



volume 27 . número 1 . 2024 . ISSN 2237-9851

# ABCM

Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas

## Editorial

Luís Mauro Moura

## Palavras do Presidente

Domingos Alves Rade

## Professor Renato Machado Cotta recebe o prêmio Leonardo Goldstein Jr.

João N. Nonato Quaresma  
Luiz Bevilacqua  
Helcio R. Barreto Orlande

## A inteligência artificial generativa e os direitos autorais

Cinthia O. de Almendra Freitas

## Tecnologia de Metais Inteligentes para Aplicações de Engenharia Avançada

Carlos José de Araújo

## Oportunidades para os sistemas fotovoltaico-térmico e heliotérmico de concentração

Bruna de O. Busson  
Alexander Leyton  
Rafael P. da Cruz  
Victor C. Pigozzo Filho  
Rafael Faleiros  
Alexandre B. de Sá  
Patrícia Scalco  
Jacqueline B. Copetti  
Jorge A. L. Esswein Jr  
Rafael B. A. Passarella  
Loïc Tachon  
Júlio C. Passos

## Resenha sobre o Livro: O Método Não Destrutivo (MND) na Engenharia Brasileira

Yannis Calapodopulos

Eventos ABCM 2024 | 2025

Expediente

Engenharia e Ciências Mecânicas  
Tecnologia de metais inteligentes  
fotovoltaico térmico e heliotérmico  
inteligência artificial generativa

## editorial



Luís Mauro Moura

A revista **ABCM Engenharia** é uma publicação realizada desde 1994 com conteúdo de informação dirigida aos membros da ABCM com artigos de interesse da comunidade, além da divulgação de suas atividades e congressos.

Começamos tradicionalmente a edição da revista com as “Palavra do Presidente”, onde o Prof. Domingos Rade faz um relato dos pontos principais das atividades da associação ocorridos no transcorrer deste ano.

Neste ano, como novidade, propomos a publicação de um artigo referente ao laureado com o prêmio **Leonardo Goldstein Jr.** da ABCM em 2023. O agraciado com este prêmio foi o Prof. Renato Machado Cotta o qual toda a comunidade reconhece como um dos grandes nomes de nossa comunidade, tendo ele também sido presidente da ABCM no biênio 2000-2001. Parabéns ao Prof. Cotta pela sua dedicatória a ciência e formação de conhecimento na Engenharia brasileira.

O “ChatGPT” está presente como uma ferramenta para ser utilizado no ensino, pós-graduação e na pesquisa decorrente. Temos a preocupação dele ser usado de maneira inadequada neste nosso ambiente. A Profa. Cinthia Obladen de Almendra Freitas do Programa de Pós-Graduação em Direito PUCPR discorre sobre o uso da Inteligência Artificial Generativa no nosso ambiente de trabalho, abordando aspectos legais sobre a elaboração de textos com o auxílio desta ferramenta. Creio se ainda não usamos, em breve, isto acontecerá.

Na inovação em novos materiais o prof. Carlos José de Araújo aborda os Metais inteligentes e suas aplicações na Engenharia. As particularidades singulares de propriedades Mecânicas abrem possibilidades de utilização em diversas áreas e aplicações.

A seguir, o prof. Júlio Cesar Passos e sua equipe propõem um artigo sobre o uso de sistemas fotovoltaico-térmico e heliotérmico de concentração que são tecnologias que são possibilidades de substituição energética. A evolução da era industrial foi baseada principalmente no uso de combustíveis fósseis que possibilitou o crescimento das cidades e a expansão da indústria. Mas de maneira indesejada temos visto os estudos científicos sobre os impactos ambientais de onde surgiu o termo “Emergência Climática” para o estudo destes problemas. Uma vez mais a engenharia passa a ser um dos agentes principais para o desenvolvimento de novas soluções e oportunidades econômicas e sociais.

Relatamos na revista os eventos ocorridos em 2024 e fazemos a divulgação dos eventos de 2025.

A ABCM foi fundada em 19 de abril de 1975. Como poucas contas chegamos à conclusão que no próximo ano completaremos 50 anos de existência. Desta maneira conclamamos a nossa

comunidade a participar intensamente das atividades que serão propostas pela diretoria bem como dos eventos que ocorrerão em 2025, sobretudo no COBEM 2025 que ocorrerá em Curitiba e que será especial para esta comemoração.

Neste ano a ABCM Engenharia tem a particularidade da mudança de editor, deixando de ser o prof. Sergio Viçosa Möller o qual deixamos os agradecimentos pelos anos dedicados a esta atividade.

*Desejamos uma boa leitura!*

## sumário

<b>Editorial</b> Luís Mauro Moura	<b>01</b>
<b>Palavras do Presidente</b> Domingos Alves Rade	<b>04</b>
<b>Professor Renato Machado Cotta recebe o prêmio Leonardo Goldstein Jr.</b> João Nazareno Nonato Quaresma Luiz Bevilacqua Helcio Rangel Barreto Orlande	<b>10</b>
<b>A inteligência artificial generativa e os direitos autorais</b> Cinthia Obladen de Almendra Freitas	<b>17</b>
<b>Tecnologia de Metais Inteligentes para Aplicações de Engenharia Avançada</b> Carlos José de Araújo	<b>24</b>
<b>Oportunidades para os sistemas fotovoltaico-térmico e heliotérmico de concentração</b> Bruna de O. Busson   Alexander Leyton Rafael P. da Cruz   Victor C. Pigozzo Filho Rafael Faleiros   Alexandre B. de Sá Patrícia Scalco   Jacqueline B. Copetti Jorge A. L. Esswein Júnior   Rafael B. A. Passarella Loïc Tachon   Júlio C. Passos	<b>34</b>
<b>Resenha sobre o Livro: O Método Não Destrutivo (MND) na Engenharia Brasileira, publicado em 2023 pela All Print Editora (São Paulo)</b> Yannis Calapodopulos	<b>48</b>
<b>Eventos ABCM 2004   2025</b>	<b>49</b>
<b>Expediente</b>	<b>55</b>

# palavras do presidente

Domingos Alves Rade > Presidente da ABCM  
gestão 2023-2025



Na honrosa função de Presidente da ABCM, mais uma vez utilizo este espaço em nossa revista ABCM Engenharia para, em nome da Diretoria, dirigir-me aos membros da nossa Associação e transmitir-lhes informações de interesse da comunidade de engenharia e ciências mecânicas do Brasil e relatar as principais ações desenvolvidas pela Diretoria ao longo do ano 2024.

Primeiramente, cumpre-nos agradecer à comunidade da ABCM pela confiança manifestada nas eleições para a Diretoria e para o Conselho, realizadas no período de 14 de agosto a 22 de setembro de 2023, quando fomos eleitos para exercer nosso segundo mandato, biênio 2023-2025. Cumprimentamos os colegas eleitos para o Conselho, a quem desejamos sucesso e satisfação no desempenho de suas importantes funções junto a nossa associação.

No plano nacional, a ABCM prossegue acompanhando e conduzindo discussões, nos fóruns que lhe são abertos, sobre temas relacionados a seu domínio de atuação. É digno de nota o louvável esforço que vem sendo realizado pelas agências governamentais de fomento para o aumento dos valores das bolsas de estudo. Os aumentos implementados pela CAPES e pelo CNPq ao longo de 2023 foram de 75% para as bolsas de iniciação científica, 40% para as bolsas de mestrado e doutorado, e de 25% para as bolsas de doutorado. Além disso, em 2022 a Comissão de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática da Câmara dos Deputados aprovou o Projeto de Lei 4144/21, que determina a correção monetária dos valores das bolsas de estudo e dos auxílios destinados à pós-graduação e à pesquisa científica, no máximo a cada dois anos, e de acordo com o IPCA. O projeto ainda tramita nas comissões de Educação, de Finanças e Tributação, e de Constituição e Justiça e de Cidadania. Aumentos significativos também foram recentemente implementados pela FAPESP. Além disso, por meio da Portaria PR nº 178, de 31 de julho de 2024, a FAPESP estabeleceu o benefício de ressarcimento da contribuição previdenciária ao INSS a bolsistas de Pós-Doutorado.

Essas são ações de grande importância para o fortalecimento do Sistema Nacional de Pós-Graduação, que vem se recuperando das consequências de um período de subfinanciamento, uma vez que promovem a valorização dos

pesquisadores bolsistas, que são responsáveis por parcela substancial da pesquisa que se desenvolve atualmente no Brasil, e cujo treinamento é essencial para a formação das futuras gerações de pesquisadores. Espera-se que, com as lições aprendidas no passado recente, seja conduzida uma discussão ampla entre setores dos governos estaduais e federal com segmentos da sociedade civil organizada, visando ao planejamento de ações de longo prazo e ao estabelecimento de políticas de Estado que assegurem a execução desse planejamento.

Na contramão desta necessidade, com preocupação constatamos que o país ainda se encontra sem um Plano Nacional de Pós-Graduação (PNPG). Após a realização de consulta pública referente à proposta para o quinquênio 2024-2028, ainda não foi concretizada sua implementação.

No plano interno à ABCM, a associação sofreu revés com o incêndio ocorrido no prédio em que se localiza a sede, no Rio de Janeiro, no dia 5 de janeiro de 2024. Embora a quase totalidade dos custos de recuperação tenha sido coberto por seguradoras, somente em outubro de 2024 a sede pôde ser novamente utilizada após a realização de uma ampla reforma de suas instalações.

Apresentamos, a seguir, relato dos eventos realizados no final de 2023 e no decorrer do presente ano, bem como das principais ações realizadas e em curso.

## Nossos eventos

O 27<sup>th</sup> *International Congress of Mechanical Engineering* - COBEM 2023 foi realizado no período de 4 a 8 de dezembro de 2023, em Florianópolis, SC, sob responsabilidade do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, tendo comissão organizadora presidida pelos professores Amir Antônio Martins de Oliveira Jr., Henrique Simas e Milton Pereira. O evento, que foi o primeiro COBEM realizado de forma totalmente presencial após a pandemia de COVID-19, foi muito bem-sucedido, tendo contado com 1182 trabalhos apresentados de forma oral ou pôsteres. Além das sessões técnicas de apresentação de trabalhos, o programa do evento incluiu diversas palestras convidadas,

ministradas por renomados pesquisadores brasileiros e estrangeiros, e sessões especiais dedicadas à atribuição do Prêmio Prof. Leonardo Goldstein Jr., do Prêmio ABCM-EMBRAER, edição 2022-2023, para melhor trabalho de conclusão de curso, melhor dissertação de mestrado e melhor tese de doutorado, e do Prêmio ABCM-PipelineBrazil 2023 para melhor trabalho de mestrado na área de pipelines. Foram também distinguidos os melhores trabalhos apresentados em cada um dos simpósios do COBEM, com o apoio da Springer. O programa ainda incluiu espaços para reuniões dos comitês técnicos da ABCM, abertas a todos os membros da Associação, além da reunião da Assembleia da ABCM, durante a qual foram tratados os assuntos pautados, incluindo a posse da Diretoria eleita para o biênio 2023-2025.

No período de 29 de julho a 2 de agosto de 2024 foi realizado o XII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica - CONEM 2024, em Natal, RN, organizado pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, e comissão organizadora liderada pelos Profs. Anderson Clayton Alves de Melo (Presidente) e Avelino Manuel da Silva Dias (Vice-Presidente). O programa do evento incluiu, além de sessões de apresentação de trabalhos em formato oral e em pôsteres, diversas palestras convidadas e sessões especiais dedicadas à atribuição do Prêmio ABCM, edição 2023-2024, para melhor trabalho de conclusão de curso, melhor dissertação de mestrado e melhor tese de doutorado, e do Prêmio ABCM-PipelineBrazil 2024 para melhor trabalho de conclusão de curso e melhor dissertação de mestrado na área de pipelines. O evento teve grande sucesso, tendo contado com 732 trabalhos apresentados e 788 participantes inscritos. Um dos pontos de destaque do CONEM 2024 foi a cerimônia de abertura, realizada no Teatro Riachuelo, que foi abrilhantada por apresentação da Orquestra Filarmônica da UFRN. A cerimônia contou com a presença do Reitor da UFRN, Prof. José Daniel Diniz Melo e do Presidente da ABCM.

Paralelamente ao CONEM, a ABCM promoveu, nos dias 29 e 30 de julho de 2024, o V Encontro Nacional de Coordenadores de Cursos de Engenharia Mecânica (ENACEM 2024), durante o qual foram discutidos temas importantes relacionados ao ensino de graduação e de pós-graduação em engenharia mecânica e áreas afins. Contando com a participação de palestrantes e debatedores destacados, o evento atraiu interesse de bom número de participantes, tendo sido aberto a todos os participantes inscritos no CONEM.

O XXX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - CREEM 2024 foi realizado no período de 19 a 23 de agosto de 2024, em Uberaba, MG, sob responsabilidade de estudantes do curso de graduação em Engenharia Mecânica

da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, liderados pelos acadêmicos Pedro Afonso Rosa da Silva (Presidente) e Wanessa Karoline Oliveira Silva (Vice-Presidente), e tutoria do Prof. Israel Jorge Cardena Nunez e da Profa. Júlia Bertelli Duarte. Mais uma vez, o CREEM foi obtido pleno êxito, oferecendo um diversificado programa de atividades, que incluiu sessões de apresentação de trabalhos, palestras, minicursos e visitas técnicas. A cerimônia de abertura do evento contou com a participação da Reitora da UFTM, Profa. Marinalva Vieira Barbosa, e teve a ABCM representada por seu Presidente.

O VIII Encontro Nacional de Engenharia Biomecânica - ENEBI 2024 foi realizado no período de 1º a 4 de outubro de 2024, em Gramado, RS, tendo seu comitê organizador presidido pelos Profs. Jakson Manfredini Vassoler e Rogério José Marczak, ambos da UFRGS. Apesar das dificuldades causadas pelas inundações ocorridas no Rio Grande do Sul, o evento foi muito bem-sucedido, tendo contado com 114 trabalhos apresentados, e 134 participantes inscritos. O ENEBI 2024 marcou o retorno do evento ao formato presencial. Na cerimônia de abertura, a Diretoria da ABCM foi representada por seu Diretor Técnico-Científico, Prof. Francis H. R. França.

No período de 21 a 23 de outubro de 2024 foi realizado em Florianópolis, SC, o 9<sup>th</sup> *International Symposium on Solid Mechanics* - MECSOL 2024, contando com 121 trabalhos apresentados e 128 participantes inscritos. A Comissão Organizadora foi presidida pelos Profs. Paulo de Tarso Rocha de Mendonça e Eduardo Alberto Fanello, ambos do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. Similarmente à edição 2022 do evento, a edição 2024 envolveu a colaboração entre três comitês técnicos da ABCM: os de Mecânica dos Sólidos, Materiais e Estruturas Inteligentes e Mecânica da Fratura, Fadiga e Integridade Estrutural. Além disso, os participantes do MECSOL 2024 foram convidados a submeter versões de seus artigos para publicação em um volume da série *ABCM Series on Mechanical Sciences and Engineering* a ser publicado pela editora Springer, ou a um número especial de *Latin American Journal of Solids and Structures* (LAJSS). Também teve destaque o prêmio para os melhores trabalhos de pós-graduação, que foi conferido aos seguintes estudantes e respectivos trabalhos: José Luis Thiesen (UFSC), “*Second-order computational homogenization scheme for large deformation poromechanics*”; Luã Guedes Costa (UFRJ), “*Mechanical Energy Multi-Harvesting: On the Performance Enhancement of Mechanical Energy Harvesters*”; Matheus Janczkowski Fogaça (UDESC), “*Heaviside Series: a new semi-analytical method for efficiently solving systems of linear second order ordinary differential equations*”. Na cerimônia de abertura do MECSOL 2024, a Diretoria da ABCM foi representada por seu Vice-Presidente, Prof. Amir A. M. de Oliveira Jr.

Três escolas promovidas pela ABCM foram realizadas em 2024: a 7ª Escola de Verão de Refrigeração (EVR 2024), realizada em Uberlândia, MG, no período de 26 de fevereiro a 1º de março de 2024, sob coordenação do Prof. Enio Bandarra Filho (UFU); a XIV Escola de Primavera de Transição e Turbulência - EPTT 2024, realizada no período de 23 a 27 de setembro de 2024, em São João da Boa Vista, SP, sob coordenação do Prof. Daniel Sampaio Souza, da Faculdade de Engenharia de São João, da UNESP; a I Escola de Dinâmica - Edin 2024, organizada pelo Comitê de Dinâmica, em parceria com os comitês de Fenômenos Não-Lineares e Caóticos e de Quantificação de Incertezas e Modelagem Estocástica da ABCM, sob coordenação dos Profs. Aline Souza de Paula e Adriano Todorovic Fabro, da UnB. As escolas vêm se consolidando como importantes ações educacionais da ABCM, na medida em que oferecem a jovens estudantes oportunidades para uma formação mais especializada em temas relevantes da engenharia e ciências mecânicas, por meio de palestras e cursos ministrados por pesquisadores e engenheiros experientes. Neste sentido, a Diretoria da ABCM vem incentivando os comitês técnicos a criarem novas escolas em suas respectivas áreas.

Além dos eventos regulares relacionados acima, em 2024 a ABCM promoveu dois eventos internacionais trazidos ao Brasil por iniciativa de membros de nossa associação. O primeiro foi o 11<sup>th</sup> International Conference on Inverse Problems in Engineering: Theory and Practice, realizado no período de 23 a 28 de junho de 2024, em Búzios, RJ, tendo a comissão organizadora formada pelos profs. Keith Woodbury (University of Alabama, USA), Helcio R. B. Orlande (UFRJ), Marcelo Colaço (UFRJ), Gilmar Guimarães (UFU), Antonio Leitão (UFSC) e Cesar Cunha Pacheco (UFF). O segundo evento foi o 10<sup>th</sup> International Symposium on Fluid-Structure Interactions, Flow-Sound Interactions, Flow-Induced Vibrations & Noise, realizado no período de 2 a 5 de julho de 2024, em Foz do Iguaçu, PR, organizado pelos profs. Gustavo Assi (USP), Sergio V. Möller (UFRGS), André L. C. Fajarra (UFSC) e Celso P. Pesce (USP). Estes dois eventos tiveram grande sucesso, fato que demonstra o reconhecimento internacional da capacidade de nossos pesquisadores e da ABCM para trazerem eventos importantes para o Brasil. Nesse sentido, temos a satisfação de informar que em 2026 dois eventos internacionais de escala global serão promovidos pela ABCM na cidade do Rio de Janeiro, o International Heat Transfer Conference, com comissão organizadora presidida pelo Prof. Helcio R. B. Orlande (UFRJ), e o World Tribology Conference, este último copromovido com a Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais (SBPMat), com comissão organizadora presidida pelo Prof. José Daniel Biasoli de Mello (UFU|UFSC).

Ainda neste ano, o 20<sup>th</sup> Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering - ENCIT 2024

será realizado no período de 10 a 14 de novembro de 2024, em Foz do Iguaçu, PR, com comissão organizadora presidida pelo Profs. Rigoberto E. M. Morales (Presidente) e Moises A. Marcelino Neto (Vice-Presidente), ambos da UTFPR.

