

Tecnologias de streaming e blockchain para uma sociedade moderna digitalmente mais integrada

- Estratégias moleculares para a conversão de energia solar em eletricidade
- A nova era das Interfaces Cérebro-Máquina
- Tomografias de raios X como tecnologia de medição na manufatura digital

- Expressão Gênica em larga escala no estudo de doenças cardiovasculares
- Uma abordagem interdisciplinar para a formação de recursos humanos em petróleo, gás e biocombustíveis

O PesquisABC é um informativo de divulgação científica, de periodicidade quadrimestral, editado pela Universidade Federal do ABC. Seu principal objetivo é divulgar pesquisas realizadas na UFABC, de todas as áreas do conhecimento, em linguagem acessível a toda a comunidade universitária. Destina-se, também, a publicar oportunidades de participação em projetos científicos e a estimular parcerias e colaborações produtivas. Seu Conselho Editorial é composto por docentes dos três Centros da Universidade, além da Pró-Reitoria de Pesquisa e da Assessoria de Comunicação e Imprensa. Sugestões de pauta podem ser enviadas para: pesquisabc@ufabc.edu.br

Tiragem: 500 exemplares

Conselho Editorial

Sônia Maria Malmonge (ProPes)
Mariella Mian (ACI)
Annibal Hetem Júnior (CECS)
Nazar Arakelian (CMCC)
Wendel Andrade Alves (CCNH)
Vanessa Carmo (PROEC)

Edição, Revisão e Editoração

Assessoria de Comunicação e Imprensa
Edna Atsué Watanabe
Felipe Fernandes Lessa
Isabel B. L. Franca
Vanessa Ferreira
Pró-Reitoria de Pesquisa
Alessandra Batista

Projeto Gráfico

Edna Atsué Watanabe

 facebook.com/ufabc

 [@ufabc](https://instagram.com/ufabc)

 linkedin.com/school/ufabc

 twitter.com/ufabc

 youtube.com/user/ufabcvideos

Sumário

3 Estratégias moleculares para a conversão de energia solar em eletricidade

Em parceria internacional, PoloGroup UFABC apresenta pesquisa sobre novas possibilidades de conversão de energia solar em eletricidade.

6 A nova era das Interfaces Cérebro-Máquina

Avanços nas pesquisas sobre ICM abrem novos desafios para os estudos interdisciplinares envolvendo engenharias e neurociência.

9 Tecnologias de streaming e blockchain para uma sociedade moderna digitalmente mais integrada

Projeto da UFABC sobre Internet da Coisas fortalece linha de pesquisa sobre tecnologias de integração.

12 Tomografia de raios X como tecnologia de medição na manufatura digital

Base científica sobre a variabilidade de fatores físicos e geométricos que influenciam o processo de medição é desenvolvida por pesquisador da UFABC em parceria internacional.

15 Expressão Gênica em larga escala no estudo de doenças cardiovasculares

Estudo que conta com participação de professora da UFABC amplia entendimento da interação rim-coração. Pesquisa traz mais subsídios para futuros tratamentos de doenças cardiovasculares.

16 Uma abordagem interdisciplinar para a formação de recursos humanos em petróleo, gás e biocombustíveis

Com projeto focado em energias renováveis, UFABC participa de Programa de Formação de Recursos Humanos promovido pela ANP.

Universidade Federal do ABC

Pró-Reitoria de Pesquisa
Avenida dos Estados, 5001
Bairro Santa Terezinha
Santo André - CEP: 09210-580
Digital ISSN: 2675-1461
URL: <http://propes.ufabc.edu.br/pesquisabc>



Estratégias moleculares para a conversão de energia solar em eletricidade

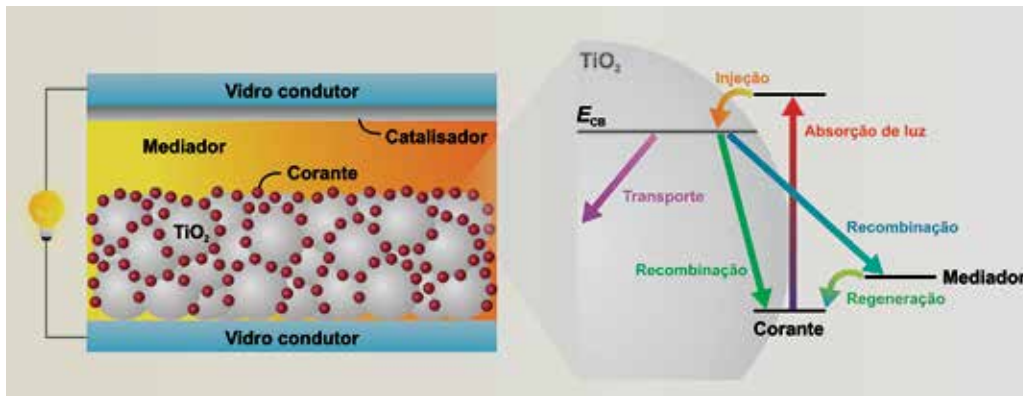
O rápido desenvolvimento econômico e crescimento da população mundial estão associados a um aumento significativo do consumo de energia nas últimas décadas. Atualmente, combustíveis fósseis são a principal fonte energética para suprir essa demanda. Entretanto, seu consumo massivo impôs um custo enorme ao planeta. Sua queima libera grandes quantidades de gás carbônico na atmosfera, causando problemas como acidificação de oceanos, aquecimento global e extinção de espécies. Além disso, o consumo desenfreado de combustíveis fósseis pode levar a seu esgotamento. Portanto, a busca por fontes de energia limpa, segura e sustentável é um dos desafios científicos mais importantes deste século. Várias alternativas vêm sendo utilizadas crescentemente, como a energia eólica, geotérmica, maremotriz e solar. O sol, em particular, é uma fonte de energia renovável inesgotável e abundante. Em menos de duas horas, o sol fornece

à Terra energia suficiente para suprir as demandas energéticas atuais de um ano inteiro. A energia solar pode ser aproveitada para aquecimento, pode ser convertida em combustíveis solares ou diretamente em eletricidade, entre outras formas de aproveitamento.

Células solares sensibilizadas por corante (DSSCs, do inglês *Dye-Sensitized Solar Cells*) são dispositivos capazes de converter a energia solar em eletricidade através de processos químicos. As DSSCs apresentam diversas vantagens em relação às células fotovoltaicas convencionais de silício. Elas são fabricadas utilizando materiais comuns e de baixo custo, e sua fabricação é simples, sem a necessidade de ambientes controlados ou sofisticados. Além disso, os dispositivos podem ser transparentes, ter diferentes cores ou ser fabricados usando substratos flexíveis, o que permite que as DSSCs possam substituir janelas em construções ou ser integradas em diversos objetos.



Célula solar sensibilizada por corante preparada na UFABC.



