

Fabricação de Nanomateriais no Armazenamento de Energia e Aplicações em Sensores Eletroquímicos

Ana Lucia Ferreira de Barros

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ)
Cadastrado na COPET como: *Caracterização e análise de células solares orgânicas*

FAIXA SOLICITADA: A

Este projeto em pesquisa básica, engloba engenharia, desenvolvimento tecnológico e tecnologias para geração de energia. **Palavras chaves:**

- Bioenergia;
- Biosensores;
- Energia eletroquímica.

1. RESUMO

A conversão e armazenamento substancial de energia, juntamente com a criação de novas fontes de energia de baixo custo, são cruciais. Para tanto, a construção de dispositivos armazenadores de energia são importantes na investigação e o entendimento dos conceitos fundamentais inerentes ao funcionamento dos elementos armazenadores de energia renovável, bem como dos princípios envolvidos na conversão de energia. Uma necessidade fundamental é a concepção e desenvolvimento de novos materiais com uma gama apropriada de propriedades para a sua exploração eficiente em tais aplicações. Na busca por materiais aplicáveis a eletrodos, com características promissoras para dispositivos de alto desempenho, para armazenamento e produção de energia eletroquímica, as estruturas metal-orgânicas (*metal-organic frameworks* - MOF's) ganharam, recentemente, atenção significativa como eletrocatalisadores alternativos. O objetivo dessa pesquisa é desenvolver novas estruturas metal-orgânicas baseadas em materiais bimetalícos de transição com ligantes mistos que podem ser usados para aplicações em armazenamento de energia e sensores de alto desempenho.

2. INTRODUÇÃO

O LaFEA tem gerado produção de conhecimento através de publicações científicas em periódicos qualificados e formação de recursos humanos em nível de mestrado e doutorado, projetos finais de graduação e projetos de iniciação científica. O grupo vem trabalhando em temas de pesquisa atuais e relevantes em termos de soluções para os problemas relacionados a fontes de energia de baixo custo e renováveis, com a construção de nanomateriais funcionais, além da modelagem matemática através do desenvolvimento de algoritmos baseados em filtros adaptativos para estimativa dos parâmetros inerentes aos dispositivos construídos nos laboratórios.

Como parte dessa interação, vale mencionar o projeto de fabricação e caracterização de células solares orgânicas feitas de diferentes tipos de óxidos semicondutores nanoestruturados, que têm como objetivo principal a busca de uma fonte de energia renovável de baixo custo, contemplando também o critério de maior eficiência energética. Neste ínterim, conseguimos publicar alguns resultados promissores nesta área [1-7], utilizando tanto semicondutores quanto condutores, de forma a promover a obtenção de dispositivos de baixo custo, bem como uma maior conversão fotoelétrica [2-6].

Outra linha de pesquisa em colaboração, está relacionada a construção e a caracterização de supercapacitores híbridos em laboratório. Os primeiros supercapacitores (SC) de materiais funcionais, como: parafenilenodiamina, azul de metileno e hexacianoferratos de níquel e de cobre, foram aplicados como revestimento em fibras de carbono altamente flexíveis e cuidadosamente analisados para avaliar seu desempenho eletroquímico como catodos aplicáveis a supercapacitores [8-23]. Os SCs são dispositivos de armazenamento de carga intermediários quando comparados com capacitores convencionais e baterias, e devido às suas características de alta densidade de energia e de potência, são compatíveis com as propriedades típicas de baterias [8-15]. Os SCs têm muitos recursos atraentes, como menor custo, excelente estabilidade de ciclo, alta densidade de potência, taxas de carregamento-descarregamento rápidas, ciclo de vida longo, livre de poluição e segurança. Os SCs podem ser classificados com base no mecanismo de armazenamento de energia, a saber, capacitores eletroquímicos de camada dupla e pseudocapacitores [21]. Diante destas características, os supercapacitores possuem uma ampla variedade de aplicações, podendo ser empregados em diversos ramos da indústria, desde roupas e biossensores até veículos híbridos [9-11].

Além disso, devido a necessidade de desenvolvimento de tecnologias eficazes para armazenamento e conversão de energia, que vem ganhando destaque pela crescente demanda no consumo de energia nas atividades da vida diária e pelas preocupações com as mudanças climáticas. Iniciamos no LaFEA um novo estudo a procura de materiais importantes na conversão e armazenamento substancial de energia, juntamente com a criação de novas fontes

Faixa A

de energia de baixo custo, que são cruciais. Novos materiais relacionados à energia estão sendo desenvolvidos na vanguarda de diferentes áreas, incluindo ciência, química, física e engenharia de materiais. Contudo, cabe destacar que para a proposta de novos materiais relacionados à energia, é fundamental compreender a ligação entre a estrutura do material e a eficiência do dispositivo.

Nesse intuito, a busca por materiais aplicáveis a eletrodos, com características promissoras para dispositivos de alto desempenho, para armazenamento e produção de energia eletroquímica, as estruturas metal-orgânicas (*metal-organic frameworks* - MOF's) ganharam, recentemente, atenção significativa como eletrocatalisadores alternativos devido às suas várias propriedades únicas, incluindo grande área superficial, adaptação morfológica, distribuição hierárquica do tamanho dos poros, bioatividade e alta estabilidade térmica e química, como pode ser visto na Figura 1 [1-3].

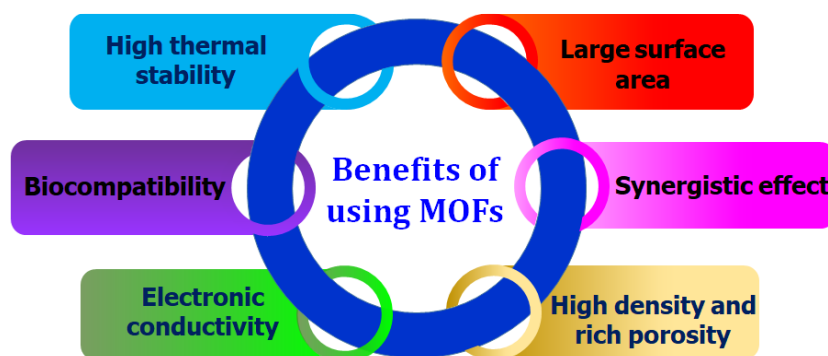


Figura 1: Benefícios do uso de nanomateriais MOF's bimetálicos

Além disso, as MOF's podem ter modificadas a forma e a estrutura usando diferentes tipos de ligantes orgânicos e/ou metais de transição. Isso é possível, porque os íons metálicos nas MOF's são distribuídos de maneira uniforme na estrutura tridimensional. Os ligantes orgânicos também podem ser usados como fornecedores de nitrogênio ou reguladores funcionais para ajudar os átomos de metal a formarem sítios ativos de metal-N. Como resultado disso, as MOF's foram propostas como materiais aplicados a eletrodos eficientes em aplicações eletroquímicas, tais como: supercapacitores, sensores, baterias e células de combustível [4-8].

