



## II-195 - USO DO EXTRATO DE LEVEDURA, COMO FONTE DE CARBONO E DE MEDIADORES REDOX, PARA A DEGRADAÇÃO ANAERÓBIA DE CORANTES AZO

**Cássia Aparecida Rabelo Corrêa**

Eng<sup>a</sup> Civil (UFOP), Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto (PPGEA - UFOP)

**Sérgio Francisco de Aquino<sup>(1)</sup>**

Professor Adjunto do Departamento de Química da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

**Paula Cristina de Paula Caldas**

Graduanda em Química Industrial da UFOP. Bolsista do Programa de Iniciação à Pesquisa (PIP) da UFOP

**Silvana de Queiroz Silva**

Bióloga, Ph.D. em Microbiologia Ambiental, Bolsista Prodoc (CAPES) do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da UFOP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Dois, 64 apto 301, Bairro Lagoa, Ouro Preto - MG – CEP:35.400-000 – Brasil - Tel: +55 (31) 3559-1837 - Fax +55 (31) 3559-1636 - e-mail: [sergio@iceb.ufop.br](mailto:sergio@iceb.ufop.br)

### RESUMO

O trabalho investigou a influência do uso do extrato de levedura, fonte do mediador redox riboflavina, na degradação de corante azo Drimaren Azul HF-RL em condições anaeróbias. O trabalho envolveu a execução de ensaios em batelada, em frascos-reatores mantidos a 25 °C e incubados com o corante azo e lodo anaeróbio na presença e ausência de fontes de carbono (extrato de levedura ou glicose) e de mediadores redox (riboflavina ou extrato de levedura). O monitoramento da variação temporal de cor, DQO e AGVs mostrou que a adição de extrato de levedura (0,5 g/L) resultou em eficiências de remoção de cor de 80 a 85% nas primeiras 24 horas de incubação, e que os produtos da degradação do corante azo foram tóxicos para todo o consórcio anaeróbio, o que resultou em baixas eficiências de remoção de DQO na presença e ausência do extrato de levedura. Os resultados indicaram ainda que as eficiências de remoção de cor foram inferiores a 30% na presença de apenas glicose (fonte de carbono) ou riboflavina (mediador redox), indicando que o extrato de levedura atuou simultaneamente como fonte de carbono e de mediadores redox.

**PALAVRAS-CHAVE:** extrato de levedura, mediadores redox, corantes azo, ácidos graxos voláteis, consórcio anaeróbio.

### INTRODUÇÃO

Um grande problema da indústria têxtil é a geração de efluentes contendo corantes orgânicos que, mesmo em baixa concentração, conferem elevada cor aos efluentes líquidos. Os corantes azo, caracterizados pela presença da ligação (-N=N-), representam cerca de 70% dos corantes fabricados anualmente em todo o mundo (Dos Santos, 2005a). Como o tratamento convencional por lodos ativados têm limitada eficiência na remoção de corantes azo, novas tecnologias de tratamento devem ser estudadas, e dentre as tecnologias conhecidas, o tratamento anaeróbio pode ser utilizado para remoção de cor tendo em vista inerentes vantagens como: baixo custo, baixa geração de lodo, produção de metano e remoção de 60 a 80% da cor.

Segundo Dos Santos (2005a) uma estratégia para melhorar a eficiência de cor no tratamento anaeróbio envolve o uso de mediadores redox, que atuam aumentando a velocidade de transferência de elétrons entre o doador (fonte de carbono) e oceptor (corante azo), resultando assim em melhoria da cinética de descoloração, principalmente em condições mesofílicas (Dos Santos, 2005b). Dessa forma o processo de redução dos corantes azo se daria em duas fases: a primeira consistiria na redução enzimática do mediador redox através dos elétrons gerados nos processos oxidativos e a segunda fase na transferência química destes elétrons para os corantes azo (Dos Santos, 2005a).

Segundo diferentes pesquisadores (Rau *et al.* 2002; Cervantes *et al.*, 2001; Field e Brady, 2003) vitaminas como a riboflavina (Vitamina B2), e outras substâncias como as quinonas (Ex. antraquinosa sulfonada – AQS) podem funcionar como mediadores redox, sendo que pesquisas realizadas por Dos Santos *et al.* (2003, 2006)



mostraram que na presença destes compostos, em condições termofílicas (55 °C), as taxas de descoloração foram aumentadas em 2,7 vezes (AQS) e 6,1 vezes (Vitamina B2) usando-se um reator anaeróbio com leito de lodo granular expandido (EGSB). Vale ressaltar que tal estudo foi realizado com mediadores redox adquiridos na forma ‘purificada’ e em condições controladas de temperatura, sendo importante, do ponto de vista prático de engenharia, avaliar a eficiência de remoção de cor à temperatura ambiente e com produtos comerciais que contenham tais mediadores redox.