Estrutura de uma DSSC e processos de transferência eletrônica que determinam a eficiência de conversão de energia solar

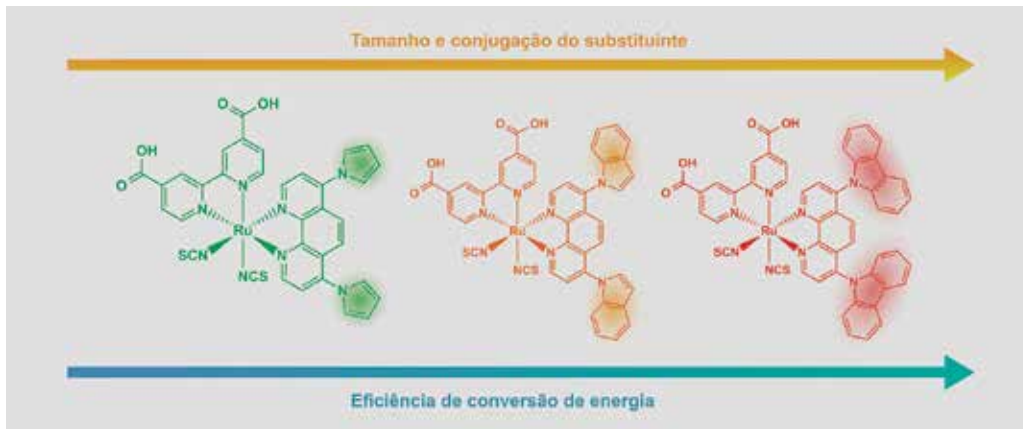
As DSSCs são compostas por um filme fino de um óxido metálico, geralmente dióxido de titânio, depositado sobre a superfície de um vidro condutor. Esse filme é mesoporoso, ou seja, possui poros em escala nanométrica, conferindo ao filme uma elevada área superficial. Porém, o dióxido de titânio é branco, e não absorve a radiação visível fornecida pelo sol. Por esse motivo, um corante é adsorvido à superfície do óxido metálico. O corante é uma molécula capaz de captar uma parcela significativa da luz solar. Ao absorver a luz, um elétron do corante é promovido a um estado de maior energia e então é transferido para o filme de dióxido de titânio (o que é chamado de processo de injeção eletrônica). Esse elétron é transportado pelo filme até alcançar o vidro condutor, onde é transmitido através de um circuito externo e gera corrente elétrica. O corante, que ficou oxidado na superfície do filme, é regenerado pelo mediador (processo de regeneração), que doa um elétron. O mediador, por sua vez, é regenerado no contra-eletrodo, onde há o fechamento do circuito e o sistema volta ao seu estado inicial, de maneira que não ocorre nenhuma transformação química permanente.

Os processos de transferência eletrônica descritos acima são fundamentais para a obtenção de DSSCs de alta eficiência. É desejável que todos os fótons absorvidos levem à injeção eficiente de elétrons no filme do óxido metálico, assim como uma rápida regeneração do corante oxidado pelo mediador e o transporte eficiente de elétrons através do filme. Entretanto, reações paralelas podem inibir a conversão de energia. Esses

processos de transferência eletrônica competitivos são chamados de recombinação eletrônica e consistem no retorno do elétron injetado ao corante oxidado ou ao mediador. Embora, na prática, seja muito difícil impedir completamente a ocorrência de processos de recombinação, é possível torná-los muito mais lentos do que a injeção, regeneração e transporte, de maneira que não prejudiquem o desempenho do dispositivo.

Uma das estratégias para ajustar as velocidades dos processos de transferência eletrônica se dá por meio de modificações no corante. Além de ser responsável pela captação da luz solar, o corante é um dos principais responsáveis por governar a eficiência dos processos de transferência de elétrons que ocorrem na DSSC. Através de mudanças em sua estrutura molecular, é possível tornar a injeção mais eficiente, a regeneração mais rápida e a recombinação mais lenta.

Buscando dispositivos cada vez mais robustos e eficientes, a engenharia molecular do corante conta com o *design* racional de novas estruturas químicas como importante ferramenta. Geralmente, são realizadas mudanças sistemáticas em uma ou mais partes de corantes já existentes para avaliar o efeito dessas alterações na eficiência das DSSCs. Modificações podem ser feitas de modo a alterar os níveis de energia dos compostos, sua capacidade de absorção de luz, sua estabilidade, e também de modo a formar subunidades com funcionalidades específicas. Todas essas propriedades afetam diretamente a termodinâmica e a cinética dos diversos processos de transferência



A engenharia molecular do corante sensibilizador permite aumentar a eficiência de conversão de energia solar em eletricidade

eletrônica. Portanto, é necessário cautela, pois uma modificação pode favorecer, ao mesmo tempo, processos favoráveis e parasíticos. Assim, após a preparação de um novo corante, é importante avaliar a eficiência das DSSCs e investigar os efeitos das modificações em cada processo individualmente.

Em pesquisa realizada pelo PoloGroup – UFABC em colaboração com a *University of North Carolina at Chapel Hill* (Estados Unidos), uma série de novos corantes sensibilizadores para DSSCs foi desenvolvida. Esses corantes contêm grupos substituintes volumosos e com estruturas conjugadas. Esse tipo de estrutura é frequentemente empregado em dispositivos de alta eficiência. As estruturas químicas foram cuidadosamente projetadas de modo que fosse possível avaliar exclusivamente os efeitos de mudanças no tamanho e

conjugação dos grupos substituintes dos corantes, sem modificar significativamente os níveis de energia das moléculas. Observou-se que, ao ser aumentado o tamanho desses substituintes, houve também aumento significativo na eficiência das DSSCs. Apesar de os grupos volumosos prejudicarem o processo de injeção e regeneração, eles exibiram uma inibição notável nos processos parasíticos de recombinação, além de promoverem uma maior captação da luz solar.

Os resultados são promissores e ajudam a compreender o desempenho de muitos corantes já reportados na literatura, além de guiar o *design* de compostos cada vez mais eficientes. O desenvolvimento de novas moléculas em que seja possível controlar os processos de transferência eletrônica é a chave para tecnologias de aproveitamento de energia solar e um futuro mais sustentável.

Referências:

1. Müller, A. V.; de Oliveira, K. T.; Meyer, G. J.; Polo, A. S., Inhibiting Charge Recombination in cis-Ru(NCS)₂ Diimine Sensitizers with Aromatic Substituents. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2019, 11 (46), 43223-43234.
2. Müller, A. V.; Ramos, L. D.; Frin, K. P. M.; de Oliveira, K. T.; Polo, A. S., A High Efficiency Ruthenium(II) tris-Heteroleptic Dye Containing 4,7-dicarbazole-1,10-phenanthroline for Nanocrystalline Solar Cells. *RSC Adv.* 2016, 6 (52), 46487-46494.
3. Hagfeldt, A.; Boschloo, G.; Sun, L.; Kloo, L.; Pettersson, H., Dye-Sensitized Solar Cells. *Chemical Reviews* 2010, 110 (11), 6595-6663.
4. O'Regan, B.; Grätzel, M., A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films. *Nature* 1991, 353 (6346), 737-740.

Andressa Vidal Müller
Doutoranda - Programa de Pós Graduação em Nanociências e Materiais Avançados
Prof. Dr. André Sarto Polo (CCNH)



A nova era das Interfaces Cérebro-Máquina

Em espanhol, há o ditado: *“rio revuelto, ganancia de pescadores”*. Essa frase significa que, em tempos de crise e destruição de empregos como o momento presente, não devemos desistir, pois o sucesso pode ser daqueles que se adaptam aos novos desafios e são capazes de lucrar com eles.

Neste “rio revuelto” em que nos encontramos, Elon Musk, o bilionário dono das empresas Tesla e SpaceX, surpreendeu novamente ao anunciar, no dia 28 de agosto, que precisará contratar mais de 10 mil novos funcionários para sua empresa Neuralink, a fim de desenvolver sua mais recente Interface Cérebro-Máquina (ICM).

O termo ICM foi cunhado em 1997 por Chapin e Nicolelis, das universidades de Hahnemann e Duke, respectivamente. Entre as conquistas desses cientistas, destaca-se o fato de terem sido os primeiros a conseguir, em 2002, fazer com que um macaco movesse um braço robótico, que estava conectado ao seu cérebro através de um ICM. As expectativas que se desdobraram após esse experimento eram enormes: desde a resolução de casos de paraplegia, restituição da visão a deficientes visuais ou até a facilitação da comunicação direta entre as mentes. E, com muitos esforços, boa parte disso já foi concretizado em experimentos com animais de laboratório.

