Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro – ISSN 2178-6925
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni - Junho de 2017

DEGRADAÇÃO DE CORANTE TÊXTIL POR MÉTODO INOVADOR UTILIZANDO LUZ SOLAR

Pedro Emílio Amador Salomão[1], Frederico Hayala Fernandes Barbosa[2] Lívio Almeida Amador[3]

Resumo

O setor têxtil brasileiro ocupa a sexta posição como maior produtor do mundo, sendo o parque industrial mineiro o segundo maior do país. A indústria têxtil mineira encontra-se numa desconfortável posição, classificada como a quinta atividade industrial mais poluidora do estado. Sabendo que corantes têxteis não são biodegradáveis e de difícil remoção por processos físico-químicos, os efluentes gerados por indústrias têxteis normalmente possuem altas concentrações de contaminantes orgânicos (corantes) quando descartados no meio ambiente. Tendo em vista a demanda pelo estudo da degradação de contaminantes presentes em efluentes têxteis, neste trabalho fez-se a investigação da degradação fotocatalítica do corante preto remazol utilizando-se o TiO_2 comercial P25 (Degussa). No estudo de adsorção observou-se que a capacidade máxima do corante preto remazol adsorvida pelo TiO_2 foi de 13 mg g^{-1} e o tempo de equilíbrio foi de aproximadamente 60 minutos. O estudo do efeito da concentração de TiO_2 velocidade da reação mostrou que a constante de velocidade de descoloração do corante aumenta linearmente de 10 a 60 mg de TiO_2. Reações realizadas com diferentes concentrações de oxigênio dissolvido mostraram que a eficiência destas reações depende deste reagente. Estudos comparativos entre reações realizadas utilizando-se luz ultravioleta originária de lâmpadas germicidas e luz solar, mostraram que a utilização de luz solar apresenta maior eficiência para a degradação do corante preto remazol.

Abstract

The Brazilian textile sector occupies the sixth position as the largest producer in the world, with the mining industry being the second largest in the country. The mining textile industry is in an uncomfortable position, being classified as the fifth most polluting industrial activity in the state. Knowing that textile dyes are not biodegradable and difficult to remove by physico-chemical processes, effluents generated by textile industries usually have high concentrations of organic contaminants (dyes) when discarded in the environment. In order to study the degradation of contaminants present in textile effluents, this work investigated the photocatalytic degradation of remazol black dye using commercial P25 TiO2 (Degussa). In the adsorption study it was observed that the maximum capacity of the remazol black dye adsorbed by TiO2 was 13 mg g -1 and the equilibrium time was approximately 60 minutes. The study of the effect of TiO2 concentration on the reaction speed showed that the dye discoloration rate constant increases linearly from 10 to 60 mg of TiO2. Reactions carried out with different concentrations of dissolved oxygen showed that the efficiency of these reactions depends strongly on this reagent. Comparative studies between reactions using ultraviolet light from germicidal lamps and sunlight have shown that the use of sunlight has a higher efficiency for the degradation of the remazol black dye.

[1]Doutorando, Professor Adjunto – UNIPAC Teófilo Otoni/MG – pedroemilioamador@yahoo.com.br

[2]Mestre Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Instituto de Química, MG, Brazil – fredericohayala@yahoo.com.br
[3]Engenheiro Mecânico – Universidade Gama Filho – livioamador@hotmail.com

1 Introdução

De acordo com FREIRE et. al. (2000) nas últimas décadas o grande crescimento populacional e o aumento do consumismo levaram a intensificação da atividade industrial. A modernização dos processos industriais e a substituição de embalagens biodegradáveis e vítreas por materiais plásticos não biodegradáveis de menor custo, tem resultado no aumento da geração de resíduos. Além do lixo sólido, indústrias geram grande quantidade de poluentes líquidos e gasosos, que contribuem para a contaminação dos recursos hídricos e atmosfera.

De acordo com dados da Associação Brasileira de Industrias Têxteis (ABIT) os resíduos líquidos gerados por indústrias podem estar contaminados com metais pesados e/ou substâncias orgânicas que podem apresentar alta toxicidade. Dentre as indústrias que geram efluentes contaminados com matéria orgânica, merecem destaque as indústrias têxteis, devido ao grande volume de resíduos líquidos gerados (uma indústria de médio porte gera cerca de 50 m^3 h^{-1} de efluente).

O Brasil ocupa a sexta posição como maior produtor têxtil do mundo, segundo maior empregador da indústria de transformação, com aproximadamente 1,65 milhões de empregados. No ano de 2009 a indústria têxtil apresentou em toda a sua cadeia, um faturamento estimado de US$ 47 bilhões (crescimento de 2,1% em relação a 2008, quando registrou US$ 46 bilhões, representando 17,5% do PIB da indústria de transformação e cerca de 3,5% do PIB total brasileiro).

GONÇALVEZ M. J. (2007) relatou que a indústria têxtil, em sua grande maioria, apresenta grande produção de resíduos líquidos, sendo que estes são coloridos devido à presença dos corantes. Esses efluentes possuem substâncias tóxicas (corantes) que não são facilmente degradadas por processos biológicos. De forma geral, os efluentes têxteis são compostos por corantes orgânicos (10-15%) não biodegradáveis, surfactantes e aditivos que apresentam estruturas químicas complexas.

Os tratamentos de efluentes utilizados pelas indústrias têxteis têm como principio básico a remoção da carga orgânica através de processos biológicos e

físico-químicos, porém esses métodos não conseguem remover ou degradar os corantes de forma eficiente. Na maioria dos casos, métodos físicos ou químicos possuem a desvantagem de serem muito caros e de sofrerem interferências na presença de outros compostos presentes nos efluentes além dos corantes.

