas pela compreensão das características físicas e químicas da água.” (BRANCO, 2003, p.8)

Segundo o Instituto Socioambiental (2005), a água limpa está cada vez mais rara na Zona Costeira e a água comercializada cada vez mais cara. Essa situação resulta da forma como a mesma vem sendo usada: com desperdício – que chega entre 50% e 70% nas cidades –, e sem muitos cuidados com a qualidade. Assim, parte

da água no Brasil já perdeu a característica de recurso natural renovável em razão de processos de urbanização, industrialização e produção agrícola, que são incentivados, mas pouco estruturados em termos de preservação ambiental da água.

“A escassez hídrica no Brasil, como em todos os países que sofrem o mesmo problema, resulta fundamentalmente da combinação do crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas.” (CAMPOS, 2005. p.34)

De acordo com POPULATION REFERENCE BUREAU (1997) *apud* Campos 2005, há mais de 1 bilhão de pessoas sem disponibilidade hídrica adequada para o consumo doméstico, e estima-se que nos próximos 30 anos outros 5,5 bilhões de pessoas convivam com problemas de escassez.

“A noção de “qualidade” da água pode variar muito, dependendo principalmente do uso a ser feito dela. Nenhuma de suas utilidades, porém, exige água em estado de pureza química absoluta e sim soluções de diversos elementos em quantidades variáveis. Daí a necessidade de que sejam estabelecidos critérios e padrões de qualidade para os diversos usos da água.” (BRANCO, 2003, p.56)

Diante dessa premissa, o presente trabalho pretende monitorar a qualidade da água residual de indústrias de produtos de limpeza utilizando material adsorvente, em um processo batelada, com variação da agitação em diferentes tempos (min/hrs) e rotações (rpm). Os testes avaliaram os seguintes parâmetros: condutividade, turbidez, pH e absorvância (redução de surfactante, lauril sulfato de sódio (LAS) na água residual/adsorção), em busca de resultados satisfatórios para devolver ao corpo hídrico um efluente de melhor qualidade.

Como objetivos específicos pode-se destacar: comparar as medidas de pH, condutividade, turbidez e absorvância (LAS) antes da agitação da água residual ( $t=0$ ) e após a decantação da mesma em tempos de 15 e 30 minutos, utilizando carvão ativo mesh 48 como material adsorvente, a fim de verificar a eficiência do sistema em batelada para posteriormente implantar um reator contínuo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para o preparo da água residual [ $C$ ] = 0,5 mg/L: pesou-se em balança analítica (Bioprecisa  $\pm 0,0001$ ) 0,001 g de lauril sulfato de sódio (LAS) colocando em balão volumétrico de 2 L e completando o volume até o menisco. Em seguida, agitou-se a solução por 15 minutos e deixou-se decantar durante 10 minutos, para então iniciar o procedimento analítico.

Retirou-se uma alíquota de  $\pm 30$  mL para proceder com as análises em  $t=0$ . Verificando assim as condições iniciais da água residual a ser tratada.

Após as análises das condições iniciais, colocou-se  $\pm 300$  mL de água residual em 3 béqueres. Pesou-se em uma balança analítica (Bioprecisa  $\pm 0,0001$ ) 0,15 g de carvão ativo mesh 48, transferiu-se essa medida para cada béquer. Foi iniciado o processo de agitação (com a ajuda de agitadores magnéticos (TE 085 a 170 rpm) e barras magnéticas colocadas dentro de cada béquer), durante 45 e 60 minutos em dias de experimentos diferentes. Variando a rotação de cada reator em: 2 rpm (reator 1), 4 rpm (reator 2) e 6 rpm (reator 3).

Após a agitação e a decantação da água residual, foram retiradas alíquotas ( $\pm 30$  mL) de cada reator para prosseguir com as análises.

Fez-se a medição de turbidez, com o auxílio do turbidímetro modelo AP 2000 da marca Poli Control, com precisão de  $\pm 0,01$  NTU ou  $\pm 0,1$  NTU a depender da faixa escolhida para leitura, para cada reator (1, 2 e 3) após a decantação em tempos de 15 e 30 min.

