

## II-157 - ELETROBIORREATOR A MEMBRANA APLICADO AO TRATAMENTO DE EFLUENTE DA INDÚSTRIA TÊXTIL

### **Augusto Eduardo Schlegel<sup>(1)</sup>**

Graduando de Engenharia Sanitária pelo Centro de Educação do Alto Vale do Itajaí-CEAVI, Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC.

### **Mauana Ravadelli<sup>(2)</sup>**

Graduando de Engenharia Sanitária pelo Centro de Educação do Alto Vale do Itajaí-CEAVI, Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC.

### **André Aguiar Batistelli<sup>(3)</sup>**

Doutorando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

### **Flávio Rubens Lapolli<sup>(4)</sup>**

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP; Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC.

### **Tiago José Belli<sup>(5)</sup>**

Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina; Professor do Departamento de Engenharia Sanitária do Centro de Educação do Alto Vale do Itajaí-CEAVI, Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Duque de Caxias, 3801 - Taquaras - Ibirama - SC - CEP: 89140-000 - Brasil - Tel: (47) 98812-2950 - e-mail: [augugtoes@gmail.com](mailto:augugtoes@gmail.com)

### **RESUMO**

O efluente têxtil possui compostos de difícil biodegradabilidade, dentre os quais se destacam os corantes. A remoção desses corantes em sistemas tradicionais, tal como os lodos ativados, é usualmente limitada, o que remete a necessidade de se estudar a aplicação de novas tecnologias no tratamento do efluente têxtil. Nesse sentido, o presente estudo visa avaliar o desempenho de um eletrobiorreator a membrana (EBRM) no tratamento de efluente da indústria têxtil. A operação do EBRM foi feita de maneira contínua durante 62 dias, com tempo de detenção hidráulica de 40 horas. O período operacional foi dividido em duas estratégias (E-1 e E-2), em que na E-1 a operação do reator foi realizada sem a eletrocoagulação, enquanto que na E-2 a operação do reator foi conduzida mediante eletrocoagulação, em regime intermitente (6 ON/ 18 OFF) sob densidade de corrente de 10A.m<sup>-2</sup>. Os resultados obtidos evidenciaram uma satisfatória remoção de matéria orgânica, com eficiência média de remoção de DQO 77% para E-1 e 83% para E-2. Observou-se um aumento significativo na remoção de fósforo com a aplicação da corrente elétrica, passando do valor médio de 9% na E-1 para o valor médio de 68% na E-2. Da mesma forma, a remoção de cor também foi otimizada, apresentando valor médio de 5% na E-1 e 50% na E-2. A turbidez do efluente tratado manteve-se praticamente nula em ambas as estratégias, devido à grande estabilidade do processo de filtração por membranas na remoção de partículas em suspensão. A eletrocoagulação resultou em uma menor velocidade de colmatação, com valor médio de 80 mbar.dia<sup>-1</sup> na E-2, enquanto que na E-1 tal valor foi de 142 mbar.dia<sup>-1</sup>. De modo geral, entende-se que o EBRM configura-se como uma alternativa interessante ao tratamento do efluente da indústria têxtil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biorreator a membrana, Eletrocoagulação, Efluente têxtil.

### **INTRODUÇÃO**

O lançamento inadequado de efluentes, sejam estes domésticos ou industriais tem sido apontado como um dos principais fatores responsáveis pela constante degradação ambiental de ecossistemas aquáticos. Considerando o elevado consumo de água e a utilização de diversos produtos químicos, o efluente gerado pelo setor industrial ganha posição de destaque nesse cenário por sua diversidade e complexidade.

Dentre as diversas atividades industriais, o setor têxtil é caracterizado como um dos segmentos mais tradicionais. As várias etapas envolvidas no beneficiamento do tecido nessas indústrias são também caracterizadas por gerar uma elevada vazão de efluente, com a presença de poluentes persistentes de estruturas complexas, como os umectantes, dispersantes e corantes [4].

Os corantes, apontados como o principal problema dos efluentes têxteis, são moléculas orgânicas altamente estruturadas e de difícil degradação biológica. Sua concentração é muitas vezes menor do que muitos outros produtos químicos presentes nos efluente do setor têxtil, contudo sua cor pode ser perceptível mesmo em baixas concentrações, por este motivo, e devido às características bioacumulativas de alguns destes compostos é essencial que haja a remoção destes durante o tratamento de efluentes têxteis [4].

Devido à baixa degradação dos corantes obtida pelos sistemas tradicionais, dentre os quais destaca-se o de Lodos Ativados, verifica-se a importância pelo estudo de novas tecnologias voltadas ao tratamento de efluente têxtil, com potencial para otimizar a remoção de corantes e outros produtos químicos recalcitrantes presente nesses efluentes.