A Diretoria da ABCM agradece a todos que contribuíram e vêm contribuindo para a realização dos eventos descritos, especialmente aos membros das comissões organizadoras e seus colaboradores, aos comitês técnicos envolvidos, aos revisores e autores dos trabalhos apresentados. Agradece também às agências de fomento, empresas e organizações patrocinadoras, e universidades que sediaram os eventos pelo apoio financeiro e institucional prestado.

### Prêmio prof. Leonardo Goldstein Jr. > edição 2023

Na terceira edição do Prêmio Prof. Leonardo Goldstein Jr. o julgamento foi feito por comissão julgadora presidida pelo Prof. João Luiz Filgueiras de Azevedo (IAE). O prêmio foi conferido ao Prof. Renato Machado Cotta, da UFRJ, em sessão especial realizada no dia 6 de dezembro de 2023, durante o COBEM 2023, em Florianópolis, SC.

A Diretoria da ABCM parabeniza o Prof. Renato Cotta por mais esta premiação, que traduz o reconhecimento da comunidade da ABCM por sua notável contribuição ao progresso da engenharia e ciências mecânicas no Brasil.

Um artigo constante da presente edição de ABCM Engenharia, de autoria dos Prof. João Quaresma (UFPA), Luiz Bevilacqua (UFRJ) e Helcio R. B. Orlande (UFRJ), é especialmente dedicado à biografia e contribuições do Prof. Renato Cotta, que inequivocamente atestam sua qualificação para o recebimento da mais alta honraria concedida pela ABCM.

### Prêmio ABCM de teses, dissertações e trabalhos de graduação > ed. 2023-2024

As atividades referentes ao prêmio foram coordenadas pelo Vice-Presidente da ABCM, Prof. Amir Antônio Martins de Oliveira Jr. Foram homologadas 23 submissões na categoria Tese de Doutorado, 12 na categoria Dissertação de Mestrado e 11 na categoria Trabalho de Graduação. A avaliação das candidaturas foi realizada por Comissão Julgadora composta pelos professores Carlos José de Araújo, Leonardo Santos de Brito Alves, Luís Mauro Moura e Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco.

**Os trabalhos vencedores do prêmio foram:**  
Melhor trabalho de conclusão de curso de graduação: “System identification with recurrent

neural networks for an air conditioner operating with a magnetic refrigeration system”, de autoria de Pedro Miola da Silva, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sob a orientação do Prof. Jader Riso Barbosa Junior, do Prof. Jaime Andrés Lozano Cadena e do Eng. Pesquisador M.Sc. Guilherme Fidelis Peixer.

Menção honrosa para trabalho de conclusão de curso de graduação: “Análise comparativa das características térmicas, químicas e mecânicas do PLA impresso com e sem reforço de fibra de carbono”, de autoria de Ivo Aleixo Pathek Junior, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), sob a orientação do Prof. Cristiano José Scheuer.

Melhor dissertação de mestrado: Investigação do fluxo crítico de calor e da ebulição em filme aplicada a trocadores de calor compactos em alta temperatura”, de autoria de Thales Coimbra Borba Roldão, da EESC|USP, sob a orientação do Prof. Cristiano Bigonha Tibiriçá.

Menção honrosa para dissertação de mestrado: “Non-intrusive multiphase flow analysis using machine learning”, de autoria de Luiz Henrique Silva Junior (UFSC), sob a orientação do Prof. Alexandre Kupka da Silva e do Prof. Jader Riso Barbosa Junior.

Menção honrosa para dissertação de mestrado: “Numerical and experimental analysis of micromilling of Inconel 718”, de autoria de Gabriel de Paiva Silva, da Universidade de Brasília (UnB), sob a orientação do Prof. Lucival Malcher e da Profa. Déborah de Oliveira.

Melhor tese de doutorado: “A contribution to the dynamics of epilepsy: identification and control for seizure attenuation”, de autoria de João Angelo Ferrer Brogin (FEIS|UNESP), sob a orientação dos Profs. Douglas Domingues Bueno e Jean Faber Ferreira de Abreu.

Menção honrosa para tese de doutorado: “Dynamics of interacting subaqueous barchans”, de autoria de Willian Righi Assis, (UNICAMP), sob a orientação do Prof. Erick de Moraes Franklin.

Menção honrosa para tese de doutorado: “Transfer learning for structural health monitoring”, de autoria de Marcus Omori Yano (FEIS|UNESP), sob a orientação do Prof. Samuel da Silva.

Os prêmios foram entregues durante o CONEM 2024, realizado de 29|07 a 02|08 de 2024 em Natal, RN.

A Diretoria da ABCM cumprimenta os estudantes vencedores dos prêmios e seus orientadores, e agradece aos membros da comissão julgadora por seu empenho na avaliação dos trabalhos submetidos.

## Prêmio ABCM|PIPELINEBRAZIL > 3ª ed.

A segunda edição do prêmio é destinada a distinguir dissertações de mestrado e trabalhos de conclusão de cursos de graduação por contribuições para o desenvolvimento tecnológico e inovação na área de pipelines (dutos e tubulações). Foram recebidas 4 inscrições de dissertações defendidas e aprovadas entre 1º de janeiro e 31 de dezembro de 2023, além de 5 trabalhos de conclusão de curso apresentados no mesmo período. O julgamento foi realizado por comissão presidida pelo Prof. José Luiz de França Freire (JLFreire Consultoria), com apoio do Diretor Técnico-Científico da ABCM, Prof. Francis H. R. França. O trabalho de mestrado vencedor do prêmio foi desenvolvido na UFSC, intitulado “Desenvolvimento e avaliação de protótipo de sistema de shearografia compacto e de elevada produtividade”, de autoria do mestrando Gabriel Vieira de Oliveira, sob orientação do Prof. Daniel Pedro Willemann. Para o trabalho de conclusão de curso de graduação, a submissão vencedora foi “Quantificação de risco em dutos offshore corroídos usando método semiempírico e modelo de elementos finitos”, de autoria de Elyaquim Domingos Torres, sob a orientação da Profa. Juliana von Schmalz Torres, da UFPE. Os autores dos trabalhos vencedores receberam certificados e prêmios financeiros de R\$ 10.000,00 e de R\$ 5.000,00, respectivamente. A premiação ocorreu durante o CONEM 2024.

A Diretoria da ABCM cumprimenta os estudantes vencedores dos prêmios e seus orientadores, e agradece aos membros da comissão julgadora e consultores por seu empenho na avaliação dos trabalhos submetidos. Agradece, de forma especial, ao Eng. Marcelino Gomes pela generosa iniciativa de instituir o Prêmio ABCM|PIPELINEBRAZIL.

## Programa de bolsas de iniciação científica da ABCM

Em 2024 foi divulgada a sexta chamada para projetos com o objetivo de concessão de bolsas do programa de bolsas de iniciação científica da ABCM (PABIC). Foram homologadas 38 propostas e concedidas 10 bolsas, tendo sido a edição com maior número de inscrições até o momento. Todas as cotas de bolsas foram preenchidas, incluindo cotas para alunos(as) de instituições das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, candidatas mulheres, além de cota social e cota racial. A Comissão julgadora, a quem a Diretoria da ABCM agradece, foi formada pela Profa. Aline Souza de Paula, Profa. Maíra Martins da Silva Jr., Profa. Carolina Palma Naveira Cotta e discente José William Leal de Araújo (Presidente da ABCM Jovem).

O PABIC se consolida como uma importante iniciativa da ABCM, promovendo a integração de estudantes de graduação a grupos de pesquisa e incentivando jovens docentes, muitas vezes sem acesso a outras fontes de recursos, a oferecerem tais oportunidades a seus alunos. Acreditamos que o estabelecimento de cotas contribua para aumentar a visibilidade do programa e o interesse por parte de pesquisadores e estudantes de todas as regiões do Brasil.

## Publicações da ABCM

As publicações *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* (JBSMSE) e *Thermal Engineering* (RETERM) prosseguem como os dois principais periódicos da ABCM, progressivamente aumentando sua visibilidade nos planos nacional e internacional. Para a RETERM, o Editor-Chefe, Prof. José Viriato Coelho Vargas (UFPR) e o corpo de editores associados vêm operando com vistas à indexação do periódico em bases internacionais. Quanto ao JBSMSE, o número de submissões recebidas vem aumentando progressivamente e seus indicadores de impacto têm se mantido satisfatórios. As métricas de impacto atuais do periódico são: Scopus CiteScore 2023: 3,6; Clarivate JCR Impact Factor 2023: 1,8.

A pedido, os editores-chefes Profs. Jader R. Barbosa Jr. (UFSC) e Marcelo A. Trindade (EESC-USP) foram substituídos pelos Profs. Marcelo A. Savi (UFRJ) e Angela O. Nieckele a contar de março de 2024. A Diretoria da ABCM agradece aos colegas Jader Barbosa e Marcelo Trindade pelas valiosas contribuições que prestaram à associação durante o exercício da editoria do JBSMSE, com excelentes resultados; agradece também aos colegas Marcelo Savi e Angela Nieckele por terem aceitado a incumbência de assumir a editoria do periódico e lhes deseja sucesso e satisfação no desempenho desta importante função.

A revista ABCM Engenharia continua sendo um excelente veículo de divulgação de eventos, efemérides e análises de temas atuais e históricos, de grande interesse para nossa comunidade. Desde o início de 2024, a editoria vem sendo exercida pelo Prof. Luís Mauro Moura (PUCPR|UFPR) que substituiu, a pedido, o Prof. Sérgio Viçosa Möller (UFRGS). A Diretoria da ABCM agradece ao colega Sérgio Möller pela eficiente e zelosa dedicação à revista ao longo de vários anos, e também ao colega Luís Mauro Moura por ter aceitado a responsabilidade de conduzir a editoria nos próximos anos.

A parceria da ABCM com a Editora Springer para a publicação da ABCM Series on Mechanical Sciences and Engineering, cujos editores são os Profs. Marco Lucio Bittencourt (UNICAMP), Marcello Augusto Faraco de Medeiros (EESC-USP) e Ricardo

Diego Torres (PUC-PR), continua sendo muito bem-sucedida. A série é destinada à publicação de coletâneas de artigos selecionados dentre aqueles apresentados em nossos eventos. Até o momento, já foram publicados cinco volumes (<https://www.springer.com/series/14172>), e está em andamento a preparação de novos volumes referentes a eventos realizados recentemente.

Ainda com respeito a publicações apoiadas pela ABCM, temos a satisfação de anunciar a publicação, pela Springer, do livro *Handbook of Pipeline Engineering*, organizado pelo Prof. José Luiz de França Freire e pelos Engs. Marcelo Rennó e Marcelino Guedes Gomes (<https://link.springer.com/referencework/10.1007/978-3-031-05735-9>). Generosamente, os organizadores e autores concederam os ganhos financeiros e os direitos autorais à ABCM, pelo que a Diretoria agradece. Vale destacar que o contrato realizado com a Springer prevê a disponibilização do livro em formato digital, sem custo, a todos os associados da ABCM adimplentes com suas anuidades.

A Diretoria da ABCM cumprimenta e agradece aos editores-chefes, editores-associados e revisores pelo esforço que vêm dedicando às publicações da ABCM, com excelentes resultados.

## Ações da diretoria

Sumarizamos, a seguir, as principais ações realizadas no decorrer de 2024.

Atuação junto aos comitês técnicos: vem sendo mantida a política de valorização e fortalecimento dos comitês técnicos da ABCM. Dentre as ações, coordenadas pelo Diretor Técnico-Científico, Prof. Francis H. R. França, está sendo estimulada a articulação mais efetiva entre os CTs e as comissões organizadoras dos eventos. No dia 30 de agosto de 2024 foi realizada, em formato híbrido, a reunião anual dos secretários executivos dos comitês técnicos com a Diretoria, durante a qual os secretários relataram as ações implementadas e planejadas por seus respectivos comitês, apontaram dificuldades e fizeram propostas para seu enfrentamento.

Sob a coordenação do Prof. Francis H. R. França, o portal da ABCM na internet foi modificado para incluir páginas especificamente dedicadas a cada um dos comitês técnicos, as quais favorecerão a consolidação da identidade dos comitês, com maior visibilidade de seus membros e de suas ações, além de facilitar a realização de suas atividades. O trabalho ocorreu concomitantemente com o projeto de adequação dos procedimentos da ABCM à Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), ambos concluídos ao longo de 2023 e 2024.

Atuação junto à ABCM Jovem: em virtude de dificuldades havidas no processo de sucessão da Diretoria da ABCM Jovem, cujo mandato terminou em julho de 2024, a Diretoria da ABCM achou por bem suspender provisoriamente as ações do capítulo estudantil. O assunto será tratado no âmbito do Conselho da ABCM, com vistas a futuras ações a serem tomadas.

Comissões Permanentes e Especiais da ABCM: a ABCM vem estimulando as atividades das comissões permanentes de Admissão, Ciência e Tecnologia, Divulgação e Publicações, Ensino e Difusão de Pesquisa e Intercâmbio Institucional e da Comissão Especial de Inserção e Diversidade, implantada em 2022.

Racionalização das despesas e gestão financeira da ABCM: com ações de seu Diretor Tesoureiro, Prof. Fabio Toshio Kanizawa, a Diretoria da ABCM vem dando sequência ao processo de melhoria da gestão financeira da Associação, pautada pela redução de custos. Além disso, a Diretoria vem apoiando as comissões organizadoras dos eventos, visando otimizar os investimentos na organização dos eventos.

Defesa da ABCM em autuações tributárias: prosseguem as ações de defesa ocasionadas por duas diferentes autuações tributárias oriundas da Secretaria Municipal de Fazenda de Belo Horizonte, referentes ao não recolhimento de ISS por ocasião da realização do ICAS 2018 - 31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, promovido pela ABCM. As defesas nos dois processos vêm sendo feitas com base na tese que a ABCM é imune à cobrança de ISS. A defesa em um dos processos foi vitoriosa em segunda instância. Entretanto, o Município de Belo Horizonte vem interpondo recursos às decisões judiciais, fato que vem retardando a conclusão dos processos.

Revisão do Estatuto da ABCM. Em conformidade com o Plano de Gestão da atual Diretoria, e respondendo às recomendações mais atuais de boas práticas e excelência na gestão de associações sem fins lucrativos, a Diretoria vem conduzindo o processo de revisão do Estatuto da ABCM, iniciativa que fora aprovada pela Assembleia em sua reunião realizada virtualmente durante o COBEM 2021. A primeira versão do Estatuto revisado deverá ser concluída no primeiro semestre de 2025, e será posteriormente submetida à apreciação da Assembleia.

Adequação dos procedimentos da ABCM à Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD): amplo trabalho foi realizado com vistas à adequação de todos os procedimentos da ABCM que envolvem dados pessoais à LGPD. Para este efeito, foi contratado serviço especializado de consultoria da empresa Athena Security, trabalho este que foi concluído no primeiro semestre de 2024.

Aperfeiçoamento do sistema de gestão de eventos e do portal da ABCM na internet: com base em críticas e sugestões recebidas de usuários, o sistema de gestão de eventos e o portal da ABCM na internet encontram-se em contínuo processo de aperfeiçoamento. Para maior eficácia na realização deste trabalho, a Diretoria fez um levantamento abrangente das necessidades existentes, e contratou em 2023 serviços de programadores especializados para avaliar a viabilidade técnica e quantidade de trabalho requerido para implementação das alterações necessárias. O trabalho de aperfeiçoamento do sistema de eventos teve início no primeiro semestre de 2024, e encontra-se em fase final de execução. Nesse processo, os comitês técnicos e os organizadores dos últimos eventos da ABCM foram convidados a enviar sugestões e posteriormente para acompanhar a evolução do trabalho. Uma primeira apresentação do sistema ocorreu durante a reunião da Diretoria da ABCM com os Comitês Técnicos, em 30 de agosto de 2024.

Comemorações dos 50 anos da ABCM: dado que a ABCM completará 50 anos de existência no dia 19 de abril de 2025, está sendo organizada uma série de eventos comemorativos a serem realizados ao longo do próximo ano. Para esta finalidade, foi instituída uma comissão especial presidida pelo Prof. Sérgio Viçosa Möller (UFRGS), que está sendo apoiada pelo Vice-Presidente da ABCM, Prof. Amir A. M. de Oliveira Jr.

## Considerações finais

O relato acima permite observar que a Associação prossegue na expansão e aperfeiçoamento de suas atividades e, ao mesmo tempo, busca adequar-se a novas situações que se apresentam.

A Diretoria percebe, como o maior desafio da ABCM, o aumento do número de associados, principalmente mais jovens, para que este número seja compatível com a dimensão e dinamismo da comunidade de Engenharia e Ciências Mecânicas do Brasil. Neste sentido, continua implementando diversas ações, dentre as quais mencionamos o aumento da visibilidade da Associação junto à nossa comunidade, especialmente nas redes sociais, a criação de novos prêmios, e a manutenção de valores acessíveis das anuidades, principalmente para estudantes, sem comprometimento da saúde financeira da Associação.

Por fim, a Diretoria da ABCM agradece a toda a Comunidade pelo apoio que vem recebendo em suas ações e permanece à disposição para apoiar iniciativas de nossos associados, estando também aberta às críticas e sugestões que, certamente, contribuirão para o engrandecimento de nossa Associação.

Cordiais saudações a todas e a todos.

# professor Renato Machado Cotta recebe o prêmio Leonardo Goldstein Jr.



João Quaresma  
UFPA



Luiz Bevilacqua  
UFRJ



Helcio R. B. Orlande  
UFRJ



No dia 06 de dezembro de 2023, durante o 27<sup>th</sup> ABCM International Congress of Mechanical Engineering - COBEM 2023, o Professor Renato Machado Cotta recebeu o Prêmio Prof. Leonardo Goldstein Jr. - Edição 2023. O Prêmio Prof. Leonardo Goldstein Jr. é destinado a docentes e pesquisadores por notáveis contribuições para o desenvolvimento da engenharia e ciências mecânicas no Brasil. O prêmio foi criado em memória do Prof. Leonardo Goldstein Jr., falecido em 28/01/2015, que se aposentou como Professor Titular da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP e serviu como Editor-Chefe do *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* (1993 a 1999) e Presidente da ABCM (biênios 2002-2003 e 2004-2005). Em vida, o Prof. Goldstein recebeu o Prêmio de Reconhecimento Acadêmico Zeferino Vaz, da UNICAMP (1998), o Prêmio Mérito ABCM (1999) e a Ordem Nacional do Mérito Científico, Classe de Comendador, da Presidência da República (2004).

