REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

DEGRADAÇÃO DE AZUL DE METILENO UTILIZANDO TUNGSTATO DE BÁRIO PURO E DOPADO COM ÉRBIO COMO FOTOCATALISADORES SOLARES

DEGRADATION OF METHYLENE BLUE USING PURE AND ERBIUM-DOPED BARIUM TUNGSTATE AS SOLAR PHOTOCATALYSTS

DEGRADACIÓN DE AZUL DE METILENO UTILIZANDO TUNGSTATO DE BARIO PURO Y DOPADO CON ERBIO COMO FOTOCATALIZADORES SOLARES

Riquelme Galdino Pereira
Graduando, Instituto Federal do Tocantins - IFTO
E-mail: riquelme.pereira2@estudante.ifto.edu.br

Anna Karolynne Batista Sobral Santos
Graduanda, Instituto Federal do Tocantins - IFTO
E-mail: karolynnesobral@gmail.com

Lucas Menezes de Souza Dionizio
Graduando, Instituto Federal do Tocantins - IFTO
Email: lucasmene12345@gmail.com

Lucas da Costa Carvalho
Mestrando, Instituto Federal do Tocantins, Brasil
E-mail:lucas.carvalho@ifto.edu.br

Emanuel Araújo Alves
Técnico, Instituto Federal do Tocantins - IFTO
E-mail: emanuel.alves@estudante.ifto.edu.br

Marília Parreira Serato de Castro
Graduanda, Instituto Federal do Tocantins - IFTO
E-mail: marilia.castro@estudante.ifto.edu.br

Tássio Rômulo Silva Araújo Luz
Doutor, Instituto Federal do Tocantins
E-mail: tassio.luz@ifto.edu.br

Ricardo Barbosa de Sousa
Doutor, Instituto Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: ricardo.sousa@ifto.edu.br

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

Resumo
Nanocristais de tungstato de bário puro ($BaWO_4$) e dopado com érbio ($Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$) foram testados como fotocatalisadores heterogêneos para remoção na presença de luz solar do corante catiônico azul de metileno. A síntese destes materiais foi realizada pelo método de precipitação química à temperatura ambiente e os materiais foram caracterizados pelas técnicas de difração de raios-X e Microscopia Eletrônica de Varredura. Quando investigadas suas eficiências fotocatalíticas, $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$ foi considerado mais eficiente para a remoção do corante nos primeiros 60 minutos. Após este período, verificou-se que o fotocatalisador $BaWO_4$ foi o mais eficiente, possibilitando uma remoção percentual de 68,8% após 210 minutos. Ambos os materiais apresentaram satisfatória eficiência fotocatalítica nas condições dos experimentos e são promissores para aplicações ambientais, tais como a remoção de efluentes têxteis.

Palavras-chave: eficiência fotocatalítica; fotodegradação; química verde; tratamento de resíduos;

Abstract
Pure ($BaWO_4$) and erbium-doped ($Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$) barium tungstate nanocrystals were tested as heterogeneous photocatalysts for the removal of the cationic dye methylene blue under sunlight. The synthesis of these materials was carried out using the chemical precipitation method at room temperature, and the materials were characterized by X-ray diffraction and scanning electron microscopy. When investigating their photocatalytic efficiencies, $Ba_{0,99}Er_{0,11}WO_4$ was considered more efficient for dye removal within the first 60 minutes. After this period, it was found that the $BaWO_4$ photocatalyst was the most efficient, enabling a 68.8% removal rate after 210 minutes. Both materials showed satisfactory photocatalytic efficiency under the experimental conditions and are promising for environmental applications, such as the removal of textile effluents.

Keywords: photocatalytic efficiency; photodegradation; green chemistry; waste treatment.