No entanto, houve um fator que impediu que centenas de patentes e descobertas fossem aplicadas aos seres humanos: as ICMs tinham uma alta probabilidade de

infecção durante e após a cirurgia para implantá-las. Em condições normais, o cérebro é protegido pela barreira hematoencefálica e por várias membranas, ou meninges, que o separam do ambiente exterior. Essas barreiras evitam que bactérias e vírus se infiltrem no cérebro, e na eventualidade de tais barreiras serem quebradas durante o procedimento de implantação de um ICM, poderá ocorrer o desenvolvimento de quadros clínicos graves como a meningite, inflamação que pode levar o indivíduo a entrar em coma ou mesmo levá-lo a óbito.

Por quase vinte anos, as descobertas e patentes na área de ICMs se acumularam, sem que, no entanto, fossem encontrados meios de aplicação em seres humanos. Até que, na sexta-feira do dia 28 de agosto, às 16h, em São Francisco, a equipe da Neuralink apresentou sua ICM para um público estimado de 300 mil espectadores, que acompanharam o evento ao vivo e por meio de transmissão pela internet.

A interface da Neuralink é do tamanho de uma moeda, e contém vários circuitos integrados (tipo ASIC), que analisam as informações de cada um dos 1.024 cabos que saem da interface e são inseridos no cérebro. Cada cabo mede menos de 5 micrômetros de diâmetro (a título de comparação, pode-se dizer que vinte desses fios juntos teriam a espessura de um fio de cabelo). E tais cabos podem ser colocados a uma profundidade de até 43 mm no interior do cérebro. Como o



objetivo atual é apenas coletar as informações do córtex, que é a camada mais superficial do cérebro, basta inserir esses cabos numa profundidade máxima de 6mm.

A interface da Neuralink é implantada por meio de um robô desenvolvido pela própria empresa. Ele realiza todos os procedimentos cirúrgicos da operação, desde abrir um buraco no crânio, até colocar cada um dos 1.024 eletrodos nas posições corretas, sem perfurar uma única artéria ou veia do cérebro. E o mais importante: o procedimento minimiza a probabilidade de infecção durante a cirurgia. Depois que o implante é colocado, o robô sutura a abertura, cobrindo-a com o couro cabeludo, de modo que, após a pessoa receber alta, apenas algumas horas depois, já se torna difícil notar que ela foi submetida ao procedimento cirúrgico.

Além disso, o dispositivo implantado utiliza tecnologia **bluetooth** para se comunicar com o mundo exterior, e pode ser carregado sem fio durante a noite. Em relação à segurança do dispositivo, a equipe de Musk afirmou que ele cumpre integralmente as diretrizes da FDA (Food and Drug Administration), tendo obtido dessa agência a designação de Dispositivo *Breakthrough*, que significa “dispositivo altamente inovador”.

Cada apresentação em seres vivos tem seus riscos, e, nesse caso, Elon Musk mostrou muita paciência até que a porquinha

Gertrude, que teve um ICM implantado, decidiu sair para que o multimilionário pudesse falar sobre seu implante. A essa altura, parecia que a demonstração daria errado, mas, mesmo assim, o público pôde ver a equipe de Musk tratar com muito carinho a porquinha, que ficou exultante diante das câmeras.

O empresário enfatizou que a porquinha estava saudável com seu implante, o qual já se encontrava instalado há mais de dois meses. Elon Musk também esclareceu que o implante não havia sofrido danos, apesar das contínuas brincadeiras do animal. Durante a apresentação, enquanto a porquinha cheirava vários objetos, a atividade de cada um dos neurônios no córtex que processavam as informações olfativas e táteis do focinho do animal foram exibidas numa tela. Elon Musk também mostrou outro porquinho, que portava dois implantes, e um terceiro, cujo implante foi removido para demonstrar um aspecto importante do procedimento: que era reversível e seguro.

Para aqueles que atuam em certas áreas da engenharia ou em neurociência, a demonstração se mostrou como um ponto de virada nas pesquisas voltadas à conexão do cérebro humano ao mundo exterior via ICM, visando aprimoramentos no tocante ao envio e recebimento de informações.

Após a palestra de Musk, começou a rodada de perguntas e respostas para os internautas e pessoas presentes no evento. Elon Musk e os jovens membros da equipe responderam com entusiasmo às perguntas e falaram sobre aplicações futuras para o dispositivo. Musk afirmou estar confiante de que os implantes em breve passarão a ser usados para dirigir carros elétricos via comandos cerebrais. Outra de suas prioridades seria o tratamento de pessoas que tiveram sua medula espinhal seccionada, a fim de ajudá-las a recuperar suas funções motoras. Para esse propósito, dois ICMs precisariam ser colocados, um em cada lado da seção onde a medula espinhal fora interrompida. Com ambos os dispositivos se comunicando entre si via **bluetooth**, a comunicação perdida entre as duas partes do



corpo poderia ser restaurada, permitindo, por exemplo, que um paraplégico voltasse a andar.

A comunicação cérebro-cérebro, que já foi testada por Nicoletti em animais, pode se tornar uma realidade humana. Musk falou em “telepatia não linguística, de consentimento, consensual e conceitual” indicando que esse tipo de comunicação telepática poderia preservar a confidencialidade no diálogo entre dois indivíduos e, transmitir não apenas palavras, mas também conceitos e até imagens mentais. Essas comunicações seriam criptografadas, e os dispositivos teriam maiores garantias contra invasões. De certa forma, ele se referiu a si mesmo quando disse que a ICM da Neuralink também poderia ajudar aquelas pessoas que, pensando muito rapidamente, não conseguem traduzir, na mesma velocidade, seus pensamentos em palavras. Musk deseja que seu dispositivo ajude a evitar a concretização de previsões sombrias referentes à possibilidade de a inteligência artificial entrar em confronto com os seres humanos e sistemas de computador. Para isso, o bilionário falou do conceito “simbiose IA”, segundo o qual a inteligência artificial estaria associada, em vez de estar em conflito com a inteligência humana.

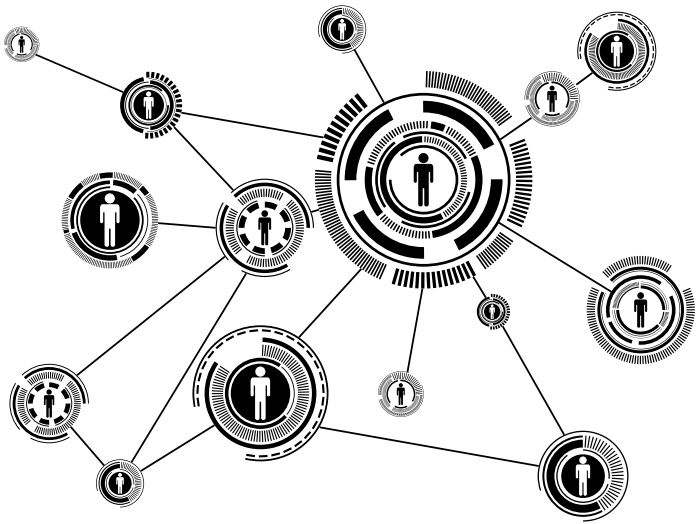
Para garantir o sucesso dessa futura simbiose, todas as medidas de segurança

para proteger as ICMs de hackers inescrupulosos seriam poucas. Atualmente, com o avanço da tecnologia CRISPr, qualquer introdução de dispositivos em corpos humanos, incluindo vacinas, precisam apresentar garantias médicas e legais muito consistentes. Do contrário, estaríamos nos expondo ingenuamente a um procedimento capaz de mudar nosso comportamento e até mesmo nosso código genético.

A interface cerebral de Elon Musk abre novos desafios não apenas para hackers, criptógrafos e advogados, mas também para um determinado grupo de engenheiros, cujo recrutamento foi iniciado de modo bastante específico e direto por Musk, que chegou a apresentar um endereço de e-mail destinado a receber solicitações de emprego: engineering@neuralink.com.