Recentemente, dispositivos de energia aplicados a supercapacitores (SC's) têm sido amplamente utilizados para preencher a lacuna entre capacitores e baterias, típicos em diversos campos, como veículos elétricos, eletrônicos, aviação e comunicação, devido ao seu

Faixa A

baixo custo de manutenção, capacidade de carregamento e descarregamento rápido, ciclo de vida ultralongo e alta densidade de potência (Figura 2) [9].

Ao mesmo tempo, as técnicas de detecção eletroquímica ganharam atenção nos últimos anos devido ao seu baixo custo, facilidade de manuseio, velocidade, sensibilidade, seletividade, precisão, boa repetibilidade e reprodutibilidade [10]. MOF's são candidatos promissores para sensores eletroquímicos e eletrodos aplicáveis a SC's. Possuem propriedades únicas, incluindo propriedades magnéticas, alta condutividade mediada por íons de oxigênio, estrutura eletricamente ativa, variações no teor de oxigênio e estabilidade química [11-12]. A estrutura única das MOF's pode melhorar o transporte de elétrons e acelerar a ativação da molécula de oxigênio durante o processo redox na interface. As MOF's têm redes cristalinas distintas, propriedades condutoras iônicas/eletrônicas mistas e alta mobilidade de oxigênio dentro de sua rede, tornando-as úteis em aplicações de sensores [13].

Além disso, MOF's bimetálicos de transição combinados com ligantes orgânicos (como os derivados de imidazol) têm grande aplicação no desenvolvimento de materiais aplicados a eletrodo para eletrocatalise [14], que é construído por ligações entre centros metálicos tetraédricos (M^{2+}) e ligantes orgânicos têm mais cargas ativas disponíveis, estruturas porosas, boa reatividade de superfície e efeito sinérgico, portanto, aumentam efetivamente a atividade catalítica para aplicações em energia.

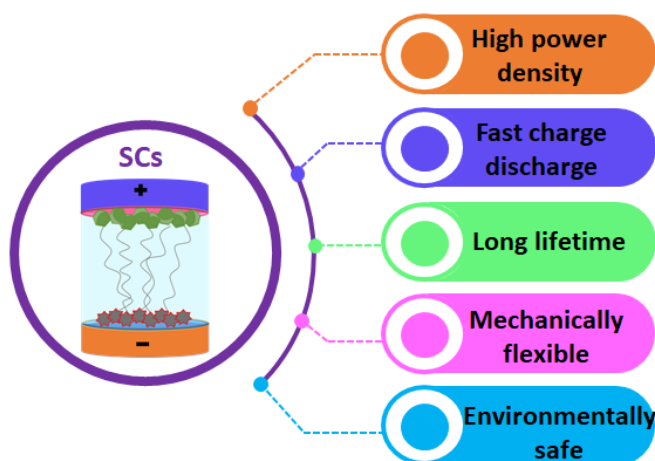


Figura 2: Vantagens dos supercapacitores

Portanto, pretende-se descrever a síntese e fabricação de nanoestruturas de MOF's bimetálicas de baixo custo por meio de métodos fáceis que são aplicados para armazenamento de energia eletroquímica, bem como aplicações em sensores.

3. JUSTIFICATIVA

Você já imaginou se as baterias dos celulares durassem muito mais? Ou se pudessem estar completamente carregadas em poucos minutos ou até mesmo instantaneamente? A procura por dispositivos capazes de armazenar cada vez mais energia e que possam ser carregados cada vez mais rapidamente, impulsiona os institutos de pesquisa e universidades a buscarem alternativas as pilhas, baterias e capacitores convencionais. Preenchendo esse espaço, encontram-se os supercapacitores, que se apresentam como uma alternativa aos armazenadores de energia usuais.

Diferente das pilhas e baterias atualmente disponíveis e que levam muitos minutos ou horas para serem carregadas e dos capacitores que guardam pouquíssima quantidade de energia durante seu carregamento, os supercapacitores podem ser projetados para se carregarem rapidamente e armazenarem quantidades consideravelmente elevadas de energia. Isso os torna interessantes não apenas para a comodidade do usuário, mas para casos em que a disponibilidade de energia possa variar rapidamente (painéis solares, geradores eólicos, termogeradores, entre outros).

Outra aplicação encontra-se nos veículos elétricos, que vêm sendo produzidos cada vez mais como uma alternativa aos de combustão, altamente poluentes. Nesse caso, os carros elétricos e o VLT (Veículo Leve Sobre Trilhos), enquadram-se bem. O VLT que percorre hoje o Centro da Cidade possui um banco de baterias e um conjunto de supercapacitores. O veículo sai da base com sua bateria carregada e, durante as etapas de frenagem, parte da energia utilizada nos freios é devolvida para as baterias, fazendo com que sejam carregadas. Isso aumenta consideravelmente a autonomia dos veículos. Essa tecnologia é similar à utilizada na China, onde os VLT's possuem supercapacitores que permitem que as baterias se carreguem rapidamente (podendo chegar a 30 segundos) com uma autonomia de 3 a 5 quilômetros. Esses veículos recuperam quase 85% da energia gasta nos freios, o que representa um avanço significativo.

Os supercapacitores também apresentam a vantagem de poderem ser desenvolvidos com materiais altamente flexíveis. Dessa forma, é possível criar uma camisa ou uma jaqueta armazenadora de energia. Assim, parte da energia gasta ao andar ou até mesmo com o uso de um painel solar preso a roupa, seria possível armazenar energia elétrica em qualquer lugar.

Pesquisas anteriores, para supercapacitores simétricos, realizados no LaFEA, demonstraram o uso de $\text{Co}_3(\text{PO})_4$ tridimensional com estrutura de flor, nanopartículas esféricas Ca@CuO e partículas $\text{Ni@Cr}_2\text{S}_3$. Assim a pesquisa utilizando, CoWO_4 e FeWO_4 empregados como materiais esféricos para supercapacitores assimétricos está sendo desenvolvido no laboratório, com inúmeras possibilidades de aplicação, como mostrado na Figura 3.

