



SENSIBILIZAÇÃO DO DIÓXIDO DE TITÂNIO COM PONTOS QUÂNTICOS DE CARBONO PARA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE LUZ E DE EFEITO FOTOVOLTAICO

Gabriel B. Edinger¹; Tiago S. Luckmann¹; Sandro Marmitt¹; Marcelo L. Dellinghausen¹

1. Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha

22000413@liberato.com.br

Palavras-Chave: Célula Solar, Nanomateriais, Fotocatálise

Introdução

Com os problemas ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis, que hoje em dia representam mais de 80% da fonte de energia mundial (PADISSON, L, 2024), fontes de energias alternativas se tornam cada vez mais relevantes e necessárias para uma boa manutenção do meio ambiente. Uma das tecnologias desenvolvidas para solucionar esse problema nos últimos tempos é a utilização de energia solar, onde fótons são convertidos a elétrons por meio do efeito fotovoltaico em células solares. Método de geração de energia de alta eficiência, sem a geração de gases poluentes tornando-se muito mais limpa em relação aos métodos mais tradicionais, sendo seu maior problema o alto custo de produção. Mesmo sendo mais ecologicamente viável, a energia solar acaba enfrentando um grande problema ambiental no final do seu processo com descarte do material, sendo em grande parte constituído de silício na grande maioria das placas solares utilizadas hoje em dia. O problema do fim da vida útil vem em grande parte do seu descarte inadequado por conta do alto custo de reciclagem, como cerca 90% das placas comercializadas hoje em dia são silício cristalino que necessitam chumbo na solda e prata na trilha condutora, o descarte do material na natureza acaba causando um grande problema ambiental pela contaminação do solo com os metais pesados constituintes das placas (CHOWDHUDY, M. S. et al, 2020).

As placas solares que utilizam silício como principal material são chamadas de placas solares de primeira e segunda geração, sendo diferenciadas em suma pela diferença de espessura de silício na célula. Para resolver tentar resolver o problema com o descartes e o custo de produção das placas, surgiu a terceira geração de placas solares que foca em utilizar tecnologias emergentes como a nanotecnologia para reduzir o custo por watt, utilizar-se de matérias primas de maior abundância e com menor impacto ambiental ao final. Dentre os os semicondutores mais utilizados nas placas de terceira geração está o TiO_2 , um óxido não tóxico fotoestável, além de ser um material de baixo custo e fácil obtenção. Porém por possuir uma band-gap largo, o que é algo considerado bom para um semicondutor, ele acaba não permitindo absorver luz além da faixa do ultravioleta (VITORETI, et al, 2017). Um outro nanomaterial com uma grande capacidade óptica são os pontos quânticos de carbono (PQC), nanopartículas formadas em sua maior parte por carbono que vêm sendo estudadas e aplicadas em diversas tecnologias dado sua biocompatibilidade, e propriedades de absorção e



emissão de luz. Apresentando grande potencial em aplicações em luzes do tipo LED, em dispositivos fotovoltaicos ou também no campo da medicina. E devido às suas propriedades de absorção de luz vem sendo pesquisado e demonstra potencial em utilizar os pontos quânticos de carbono para sensibilizar TiO_2 para potencializar absorção de luz para além da faixa do ultravioleta (MACHADO, 2015).

Células de terceira geração sensibilizadas por materiais como os pontos quânticos de carbono, são conhecidas também como Células Solares Sensibilizadas por corantes e apresentam uma boa funcionalidade, porém apresentam dois grandes problemas em seu uso. O primeiro é o uso de corantes extremamente caros e tóxicos à base de rutênio principalmente, e o segundo é a sua baixa eficiência de conversão energética, se limitando entre 7% a 10% em seus modelos comerciais. Com isso, o objetivo principal do trabalho é o de utilizar um corante mais acessível e biocompatível na célula, para analisar se esse material consegue aumentar as propriedades de absorção de luz e assim consequentemente aumentar a sua conversão elétrica no final.

Material e Métodos

A síntese dos PQC's será realizada adicionando e misturando ácido cítrico, uréia e água deionizada em um béquer, levando a um forno microondas convencional. A evidência de formação dos PQC's é dada pela coloração marrom escura da solução junto de pequenos sólidos agrupados na mesma, além de um teste de excitação por incidência de luz negra genérica, verificando a propriedade de fluorescência destas nanopartículas. Estes sólidos serão redispersos através de banho-ultrassônico aquecido. Será realizado centrifugação a 4000 rpm junto de filtração na escala microscópica para remoção de partículas maiores.