Dentre as alternativas existentes, os biorreatores à membrana (BRM) vêm recentemente ganhando espaço no setor de saneamento. Os BRM são usualmente caracterizados como um processo de tratamento de efluentes no qual se tem a junção da etapa biológica de degradação da matéria orgânica ao processo físico de separação de fases por membranas [4]. Tal reator opera de forma semelhante ao processo de Lodos Ativados, sendo, no entanto, o decantador secundário substituído pelo módulo de membranas, normalmente de microfiltração ou ultrafiltração [4]. Essa concepção permite atingir altas concentrações de biomassa no reator biológico, intensificando o processo de degradação da matéria carbonácea e aumentando assim a eficiência do tratamento [2].

Apesar das vantagens reportadas, a utilização dos BRM é muitas vezes desestimulada pelo processo de colmatação das membranas, que exige a parada do reator para realização do procedimento de limpeza das membranas. Nesse sentido, medidas que visam à atenuação da colmatação das membranas vêm sendo amplamente estudadas [4]. Dentre elas, a aplicação de corrente elétrica contínua (CC) em BRMs tem se mostrado uma alternativa interessante quanto à minimização da colmatação. A corrente, no entanto, deve ser aplicada de forma intermitente e em baixa intensidade, tendo em vista não prejudicar os processos biológicos [1]. Os valores de densidade de corrente reportados pela literatura variam de 10 A.m<sup>-2</sup> a 70 A.m<sup>-2</sup> [1]. Diversos autores tem verificado que a associação da eletrocoagulação aos BRMs diminui a resistência à filtração nas membranas, seja pelo aumento do tamanho dos flocos, seja pela redução do carbono orgânico dissolvido [1]. Dessa associação, surgem então os modernos eletrobiorreatores à membrana (EBRM), caracterizados por operar com uma baixa velocidade de colmatação e reduzida necessidade de paradas para limpeza das membranas. Destaca-se também que o processo de coagulação que ocorre nesses reatores apresenta importante potencial para a remoção de contaminantes específicos, como os corantes presentes nos efluentes têxteis e os compostos fosfatados, via precipitação química.

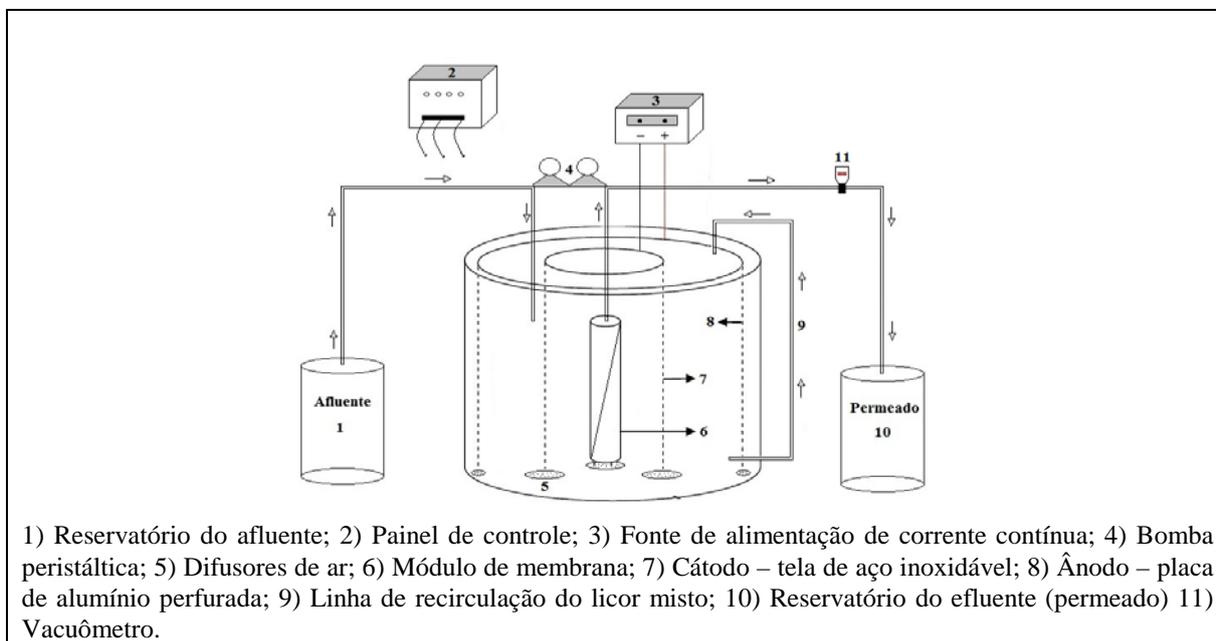
Apesar do grande potencial, a referida tecnologia ainda carece de maiores investigações, sobretudo quanto a sua aplicabilidade no tratamento de efluentes industriais, já que os estudos de eletrobiorreatores a membrana, de maneira geral, como o de BANI-MELHEM e ELEKTOROWICZ (2011) [1], são direcionados ao tratamento de efluentes domésticos. Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo avaliar a utilização de um eletrobiorreator a membrana (EBRM) no tratamento de efluente têxtil, sendo investigadas a remoção de DQO, amônia, fósforo, cor e turbidez, bem como o teor de sólidos alcançado no reator e a colmatação das membranas.