Com base no exposto o objetivo deste trabalho foi avaliar se a adição de extrato de levedura, fonte do mediador redox riboflavina (vitamina B2), resulta no aumento da velocidade de degradação de corantes azo e no conseqüente aumento da eficiência de remoção de cor em frascos-reatores anaeróbios mantidos à temperatura de 25 °C e inoculados na presença e ausência de glicose. O uso de extrato de levedura foi avaliado em função de tal material ser de baixo custo e facilmente encontrado no mercado. Além disso, a confirmação da efetividade do extrato de levedura abriria a possibilidade de utilização do resíduo de indústrias de fermentação, que descartam leveduras utilizadas na produção de cerveja e cachaça, como fonte de mediadores redox.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios em batelada foram realizados com o corante azo Drimaren Azul HF-RL, de grande uso na indústria têxtil, sendo que em um ensaio foi utilizado ainda o corante não azo Vermelho Sidercron VSRB, sempre na concentração de 400 mg/L. Todos os ensaios em batelada foram realizados em frascos de vidro ambar de 250 ml que foram devidamente vedados com tampas de borracha e lacre de alumínio. As condições anaeróbias foram estabelecidas por meio de purga do *headspace* com gás nitrogênio, sendo os frascos mantidos sob constante agitação (100 rpm) e temperatura controlada (25 °C) em incubadora *shaker* por um período que variou de 7 a 11 dias, até a estabilização da remoção de cor. O pH foi monitorado e mantido dentro da faixa ideal (6,8 a 7,2) para o crescimento dos microrganismos anaeróbios (Speece, 1996) por meio da adição de 2.500 mg/L de tampão bicarbonato ( $\text{NaHCO}_3$ ) à solução nutricional.

Como inóculo foi utilizado lodo anaeróbio proveniente de reator UASB alimentado com esgoto doméstico. A concentração de biomassa dentro dos frascos-reatores variou em função da relação corante/microrganismo (C/M), que foi mantida em 0,1 em todos os ensaios – determinada em ensaios preliminares como a melhor relação C/M para trabalho.

A solução nutricional utilizada continha macro e micronutrientes conforme as sugestões de Aquino *et al.* (2007) e a relação DQO:N:P mínima de 100:5:1 sugerida por Chernicharo (2007). Todos os frascos-reatores continham solução nutricional em excesso, preparada para uma DQO de 5.000 mg/L. Em alguns ensaios utilizou-se além do corante, a glicose como fonte de carbono (co-substrato), em concentração de 200mg/L e 500mg/L. O extrato de levedura foi utilizado como fonte de mediador redox em concentrações que variaram de 5mg/L a 500mg/L.

A degradação abiótica do corante no sistema anaeróbio foi avaliada incubando-se os frascos-reatores com corante na ausência de lodo, ao passo que a remoção de cor por adsorção do corante à biomassa foi avaliada incubando-se os frascos-reatores com lodo autoclavado.

No presente estudo, para fins de comparação com o extrato de levedura, em alguns ensaios utilizou-se riboflavina pura (Sigma-Aldrich) como mediador redox em concentrações que variaram de 0,025mg/L (concentração encontrada em 500 mg/L de extrato de levedura) a 18,8 mg/L (concentração utilizada por Dos Santos (2007, 2005a,b, 2003) em suas pesquisas.

A Tabela 1 apresenta um resumo das condições operacionais impostas em cada conjunto de frascos-reatores durante os quatro ensaios executados. Em todos os ensaios cada frasco-reator foi incubado em duplicata, sendo os resultados apresentados uma média obtida para os dois frascos.

O primeiro ensaio avaliou, além do comportamento das três concentrações de extrato de levedura, a contribuição da adsorção do corante ao lodo na remoção de cor, e isso foi feito incubando-se dois frascos com lodo autoclavado. Dois frascos-reatores com corante e na ausência de lodo também foram incubados (frascos “sem lodo”) para avaliar a degradação abiótica (fotodegradação e/ou degradação pelos reagentes do meio nutricional) do corante. Os frascos denominados “Azul HF-RL” continham lodo fresco, corante e solução



nutricional, e referem-se ao controle positivo. Neste ensaio foram incubados vinte frascos, sendo que a metade continha glicose como substrato. Os frascos que não continham glicose permitiram avaliar a real influência do doador de elétrons externo (glicose) na remoção de cor.