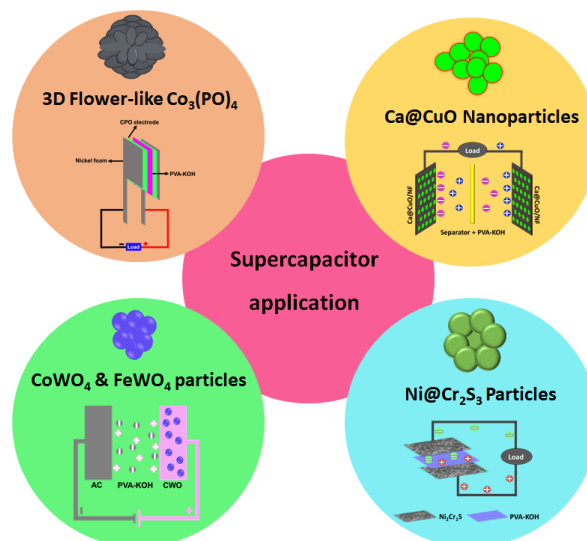


Figura 3: Aplicações de materiais inorgânicos em supercapacitores.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As crescentes preocupações sobre a demanda de energia e a poluição ambiental têm incentivado a comunidade científica a descobrir e utilizar recursos promissores de energia renovável alternativa aos combustíveis fósseis, que é um dos principais tópicos de pesquisa do século 21 em vista de uma sociedade mais sustentável [24-30]. A demanda mundial de energia está aumentando rapidamente devido ao crescimento exponencial da população e ao enorme desenvolvimento industrial. Se o crescimento populacional continuar nos níveis atuais, a população global deverá chegar a 9,5 bilhões de pessoas até 2050 e, conseqüentemente, o consumo de energia primária também deverá aumentar de 15 TW para 27 TW [31-39]. Combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural são as principais fontes de energia, atualmente disponíveis para nossas necessidades básicas de energia, especialmente para a indústria, agricultura, transporte e vida diária. O relatório da Administração de Informações sobre Energia (EIA) revelou que mais de 85% da produção de energia primária vem da queima de combustíveis fósseis. Hoje em dia, os combustíveis fósseis estão se esgotando rapidamente. Por outro lado, o nível de gases de efeito estufa na atmosfera, como o CO₂, está aumentando rapidamente devido à grande queima de combustíveis fósseis, causando a mudança climática anormal, ou seja, o aquecimento global, juntamente com outros problemas ambientais e de saúde [37-39]. O A Agência Internacional de Energia (IEA) relatou que a concentração de CO₂ atmosférico está aumentando rapidamente desde o ano de 1990 e cerca de 33,1 giga-toneladas de CO₂ foram liberados em 2018 por combustíveis fósseis [24].

Faixa A

A demanda por novos dispositivos de armazenamentos de energia para substituir e/ou complementar os dispositivos convencionais como a bateria cresce à medida que o custo elevado e a vida útil não são compatíveis com as necessidades. Para suprir essa demanda um dispositivo em especial conhecido como supercapacitor se destaca por possuir longos ciclos e rápida velocidade de carga e descarga. Neste projeto serão construídos dispositivos supercapacitores com diferentes materiais como: óxido de manganês, cobre, aço inoxidável, grafeno e diferentes polímeros. Realizando medidas quanto à sua viabilidade como componentes de um supercapacitor e a durabilidade como bateria.

Como objetivo geral da nossa pesquisa, é tornar os supercapacitores mais próximos de sua completa utilidade comercial, viabilizando substituição/complementação das baterias por um componente mais barato e de uma vida útil mais extensa. No intuito, de aumentar a capacitância específica de supercapacitores baseados em óxido de manganês com adição de grafeno ou grafite, além de materiais inorgânicos.

5. OBJETIVOS

Como objetivos pretendemos até o final do projeto, ou seja, em 2 anos, construir, caracterizar e analisar os supercapacitores da seguinte forma:

- Projetar e sintetizar as estruturas bimetalicas (metal-orgânicas) baseadas em imidazol;
- Desenvolver das MOF's por meio de métodos facilmente replicáveis, como mostrado na Figura 4;
- Caracterizar dos materiais MOF's bimetalicos por diferentes técnicas espectrais e análise das propriedades físicas dos materiais;
- Construir os dispositivos baseados em MOF's que serão usados para estudar as propriedades como elementos armazenadores de energia;
- Realizar análises eletroquímicas das MOF's preparadas através de técnicas voltamétricas;
 - Se possível, aplicar a prática das MOFs em amostras humanas (urina e soro).

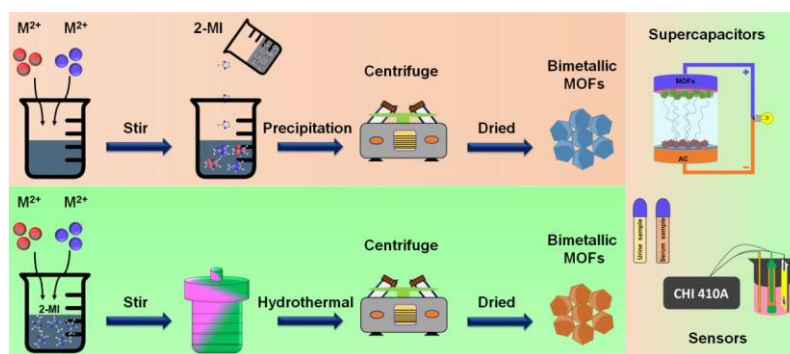


Figura 4: Esquemático da fácil co-precipitação e síntese hidrotérmica de MOF's bimetálicos para aplicações de sensores eletroquímicos e supercapacitores.

5.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

5.1.1 Aplicação em supercapacitores

Os eletrodos de trabalho aplicados a supercapacitores podem ser construídos com o uso de material ativo, carbono condutivo (CB), fluoreto de polivinilideno (PVDF) e solvente N-metil-2-pirrolidona (NMP). O material sintetizado deve ser aplicado uniformemente como revestimento em espuma de níquel limpa (Ni) ($1 \times 1 \text{ cm}^2$) e seca por 12 horas a 80°C em um forno a vácuo (Figura 5). As caracterizações dos eletrodos preparados serão realizadas por meio de testes (CV, GCD e EIS) para avaliar a capacitância específica e o desempenho eletroquímico dos materiais.

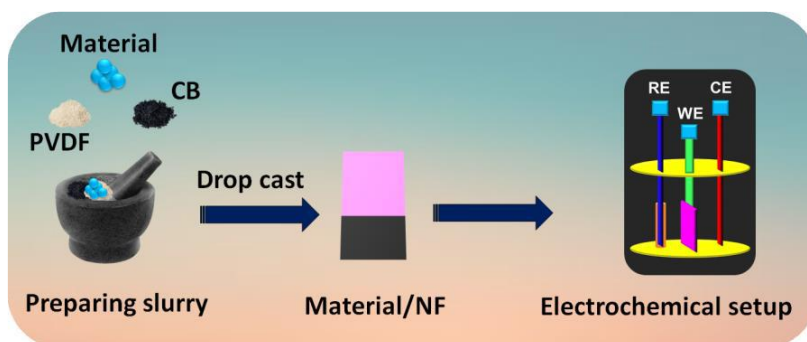


Figura 5. Fabricação do eletrodo de trabalho aplicado a supercapacitores.

5.1.2 Aplicação em sensores

O eletrodo de carbono serigrafado (SPCE) ou eletrodo de carbono vítreo limpo com água para eliminar as impurezas e polido com pó de alumina. O material sintetizado será revestido na superfície do eletrodo e submetido a secagem a 50°C por 10 min (Fig. 6). Para validação os eletrodos sensores fabricados serão caracterizados pelos métodos CV e DPV ou LSV entre janelas de potencial aplicadas utilizando solução tampão fosfato 0,05 M para a determinação de sensores eletroquímicos.

