

PROJETO E FABRICAÇÃO DE UM COLETOR SOLAR BASEADO EM NANOESTRUTURAS PLASMÔNICAS PARA PROCESSOS DE DESTILAÇÃO DE ETANOL APLICÁVEL NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS ALCOÓLICAS E BIOCOMBUSTÍVEL

Introdução

No cenário atual, a demanda mundial por biocombustíveis tem atingido níveis cada vez mais importantes devido à conscientização ambiental das nações que buscam estimular o consumo de fontes de energia renováveis como meio de amenizar os impactos ambientais negativos, além da escassez dos combustíveis fósseis nos próximos anos. Neste contexto, o Brasil é considerado, desde o fim da década de 1970, o país pioneiro na utilização em larga escala de etanol como biocombustível e, até o ano de 2010, o maior produtor de bioetanol do mundo, sendo posteriormente superado pelos Estados Unidos. No entanto, o etanol brasileiro, extraído principalmente a partir da fermentação e destilação da cana-de-açúcar, possui o maior rendimento por litro em hectares, bem como o menor custo de produção em relação aos demais biocombustíveis produzidos a partir de outros insumos, como o etanol de milho produzidos nos Estados Unidos ou o da beterraba proveniente da União Europeia (MATÉRIA-PRIMA, 2011). Vale ressaltar que a inovação em biocombustíveis é uma das principais fontes de crescimento da economia do país, sendo o setor sucroalcooleiro responsável pelo faturamento de mais de 50 bilhões de reais e a geração de um milhão de empregos diretos e indiretos, desde a lavoura até a indústria de produção de bioetanol (MELO, 2018).

Desde o ponto de vista ambiental, o uso de etanol como biocombustível vem sendo considerado uma ótima alternativa de fonte de energia limpa e renovável, com potencial para diminuir a emissão de poluentes atmosféricos, considerado como os principais causadores do aquecimento global. Tal afirmação foi corroborada por um estudo desenvolvido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a qual conclui que o bioetanol emite em torno de 90% menos gases de efeito estufa que os combustíveis de origem fóssil (SZWARC, 2008). No entanto, apesar de ser um combustível renovável, sua produção não é considerada totalmente ecológica. Uma das razões que limita sua condição de energia limpa e a emissão de gases poluentes produzidos na queima da biomassa (bagaço ou palha da cana-de-açúcar) nas caldeiras das usinas e destilarias destinadas à produção de bioetanol. Estudos prévios mostram quantidades significativas de monóxido e dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrogênio e óxido nítrico que comprometem a qualidade do ar nas regiões próximas às refinarias (IPCC, 2001).

Uma proposta para diminuir tais impactos ambientais negativos consiste no uso de energia solar no processo de tratamento e destilação do etanol. Um procedimento que beneficiaria não apenas ao setor de produção de biocombustíveis, mas que também pode ser usufruído pela indústria de bebidas alcoólicas. Levando em consideração que ambos setores movimentam mais de R\$ 200 bilhões anualmente, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Neste sentido, coletores solares correspondem a uma tecnologia recente, e acessível economicamente, que permite aproveitar a radiação solar para o aquecimento de fluidos (TIAN, 2013). Tipicamente, o princípio de funcionamento consiste na absorção da radiação solar por placas de cobre ou alumínio pintadas com uma tinta escura, para incrementar a sua eficiência. O calor absorvido é transferido para uma tubulação em forma de serpentina que permite aquecer o fluido que percorre seu interior, para posteriormente ser armazenado em um reservatório térmico. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, por suas siglas em inglês), o Brasil encontra-se entre os cinco primeiros países do mundo que utilizam coletores solares para fins domésticos, no setor hoteleiro e alguns hospitais (MAUTHNER, 2015). Devido a sua aplicabilidade, os coletores solares existentes no mercado atingem temperaturas médias de 60° C, em ótimas condições de radiação solar; temperatura abaixo do valor necessário para o tratamento do caldo de cana-de-açúcar (aprox. 105° C) e da destilação do etanol (78.4° C para destilação simples e superior para destilação fracionada). No entanto, experimentos em laboratório revelam um incremento significativo na temperatura máxima dos coletores solares a partir da modificação geométrica das placas de absorção de radiação, o uso de materiais altamente absorvedores (como revestimentos metálicos) e nanofluidos (SUMAN, 2015).