Resumen
Nanocristales de tungstato de bario puro ($BaWO_4$) y dopado con erbio ($Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$) fueron probados como fotocatalizadores heterogéneos para la degradación del colorante catiónico azul de metileno en presencia de luz solar. La síntesis de estos materiales se realizó mediante el método de precipitación química a temperatura ambiente y los materiales fueron caracterizados por las técnicas de difracción de rayos X y Microscopía Electrónica de Barrido. Al investigar sus eficiencias fotocatalíticas, el $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$ se consideró más eficiente para la remoción del colorante en los primeros 60 minutos. Posterior a este período, se verificó que el fotocatalizador $BaWO_4$ fue el más eficiente, permitiendo una remoción porcentual del 68,8% después de 210 minutos. Ambos materiales presentaron una eficiencia fotocatalítica satisfactoria en las condiciones de los

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

experimentos y son prometedores para aplicaciones ambientales, tales como la degradación de efluentes textiles.

Palabras clave: eficiencia fotocatalítica; fotodegradación; química verde; tratamiento de residuos.

1. Introdução

A atividade têxtil é responsável por gerar uma grande quantidade de poluentes, além de utilizar uma quantidade significativa de recursos naturais nos processos que envolvem a fixação do corante no tecido (Almeida *et al.*, 2016). Atualmente não existe um procedimento padrão no que se refere à degradação dos corantes, e isso se deve principalmente à variedade estrutural dos compostos químicos e sua complexidade (Peixoto *et al.*, 2013). Sendo assim, diversos procedimentos têm sido estudados e realizados visando à degradação de poluidores têxteis; dentre estes, destacam-se os tratamentos com ozônio, a biodegradação e a fotocatálise heterogênea (Kunz *et al.*, 2002).

Pruden e Ollis (1983) foram os primeiros a explorar a fotocatálise como um meio de descontaminação ambiental. Por meio da iluminação de suspensão de TiO2, conseguiram demonstrar a completa degradação de tricloroetileno e clorofórmio em íons inorgânicos. Desde então, a possibilidade de TiO_2 atuar como um agente degradante de poluentes tem atraído muitos pesquisadores. Nogueira e Jardim (1998) referenciam a possibilidade de degradação de diversos compostos orgânicos e inorgânicos por meio da fotocatálise, como os pertencentes à classe dos corantes, azul de metileno e alaranjado de metila, por exemplo.

A fotocatálise apresenta como principal fator a ativação de um semicondutor (como o TiO_2), que se dá geralmente por meio da luz solar ou artificial, sendo isto a principal atratividade da fotocatálise, a presença de uma fonte abundante de energia, o Sol. Tais semicondutores são responsáveis por acelerar o processo de degradação, gerando espécies reativas de oxigênio, hidroxila (OH^-), nos chamados processos oxidativos avançados (POAs) (Nogueira *et al.*, 1998).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

A área superficial do material é um dos fatores mais significativos quando se almeja a obtenção de um catalisador eficiente. Neste sentido, a fabricação de materiais em dimensões nanométricas, isto é, materiais que possuam pelo menos uma de suas dimensões na faixa de 1 a 100 nm (1 nm = 10^{-9} m), tem recebido significativa atenção dos pesquisadores, haja vista que nanomateriais possuem elevada área superficial. Para que a fotodegradação de corantes ocorra de forma eficaz, utiliza-se um catalisador que, na presença de luz solar, acelera a degradação do corante pela geração de espécies reativas de oxigênio, em POAs (Bernardes *et al*., 2011).

O tungstato de bário ($BaWO_4$) tem sido bastante utilizado em pesquisas que envolvem a fotocatálise; seja utilizando fontes monocromáticas ou policromáticas, o material tem gerado resultados promissores. O $BaWO_4$ é pertencente ao grupo scheelitas, de grupo espacial I41/a, sendo o mais pesado dos tungstatos (Tyagi *et al*., 2008). Este semicondutor é bastante estudado, sobretudo por conta de sua forte luminescência azul, sendo amplamente utilizado na fabricação de lasers de estado sólido, dispositivos optoeletrônicos, dentre outras aplicabilidades. Além disso, o $BaWO_4$ é uma importante matriz hospedeira de íons dopantes como os lantanídeos, e estes possuem propriedades ópticas e fotocatalíticas excelentes (Wang *et al*., 2005; Goel *et al*., 2012).

O presente trabalho propõe a investigação da atividade fotocatalítica na presença de luz solar de nanocristais de $BaWO_4$ e $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$ sintetizados pelo método de precipitação química em meio aquoso à temperatura ambiente.