O Prof. Renato Machado Cotta concluiu o curso de graduação em Engenharia Mecânica com Ênfase Nuclear na Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 1981. Logo a seguir, ele foi aceito e cursou o Doutorado em Engenharia Mecânica-Aeroespacial, com *minor* em Engenharia Nuclear, na *North Carolina State University* (NCSU), EUA. Na NCSU, ele foi orientado por um dos principais pesquisadores mundiais em transferência de calor, Prof. M. N. Ozisik, tendo concluído o Doutorado em 1985 sem ter cursado o Mestrado, aos 25 anos de idade e com aproveitamento máximo (A). Antes de ser docente da UFRJ, onde ingressou em 1987 como Professor Adjunto, foi Professor Assistente do Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, em São José dos Campos, onde iniciou sua carreira docente em 1985. O Prof. Cotta foi credenciado como Professor Titular do Programa de Engenharia Mecânica da COPPE|UFRJ em 1994, tendo sido aprovado em concurso público com nota máxima para Professor Titular da Escola Politécnica da UFRJ, em 1997. Na UFRJ, o Prof. Cotta foi chefe do Laboratório de Transmissão e Tecnologia do Calor, LTTC, por muitos anos. Como professor de cursos de graduação, foi Professor Homenageado, Parainfo ou Patrono de inúmeras turmas de formandos em Engenharia Mecânica, e de forma ininterrupta de 1990 a 2016, até que foi cedido pela UFRJ

para outras funções no Governo Federal, mas sem se afastar das pesquisas na COPPE.

Com o advento e ampla disponibilização do computador digital, em particular a partir da década de 70, o desenvolvimento de técnicas de simulação computacional na engenharia e ciências afins ganhou grande destaque em todo o mundo. Essa nova onda científica caracterizou-se pelo acelerado desenvolvimento de métodos de solução puramente numéricos ou discretos para equações diferenciais e integro-diferenciais, hoje disponíveis em plataformas computacionais comerciais de ampla aplicação, mas com alto custo computacional e controle de erro limitado. Entretanto, todo esse progresso levou praticamente ao abandono dos métodos analíticos clássicos de solução de equações diferenciais desenvolvidos no século XIX e na primeira metade do século XX, que erigiram o arcabouço teórico das Ciências da Engenharia, propostos pelos maiores nomes da Física-Matemática nesses dois séculos de intensa atividade teórica. Ao iniciar o doutorado em 1982, o Prof. Cotta já estava convencido de que todo esse conhecimento teórico acumulado era valioso demais para ser desconsiderado, mas também se sentia atraído pelos avanços em computação científica desde os primeiros dias da sua formação acadêmica. Criou a percepção de que os métodos numéricos, embora naquele momento mais flexíveis e abrangentes que os métodos analíticos, não poderiam ser o único caminho possível. Além disso, seguindo a Lei de Moore, seria preciso um novo paradigma em metodologias híbridas, em paralelo aos avanços em *hardware*, para que os custos computacionais não se tornassem proibitivos no tratamento de problemas mais complexos, regidos por equações diferenciais parciais não-lineares multidimensionais, mas com efetivo controle de erro da solução. Assim, ao longo de sua carreira ele se dedicou a revisitar os métodos analíticos clássicos, transformando-os em uma nova vertente híbrida analítico-computacional. Ele desenvolveu metodologias híbridas mais flexíveis, aliviando as limitações dos métodos analíticos clássicos e ao mesmo tempo expandindo significativamente sua aplicabilidade em relação às classes de problemas, na busca bem-sucedida por algoritmos computacionais com maior robustez e precisão, mas com menor



custo computacional em relação aos métodos discretos puramente numéricos. Inicialmente a comunidade internacional reconheceu as qualidades de tais metodologias híbridas em gerar resultados de referência (*benchmarks*) para verificação dos métodos numéricos então em desenvolvimento, mas em seguida reconheceu tais enfoques como alternativas competitivas aos métodos numéricos mais comumente empregados, associando o Brasil como berço do desenvolvimento dessa nova escola científica.

Destacam-se os desenvolvimentos da Técnica da Transformada Integral Generalizada, GITT, e da Técnica das Equações Integrais Acopladas, CIEA, que se notabilizaram primeiro na área de Transferência de Calor e Massa, mas foram depois estendidas para problemas fundamentais em outras áreas, como Mecânica dos Fluidos, Dinâmica e Vibrações, Eletromagnetismo, Teoria de Transporte, Física de Solos, Física Atmosférica, Problemas Multiescala e Formulações Multifísica. A GITT e a CIEA vêm sendo aplicadas não apenas em problemas diretos, mas também em tarefas mais intensivas computacionalmente, como problemas inversos, de otimização e na simulação sob incerteza, quando as vantagens relativas do enfoque híbrido ficam mais evidentes. A GITT é um método híbrido de solução de equações diferenciais parciais de convecção-difusão, lineares e não-lineares. O método é baseado na transformação integral clássica, que tem sua raiz nas descobertas de Fourier na primeira metade do século XIX, quando introduziu a teoria geral da Transferência de Calor. A ideia central consiste em seguir o percurso tradicional de solução analítica em todas as variáveis independentes menos uma, reduzindo a tarefa numérica à solução de um sistema de equações diferenciais ordinárias nessa única variável, com baixo custo computacional e com controle de erro bem definido. Já a CIEA é uma técnica de reformulação de problemas por meio do emprego de fórmulas de Hermite para aproximação de integrais, também propostas no século XIX, aqui aplicadas em processos de média das equações de balanço, que permitem a redução de modelos por eliminação de variáveis espaciais da formulação original do problema, mas levando em conta os efeitos das condições de contorno nessas direções. Por serem novas abordagens, não alinhadas com a corrente principal então reinante de desenvolvimentos em métodos puramente discretos, foi necessário um intenso trabalho de divulgação em periódicos,

congressos e livros (monografias e edições), ao longo dos anos. Também foi necessário construir códigos abertos multipropósito (códigos UNIT, registrados no INPI), para facilitar e disseminar o uso dessas metodologias inovadoras. Todo esse desenvolvimento científico autóctone só foi viabilizado em função dos esforços na formação de mais de uma centena de mestres, doutores e pós-doutores, hoje distribuídos e atuantes em instituições científicas em todo o país e no exterior, bem como por uma contínua e profícua cooperação nacional e internacional.

A motivação do Prof. Cotta para avançar na pesquisa fundamental nunca esteve dissociada da pesquisa aplicada. Ao contrário, ele sempre buscou a desejada simbiose entre os desenvolvimentos científicos e tecnológicos. As técnicas desenvolvidas foram aplicadas nas engenharias mecânica, nuclear, naval, química, aeroespacial, de petróleo, de meio ambiente, civil e biomédica, entre outras. As contribuições científicas e tecnológicas incluem a participação em grandes projetos nacionais estratégicos, seja como coordenador ou como pesquisador, dentre os quais destacam-se: ultracentrífugas para enriquecimento isotópico de urânio (CTMSP/Marinha); análise térmica de veículos lançadores de satélites - VLS (IAE|CTA); análise de impacto radiológico do repositório de rejeitos radioativos do acidente com Césio-137 em Goiânia (CNEN); desenvolvimento da proteção térmica de satélite de reentrada atmosférica - SARA (IAE|CTA e AEB); impacto ambiental de instalações de mineração de urânio em Caetité, BA (INB); análise da dispersão de contaminantes em solos heterogêneos, rochas fraturadas, rios e correntes (EPRI & Tetra Tech, EUA); tubulações *pipe-in-pipe* para isolamento térmico na produção de petróleo em águas ultra-profundas (Petrobras); nanofluidos para o setor de petróleo e gás (Petrobras); análise e projeto de sistemas anti-gelo e de degelo para estruturas e sensores aeronáuticos (ATS4i e Marinha do Brasil); sistemas passivos de armazenamento de elementos combustíveis nucleares exauridos (Eletronuclear); projeto de uma instalação de alta pressão e baixa temperatura para pesquisa em sistemas de isolamento para produção ultra profunda de petróleo (Tenaris|CONFAB); sistemas sustentáveis de dessalinização de água com recuperação de calor (Petrogal|ANP, EMBRAPA, PROCAD Defesa); Projeto DESSAL - Dessalinização Nuclear (UFRJ, IEN|CNEN, AMAZUL, IAEA), desenvolvimento de simuladores para análise de escoamentos de *core flood* para reservatórios

de petróleo (Petrobras). As possibilidades de aplicação das técnicas desenvolvidas pelo Prof. Cotta são inúmeras. Com a disseminação das metodologias, hoje é praticamente impossível rastrear todos os desenvolvimentos realizados no país e no exterior. Mais recentemente, por exemplo, foi desenvolvida a reformulação de problemas em meios heterogêneos e complexos em um domínio único, portanto com um único processo de transformação integral, e a adoção de problemas de autovalor não-lineares, que levam para a base da expansão toda informação da não-linearidade do problema original.

O Prof. Cotta é um modelo de dedicação e esforço para seus colegas e estudantes, tendo efetivamente projetado a área de transferência de calor e massa do país em nível internacional, o que é evidenciado através de suas conquistas como pesquisador e educador em engenharia. Suas contribuições científicas são evidenciadas por mais de 600 documentos, dos quais cerca de 40% em periódicos indexados. Foi autor/ editor de 10 livros, incluindo seu primeiro livro internacional publicado em 1993: R.M. Cotta, *Integral Transforms in Computational Heat and Fluid Flow*, CRC Press. Foi orientador de 39 teses de doutorado, 49 dissertações de mestrado, 17 pós-doutorados e diversos projetos finais de graduação em engenharia mecânica. Muitos de seus ex-orientados têm posições de destaque na academia ou na indústria, e muitos dos trabalhos que orientou foram premiados, como pela ABCM, EMBRAER, CREA, CAPES, Emerald e ICHMT - *International Centre for Heat and Mass Transfer*. Seu *h-index* na base Scopus é de 39.

Ele atua nos corpos editoriais dos mais importantes periódicos da área, desde 1993 em vários deles, a saber: *International Journal of Heat and Mass Transfer*, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, *International Journal of Thermal Sciences*, *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, *Computational Thermal Sciences*, *High Temperatures - High Pressures*, *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, *Waste and Biomass Valorization*, *Journal of Heat and Mass Transfer Research*, *Journal of Computational Applied Mechanics*, *Mechanical Engineering Series - Springer* e *Advances in Heat Transfer Series - CMP*. Ele também foi fundador e Editor-in-Chief do periódico internacional *Hybrid Methods in Engineering*, Regional Editor do periódico *High Temperatures - High Pressures* e Editor Associado (*Engineering Sciences*) dos *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* (AABC). Ele foi delegado

brasileiro na *Assembly for International Heat Transfer Conferences* (AIHTC) entre 1992 e 2002. Ele é membro do *Scientific Council of International Centre for Heat and Mass Transfer* (ICHMT) desde 1993 e membro eleito do *Executive Committee* do ICHMT de 2006 a 2022, tendo sido seu Vice-Presidente e Presidente entre 2016-2019. Na prestigiosa *International Union of Theoretical and Applied Mechanics* (IUTAM), o Prof. Cotta serviu por 8 anos em dois mandatos, eleito como *Congress Committee Member*.

Devido ao seu reconhecimento internacional, o Prof. Cotta é constantemente convidado para visitas técnicas a diversas instituições no exterior, onde profere seminários e/ou cursos de curta-duração, tais como em: *University of Miami*, USA (1989, 1994, 1996, 1998, 2001, 2002), *Applied Mathematics Center*, Sofia, Bulgária (1989), *Università Degli Studi di Bologna*, Itália (1992), *University College Swansea*, UK (1992, 1994), *University of Illinois at Chicago*, USA (1999, 2001), *Tetra Tech, Inc.*, Lafayette, CA, USA (2002), *Laboratoire FAST*, Orsay, França (2004), *Université de Reims*, França (2004, 2006, 2008), *École des Mines d'Albi & ENSAM|Bordeaux*, França (2007), *ETH-Zurich*, Suíça (2014), *Harriot-Watt University*, Escócia, UK (2014), *University College London*, UK (2017-2018), *University of Maryland*, USA (2023, 2024). Projetos internacionais de pesquisa resultaram de tais visitas, com financiamento binacional ou internacional, tais quais *British Council Link*, CNPq|NSF, *Midwest Universities Energy Consortium* (MUEC|USA), CAPES-COFECUB, CNPq-CNRS, CSF|CNPq/ETH-Zurich, RCUK-CONFAP, *Newton Fund*, *Leverhulme Trust Fund*, *Royal Academy of Engineering* (RAEng, UK), LAAS/CNRS, FAPERJ/Embaixada da França, conforme evidenciado pela extensa lista de publicações conjuntas do Prof. Cotta com pesquisadores dessas instituições. O Prof. Cotta também foi co-founder e co-chairman da primeira edição dos três principais congressos internacionais em sua área de atuação: (i) *International Symposium on Computational Heat Transfer* (CHT) do ICHMT, criado em 1997 e que teve sua mais recente edição em agosto de 2021 no Rio de Janeiro, co-promovido pela ABCM; (ii) *International Conference on Computational Heat and Mass Transfer* (ICCHMT), criada em 1999 e que teve sua segunda edição realizada no Rio de Janeiro em 2001, também co-promovida pela ABCM; (iii) *ICHMT International Symposium on Convective Heat and Mass Transfer in Sustainable Energy*, realizado pela primeira vez na Tunísia em 2009, mas que de fato foi iniciado em 1996

sob o nome de ICHMT *International Symposium on Transient Convection*. A mais recente edição desse Congresso (CONV-22), realizada em Izmir na Turquia em junho de 2022, foi dedicada a ele e à Professora Yildiz Bayazitoglu da *Rice University*.

O Prof. Cotta já proferiu mais de 150 palestras convidadas em eventos nacionais e internacionais, incluindo: *International Heat Transfer Conference* (Brighton, UK, 1994), *ICHMT International Symposium on Transient Convection* (Cesme, Turkey, 1996), *NATO ASI on Microscale Heat Transfer* (Turkey, 2004), *4<sup>th</sup> International Conference on Computational Heat and Mass Transfer* (Paris, France, 2005), *ICHMT International Symposium on Convective Heat and Mass Transfer in Sustainable Energy*, CONV-09 (Tunisia, 2009), *13<sup>th</sup> UK National Heat Transfer Conference* (2013, Imperial College, London), *ASME 2013 National Heat Transfer Conference (HT2013)*, Minneapolis, *3<sup>rd</sup> International Conference on Computational Methods for Thermal Problems (ThermaComp2014)*, Slovenia), *ICHMT International Symposium on Convective Heat and Mass Transfer in Sustainable Energy* (CONV-14, Turkey), *ICHMT International Symposium on Computational Heat Transfer (CHT-2015)*, New Jersey), *9<sup>th</sup> Minsk International Seminar "Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources"* (Luikov Institute, Minsk, 2015, Belarus), *7<sup>th</sup> European Thermal Sciences Conference*, EURO THERM 2016 (Krakow, Poland, June 2016), *ICHMT International Symposium on Computational Heat Transfer (CHT-2017)*, Napoli, Italy), *Int. Workshop on Sustainable Energy, Power, and Propulsion (ISEPP 2018)*, Kurukshetra, India), *ICHMT Int. Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer (THMT-2018)*, Rio de Janeiro, Brazil), *10<sup>th</sup> Minsk International Seminar "Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources"* (Minsk, 2018, Belarus), *Science Diplomacy for Sustainable Development* (Cairo, 2019, Egypt), *6<sup>th</sup> Int. Conf. on Thermophysical and Mechanical Properties of Advanced Materials*, THERMAM (Cesme, 2019, Turkey), *ICHMT International Symposium on Advances in Computational Heat Transfer*, CHT-21 (Rio de Janeiro, 2021), *Int. Symp. on Convective Heat and Mass Transfer in Sustainable Energy*, CONV-22 (Izmir, 2022), *9<sup>th</sup> Thermal and Fluids Engineering Conference (ASTFE - American Society of Thermal and Fluids Engineering, 2024)*, *18<sup>th</sup> UK National Heat Transfer Conference*, UKNHT (Birmingham, 2024), *6<sup>th</sup> International Conference on Computational Methods for Thermal and Energy Problems*, *ThermaEComp* (Budva, 2024). Em agosto de 2023, na abertura da *17<sup>th</sup> International Heat Transfer*

*Conference*, o Prof. Cotta proferiu a *Luikov Medal Award Plenary Lecture*. Em 19 de abril de 2024, a segunda palestra da série *M. Necati Ozisik Distinguished Lectures*, organizada pela *North Carolina State University* em homenagem ao Prof. M. N. Ozisik, foi proferida pelo Prof. Cotta.

Entre os inúmeros prêmios recebidos pelo Prof. Renato Cotta encontram-se: *National Honor Society of Phi Kappa Phi*, USA (1984); *STEP Award for Academic Excellence - ASME*, USA (1984); *Hartnett-Irvine Award (ICHMT)*, em 2010 e 2015 (o Prof. Cotta é o único cientista a receber essa premiação em duas edições); *Highly Commended Award Winner, Literati Network Awards for Excellence*, também em duas edições, 2008 e 2012. O Prof. Renato Cotta foi eleito Membro da Ordem Nacional do Mérito Científico, Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, na Classe Comendador em 2007, e na Classe Grã-Cruz em 2018. Em 2017 foi agraciado com a *Leverhulme Trust Visiting Professorship*, na *University College London*, UK, 2017-2018, quando também recebeu o *Tier 1 Exceptional Talent Visa*, UK Home Office, indicado pela *Royal Academy of Engineering*, RAEng. Em 2018 recebeu o título de *Doctor Honoris Causa*, da *Université de Reims Champagne-Ardenne*, França, pela sua intensa colaboração científica com a Universidade e pelo conjunto de sua obra. Também em 2018, recebeu a *Fellowship Award do International Center for Heat Transfer*, pelas importantes contribuições ao ICHMT. Foi agraciado com a *Medalha Carneiro Fellepe*, da Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN, em 2018, pelas contribuições ao setor Nuclear. Foi homenageado pela Marinha do Brasil em diversas oportunidades pela sua contribuição ao Programa Nuclear da Marinha, incluindo a *Medalha Amigo da Marinha*, em 2016, o *Prêmio Honra ao Mérito do Corpo de Engenheiros*, e o *Prêmio Submarinista Emérito*, ambos em 2017. Ele também recebeu a mais importante comenda conferida a um civil pela Marinha do Brasil: a *Ordem do Mérito Naval*, Classe Comendador, em 2018. Em 2020 foi listado pelo *PLOS Biology Journal* entre os 100 mil cientistas mais influentes do mundo (*top 2%*) por citações ao longo da carreira (dentre cerca de 600 cientistas brasileiros), com uma homenagem prestada em sessão solene do Conselho Universitário da UFRJ, junto com os demais colegas agraciados, em celebração aos 100 anos da Universidade. Em 2023 recebeu a *Luikov Medal* do ICHMT, sendo o primeiro contemplado com atuação no Hemisfério Sul e fora do conjunto de países considerados como desenvolvidos. Os contemplados com

a *Luikov Medal* recebem essa premiação em função de suas notáveis contribuições para a ciência e arte da transferência de calor e massa, e de suas atividades de cooperação científica internacional. Em cerimônia marcada para 07 de novembro de 2024, o Prof. Renato Cotta passará a integrar o *Alumni Hall of Fame do Department of Mechanical and Aerospace Engineering* da *North Carolina State University*.