No atual ambiente de crise econômica e incertezas trabalhistas, este é o momento para os engenheiros, bem como para a criação de novas especialidades. Este é o momento ideal para que as universidades considerem a criação de novos cursos, como o de Neuroengenharia. Nesses cursos, além das disciplinas de neurociência, inteligência artificial e eletrônica, seria necessário ofertar disciplinas sobre ética e criptografia, para complementar corretamente a formação desses novos profissionais.

Prof. Francisco Javier Ropero Peláez (CMCC)



Tecnologias de streaming e blockchain para uma sociedade moderna digitalmente mais integrada

A sociedade moderna vem buscando por soluções que permitam uma efetiva integração de todas as atividades da vida diária, seja no contexto do cidadão individual, seja no contexto sistêmico das instituições. O que se deseja é uma otimização da forma como essas atividades são executadas, considerando a não dependência do local físico em que os atores se situam. Isso sem que haja perda da qualidade de apresentação do conteúdo, bem como comprometimento de confidencialidade, disponibilidade e integridade dos dados a ser processados.

Na UFABC, o Projeto de Pesquisa PIC553-2019, de título "*Streaming de Objetos Multimídia e Tecnologias de Registros Distribuídos para Aplicações IoT (Internet of*

Things)", visa contribuir com esse cenário tecnológico emergente. O projeto traz benefícios ao processo ensino-aprendizagem dos discentes de graduação e pós-graduação da UFABC, como aquisição de conhecimento, competências e habilidades para o desenvolvimento de projetos reais ante as tecnologias em investigação. Além disso, o projeto fornece uma significativa contribuição para os cursos oferecidos na instituição, ao promover a consolidação de uma linha de pesquisa que representa o futuro das tecnologias de integração para uma sociedade moderna.

Nesse contexto, a seguir são brevemente explicados os conceitos e as definições centrais das duas tecnologias em investigação no referido projeto.



Para entender a tecnologia de *streaming sob demanda*, pense no YouTube ou Tik Tok. O termo sob demanda corresponde ao conceito que lhe permite ter acesso ao conteúdo no instante desejado. Já o termo *streaming* corresponde ao conceito que permite assistir a um determinado vídeo enquanto ele está sendo baixado pela rede.

Mas, como o vídeo pode ser assistido enquanto é baixado? Não seria necessário baixar o vídeo antes? Basicamente, os computadores do YouTube, de onde você baixa o vídeo, o dividem em pequenos segmentos. Com essa divisão, seu dispositivo celular ou computador vai reproduzindo os segmentos que já baixou, enquanto recebe os próximos segmentos.

A partir dos conceitos de *sob demanda* e *streaming*, erguem-se diversas questões científicas e tecnológicas, que são exploradas no Projeto de Pesquisa PIC553-2019. Para exemplificação, duas delas são brevemente apresentadas a seguir:

a) Enquanto você está baixando o vídeo, seria possível compartilhar os segmentos



que já baixou com outras pessoas? Note que outras pessoas também poderiam compartilhar os segmentos com você, evitando os custos do consumo de dados. Nas pesquisas temos aplicado essa ideia de compartilhamento, que você talvez conheça como BitTorrent.

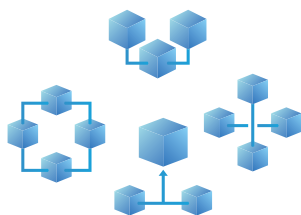
b) Assistir ao vídeo usando seu celular com 3G ou 4G piora muito o tempo para baixá-lo se comparado com o WiFi? Sim, mas temos aplicado algumas técnicas que permitem que você quase nem perceba. Por exemplo, o YouTube aumenta ou diminui automaticamente a qualidade do vídeo enquanto baixa, dependendo da sua conexão. Você poderá observar esse comportamento no YouTube, que mostra a mudança de qualidade do vídeo entre 360p, 480p, 720p, entre outras.

A tecnologia de registro distribuído mais conhecida é a *Blockchain*. Sua origem foi em 2008, junto com a proposta da criptomoeda *Bitcoin*. Apesar da concepção original para pagamentos eletrônicos, a *Blockchain* foi rapidamente identificada como tendo aplicabilidade mais abrangente. Por exemplo, na implementação de aplicações de controle de votos, de recursos em gestão orçamentária, de direitos de propriedades e, ainda, de comunicação em sistemas distribuídos, incluindo especialmente *Internet of Things*.



As transações dos clientes do sistema são agrupadas em blocos interligados formando uma *lista encadeada*, i.e., a *blockchain*. Cada bloco está ligado a apenas um bloco anterior a ele. A *mineração* é o processo matemático que precisa ser executado para que o bloco seja adicionado à *blockchain*. Esse processo é executado por um conjunto de nós processadores da rede, denominados de *mineradores*. Na prática, a *mineração* consiste em tentativas sucessivas para determinar um valor de *nonce* que resolve o *hash* criptográfico do bloco de transações, atendendo a um certo critério. O algoritmo de *hash* criptográfico utilizado é o conhecido SHA-256.

A partir desse contexto, novamente erguem-se diversas questões científicas e tecnológicas, também exploradas no projeto. Para exemplificação, duas dessas questões são apontadas a seguir:



a) Qual o tamanho do bloco de transações?

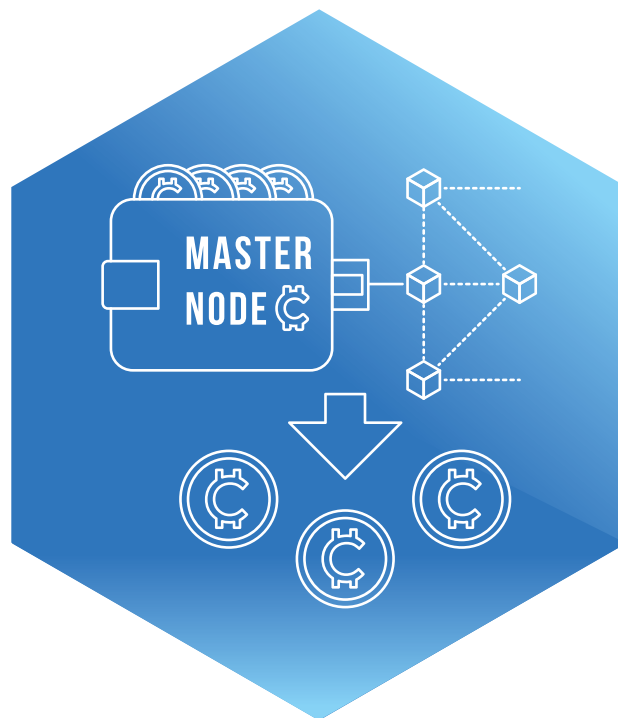
Quanto maior esse tamanho, mais rapidamente as

informações se tornam disponíveis na base de dados do sistema. A discussão, no entanto, diz respeito à velocidade de processamento dos processadores, que deve ser maior, e do retardo de transmissão na rede. Esse estudo tem impacto na segurança sistêmica da base de dados.



b) Qual o tempo médio para a inserção de uma transação na base de dados?

Esse tempo de inserção, assim como o tamanho do bloco, redonda na celeridade da disponibilização da informação na base de dados. Sua análise, todavia, considera a complexidade do processo de *mineração*. Esse estudo também tem impacto na segurança sistêmica da base de dados.



A metodologia de trabalho que temos adotado para o desenvolvimento do Projeto de Pesquisa PIC553-2019 é baseada na investigação de literatura especializada e, posteriormente, em análises experimentais utilizando modelagem matemática, simulações e medições reais. Os produtos resultantes são principalmente artigos científicos publicados em periódicos, conferências e simpósios, bem como palestras e entrevistas em meios de comunicação.