3. Metodologia

3.1. Síntese dos fotocatalisadores

A obtenção dos fotocatalisadores foi realizada pelo método de precipitação química à temperatura ambiente, em que cloreto de bário di-hidratado, $BaCl_2.2H_2O$ (PR Químicos), tungstato de sódio di-hidratado, $NaWO_4.2H_2O$ (Vetec), além de óxido de érbio III, Er_2O_3 (Sigma-Aldrich) foram utilizados como fontes de íons bário, tungstato e érbio, respectivamente. $BaCl_2{\cdot}2H_2O$ e $NaWO_4{\cdot}2H_2O$ foram inicialmente dissolvidos em béqueres de 50 mL de água deionizada separadamente, na

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

proporção de 1:1, e, após cerca de 15 minutos sob agitação magnética, as soluções foram misturadas, sendo observada a formação instantânea de um precipitado branco de $BaWO_4$.

Para a preparação de $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$, foram preparadas três soluções distintas, todas elas mantidas sob agitação magnética: 5,0 mmol de $BaCl_2.2H_2O$ foram misturados a 40 mL de água deionizada em um béquer A; enquanto em um béquer B, 2,5 x 10^{-5} mol de Er_2O_3 foram misturados a 10 mL de água deionizada. Em seguida, foram adicionadas algumas gotas de ácido clorídrico concentrado, HCl (Vetec), sob aquecimento brando (60 ºC), com o intuito de libertar em solução os íons Er^{3+} do óxido. Em um béquer C, foram dissolvidos 5,0 mmol de $NaWO_4 \cdot 2H_2O$ em 50 mL de água. Adicionou-se a solução do béquer B ao béquer A e, por fim, ao béquer A, foi adicionada a solução do béquer C, obtendo-se os cristais de $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$. Os precipitados obtidos (puro e dopado) foram lavados com água deionizada e acetona, centrifugados continuamente e colocados para secar em estufa a 60 ºC por 24 h, para remoção da água. Em seguida, sucedeu-se a etapa de caracterização.

3.2. Caracterização dos fotocatalisadores

Para a caracterização química dos catalisadores sintetizados, foi utilizada inicialmente a técnica de difração de raios-X em difratômetro para amostras policristalinas, modelo XPert Pro MPD – PANalytical (tensão = 40 kV; corrente: 10 mA). Os ensaios foram realizados no intervalo angular de 10 a 100° e passo de varredura de 0,013° min^{-1}. A radiação utilizada foi CuKα (λ = 1,540562 Å), utilizando-se filtro de níquel e monocromador. Para análise morfológica dos pós nanoestruturados, além do mapeamento dos elementos presentes, a técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura com emissão por efeito de campo (FEG-SEM) foi realizada em um TM3000, Hitachi, operado a 15 kV. As amostras foram depositadas e fixadas ao porta-amostra com uma fita de carbono de alta pureza.

3.3. Experimentos de fotocatálise

Os ensaios de fotocatálise foram executados utilizando a infraestrutura do *Campus* Araguaína do IFTO. O corante azul de metileno (AM) foi utilizado como

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

modelo experimental para investigar a eficiência fotocatalítica dos materiais sintetizados. Inicialmente foi preparada uma solução-estoque de AM (Vetec) na concentração de 10 g/L e foram realizadas diluições seriadas em triplicata, obtendo-se cinco pontos de concentrações 1, 3, 5, 7 e 9 ppm. As absorbâncias das soluções foram medidas utilizando um espectrofotômetro manual (Nova 2000), para o comprimento de onda de 664 nm, e os resultados registrados em uma curva de calibração.

Cerca de 50 mL de solução de cerca de 8 ppm do corante azul de metileno foram mantidos sob agitação e a esta solução foram adicionados 100 mg de cada fotocatalisador (em dias distintos). A fim de estabelecer equilíbrios de adsorção e dessorção entre o catalisador e o corante, estes mantiveram-se no escuro sob agitação por 1 h. Após este período, a partir das 11 h da manhã, iniciou-se o período de exposição do sistema à luz solar. A cada 30 minutos, uma alíquota da solução de cerca de 3 mL foi retirada e medida, tomando-se os cuidados necessários para que o catalisador não fosse pipetado na cubeta e interferisse nas medidas de absorbância. As medidas estenderam-se de 30 em 30 minutos, com intervalos de 5 minutos, para que houvesse a precipitação do catalisador, e encerraram-se com 210 minutos em virtude da redução da intensidade da irradiação solar.