SAUER T. (2002) reporta que últimos anos, novas tecnologias para o tratamento de resíduos tem sido estudadas. Um desses tratamentos são os Processos Oxidativos Avançados (POAs) que se baseiam na geração de espécies altamente oxidantes (radicais $^{\bullet}OH$) que permitem degradar compostos que resistem aos tratamentos normalmente utilizados. Uma das espécies oxidantes obtida neste processo é altamente reativa e não seletiva: o radical hidroxila ($^{\bullet}OH$). Esse radical é gerado pelos seguintes Processos Oxidativos Avançados:

1. Fenton (Fe^{2+}/H_2O_2)
2. Ozonólise (O_3)
3. Fotólise (H_2O_2/UV)
4. Fotocatálise (semicondutor/$O_2/H_2O/UV$)

Os processos oxidativos avançados (POAs) são classificados como homogêneo (o catalisador e os resíduos orgânicos se encontram solúveis - uma única fase) e heterogêneo (o catalisador se encontra na fase sólida e os resíduos orgânicos estão solubilizados – mais de uma fase). Os POAs são divididos em 5 processos conhecidos como: (i) fotocatálise, (ii) fenton, (iii) foto-Fenton, (iv) ozonólise e (v) fotólise. Durante a realização destes processos é gerado o radical hidroxila ($^{\bullet}OH$), o qual apresenta alto potencial de redução (Tabela 1) sendo capaz de promover a degradação de contaminantes orgânicos não biodegradáveis, refratários e xenobióticas em substâncias não tóxicas como CO_2 e H_2O (Equação 1).[7]

$$^{\bullet}OH + \text{Composto Orgânico} \rightarrow\rightarrow\rightarrow CO_2 + H_2O \qquad \textbf{Equação 1}$$

A Tabela 1 mostra o potencial de redução de alguns oxidantes utilizados no tratamento químico oxidativo em águas.

Espécie	Potencial em eV
F_2	3,0
$^{\bullet}OH$	2,8
O_3	2,1
H_2O_2	1,8
$KMnO_4$	1,7
HClO	1,5
ClO_2	1,5
Cl_2	1,4
O_2	1,2

Tabela 1 - Potencial de redução de vários agentes oxidantes.

Pode ser observado na Tabela 11 que o radical hidroxila ($^{\bullet}OH$) é a espécie mais oxidante ficando abaixo apenas do flúor, e por esse motivo é muito usado no processo de oxidação avançada sendo capaz de oxidar a maioria dos corantes.

MAGALHÃES F. (2005) mostra processo fotocatalítico se baseia na utilização de semicondutores para a geração de radical hidroxila $^{\bullet}OH$. A formação deste radical ocorre quando o semicondutor é exposto a uma radiação em presença de oxigênio e água como mostrado na Equação 2.

$$\text{Semicondutor} + UV + O_2 + H_2O \longrightarrow \text{Semicondutor} + {}^{\bullet}OH + H^+ + O_2^{\bullet-} \quad \textbf{Equação 2}$$

CERVANTES T. N. M. (2009) mostra o mecanismo de formação do radical $^{\bullet}OH$ no processo fotocatalítico ocorre quando um semicondutor (geralmente TiO_2) é ativado por luz solar ou artificial. Este semicondutor tem características especificas de acordo com sua formula química, sendo caracterizado por bandas de valência e bandas de condução, onde a região entre elas é chamada de *bandgap.*

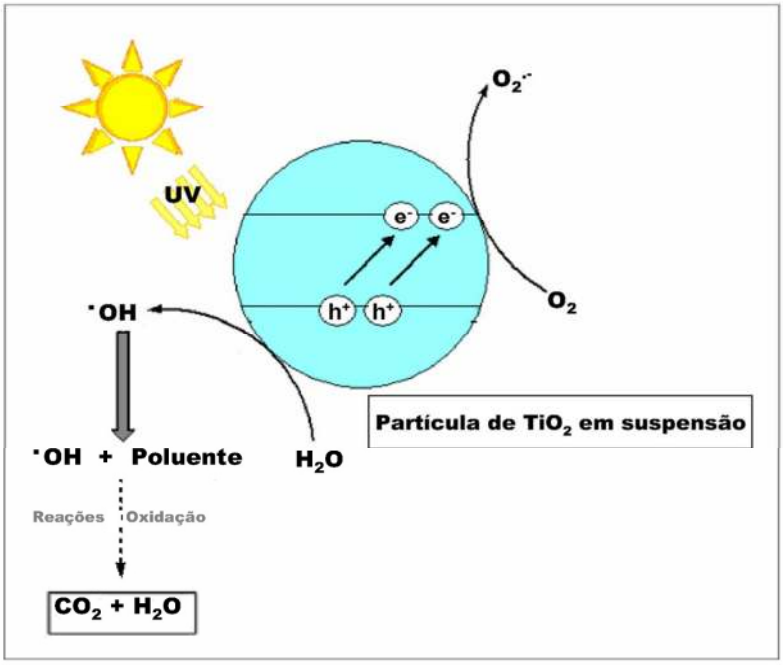

Figura 1 - Representação da produção do par elétron/vacância na superfície do semicondutor e geração do radical hidroxila.

2 Degradação de Matéria Orgânica por Tio_2

O estudo da fotocatálise com TiO_2 está sendo alvo de muitos grupos de pesquisa que têm buscado diversas aplicações para a tecnologia. Pode ser observado que as publicações recentes na área de fotocatálise tem como objetivo a degradação de compostos tóxicos e em menor número, trabalhos objetivando a preparação de novos fotocatalisadores. A Tabela 2 mostra alguns contaminantes e observações sobre os trabalhos dos pesquisadores.