Em síntese, temos procurado promover um avanço do conhecimento por meio de ações de ensino, pesquisa e extensão, tendo como fundamentos básicos a interdisciplinaridade, a excelência e a inclusão social. Para conhecer mais sobre o nosso projeto, escreva-nos nos e-mails carlo.kleber@ufabc.edu.br e vladimir.rocha@ufabc.edu.br, ou visite-nos no site Laboratory of Multimedia Streaming and Distributed Ledger Technologies (LMDT), disponível em: shorturl.at/pzG29.

Prof. Carlo Kleber da Silva Rodrigues
Prof. Vladimir Emiliano Moreira Rocha (CMCC/UFABC)



Tomografia de raios X como tecnologia de medição na manufatura digital

O setor industrial tem sido palco de contínuas transformações ao longo de sua existência, com marcos tecnológicos importantes que configuram as chamadas revoluções industriais. A integração de ponta a ponta de tecnologias da informação e comunicação, criando redes em que os meios físicos podem se comunicar entre si e coletar dados, por meio de sensores, analisá-los e tomar decisões, assim como o desenvolvimento de novas formas de fabricação, em especial aquelas que se baseiam na adição de material, têm colocado em evidência um campo da ciência em geral pouco conhecido: a *metrologia - a ciência da medição e suas aplicações*. Por exemplo, uma peça ou componente que forma um produto que tenha associado algum tipo de requisito dimensional ou geométrico necessita de algum processo de controle antes de ser enviado para o cliente. Por sua vez, um dos atributos que torna a manufatura aditiva tão atraente é a possibilidade de fabricar, com relativa simplicidade, a partir do modelo digital tridimensional, peças individuais com estruturas funcionais internas e fora do campo de visão, as quais poderiam ser

replicadas por métodos de moldagem com restrições importantes, ou simplesmente não seriam replicáveis por métodos de remoção de material. Impôs-se, assim, um grande desafio àqueles que estudam e praticam a ciência da medição - os *metrologistas*: como garantir que as especificações dimensionais e geométricas das estruturas internas e fora do campo de visão são satisfeitas?

O caminho para a solução estava numa tecnologia já empregada na medicina desde a década de 1970 e na inspeção não destrutiva de peças ou componentes, a partir da década de 1990: a tomografia de raios X. Contudo, para o controle dimensional e geométrico, a exatidão de medição precisaria ser bem melhor, não mais na escala milimétrica requerida na maioria das aplicações em medicina e inspeção não destrutiva, mas na escala micrométrica ou mesmo nanométrica. As primeiras soluções comerciais despontaram na segunda metade da década de 2000, graças aos avanços nas tecnologias de geração dos raios X, com fontes capazes de atingir pontos focais na ordem de micrometros, e de detecção dos raios X, com sensores de alta resolução e sensibilidade.



Fig. 1: Configuração típica de SMTRX com seus três principais subsistemas e uma peça de titânio no campo de radiação.

Fixando a fonte de radiação numa extremidade e o detector plano noutra de uma estrutura mecanicamente estável, e inserindo entre eles um sistema de posicionamento linear e angular da peça sob análise, já populares na metrologia dimensional, deu-se forma aos sistemas de medição por tomografia de raios X (SMTRX), ilustrado na Fig. 1, no contexto de medição de uma peça de titânio proveniente de uma impressora 3D.

Com a introdução dessa tecnologia de medição nas universidades, institutos de pesquisa e indústrias, contudo, os desafios para o metrologista apenas começaram. Isso porque, em geral, uma expressão completa do resultado de uma medição deve incluir informações sobre a incerteza de medição, i.e., parâmetro que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser atribuídos à grandeza submetida à medição. Em medições por tomografia de raios X, isso implica o conhecimento de vários componentes de incerteza provenientes de efeitos sistemáticos e aleatórios, os quais se relacionam por meio de um complexo modelo matemático da medição. Na Fig. 2, é mostrada uma cadeia simplificada da fabricação e medição por tomografia de raios X: (a) modelo digital, (b) peça física, (c) radiografias capturadas em centenas ou milhares de posições angulares distintas, (d) volume reconstruído, (e) comparação do volume reconstruído com o modelo digital. A qualidade do resultado dessa comparação é influenciada por muitos fatores associados à fonte, ao detector, ao sistema de posicionamento e à interação dos raios X com a matéria. Trata-se de uma temática ainda não resolvida e que tem sido

objeto de várias iniciativas, dentre as quais, as investigações realizadas no âmbito do estágio pós-doutoral do autor desta matéria, realizado dentro do Grupo de Pesquisa em Metrologia Industrial da Universidade Católica de Lovaina - KUL, Bélgica, entre 16/12/2019 e 31/08/2020, com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2018/24757-7.

Dentre as atividades realizadas, buscou-se desenvolver base científica sobre a variabilidade de fatores físicos e geométricos que influenciam o processo de medição, e compreender o impacto deles sobre a incerteza em medições dimensionais. Não é foco desta matéria detalhar os muitos fatores físicos e geométricos estudados por meio de experimentos e simulações numéricas, mas mostrar de forma acessível como a transformação digital tem tido impactos relevantes em áreas com menos destaque. Como qualquer equipamento que combina diversos tipos de tecnologias, verificações periódicas são necessárias para assegurar um adequado funcionamento dos seus vários subsistemas. Em um SMTRX, é fundamental que se conheça com exatidão a posição e orientação relativa dos seus três principais subsistemas (fonte de raios X, detector plano e sistema de posicionamento da peça). Do contrário, a imagem tridimensional reconstruída não representará, de fato, a peça medida, devido à presença de defeitos artificiais na imagem, que dificultarão ou mesmo inviabilizarão obter resultados de medição conclusivos, ou seja, com incerteza de medição apropriada.

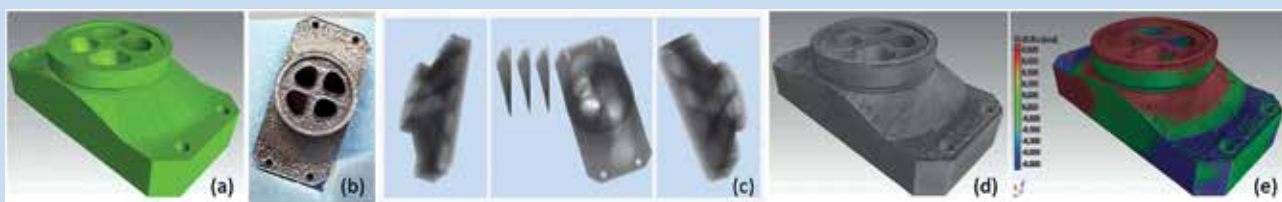


Fig. 2: Cadeia de fabricação e medição por tomografia de raios X de uma peça de titânio: (a) modelo digital, (b) peça física, (c) radiografias em posições angulares distintas, (d) volume reconstruído, (e) comparação do volume com o modelo digital.