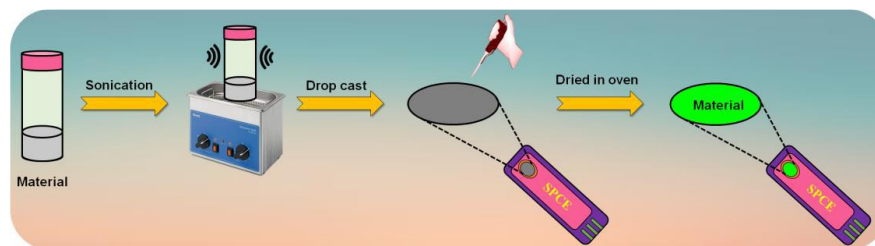


Figura 6. Fabricação do eletrodo de trabalho do sensor

6. METODOLOGIA

O escopo deste trabalho visa desenvolver uma nova estrutura metal-orgânica (MOF) baseada em metais de transição com ligantes mistos que podem ser utilizados para a aplicação de armazenamento e detecção de energia eletroquímica. Os métodos aplicados neste projeto referem-se as atividades a serão desenvolvidas pelos pesquisadores ao longo da vigência do projeto. Estas atividades estão descritas em detalhes, com seus respectivos processos, fases e metas propostas para o desenvolvimento. A proposta está prevista para a vertente de pesquisa de 2 anos, e cada fase será apresentada nas metas a seguir.

Metas – Atividades - 1^o ano

Aplicação de armazenamento e detecção de energia eletroquímica

- (1.1) O efeito de íons metálicos e ligantes pode ser formado nos complexos metal-ligantes (Figura 7). Como metal podem ser usados metais de transição, tais como Mn, Fe, Ni, Cu e Zn, etc., e como ligantes podem ser usados derivados de imidazol, tais como 2-metil imidazol (2-MI), 2-etil imidazol (2 -EI) e 2-metil benzimidazol (2-MBI)
- (1.2) Métodos de síntese fácil de complexos metálicos serão aplicadas para estudar as propriedades estruturais e morfológicas.
- (1.3) Estudos eletroquímicos de aplicações em energia e sensores utilizando MOF's bimetálicos.

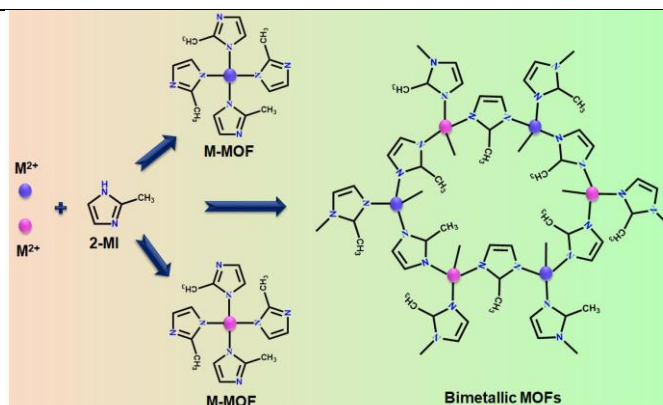


Figura 7: Provável mecanismo de formação de metal-ligante de MOF's bimetalícos.

Metas – Atividades - 1º ano e 2º ano

Caracterizações das Amostras

- (2.1) A difração de Raios-X (XRD) será empregada para confirmar a natureza cristalina das amostras sintetizadas.
- (2.2) A análise dos espectros de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) será usada para analisar os grupos funcionais na faixa de 400–4000 cm^{-1} .
- (2.3) A espectroscopia Raman será usada para estudar as bandas ativas Raman.
- (2.4) Brunauer-Emmett-Teller (BET) será usada para analisar a área de superfície específica e distribuição de tamanho de poro das curvas de adsorção-dessorção de nitrogênio.
- (2.5) A morfologia da superfície dos materiais derivados de MOF's será caracterizada por técnicas de Microscopia Eletrônica de Varredura por Emissão de Campo (FESEM) e Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM).
- (2.6) Através da Microscopia Fotoeletrônica de Raios-X (XPS) será estudada a presença de elementos nas MOF's sintetizadas (Figura 8).

EDITAL DE FOMENTO A PROJETOS DE PESQUISA, DE DESENVOLVIMENTO
DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES 2024

Faixa A

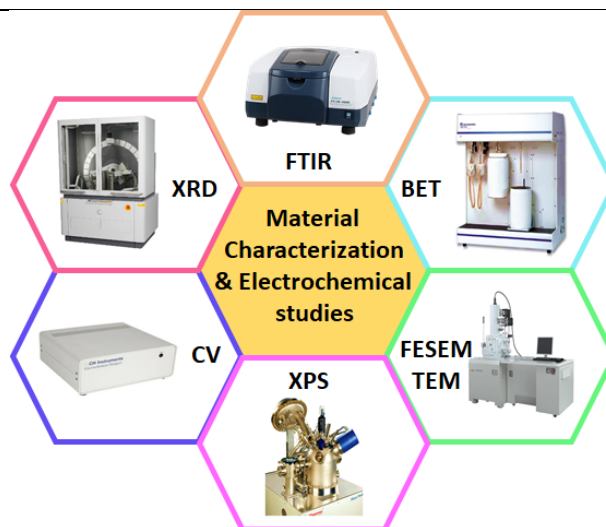


Figura 8: Caracterização dos materiais e estudos eletroquímicos com utilizando diferentes técnicas.

Medições eletroquímicas

O desempenho eletroquímico das MOF's bimetálicas será examinado através das seguintes técnicas:

(2.7) Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIS)

(2.8) Voltametria Cíclica (CV)

(2.9) Carga-Descarga Galvanostática (GCD)

(2.10) Voltametria de Pulso Diferencial (DPV) ou Voltametria de Varredura Linear (LSV)

(2.11) O instrumento para caracterização eletroquímica utilização a configuração a três eletrodos:

(i) Espuma de níquel e eletrodo de carbono serigrafado (SPCE) ou eletrodo de carbono vítreo (GCE) como um eletrodo de trabalho;

(ii) Hg/HgO ou Ag/AgCl como eletrodo de referência;

(iii) Eletrodo de platina (Pt) como contraeletrodo.

Atividade durante todo o período do projeto

(3.1) Compra dos equipamentos/ instalação no laboratório;

(3.2) Seminários semanais realizadas pelos alunos de graduação e pós e junto os pesquisadores do projeto;

(3.3) Produção de no mínimo dois artigos em revistas indexadas por ano;

(3.4) Apresentação de trabalhos em conferências nacionais e internacionais e jornadas de IC;

(3.5) Divulgação de trabalhos/resultados na página do laboratório. Defesas de Mestrado e Doutorado.

Cronograma das Atividade a serem desenvolvidas

	1º ANO						2º ANO					
Bimestres	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6

EDITAL DE FOMENTO A PROJETOS DE PESQUISA, DE DESENVOLVIMENTO
DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES 2024

Faixa A

Atividade (1.1)												
Atividade (1.2)												
Atividade (1.3)												
Atividade (1.4)												
Atividade (1.5)												
Atividade (1.6)												
Atividade (1.7)												
Atividade (1.8)												
Atividade (1.9)												
Atividade (1.10)												
Atividade (1.11)												
Atividade (2.1)												
Atividade (2.2)												
Atividade (2.3)												
Atividade (2.4)												
Atividade (2.5)												
Atividade (2.6)												
Atividade (2.7)												
Atividade (2.8)												
Atividade (2.9)												
Atividade (2.10)												
Atividade (2.11)												
Atividade (3.1)												
Atividade (3.2)												
Atividade (3.3)												
Atividade (3.4)												
Atividade (3.5)												

7. RESULTADO DA PESQUISA PROPOSTA

Esperamos no final desse projeto, seremos capazes de desenvolver novas estruturas metal-orgânicas (MOF's) baseadas em materiais bimetálicos de transição com ligantes mistos que podem ser usados para aplicações em armazenamento de energia e sensores de alto desempenho.