Com o pH-metro calibrado (Gehaka  $\pm 0,01$ ; modelo PG 1400), fez-se as leituras do pH mergulhando cuidadosamente o eletrodo em cada amostra da água residual. Lavando sempre com água destilada antes de medir amostras diferentes.

Por meio de um condutivímetro (modelo CD 850), fez-se análises de condutividade da água residual, obtendo os resultados em  $\mu\text{S}$  (micro siemens).

Para medir a absorbância em espectrofotômetro (UV-VIS), usou-se o comprimento de onda de 650 nm. Cada alíquota retirada dos reatores foi devidamente preparada para a leitura (usou-se um kit de análises para LAS) do seguinte modo: foram adicionadas em um tubo de ensaio com tampa rosqueável, 5 mL da água residual, 3 gotas do reagente 1 (azul de metileno), 5 mL do reagente 2 (kit análises) e 5 mL da solução extratora, agitou-se o tubo por 30 segundos. Logo após foi feita a medida de absorbância ( $\lambda$ ).

## RESULTADOS OBTIDOS

**Tabela 1: Análises dos parâmetros: pH, turbidez, condutividade e absorbância para água residual ( $[\text{I}] = 0,5 \text{ mg/L}$ ) em  $t=0$ .**

1º dia		2º dia	
Descrição	Medida	Descrição	Medida
Turbidez (NTU)	0,22	Turbidez (NTU)	0,39
pH	6,81	pH	6,29
Condutividade ( $\mu\text{S}$ )	1,8	Condutividade ( $\mu\text{S}$ )	1,8
Abs. $\lambda$ (650 nm)	0,409	Abs. $\lambda$ (650 nm)	0,427

Os dados da Tabela 1 mostram os valores encontrados para os parâmetros descritos acima no tempo zero. Esses valores são a base para comparação dos resultados obtidos com agitação do sistema em 45 minutos e nos tempos de decantação (15 e 30 min) demonstrados nas tabelas 2 e 3, assim é possível verificar a eficiência do sistema na remoção do surfactante.

As análises foram realizadas nas mesmas condições em dois dias consecutivos, buscando a reprodução dos dados.

**Tabela 2: Análises dos parâmetros: pH, turbidez, condutividade e absorbância para água residual ( $[\text{I}] = 0,5 \text{ mg/L}$ ) com 0,15 g de material adsorvente. Tempo de agitação de 45 minutos e 15 minutos de decantação. Variando a rotação nos 3 reatores: reator 1 (2rpm) reator 2 (4rpm) e reator 3 (6rpm).**

15 minutos após a decantação											
Turb. (NTU)			pH			Cond. ( $\mu\text{S}$ )			Abs. $\lambda$ (650nm)		
Descrição	Medida		Descrição	Medida		Descrição	Medida		Descrição	Medida	
	1º dia	2º dia		1º dia	2º dia		1º dia	2º dia		1º dia	2º dia
Reator 1	2,60	2,71	Reator 1	7,83	6,29	Reator 1	2,1	2,2	Reator 1	0,297	0,267
Reator 2	1,49	0,23	Reator 2	7,26	6,10	Reator 2	2,5	2,1	Reator 2	0,205	0,293
Reator 3	2,37	1,28	Reator 3	7,14	6,40	Reator 3	2,2	2,0	Reator 3	0,018	0,294

**Legenda:** Turb: Turbidez NTU: Número de turbidez Cond: Condutividade  $\mu\text{S}$ : micro Siemens Abs  $\lambda$ : Absorbância

Avaliando os resultados da Tabela 2, nota-se que a absorbância reduziu de forma significativa em todos os 3 reatores, entretanto, para 15 minutos de decantação o que mostrou-se mais eficiente foi o reator 3 com 6 rpm de rotação, deixando claro que para 15 minutos de decantação, quanto maior a rotação mais eficiente a remoção do surfactante.

O pH não variou de forma significativa. E os parâmetros condutividade e turbidez necessitam de mais estudos e testes efetivos para serem explicados. Sugere-se monitorar o sistema durante 24 de decantação, retirando amostrar para análise a cada 1 hora.