**Tabela 1 – Condições operacionais dos ensaios dos ensaios em batelada**

Variável	Ensaio			
	1º	2º	3º	4º
Corante (400 mg/L)	Azul HF-RL	Azul HF-RL ou Vermelho VSRB	Azul HF-RL	Azul HF-RL
Biomassa(mg/L)	24.440	26.036	24.336	25.879
Substrato (mg/L)	sem ou com glicose (200 mg/L)	sem glicose	sem glicose	sem ou com glicose (500 mg/L)
Mediador redox	extrato de levedura (5; 50 e 500 mg/L)	extrato de levedura (5; 50 e 500 mg/L)	extrato de levedura (50; 100 e 500 mg/L) ou riboflavina (0,025 mg/L)	extrato de levedura (500 mg/L) ou riboflavina (0,25; 2,5 e 18,8 mg/L)

O segundo ensaio foi realizado sem a adição de glicose, e permitiu avaliar a repetibilidade dos dados obtidos no primeiro ensaio bem como o comportamento do extrato de levedura na degradação do corante não-azo Vermelho Sidercron VSRB. Da mesma forma que no primeiro ensaio, frascos-reatores denominados “sem lodo” e “lodo autoclavado” também foram inoculados para avaliar a remoção de cor por, respectivamente, degradação abiótica e adsorção do corante.

No terceiro ensaio avaliou-se a ação da riboflavina (vitamina B2), adicionada na forma pura, como mediador redox. Portanto, além dos frascos de controle já descritos, dois frascos-reatores foram incubados ainda com concentração de riboflavina correspondente ao valor desta vitamina presente no extrato de levedura. No quarto e último ensaio avaliou-se o efeito de três diferentes concentrações de riboflavina, além do efeito da adição de glicose e extrato de levedura na concentração de 0,5g/L. As três concentrações de riboflavina utilizadas corresponderam a dez e a cem vezes o valor desta vitamina presente no extrato de levedura, bem como a concentração de riboflavina utilizada por Dos Santos (2007, 2005a, b) em sua pesquisa.

Após a coleta diária, as amostras eram centrifugadas por cerca de 15min a 5000 rpm para remoção de sólidos suspensos, sendo o sobrenadante resultante preparado para análise de cor, demanda química de oxigênio (DQO) e ácidos orgânicos (AGVs). O monitoramento da cor foi feito em espectrofotômetro Femto 400 Plus no comprimento de onda de máxima absorbância do corante (600 nm para o Azul HF-RL), e as análises de DQO do sobrenadante e de sólidos suspensos voláteis (VSS), foram feitas de acordo com o *Standard Methods* (APHA, 1998). Para a análise de AGVs foi utilizada uma coluna Aminex HPX-87H (Biorad) conectada a um sistema de cromatografia líquida, conforme detalhes apresentados em Mesquita (2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Figura 1 e Tabela 2 mostram que a degradação anaeróbia de corantes azo foi possível na temperatura de 25 °C, tendo sido obtidas eficiências médias de ~39 a 45% após as primeiras 24 horas de incubação. A Figura 1(C) mostra que nos frascos-reatores denominados “sem lodo”, ou seja, sem a presença de biomassa, praticamente não houve remoção de cor, indicando que processos abióticos (fotodegradação e/ou degradação pelos reagentes do meio nutricional) não contribuíram significativamente para a degradação do corante. Contudo, a Tabela 2 e Figura 1(C) mostram que houve uma considerável remoção final de cor (79%) nos frascos-reatores denominados “lodo autoclavado”, indicando que parte do corante foi adsorvida pelos biosólidos presentes no meio, fato este também observado nos outros ensaios. A adsorção do corante ao lodo autoclavado não foi significativa nas primeiras 24 horas, como mostra a Tabela 2, sendo que foi justamente nesse período que o extrato de levedura parece ter desempenhado seu papel como fonte de mediadores redox, favorecendo a aceleração de degradação do corante.