Os resultados das concentrações relativas do corante com o tempo foram normalizados, dividindo-se a concentração final de corante no tempo t pela concentração C_0 de corante no tempo t_0, isto é, C/C_0. A fim de calcular o percentual de descoloração ou de remoção de corante em cada tempo, foi empregada a seguinte relação:

$$Remoção\ (\%) = \frac{C_0 - C}{C_0}\ x\ 100$$

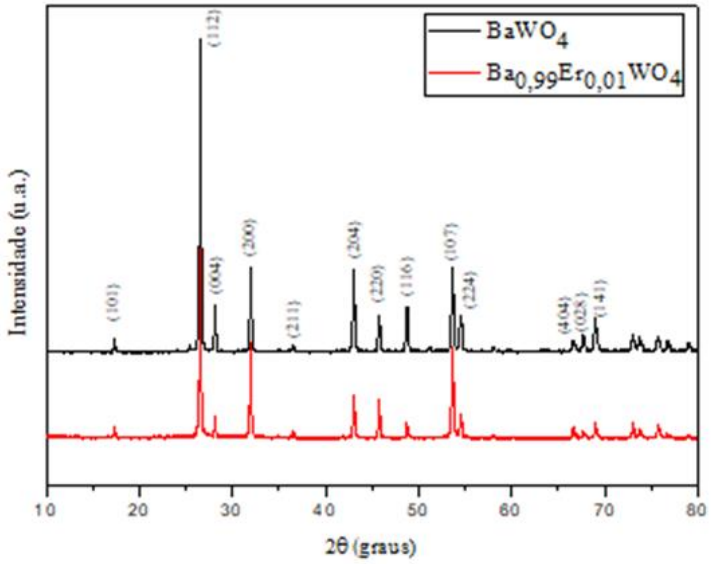
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

4. Resultados e Discussão

A estrutura cristalina dos materiais sintetizados foi investigada por difração de raios-X. A Figura 1 apresenta os difratogramas das amostras de $BaWO_4$ e $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$. Observa-se que ambas as amostras apresentam picos característicos da fase tetragonal do tipo *scheelita*, com grupo espacial $I4_1/a$, em concordância com o arquivo ICSD 155511. A ausência de picos adicionais sugere que não há formação de fases secundárias detectáveis dentro do limite da técnica empregada.

Figura 1 – Difratogramas de raios-X das amostras de $BaWO_4$ e $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$.



Fonte: Autoria própria (2019).

A identificação dos picos foi realizada com base nos arquivos ICSD por meio do programa X'Pert HighScore Plus (versão 2.0.1 Windows). O pico de maior intensidade foi observado entre 25 e 30° (2θ) e está relacionado ao plano cristalográfico (112).