**Tabela 3: Análises dos parâmetros: pH, turbidez, condutividade e absorvância para água residual ([ ] = 0,5 mg/L) com 0,15 g de material adsorvente. Tempo de agitação de 45 minutos e 30 minutos de decantação. Variando a rotação nos 3 reatores: reator 1 (2rpm) reator 2 (4rpm) e reator 3 (6rpm).**

30 minutos após a decantação											
Turb. (NTU)			pH			Cond. (µS)			Abs. $\lambda$ (650nm)		
Descrição	Medida		Descrição	Medida		Descrição	Medida		Descrição	Medida	
	1º dia	2º dia		1º dia	2º dia		1º dia	2º dia		1º dia	2º dia
Reator 1	2,08	2,03	Reator 1	7,69	8,71	Reator 1	2,0	2,2	Reator 1	0,248	0,261
Reator 2	1,72	0,84	Reator 2	7,07	6,0	Reator 2	2,3	2,1	Reator 2	0,184	0,259
Reator 3	1,98	1,02	Reator 3	6,90	7,0	Reator 3	2,1	1,9	Reator 3	0,184	0,305

**Legenda:** Turb: Turbidez NTU: Número de turbidez Cond: Condutividade µS: micro Siemens Abs  $\lambda$ : Absorvância

Avaliando os resultados da Tabela 3, nota-se que a absorvância reduziu de forma significativa em todos os 3 reatores, entretanto, para 30 minutos de decantação os reatores 2 e 3 mostraram-se eficientes na remoção do surfactante.

O pH não variou de forma significativa. E os parâmetros condutividade e turbidez necessitam de mais estudos e testes efetivos para serem explicados. Sugere-se monitorar o sistema durante 24 horas de decantação, retirando amostras para análise a cada 1 hora.

**Tabela 4: Análises dos parâmetros: pH, turbidez, condutividade e absorvância para água residual ([ ] = 0,5 mg/L) em t=0.**

3º dia		4º dia	
Descrição	Medida	Descrição	Medida
Turbidez (NTU)	0,35	Turbidez (NTU)	0,47
pH	6,54	pH	6,33
Condutividade (µS)	1,3	Condutividade (µS)	2,3
Abs. $\lambda$ (650 nm)	0,412	Abs. $\lambda$ (650 nm)	0,373

Os dados da Tabela 4 mostram os valores encontrados para os parâmetros descritos acima no tempo zero. Esses valores são a base para comparação dos resultados obtidos com agitação do sistema em 60 minutos e nos tempo de decantação (15 e 30 min) demonstrados nas tabelas 5 e 6, assim é possível verificar a eficiência do sistema na remoção do surfactante.

As análises foram realizadas nas mesmas condições em dois dias consecutivos, buscando a reprodução dos dados.

**Tabela 5: Análises dos parâmetros: pH, turbidez, condutividade e absorvância para água residual ([ ] = 0,5 mg/L) com 0,15 g de material adsorvente. Tempo de agitação de 60 minutos e 15 minutos de decantação. Variando a rotação nos 3 reatores: reator 1 (2rpm) reator 2 (4rpm) e reator 3 (6rpm).**

15 minutos após a decantação											
Turb. (NTU)			pH			Cond. (µS)			Abs. $\lambda$ (650nm)		
Descrição	Medida		Descrição	Medida		Descrição	Medida		Descrição	Medida	
	3º dia	4º dia		3º dia	4º dia		3º dia	4º dia		3º dia	4º dia
Reator 1	1,07	0,98	Reator 1	7,53	7,19	Reator 1	2,1	1,7	Reator 1	0,142	0,221
Reator 2	1,09	0,43	Reator 2	6,49	7,02	Reator 2	6,7	1,5	Reator 2	0,192	0,372
Reator 3	1,50	0,27	Reator 3	6,79	6,72	Reator 3	1,8	1,4	Reator 3	0,063	0,324

**Legenda:** Turb: Turbidez NTU: Número de turbidez Cond: Condutividade µS: micro Siemens Abs  $\lambda$ : Absorvância

Avaliando os resultados da Tabela 5, nota-se que a absorvância reduziu de forma significativa em todos os 3 reatores, entretanto, para 15 minutos de decantação o que mostrou-se mais eficiente foi o reator 3 com 6 rpm de rotação, deixando claro que para 15 minutos de decantação, quanto maior a rotação mais eficiente a

remoção do surfactante. E ainda, ao comparar os resultados dessa tabela com a Tabela 2, em tempos de 45 minutos de agitação, nota-se que 60 minutos proporcionou maior remoção do surfactante da água residual.