Neste trabalho será investigada a degradação de um corante têxtil reativo utilizando-se o processo fotocatalítico e o TiO_2 como fotocatalisador.

Contaminante	Observações	Referência
Preto remazol B, alaranjado remazol 3R, amarelo ouro remazol RNL, remazol red.	Reações realizadas na presença de radiação UV e TiO_2 em suspensão.	13
Azo corante directred 23.	Reações realizadas na presença de	16

	radiação UV e TiO_2 em suspensão.	
Esgoto sanitário secundário	Utilizando TiO_2 imobilizado sobre placa de vidro, irradiado por luz solar, para desinfecção de esgoto sanitário secundário.	17
Efluentes têxteis.	Reações realizadas na presença de TiO_2e TiO_2 /H_2O_2 observando as suas toxicidades.	18
Efluentes têxteis.	Comparação entre ZnO e TiO_2 como catalisadores.	19
Remazol Black 5 (RB5) e Procion Red MX-5B	Degradação dos corantes em diferentes concentrações e pH.	20
Preto dispersil e azul dispersil.	Oxidação fotoeletrocatalítica do efluente têxtil usando eletrodos de Ti/TiO_2.	21

Tabela 2 - Artigos recentemente publicados na área de fotocatálise usando o TiO_2 como fotocatalisador para a decomposição de diferentes contaminantes orgânicos.

3 Metodologia

Para a realização dos experimentos foram utilizados os seguintes reagentes: TiO_2Degussa P25, corantetextil preto remazol (PR), gentilmente doado pelaUNIFI do Brasil e gás nitrogênio da White Martins.

Os equipamentos utilizados foram: balança analítica, centrífuga, reator com lâmpada de ultravioleta (as reações no reator UV foram realizadas com uma lâmpada de mercúrio do tipo germicida de 15 W de potência), espectrofotômetro UV/VisThermoScientific EVOLUTION 60, bomba de aquário, oxímetro (medidor de oxigênio) marca OAKTON Mod. DO600.

3.1 Curva de Calibração do Corante Preto Remazol

Para a determinação da concentração do corante nos diferentes tempos de reação foram construídas curvas de calibração usando soluções do corante têxtil preto remazol (Figura 3) com as seguintes concentrações: 6, 10, 25, 50 e 100 g L^{-1}.

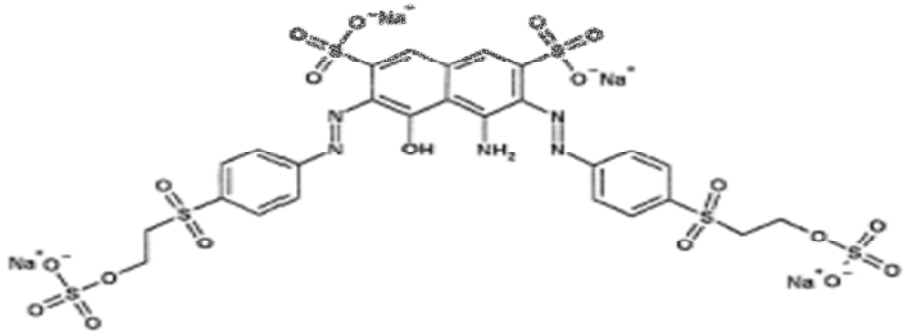

Figura 3 - Fórmula estrutural do corante têxtil preto remazol (classe dos reativos).

3.2 Estudos de Adsorção

3.2.1 Cinética de adsorção

Para o estudo da cinética de adsorção, foram utilizados 4 béqueres de 600 mL onde foram misturados 200 mL de solução do corante preto remazol 50,0 mg L^{-1} com as seguintes quantidades de TiO_2 P25: 10, 30, 60 e 120 mg.Os testes de adsorção foram realizados utilizando agitação magnética e monitorando a temperatura da solução que se encontrava em um local escuro, evitando o início das reações de fotodecomposição do corante. Com o passar do tempo, alíquotas de aproximadamente 6 mL foram retiradas e centrifugadas, durante 10 min, seguindo o seguinte intervalo de tempo: 0, 5, 12, 20, 30 e 40 min. As absorbâncias das espécies

contida no sobrenadante foram obtidas utilizando-se um espectrofotômetro UV visível.

3.2.2 Isoterma de Adsorção

A realização da isoterma de adsorção ocorreu através da adição de 30 mg de TiO_2 em soluções de 30 mL do corante Preto Remazol com diferentes concentrações (10, 25, 50, 100 e 200 mg L^{-1}). As misturas de corante/TiO_2 ficaram em contato em um local escuro durante 48 horas a temperatura ambiente. Posteriormente estas espécies foram centrifugadas durante 10 min e medida a absorbância do sobrenadante utilizando-se um espectrofotômetro UV visível no tempo 0 e no tempo 48 horas.

3.3 Reações Fotocatalíticas `Para a Degradação do Corante Preto Remazol

As reações fotocatalíticas para a degradação do corante preto remazol foram realizadas em dois tipos de reatores: (i) reator UV (Figura 4) e (ii) reator solar.

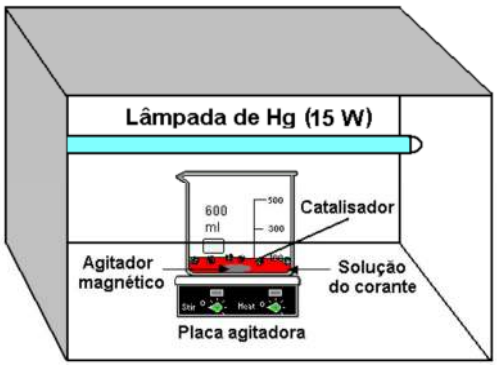

Figura 4 - Esquema do reator UV.