Nanopartículas metálicas desempenham um rol fundamental no incremento da eficiência de conversão de energia solar em térmica devido à alta porcentagem de radiação que pode ser absorvida no regime da luz visível, produto da oscilação coletiva dos elétrons livres na banda de condução, chamados de Plásmo de Superfície Localizado - LSP (REYNA, 2017a). Estudos recentes mostram que uma solução homogênea de nanopartículas plasmônicas suspensas em um fluido podem incrementar a eficiência térmica de um coletor solar em até 60% (VERMA, 2015). Além disso, quando a ressonância de LSP é sintonizada com a radiação incidente, por exemplo a partir da mudança na morfologia e tamanho das nanopartículas, o fenômeno de absorção pode ser incrementado conduzindo a um aumento dramático na temperatura ao redor das nanopartículas capaz de vaporizar o solvente, em um curto instante de tempo (NEUMANN, 2013). Embora o uso de nanotecnologia venha ganhando espaço na área de estudo de energia solar, os esforços estão sendo

focados principalmente no incremento da condutividade térmica do fluido de trabalho. Este projeto tem a finalidade de utilizar um novo sistema de coleção direta da radiação solar sobre a mistura do caldo de cana-de-açúcar fermentado (matéria prima do etanol) contendo nanopartículas plasmônicas para explorar o fenômeno de vaporização dos líquidos que permita a destilação do etanol usado na indústria de biocombustíveis e bebidas alcoólicas. Esta nova tecnologia torna-se sustentável pois permitiria diminuir a emissão de gases de efeito estufa na produção de biocombustível e economicamente viável desde que a fonte de energia é inesgotável e as nanopartículas plasmônicas podem ser reaproveitadas continuamente, nos diversos processos de destilação. A realização do projeto visa uma possível parceria para o uso desta nova tecnologia nas indústrias como a Refinaria Abreu e Lima e a fábrica de cachaça 51, ambas localizadas no município do Cabo de Santo Agostinho, onde é localizada a instituição sede do projeto, além dos diversos produtores de cachaça de Pernambuco.

Objetivos

Geral

Projetar e fabricar um sistema coletor de energia solar, otimizados a partir da inserção de nanopartículas metálicas, para realizar os processos de destilação de etanol, com alta eficiência e baixo impacto ambiental negativo, desenvolvidos nas indústrias de produção de bebidas alcoólicas e de combustível.

Específicos

- Projetar e identificar, através de simulações numéricas, as morfologias e tamanhos de nanopartículas plasmônicas que permitam absorver a maior porcentagem de energia solar, em um amplo espectro de radiação;
- Fabricar as nanoestruturas plasmônicas, previamente idealizadas, e caracterizar os fenômenos de absorção e espalhamento de radiação.
- Montar sistemas de destilação de etanol, para fins de produção de combustível e cachaça, movido a radiação solar.
- Avaliar a eficiência do novo processo de destilação de etanol e a viabilidade econômica para a adequação nas indústrias de bebidas alcoólicas e combustível, a curto e longo prazo.

Metodologia

Inicialmente, pretende-se realizar simulações numéricas que permitam identificar as morfologias (tais como: nanoesferas, nanobastões, nanoprismas, nanocascas e nanoestrelas) e tamanhos das nanopartículas plasmônicas (entre 5 e 100 nm), ideais para absorver a maior quantidade de radiação solar, ao longo do espectro da luz visível (REYNA, 2017b). Softwares computacionais como o *Matlab* e *Comsol Multiphysics* serão utilizados para tal atividade, além de estimar o incremento da temperatura em torno das nanopartículas e o tempo necessário para atingir as temperaturas de ebulição dos fluidos. Simultaneamente, para estimar a eficiência do coletor solar serão analisados os cálculos da irradiação solar diária nas localizações da Refinaria de Abreu e Lima e a fábrica de cachaça 51, instaladas no município do Cabo de Santo Agostinho, através do programa *SunData*, disponibilizado pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB).

Experimentalmente, serão fabricadas as nanoestruturas plasmônicas, com os melhores resultados obtidos previamente nas simulações, a partir de sínteses químicas, fotoquímicas e de eletrodeposição que mostrem uma boa estabilidade em solvente polar, como o etanol. Serão caracterizadas as propriedades morfológicas das nanopartículas através de microscopia eletrônica de varredura, propriedades estruturais usando espectroscopia Raman, e respostas ópticas (absorção e espalhamento de radiação) mediante um espectrofotômetro UV-visível. Subsequentemente, serão montados sistemas de destilação simples e fracionada, para extrair o etanol a partir do caldo de cana-de-açúcar fermentado (usado tipicamente nas refinarias e cachaçarias) porém, com a adição das nanopartículas plasmônicas, utilizando a radiação solar como fonte de energia.

Um estudo sistemático será realizado com diferentes volumes da matéria prima do etanol, morfologia, tamanho e concentração de nanopartículas plasmônicas, tempo de exposição a radiação solar e condições climáticas de forma a avaliar a eficiência, sustentabilidade e viabilidade de implementar esta nova tecnologia na indústria de produção de biocombustível e bebidas alcoólicas.

Aderência aos critérios de priorização

O presente projeto se encaixa em três critérios de priorização selecionados pelo edital FACEPE 21/2018, como indicado de forma explícita, a continuação:

I. Reserva de bolsas para cursos novos

O programa de pós-graduação em Engenharia Física (PPG-ENGFIS), vinculado à Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA – UFRPE), está iniciando suas atividades em 2019.1. O PPG-ENGFIS foi aprovado na 181ª reunião do CTC-CAPES, em dezembro de 2018.

II. Apoio diferenciado à pós-graduação em Engenharias

O projeto está vinculado ao programa de pós-graduação em Engenharia Física, sediado na UACSA-UFRPE, pertencente à grande área de Materiais da CAPES.