Pode-se também destacar a atuação institucional permanente, quando além da colaboração nas importantes funções administrativas e de coordenação instituídas, participou ativamente na criação de novos espaços institucionais em ciência e tecnologia, como na proposição e organização do EICITA (Encontro de Iniciação

Científica do ITA, 1986); na participação da criação do Instituto Politécnico do Rio de Janeiro (IPRJ, 1989-1990), posteriormente absorvido pela UERJ; na fundação do Laboratório de Ensino e Projeto Assistidos por Computador (LEPAC, 1988) no Departamento de Engenharia Mecânica, que serviu de modelo para os



laboratórios de informática de graduação da Escola Politécnica, UFRJ; na fundação da Unidade de Metrologia Térmica Prof. Roberto de Souza (UNIMET, 2000) na UFRJ; na proposição e organização do WIT (*Workshop on Integral Transforms and Benchmark Problems*, 1<sup>st</sup> ao 5<sup>th</sup>); na participação da criação do Programa de Pós-graduação em Engenharia da Nanotecnologia, na COPPE|UFRJ; na participação da criação do Núcleo Interdisciplinar de Dinâmica dos Fluidos (NIDF), da COPPE|UFRJ; na participação da criação do Núcleo Interdisciplinar para o Desenvolvimento Social (NIDES|CT) e seu Mestrado Profissional, órgão suplementar do Centro de Tecnologia da UFRJ, onde atuou como Coordenador de Cooperação Internacional; na proposição e participação da Coordenação Acadêmica do Centro de Tecnologia da UFRJ (Ensino, Pesquisa e Extensão), na qual atuou como Coordenador de Pesquisa e Pós-graduação; na fundação e coordenação do Center for Analysis and Simulations on Environmental Engineering, CASEE, em 2001, que é um consórcio internacional de pesquisa e desenvolvimento composto pelo EPRI|USA (*Electric Power Research Institute*), Tetra Tech|USA (*Environmental Engineering Consulting Co.*), e COPPE|UFRJ, (denominação alterada para CASEE - *Center for Analysis of Sustainable Energies and the Environment*, em 2011); na proposição e organização do WorkTEEM (*Workshop and Tutorial on Environmental Engineering Modeling*, 1<sup>st</sup> e 2<sup>nd</sup>); na proposição e organização do WARM (*Workshop on Applications and Research with Mathematics*, 1<sup>st</sup>-3<sup>rd</sup>); na criação do Laboratório de Nano e Microfluidica e Microsistemas (LabMEMS, 2011), da COPPE|UFRJ, e da área de concentração correspondente na pós-graduação; na participação da criação do Instituto de Energias Sustentáveis (IES), na Universidade Federal da Paraíba; na fundação e coordenação do *Mathematica Technical Center*, MTC, Wolfram Research|COPPE; na proposição e organização do WAS (*Workshop on Aviation Safety*, 1<sup>st</sup>-4<sup>th</sup>, NIDF|COPPE); e na criação e coordenação do LATES - Laboratório de Tecnologias em Energias Sustentáveis, do Instituto de Pesquisas da Marinha, IPqM|CTMRJ, entre outros.

Ele foi Presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) de 2015 a 2017, órgão regulador e de pesquisas na área nuclear, ligado ao MCTIC, por indicação da Academia

Brasileira de Ciências, e nessa posição foi Presidente do Conselho de Administração da INB, Indústrias Nucleares do Brasil, e da NUCLEP, Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. Serviu como Membro do Comitê Executivo na administração da Academia Brasileira de Ciências, de 2012 a 2015, quando também foi Membro do Comitê Executivo do Fundo de Infraestrutura (CT-Infra|MCTI), 2012-2015, e do Conselho Superior da FINEP, MCTI, 2013-2015. Foi membro designado do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE, MME), de 2020-2022, presidido pelo Ministro de Estado de Minas e Energia, que é o órgão de assessoramento do Presidente da República para formulação de políticas e diretrizes de energia. Desde 2019 encontra-se cedido à empresa estatal Amazônia Azul Tecnologias de Defesa (AMAZUL), em cargo comissionado, assessorando, como Consultor Técnico, o Diretor Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM), Ministério da Defesa. Como parte dessa atuação, é também membro do Conselho Científico e Tecnológico da Amazul, criado em 2023.

Na ABCM, o Prof. Cotta contribuiu como Secretário do Comitê de Ciências Térmicas (1986-1992), Secretário do Comitê de Engenharia Nuclear (2018-2022) e como Presidente eleito (biênio 2000-2001), tendo colaborado como membro do corpo editorial da RBCM, na organização de algumas edições do COBEM e ENCIT, presidido o ENCIT 2004 e atuado como revisor em praticamente todas suas edições.

Temos certeza de que receber o Prêmio Prof. Leonardo Goldstein Jr. traz muito orgulho ao Prof. Renato Cotta, não apenas pela expressão do reconhecimento da nossa comunidade, mas principalmente pelo significado do mesmo como eterna homenagem ao Prof. Goldstein. Além disso, segundo suas próprias palavras na cerimônia de outorga do Prêmio, ser o terceiro recipiente, sucedendo dois dos grandes fundadores das Ciências Mecânicas no país, Prof. Luiz Bevilacqua e Prof. Rubens Sampaio, reveste essa homenagem de ainda mais importância.

Parabéns ao Prof. Renato Cotta pela tão merecida premiação, fruto de seu dedicado e muito bem-sucedido trabalho no desenvolvimento da ciência e da engenharia no Brasil, com reconhecimento e admiração que transpassam as fronteiras de nosso país!

## a inteligência artificial generativa e os direitos autorais



Professora Titular da Pontifícia Universidade Católica do Paraná | PUCPR  
Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Direito (PPGD) da Escola de Direito da PUCPR  
Membro consultor da Comissão de Direito Digital e Proteção de Dados da OAB/PR  
Membro da diretoria do Instituto Nacional de Proteção de Dados | INPD  
cinthia.freitas@pucpr.br

Cinthia Obladen de Almendra Freitas



“A surrealistic image shows two hands coming together to create or mold a piece of floating artwork. One hand is robotic, with metallic joints and sleek, polished surfaces, while the other hand is human, showing lifelike skin tones and natural textures. Between them, they are creating a blend of artistic elements—a colorful painting, musical notes, and an architectural sketch—all merging fluidly in a dreamlike, surreal composition. Above and around the hands, copyright symbols float, slightly illuminated in golden or silver tones, as if observing the creative process from a distance. The background fades in a dark gradient from blue to purple, symbolizing the industries and complexities of AI and the regulatory landscape. In the foreground, resembling circuits, run through the scene, with glowing copyright symbols, illustrating the intersection of technology and law.”

## 1. Introdução

O mundo ficou surpreso com o lançamento do GPT-3<sup>1</sup>, em 2020, pela OpenAI e, em novembro de 2022, com o lançamento do chatGPT (*Chat Generative Pre-trained Transformer*) que combina um chatbox com um modelo de linguagem baseado em um algoritmo de *Large Language Model* - LLM, causando um frenesi no mundo a ponto de se tornar a aplicação de *software* de consumo com o crescimento mais rápido da história, conquistando mais de 100 milhões de usuários<sup>2</sup>. O chatGPT parte de contexto fornecido a partir do *prompt*<sup>3</sup> e gera textos com as palavras mais adequadas de modo a compor respostas, tendo por base um algoritmo treinado para essa tarefa, fazendo uso de técnicas de Aprendizagem de Máquina (*Machine Learning*) a partir de aprendizagem supervisionada e aprendizagem a partir de *feedback* humano, ou seja, cabe ao usuário validar ou não tais respostas, reforçando os acertos e apontando os erros cometidos.

A surpresa foi ainda maior no mundo científico e acadêmico, visto que surgiram muitos questionamentos a exemplo de: Como isso é possível? Como fica a autoria dos textos gerados por IA? Quem é o autor? Há plágio? Este texto busca de maneira simplificada explicar a IA Generativa e apontar para os principais elementos advindos dos Direitos Autorais no Brasil, os quais são regidos pela Lei N° 9.610<sup>4</sup> de 19 de fevereiro de 1988.

## 2. Inteligência Artificial generativa: Simplificando o Complexo

A IA Generativa é um dos sub-ramos do Processamento de Linguagem Natural (*Natural Language Processing*), especificamente relacionado com a Geração de Textos (*Text Generation*). Porém outros ramos também

<sup>1</sup> Disponível em <https://openai.com/index/gpt-3-apps/>

<sup>2</sup> Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/ChatGPT>

<sup>3</sup> *Prompt* ou *prompt* de comando é o termo utilizado para a ação de enviar comandos de texto em uma interface ou campo de descrição para que um sistema operacional ou ferramenta (incluindo sistemas de IA) execute tarefas específicas. Ou ainda, “*The initial text or context provided to a language model to guide its generation process.*” (PANDEY et al., 2023, p.13).

<sup>4</sup> Disponível em [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9610.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9610.htm)

integram o PNL, a exemplo de: Extração de Conteúdo (*Content Extraction*), Classificação (*Classification*), Tradução Automática (*Machine Translation*) e Resposta para Questionamentos (*Question Answering*). O Processamento de Linguagem Natural estuda e desenvolve diferentes maneiras pelas quais os sistemas de computador podem analisar e interpretar textos, assumindo-se por definição que esses textos são apresentados em formato eletrônico|digital.

A Extração de Conteúdo está relacionada também com a extração e recuperação de informação (*Information Extraction e Information Retrieval*), sendo que os sistemas voltados à Extração de Informação tomam textos em linguagem natural como entrada (*input*) e produzem informações estruturadas a partir de determinados critérios relevantes para uma aplicação específica. Várias subáreas como Reconhecimento de Entidade Nomeada (*Named Entity Recognition*), Resolução de Correferência (*Coreference Resolution*), Vinculação de Entidade Nomeada (*Named Entity Linking*), Extração de Relação (*Relation Extraction*) e Raciocínio de Base de Conhecimento (*Knowledge Base Reasoning*) formam os blocos de construção de várias tarefas em PNL (SINGH, 2018). A Extração de Informação refere-se ao uso de métodos computacionais para identificar partes relevantes de informação em documentos gerados para uso humano e converter essas informações em uma representação adequada para armazenamento, processamento e recuperação baseados em sistemas computacionais (SINGH, 2018, p.1).

Os métodos de classificação aplicados no Processamento de Linguagem Natural referem-se à classificação de documentos de modo a atribuir o que é mais relevante a um documento. Esse processo é frequentemente aplicado para simplificar a análise, pesquisa e gerenciamento em documentos, por exemplo, classificar um e-mail como *spam* ou não para isolar ou excluir os *spams* (KRAGBÉ, 2022, p.5). Alguns aspectos são importantes para a escolha dos algoritmos a aplicar, podendo-se levar em consideração o formato físico do documento (*layout* - por exemplo, contrato, cheque bancário, *emails*, entre outros) ou características visuais, como logomarcas, selos, textos em negrito ou destaque (KRAGBÉ, 2022, p.16).

A Tradução Automática (*Machine Translation*), a partir de Dorr et al. (2004, p.1-2), tem por

objetivo permitir que o conteúdo de um texto de origem (*input*) seja gerado em muitos idiomas diferentes (*output*), de modo que os algoritmos lancem mão de diferentes metodologias. Já os algoritmos voltados ao problema de Resposta para Questionamentos (*Question Answering*) permitem retornar respostas exatas a partir de bases de conhecimento (*Knowledge Bases*), sendo que tais sistemas podem ser organizados em 03 (três) categorias principais (SINGH, 2018, p.14): (i) análise semântica (*semantic parsing*), (ii) recuperação de informações (*information retrieval*) e (iii) incorporação (*embedding based*). A análise semântica visa treinar analisadores semânticos que avaliem perguntas em linguagem natural de maneira lógica e, em seguida, consultem uma base de conhecimento em busca de respostas. Embora essa abordagem restrinja o treinamento, pois é difícil treinar modelos em larga escala devido à complexidade de sua inferência, tais métodos tendem a fornecer uma interpretação profunda da pergunta. Sistemas baseados em recuperação de informações recuperam um conjunto de respostas candidatas e, em seguida, conduzem análises adicionais para classificá-las de acordo com alguns critérios específicos. Já as abordagens baseadas em incorporação aprendem sobre palavras e outros elementos da base de conhecimento e usam a composição dessas partes para representar perguntas e suas respostas candidatas.

E, finalmente, a Geração de Textos (*Text Generation*) é um procedimento em que um sistema de IA gera conteúdo textual (escrito) coerente e significativo, imitando padrões e estilos de linguagem humana, assemelhando-se à comunicação humana natural (LANCASTER, 2023) (PANDEY et al., 2023). Atualmente, o ramo de Geração de Textos vem se destacando e trazendo inúmeras discussões seja na área da Ciência da Computação, Direito, Ética, Educação, entre outras. A Geração de Textos ao fazer uso de algoritmos do ramo de Aprendizagem de Máquina (*Machine Learning*) estabeleceu uma classe emergente de algoritmos na IA denominada de IA Generativa (*Generative Artificial Intelligence*) (LANCASTER, 2023) (PANDEY et al., 2023). Estes algoritmos são capazes de produzir conteúdo novo, em formatos variados (texto, áudio, vídeo, imagens, código-fonte, apresentações, entre outros) com base em prompts fornecidos pelo usuário. Isso tem sido possível devido aos avanços recentes na área de Aprendizagem de Máquina, emprego de grandes volumes de dados e aumento

representativo do poder de processamento dos computadores.

A IA Generativa é parte integrante e associativa de diversas subáreas da Inteligência Artificial, podendo-se mencionar, de um modo geral, *Machine Learning*, *Supervised and/or Unsupervised Learning*, *Neural Networks*, *Deep Learning*, *Deep Neural Networks*. Além disso, todas essas subáreas envolvem métodos e técnicas, portanto, algoritmos diferenciados que podem ser selecionados em busca de uma solução ou objetivo, a exemplo de: a) *Machine Learning: Support Vector Machines, Reinforcement Learning, K-Means Clustering, Random Forest, Decision Trees, Naive-Bayes Classification, K-Nearest Neighbors*, entre outros; b) *Neural Networks: Modular Neural Networks, Multilayer Perceptrons, Adaptive Resonance Theory, Autoencoders, Self-Organization Maps*, entre outros; c) *Deep Learning: Generative Adversarial Networks (GAN), Recurrent Neural Networks (RNN), Convolutional Neural Networks (CNN), BERT, Generative Pre-trained Transformer (GPT)*, entre outros. E, ainda, técnicas e métodos próprios da IA Generativa, a exemplo de: *Transfer Learning, Multimodal AI, Large Language Models (LLM), Reinforcement Learning from Human Feedback (RLHF), BigGAN, Quantized Low-Rank Adaptation (Qlora)*, entre outros.

Os algoritmos desenvolvem modelos de linguagem que, em verdade, implementam uma funcionalidade simples que é prever a próxima palavra (ou *token*) dada uma janela de contexto especificando palavras precedentes (LANCASTER, 2023) (PANDEY et al., 2023). Assim, ao se solicitar via *prompt* um resumo sobre “Inteligência Artificial”, o chatGPT poderá gerar um texto sobre o tema. Surge a pergunta: Esse texto já estava previamente definido? Ou foi copiado de um arquivo ou conteúdo disponível na Internet? E a resposta pode ser obtida diretamente utilizando-se o chatGPT, de modo a se verificar que o texto não estava previamente definindo e nem foi copiado integralmente de arquivo ou material disponível na Internet.

A geração de cada palavra considera que o modelo de linguagem produz uma distribuição de probabilidade sobre todas as palavras possíveis no vocabulário aplicado, sendo que cada palavra que compõe o texto é o conjunto de maior probabilidade entre as palavras do vocabulário para o referido contexto (fornecido a partir do *prompt*) (LANCASTER, 2023) (PANDEY et al., 2024). Assim, o algoritmo repete esta análise

como se “adivinhasse” a próxima palavra, mas em verdade está considerando a distribuição de probabilidades, produzindo assim textos mais extensos. O chatGPT como um *chatbox* atua de modo a simular uma conversação, inclusive possuindo mecanismos de memória de conversas anteriores, influenciando nas respostas futuras e refinando os textos criados.

Ao se aplicar o seguinte *prompt* ao chatGPT: “Como é o treinamento do chatGPT?”. Observa-se que o treinamento é composto por 07 (sete) etapas até o lançamento do modelo e seu respectivo monitoramento. O treinamento inclui diversas técnicas já comentadas anteriormente, a exemplo de: Treinamento Supervisionado, Não Supervisionado e Treinamento com Reforço Humano; todas técnicas do ramo de *Machine Learning*. Deve-se ter em mente que o referido *chatbox GPT* advém de *Generative Pre-trained Transformer*, por isso aplica-se a etapa de treinamento supervisionado. Muito mais pode ser aprofundado sobre o tema, mas acredita-se que as explicações ora fornecidas já permitem a compreensão básica do tema.

### 3. Direitos Autorais e chatGPT

Freitas e Barbosa (2015) explicam que o Direito reconhece e distingue o patrimônio material e imaterial, e os protege de formas distintas. O patrimônio material é, em regra, protegido pelo conceito de propriedade, enquanto o patrimônio imaterial possui um substrato misto, que o torna a um só tempo objeto de apropriação, mas também de valoração moral, cuja proteção ainda é inadequada. Ascensão (2006, p.3) corrobora no sentido de lembrar a todos sobre “... o incremento da abstração nas sociedades contemporâneas”. E, portanto, “os limites do Direito de Autor não são tomados como exceções, mas como via da satisfação simultânea de interesses individuais e da comunidade” (ASCENSÃO, 2006, p.5).

Em ambos os casos a proteção jurídica existente, pressupõe o reconhecimento, a apropriação, a titularidade e a repartição dos direitos decorrentes desse patrimônio, o que faz com que o Direito, atualmente, seja um limitador ao reconhecimento e à adequada proteção de determinados direitos, como os decorrentes do conhecimento tradicional e aqueles que são expressões culturais de um povo ou comunidade que, por natureza, não tem titularidade

individualizada e/ou definida e não devem ser passíveis de apropriação (ZANIRATO; RIBEIRO, 2007, p.39-55).

Embora limitada e por vezes inadequada, os demais bens que compõem o patrimônio imaterial são protegidos juridicamente no direito interno por meio do conceito de propriedade imaterial, cujo reconhecimento legal gera os chamados direitos imateriais, gênero de que são espécies: a propriedade intelectual e os direitos de personalidade (VIDE; DRUMMOND, 2005, p.8-17).