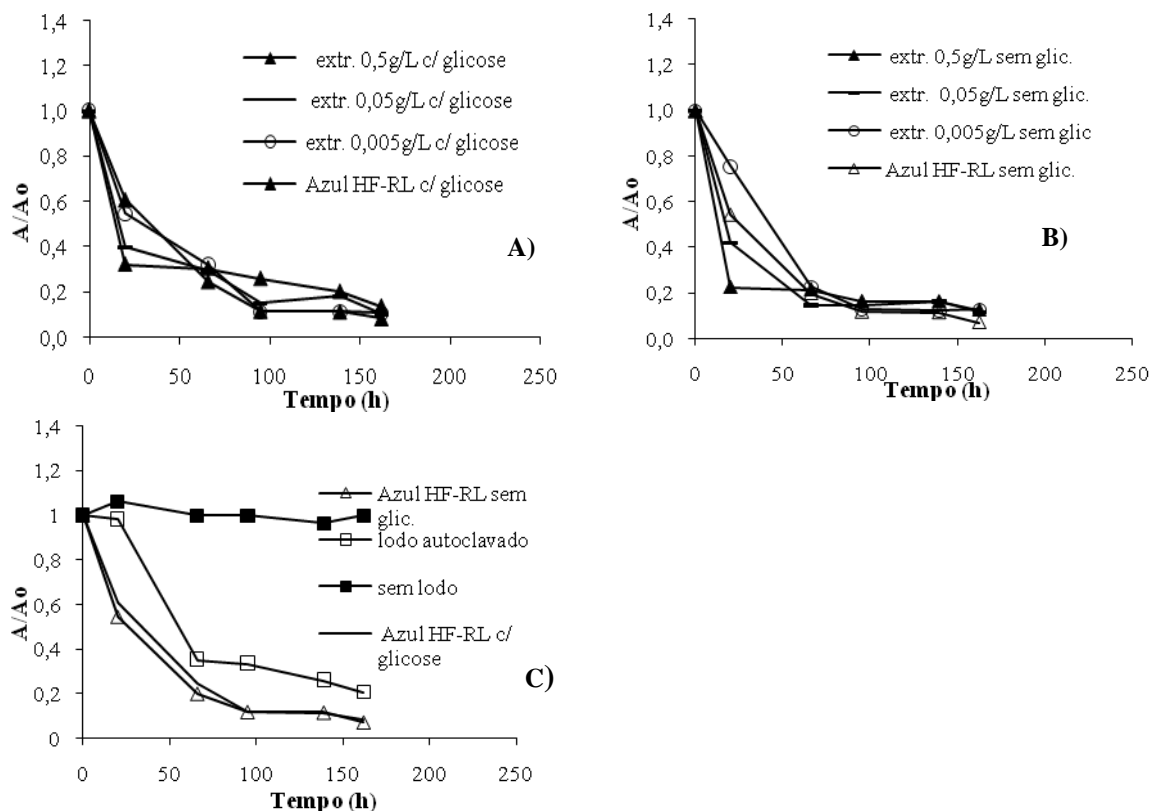


**Tabela 2 – Eficiência média de remoção de cor obtida após 24 horas e no final da incubação em todos os ensaios de batelada realizados.**

Frascos-reatores	% remoção de cor (após 24 h)	% remoção de cor (final ensaio)	Ensaio
Extrato 0,005g/L sem glicose	24	87	1°
Extrato 0,05 g/L sem glicose	58	88	
Extrato 0,5 g/L sem glicose	77	87	
Extrato 0,005 g/L com glicose	45	89	
Extrato 0,05 g/L com glicose	60	90	
Extrato 0,5 g/L com glicose	68	86	
Azul HF-RL	0	95	2°
Sem lodo Azul HF-RL	2	7	
Lodo autoclavado Azul HF-RL	0	77	
Extrato 0,5 g/L Azul HF-RL	76	87	
Vermelho VSRB	3	48	
Sem lodo Vermelho	0	37	
Lodo autoclavado Vermelho	2	53	3°
Extrato 0,5 g/L Vermelho	38	89	
Azul HF-RL	10	85	
Lodo autoclavado Azul HF-RL	7	74	
Sem lodo Azul HF-RL	0	4	
Sem corante com extrato 0,5 g/L	0	45	
Extrato 0,05 g/L	30	76	4°
Extrato 0,1 g/L	70	88	
Extrato 0,5 g/L	87	93	
Riboflavina 0,025 mg/L	17	90	
Azul HF-RL	9	16	
Azul HF-RL com glicose (0,5 g/L)	25	93	
Sem lodo Azul HF-RL	12	13	4°
Sem corante com extrato (0,5 g/L)	31	64	
Lodo autoclavado	15	16	
Extrato (0,5 g/L)	68	92	
Riboflavina 0,25 mg/L	11	18	
Riboflavina 2,5 mg/L	17	59	
Riboflavina 18,8 mg/L	17	65	

Os resultados da Figura 1 e Tabela 2 mostram que eficiências de degradação semelhantes, tanto nas primeiras 24h de incubação quanto no final do ensaio, foram obtidas entre os frascos-reatores denominados “Azul HF-RL sem glicose” (45% e 93%), e os frascos-reatores denominados “Azul HF-RL com glicose” (39% e 91%). Tais resultados indicam que adição de glicose aos frascos-reatores na concentração de 0,2 g/L não influenciou na capacidade de remoção de cor do corante azo.

