



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física

Trabalho de Conclusão de Curso

Estudo da degradação do corante azul de metileno

Acadêmico: Vinicius Santana da Silva

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Sanguino Dias

Maringá, 13 de Novembro de 2018



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física

Trabalho de Conclusão de Curso

Estudo da degradação do corante azul de metileno

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Física

Acadêmico: Vinicius Santana da Silva

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Sanguino Dias

Maringá, 13 de Novembro de 2018

Sumário

| | |
|---|------------|
| Agradecimentos | IV |
| Resumo | VII |
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Objetivos | 2 |
| 2 Fundamentação teórica | 3 |
| 2.1 Estrutura cristalina | 3 |
| 2.1.1 Rede cristalina | 3 |
| 2.1.2 Estrutura perovskita | 5 |
| 2.2 Materiais multiferroicos | 6 |
| 2.3 Ferroeletricidade | 8 |
| 2.4 Ordenamentos magnéticos | 9 |
| 2.4.1 Paramagnetismo | 10 |
| 2.4.2 Diamagnetismo | 10 |
| 2.4.3 Antiferromagnetismo | 10 |
| 2.4.4 Ferrimagnetismo | 10 |
| 2.4.5 Ferromagnetismo | 11 |
| 2.5 Fotocatálise | 12 |
| 2.6 Teoria de Kubelka-Munk e método gráfico de Tauc para determinação da energia de gap. | 15 |
| 3 Técnicas experimentais | 17 |
| 3.1 Moagem em altas energias | 17 |
| 3.2 Difractometria de raios X | 20 |
| 3.3 Microscopia eletrônica de varredura | 23 |
| 3.4 Espectroscopia UV/VIS | 24 |
| 4 Métodos experimentais | 26 |
| 4.1 Obtenção do óxido perovskita monofásico | 26 |
| 4.2 Moagem | 26 |

| | | |
|----------|-------------------------------|-----------|
| 4.3 | Fotocatálise | 27 |
| 5 | Resultados e discussão | 28 |
| 6 | Conclusão | 36 |

- Odeio ser ignorante. Para mim, uma questão não respondida é como um espinho na minha carne que incomoda sempre que eu me mexo, até que eu o arranque.

- Você tem minha solidariedade.

- Por quê?

- Porque se é assim, você deve acordar todos os dias em agonia mortal porque a vida é cheia de questões não respondidas.

Brisingr, Christopher Paolini, 2008.

Agradecimentos

Gostaria de utilizar este espaço para agradecer aos responsáveis que contribuíram direta e indiretamente para a realização do presente trabalho:

À Deus, por sua imensa bondade e compaixão.

À Capes, ao CNPq e a Universidade Estadual de Maringá pelo apoio financeiro.

Ao meu pai, por sempre me mostrar que o conhecimento é caminho ideal a se seguir. Por sua inesquecível frase: “Uma caneta é mais leve que uma enxada”.

À minha mãe, por sempre me ensinar valores e princípios. Por sempre puxar minha orelha quando necessário, mas também afagos quando mereci.

Ao meu irmão, pelo companheirismo e pelas discussões.

À minha namorada, Nara Gonçalves, por sempre estar presente em minha trajetória acadêmica, por seu enorme coração e por todo seu apoio incomensurável. “Amar não é olhar um para o outro, é olhar juntos na mesma direção”, Antoine de Saint-Exupéry

Aos meus demais familiares que me apoiaram e seguem me apoiando.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gustavo Sanguino Dias, por sua amizade, paciência e todo seu conhecimento, pois sem seu apoio este trabalho não seria possível.

À todos os amigos do Grupo de Desenvolvimento e Inovação em Dispositivos Multifuncionais (GDDM), que contribuíram para que este trabalho fosse concluído, em especial ao Mestre Eduardo Azzolini Volnistem, por sua enorme paciência, ajuda e conhecimento.

Aos meus queridos e amados professores que me ajudaram nessa longa trajetória, em especial, Francielle Sato, Antônio Medina Neto, César Canesin Colucci e Breno Ferraz de Oliveira.

Ao Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa (COMCAP/UEM), pelo suporte nas análises de microscopia.

Aos meus amigos Daniel Tuski, Eduardo Victor Bergmann, Gustavo Meneghetti e Mariana Gibin, pelas discussões filosóficas, pelas músicas escutadas durante os estudos, o companheirismo e pelas trocas de conhecimento. Sem a presença deles em minha vida acadêmica, as horas transcorridas dentro da universidade se tornariam intragáveis, pois como disse Blaise Pascal: “O amor é cego, a amizade fecha os olhos.”

Aos meus amigos, Wellington Bertocelo e Tainara Dias, pelo apoio e pelos fins de semana de conversas intermináveis.

Ao meu amigo Jhonatan Teixeira da Silva por sua ajuda nas edições das imagens, sem a cooperação do mesmo este trabalho não seria possível.

Quanto pode valer um corvo, se um corvo pode jantar um rei?

Jaime Lannister, personagem dos livros "As crônicas de gelo e fogo", escritos por George R. R. Martin.

Resumo

Neste trabalho foram sintetizadas amostras do composto óxido perovskita (OP), via método de moagem em moinho de alta energia com esferas de 5 mm. As caracterizações de difração de raios X mostraram uma diminuição significativa do tamanho de cristalito e um aumento no valor da deformação relativa da célula unitária (strain), além disso, as análises de microscopia eletrônica de varredura mostraram que com o passar do tempo do processo de moagem há um aumento na rugosidade superficial das amostras e também uma diminuição do tamanho de partícula quando comparamos o pó de partida e o pó com 120 minutos e 150 minutos processados via moagem. Tal diminuição do tamanho de partícula e o aumento da rugosidade superficial das amostras foram atribuídos ao processo de quebra, induzido pelo constante choque entre as esferas, vaso de moagem e partículas do composto. As análises de espectroscopia UV/Vis mostram uma diminuição expressiva no tempo de degradação do corante azul de metileno, que chegam a ser 4 vezes mais rápidos que em outros estudos reportados na literatura. Essa redução significativa no tempo de degradação foi atribuído a maior área superficial de contato entre o corante e o composto, e também a diminuição do tamanho de cristalito e ao aumento do valor da deformação relativa da célula unitária, determinados via método de Williamson-Hall.