A propriedade intelectual, por sua vez, divide-se entre os direitos autorais e conexos, e a propriedade industrial, regulada no Brasil pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Porém, nem toda produção intelectual é merecedora de proteção, seja por Direito de Autor ou por meio de Patente, o qual gera os denominados direitos intelectuais (BARBOSA, 2010, p.1883). A doutrina divide-se em torno da natureza jurídica do Direito de Autor, visto que para alguns ele possui um substrato patrimonial, de maneira que pode ser enquadrado como espécie de direito real, mas para outros autores sua base são os direitos da personalidade, uma vez que os direitos de propriedade intelectual têm sempre um substrato moral e, nesse sentido, não são adequadamente protegidos pelos direitos reais. De maneira sumarizada, tem-se que o Direito de Autor busca a valorização do aspecto moral do autor. No Brasil, os Direitos Autorais são regulados para além da Constituição Federal e do Código Civil, pela Lei No 9.610<sup>5</sup> de 19 de fevereiro de 1988, protegendo o autor e suas obras, dentre as quais destacam-se os textos de obras literárias, artísticas ou científicas (artigo 7º., inciso I).

De acordo com a Lei No 9.610/1988, artigo 7º., são protegidas as obras intelectuais “criações do espírito, expressas por qualquer meio ou fixadas em qualquer suporte, tangível ou intangível, conhecido ou que se invente no futuro”. E, “Autor é a pessoa física criadora de obra literária, artística ou científica” (artigo 11). De modo que “Pertencem ao autor os direitos morais e patrimoniais sobre a obra que criou” (artigo 22). Os direitos morais são inalienáveis (artigo 24), ou seja, não podem ser transferidos, vendidos ou cedidos. Já os direitos patrimoniais, referem-se ao direito exclusivo de utilizar, fruir

<sup>5</sup> Disponível em [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9610.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9610.htm)

e dispor da obra literária, artística ou científica (artigo 28), dependendo de autorização prévia e expressa do autor a utilização da obra, por quaisquer modalidades (artigo 29), desde a reprodução parcial ou integral; edição; a adaptação, o arranjo musical e quaisquer outras transformações; a tradução para qualquer idioma; distribuição, quando não intrínseca ao contrato firmado pelo autor com terceiros para uso ou exploração da obra; utilização, direta ou indireta, da obra literária, artística ou científica; inclusão em base de dados, o armazenamento em computador, a microfilmagem e as demais formas de arquivamento do gênero; entre outros.

A proteção sobre os direitos patrimoniais do autor “perduram por setenta anos contados de 1º de janeiro do ano subsequente ao de seu falecimento, obedecida a ordem sucessória da lei civil” (artigo 41).

O respeito à propriedade intelectual fez surgir mecanismos de proteção, cujo desrespeito enseja penalidade, tanto na esfera cível ou criminal. Uma das formas de desrespeito ao direito de propriedade imaterial é a contrafação, expressão genérica que enseja em seu interior qualquer utilização não autorizada de obra intelectual. O plágio é espécie do gênero contrafação. Por isso a Lei de Direitos Autorais não apresenta o conceito de plágio, deixando essa tarefa para a doutrina. A lei menciona o termo “contrafação - a reprodução não autorizada” (art. 5º, VII).

De uma forma geral o plágio pode envolver textos literários, artísticos e científicos (monografias, teses e dissertações), músicas, vídeos, filmes, sites, marcas registradas visuais (*trademark*) e programas de computador (*software*). E, diante de sistemas de IA Generativa que podem criar desde textos até áudios, músicas, imagens, vídeos, código-fonte, apresentações, entre outros; pergunta-se: Quem é o autor do texto criado pelo chatGPT? Incorre em plágio o autor que não declarar expressamente que utilizou uma IA Generativa?

Tais perguntas têm provocado discussões e diferentes respostas. Do ponto de vista dos Direitos Autorais, somente pessoa física pode ser autor, cabendo pessoa jurídica nos casos de editores ou produtores (artigos 5º e 11). Ao se perguntar ao chatGPT quem é o autor dos textos gerados pela ferramenta, a resposta surpreende: “Eu, ChatGPT, sou o autor dos textos preparados

por mim. Como um modelo de linguagem, fui treinado em uma grande quantidade de dados e informações textuais para gerar respostas e textos de maneira automatizada. No entanto, é importante destacar que meu conhecimento é limitado ao que foi apresentado em meus dados de treinamento, e minha resposta pode não refletir necessariamente a opinião ou visão de qualquer indivíduo específico.”, resposta fornecida em junho de 2023. Nesta mesma data, questionou-se: “O ChatGPT é uma inteligência artificial. Inteligência Artificial pode ser autor?”, obtendo-se a seguinte resposta:

O termo "autor" é frequentemente associado a um indivíduo ou grupo de indivíduos que criam uma obra ou texto original. No caso de uma inteligência artificial como eu, ChatGPT, embora eu tenha sido programado para gerar respostas e textos de forma autônoma, não sou um ser humano e não tenho uma personalidade ou consciência próprias. Portanto, pode-se argumentar que o termo "autor" não é aplicável a mim como uma entidade autônoma. No entanto, como modelo de linguagem, posso ser considerado como um meio ou ferramenta que ajuda a gerar o texto, e o crédito pelo conteúdo final pode ser atribuído aos desenvolvedores e pesquisadores que trabalharam na criação e treinamento do modelo.

Atualmente, outubro de 2024, ao se perguntar: “Quem é o autor dos textos preparados pelo ChatGPT?”, tem-se a seguinte resposta:

Os textos gerados pelo ChatGPT são preparados por mim, um modelo de linguagem treinado pela OpenAI, com base em dados textuais amplos, mas não tenho autoria no sentido tradicional. Isso significa que as respostas não são criadas por um ser humano individual, e sim por um algoritmo que organiza as informações com base em padrões aprendidos durante o treinamento. Portanto, as respostas são uma síntese de conhecimento extraído de várias fontes disponíveis até o momento do meu treinamento (com corte em setembro de 2021 para a versão GPT-4). As informações fornecidas não podem ser atribuídas a um autor específico.

Se você publicar um texto gerado por mim,

normalmente ele não precisaria ser atribuído a um autor, mas pode ser adequado mencionar que foi produzido por uma IA.

Percebe-se, portanto, a alteração de resposta, adequando a questão de autoria e recomendando mencionar que o texto foi produzido por um sistema de IA. Neste sentido, periódicos nacionais e internacionais têm solicitado que autores indiquem se e como fizeram uso de sistemas de IA para desenvolver artigos científicos. Além disto, há a preocupação com dados e resultados apresentados nos artigos, de maneira que haja uma declaração de responsabilidade, visto que a geração e apresentação de resultados falseados ou não validados pelo autor podem influenciar a decisão positiva pela aceitação e publicação do artigo, caso tais resultados sejam positivos ou superem valores já alcançados por outros(as) pesquisadores(as) ou, ainda, sejam de elevada significância para uma área de pesquisa.

A discussão recai sobre a integridade acadêmica do(a) pesquisador(a), levando a critérios éticos relacionados à pesquisa científica. O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq<sup>6</sup> apresenta 21 diretrizes básicas para a integridade na atividade científica, desde “O autor deve sempre dar crédito a todas as fontes que fundamentam diretamente seu trabalho” até “Todos os autores de um trabalho são responsáveis pela veracidade e idoneidade do trabalho, cabendo ao primeiro autor e ao autor correspondente responsabilidade integral, e aos demais autores responsabilidade pelas suas contribuições individuais.”.

Cabem ainda algumas ponderações, iniciando-se pelo fato de que a Lei de Direitos Autorais é de 1988 e nem de longe se imaginava uma transformação tão profunda, tendo sido elaborada em um contexto analógico e físico. Ao que se refere à autoria, sistemas de IA, a exemplo do chatGPT, não são pessoa física. Discute-se no Direito o estabelecimento de personalidade jurídica aos sistemas de IA para questões de responsabilização ou outra categoria de “persona” específica. E, finalmente, há que se ter em mente que sistemas de IA não morrem, mas são descontinuados, por isso a necessidade de explicabilidade da IA (*AI Explainable*) (KHAN; KHAN, 2012).

<sup>6</sup> Disponível em <http://memoria2.cnpq.br/web/guest/diretrizes/>

#### 4. Algumas reflexões sobre sistemas de IA generativa e o direito

Escalar o uso de sistemas de IA Generativa permitirá ir além tanto no ensino quanto na aprendizagem. A confiança virá atrelada à segurança, visto que modelos seguros tanto do ponto de vista tecnológico quanto jurídico aumentarão a velocidade de adoção da IA Generativa e os benefícios ficarão cada vez mais evidentes. E a confiança e a segurança virão com a explicabilidade, uma vez que entende-se ser imperativo explicar como um sistema de IA alcança uma decisão, como um resultado é gerado e como esse resultado é afetado pelo modelo treinado por uma base de dados confiável e, ainda, os motivos (caminhos internos) que ativaram o sistema de IA e o fez atuar em determinada situação real.

A explicabilidade fortalecerá o uso de sistemas de IA Generativa em grande escala, destacando dados, modelos e procedimentos por meio de análises transparentes e com validade não somente matemática, estatística ou probabilística, mas para seres humanos. Espera-se que a explicabilidade possa evidenciar falhas, vulnerabilidades e vieses, mitigando riscos e permitindo a adequação (ou até mesmo a correção) dos sistemas de IA.

A transparência será a chave de toda a explicabilidade. Urge pensar em interface de usuários para que os humanos possam “observar” os diferentes níveis, como se subissem uma escada, um degrau de cada vez. Pular do primeiro degrau ao último pode ser desastroso. Treinar modelos para sistemas de IA Generativa não é uma tarefa trivial, mas é preciso estabelecer um ciclo entre céticos e aqueles que acreditam na IA, entre experientes e novatos, para que os algoritmos sejam aprimorados em termos de aprendizado (humano e algorítmico), produtividade, confiança e transparência.

Treinar modelos de IA Generativa para textos jurídicos depende de bases de dados confiáveis, evitando violar privacidade, buscando proteger dados pessoais, evitando causar danos ou discriminação. Os sistemas de IA Generativa devem considerar e garantir a acessibilidade à toda a gama de capacidades, habilidades e requisitos humanos, proporcionando diversidade, não discriminação e justiça. Necessita-se olhar para princípios e fundamentos que regem não somente o desenvolvimento de sistemas de IA, mas o desenvolvimento

digitalmente sustentável, para que se possa manter um ecossistema fundado no bem-estar social e ambiental, de modo que os sistemas de IA Generativa promovam mudanças sociais positivas e melhorem a sustentabilidade ambiental.

#### 5. Considerações finais

Espera-se ter contribuído para as discussões sobre o uso da IA Generativa, visto que há vantagens, mas há perguntas ainda por responder. E, Yuval Noah Harari (2016) no livro “Homo Deus: uma breve história do amanhã” (2016, p.399) ao finalizar o último capítulo sobre “A religião dos dados”, dataísmo, pergunta: “Será que organismos são apenas algoritmos e a vida apenas processamento de dados?; (ii) O que é mais valioso - inteligência ou consciência?”. Talvez ao se perguntar ao chatGPT tenha-se inúmeras respostas, isto dependerá de quanto uso o leitor já fez do chatGPT, do contexto fornecido para as perguntas, construção textual da solicitação, entre outras infundáveis variáveis.

Algo é certo, a resposta pode vir de Lars Jones (2001, p.3) que ensina: “Integridade acadêmica é, simplesmente, uma escolha pessoal de agir com responsabilidade e assumir a responsabilidade por suas ações.”. Não há como fugir do uso da IA Generativa, mas deve-se fazer com consciência em primeiro plano, visto que o autor complementa: “Integridade e honra funcionam como formas de “contrato social” em que o indivíduo abre mão de certos direitos - direitos que podem lhe proporcionar uma vantagem injusta - para que outros membros do grupo também renunciem a direitos semelhantes para criar um ambiente equitativo.”. Só assim o ecossistema da ciência superará a desinformação e a opacidade, de modo que complexidade não seja um entrave à transparência ou à explicabilidade de sistemas de IA Generativa.

#### Referências

- ASCENSÃO, José de Oliveira. O Direito Intelectual em Metamorfose. Revista de Direito Autoral. Ano II, No IV, fev., 2006. p.03-24.
- BARBOSA, Denis Borges. Tratado da Propriedade Intelectual. Tomo III. Editora Lumen Juris: Rio de Janeiro, 2010.

JONES, Lars R.. *Academic Integrity & Academic Dishonesty: A Handbook about Cheating & Plagiarism*. Florida Institute of Technology, Melbourne, Florida - USA, 2001.

DORR, Bonnie J.; HOVY, Eduard H.; LEVIN, Lori S. *Machine Translation: Interlingual Methods*. In: *Encyclopedia of Language and Linguistics*. 2<sup>nd</sup> ed., Keith Brown (ed.), 2004. Disponível em <https://users.umi.acs.umd.edu/~bonnie/Publications/Attic/Dorr2004g.pdf>

FREITAS, Cinthia Obladen de Almendra; BARBOSA, Claudia Maria. As Novas Tecnologias à frente da Detecção de Plágio em Software e do Direito de Autor. In: José Renato Gaziero Cella; Aires Jose Rover; Valéria Ribas Do Nascimento. (Org.). *Direito e Novas Tecnologias*. 1<sup>a</sup> ed. Florianópolis: CONPEDI, 2015, v. 1, p. 123-143.

HARARI, Yuval Noah. *Homo Deus: uma breve história do amanhã*. Trad. Paulo Geiger. 1<sup>a</sup> ed., São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

KHAN, Mohd. Ehmer; KHAN, Farneena. *A Comparative Study of White Box, Black Box and Grey Box Testing Techniques*. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications - IJACSA*, Vol. 3, No. 6, 2012. p. 12-15.

KRAGBÉ, David. *Applying Natural Language Processing to document classification*. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2022.

LANCASTER, Thomas. *Artificial intelligence, text generation tools and ChatGPT: does digital watermarking offer a solution?* *International Journal for Educational Integrity*, V.19, n. 10, 2023. Disponível em <https://edintegrity.biomedcentral.com/articles/10.1007/s40979-023-00131-6>

PANDEY, Rohit et al. *Generative AI-Based Text Generation Methods Using Pre-Trained GPT-2 Model*. *Praxis*, 2023. Disponível em <https://arxiv.org/abs/2404.01786>

SINGH, Sonit. *Natural Language Processing for Information Extraction*. 2018. Disponível em arXiv:1807.02383

VIDE, Carlos Rogel; DRUMMOND, Victor. *Manual de Direito Autoral*. Editora Lumen Juris: Rio de Janeiro, 2005.

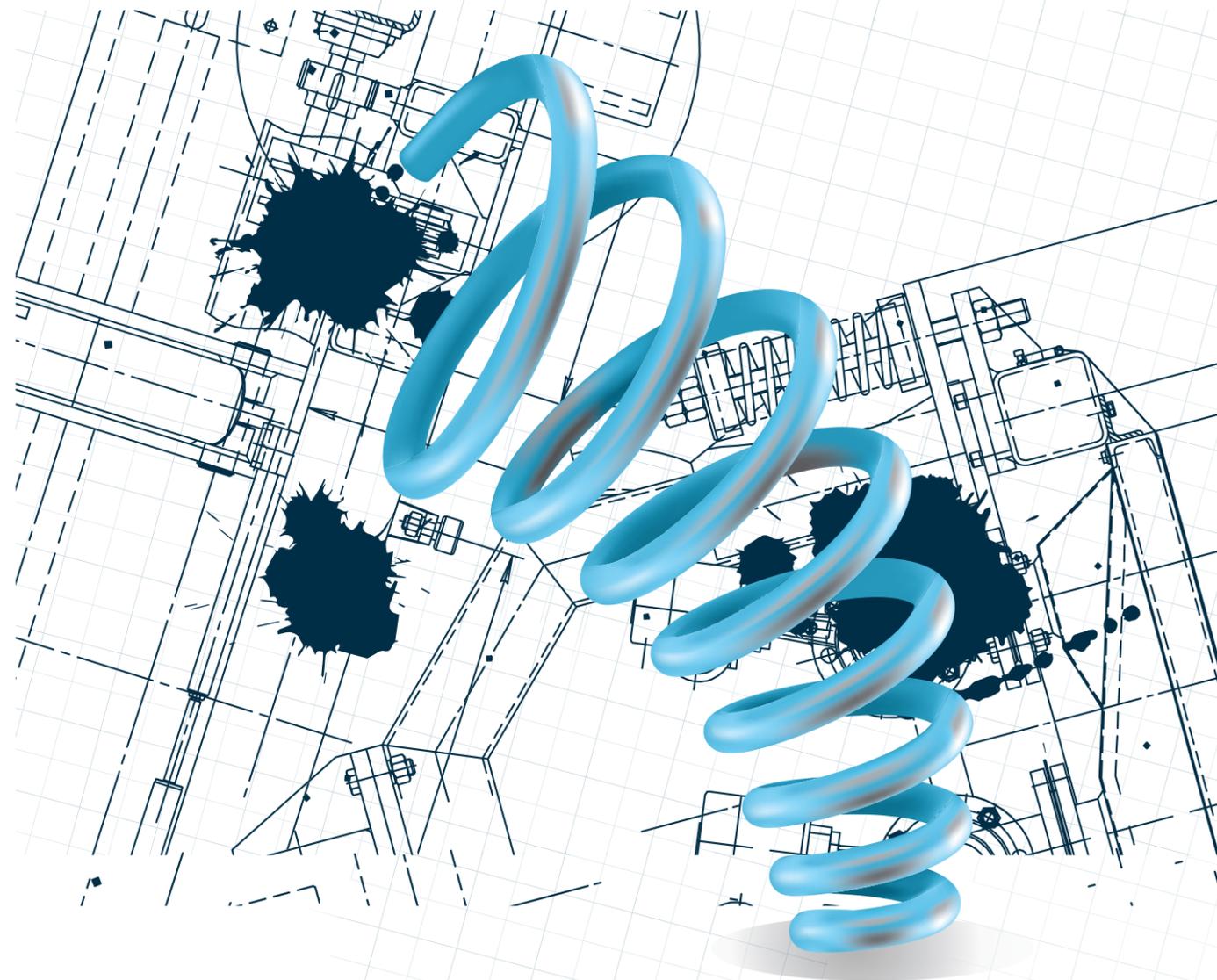
ZANIRATO, Silvia Helena e RIBEIRO, Wagner Costa. Conhecimento tradicionais e propriedade intelectual nos organismos multilaterais. *Revista Ambiente & Sociedade*, Vol. X, N° 01, jan.-jun., 2007, p. 39-55. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v10n1/v10n1a04.pdf>

# a tecnologia de metais inteligentes para aplicações de engenharia avançada



**Carlos José de Araújo**

Laboratório Multidisciplinar de Materiais e Estruturas Ativas | LaMMEA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica | PPGEM | UAEM  
Universidade Federal de Campina Grande | UFCG  
INCT de Estruturas Inteligentes em Engenharia | INCT EIE



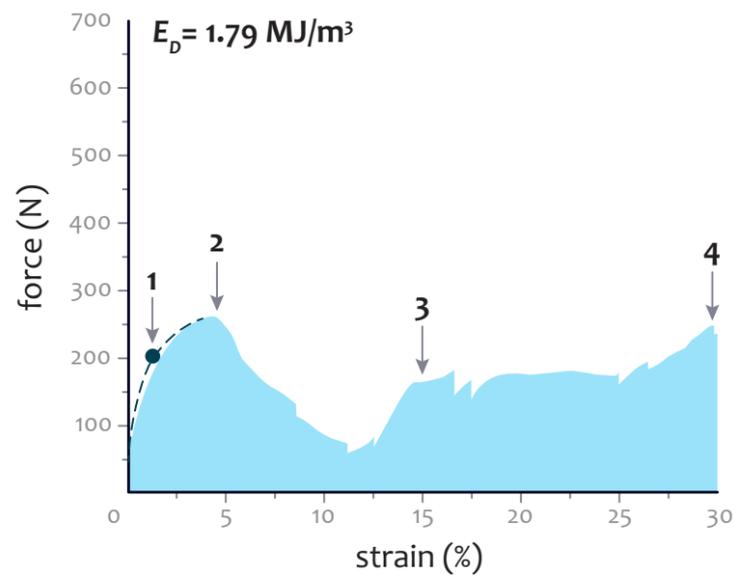
Primeiramente, ressalta-se que abordar a temática de Metais Inteligentes para Aplicações de Engenharia buscando uma linguagem mais informativa e menos científica é um desafio para qualquer autor. Este não é um tema simples de escrever apenas dessa forma, tendo em vista a elevada carga científica envolvida no desenvolvimento desses materiais avançados.