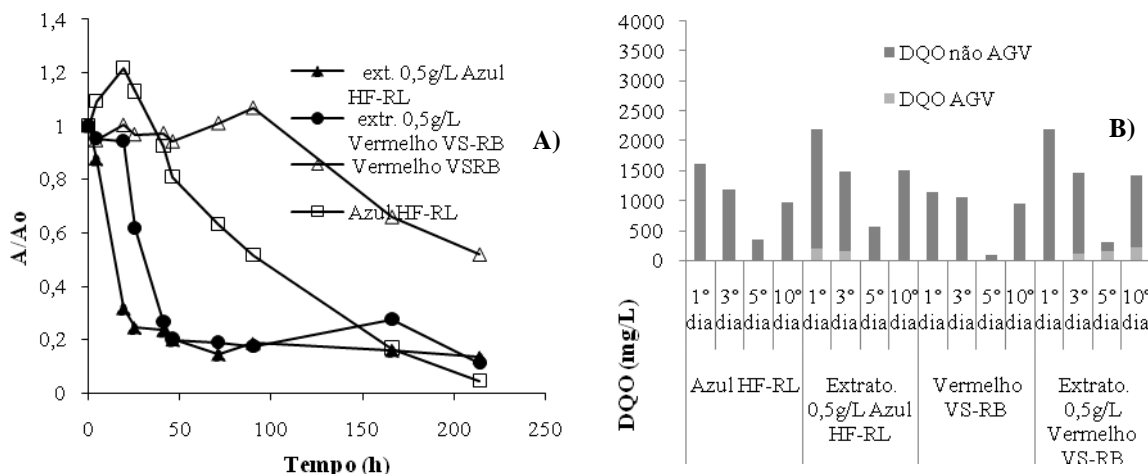
Como esperado, os frascos-reatores incubados com extrato de levedura na concentração de 0,5g/L obtiveram melhores resultados que os incubados com extrato de levedura na concentração de 0,05g/L, que por sua vez resultaram em maior eficiência que os frascos-reatores incubados com extrato de levedura 0,005 g/L; tanto na ausência quanto na presença de glicose (Tabela 2). Tais resultados mostram que o aumento da concentração de extrato de levedura aumenta a eficiência de remoção de cor nas primeiras 24 horas de incubação, sendo que no final do ensaio os resultados de eficiência se igualam, provavelmente devido ao fenômeno de adsorção.



**Figura 1 – Variação temporal da absorvância durante o primeiro ensaio nos frascos incubados com glicose (A) e sem glicose (B) e para avaliar remoção abiótica do corante (C).**

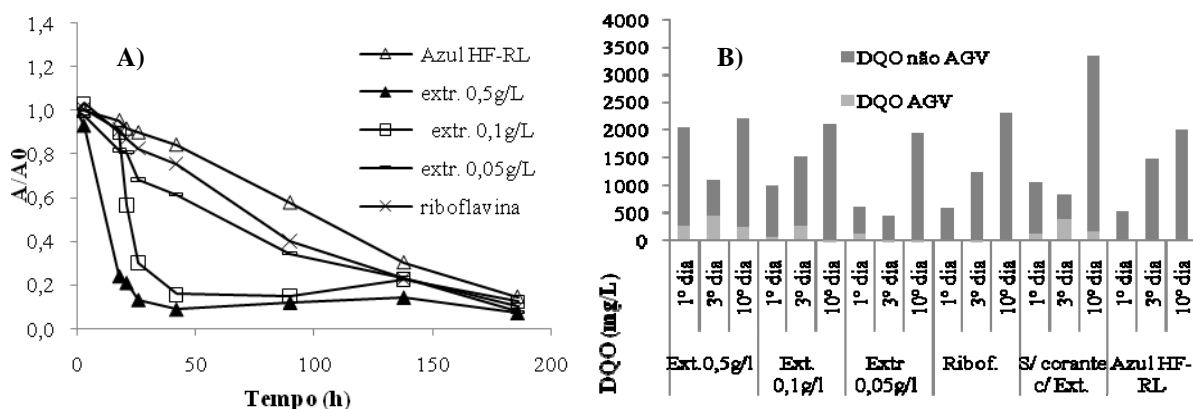
Os resultados do segundo ensaio (Figura 2 e Tabela 2) mostram que na presença ou na ausência do extrato de levedura o corante azul HF-RL foi degradado mais rapidamente que o corante não-azul Vermelho Sidercron VSRB.