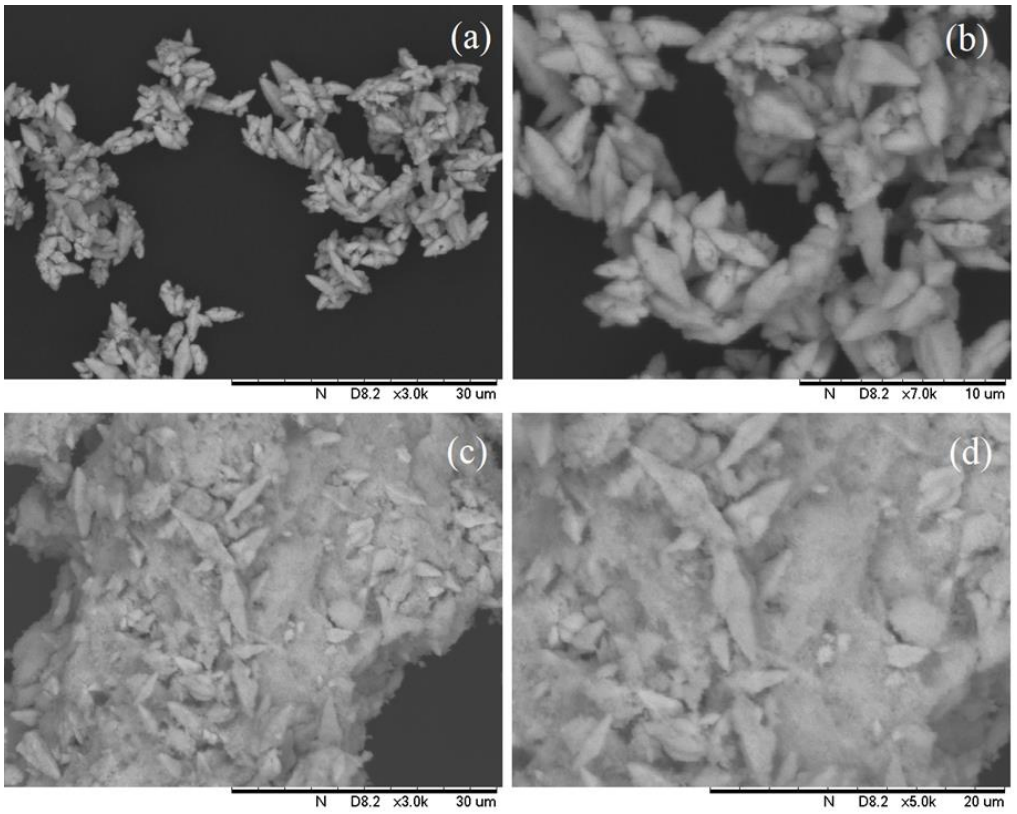
A morfologia das amostras foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura, conforme apresentado na Figura 2. As imagens referentes ao $BaWO_4$ (Figuras 2a e 2b) evidenciam partículas com morfologia irregular, com aspecto semelhante a grãos alongados, em concordância com descrições da literatura. Por outro lado, as amostras de $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$ (Figuras 2c e 2d) apresentam

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

distribuição granulométrica mais heterogênea e ausência de uma morfologia predominante bem definida.

Figura 2 - Imagens de microscopia eletrônica de varredura para as amostras de $BaWO_4$ (a) e (b) e para as amostras de $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$ (c) e (d).



Fonte: Autoria própria (2019).

Para os pós de $BaWO_4$, Figura 2(a) e 2(b), foram identificadas partículas octaédricas irregulares semelhantes a grãos de arroz (*rice-like*), conforme anteriormente discutido por Sousa *et al.* (2015). Entretanto, quando analisadas as amostras dopadas com íons Er^{3+}, foi constatada uma aparente redução da cristalinidade do material em relação ao $BaWO_4$ puro, além de distribuição granulométrica irregular, Figuras 2(c) e 2(d). Cabe ressaltar que a análise por MEV fornece informações essencialmente morfológicas, não sendo adequada para inferir diretamente propriedades como cristalinidade ou área superficial específica. Assim, eventuais diferenças de desempenho entre os materiais não podem ser atribuídas