## **METODOLOGIA**

Para atingir o objetivo proposto foi utilizado um eletrobiorreator a membrana (EBRM) em escala piloto, com volume útil de 17,5 litros (Figura 1). No interior do reator foi instalado um módulo de membrana do tipo fibra oca (Polymen), com diâmetro de poro de 0,08 µm e área filtrante de 0,09 m<sup>2</sup>. Juntamente ao módulo de membranas, foram instalados os eletrodos: ânodo e cátodo. O ânodo, constituído de alumínio, possuía área de aproximadamente 0,1 m<sup>2</sup>, enquanto que o cátodo era constituído de uma fina tela de aço inoxidável, com um raio 5 cm menor em relação ao ânodo.

Tendo em vista minimizar a colmatação da membrana, o regime de entrada foi mantido constante, porém, a saída do permeado pela membrana era feita de maneira intermitente, seguindo o regime 9 ON/1 OFF.

Para a aplicação da corrente elétrica foi utilizada uma fonte de corrente contínua, a qual possuía tensão variável entre 1,5 V e 12 V, permitindo desta maneira ajustar a corrente para atingir a densidade de corrente adequada por meio da variação da tensão. A alimentação do reator e a remoção do efluente tratado foram feitas por meio de bombas peristálticas, que permitem regulagem de pequenas vazões com grande precisão. A alimentação de ar foi realizada através de difusores de oxigênio acoplados ao cátodo e ao ânodo, visando além da aeração do sistema minimizar a deposição de sólidos sobre as placas metálicas e diminuir a colmatação da membrana.



**Figura 1: Representação da unidade piloto experimental**

O EBRM foi operado em regime contínuo, durante 62 dias, com tempo de detenção hidráulica de 40 horas, idade de lodo de 30 dias e fluxo de  $4,90 \text{ L.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ . Durante o período operacional, foram utilizadas duas estratégias, E-1 e E-2. A estratégia E-1 envolveu a operação do reator sem a aplicação de corrente elétrica, mantida por 29 dias. Após o término da primeira estratégia, foi iniciada a E-2, que ocorreu mediante aplicação de corrente elétrica, por 33 dias. Durante a estratégia E-2 foi utilizada aplicação de corrente elétrica do tipo contínuo em regime intermitente, na frequência de 6 ON/18 OFF e uma densidade de corrente de aproximadamente  $10 \text{ A.m}^{-2}$ .

A membrana foi limpa quimicamente sempre que o valor da PTM aproximava-se do limite de 700 mbar. Para a limpeza a membrana era removida do reator e exposta primeiramente a uma solução de hipoclorito de sódio (100 ppm) e em seguida a uma solução de ácido cítrico ( $20 \text{ g.L}^{-1}$ ).

O efluente utilizado nesta pesquisa foi coletado de uma indústria do ramo têxtil do estado de Santa Catarina. A coleta era realizada semanalmente, a partir do tanque de equalização presente na estação de tratamento efluentes da referida indústria têxtil.

## MÉTODOS ANALÍTICOS

Os parâmetros monitorados e os respectivos métodos de análise são apresentados na Tabela 1, bem como a frequência de monitoramento.

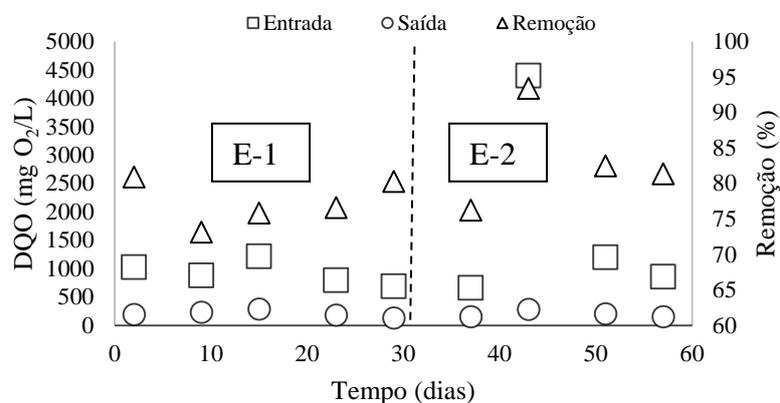
**Tabela 1: Métodos de análise e frequência de amostragem dos diferentes parâmetros avaliados.**