EDITAL DE FOMENTO A PROJETOS DE PESQUISA, DE DESENVOLVIMENTO
DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES 2024

Faixa A

Os resultados do projeto proposto serão úteis para o desenvolvimento da tecnologia de produção de hidrogênio e esperamos publicar os resultados obtidos em jornais de alto fator de impacto, conferências, workshops e reuniões industriais relacionadas com a energia. Ainda como impactos oriundos deste trabalho de pesquisa, espera-se a publicação de diversos artigos em períodos internacionais com bastante respaldo acadêmico. Além disso, pretende-se também a participação de alunos de graduação e pós-graduação em engenharia trabalhando em diversas etapas do projeto.

Como este projeto visa a ampliação e a inserção de novas tecnologias associadas ao desenvolvimento de novos materiais em âmbito nacional, com a ampliação de parcerias já consolidadas e a criação de novas parcerias através do intercâmbio de pesquisadores e alunos inclusos neste projeto, espera-se a consolidação de um núcleo de pesquisas de novos materiais e processos com a crescente formação de recursos humanos capaz de suprir parte da crescente demanda do mercado nacional.

8. Acompanhamento e avaliação do projeto

O monitoramento e avaliação do projeto será realizado segundo o cronograma nº 3, descrito na subseção de metodologias e execução. Para que a execução do projeto tenha êxito, é importante que itens de custeio e capital solicitados neste edital possam ser adquiridos na sua integralidade. Para isso, pretendemos seguir as atividades descritas no item 3, realizando reuniões semanais com os alunos, e docentes que irão interagir na execução do projeto, realizando uma possível reestruturação do projeto caso apareçam imprevistos. As reuniões semanais permitiram identificar possíveis mudanças no projeto, possibilitando sua reestruturação sem comprometer o cronograma inicial e havendo tempo para possíveis intervenções. O processo de avaliação e monitoramento do projeto irá ocorrer durante todo o ciclo de vida do projeto.

Além disso, uma infraestrutura sólida é extremamente importante para que o projeto possa ocorrer com êxito, além de um coordenador com experiência na área do projeto. Diante disso, vale ressaltar que o Laboratório de Física Experimental e Aplicada foi criado em 2006 no CEFET/RJ, pela Profa. Ana Barros, (<https://sites.google.com/site/lablafea>), sede das atividades do grupo de pesquisa cadastrado no DGP do CNPq, Física Experimental e Aplicada. Desde então, inúmeros equipamentos foram adquiridos com verbas de vários projetos e Editais. O LaFEA possui uma infraestrutura completa, incluindo equipamentos de médio e grande porte, como o Sistema de Deposição de Filmes Finos HHV AUTO500, adquirido com verba do projeto CT-INFRA em 2012. Este equipamento permite a utilização de técnicas de última geração, como evaporações por feixe de elétrons, o ion plating e a pulverização catódica (*sputtering*) por magnetron, além de estudos aplicando métodos de deposição de filmes finos a vácuo (caracterizado como PVD - *Physical Vapour Deposition*), que constitui um processo versátil para construção de filmes sólidos, revestimentos, fibras, componentes monolíticos, entre outros materiais.

EDITAL DE FOMENTO A PROJETOS DE PESQUISA, DE DESENVOLVIMENTO
DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES 2024

Faixa A

Possuímos também um Microscópio de Força Atômica (AFM) da Nanosurf; uma Liquefatora de Nitrogênio líquido Marca NL 84a Modelo 74250; um espectrômetro de Transformada de Fourier (FTIR) da Agilent, um Potenciostato/Galvanostato CompacState 10V, da Ivium Technologies; e um Espectrofotômetro digital UV-VIS.

Contamos, ainda, com uma oficina mecânica equipada no CEFET, onde podem ser usinadas peças como flanges e pequenos itens, além de realizar possíveis modificações em peças já existentes, como furos etc. Além disto, técnicos em eletrônica, do corpo profissional do CEFET, trabalham diretamente no LaFEA. Vale ressaltar que interagimos diretamente com o Laboratório de Materiais (LAMAT), em constante parceria com o LaFEA. O LAMAT, pertencente ao CEFET/RJ, conta com equipamentos para ensaios mecânicos destrutivos, ensaios metalográficos e de caracterização de microestrutura dos materiais, como um *Field-emission Scanning Electron Microscope* - FESEM, que usamos nas nossas caracterizações.

Uma equipe formada por funcionários técnico administrativos e técnicos de laboratório dará suporte às ações de execução e acompanhamento do projeto. O LaFEA possui uma página no endereço: <https://sites.google.com/site/lablafea/home> e em <http://www.dippg.cefet-rj.br/laboratorios>, onde são apresentados os Laboratórios de Pesquisa da Instituição. Neste mesmo endereço serão divulgados o andamento deste projeto e seus resultados, através de gráficos, tabelas e relatórios. Dessa forma, espera-se gerar um repasse de informação do projeto, onde também haverá um espaço aberto a todos para, dúvidas, comentários e discussões, como forma de avaliar o potencial de disseminação da informação e do conhecimento. Além disso em: <https://sites.google.com/site/lablafea/principais-equipamentos> é possível realizar a consulta e solicitar a utilização dos equipamentos existentes no LaFEA por outras instituições, além das parceiras atuais.

9. ORÇAMENTO DETALHADO E JUSTIFICADO

Os equipamentos solicitados nesse projeto no valor total de **R\$ 29.996,00** encontram-se relacionados em documentação anexa ao projeto no documento: **Tabela 1_equipamentos_solicitados**. Os itens solicitados neste edital permitirão a elaboração do projeto junto aos pesquisadores, além da integração dos alunos de graduação e pós-graduação que atuarão diretamente nos projetos no laboratório LaFEA.

Tabela 1. Equipamentos e Custeio solicitados com justificativas e valores respectivos

Descrição do Material Permanente/ capital			
Proformas	Equipamento / Acessórios	Fabricante	Valores em R\$
1	3 Desumidificadores de ar ambiente Arsec 160 - 150 m3. Unitário: R\$ 2.227,00	ARCEC	6.681,00

EDITAL DE FOMENTO A PROJETOS DE PESQUISA, DE DESENVOLVIMENTO
DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES 2024
Faixa A

2	Destilador de Água – 12 litros	Cristofoli	1.425,00
3	Cuba Ultrassônica Bioart Com Aquecimento Limpeza Materiais 127V-STD Bio-Art	BioWash	1.303,01
4	Agitador Magnético com Aquecimento 4 Litros Plataforma 14 cm 1800rpm	Fisatom	2.548,30
5	Regulador duplo estágio Avançado e CONEXÕES DE CILINDROS de gases especiais WM4, WM2- latão cromado	White Martins Gases	5.160,00
SUBTOTAL:			17.117,31

Descrição do Material Consumo/custeio			
Proformas	Equipamento / Acessórios	Fabricante	Valores em R\$
6	Eletrodos de referência para o potenciostato	Labsolutions.	12.430,00
TOTAL DO PROJETO			29.547,31