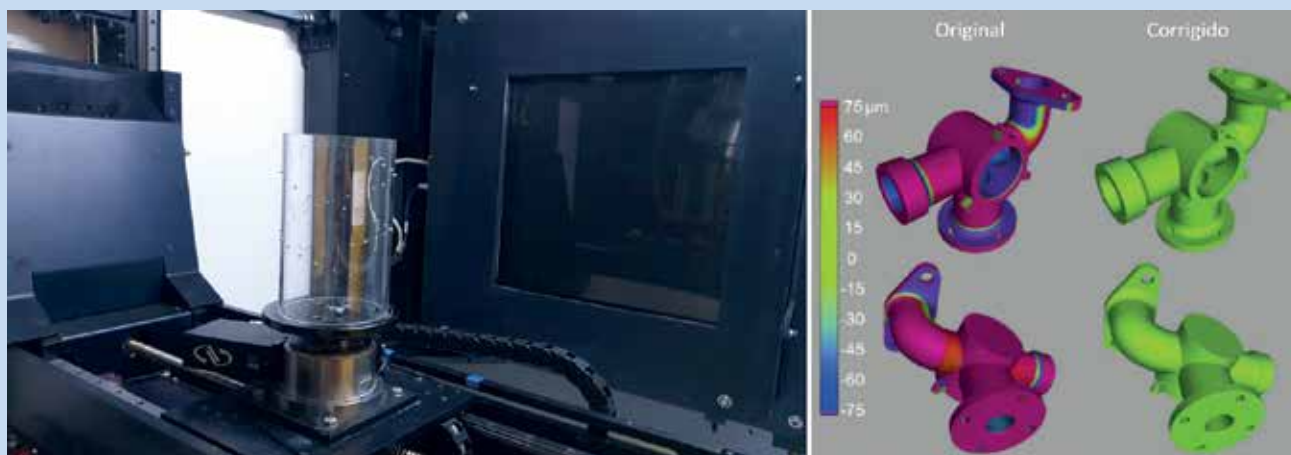


Fig. 3: Objeto de referência sobre a mesa do SMTRX (esquerdo) e resultados obtidos por simulação de uma peça medida um SMTRX com desalinhamentos relativos entre os seus subsistemas antes e depois da correção por software (direito).

Para tanto, entre as atividades realizadas no período de estágio, podem-se destacar os experimentos planejados e executados para avaliar a sensibilidade de um método de medição por imageamento de um objeto de referência, a fim de detectar os erros de posicionamento e alinhamento de um sistema de medição por tomografia de raios X. A Fig. 3 exibe uma foto do objeto de referência - formado por um tubo cilíndrico de acrílico com um conjunto de esferas de aço temperado dispostas em duas espirais - sobre a mesa rotativa do SMTRX sob teste. De um conjunto de radiografias do objeto adquiridas com o SMTRX, é possível determinar, por métodos de otimização numérica, os erros de posicionamento e orientação relativos entre os três subsistemas. Nesse contexto, o plano experimental foi elaborado de forma a responder duas questões fundamentais:

(1) Como se comportam os erros do sistema de medição por tomografia de raios X ao longo do tempo?

(2) Qual é a capacidade efetiva de detecção dos erros pelo método de medição por imageamento proposto?

O comportamento dos erros do SMTRX que integra a infraestrutura laboratorial do Grupo de Pesquisa em Metrologia Industrial evidenciou a necessidade de verificação e correção periódica dos erros de posicionamento e orientação, preferencialmente por *software*, e o método de medição demonstrou boa capacidade de detecção dos erros relativos dos subsistemas do SMTRX. Como continuidade dessa linha de pesquisa, delineiam-se como próximos passos a avaliação de outros SMTRX, particularmente aqueles que incorporam tecnologias específicas para melhorar a exatidão das medições, e a adoção de melhorias nos algoritmos atualmente implementados para mapear os erros a partir das imagens do objeto de referência.

Prof. Christian R Baldo (CECS)

Wim Dewulf, Prof. Dr. Ir.

Universidade Católica de Lovaina - KUL, Lovaina, Bélgica

Gabriel Probst, M. Eng.

Universidade Católica de Lovaina - KUL, Lovaina, Bélgica



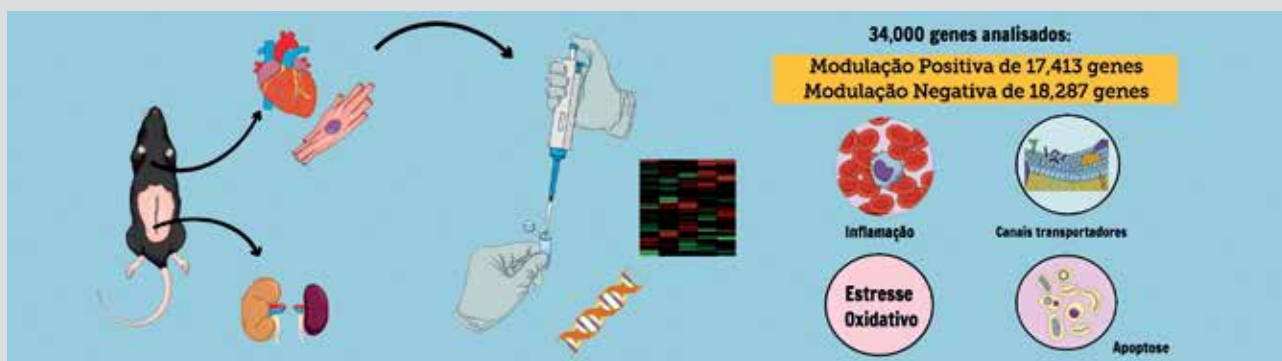
Expressão Gênica em larga escala no estudo de doenças cardiovasculares

Atualmente, as patologias cardiovasculares são as maiores causas de óbito no mundo, seguidas do câncer e da diabetes (Organização Mundial de Saúde, 2019). Nesse cenário, a contribuição científica se faz presente para preencher as diversas lacunas ainda existentes nos estudos relacionados a essas doenças, que acometem a população mundial. Um relevante passo a ser dado no estudo de doenças cardiovasculares é o conhecimento dos mecanismos envolvidos na fisiopatologia e, conseqüentemente, tratamentos mais eficazes visando menor mortalidade e melhor qualidade de vida.

Sabe-se que as doenças renais são um fator de risco para o surgimento de doenças cardiovasculares, uma vez que existe uma estreita interação fisiológica ente os rins e o coração para manutenção da homeostase. Distúrbios na conexão rim-coração podem levar a um quadro patológico conhecido como Síndrome Cardiorenal ou Renocárdica, que é caracterizada por alterações renais ou cardíacas, e que levam ao desenvolvimento de diversas patologias no outro órgão. Quando a alteração se inicia no rim, podemos observar diversas alterações no tecido cardíaco, incluindo a hipertrofia cardíaca. A hipertrofia

cardíaca causa danos ao tecido, sejam eles elétricos, estruturais, mas principalmente moleculares. E é isso que estuda o laboratório da Profa. Dra. Marcela Sorelli Carneiro Ramos, do Centro de Ciências Naturais e Humanas (CCNH) da Universidade Federal do ABC. Em recente trabalho publicado, em agosto de 2020, na revista internacional *Transplantation Proceedings*, intitulado "Time Course of Gene Expression Profile in Renal Ischemia and Reperfusion Injury in Mice", o grupo se utilizou da técnica de *microarray* do DNA para investigar as alterações gênicas globais que ocorrem no tecido cardíaco, no modelo de isquemia e reperfusão renal, o qual simula um tipo de doença renal aguda.

Desde o primeiro estudo realizado com corações de maneira modesta (por William Harvey, em 1578) até os dias de hoje, passaram-se mais de 400 anos, e, com isso, os avanços tecnológicos proporcionaram um grande salto nas diversas áreas biológicas. Até que, em 1981, Patrick Brown inventou a técnica conhecida como *microarray* de DNA, sendo essa uma ferramenta de análise de expressão gênica que permite investigar a expressão de centenas ou milhares de genes numa amostra com uma reação de



hibridização. Para o trabalho aqui citado, foi utilizado o RNA total do tecido cardíaco, e foram analisados 34.000 genes de camundongo simultaneamente. As análises das amostras indicaram modulação positiva, ou seja, aumento na expressão, de 17.413 genes, e modulação negativa de 18.287 genes. Uma análise mais restrita de genes evidenciou alterações de genes relacionados à inflamação, metabolismo, apoptose, estresse oxidativo e canais de transporte de íons.