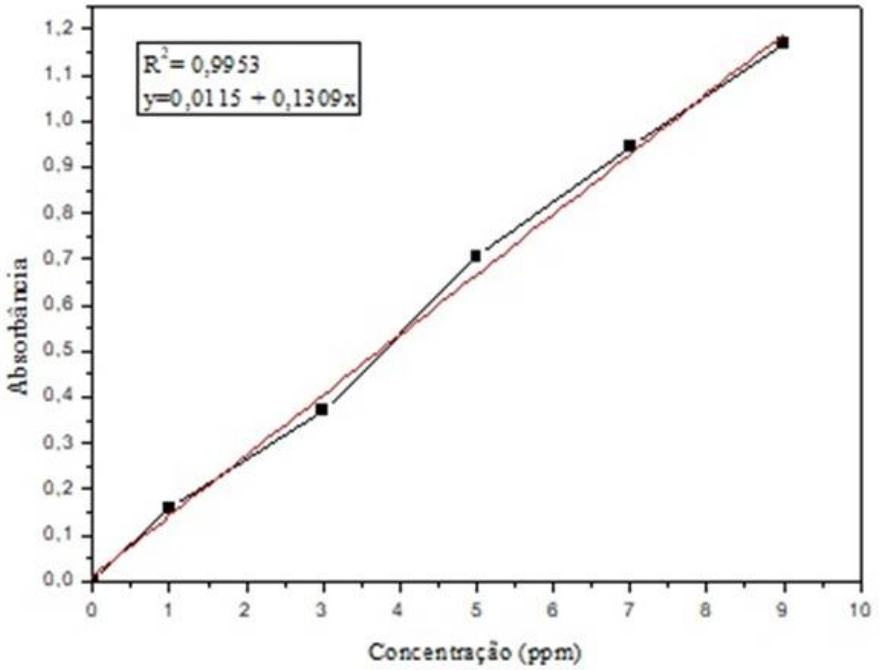
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

de forma conclusiva às características observadas nas micrografias, devendo tais correlações ser tratadas apenas como indicativas.

O azul de metileno (AM) foi o corante utilizado como modelo para investigar a eficiência fotocatalítica de $BaWO_4$ e $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$ sob irradiação solar direta. Na presença de água, o AM, que é um corante catiônico, libera íons AM^+ que absorvem luz na região do visível entre 500 e 700 nm. Previamente aos experimentos de fotodegradação, foi construída uma curva de calibração analítica. para o corante azul de metileno, a qual é mostrada na Figura 3.

Figura 3 - Curva analítica de calibração obtida para o azul de metileno utilizando a técnica de espectrofotometria na região do UV-vis, comprimento de onda, 664 nm.



Fonte: Autoria própria (2019).

A curva analítica obtida para o azul de metileno, apresentada na Figura 3, demonstrou comportamento linear na faixa de concentração estudada, permitindo a estimativa das concentrações relativas do corante ao longo dos experimentos. O coeficiente de determinação (R^2) obtido indica adequação do método para análise comparativa dos resultados.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

A variação da concentração relativa do corante (C/C_0) em função do tempo de irradiação solar está apresentada na Figura 4. Observa-se uma diminuição progressiva da concentração do azul de metileno ao longo do tempo na presença de ambos os materiais. Nos primeiros 60 minutos, o sistema contendo $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$ apresentou maior redução relativa da concentração do corante. No entanto, a partir desse período, o material $BaWO_4$ passou a apresentar maior eficiência de remoção aparente.

A Figura 5 apresenta a evolução do percentual de descoloração ao longo do tempo de experimento. Após 210 minutos de irradiação solar, o $BaWO_4$ atingiu aproximadamente 68,8% de remoção aparente do corante, enquanto o material nominalmente dopado apresentou cerca de 61,5%.

Apesar desses resultados indicarem diferenças no comportamento dos materiais ao longo do tempo, é importante destacar que a diminuição da absorbância do azul de metileno, monitorada em 664 nm, não pode ser atribuída exclusivamente à degradação fotocatalítica. Processos como adsorção do corante na superfície do material, fotólise direta sob luz solar e possíveis efeitos de fotossensibilização do corante podem contribuir para a redução observada.

Adicionalmente, a ausência de ensaios-controle, como experimentos de fotólise sem catalisador e testes no escuro ao longo de todo o período experimental, limita a atribuição inequívoca da atividade observada à fotocatálise heterogênea. Dessa forma, os resultados devem ser interpretados como uma avaliação comparativa do comportamento dos materiais em um sistema-modelo.

Outro fator relevante refere-se às condições experimentais de irradiação. Os ensaios foram conduzidos sob luz solar, sem monitoramento da irradiância, e realizados em dias distintos, o que pode introduzir variações associadas a fatores ambientais, como intensidade da radiação, temperatura e condições climáticas. Essas variáveis podem influenciar diretamente os resultados obtidos e devem ser consideradas na interpretação dos dados.