Justificativas dos Orçamentos acima (o número à esquerda do item corresponde ao número da proforma/cotações)

- 1- Desumidificadores de ar ambiente Arsec.** Os 3 desumidificadores de ar são importantíssimos para manter o ambiente sem umidade. Uma vez que todos os equipamentos precisam ser monitorados quanto a temperatura e umidade do ar, no intuito de não danificarem comprometendo as medidas. Os desumidificadores possuem filtros que auxiliam no controle da umidade do local, contribuindo para que ela não acarrete prejuízos aos equipamentos. A ideia é colocá-los em cada uma das salas e mantê-los ligados a noite toda quando o ar-condicionado está desligado. Essencial para as medidas e equipamentos do LaFEA.
- 2- Destilador de Água- 12 litros.** é um equipamento muito utilizado no LaFEA para a destilação de água para ser utilizada em sua autoclave ou para qualquer outro aparelho que necessite da água destilada. A água destilada serve tanto para o preparo dos materiais, como para a limpeza junto ao ultrassom.
- 3- Cuba Ultrassônica.** O ultrassom é um processo de limpeza que utiliza ondas sonoras para remover sujeira e outras impurezas de superfícies. É amplamente utilizado no LaFEA para limpeza e preparo de materiais.
- 4- Agitador Magnético.** O agitador magnético funciona como um ímã que gira acoplado a um motor elétrico. A força magnética do ímã, localizado abaixo da superfície da amostra, gira uma barra magnética colocada dentro da amostra, que por sua vez irá promover a mistura da amostra. Ele é usado em vários experimentos durante misturas e para medidas com o potenciostato sendo ele aquecido ou não.
- 5- Regulador duplo estágio Avançado e CONEXÕES DE CILINDROS de gases especiais WM4, WM2.-** Necessária para a junta e construção do aparato do sistema de gases que será acessório principal do projeto na produção de H₂. Em virtude das experiências realizadas na nossa câmara e colisões, necessitamos de reguladores para gases especiais, que são extremamente caros e que sem os mesmos, torna-se impossível o início das medidas do projeto descrito neste edital.
- 6- Eletrodos de referência para o potenciostato.** Acessórios principais do projeto, utilizados na caracterização da (a) Célula foto eletroquímica e (b) célula de hidrogênio solar. Através desse aparato junto com o Simulador solar que iremos efetuar todo o processo de remoção de H₂ da água e também dos supercapacitores construídos.

10. Equipe do Projeto

Na Tabela abaixo, apresentamos a equipe de execução do projeto, com as respectivas titulações e colaboradores: estudantes de iniciação científica, e doutorado, pós-graduandos, pesquisadores, e equipe de técnicos.

Tabela: Equipe Atual do Projeto				
Nomes	Instituição/Depto	Área de atuação	Titulação	Lattes/ORCID

EDITAL DE FOMENTO A PROJETOS DE PESQUISA, DE DESENVOLVIMENTO
DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES 2024

Faixa A

1. Dra. Ana Lucia F. de Barros	CEFET/RJ-Dep. de Física Coordenadora do LaFEA– proponente do projeto	Físico	Ph.D	http://lattes.cnpq.br/9560629619549009 http://orcid.org/0000-0001-7023-8282
2. Dr. Suresh Babu	Pós doc CAPES- CEFET- químico Universidade de Madras- India	Químico	Ph.D	http://lattes.cnpq.br/5225779545379064 https://orcid.org/0000-0002-7747-4138
3. Tarcísio da Silva Lessa	Aluno de Doutorado em Óptica Aplicada e Instrumentação / CEFET-Bolsista CAPES	Engenharia Elétrica	Mestre	http://lattes.cnpq.br/3313152054065022 https://orcid.org/0000-0003-1359-1199
4. Felipe Figueiredo Jandorno	Aluno de IC em Engenharia Elétrica / CEFET/ Bolsista CNPq	Engenharia Elétrica	Estudante graduação	http://lattes.cnpq.br/5219509065786603 https://orcid.org/0000-0001-7779-0408
5. Bruna Gomes Antunes	Aluno de IC em Engenharia Elétrica / CEFET/ Bolsista FAPERJ	Engenharia Elétrica	Estudante graduação	http://lattes.cnpq.br/6317118848398445 https://orcid.org/0000-0001-7484-6058
6. João Victor da Costa Campos	Aluno IC de Graduação engenharia Mecânica- CEFET/ bolsista CNPq	Engenharia Mecânica	Estudante graduação	http://lattes.cnpq.br/9719752917849619 https://orcid.org/0000-0002-2607-2761
7. José Antônio Fontes de Carvalho Ribeiro	Aluno de Doutorado em Óptica Aplicada e Instrumentação / CEFET- Bolsista CAPES	Engenharia Elétrica	Mestre	http://lattes.cnpq.br/4745810169631021 https://orcid.org/0000-0002-1207-140X
8. Yuri Nascimento da Silva	Técnico em Eletrônica dos laboratórios dos programas de pós-graduação em eng. Elétrica	Engenharia Elétrica	Graduado	http://lattes.cnpq.br/8738702614901156
9. Bruno Soares da Silva	Técnico em Eletrônica dos laboratórios dos programas de pós graduação em eng. Elétrica	Engenharia Elétrica	Graduado	http://lattes.cnpq.br/3893242354370429

11. Bibliografia relacionada ao projeto

Em **bold** está indicado os autores, incluindo alunos de mestrado e doutorado ligados diretamente ao projeto.