Para uma melhor compreensão deste tópico, é importante lembrar que os materiais metálicos convencionais de Engenharia (aços, bronzes, ligas de titânio, ligas de alumínio e outros) desempenham apenas funções estruturais, geralmente trabalhando dentro do seu limite linear elástico. Ou seja, os componentes mecânicos fabricados de metais convencionais são projetados apenas para suportar o carregamento mecânico, sem ruptura ou acúmulo de deformação plástica. Apesar de existirem no Brasil alguns grupos desenvolvendo pesquisa em metais avançados não convencionais, ditos “inteligentes”, capazes de desempenhar ao mesmo tempo funções estruturais e funcionais (suportando e reagindo a carregamentos termomecânicos), o seu estudo não é comum nas formações de graduação em Engenharia Mecânica, mesmo que os nossos cursos foquem mais nos materiais metálicos em detrimento das outras classes (polímeros, cerâmicos e compósitos).

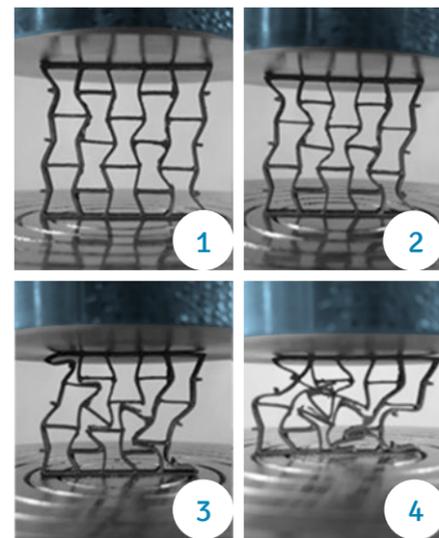
Esses materiais avançados, considerados como “metais inteligentes”, correspondem as ligas metálicas especiais capazes de recuperar grandes níveis de deformação (de até 10% em tração uniaxial) por meio de aquecimento, ou simples descarregamento mecânico. Tais materiais são conhecidos como Ligas com Efeito de Memória de Forma (LMF) (do acrônimo em inglês SMA - *Shape Memory Alloys*), apresentando elevado potencial para o desenvolvimento de aplicações tecnológicas de maior valor agregado em áreas como a médico-odontológica, aeroespacial, petróleo e gás, construção civil, dentre outras.

Em uma linguagem simples e direta, neste artigo de divulgação científica são apresentados e discutidos aspectos fundamentais dessa tecnologia referentes aos fenômenos envolvidos, os principais tipos de metais inteligentes (LMF), a necessidade de testes e experimentos dedicados, o desenvolvimento de aplicações e o estágio atual dessa tecnologia em nível nacional e internacional.

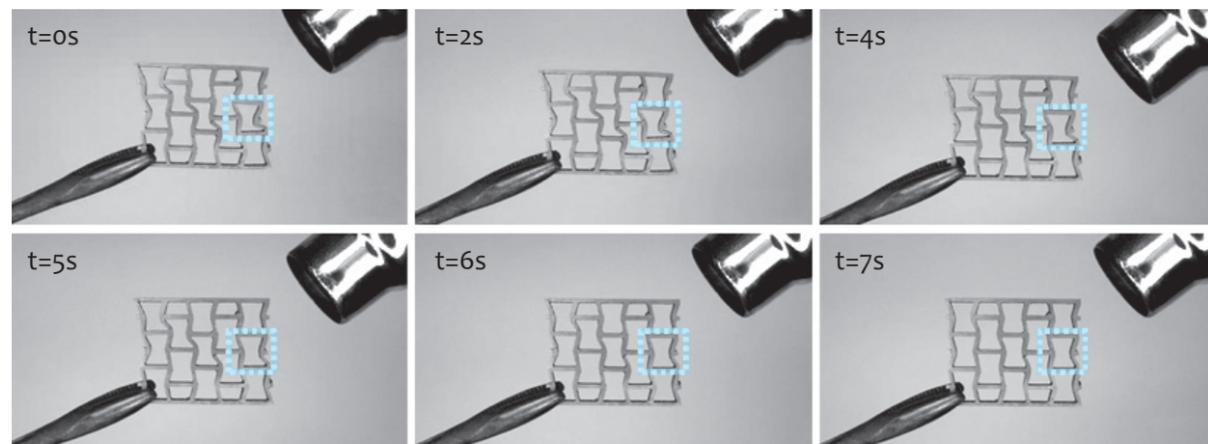
No contexto acima descrito, e de uma forma simplificada, uma LMF ou metal inteligente é caracterizado por sofrer uma deformação plástica, recuperável por um aquecimento subsequente. Ou seja, diferentemente dos metais estruturais convencionais de engenharia, para os quais a deformação plástica produzida pelo carregamento mecânico é um fenômeno irreversível, nos metais inteligentes tem-se uma pseudo plasticidade, tendo em vista a possibilidade de recuperação da forma (deformação) por meio do aumento de temperatura (aquecimento). A [Figura 1](#) mostra esse fenômeno de recuperação de forma por aquecimento, usando um soprador térmico, em uma peça deformada plasticamente durante aplicação de força compressiva. Esse fenômeno nos permite pensar, de uma forma bastante simplista e inusitada, que seria possível recuperar danos permanentes oriundos de colisões entre veículos automotores caso fossem empregadas chapas de metais inteligentes ao invés de metais convencionais. Da mesma maneira simplista, também seria possível remover pequenas regiões amassadas em partes de eletrodomésticos (portas de geladeira, por exemplo) usando um simples secador de cabelo. Contudo, essa tecnologia ainda não chegou em aplicações tão populares quanto as supramencionadas, talvez pela inexistência de aços que apresentem esse fenômeno em intensidade suficiente, além de outros desafios tecnológicos específicos, sem falar em outros aspectos fundamentais, como o custo da tecnologia.



a.



b.



c.

Figura 1. Estrutura celular reentrante auto reparável fabricada de um metal inteligente do tipo LMF Cu-Al-Mn e que sofreu falha por compressão. (a) Comportamento compressivo Força vs Deformação a temperatura ambiente. (b) Imagens da peça em diferentes momentos da compressão. (c) Auto reparação por aquecimento até 150 °C.

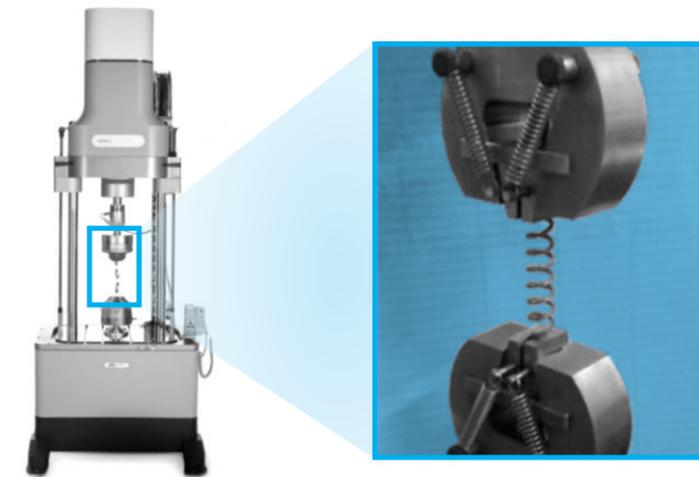
De um ponto de vista mais científico, ressalta-se que o comportamento de efeito de memória de forma (EMF) revelado pela Figura 1 (c) ocorre por que o metal inteligente sofre uma mudança de fase no estado sólido (mudança de estrutura cristalina) quando aquecido e resfriado, levando a recuperação de forma mostrada. Ressalta-se que esse fenômeno pode ser repetido diversas vezes. As fases de alta e baixa temperatura são denominadas de austenita e martensita,

respectivamente, por uma analogia com os aços. Além disso, o projeto da faixa de temperatura, de fria para quente (30 a 150 °C, no caso da Fig. 1), é fundamentalmente definido pela composição química do metal inteligente e pela rota de fabricação empregada para obter o componente mecânico específico.

Um outro fenômeno tão macroscopicamente intenso e importante quanto o EMF da Figura 1

é o efeito denominado de Superelasticidade (SE). Nesse caso, a peça fabricada em metal inteligente é mantida na sua fase de mais alta temperatura (austenita) e submetida a ciclos de carregamento e descarregamento mecânico a temperatura constante. O que se observa é um nível de recuperação elástica muito elevado, que pode chegar facilmente a 6% em um corpo de prova de ensaio de tração, por exemplo. Ressalta-se aqui que a deformação do limite elástico típico de metais convencionais é da ordem de apenas 0,2%. A Figura 2 mostra o fenômeno de SE para uma mola helicoidal de um desses metais, testada a temperatura ambiente. Observa-se que, devido ao design do componente (parâmetros construtivos da mola como diâmetros, passo, índice de mola e outros), os níveis de SE podem chegar a 90% do comprimento indeformado.

a.



b.

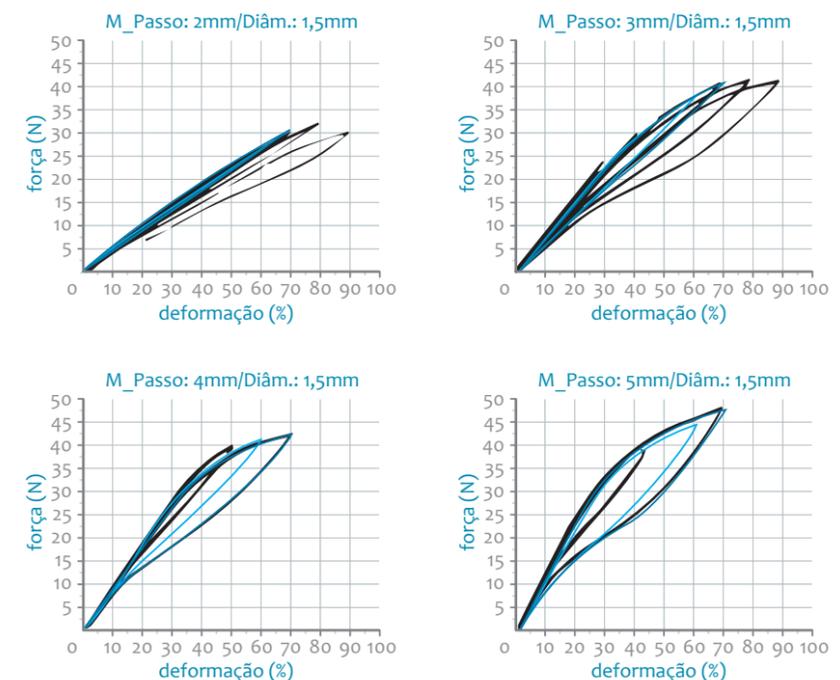
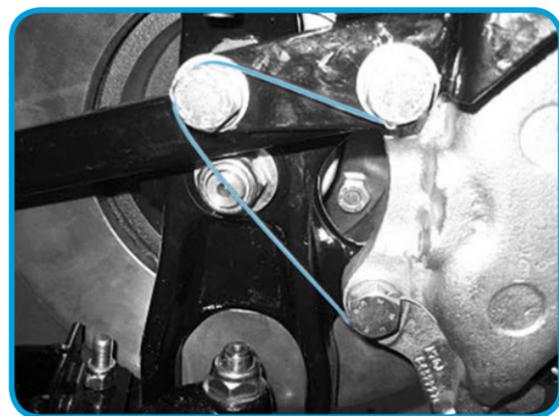


Figura 2. Efeito superelástico em molas helicoidais fabricadas de um metal inteligente do tipo LMF Ni-Ti, submetidas a carregamento e descarregamento trativo. Testes a temperatura ambiente de aproximadamente 25 °C.

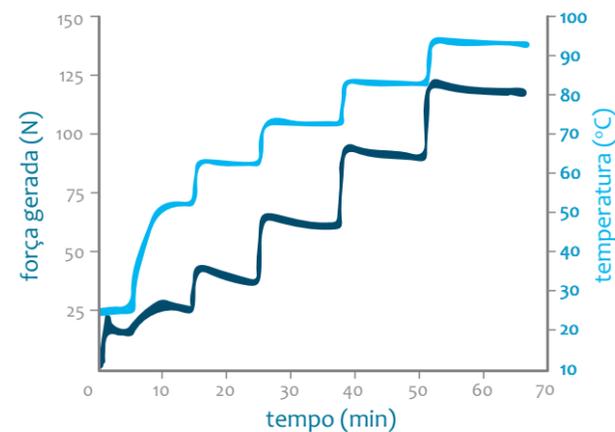
Verifica-se que a SE é um fenômeno não linear e acompanhado de uma histerese mecânica entre o carregamento e o descarregamento oscilatório da mola. A existência de uma área interna ao laço de força vs deformação durante a oscilação da mola indica dissipação de energia mecânica. Assim, pensando uma vez mais de forma inusitada e simplista, seria possível imaginar uma aplicação no setor automotivo, em que uma mola de metal inteligente SE instalada na suspensão veicular poderia até dispensar o uso do amortecedor, já que o próprio material faria a função dissipativa.

Adicionalmente, aproveitando-se do comportamento observado na Figura 1, é possível

verificar que se a recuperação de deformação por EMF for bloqueada de alguma forma, impedindo o movimento mostrado, uma importante força de recuperação pode ser gerada à medida que a temperatura aumenta. Por exemplo, é possível trançar fios de metal inteligente, deformar em tração e instalar em um sistema de parafusos para impedir o seu afrouxamento sob aumento de temperatura e vibração, devido a um aumento contínuo de força promovido pela tendência de contração do fio, capaz de gerar torque nos parafusos, conforme ilustrado na Figura 3. Originase, assim, um fio de freio de LMF (“smart lockwire”) para aplicações aeronáuticas, automotivas ou outras.



a.



b.

Figura 3. Fio de freio (lockwire) de metal inteligente (smart lockwire) para conexões aparafusadas. (a) Instalação em união aparafusada. (b) Geração de força com o aumento gradativo de temperatura.

Essa capacidade de geração de força e deslocamento controlado pela variação de temperatura, como verificado nas Figuras 1 e 3, transformam os metais inteligentes do tipo LMF em materiais atuadores intrínsecos, capazes de produzir trabalho mecânico para aplicações diversas. Por exemplo, o emprego

de atuadores lineares finos de LMF (fios ou fitas) associados com partes em plástico (ABS ou PLA) obtidas por impressão 3D e polímeros flexíveis, como o silicone, podem originar estruturas flexíveis eletricamente ativas, como vigas e placas, conforme a idealização ilustrada na Figura 4.

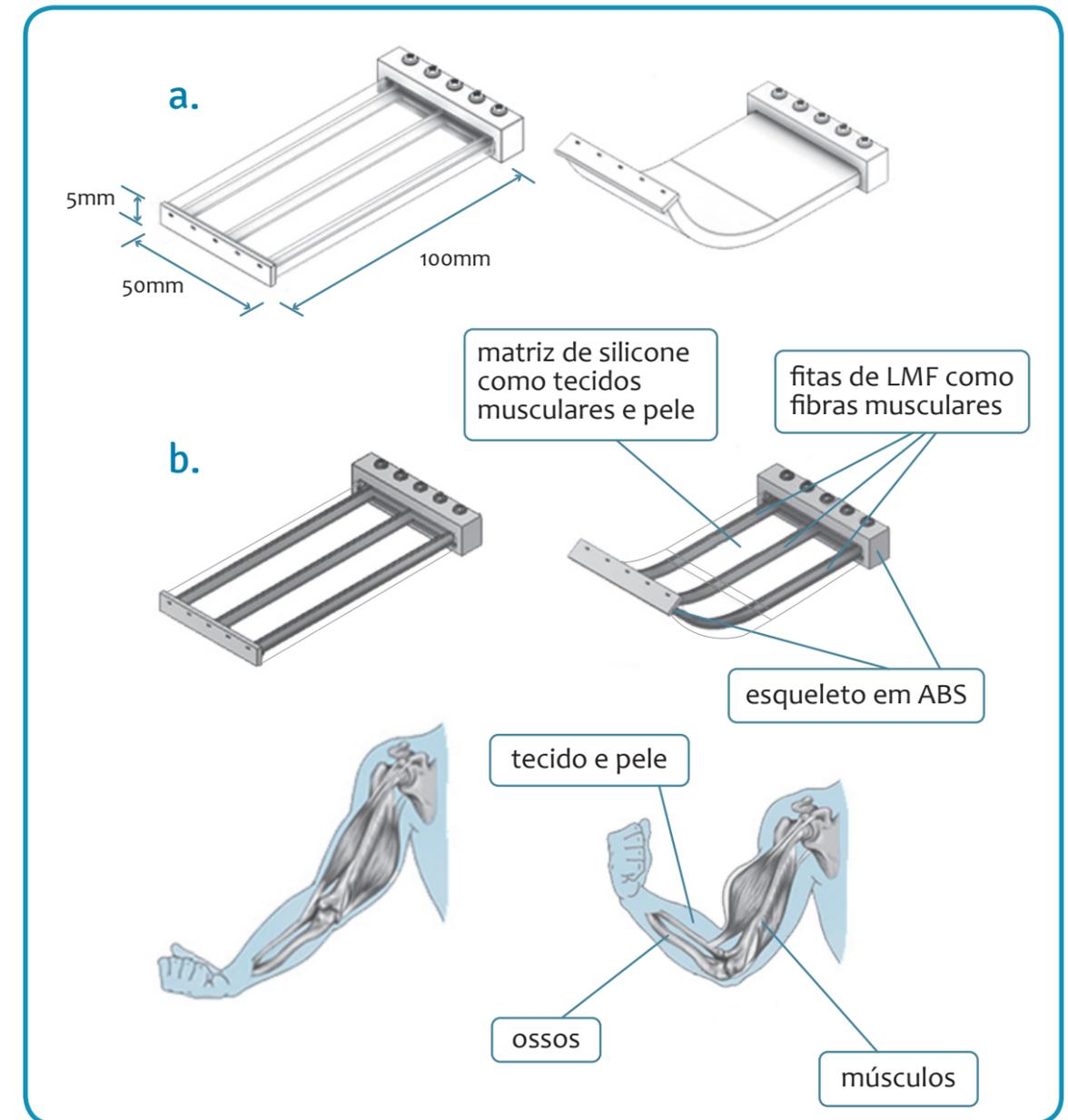
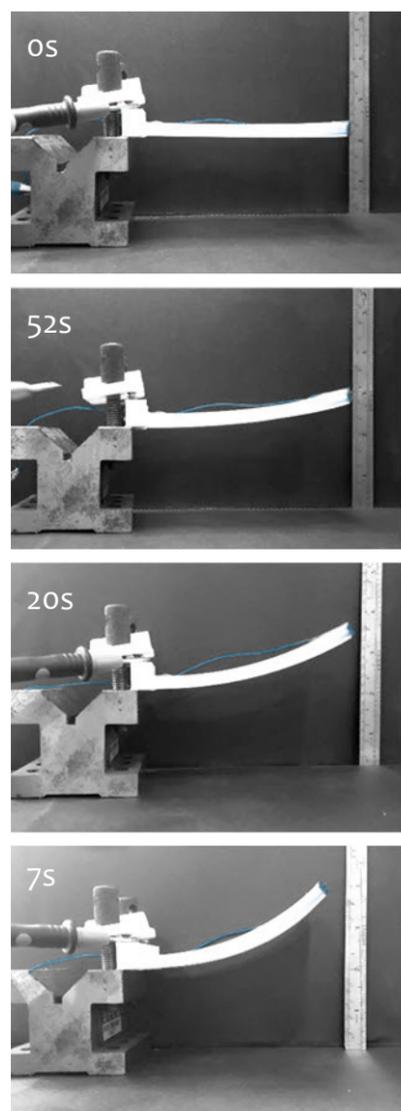


Figura 4. Idealização do conceito de viga/placa/aerofólio flexível inteligente. a) Estados desativado e ativado eletricamente. b) Analogia entre a biomecânica muscular e o conceito desenvolvido.