3.3.1 Reações fotocatalíticas realizadas no reator UV

Os testes fotocatalíticos foram feitos misturando-se 200 mL do corante preto remazol com concentração de 50 mg L^{-1} e com quantidades do catalisador TiO_2 P25 de

aproximadamente 10, 30, 60 e 120 mg, em um béquer de 600 mL. Cada mistura corante/TiO_2, antes do início da reação, foi deixada em repouso em local escuro por cerca de 2 horas, para que ocorresse a adsorção do corante pelo catalisador até sua saturação. Após este procedimento, as reações fotocatalíticas foram realizadas, no reator UV, sob agitação magnética e monitorando frequentemente a temperatura. Então alíquotas de 6 mL foram coletadas com 0, 10, 20, 30, 45 e 60 min de reação com a lâmpada UV ligada, centrifugadas durante 10 min, separando o sobrenadante, onde em seguida eram analisadas em um espectrofotômetro UV visível.

3.3.2 Reações fotocatalíticas realizadas no reator solar

Estas reações foram realizadas conforme os procedimentos apresentados no item anterior. Porém, a fonte de radiação UV utilizada foi o sol. Estas reações foram realizadas em um dia de céu limpo e durante o período de maior incidência de radiação solar (12 às 13h). Nessa etapa, após o seu início, nos tempos de 0, 10, 20, 30, 45 e 60 min foram retiradas alíquotas da solução, e monitorando a temperatura, em seguida centrifugadas durante 10 min, separando o sobrenadante, que eram posteriormente analisados em um espectrofotômetro UV-Vis.

3.3.3 Estudo do efeito do teor de oxigênio na reação

Para investigar o efeito da concentração de oxigênio nas reações fotocatalíticas foram preparadas soluções do corante PR com alto (saturada) e baixo teor de oxigênio dissolvido. Estas soluções foram preparadas da seguinte forma:

- Alto teor de oxigênio dissolvido: um volume de água destilada, foi colocado em um béquer de 1000 mL e por aproximadamente 2 horas, foi realizado o borbulhando de ar atmosférico utilizando uma bomba de aquário com o objetivo de saturar a água destilada com oxigênio dissolvido. Após esse tempo, utilizando-se um oxímetro, foi medido a concentração de oxigênio dissolvido e a sua temperatura, e então preparado uma solução de 50 mg L^{-1} do corante preto remazol.

- Baixo teor de oxigênio dissolvido: um volume de água destilada foi aquecida até sua ebulição para diminuir a concentração de oxigênio dissolvido Em seguida, utilizando-se um oxímetro, foi medido a concentração de oxigênio dissolvido e a sua temperatura, e então preparado uma solução de 50 mg L^{-1} do corante preto remazol.

Estas reações foram realizadas conforme descrito no item 3.4.1, porém durante a reação com alto teor de oxigênio dissolvido utilizou-se um sistema de aeração (borbulhamento de ar) e na reação com baixo teor de oxigênio foi injetado nitrogênio gasoso para evitar a dissolução de oxigênio na solução do corante.

4 Resultados e Discussões

4.1 Curva de calibração

Antes de iniciar os estudos de adsorção e degradação do corante preto remazol, foi construída uma curva de calibração, para um intervalo de concentração de 6 a 100 mg L^{-1}. Desta forma foi obtida a equação da reta, onde *y* é a absorbância, *x* a concentração do corante e *b* o coeficiente angular da reta (Figura 5) (durante as análises não houve alterações bruscas de temperatura, ficando entre 27 e 28 ^{o}C).

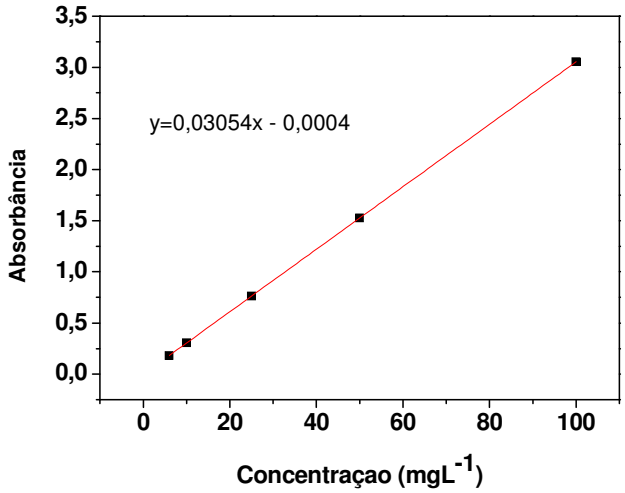

Figura 5 - Gráfico da curva de calibração do corante preto remazol.

4.2 Estudo do Processo de Adsorção do Corante no TiO_2

Durante a reação fotocatalítica o corante pode adsorver na superfície do fotocatalisador. Este processo de adsorção é de grande importância no processo fotocatalítico devido a dois fatores: (i) a adsorção do corante na superfície do TiO_2 deve aumentar a eficiência do processo e (ii) a adsorção interfere na determinação da eficiência fotocatalítica. No primeiro efeito, o corante adsorvido pode reagir mais facilmente com os radicais gerados na superfície do TiO_2 enquanto que a reação dos radicais com corantes em solução é limitada pela difusão do radical pela solução até a molécula do corante. No segundo fator, visto que a reação fotocatalítica é acompanhada pela descoloração, o processo de adsorção pode mascarar as reações fotocatalíticas, já que também reduzem a cor da solução.