III. Projetos prioritários

Temas estratégicos para o desenvolvimento do estado: Desenvolvimento de arranjos produtivos locais APLs do estado

A cachaça é uma das bebidas mais tradicionais de Brasil, atualmente, com mais de 40 mil produtores e 4 mil marcas. Segundo a Associação Pernambucana dos Produtores de Aguardente de Cana e Rapadura, Pernambuco é um dos maiores estados em produção de cachaça a nível artesanal e industrial, com 12% da produção nacional. Neste contexto, o tema de pesquisa deste projeto pretende colaborar com um dos princípios do APL de Cachaça de Pernambuco (que inclui o município do Cabo de Santo Agostinho) o qual visa o desenvolvimento da produção da bebida alcoólica a base de cana-de-açúcar de forma sustentável.

Resultados esperados

Com o desenvolvimento do projeto, pretende-se construir as bases para a implementação de uma nova tecnologia sustentável que diminua a emissão de gases de efeito estufa na destilação do etanol, usado como biocombustível e na produção de bebidas alcoólicas como a cachaça. De forma específica, estima-se:

- A contribuição no entendimento do uso de nanopartículas plasmônicas destinadas à otimizar os dispositivos de transferência de energia solar para energia térmica, tal como os coletores solares.
- O diagnóstico da qualidade do ar em regiões próximas às refinarias de biocombustível e produtores de cachaça, localizados no município do Cabo de Santo Agostinho, e mensurar a emissão de poluentes atmosféricos produzidos pelo uso de caldeiras para o processo de destilação de etanol.
- A construção de um sistema de destilação de etanol movido a radiação solar e a corroboração da sua eficiência e sustentabilidade na indústria de bebidas alcoólicas e biocombustível.
- Um análise da viabilidade econômica e financeira para a aplicação da tecnologia de destilação solar nas empresas que constituem o APL de cachaça em Pernambuco e da refinaria de Abreu e Lima.

Além disso, projeta-se a publicação dos resultados obtidos durante o desenvolvimento do projeto em revistas internacionais indexadas, bem como a divulgação dos trabalhos realizados em congressos nacionais e internacionais. O(a) bolsista será estimulado(a) a apresentar os trabalhos realizados, em congressos internacionais nos quais, além da prática da língua estrangeira, ele(a) terá a oportunidade de interagir com outros profissionais e empreendedores na sua área.

As comunicações nos congressos, a publicação em revistas científicas, e a elaboração de um protótipo aplicável à indústria servirão como fatores de acompanhamento e avaliação do projeto.

Cronograma de atividades

Atividades	1º Semestre	2º Semestre	3º Semestre	4º Semestre
Revisão e atualização bibliográfica				
Disciplinas				
Projeção das morfologias e tamanhos das nanopartículas por simulações computacionais				
Fabricação e caracterizações das nanopartículas plasmônicas previamente projetadas				

Montar o sistema de destilação de etanol movido a radiação solar				
Avaliação da eficiência do destilador solar e a viabilidade econômica a nível industrial				
Análise dos resultados				
Elaboração de artigos				
Relatório				
Defesa da dissertação				

Referências

MATÉRIA-PRIMA da nova economia. **Revista Ethanol Summit**, São Paulo, n. 3, p. 10-19, jun. 2011.

MELO, M. C. R. **Políticas públicas Brasileiras de biocombustível: estudo comparativo entre os programas de incentivos à produção, com ênfase em etanol e biodiesel**. 2018, M528p. Dissertação (Mestrado em Biocombustíveis) – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2018.

SZWARC, Alfred. **Biocombustíveis no Brasil: realidade e perspectiva**. Brasília: MRE, 2008.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, **Climate Change 2001: The scientific basis**, 2001.

TIAN, Y.; ZHAO, C. Y. A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications. **Applied Energy**. V. 104, p. 538-553, 2013.

MAUTHNER, F.; WEISS, W.; SPÖRK-DÜR, M. **Solar Heat Worldwide: markets and contribution to the energy supply 2013**. IEA Solar Heating & Cooling Programme, jun. 2015.

SUMAN, S.; KHAN, M. K.; PATHAK, M.; Performance enhancement of solar collectors – A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. V. 49, p. 192-210, 2015.

REYNA, A. S.; ARAÚJO, C. B. High-order optical nonlinearities in plasmonic nanocomposites – a review. **Advances in Optics and Photonics**. V. 9, p. 720-774, 2017a.

VERMA, S. K.; TIWARI, A. K. Applications of nanoparticles in solar collectors: A review. **Materials Today: Proceedings**. V. 2, p. 3638-3647, 2015.

NEUMANN, O.; URBAN, A. S.; DAY, J.; LAL, S.; NORDLANDER, P.; HALAS, N. J. Solar vapor generation enabled by nanoparticles. **ACS Nano**. V. 7, p. 42-49, 2013.

REYNA, A. S. **High-order nonlinearities of photonic materials: Fundamentals and applications**. 2017, R459h. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017b.