Estudos como esses são relevantes e necessários, a fim de mapear as principais causas das doenças cardiovasculares em pacientes com doença renal, principalmente

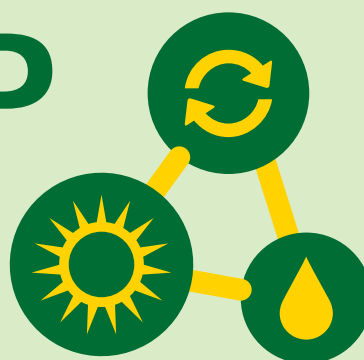
os transplantados, que passam exatamente por uma cirurgia que causa isquemia do órgão, tal qual o modelo experimental utilizado propõe. O presente estudo contribui para um melhor entendimento dessa interação rim-coração, fornecendo base para futuros tratamentos, que se mostrem mais eficazes e possibilitem a diminuição do número de óbitos ocasionados por essas doenças.

Junho CVC, Panico K, Nakama KK, et al. *Time Course of Gene Expression Profile in Renal Ischemia and Reperfusion Injury in Mice. Transplant Proc.* Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0041134520304656>> . Acesso em 14/09/2020

Carolina Victória da Cruz Junho
Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Biotecnociência
Profa. Marcela Sorelli Carneiro Ramos (CCNH)

PRH-ANP UFABC



Uma abordagem interdisciplinar para a formação de recursos humanos em petróleo, gás e biocombustíveis

O Brasil é um país que se destaca no uso de energias renováveis. Cerca de 40% de todo o suprimento de energia vem de fontes renováveis, conforme pode ser visto na Figura 1, que mostra a evolução da matriz energética brasileira ao longo dos anos. Esse perfil de produção se deve principalmente a investimentos feitos no

século passado em usinas hidroelétricas e também no setor de biocombustíveis, notadamente etanol. Além disso, o Brasil também se destaca na produção de petróleo e gás natural, e atualmente é referência na exploração em águas profundas, desbravando novas fronteiras, como no caso do pré-sal.

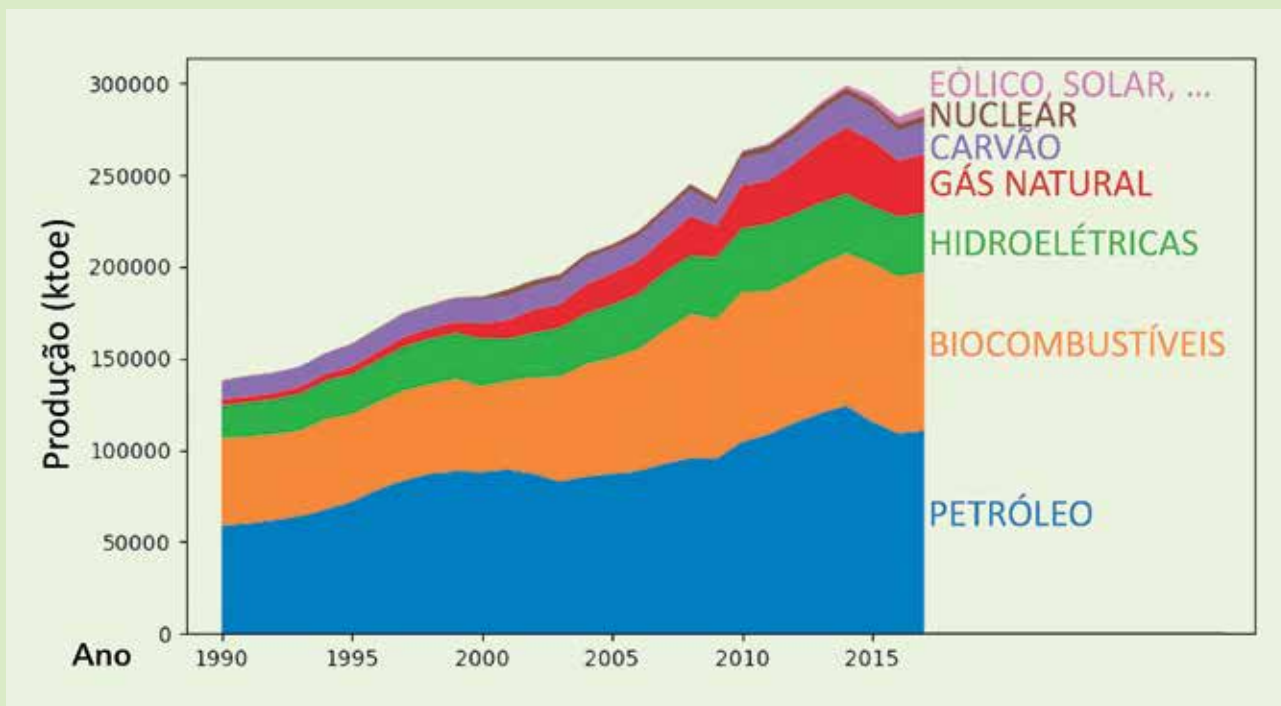


Figura 1: Evolução da matriz energética brasileira para o período de 1990 a 2017 considerando as principais fontes. A produção é medida em toe, que é o equivalente em energia a queimar uma tonelada de óleo cru. (IEA, 2018)

O destaque brasileiro nos pontos acima é ainda mais valorizado quando percebemos que o desenvolvimento de muitas das tecnologias que levaram à incorporação das energias renováveis à nossa matriz foi realizado no país. Isso somente foi possível devido ao amplo investimento em pesquisa científica e também na formação e capacitação de recursos humanos qualificados em diferentes níveis. Foi justamente para incentivar a formação de mão de obra, e buscar reter os cérebros nacionais, que a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) lançou o PRH-ANP (Programa de Formação de Recursos Humanos). O programa consiste em 55 grupos espalhados por inúmeras universidades. O PRH-49 está sediado na UFABC, e, neste ano, selecionou seus primeiros bolsistas.

O projeto financia bolsas de estudo, e estão previstos editais anuais de seleção durante os cinco anos de sua duração. Os recursos financeiros são oriundos de empresas petrolíferas, provenientes da obrigação de investimento da cláusula de PD&I. Na atual edição, o edital do projeto apresentou um escopo mais amplo do que suas versões

anteriores, e o enfoque do projeto da UFABC é principalmente em energias renováveis. Isso inclui: biocombustíveis e demais energias renováveis; nanotecnologia e novos materiais; e biotecnologia. Essas três grandes áreas permitem que uma ampla gama de projetos possa ser desenvolvida pelos bolsistas. Entre os projetos de interesse incluímos:

Transformação de derivados de petróleo e biorrenováveis:

reações envolvendo a ativação de ligação C-H, como a oxidação seletiva de compostos orgânicos. Essa transformação é importante para processos industriais que vão desde a síntese de fármacos a produtos de química fina. Para se obter rotas sustentáveis, é fundamental desenvolver catalisadores capazes de promover a síntese dos produtos desejados de forma eficiente, minimizando a geração de substâncias tóxicas. Recentemente, pesquisadores do projeto obtiveram excelentes atividades na oxidação de alcanos, alquenos e álcoois usando sistemas catalíticos baseados em diferentes metais e água oxigenada como oxidante (um dos oxidantes mais limpos e verdes da química). Os resultados sugeriram uma potencial

aplicação na oxidação de derivados de petróleo, bem como de produtos naturais como terpenos (limoneno), acetol (derivado do glicerol e um dos principais subprodutos na cadeia do biodiesel) e do próprio biodiesel. Esses sistemas catalíticos podem ser aplicados na valorização de derivados de petróleo. Na área de produtos renováveis e biorrefinarias, o grupo tem pesquisado a valorização de limoneno, subproduto da casca da laranja. Atualmente, os resíduos sólidos da produção de laranja não são totalmente utilizados, levando a quantidades significativas de resíduos que apresentam risco de contaminação de água e, em alguns casos, à produção descontrolada de metano. Portanto, é de importância econômica, ambiental e social converter esses resíduos sólidos em produtos de alto valor agregado.