4.3 Cinética de Adsorção do Corante Preto Remazol Usando o TiO_2

As cinéticas de adsorção foram estudadas pela adição de TiO_2 em uma solução de corante seguida pelo monitoramento contínuo da cor através de medidas espectrofotométricas.

A Figura 6 apresenta a diminuição da concentração das soluções do corante preto remazol devido à adsorção em diferentes quantidades de TiO_2 P25. Os resultados obtidos mostram a adsorção do corante Preto Remazol pelo TiO_2 P25 até 40 minutos de contato. Pode-se observar que o teor de corante adsorvido aumentou com a massa de TiO_2 utilizada e a velocidade de adsorção tende a ficar mais lenta com o tempo. Durante o processo de adsorção a temperatura foi de 27 ºC.

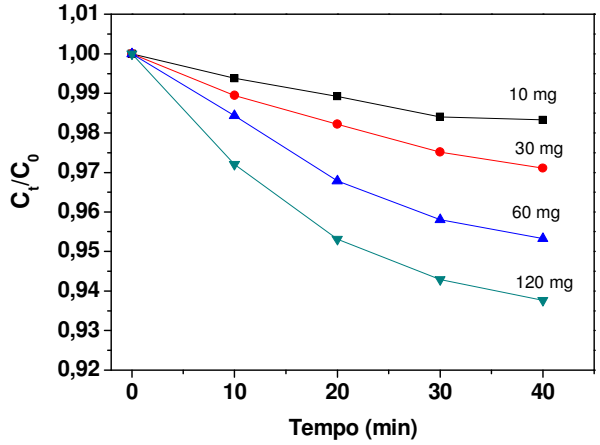

Figura 6 - Curvas de adsorção do corante PR (200 mL de solução 60 mg L^{-1}) por diferentes quantidades de TiO_2 P25.

Para o tratamento cinético da adsorção, foi considerado que a velocidade da adsorção depende dos seguintes fatores:

- concentração do corante,
- presença de oxigênio molecular,
- quantidade de água,
- massa de catalisador TiO_2 P25

Desta forma pode-se escrever a equação da velocidade como mostra a Equação 3.

$V = k' [corante]^X [TiO_2]^Y [O_2]^K [H_2O]^W$ **Equação 3**

Considerando que as concentrações de oxigênio, água e de TiO_2 são constantes, a Equação 1 pode ser simplificada e escrita como mostrado na Equação 4.

$V = k [corante]^X$ **Equação 4**

Esta equação mostra que a velocidade de adsorção deve depender apenas da concentração do corante com ordem x. A forma das curvas concentração versus tempo na Figura 14 mostra que a descoloração diminui com o tempo de reação e aumenta com a massa de TiO_2. Este comportamento pode estar sugerindo que a cinética destas reações é de pseudo primeira ordem com relação ao corante. Para se fazer o tratamento cinético, foi realizado uma aproximação para primeira ordem. De acordo com a Equação 5, em uma cinética de primeira ordem, a velocidade da adsorção depende da variação da concentração do corante com o tempo:

$V = \frac{d[corante]}{dt}$ **Equação 5**

Substituindo esta igualdade na Equação 4, temos,

$k[corante] = \frac{d[corante]}{dt}$ **Equação 6**

Rearranjando a Equação 6 e integrando no intervalo de 0 a t minutos, encontra-se a Equação 7.

$$\int_0^t \frac{d[corante]}{[corante]} = \int_0^t k dt$$

$$\ln\frac{[corante]t}{[corante]o} = kt \qquad \textbf{Equação 7}$$

A partir do tratamento cinético dos dados apresentados na Figura 6, foi obtido o gráfico $\ln C_t/C_o$ em função do tempo (Figura 7).

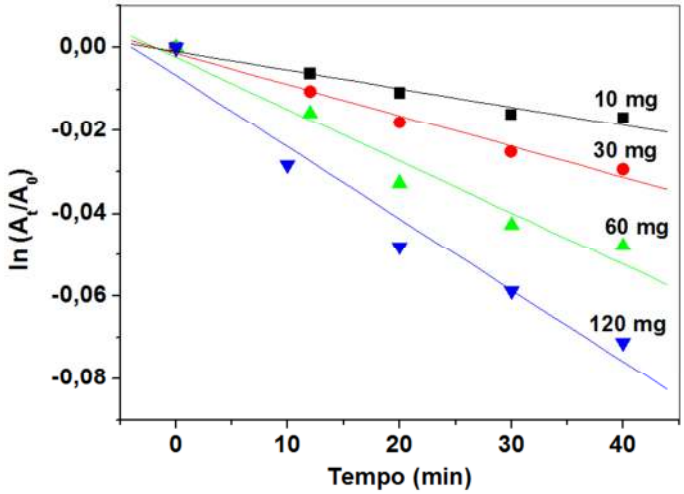

Figura 7 - Gráfico de $\ln C_t/C_o$ em função do tempo de adsorção do corante PR pelo TiO_2.

A Figura 7 apresenta os valores das constantes de adsorção (k_{ads}) do corante PR pelo TiO_2, que foram obtidas pelos coeficientes angulares dos resultados apresentados na Figura 6.