Parâmetro	Método de Análise	Frequência
DQO	Método colorimétrico de refluxo fechado, utilizando Kit Hach (método 8000) e leitura em espectrofotômetro Hach modelo DR5000.	Semanal
Fósforo Total	Método colorimétrico, utilizando Kit Hach e leitura em espectrofotômetro Hach modelo DR5000.	Semanal
Série de sólidos	Método Gravimétrico	2 vezes por semana
Turbidez	Turbidímetro portátil (Hach 2100P)	Semanal
Cor Verdadeira	Filtração em membrana de 0,45 $\mu\text{m}$ seguido de leitura em espectrofotômetro Hach modelo DR5000.	Semanal
Pressão Trans Membrana	Vacuômetro VDR 920	Diariamente
Densidade de corrente	Multímetro Digital (Power DT-830B).	Continuamente

Foram coletadas amostras da entrada (efluente proveniente da indústria têxtil) e saída (após o tratamento pelo eletrobiorreator a membrana) para avaliar a remoção da DQO, fósforo total, turbidez e cor verdadeira. Para avaliar o crescimento da microbiota e acompanhar o aumento da quantidade de substâncias inorgânicas no meio foi realizada a série de sólidos com amostras provenientes do licor misto do reator. A série de sólidos realizada consiste em sólidos suspensos totais e sólidos suspensos voláteis. Para monitoramento da corrente e consequentemente da densidade de corrente foi utilizado um multímetro digital, medindo a corrente em série que passa do cátodo para o ânodo. A pressão trans membrana (PTM) foi obtida através do monitoramento por meio de um vacuômetro da pressão existente na saída da membrana. O valor de pressão obtido é diminuído da pressão atmosférica e tem-se a PTM,

## RESULTADOS OBTIDOS

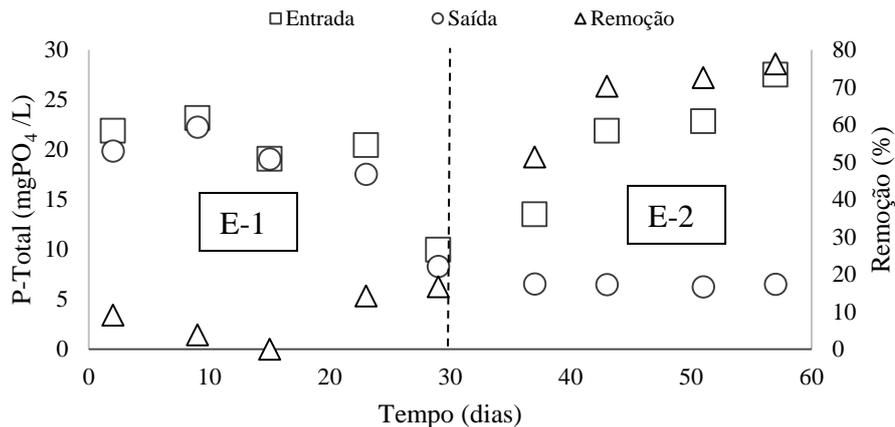
A Figura 2 apresenta os resultados obtidos quanto a Demanda Química de Oxigênio (DQO) no efluente (entrada) e no permeado (saída), bem como as respectivas eficiências de remoção alcançadas.



**Figura 2: DQO na entrada e saída do tratamento e eficiência de remoção.**

Nota-se que há grande variabilidade na DQO de entrada, sendo o mínimo em torno de 750  $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$  e máximo próximo a 4500  $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ . Percebe-se também que a eficiência de remoção de DQO é elevada, apresentando valor médio de 77% na E-1 e 83% na E-2, com respectivos valores médios de DQO no permeado de 213  $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$  e 198  $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ .

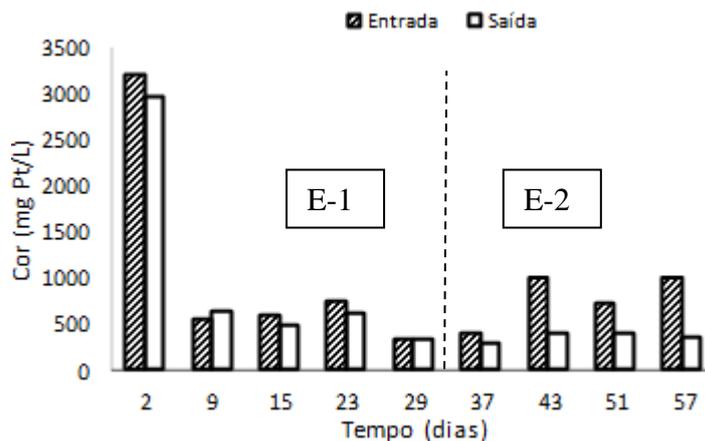
Na Figura 3 é apresentada a concentração de fósforo total na entrada e na saída do tratamento, assim como a eficiência de remoção observada ao longo dos dias operacionais.