Após a síntese, os PQC's serão caracterizados para analisar sua morfologia e propriedades através de Espectroscopia de Absorção na Região do Ultravioleta-Visível (UV-Vis), Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier e Microscopia Eletrônica de Transmissão. Quanto a sua concentração, será determinada pelo meio gravimétrico em triplicata, onde será retirada uma alíquota que será seca em estufa e pesada em balança analítica até peso constante. A concentração mássica da solução final será calculada pela razão entre a massa seca obtida e o volume da alíquota evaporada, conforme a equação:

$$\text{Concentração (kg/L)} = \frac{(\text{Massa final} - \text{Massa Inicial}) \times 10^{-3} \text{ kg}}{10^{-2} \text{ L}}$$

Para a confecção do filme, será utilizado TiO_2 em pó (P.A.), submetido à peptização com solução de HNO_3 . Esse processo assegura a dispersão adequada das nanopartículas, gerando um filme com a morfologia e porosidade ideais para a ancoragem dos fotossensibilizadores. Após isso também será adicionado Álcool Polivinílico para servir como agente porogênico e ligante orgânico, garantindo uma maior porosidade do filme e prevenindo possíveis rachaduras durante a posterior calcinação.

A pasta preparada será depositada em uma placa de vidro FTO (Fluorine-doped Tin Oxide), utilizando um aplicador de tinta que será repousado por alguns minutos para o

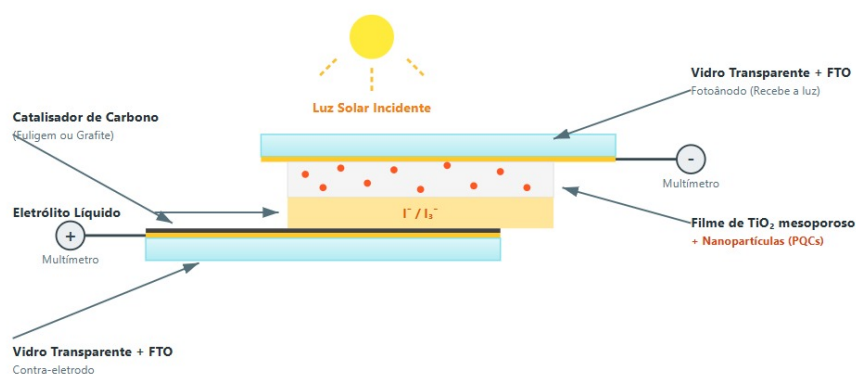


autonivelamento e aquecido em capela para liberação de gases nitrosos. O material será então calcinado em forno mufla, assim garantindo a sinterização do filme na placa e a remoção de demais resíduos orgânicos.

Após a calcinação e resfriamento natural, o substrato com o TiO_2 será imerso na solução de PQC durante 24h e enxaguada com água deionizada ao final.

A montagem da célula solar seguirá conforme a figura 1, substrato com o filme de TiO_2 ; eletrólito de par redox triiodeto, preparado através de uma solução de iodo e iodeto e solvente de etanol absoluto; e contra eletrodo de vidro FTO com fuligem, para melhor injeção dos elétrons.

Figura 1 - Montagem da célula solar utilizada para testes



Fonte: do autor

Para analisar os resultados da sensibilização do filme de TiO_2 com os PQCs, serão utilizados dois substratos, um com o TiO_2 sensibilizado e o outro não. Então em ambos os substratos será realizado uma análise microscópica através de um microscópio eletrônico de varredura, análise de absorção do espectro UV-vis e teste de efeito fotovoltaico.

Resultados e Discussão

Espera-se que através dessa síntese os pontos quânticos de carbono, terão altas propriedades de absorção de luz, devido a sintetização a partir da ureia e ácido cítrico, garantindo a presença de nitrogênio em sua molécula que provém alto rendimento quântico de fluorescência, e por método bottom-up através de forno microondas, capaz de produzir a baixo custo nanopartículas uniformes e com propriedades ópticas superiores (PINTO, 2023).

Então espera-se que ao sensibilizar o filme de TiO_2 com a solução de PQCs, estes atuem como absorvedor dos fótons provenientes da luz solar e então injetem os elétrons fotogerados na banda de condução do dióxido de titânio, que atuará como coletor e condutor de carga, transportando os elétrons para o circuito externo e gerando energia elétrica de forma eficiente.

Conclusões



Como o trabalho está em desenvolvimento, não há conclusão até o momento.

Referências

CHOWDHURY, M. S. et al. An Overview of Solar Photovoltaic Panels' End-of-Life Material Recycling. *Energy Strategy Reviews*, 27, 100431, 2020.

PADDISON, L. Uso de Combustíveis Fósseis Atinge Recordes em Meio ao Calor, Fogo e Tempestade. *CNN Brasil*, 2024.

PINTO, T. S. Preparação e Caracterização de Pontos de Carbono a Partir de Diferentes Métodos e Precursores de Baixa Massa Molar e Suas Aplicações Como Sensores Para Íons Metálicos. *Dissertação (Mestrado em Química)*, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

MACHADO, Claudia; O. VIEIRA, Kayo; FERRARI, Jefferson Luis; SCHIAVON, Marco Antonio, 2015.

Pontos Quânticos de Carbono: Síntese Química, Propriedades e Aplicações.

VITORETI, Ana Beatriz; et al. 2017. Aplicação de Dióxido de Titânio em Células Solares.