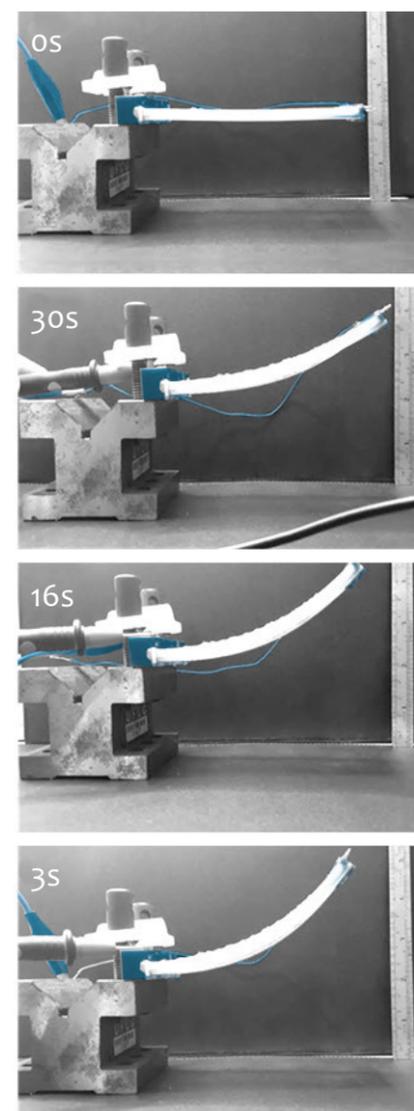
Os atuadores lineares do tipo fios ou fitas finas de LMF Ni-Ti embebidos nas placas de ABS+Silicone da Figura 4 são aquecidos por passagem de corrente elétrica (efeito Joule) causando uma tendência de auto contração no interior da placa e promovendo a sua conseqüente deflexão, conforme mostrado na Figura 5 por meio de testes de ativação em protótipos reais.

placa atuada por Fita 04



a.

placa atuada por Fita 029



b.

posição inicial

posição final para **uma** fita adesiva

posição final para **duas** fitas adesivas

posição final para **três** fitas adesivas

Figura 5. Protótipos de vigas/placas/aerofólios inteligentes de ABS + Silicone + LMF ativadas por corrente elétrica em fitas finas (0,40 mm e 0,29 mm de espessura) de LMF Ni-Ti. (a) Corrente = 0,9 A. (b) Corrente = 1,3 A.

As principais classes de metais inteligentes do tipo LMF são as ligas da família Ni-Ti (níquel - titânio) e as ligas da família Cu-Al (cobre - alumínio), além de outras menos exploradas, como as ligas de base ferro (Fe-Mn-Si), estas últimas consideradas aços com memória de forma. Existem diversos sistemas de LMF, com potencial para aplicações abrangendo baixas, médias e altas temperaturas, em uma faixa ampla, variando de -150 °C a 350 °C, a partir de composições diversificadas: Ni-Ti, Ni-Ti-Cu, Ni-Ti-Nb, Ni-Ti-Fe, Ni-Ti-Zr, Ni-Ti-Hf, Ni-Co-Al, Cu-Al-Mn, Cu-Al-Be, Cu-Al-Ni, Cu-Al-Nb, Cu-Zn-Al, Fe-Mn-Si, dentre outras.

Considerando o caráter intrinsecamente termomecânico destes metais, a caracterização experimental estática ou dinâmica do seu comportamento envolve necessariamente uma abordagem tridimensional envolvendo tensão ( $\sigma$ ), deformação ( $\epsilon$ ) e temperatura (T), conforme indicado direta ou indiretamente pelas Figuras 1 a 5. Por isso, para testes em laboratório de P&D&I, são empregadas máquinas universais de ensaio estáticas e dinâmicas equipadas com câmara térmica e sensores para monitoramento de temperatura do material.

A Figura 6 mostra uma montagem experimental específica para testes termomecânicos estáticos e dinâmicos de arruelas e molas cônicas fabricadas a partir de um metal inteligente do tipo LMF Ni-Ti.

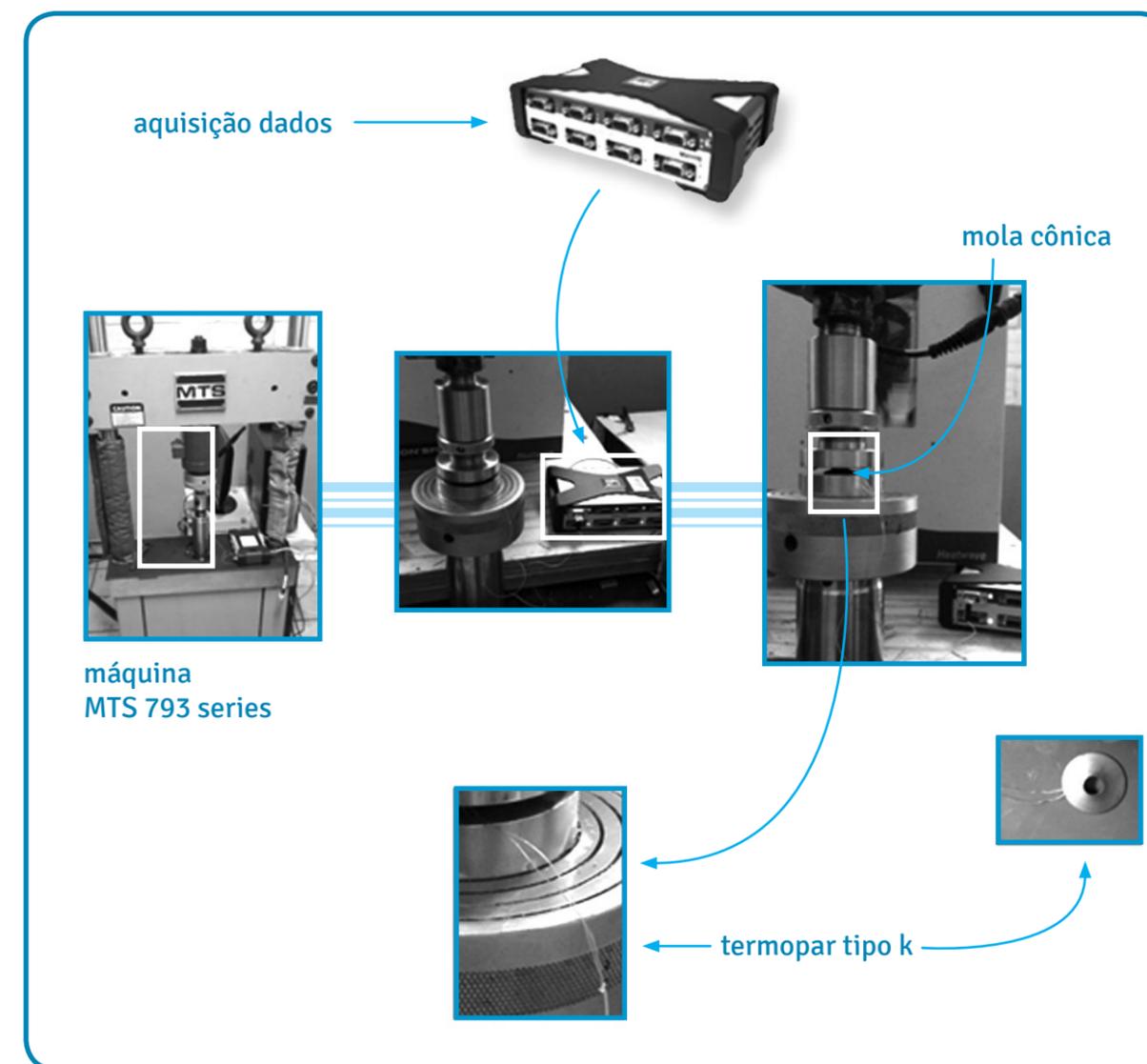


Figura 6. Montagem para a caracterização termomecânica em compressão de uma mola cônica de LMF Ni-Ti em uma máquina universal de ensaios.

Na Figura 7 é possível observar a diferença entre o comportamento de um componente mecânico de metal inteligente com um outro idêntico, de mesma geometria e dimensões, fabricado de um metal convencional de engenharia. Verifica-se na Figura 7 (a) que, enquanto uma mola cônica de

aço inox sofre deformação plástica severa, um componente idêntico de LMF Ni-Ti demonstra comportamento superelástico na mesma faixa de deformação, originando um laço histerético entre o carregamento e o descarregamento mecânico, semelhantemente aquele mostrado na Figura 2, para molas helicoidais de tração. Conforme revela a Figura 7 (b), este laço histerético força vs deflexão, que corresponde

a energia mecânica dissipada pelo componente, continua existindo quando a temperatura é aumentada, entre 35 e 55 °C. Se constata também um importante incremento de força máxima (de 1400 N para aproximadamente 1850 N) para um aumento de temperatura de apenas 20 °C, algo inusitado e que revela que o componente de metal inteligente ganha resistência mecânica com o aumento da temperatura.

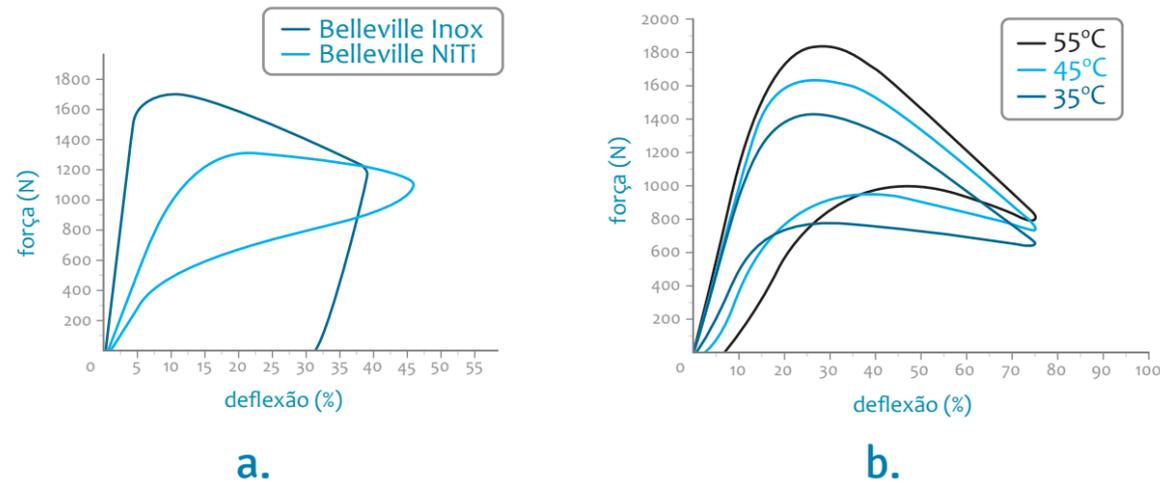


Figura 7. Resposta estática em compressão de uma mola cônica de metal inteligente do tipo LMF Ni-Ti. (a) Mola cônica de LMF Ni-Ti x Mola cônica de aço inox. (b) Comportamento força vs deflexão de uma mola cônica de LMF Ni-Ti em função da temperatura.

A Figura 8 mostra a evolução do laço histerético da Figura 7 (a) para dois níveis de frequência do carregamento compressivo, uma frequência considerada baixa, de 0,5 Hz, e outra considerada alta, correspondente a 10 Hz.

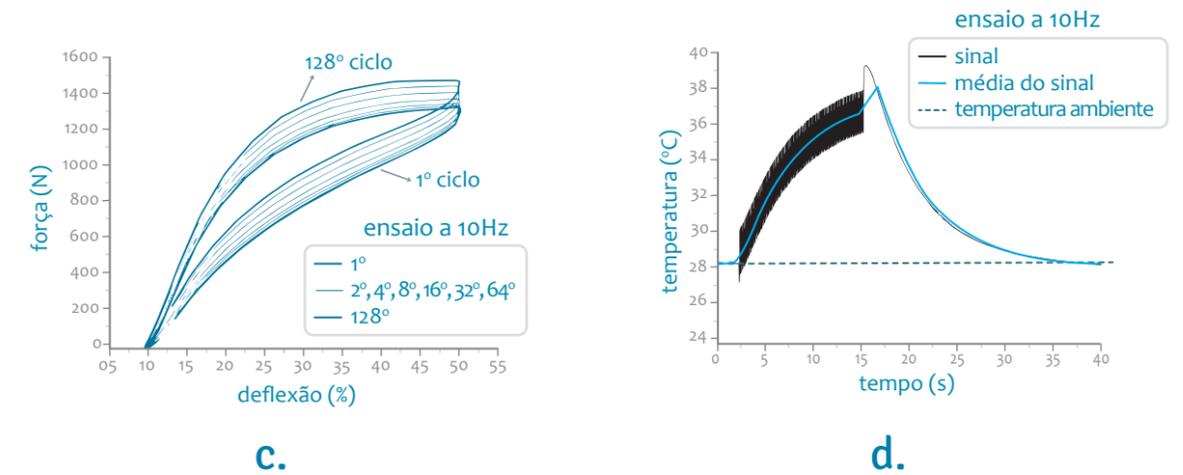
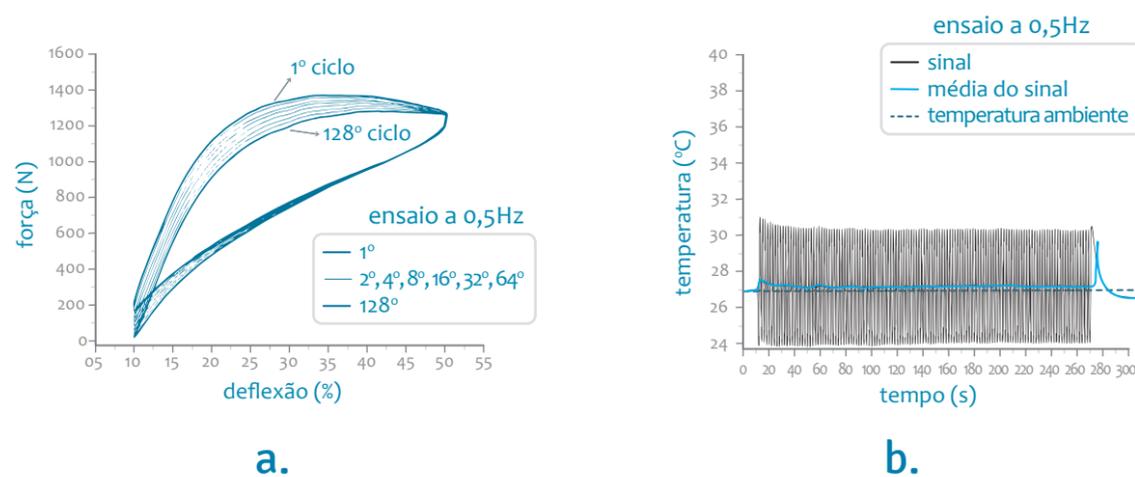


Figura 8. Resposta dinâmica em compressão de uma mola cônica de metal inteligente do tipo LMF Ni-Ti. (a) Curva força vs deflexão em baixa frequência (0,5 Hz). (b) Variação da temperatura do componente a 0,5 Hz. (c) Curva força vs deflexão em alta frequência (10 Hz). (d) Aumento da temperatura do componente a 10 Hz.

Verifica-se que, para baixa frequência, ocorre uma diminuição da força com o aumento da ciclagem (ciclos 1 a 128), conforme indicado na Fig. 8 (a). Isso ocorre devido ao efeito elastocalórico do metal inteligente durante a transformação de fase causada pelo carregamento mecânico compressivo, gerando um auto resfriamento seguido de auto aquecimento, mas com ligeira diminuição da temperatura média do componente (Fig. 8 b). Inclusive, esse efeito de auto resfriamento com aplicação do carregamento mecânico tem sido objeto de pesquisas para o desenvolvimento de sistemas de resfriamento com metais inteligentes. Para frequências mais altas, ocorre o contrário, um aumento da força durante a ciclagem causada pelo acúmulo de calor retido no componente, conforme indicado nas Figuras 8 (c) e 8 (d).

De maneira muito simplista, observando os comportamentos revelados nas Figuras 1 a 8, seria possível afirmar que o desenvolvimento de aplicações para metais inteligentes na Engenharia depende da disseminação do conhecimento sobre essa tecnologia e da criatividade do projetista, obviamente quando aspectos de custo são desconsiderados ou vencidos. Neste contexto, a área mais desenvolvida em termos de aplicação, é a Medicina (ortopedia e cardiovascular), com os metais inteligentes do tipo LMF a base de Ni-Ti (NiTiNol), que além de apresentarem os comportamentos termomecânicos aqui descritos, são também metais comprovadamente biocompatíveis.