**Figura 3: Fósforo total na entrada e saída do tratamento e eficiência de remoção.**

Pode-se observar que há baixa remoção de fosfato durante a E-1, com média é de 9%, enquanto na E-2 a remoção média alcançada foi de 68%, havendo portanto um aumento significativo na remoção deste parâmetro com a aplicação da corrente elétrica.

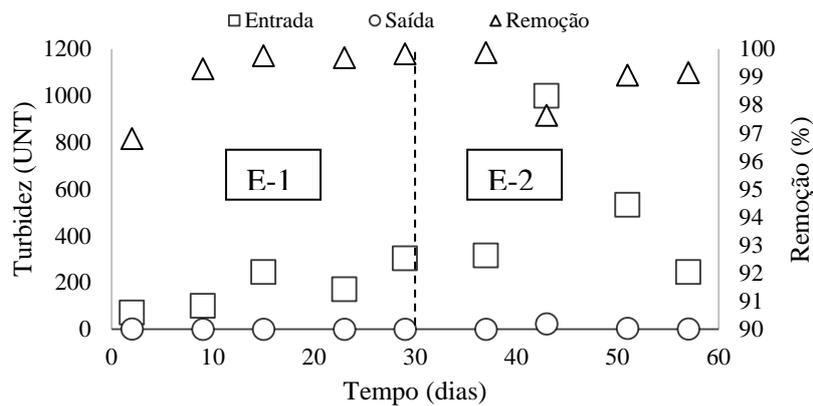
A Figura 4 apresenta os valores da cor verdadeira do efluente têxtil (entrada) e do permeado do EBRM (saída) aos longo dos dias operacionais.



**Figura 4: Cor de entrada e saída do EBRM.**

Percebe-se grande variação da cor de entrada, bem como é notável a baixa remoção de cor durante a E-1, que atingiu em média 5%, enquanto na E-2 a remoção média alcançada foi de 50%.

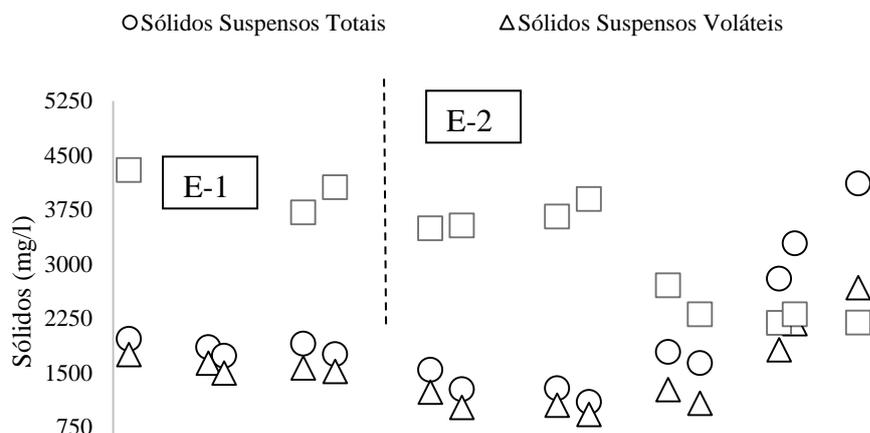
A Figura 5 apresenta a turbidez de entrada e saída do efluente, bem como a eficiência de remoção da mesma no EBRM durante o período das duas estratégias operacionais.



**Figura 5: Turbidez na entrada e saída do tratamento e eficiência de remoção.**

Nota-se que há grande variação na turbidez de entrada, com valores de 71 a 1000 NTU. Apesar disso, a turbidez no permeado se manteve baixa e constante, apresentando eficiência média remoção desse parâmetro acima de 99% nas duas estratégias.