Os dados do monitoramento de AGVs no segundo ensaio são apresentados na Figura 2(B); e referem aos resultados de AGVs dos frascos incubados com extrato de levedura e dos frascos incubados para controle ("Azul HF-RL" e "Vermelho VSRB"), sendo que somente nos frascos incubados com extrato de levedura houve acúmulo de AGVs. Percebe-se que mesmo nestes frascos incubados com maior carga orgânica (devido a DQO extra causada pelo extrato de levedura) houve pouco acúmulo de AGVs, sendo a maior parte da DQO devido a outros compostos (corante não degradado; subprodutos da degradação do corante e SMPs). Percebe-se ainda que a DQO diminuiu gradativamente de ~ 2.000 mg/L (frascos incubados com extrato de levedura) e ~1500mg/L (frascos incubados sem a presença de extrato de levedura) do primeiro dia até ~ 500 mg/L no quinto dia, indicando a degradação de grande parte do extrato de levedura. A partir do quinto dia a DQO aumentou, o que pode ter ocorrido devido à liberação de SMPs no meio, resultante da lise celular acentuada no final do ensaio de batelada.



**Figura 2 – Variação temporal da absorbância (A) e AGVs (B) durante o segundo ensaio.**

Os resultados do terceiro ensaio (Tabela 2) confirmaram os resultados obtidos nos ensaios anteriores, ou seja, o aumento da concentração de extrato de levedura resulta em aumento na eficiência de remoção de cor nas primeiras 24 horas; sendo que na sua ausência a remoção anaeróbica de cor só é efetiva para elevados tempos de incubação (> 100 horas). A eficiência de descoloração nos frascos-reatores incubados com 0,5g/L de extrato de levedura foi maior que nos frascos-reatores incubados com 0,1g/L de extrato de levedura, que foi maior que nos frascos incubados com 0,05g/L de extrato de levedura, confirmando a tendência observada no primeiro ensaio. Além disso, o terceiro ensaio confirmou-se que a adsorção de corante ao lodo só é significativa após as primeiras 24 horas de incubação; que sem lodo não há remoção significativa de cor por fatores abióticos; e que o extrato de levedura não causou cor significativa no comprimento de onda usado para monitorar o corante (Tabela 2).



**Figura 3 – Variação temporal da absorbância (A) e AGVs (B) durante o terceiro ensaio.**

Além disso, o terceiro ensaio (Figura 3(A) e Tabela 2) mostrou que nos frascos incubados com riboflavina houve menos eficiência de remoção de cor que nos frascos incubados com extrato de levedura nas concentrações de 0,5, 0,1g/L e até mesmo nos frascos incubados com extrato de levedura na concentração de 0,05g/L. Estes resultados indicam que outros compostos presentes no extrato de levedura (além da riboflavina) parecem auxiliar na degradação do corante, atuando como fonte de carbono e/ou como nutrientes, ou fornecendo ainda outros mediadores redox.

A Figura 3(B) apresenta os resultados da análise cromatográfica realizada nos frascos incubados no terceiro ensaio e mostra que somente nos frascos incubados com extrato de levedura houve acúmulo de AGVs. Os resultados confirmam que a adição de extrato de levedura causa aumento da DQO no início do ensaio, e que em todos os frascos há uma elevação da DQO no final do ensaio. Tais resultados parecem indicar que o aumento de DQO no final do ensaio não é devido ao extrato de levedura não degradado, mas sim a SMPs liberados como resultado da lise celular que ocorre em mais intensidade no final dos ensaios em batelada. Esse aspecto é positivo tendo em vista que o uso de extrato de levedura acelera a remoção de cor e, muito embora