O pH não variou de forma significativa. E os parâmetros condutividade e turbidez necessitam de mais estudos e testes efetivos para serem explicados. Sugere-se monitorar o sistema durante 24 de decantação, retirando amostrar para análise a cada 1 hora.

**Tabela 6: Análises dos parâmetros: pH, turbidez, condutividade e absorvância para água residual ([ ] = 0,5 mg/L) com 0,15 g de material adsorvente. Tempo de agitação de 60 minutos e 30 minutos de decantação. Variando a rotação nos 3 reatores: reator 1 (2rpm) reator 2 (4rpm) e reator 3 (6rpm).**

30 minutos após a decantação											
Turb. (NTU)			pH			Cond. (µS)			Abs. $\lambda$ (650nm)		
Descrição	Medida		Descrição	Medida		Descrição	Medida		Descrição	Medida	
	3º dia	4º dia		3º dia	4º dia		3º dia	4º dia		3º dia	4º dia
<b>Reator 1</b>	1,06	0,97	<b>Reator 1</b>	7,50	6,85	<b>Reator 1</b>	1,6	1,7	<b>Reator 1</b>	0,178	0,288
<b>Reator 2</b>	0,24	0,79	<b>Reator 2</b>	6,68	6,61	<b>Reator 2</b>	6,6	2,2	<b>Reator 2</b>	0,192	0,264
<b>Reator 3</b>	1,34	0,92	<b>Reator 3</b>	6,74	6,49	<b>Reator 3</b>	1,7	1,5	<b>Reator 3</b>	0,079	0,019

**Legenda:** Turb: Turbidez NTU: Número de turbidez Cond: Condutividade µS: micro Siemens Abs  $\lambda$ : Absorvância

Avaliando os resultados da Tabela 6, nota-se que a absorvância reduziu de forma significativa em todos os 3 reatores, entretanto, para 30 minutos de decantação o que mostrou-se mais eficiente foi o reator 3 com 6 rpm de rotação, deixando claro que para 30 minutos de decantação, quanto maior a rotação mais eficiente a remoção do surfactante. E ainda, ao comparar os resultados dessa tabela com a Tabela 3, em tempos de 45 minutos de agitação, nota-se que 60 minutos proporcionou maior remoção do surfactante da água residual.

O pH não variou de forma significativa. E os parâmetros condutividade e turbidez necessitam de mais estudos e testes efetivos para serem explicados. Sugere-se monitorar o sistema durante 24 de decantação, retirando amostrar para análise a cada 1 hora.

Vale ressaltar que os resultados obtidos são influenciados pelo tempo de descanso da amostra de água residuária preparada, por esse motivo optou-se por preparar a água residual e usá-la em no máximo dois dias e ainda assim agitando a solução por 15 minutos e deixando-a em repouso por 10 minutos antes de iniciar os testes em t=0.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O sistema em questão mostrou-se eficiente uma vez que foi possível verificar a remoção do surfactante da água residual proveniente de indústrias de produtos de limpeza no decorrer dos experimentos.

60 minutos é o tempo mínimo de agitação para o sistema, visto que os melhores resultados de absorvância e consequente remoção de surfactante foram encontrados para este tempo de experimento.

Rotações maiores proporcionam menores valores de absorvância, logo tornam o sistema mais eficiente na remoção do surfactante no meio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANCO, Samuel Murgel, Água origem, uso e preservação, 2ª ed. São Paulo, SP: Moderna. 2003. 96.p
- CAMPOS, J. D. , Desafios do Gerenciamento dos Recursos Hídricos nas Transferências Naturais e Artificiais Envolvendo Mudança de Domínio Hídrico. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ).
- INSTITUTO SÓCIOAMBIENTAL. ALMANAQUE BRASIL SOCIOAMBIENTAL. 2005. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/esp/agua/pgn/>. Acessado em: 13 set. 2014.