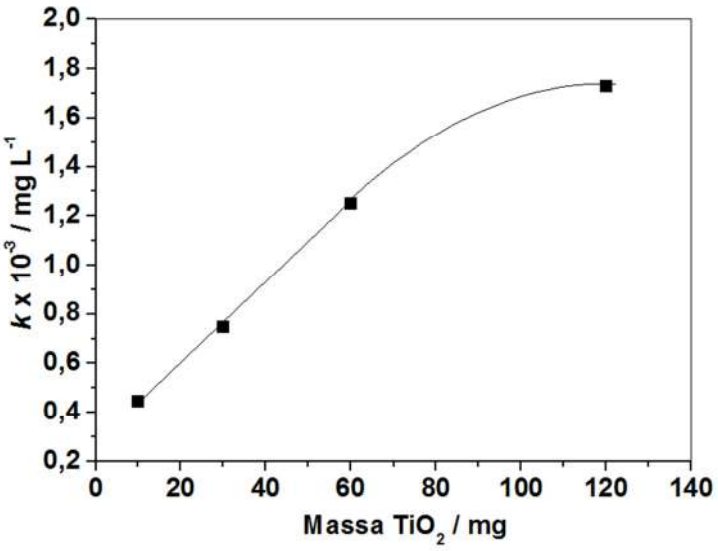

Figura 8 - Valores de k_{ads}em função de diferentes quantidades de TiO_2 P25.

O gráfico da Figura 8 mostra que para massas de TiO_2 P25 de 10 a 60 mg o valor de k_{ads}aumenta linearmente e para quantidades maiores que 60 mg ocorre à perda da linearidade. Estes resultados indicam que o estudo de adsorção deve ser realizado na faixa de 10 a 60 mg de catalisador.

4.4 Isoterma de Adsorção

A Figura 9 apresenta a isoterma de adsorção obtida para o corante preto remazol com o TiO_2 P25, onde a temperatura da solução se manteve constante a 28 ^{o}C.

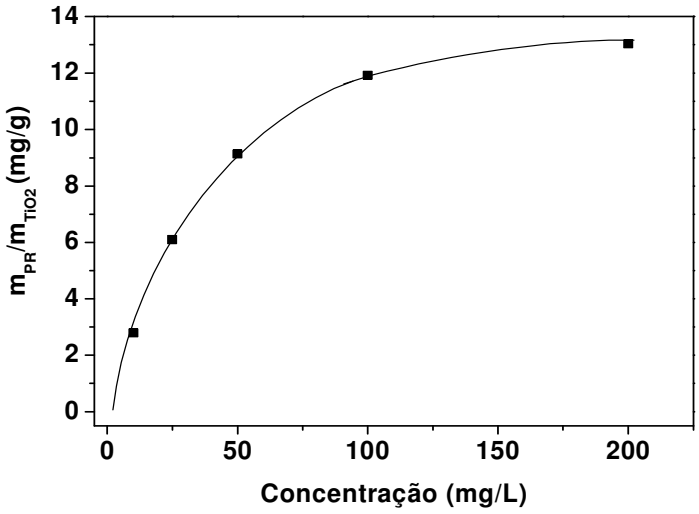

Figura 9 - Isoterma de adsorção obtida para o Preto Remazol.

A isoterma de adsorção mostra a correlação entre a quantidade de corante adsorvida na superfície do TiO_2 e sua concentração de equilíbrio em solução. Esta relação mostra que a quantidade de corante adsorvida aumenta com a concentração de equilíbrio do corante em solução até alcançar a saturação da superfície do TiO_2. Este resultado mostra que a capacidade máxima de adsorção é de aproximadamente 13 mg do corante preto remazol por grama de TiO_2.

4.5 Testes Fotocatalíticos

Os testes fotocatalíticos foram realizados em dois reatores distintos: (I) Reator UV - provido de uma lâmpada de vapor de Hg (germicida) de 15 W, como fonte de radiação ultravioleta e (II) Reator Solar o qual foi utilizada a luz solar como fonte natural de radiação ultravioleta.

4.5.1 Reações com TIO_2 P25 Realizadas no Reator UV

As curvas da Figura 10 representam as concentrações medidas para a reação do corante preto remazol em função do tempo com diferentes quantidades de catalisador TiO_2 P25. O tempo zero foi medido após 2 horas de adsorção, e a reação branco foi realizada apenas com a radiação UV (sem dióxido de titânio).

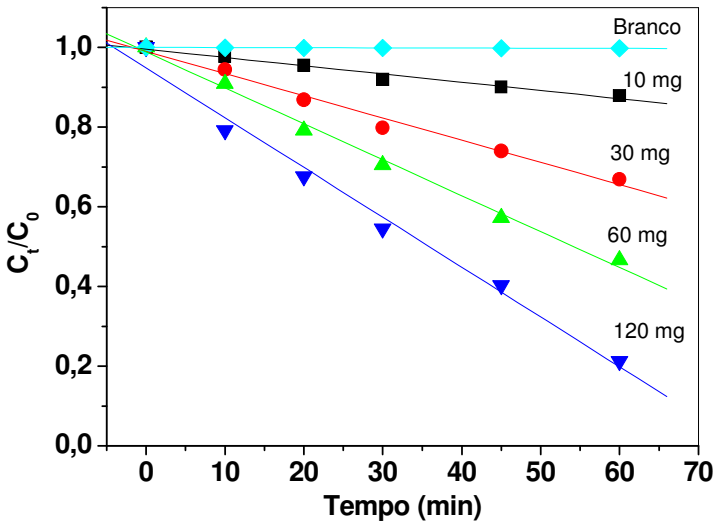

Figura 10 - Monitoramento do desaparecimento da cor do corante PR em função do tempo para diferentes quantidades de TiO_2 P25 em presença de radiação UV.