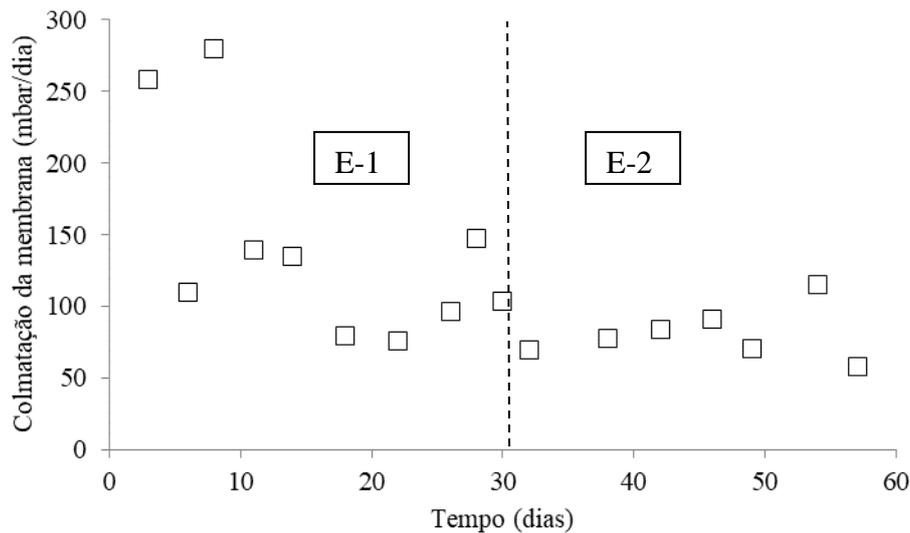
A Figura 6 apresenta a concentração de sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) no EBRM, bem como as respectivas relações SSV/SST observadas em cada estratégia operacional.



**Figura 6: Teor de sólidos suspensos voláteis (SSV) e sólidos suspensos totais (SST) no EBRM, bem como as respectivas relações de SSV/SST em cada estratégia.**

A concentração média de SST observada durante a estratégia E-1 foi de  $1666 \text{ mg L}^{-1}$ , enquanto que durante a E-2 a média obtida foi de  $2961 \text{ mg L}^{-1}$ , valor 77,7% maior se comparado a E-1. O SSV apresentou valor médio de  $1411 \text{ mg L}^{-1}$  durante a E-1 e de  $1853 \text{ mg L}^{-1}$  ao longo da E-2, o que mostra um aumento de 31,1%. A relação SST/SSV teve como valor médio 0,84 durante a E-1 e 0,65 durante a E-2.

A Figura 7 apresenta a velocidade de colmatação (VC) da membrana do EBRM para cada estratégia operacional.



**Figura 7: valores da velocidade de colmatação das membranas ao longo dos dias operacionais.**

Nota-se pela Figura 7 que a colmatação da membrana tem oscilações durante ambas as etapas, porém, durante a primeira etapa as oscilações são mais intensas em relação a segunda. O valor médio da VC obtido durante a E-1 foi de  $142 \text{ mbar}\cdot\text{dia}^{-1}$ , enquanto que para a E-2 tal valor foi de  $80 \text{ mbar}\cdot\text{dia}^{-1}$ , indicando que a eletrocoagulação resultou em uma redução de aproximadamente 43% na velocidade de colmatação das membranas.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Percebe-se grande variação nos valores de entrada de vários parâmetros, como a DQO, cor, turbidez e fósforo. Esta característica é atribuída principalmente aos diferentes processos que envolvem o beneficiamento de tecido, que variam de acordo com o tipo de tecido produzido. Como as coletas foram feitas por lotes, o efluente coletado possuía variações em suas características a cada coleta, e estas variações refletem-se nos valores de entrada dos parâmetros monitorados. Uma revisão sobre o tratamento de efluentes têxteis desenvolvida por [3] apresenta diversos estudos com grandes variações em diversos parâmetros. Também foi encontrado por [6] em seu estudo grandes variações, com ênfase para a DQO, que oscilou de  $1600 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$  até valores próximos a  $3000 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ .

No tocante a DQO nota-se que apesar da variabilidade elevada dos valores de entrada, a saída permaneceu praticamente constante durante ambas as estratégias, o que indica estabilidade do sistema frente as variações de carga de entrada. Apesar da estabilidade do sistema há um residual de DQO não degradado, mesmo com o tempo de detenção hidráulica alto, sendo este residual de aproximadamente  $220 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ . Isto ocorre devido à baixa biodegradabilidade de alguns compostos presentes no efluente têxtil, advindos principalmente dos produtos químicos utilizados durante o beneficiamento do tecido.

Um estudo sobre biorreatores a membrana feito por [6], para tratamento de efluente têxtil, teve uma remoção de DQO da ordem de 80%, sempre mantendo um residual de DQO, comportamento semelhante ao encontrado neste estudo. Em um estudo envolvendo um EBRM para tratamento de efluente doméstico [1] encontrou remoções de DQO da ordem de 75% a 95%. Isto mostra que a tecnologia possui alto potencial de remoção da DQO, independentemente das características do efluente a ser tratado, o motivo da alta eficiência desta tecnologia quanto a remoção de DQO é a associação do tratamento biológico ao tratamento químico e à filtração por membranas, que conferem três possíveis rotas distintas de remoção da DQO.