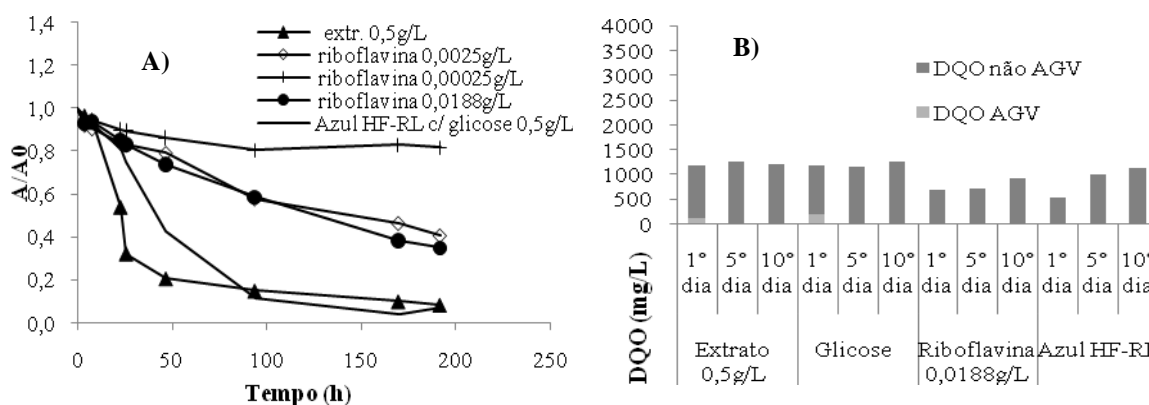


resulte em aumento da DQO, pode não comprometer a qualidade do efluente anaeróbico devido à sua natureza biodegradável.

O efeito da riboflavina foi reavaliado no quarto ensaio, em que se incubou frascos com tal vitamina em concentrações maiores que àquela encontrada no extrato de levedura 0,5 g/L. A Figura 4(A) e a Tabela 2 mostraram que nas primeiras 24h houve remoção da cor quatro vezes maior nos frascos-reatores incubados com 0,5g/L de extrato de levedura quando comparado aos frascos-reatores incubados com 0,0188g/L de riboflavina, concentração esta usada por Dos Santos (2007) e equivalente a 750 vezes a concentração presente em 0,5g/L de extrato de levedura. Os resultados da Figura 4(A) mostraram ainda que houve maior remoção de cor durante as primeiras 24h de incubação nos frascos-reatores incubados com extrato de levedura quando comparado com a glicose, confirmando a hipótese de que o extrato de levedura age simultaneamente como fonte de carbono (doador de elétrons) e como fonte de vitaminas e mediadores redox.

Vale ressaltar que, apesar de no quarto ensaio os frascos-reatores terem sido incubados com concentrações maiores de riboflavina, os resultados de remoção final de cor no meio foram diferentes daqueles obtidos no terceiro ensaio. Isso porque no terceiro ensaio a remoção final de cor chegou a 90% nos frascos-reatores incubados com riboflavina 0,025 mg/L (concentração equivalente àquela presente em 0,5g/L de extrato de levedura); ao passo que durante o quarto ensaio a remoção de cor nos frascos incubados com riboflavina a 0,0188g/L (concentração 750 vezes maior) foi de apenas 65%. Como o lodo utilizado não foi o mesmo, é possível que tal divergência tenha sido à utilização de um lodo menos ativo no quarto ensaio.

Por fim, observando os resultados finais das eficiências alcançadas no quarto ensaio (Tabela 2) para os frascos-reatores incubados com glicose na concentração de 0,5g/L (“Azul HF-RL com glicose”), e os frascos controle incubados sem a presença da glicose ou extrato de levedura (“Azul HF-RL”), observa-se que ao contrário dos resultados apresentados no terceiro ensaio, quando a glicose foi adicionada aos frascos em concentração 0,2g/L, o aumento da concentração de glicose para 0,5g/L melhorou a eficiência de remoção de cor no final do ensaio. Contudo, eficiências ainda maiores foram obtidas só com o extrato de levedura (0,5 g/L) nas primeiras 24 horas, o que justifica a dispensa do uso de glicose como co-substrato.



**Figura 4 – Variação temporal da remoção de cor (A) e AGVs (B) durante o quarto ensaio.**

A Figura 4(B) apresenta os resultados da análise cromatográfica realizada com as amostras coletadas durante o quarto ensaio, com os valores convertidos em concentração de DQO. Os dados mostram que, da mesma forma que observado nos ensaios anteriores, somente os frascos-reatores incubados com extrato de levedura e glicose acumularam AGVs. Os resultados mostram ainda que tanto o extrato de levedura quanto a glicose adicionados a 0,5g/L causam aumento da DQO no início do ensaio, quando comparado com o frasco controle (Azul HFRL), e que os frascos incubados com riboflavina ou só com o corante Azul HF-RL resultam em elevação da DQO no final do ensaio. Tais resultados confirmam que a DQO remanescente no final do ensaio nos frascos incubados com extrato de levedura ou glicose não é necessariamente devido a tais materiais não degradados, mas sim, devido a outros produtos gerados durante a degradação (SMPs e subprodutos do corante).



## CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a presença da glicose na concentração de 0,2g/L, adicionada juntamente com o extrato de levedura nas concentrações de 0,005g/L, 0,05g/L e 0,5g/L não resultou em melhoria da cinética de remoção de cor, quando comparada ao extrato de levedura adicionado nas mesmas concentrações sem a presença da glicose. Por sua vez, a presença de 0,5 g/L de glicose na ausência do extrato de levedura resultou na remoção de apenas 25% de cor nas primeiras 24 horas, ao passo que o extrato de levedura na mesma concentração foi capaz de remover 87% da cor do meio durante o mesmo período de tempo. Os resultados do trabalho mostraram que a adição de extrato de levedura na concentração de 0,5g/L resultou nos melhores resultados de remoção de cor, quer seja com a adição conjunta de glicose, quer seja na sua ausência. Dessa forma, pode-se dispensar o uso de glicose como doador de elétrons e utilizar apenas o extrato de levedura, que parece ter atuado como fonte de mediadores redox e de carbono/energia.

A presença da riboflavina (vitamina B2) também acelerou a degradação do corante, mas tais resultados foram muito inferiores aos obtidos com o extrato de levedura, mesmo quando a riboflavina estava presente em concentração 750 vezes maior que aquela presente em 0,5 g/L de extrato de levedura. Tais resultados indicam que outros compostos além da riboflavina presentes no extrato de levedura (Ex. vitamina niacina e outros nutrientes) influenciaram positivamente na degradação do corante azo estudado. A adição de extrato de levedura contribui para a elevação da DQO do meio líquido, contudo tal material possui elevada biodegradabilidade, podendo ser removido com facilidade do meio, seja pela escolha de tempo de residência apropriado ou com o uso de sistemas de pós-tratamento aeróbio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20ª Ed. Washington, EUA. American Public Health Association. 1998.
2. AQUINO, S. F.; CHERNICHARO, C. A. L.; FORESTI, e FLORÊNCIO, L.; MONTEGIA, L. O. *Metodologias para determinação da atividade metanogênica específica (AME) em lodos anaeróbios*. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 12, p. 192-201, 2007.
3. CERVANTES, F.J., VAN DER ZEE, F.P., LETTINGA, G., FIELD, J.A. *Enhanced decolourisation of Acid Orange 7 in a continuous UASB reactor with quinones as redox mediators*. Water Sci. Technol. v. 44, p. 123–128, 2001.
4. CHERNICHARO, C. A. L. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias “Reatores Anaeróbios”*. Belo Horizonte, 2º Ed.: SEGRAC, v. 5, p. 379, 2007.
5. DOS SANTOS, A. B. *Impacto dos mediadores redox na remoção de cor de corantes azo e antraquinônico por lodo granular anaeróbio sob condições mesofílicas e termofílicas*. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 12, 2007.
6. DOS SANTOS, A. B.; CERVANTES, F. J. e VAN LIER, J. B. Potentials of high-temperature anaerobic treatment and redox mediators for the reductive decolourisation of azo dyes from textile wastewaters. Wat. Sci. Technol, v. 54, n 2, p. 151-156, 2006.
7. DOS SANTOS, A. B. *Aplicação conjunta de tratamento anaeróbio termofílico por lodo granular e de mediadores redox na remoção de cor de águas residuárias têxteis*. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 3, p. 253-259, 2005a.
8. DOS SANTOS, A. B.; *Reductive decolourisation of dyes by thermophilic anaerobic granular sludge*. Tese (Doutorado) – Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2005b.
9. DOS SANTOS, A. B.; CERVANTES, F. J.; YAYA-BEAS, R. E.; VAN LIER, J. B. *Effect of redox mediator, AQDS, on the decolourisation of a reactive azo dye containing triazine group in a thermophilic anaerobic EGSB reactor*. Enzyme and Microbial Technology, v. 33, p. 942-951, 2003.
10. FIELD, J.A., BRADY, J. *Riboflavin as a redox mediator accelerating the reduction of the azo dye Mordant Yellow 10 by anaerobic granular sludge*. Water Sci. Technol. v. 48, p. 187–193, 2003.
11. MESQUITA, P. L. *Caracterização de Produtos Microbianos Solúveis (SMPs) em Reatores Aeróbio e Anaeróbio de Bancada em Diferentes Condições Operacionais*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.
12. RAU, J., KNACKMUSS, H. J. e STOLZ, A. *Effects of different quinoid redox mediators on the anaerobic reduction of azo dyes by bacteria*. Environmental Science and Technology, v.36, p.1497-1504. 2002.