- 1) **de Barros, A. L.F.** Flores e Frutos na Geração de Energia Renovável. Ciência Hoje, v. 1, P. 1-8, 2021.
- 2) **Ferreira, F.C.; Babu, R. Suresh; de Barros, A.L.F.**; Raja, S.; **da Conceição, L.R.B.**; Mattoso, L.H.C. Photoelectric Performance Evaluation of DSSCs Using the Dye Extracted from Different Color Petals of Leucanthemum Vulgare Flowers as Novel Sensitizers. Spectrochimica Acta Part A-Molecular and Biomolecular Spectroscopy, v. 1, P. 118198, 2020.
- 3) **da Conceição, L.R.B.; de Barros, A. L.F.; Haddad, D. B.; Suresh Babu, R.** Passiflora Edulis and Cocos Nucifera Extracts as Light-Harvesters for Efficient Dye-Sensitized Solar Cells. Proceedings of the IEEE, v. 4, P. 1-5, 2020.
- 4) **Ferreira, B.; Sampaio, Daniel; Babu, R. Suresh; de Barros, A. L.F.** Influence of nanostructured TiO₂ film thickness in dye-sensitized solar cells using naturally extracted dye from Thunbergia erecta flowers as a photosensitized. Optical Materials, 86, 239-246, 2018.
- 5) **Sampaio, D. M.; Babu, R. Suresh;** Costa, H.R.M.; **de Barros, A.L.F.** Investigation of nanostructured TiO₂ thin film coatings for DSSCs application using natural dye extracted from jabuticaba fruit as photosensitizers. IONICS, 34, 234, 2018.
- 6) **Sampaio, D.M.**; Tese de doutorado, “Construção e Caracterização Microestrutural, Morfológica e Eletroquímica de Células Solares Sensibilizadas por Corantes Naturais.”, 2019- CEFET/RJ.
- 7) **Sampaio, D.M.;Thirumal, E; de Barros, A.L.F.** The effect of photo-anode surface morphology and gel-polymer electrolyte on dye-sensitized solar cells with natural dyes. Journal of Materials Science. Materials in Electronics, v.1, p. 1-9, 2016.
- 8) **Samyn, Leandro Marques; Suresh Babu, Rajendran;** Devendiran, Mani; **de Barros, Ana Lucia Ferreira.** One-Step Electropolymerization of Methylene Blue Films on Highly Flexible Carbon Fiber Electrode as Supercapacitors. Micro and Nano Systems Letters, v. 9, P. 3-3, 2021.
- 9) Vinayagam, Murugan; **Suresh Babu, Rajendran; Sivasamy, Arumugam; de Barros, Ana Lucia Ferreira.** Biomass-Derived Porous Activated Carbon Nanofibers from Sapindus Trifoliatus Nut Shells for High-Performance Symmetric Supercapacitor Applications. Carbon Letters, v. 31, P. 15-25, 2021.
- 10) Vinodh, R.; **Babu, R. S.;** Gopi, C. V. M.; Deviprasath, C.; Atchudan, R.; **Samyn, L. M.; de Barros, A. L.F.;** Kim, Hee-Je; Yi, M. Influence of Annealing Temperature In Nitrogen Doped Porous Carbon Balls Derived From Hypercross-Linked Polymer of Anthracene for Super-Capacitor Applications. Journal of Energy Storage, v. 28, P. 101196, 2020.

EDITAL DE FOMENTO A PROJETOS DE PESQUISA, DE DESENVOLVIMENTO
DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES 2024

Faixa A

- 11) **Samyn, L. M.; Babu, R. Suresh;**Devendiran, M.; **de Barros, A. L. F.***Electropolymerization of P-Phenylenediamine Films on Carbon Fiber Fabrics Electrode for Flexible Supercapacitors: Surface and Electrochemical Characterizations*. IONICS, v. 31, P. 110, 2020.
- 12) Vinayagam, Murugan; **Suresh Babu, Rajendran;** Sivasamy, Arumugam; **Ferreira de Barros, Ana Lucia**. *Biomass-Derived Porous Activated Carbon from SyzygiumCumini Fruit Shells and ChrysopogonZizanioides Roots for High-Energy Density Symmetric Supercapacitors*. Biomass & Bioenergy, v. 143, P. 105838, 2020.
- 13) **Suresh Babu, R.;** Vinodh, R.; **de Barros, A.L.F.;** **Samyn, L.M.;** Prasanna, K.; **Maier, M.A.;** Alves, C.H.F.; Kim, Hee-Je. *Asymmetric Supercapacitor Based on Carbon Nanofibers as the Anode and Two-Dimensional Copper Cobalt Oxide Nanosheets as the Cathode*. Chemical Engineering Journal, v. 366, P. 390-403, 2019.
- 14) Sasikumar, Y.; Kumar, A. Madhan; **Suresh Babu, R.;** Dhaiveegan, P.; Al-Aqeeli, N.; **de Barros, Ana L. F.** *Fabrication of Brushite Coating On AZ91D AND AZ31 Alloys by Two-Step Chemical Treatment And Its Surface Protection In Simulated Body Fluid*. Journal of Materials Engineering and Performance, v. 3, P. 1-13, 2019.
- 15) Kumar, A. Madhan; **Babu, R. Suresh;** Obot, I. B; Adesina, Akeem Yusuf; Ibrahim, Ahmed; **de Barros, A.L.F.***Promising Hard Carbon Coatings on Cu Substrates: Corrosion and Tribological Performance with Theoretical Aspect*. Journal of Materials Engineering and Performance, v. 2, 45, 2018.
- 16) **Babu, R. S.;** **de Barros, A.L.F.;** **Maier, M.A.;** **Sampaio, D.M.;** Balamurugan, J.; Lee, J. H. *Novel polyaniline/manganese hexacyanoferrate nanoparticles on carbon fiber as binder-free electrode for flexible supercapacitors*. Composites Part B-Engineering, 144, 1234, 2018.
- 17) **Boopathi, Ganesan;** Karthikeyan, G. G.; Jaimohan, S.M.; Pandurangan, Arumugam; **de Barros, Ana L.F.** *Dopant Effects of Gd³⁺ on the Electrochemical Pseudocapacitive Characteristics of Electroactive Mesoporous NiO Electrodes for Supercapacitors*. Journal of Physical Chemistry C, 122, 7b11643, 2018.
- 18) **Sasikumar, Y.;** Kumar, A. Madhan; **Babu, R. Suresh;** Rahman, Mohammad Mizanur; **Samyn, Leandro M.;** **de Barros, A. L.F.,** *Biocompatible hydrophilic brushite coatings on AZX310 and AM50 alloys for orthopaedic implants*. Journal of Materials Science-Materials In Medicine, 29,123, 2018.
- 19) **Maier, M.A.;** **Babu, R.S.;** **Sampaio, D.,** **de Barros, A.L.F.** *Binder-free polyaniline interconnected metal hexacyanoferrates nanocomposites (Metal = Ni, Co)on carbon fibers flexible supercapacitors*. Journal of Materials Science-Materials In Electronics,12,1-9, 2017.
- 20) Kumara, A. M.; **Babu, R.S.;** Ramakrishna, S.; **de Barros, A. L.F.** *Electrochemical synthesis and surface protection of polypyrrole-CeO₂ nanocomposite coatings on AA2024 alloy*. Synthetic Metals, 234, 18-28, 2017.
- 21) **Samyn, L. M.;** Tese de doutorado, “Síntese e Caracterização de Materiais Funcionais em Eletrodos de Fibra de Carbono Altamente Flexíveis e suas Aplicações em Supercapacitores”, 2020- CEFET/RJ.
- 22) Disposable Electrochemical Sensors for Healthcare Monitoring: Material Properties and Design “Mesoporous carbon-based disposable sensors” **R. Suresh Babu,** A. Murali, M. Devendiran, A. Kalaivani, **A.L.F. de Barros;** RSC Publication (2021).
- 23) Bioinspired Nanomaterials for Supercapacitor Applications. A.Murali, **R. Suresh Babu,** M. Sakar, S. Priya, R. Vinodh, K. P. Bhuvana, S. A. G. Thangavelu, M. A. Kader, Elsevier Publication (2021).
- 24) **Da Conceição, L.R.B. ;** **Da Cunha, H.O. ;** **Leite, A.M.B. ;** **Rodrigues, J.A.F.C.R. ;** **Babu, R. Suresh ;** **De Barros, A.L.F. .** *Influence of various solvents in extraction of natural pigments from Annona Atemoya and Physalis Peruviana as photosensitizers for dye-sensitized solar cells*. OPTIK, v. 229, p. 171635, 2024.
- 25) Vinayagam, Murugan ; **Babu, Rajendran Suresh ;** Sivasamy, Arumugam ; **De Barros, Ana Lucia Ferreira .** *Impact of carbon dioxide-assisted activation on Milletia pinnata shell-derived porous activated carbon for enhanced performance in symmetric supercapacitors*. IONICS, v. 30, p. 153, 2024.
- 26) **Samyn, L.M. ;** **Babu, R. Suresh ;** Vinodh, R. ; Vivekananth, R. ; Haddad, D.B. ; **De Barros, A.L.F. .** *Flexible supercapacitors based on carbon fiber cloth coated copper hexacyanoferrate nanoparticles as positive electrode material*. DIAMOND AND RELATED MATERIALS, v. 144, p. 111017, 2024.
- 27) **Santos, R.S. ;** **Suresh Babu, R. ;** **Lessa, T.S. ;** **Samyn, L.M. ;** Vinodh, R. ; Vivekananth, R. ; **De Barros, A.L.F..** *Pyrolysis-assisted synthesis of two-dimensional graphitic carbon nitride nanosheets embedded with transition metal oxide (Ni or Fe) for high-performance asymmetric supercapacitors*. JOURNAL OF INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, v. 133, p. 410-418, 2024.
- 28) **Leite, A.M.B. ;** **Da Cunha, H.O. ;** **Rodrigues, A.F.C.R. ;** **Suresh Babu, R. ;** **De Barros, A.L.F. .** *Construction and characterization of organic photovoltaic cells sensitized by Chrysanthemum based natural dye*. Spectrochimica Acta Part A-Molecular And Biomolecular Spectroscopy, v. 284, p. 121780, 2023.
- 29) **De Souza Dos Santos, Raphael ;** **Babu, Rajendran Suresh ;** Vinodh, Rajangam ; **Samyn, Leandro Marques ;** Pollet, Bruno G. ; Olivera, Fabian ; **De Barros, Ana Lucia Ferreira.** *High-performance asymmetric supercapacitors utilizing manganese oxide nanoparticles grafted graphitic carbon nitride nanosheets as the cathode and hypercross-linked polymer derived activated carbon as the anode*. DIAMOND AND RELATED MATERIALS, v. 136, p. 110005, 2023.
- 30) Kitchamsetti, Narasimharao ; **de Barros, Ana L. F. .** *Recent Advances in MXenes Based Composites as Photocatalysts: Synthesis, Properties, and Photocatalytic Removal of Organic Contaminants from Wastewater*. ChemCatChem, v. 15, p. 123, 2023.
- 31) **Samyn, L. M. ;** **Lessa, T. S. ;** **Babu, R. Suresh ;** Kalaivani, A. ; **Barbosa, T. M. ;** **de Barros, A. L. F. .** *High-performance flexible supercapacitors based on potassium nickel() hexacyanoferrates() nanoparticles on carbon cloth as an electrode material*. Materials Advances, v. 1, p. 1245, 2023.
- 32) **Da Conceição, Leonardo Ricardo Bernardes ;** **Da Cunha, Higor Oliveira ;** **Leite, Arcano Matheus Bragança ;** **Suresh Babu, Rajendran ;** **Raja, Sebastian ;** **Ribeiro, Caue ;** **De Barros, Ana Lucia Ferreira .** *Evaluation of Solar Conversion Efficiency in Dye-sensitized Solar Cells Using Natural Dyes Extracted from Alpinia purpurata and Alstroemeria Flower Petals as Novel Photosensitizers*. Colorants, v. 2, p. 618-631, 2023.