Em relação ao fósforo total, a baixa eficiência quanto à remoção deste composto na E-1 era esperada, tendo em vista que nesta etapa o fósforo era removido apenas via síntese celular, o que representa usualmente próximo a 2% em massa de SSV. Com o início da E-2, a remoção de fosforo aumentou para aproximadamente 67,7% em

média, valor significativamente superior aos anteriores. Tal aumento se justifica pelo fato da eletrocoagulação estimular remoção pelo processo químico, via precipitação deste nutriente.

Em seu estudo [1] aplicou um eletrobiorreator a membrana para tratamento de efluente doméstico. Foi reportado neste estudo uma remoção de fósforo crescente, partindo de valores próximos a 90% e chegando em 98% de remoção do composto. A diferença entre a remoção de fósforo dos dois estudos pode ser justificada pela maior complexidade e diversidade do efluente têxtil, quanto aos compostos que originam o fósforo e pela densidade de corrente utilizada no estudo de [1] ter sido significativamente mais alta, ficando em torno de 50A.m<sup>-2</sup>. A densidade de corrente influencia diretamente na precipitação do fósforo porque é linearmente correspondente à liberação de alumínio devido a eletrocoagulação. Apesar de poder haver um ganho de desempenho na remoção de fósforo deve-se atuar com cautela no aumento deste parâmetro, já que altas correntes podem prejudicar a atividade biológica podendo influenciar negativamente em outros aspectos do reator, como remoção da DQO, por exemplo.

Observa-se que a cor possui grande variabilidade nos valores de entrada, os quais referem-se ao efluente bruto. Isto é devido à grande variedade de corantes aplicados nos tecidos durante seu beneficiamento, que variam de acordo com cada linha de produção. Sem a ação da eletrocoagulação (E-1) a remoção de cor foi praticamente nula, porém, com a eletrocoagulação (E-2) houve remoção significativa de cor, sendo esta próxima de 50%. A baixa remoção na E-1 deve-se a origem da cor em efluentes têxteis, que são os corantes utilizados no processo produtivo, os quais são conhecidos por serem de difícil biodegradabilidade, portanto não são degradados pelos microrganismos. A membrana de ultrafiltração também não é capaz de remove-los, pois, tratam-se de compostos dissolvidos. Já na segunda estratégia ocorre uma melhora na remoção da cor devido a precipitação e a complexação das moléculas do corante com o alumínio fornecido pela eletrocoagulação.

A complexação de corantes foi reportada também por [5], que em sua revisão acerca da eletrocoagulação para tratamento de diversos efluentes reportam estudos que atingiram remoção de cor de até 98% para o efluente têxtil. A maior remoção no estudo reportado deve-se ao fato deste estudo tratar-se da eletrocoagulação dissociada de processos biológicos, o que dá liberdade para aplicação de altíssimas densidades de corrente, aumentando assim a taxa de complexação e precipitação dos corantes. No entanto, além de interferirem no aspecto biológico, altas densidades de corrente devem ser evitadas devido à grande produção de lodo a que estas levam, já que, a densidade de corrente sendo aumentada, aumenta-se a liberação de metais para o reator, elevando assim a quantidade de lodo produzida durante o tratamento. Além do aumento da quantidade de lodo, outro grande ponto negativo das altas densidades de corrente é a mudança de característica no mesmo, que passa a possuir altas concentrações de metal, podendo necessitar tratamento ou disposição final diferente do lodo biológico [5].

Percebe-se, de acordo com a Figura 5, que a remoção de turbidez é praticamente completa, independentemente dos valores de entrada. Este fato era esperado, pois, a turbidez é um indicador de partículas em suspensão, as quais são removidas por meio da filtração pela membrana, uma grande vantagem da tecnologia frente aos decantadores convencionais [4].

Em uma revisão acerca de diversos estudos utilizando biorreatores a membrana aplicados a efluente têxtil, [4] reporta altíssimas eficiências na remoção de sólidos suspensos, com valores de turbidez residual próximos de zero em todos os estudos. Isto reforça a grande utilidade da membrana em conjunto com processos biológicos, já que a perda de sólidos, comum nos decantadores convencionais, leva também a um maior residual de DQO e demais compostos suspensos, o que diminui, de maneira geral, a eficiência desses sistemas.