Além disso, o uso do azul de metileno como molécula modelo, embora amplamente difundido, apresenta limitações conhecidas, incluindo a possibilidade de atuação como fotossensibilizador. Esse comportamento pode levar à geração de

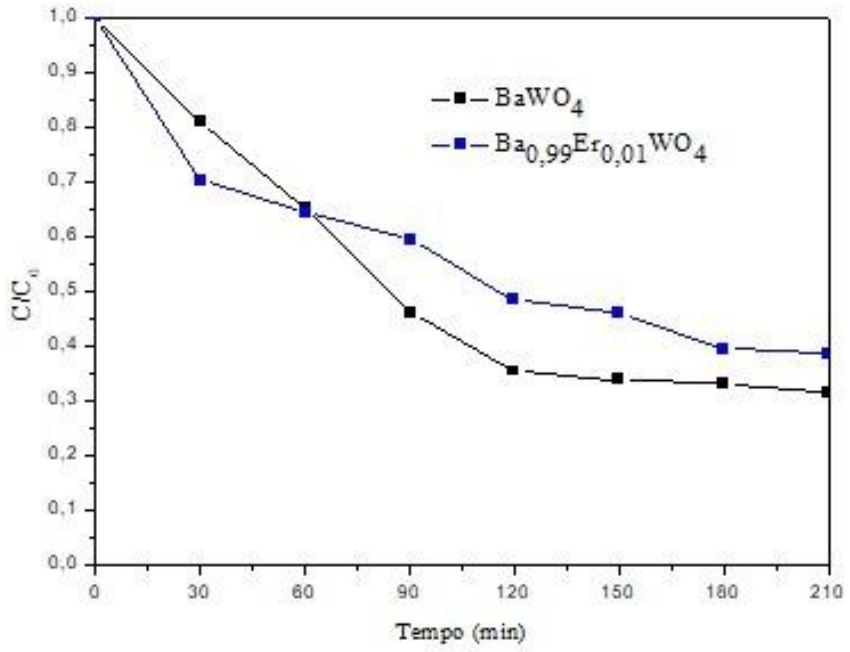
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

espécies reativas independentemente da ação direta do semicondutor, o que reforça a necessidade de cautela na interpretação dos resultados.

Dessa forma, embora os dados indiquem que ambos os materiais são capazes de promover a descoloração do corante sob irradiação solar, a ausência de replicatas independentes, de tratamento cinético e de análises complementares limita a robustez quantitativa das comparações realizadas. Assim, os resultados obtidos devem ser considerados como preliminares, indicando tendências de comportamento que necessitam de investigação adicional para uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos envolvidos.

Figura 4 - Mudanças de concentração (C/C_0) do corante azul de metileno como função do tempo de irradiação solar na presença dos fotocatalisadores $BaWO_4$ e $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$ (concentração inicial do corante: 8 ppm).

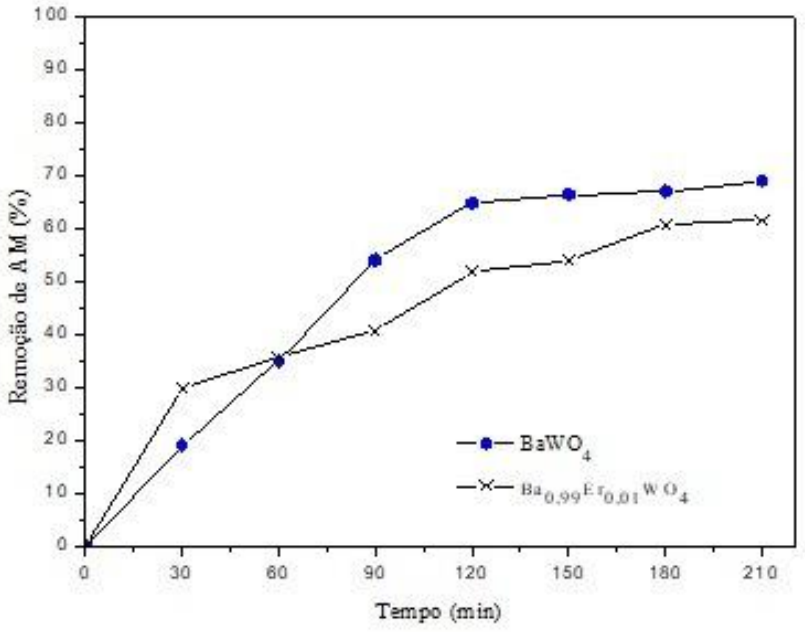


Fonte: Autoria própria (2019).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

Figura 5 - Remoção percentual do corante azul de metileno durante 210 minutos de exposição à luz solar na presença dos fotocatalisadores $BaWO_4$ e $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$.