EDITAL DE FOMENTO A PROJETOS DE PESQUISA, DE DESENVOLVIMENTO
DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES 2024

Faixa A

- 33) Kitchamsetti, Narasimharao ; Chakra, Chidurala Shilpa ; **De Barros, Ana Lucia Ferreira** ; Kim, Daewon . Development of MOF Based Recyclable Photocatalyst for the Removal of Different Organic Dye Pollutants. *Nanomaterials*, v. 13, p. 336, 2023.
- 34) Vinodh, Rajangam ; **Babu, Rajendran Suresh** ; Atchudan, Raji ; Kim, Hee-Je ; Yi, Moonsuk ; Samyn, **Leandro Marques ; De Barros, Ana Lucia Ferreira** . Fabrication of High-Performance Asymmetric Supercapacitor Consists of Nickel Oxide and Activated Carbon (NiO//AC). *Catalysts*, v. 12, p. 375-391, 2022.
- 35) Vinodh, Rajangam ; **Babu, R. Suresh** ; Sambasivam, S. ; Gopi, C. V. V. M. ; Alzahmi, S. ; Kim, Hee-Je ; **De Barros, A. L.F.** ; Obaidat, I. M. . Recent Advancements of Polyaniline/Metal Organic Framework (PANI/MOF) Composite Electrodes for Supercapacitor Applications: A Critical Review. *Nanomaterials*, v. 12, p. 1511-1531, 2022.
- 36) **Santos, R.S. ; Suresh Babu, R.** ; Devendiran, M. ; Haddad, D.B. ; **Barros, A.L.F. de** . Facile synthesis of transition metal (M = Cu, Co) oxide grafted graphitic carbon nitride nanosheets for high performance asymmetric supercapacitors. *MATERIALS LETTERS*, v. 308, p. 131156, 2022.
- 37) **Dos Santos, F. M. M. ; Leite, A. M. B. ; Da Conceição, L. R. B.** ; Sasikumar, Y. ; Atchudan, R. ; Pinto, M. F. ; **Suresh Babu, R. ; de Barros, A. L. F.** . Effect of bandgap energies by various color petals of Gerbera jamesonii flower dyes as a photosensitizer on enhancing the efficiency of dye-sensitized solar cells. *JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE-MATERIALS IN ELECTRONICS*, v. 33, p. 256, 2022.
- 38) **Ferreira, B. C. ; Babu, R. Suresh ; Da Conceição, L. R. B. ; Da Cunha, H. O. ; Sampaio, D. M. ; Samyn, L. M. De Barros, A. L. F.** . Performance evaluation of DSSCs using naturally extracted dyes from petals of Lantana repens and Solidago canadensis flowers as light-harvesting units. *IONICS*, v. 28, p. 45, 2022.
- 39) Kitchamsetti, Narasimharao ; Narsimulu, D. ; Chinthakuntla, Ashok ; Shilpa Chakra, Chidurala; **De Barros, Ana L.F.** . Bimetallic MOF derived ZnCo2O4 nanocages as a novel class of high performance photocatalyst for the removal of organic pollutants. *Inorganic Chemistry Communications*, v. 144, p. 109946, 2022.

Correção na classificação do SUAP lattes.

O QUALIS A1 está correto, mas ao invés de colocar Astronomia/Física, está colocando algo como: Administração pública, turismo. Mas a classificação A1 está correta. Só que para todos os A1's aparece esse erro.

Documento Digitalizado Público

Projeto submetido

Assunto: Projeto submetido
Assinado por: Ana Barros
Tipo do Documento: Projeto (Proposta e Plano de Trabalho)
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:
▪ **Ana Lucia Ferreira Ruibal, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/06/2024 08:33:46.

Este documento foi armazenado no SUAP em 27/06/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.cefet-rj.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 104153
Código de Autenticação: 55deaedd85