A linearidade apresentada no gráfico da Figura 19 que representa a degradação do corante Preto Remazol, sugere que essas reações são de ordem zero. Este resultado mostra um aumento significativo da velocidade das reações com o aumento do teor de TiO_2 utilizado. Por outro lado a reação branco (corante + luz) não apresentou uma degradação significativa do corante. No início das reações a temperatura foi de aproximadamente 27 ^{O}C (ambiente) e após 10 minutos a temperatura aumentou para 31 ^{O}C onde se manteve constante até o final da reação. O tratamento cinético para esta reação foi realizado considerando-se uma cinética de ordem zero, conforme a Equação 8.

$V=k_{desc}$ **Equação 8**

Os valores das constantes de descoloração (k_{desc}) foram obtidos a partir do coeficiente angular dos resultados apresentados na Figura 19. Os valores obtidos da k_{desc} são apresentados na Figura 20.

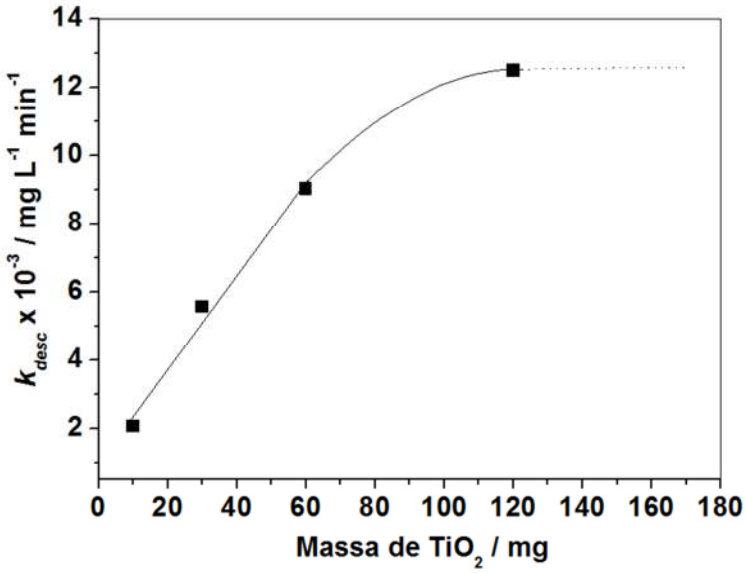

Figura 11 - Valores de k_{desc} em função de diferentes quantidades de TiO_2 P25.

Pode-se observar na Figura 11 que a constante de descoloração do corante preto remazol aumenta de forma linear até a massa de 60 mg de TiO_2. Estes

resultados indicam que o estudo fotocatalítico deve ser realizado na faixa de 10 a 60 mg de catalisador. Desta forma foi determinada a massa de 30 mg de TiO_2 para ser utilizada nas reações fotocatalíticas. Estes resultados estão em concordância com a literatura, onde a massa de TiO_2 ideal para estas reações são de aproximadamente 30 mg de TiO_2.

4.5.2 Reações com TiO_2 P25 realizadas no reator UV com alto e baixo teor de oxigênio dissolvido (OD)

A presença de O_2 em reações fotocatalíticas é extremamente importante, pois estas dependem da concentração do oxigênio, já que ele atua como agente oxidante, ou seja, o elétron na banda de condução (sítio redutor) deve ser transferido para uma espécie oxidante como o oxigênio, formando o radical superóxido ($O_2^{\bullet -}$). Esta espécie oxidante ajuda a evitar a recombinação do par elétron/vacância, o que promove a desativação momentânea do TiO_2 P25.

Com o objetivo de se estudar o efeito do teor de oxigênio dissolvido (OD) nas reações fotocatalíticas para degradação do corante preto remazol foram realizadas duas reações com diferentes teores de O_2. Na primeira reação a água utilizada para preparar a solução do corante foi aerada até sua saturação com O_2 (7,62 mg O_2 L^{-1}). Na segunda reação a água foi aquecida até a sua ebulição para diminuição do teor de O_2 dissolvido (1,93 mg O_2 L^{-1}).

A Figura 12-A mostra a curva obtida para a degradação do corante preto remazol com diferentes teores de oxigênio dissolvido.

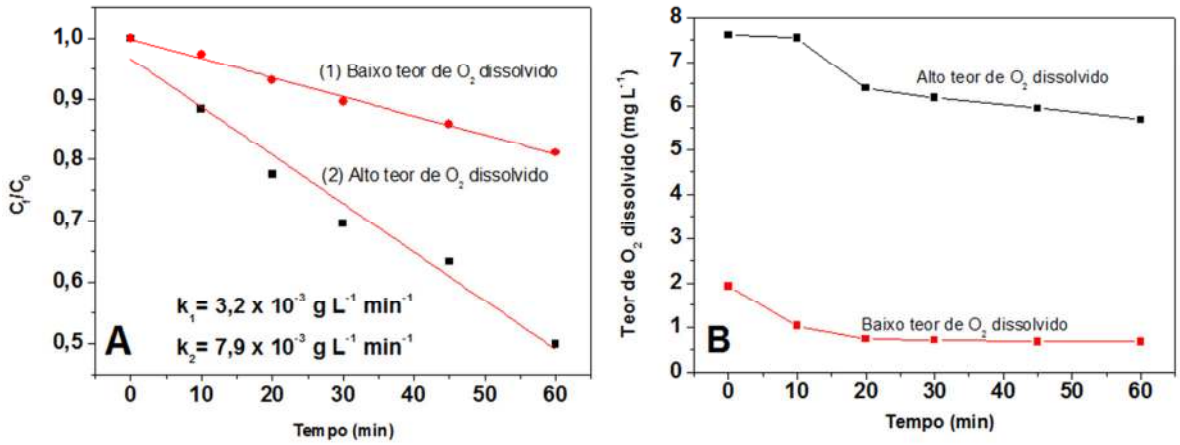

Figura 12 - Reações fotocatalíticas para degradação do corante PR com alto e baixo teor de oxigênio dissolvido (A) e variação do teor de oxigênio dissolvido durantes as reações fotocatalíticas (B).