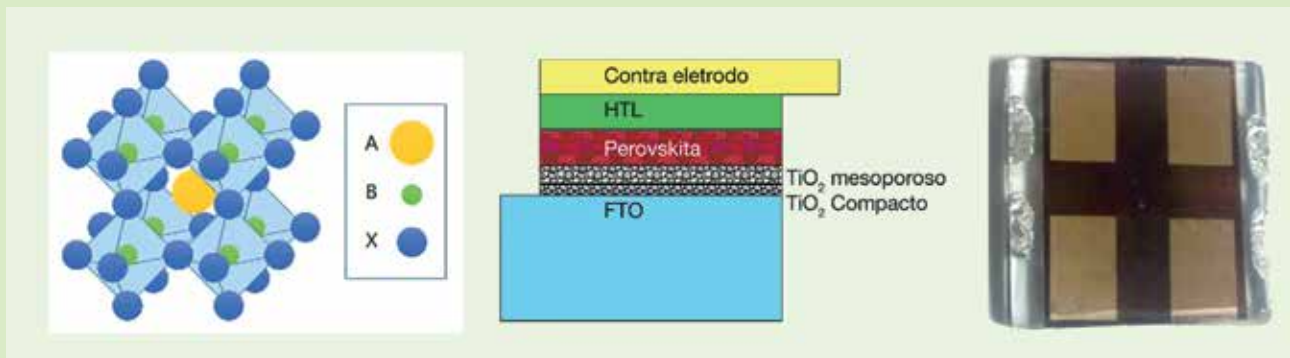
Ativação de metano CH₄ – A matéria-prima fóssil mais verde e fonte de energia:

com as descobertas do pré-sal, além do petróleo, o Brasil pode se tornar também um dos principais produtores de gás natural. O principal componente do gás natural é o metano CH₄, o combustível fóssil que gera menos CO₂ quando queimado. Por isso, seu uso crescente será fundamental na descarbonização da matriz energética nas próximas décadas, na transição para uma matriz predominantemente baseada em energia renováveis. Cerca de 90% do gás natural consumido atualmente no mundo é utilizado em processos de queima. Os 10% restantes são convertidos em gás de síntese (combinação de H₂ em CO), que é matéria-prima para processos de geração de hidrocarbonetos de interesse industrial como metanol, etileno, etc. Apesar de os processos FT serem bem estabelecidos, eles demandam equipamentos complexos e custosos. A equipe do PRH-49 conta com dois grupos com projetos que estudam processos inovadores para a conversão direta de metano em produtos químicos de alto valor agregado, como etileno, metanol e formaldeído. Além do metano de fonte fóssil, o biogás é rico em metano e pode ser transformado em produtos

de maior valor agregado.

Computação de alto desempenho: as empresas petrolíferas são, hoje, proprietárias de alguns dos maiores supercomputadores existentes. No Brasil, o supercomputador Santos Dumont, no LNCC, e do SENAI-CIMATEC, na Bahia, têm as empresas petrolíferas como alguns de seus maiores usuários. Nesse contexto, há interesse: no entendimento da dinâmica de fluidos em poços de petróleo, na busca por materiais mais eficientes ou otimizados para processos catalíticos ou fotocatalíticos, e no entendimento de como diferentes meios ou materiais interagem formando as mais variadas interfaces. Além disso, nos últimos anos, tem-se observado um acelerado avanço de métodos de inteligência artificial, que tornam previsões mais rápidas e eficazes.

Fotossíntese artificial: pesquisas relativas aos processos oriundos da conversão da radiação solar em energia limpa e sustentável têm-se intensificado nas últimas décadas. Dentre as estratégias de uso da radiação do sol, a quebra da molécula de água induzida pela luz solar, gerando hidrogênio gasoso, tem sido considerada a forma mais limpa e elegante de se armazenar energia, sendo chamada de *fotossíntese artificial*. Para tornar esse processo economicamente viável, é necessário fabricar materiais utilizando minerais abundantes na natureza. O desenvolvimento desse processo fotoeletroquímico de conversão de energia solar, em termos figurados, corresponderia ao encontro do “Santo Graal” da química. Após quatro décadas do primeiro anúncio da quebra da molécula de água via fotoeletrolise, foram feitos progressos substanciais para comercializar essa tecnologia. Contudo, apesar dos avanços, ainda outras pesquisas são cruciais para viabilizar economicamente o seu desenvolvimento. Dentre elas, destacamos estudos sobre os mecanismos envolvidos nas reações químicas, bem como sobre os processos de separação e transporte de carga, tanto na interface sólido-sólido quanto sólido-líquido (substrato/camada



semicondutora e semicondutor-eletrólito) e no aproveitamento e gestão dos fótons incidentes (geração do par elétron-buraco). O primeiro desafio para superar as atuais limitações é o de encontrar um material único que atenda a todos os requisitos para ser efetivamente comercializado. No PRH-49, há estudos visando a conversão de energia solar em energia química, como tentativa de mimetizar o processo de fotossíntese natural para a produção desse combustível limpo e sustentável.

Células solares de Perovskitas – Convertendo a luz solar em eletricidade:

células solares são dispositivos capazes de converter a luz solar em eletricidade. Dentre as diversas opções desses dispositivos, recentemente surgiram as Células Solares de Perovskitas híbridas, que têm se mostrado como uma alternativa viável, devido à sua alta eficiência, baixo custo, e relativa facilidade de industrialização. Perovskita é uma classe de materiais semicondutores de fórmula ABX_3 . Quando o sítio A é ocupado por um cátion orgânico, forma-se a subclasse de perovskitas híbridas. Estas possuem uma excelente absorção de luz visível, devido à pequena separação de bandas desse semicondutor ($\sim 1,6$ eV), o que é uma grande vantagem para converter a luz solar. Recentemente, observou-se uma rápida evolução na eficiência desses dispositivos, atingindo 25,2% em cerca de uma década de desenvolvimento. Na UFABC, as investigações sobre essas células envolvem diversas frentes, como a compreensão de mecanismos de perdas que ocorrem nos dispositivos e estratégias para evitá-las, o desenvolvimento de

novas classes de nanomateriais baseados em perovskitas, e a utilização de cálculos teóricos para compreender as relações entre estrutura e desempenho dessas células.

Células a combustível: a UFABC também se destaca nas pesquisas de células a combustível de óxido sólido (SOFCs). Membros da nossa equipe são pioneiros no estudo de SOFCs alimentadas por etanol. Tais dispositivos eletroquímicos deverão ser importantes na futura matriz energética brasileira, tanto em termos de geração distribuída de energia elétrica (aplicações estacionárias) como em veículos automotivos com motor elétrico. A pesquisa nessa área envolve o desenvolvimento de novos materiais cerâmicos que possuam boas propriedades de transporte iônico (de íons de oxigênio ou prótons) e novos catalisadores para as reações de combustão e redução do oxigênio.

Por conta da amplitude de frentes de pesquisa e da quantidade de bolsistas (quando plenamente implementado, o projeto contará com 30 bolsistas), o PRH-49 pretende ter uma atuação transversal na UFABC, criando um grupo ativo cientificamente, e coeso do ponto de vista programático. A UFABC, por seu perfil centrado na pesquisa, e por estar inserida em uma região altamente industrializada, tem potencial de se tornar referência nacional em energias renováveis.

*Prof. Andre S. Ferlauto (CECS)
Prof. Andre S. Polo (CCNH)
Prof. Dalmo Mandelli (CCNH)
Prof. Flavio L. de Souza (CCNH)
Prof. Gustavo M. Dalpian (CCNH)*