Fonte: Autoria própria (2019).

5. Conclusão

Neste trabalho, foram sintetizados e caracterizados pós cerâmicos de $BaWO_4$ e $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$ pelo método de precipitação química à temperatura ambiente, apresentando estrutura cristalina tetragonal do tipo *scheelita*, conforme evidenciado por difração de raios-X. Os ensaios sob irradiação solar indicaram que ambos os materiais promoveram a redução da absorbância do azul de metileno ao longo do tempo, sendo observadas diferenças no comportamento entre o material puro e o dopado com érbio. O $Ba_{0,99}Er_{0,01}WO_4$ apresentou maior eficiência de descoloração nos tempos iniciais, enquanto o $BaWO_4$ apresentou maior remoção aparente ao final do experimento, atingindo cerca de 68,8% após 210 minutos.

O presente estudo apresenta caráter preliminar, evidenciando o potencial dos materiais em promover a descoloração do azul de metileno em condições

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

experimentais simplificadas. Estudos futuros são necessários para confirmar a atividade fotocatalítica, incluindo a realização de ensaios-controle, análise cinética, avaliação de mineralização, testes de reuso e caracterizações adicionais que permitam correlacionar de forma mais robusta estrutura, propriedades e desempenho.

Referências

ALMEIDA, É. J. R.; DILARRI, G.; CORSO, C. R. **A indústria têxtil no Brasil: uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes**. 2017. Disponível em: https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/artigos-cientificos. Acesso em: 13 abr. 2026.

BERNARDES, A. A.; BULHOSA, M. C. S.; GONÇALVES, F. F.; D'OCA, M. G. M.; WOLKE, S. I. Materiais SiO_2-TiO_2 para a degradação fotocatalítica de diuron. **Química Nova**, v. 34, n. 8, p. 1343-1348, 2011.

GOEL, P.; MITTAL, R.; CHAPLOT, S. R. High-pressure phase transitions in barium tungstate. **Journal of Physics: Conferences Series**, v. 377, 2012.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

NOGUEIRA, R. F. P.; JARDIM, W. F. A fotocatálise heterogênea e sua aplicação ambiental. **Química Nova**, v. 21, p. 69-72, 1998.

PEIXOTO, F.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. Corantes Têxteis: Uma Revisão. **HOLOS**, v. 5, p. 98-106, 2013.

PRUDEN, A. L.; OLLIS, D. F. Degradation of chloroform by photoassisted heterogeneous catalysis in dilute aqueous suspensions of titanium dioxide. **Environ. Sci. Technol**., v. 17, p. 628-631, 1983.

PRUDEN, A. L.; OLLIS, D. F. Photoassisted heterogeneous catalysis: The degradation of trichloroethylene in water. **Journal of Catalysis**, v. 82, p. 404-417, 1983.

SOUSA, R. B.; NASCIMENTO, V. A. MATOS, J. M. E. LIMA, C. L.; SANTOS, C. M.; SANTOS, M. R. M. C. Síntese, caracterização e propriedade fotoluminescente de tungstato de bário puro e dopado com hólmio. **Cerâmica**, v. 61, p. 224-235, 2015.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/01/2026 - **Accepted:** 16/04/2026
Vol: 13.06
DOI: 10.66104/4jq0w971
Pages: 1-14

TYAGI, M.; SABHARWAL, S. C. Luminescence properties of $BaWO_4$ single crystal. **Journal of Luminescence**, v. 128, p. 1528, 2008.

WANG, X.; XU, H.; WANG, H.; YAN, H. Morphology-controlled $BaWO_4$ powders via a template-free precipitation technique. **Journal of Crystal Growth**, v. 284, p. 254-261, 2005.