Os resultados obtidos nesta parte do trabalho estão em conformidade com a literatura, pois a reação com maior teor de OD apresentou maior eficiência para a degradação do corante preto remazol.[21,22] Na Figura 12, pode-se observar claramente que a reação realizada com a solução com maior teor de OD apresentou uma eficiência de aproximadamente 50% para a degradação do corante. Por outro lado a reação realizada com a solução com baixo teor de OD apresentou baixa eficiência (19%) para degradação do mesmo corante. Os valores das constantes de velocidade para essas reações mostraram que a reação com maior teor de OD foi 2,5 vezes mais rápida.

A Figura 12-B mostra a variação da concentração de O_2 dissolvido durante estas reações. Pode-se observar uma diminuição do teor de O_2 dissolvido com o tempo de reação. Esses resultados mostram a forte dependência das reações fotocatalíticas em relação à concentração de O_2 dissolvido.

4.5.3 Reações com TIO_2 P25 Realizadas no Reator Solar

A Figura 13 apresenta o resultado obtido nas reações utilizando-se 30 mg de TiO_2 P25 para degradação do corante preto remazol em presença de radiação solar e UV (lâmpada UV).

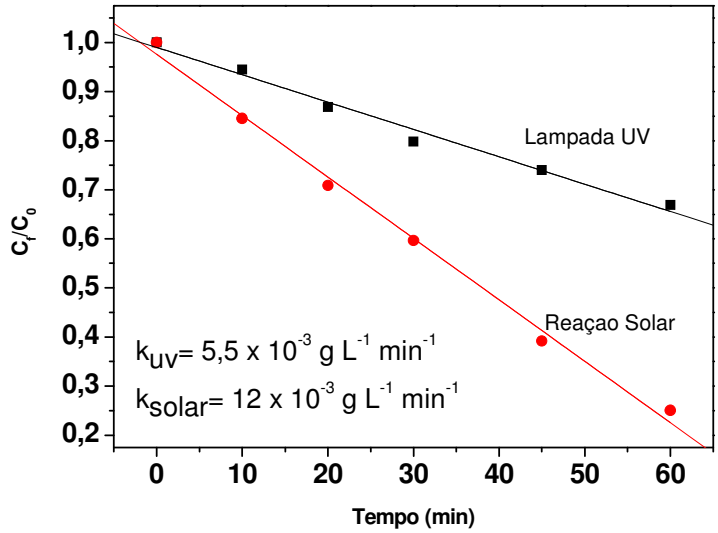

Figura 13 - Reação de decomposição utilizando o sol como fonte de raios UV.

Pode-se observar na Figura 13, que a reação utilizando lâmpada UV apresenta uma eficiência de 33% para a degradação de corante, já a reação utilizando a luz solar, obteve uma eficiência de aproximadamente de 75%. Os valores da constante de degradação obtidos para estas reações mostraram que a reação com a luz solar foi 2,4 vezes mais rápida do que a reação com a lâmpada UV. O motivo para esta melhor atividade fotocatalítica em presença de luz solar (menor quantidade de radiação UV do que a lâmpada de Hg) pode ser devido a dois fatores: (i) maior temperatura da solução do corante (45 ^{0}C – aquecimento provocado pela intensidade da luz solar) e (ii) maior disponibilidade de oxigênio, no reator solar do que no UV, já que este limita as quantidades de oxigênio presente. Resultados semelhantes foram obtidos em trabalhos da literatura.

5 Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que o TiO_2 apresenta alta eficiência para a degradação do corante têxtil preto remazol quando se utiliza luz ultra violeta artificial (lâmpadas de Hg) e luz solar, sendo esta última mais eficiente. Também pode-se concluir que a temperatura e os teores de TiO_2 e oxigênio dissolvido são de grande importância para a eficiência do processo de degradação. O TiO_2 além de apresentar excelente atividade para a oxidação/degradação do

corante preto remazol ele é capaz de adsorver até 13 mg do corante por grama de TiO_2. Este processo de adsorção simultâneo com a degradação é importante, pois ambos favorecem a remediação de um efluente contaminado. Desta forma, pose-se concluir que o processo fotocatalítico é muito eficiente para a degradação de corantes têxteis não biodegradáveis e a luz solar pode ser utilizada de forma eficiente como fonte natural de radiação ultravioleta.

Referências

1- R.S.FREIRE, L.T.KUBOTA. N. DURÁN. P.P.ZAMORA., **Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas**. *Quim. Nova,* Vol.23 No. 4, 2000.

2- http://www.abit.org.br/site/navegacao.asp?id_menu=1&id_sub=4&idioma=PT (acessado em 28/03/2017)

3- M. J. GONÇALVES, **Biodescoloração de efluentes têxteis**, Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito à obtenção do titulo de Mestre em Engenharia Química,Florianópolis, 2007.

4- T. SAUER, **Degradação fotocatalítica de corantes e efluentes têxteis**, Dissertação de mestrado em engenharia química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianopolis SC, 2002.

5- F. MAGALHÃES, **Desenvolvimento de fotocatalisadores flutuantes a base de TiO_2 e rejeitos: uma nova tecnologia para a biodegradação de contaminantes orgânicos**, Dissertação Mestrado em Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

6- T. N. M. CERVANTES, D. A. M. ZAIA e H. de SANTANA, **Estudo da fotocatálise heterogênea sobre Ti/TiO_2 na descoloração de corantes sintéticos**,*Quim. Nova,* Vol. 32, No. 9, 2423-2428, 2009.