Percebe-se um aumento de SST durante a E-2, que provavelmente é decorrente da constante adição de alumínio ao licor misto, que leva também a observada queda na relação SST/SSV durante a mesma etapa, já que o alumínio acrescenta apenas matéria inorgânica ao meio. Este mesmo comportamento foi observado por [1] avaliando o desempenho de um eletrobiorreator a membrana tratando efluente sanitário, neste estudo, sem a eletrocoagulação o reator obteve a concentração de SST entre 2100 mg.L<sup>-1</sup> a 3500 mg.L<sup>-1</sup> e uma relação SST/SSV entre 0,83 e 0,71. Com a adição da eletrocoagulação os valores de SST subiram para 2100 mg.L<sup>-1</sup> a 5000 mg.L<sup>-1</sup> e a relação SST/SSV permaneceu abaixo de 0,70. Com estes dados nota-se que com a adição da eletrocoagulação há significativa alteração no licor misto. A adição do alumínio é benéfica por facilitar a remoção de vários compostos não biodegradáveis por precipitação ou complexação, porém seu excesso pode

inibir a atividade microbiana, logo, a densidade de corrente aplicada deve ser a mínima densidade capaz de remover satisfatoriamente os compostos desejados.

A concentração de SSV também teve crescimento durante a E-2, uma possível explicação para a ocorrência deste fato é um fenômeno conhecido como eletrobioestimulação, ainda não muito estudado, porém também reportado por [7], que em seu estudo avaliando o impacto da aplicação de corrente contínua de forma intermitente e contínua na comunidade microbiana de eletrobiorreatores para tratamento de efluentes notou que baixas densidades de corrente (entre  $5 \text{ A.m}^{-2}$  e  $20 \text{ A.m}^{-2}$ ) levam a uma estimulação do crescimento dos microorganismos.

A menor velocidade de colmatação das membranas durante a E-2 indica que a adição de alumínio ao meio melhora as condições de filtrabilidade do licor misto do reator. Tal condição pode ser atribuída a redução da resistência do licor misto à filtração devido principalmente ao aumento do tamanho dos flocos e a diminuição da quantidade de substâncias orgânicas solúveis [4]. A melhoria na filtração traz economia para o tratamento, tendo em vista a menor necessidade de limpezas das membranas, diminuindo assim os gastos associados à utilização de produtos químicos inerentes ao processo de limpeza.

## CONCLUSÕES

Tendo como base os dados obtidos durante a operação do eletrobiorreator a membrana, conclui-se que:

- A remoção de DQO do sistema é elevada, considerando a difícil biodegradabilidade do efluente;
- A remoção de fósforo melhora com a adição de corrente elétrica;
- A cor não é satisfatoriamente removida do efluente devido a sua difícil biodegradabilidade e capacidade de dissolução, porém, com a aplicação de corrente a sua remoção melhora significativamente.
- A remoção de turbidez é praticamente total, devido à filtração através da membrana.
- A adição de alumínio por meio da eletrocoagulação aumenta significativamente o teor de sólidos recalcitrantes no EBRM, característica que deve ser levada em conta para aplicações em larga escala devido ao maior gasto com tratamento e disposição final do lodo gerado no tratamento;
- O maior crescimento da biomassa durante a estratégia E-2 sugere a ocorrência do processo de eletrobioestimulação sobre os microrganismos.
- A colmatação da membrana é reduzida com a aplicação da eletrocoagulação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BANI-MELHEM, Khalid; ELEKTOROWICZ, Maria. Performance of the submerged membrane electro-bioreactor (SMEBR) with iron electrodes for wastewater treatment and fouling reduction. **Journal Of Membrane Science**, [s.l.], v. 379, n. 1-2, p.434-439, set. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2011.06.017>.
2. BELLI et al. Effect of solids retention time on nitrogen and phosphorus removal from municipal wastewater in a sequencing batch membrane bioreactor. **Environ Technol.** 2016 Jul 25:1-10.
3. Ghaly AE, Ananthashankar R, Alhattab M, Ramakrishnan VV (2014) Production, Characterization and Treatment of Textile Effluents: A Critical Review. *J Chem Eng Process Technol* 5:182. doi: 10.4172/2157-7048.1000182
4. JEGATHEESAN, Veeriah et al. Treatment of textile wastewater with membrane bioreactor: A critical review. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 204, p.202-212, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.01.006>.

5. KUOKKANEN, Ville et al. Recent Applications of Electrocoagulation in Treatment of Water and Wastewater—A Review. **Green And Sustainable Chemistry**, [s.l.], v. 03, n. 02, p.89-121, 2013. Scientific Research Publishing, Inc., <http://dx.doi.org/10.4236/gsc.2013.32013>.
6. SCHOEBERL, Paul et al. Optimization of operational parameters for a submerged membrane bioreactor treating dyehouse wastewater. **Separation And Purification Technology**, [s.l.], v. 44, n. 1, p.61-68, jul. 2005. Elsevier BV.
7. ZEYOUNI, M.; ALTENAIJI, E.; OZER, L. Y.; AHMED, I.; YOUSEF, A. F; AND HASAN, S. W. Impact of continuous and intermittent supply of electric field on the function and microbial community of wastewater treatment electro-bioreactors. *Electrochimica Acta*, v. 181, p. 271-279, 2015.