Após a apresentação desses principais aspectos, resta concluir apontando alguns dos desafios atuais para a efetiva utilização dos variados tipos

de metais inteligentes. Em termos nacionais, e devido ao caráter inter e multidisciplinar envolvido no tema, existe carência de pesquisa nessa área. São poucos os grupos de pesquisa no país especificamente dedicados ao estudo amplo de metais inteligentes variados, desde a sua metalurgia e processos de fabricação até o desenvolvimento de aplicações na engenharia e na medicina, de maneira que praticamente todo o desenvolvimento de P&D&I nesse tema é conduzido no âmbito do INCT de Estruturas Inteligentes em Engenharia, com financiamento por órgãos de fomento (CNPq, FAPEMIG, CAPES). No contexto internacional, existe elevado grau de parceria com empresas e financiamentos que tem levado atualmente a uma corrida para o desenvolvimento de componentes mecânicos complexos (estruturas celulares, stents esofágicos e vasculares, além de outros) por meio de técnicas de manufatura aditiva usando sinterização a laser de pós de metais inteligentes, e suas variações. No Brasil, mais recentemente tem se produzido componentes mecânicos semiacabados e de formatos mais complexo, porém usando fundição de precisão rápida ao invés de manufatura aditiva a partir de pós metálicos, como é o caso do componente da Figura 1. Independentemente do processo de fabricação empregado nacional ou internacionalmente, um desafio importante continua sendo a melhoria da vida em fadiga de componentes mecânicos aplicados em regime superelástico, de grandes deformações, que geram respostas mecânicas como aquelas mostradas nas Figuras 2 e 8. Em termos de novos metais, existe ainda uma busca contínua por metais inteligentes magnéticos dúcteis e por aços com memória de forma (ligas a base de ferro), que podem potencializar diferentes aplicações industriais.

# oportunidades para os sistemas fotovoltaico-térmico e heliotérmico de concentração



a Bruna de O. Busson



a Alexander Leyton



a Rafael P. da Cruz



a Victor C. Pigozzo Filho



a Rafael Faleiros



b Alexandre B. de Sá



c Patricia Scalco



c Jacqueline B. Copetti



a Jorge A. L. Esswein Jr



a Rafael B. A. Passarella



d Loïc Tachon



a Júlio C. Passos

LEPTEN | Universidade Federal de Santa Catarina | UFSC .a

Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tec. do RS | Campus Farroupilha .b

Programa de Pós-Grad. em Eng. Mec. | Escola Politécnica | Unisinos RS .c

soluz energia | Florianópolis SC .d

A matriz energética brasileira se destaca por ser uma das menos dependentes dos combustíveis fósseis como petróleo, gás natural e carvão mineral. De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) 2024, apresentado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) [1], esta dependência foi, em 2023, de 50,9%, enquanto a mundial, em 2021, foi de 85%.

As mudanças climáticas atribuídas às emissões de gases de efeito estufa advindos da queima de combustíveis fósseis têm fomentado no mundo o interesse por matrizes energéticas mais limpas, com maior participação de fontes renováveis. A energia solar é uma das principais opções à transição energética para uma matriz menos dependente dos combustíveis fósseis. No entanto, trata-se de uma fonte de energia variável e intermitente, o que exige sistemas de armazenamento que tornem a sua despachabilidade coordenada.

“Existem dois tipos principais de conversão da energia solar em energia elétrica: a fotovoltaica e a heliotérmica. A fotovoltaica converte diretamente uma parte do espectro de radiação solar em energia elétrica, em módulos de materiais semicondutores. A heliotérmica, por sua vez, concentra a radiação direta em um receptor com absorvedores em linha ou pontuais no interior dos quais se aquece um fluido”, [2]. O fluido térmico pode ser um óleo que, após ser aquecido no campo de concentradores (campo solar), pode transferir o calor à água a fim de gerar vapor que segue para uma turbina que integra um ciclo termodinâmico de potência.

Para o fornecimento de energia térmica, a radiação solar direta pode ser captada por coletores solares térmicos (ST), com ou sem concentração da radiação solar que, por sua vez, aquece um fluido em escoamento que pode ser armazenado em reservatórios térmicos e/ou conectado a um circuito de produção de vapor.

Os módulos fotovoltaicos (FV) convertem a energia da luz transportada pelos fótons em energia elétrica, [3]. Sistemas FV já representam 18,6% da capacidade instalada da matriz elétrica brasileira. A potência nominal de módulos fotovoltaicos instalada no mundo alcançou, no final de 2022, 1.047 GW, [4], com aumentos anuais médios de 23%, de 2018 a 2022, em relação ao ano anterior, sendo a China o país líder, com participação de 37,5% do total, [5]. No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), até junho de 2024,

existiam 43,3 GW de potência FV instalada, sendo 68%, 29,4 GW, somente de geração distribuída, destacando-se o setor residencial com quase 80% dos sistemas FV conectados à rede.

Os módulos FV apresentam eficiência de conversão elétrica na faixa de 5% a 25%, sendo que o restante da radiação solar incidente é dissipado na forma de calor [6]. Esse calor aumenta a temperatura de operação das células FV, trazendo consequências ao módulo FV. A curto prazo a eficiência FV diminui em torno de 0,4%/K, em média, para células de Silício, uma vez que a temperatura de operação é inversamente proporcional à geração de eletricidade [7]. A longo prazo o estresse térmico cíclico pode causar danos estruturais às células FV [8]. Assim, surgem opções de arrefecimento passivo (como os sistemas FV flutuantes e de imersão) e ativo (como os de aspersão) dos módulos FV a fim de contornar a perda de geração de eletricidade.

Neste artigo, será apresentada, inicialmente, a tecnologia fotovoltaica-térmica (FVT) e, em seguida, a heliotérmica de concentração. Também serão descritas, resumidamente, as pesquisas sobre essas tecnologias realizadas no Laboratório de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia (LEPTEN) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

### Sistema fotovoltaico-térmico (FVT)

Em módulos FVT, um fluido, em geral ar ou água, retira calor do módulo FV ao circular pelo trocador de calor, acoplado a este último, arrefecendo as células e elevando a eficiência elétrica. Um coletor FVT combina os conceitos de módulo FV e coletores solares térmicos, melhorando o aproveitamento global da radiação solar incidente, pois fornece ao mesmo tempo eletricidade e energia térmica. O fluido aquecido pode ser aproveitado para diversos fins, como climatização de ambientes, consumo residencial e aquecimento de piscina.

O setor residencial mostra-se um dos mercados mais promissores para a tecnologia FVT, principalmente para uso em climatização e água quente para chuveiros e torneiras. De acordo com a *Solar Thermal World* [9], em 2023, a área de coletores FVT em operação no mundo era de 1,6 milhão de metros quadrados, sendo que a Europa contava com 64% dos sistemas que

são majoritariamente coletores sem cobertura vítrea extra. A tecnologia FVT ainda é incipiente no Brasil.

Por meio de uma análise bibliométrica verificou-se a relevância de pesquisas relacionadas aos sistemas FVT. Foi considerada uma série histórica dos últimos 13 anos (de 01/01/2000 a 31/12/2023), disponível na *Web of Science Core Collection* (Wos). Os dados foram filtrados e uma rotina no *software* R removeu os documentos repetidos que, finalmente, foram lidos no *software Bibliometrix*. Foram analisados 1926 documentos, de 121 fontes, elaborados por 3429 autores em 79 países. A média de citação por documento é de 39,85 indicando que são valorizados no meio acadêmico, o que atesta a atualidade da pesquisa realizada no LEPTEN-UFSC.

Dentre os fluidos de resfriamento de sistemas FVT, o ar apresenta a menor capacidade térmica, porém os coletores FVT baseados em ar apresentam uma configuração mais simples e permitem a circulação do ar tanto por cima quanto por baixo do módulo FV. Em sua maioria são coletores com pelo menos uma camada vítrea extra para criar um efeito estufa que aumenta o calor absorvido pelo fluido. Contudo, o ar atingindo temperaturas mais elevadas compromete o desempenho elétrico do coletor FVT. Um desafio constante na tecnologia FVT é, justamente, o alcance do equilíbrio entre as eficiências elétrica e térmica.

A utilização da água como fluido de trabalho em um sistema FVT, aumenta tanto a eficiência térmica quanto a eficiência elétrica, uma vez que a água possui maior capacidade de arrefecimento quando comparada com o ar, devido ao seu elevado calor específico e maior condutividade térmica [10]. Os trocadores de calor, por onde circula o líquido, geralmente, estão em contato com a superfície posterior do módulo. A água entra pelo duto de distribuição inferior do trocador e sai pelo duto de recolhimento na parte superior com o auxílio de uma bomba ou por convecção natural. Após aquecido, o fluido é conduzido até um tanque de armazenamento térmico no qual fica armazenado, até ser utilizado. A promissora aplicação de coletores FVT baseados em água no setor residencial está na possibilidade de utilização direta da água armazenada no tanque em chuveiros e torneiras. Portanto, sistemas FVT residenciais baseados em água conseguem atender tanto a demanda por água quente quanto por eletricidade em

uma mesma área devido às gerações elétrica e térmica que ocorrem no mesmo equipamento.

Os trocadores de calor representam um aspecto relevante na construção de coletores FVT e variam conforme o material de fabricação, o padrão de escoamento e o diâmetro hidráulico dos canais. Trocadores podem ser fabricados com materiais metálicos, poliméricos ou de mudança de fase (*Phase-change material* ou PCM). Os trocadores metálicos são os mais comumente utilizados devido à sua capacidade de condução de calor com destaque para o cobre. Os poliméricos surgiram como alternativa para os metálicos e apresentam boa resistência à corrosão e facilidade de fabricação em massa. O PCM tem a capacidade de transferir grande quantidade de energia durante a mudança de fase e armazená-la sem elevar a temperatura.

A forma como os fluidos escoam pelos canais dos trocadores de calor varia de acordo com o design desenvolvido por cada fabricante. Os arranjos de escoamento podem ser de dupla passagem, serpentina, tubos, canais, *roll-bond* ou múltiplos tubos.

A vazão de escoamento do fluido influencia fortemente no desempenho global de sistemas FVT. Por isso, torna-se um parâmetro crucial, pois altas vazões induzem altos coeficientes de transferência de calor e, conseqüentemente, removem mais calor das células FV aumentando a eficiência de conversão elétrica. Por outro lado, baixas vazões induzem o fluido a sair do coletor FVT a temperaturas mais elevadas, o que aumenta a perda de calor, reduzindo tanto a eficiência térmica quanto a elétrica.

No LEPTEN-UFSC, é utilizada a tecnologia patenteada pela empresa SOLUZ Energia [11] que transforma módulos FV, comercialmente disponíveis, em módulos FVT por meio da utilização de trocadores de calor de polipropileno (PP) de múltiplos canais retangulares (*Figura 1*). A água escoam pelos canais do trocador de PP removendo calor da superfície posterior do módulo FV. Em seguida, a água aquecida é conduzida até um tanque de armazenamento de água quente para uso residencial ou utilizada diretamente para o aquecimento de piscinas. Além da vantagem de recuperação da energia térmica, que normalmente seria perdida para a atmosfera, há uma melhora da performance na conversão FV, pois a temperatura do módulo e a eficiência de conversão FV são grandezas inversamente proporcionais.

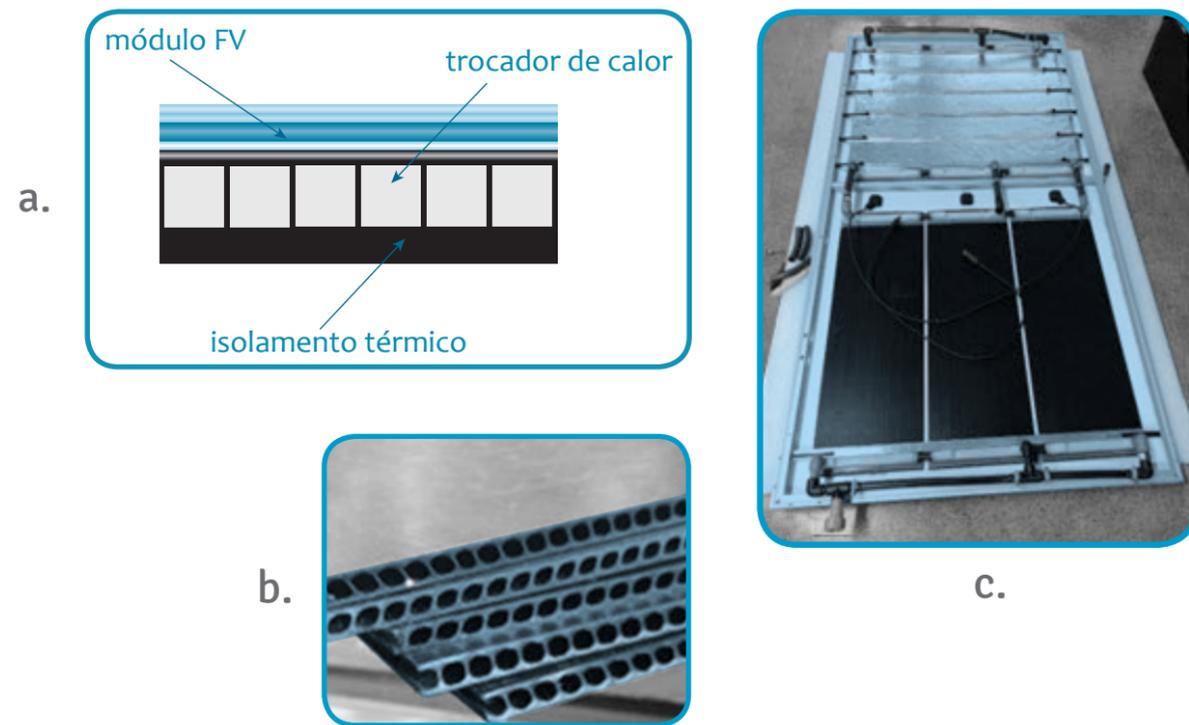


Figura 1. (a) Esquema do coletor FVT; (b) Vista das chapas alveolares de PP; (c) Trocador de calor montado na face posterior do módulo FVT com a metade inferior sem isolamento térmico [12].

A Figura 1 (a) retrata as chapas alveolares em PP, cujos canais têm diâmetro hidráulico de 4,24 mm, e a Figura 1 (c), a face posterior do módulo FVT com a metade inferior sem isolamento térmico. A Figura 2 apresenta a bancada experimental do LEPTEN-UFSC [12], com dois módulos, um FV e um FVT com a tecnologia da SOLUZ Energia. A fim de maximizar a geração elétrica, os módulos foram instalados com uma inclinação igual à latitude da cidade de Florianópolis|SC, 27°S.



Figura 2. Bancada de testes com dois módulos fotovoltaicos, em que o da direita está equipado com trocador de calor em PP, [12].

Resultados obtidos por Leyton, [12], na bancada mostrada na Figura 2, indicaram que a eficiência elétrica média foi de 15,2% enquanto a eficiência térmica ficou na faixa de 24,6% a 34,2%, com uma média de 30,6% e incerteza média absoluta de 3,5%. Foram realizados testes com e sem consumo de água e com duração de 10 min, 2 h e testes mais longos, [12]. O sistema FVT foi capaz de operar, em média, a uma temperatura de 6,8 °C mais baixa do que o módulo FV. Com o perfil de consumo de água programado, o sistema FVT conseguiu atender nos três dias analisados, em média, 31% da demanda de consumo. As eficiências elétricas médias dos módulos FV e FVT foram de 14,9% e 15,7%, respectivamente, o que indica que o FVT apresentou um ganho médio de 5,3% em relação à do módulo FV.

O laboratório LEPTEN-UFSC possui uma segunda bancada experimental com o mesmo sistema

FVT, descrito acima, atendendo à demanda de uma residência com quatro moradores também em Florianópolis|SC. O sistema residencial considerado possui três módulos FVT e sete módulos FV. A Figura 3 apresenta o desempenho térmico e elétrico de um sistema FVT residencial durante seis dias (17 a 22) do mês de julho de 2024, cujos níveis de irradiação solar diária estão identificados pela curva vermelha, cujo valor médio foi de 4,0 kWh/m². A comparação entre a demanda térmica residencial e a geração térmica do sistema FVT mostra que apenas três módulos FVT conseguiram atender, em média, cerca de 30% da necessidade por água quente diária, neste curto período. Assim, a conversão de sistemas FV residenciais em sistemas FVT tem grande potencial para produção de eletricidade e água quente, exigindo um dimensionamento prévio adequado às necessidades da moradia.

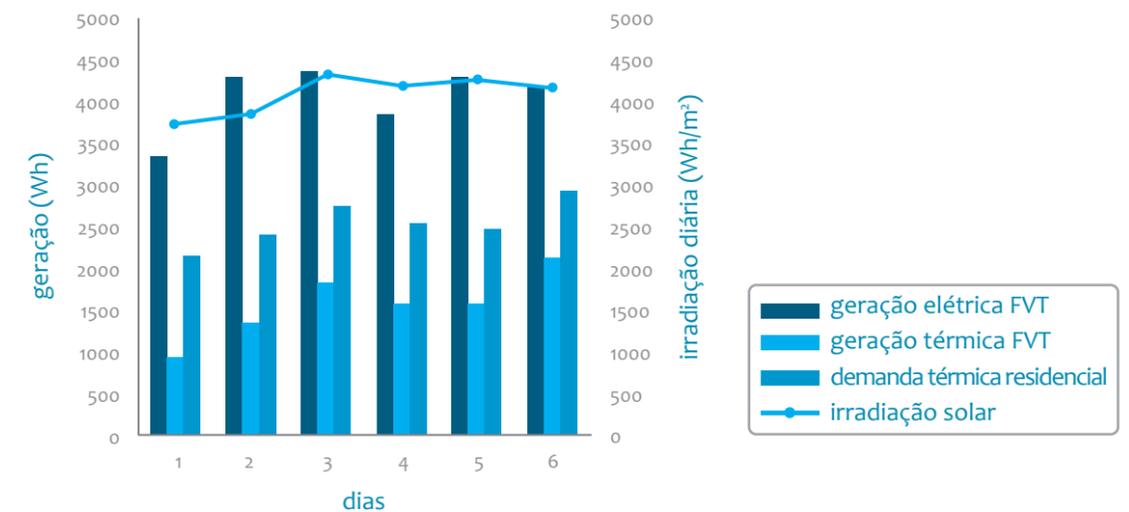


Figura 3: Geração elétrica e térmica de sistema FVT em comparação com a demanda térmica de uma residência com 4 moradores [13].

### Sistemas heliotérmicos de concentração

Os sistemas heliotérmicos (SH) concentram em um receptor os raios solares (radiação direta) que são refletidos por espelhos, que constituem o campo solar de uma planta heliotérmica, também chamada de planta de concentração termossolar, ou CSP (Concentrated Solar Power). Neste receptor, tubos absorvedores captam a

energia dos raios solares e a transferem a um fluido de trabalho, chamado de fluido térmico, podendo ser um óleo, sais fundidos, água, entre outros. A Figura 4, extraída de [14], ilustra as quatro principais tecnologias para coleta de energia solar por concentração. Nas Figuras 4 a,b, o tipo de concentração é “linear” com

calhas parabólicas e espelhos lineares de Fresnel, respectivamente, enquanto nas Figuras 4 c, d, a concentração é “pontual” com a torre e os espelhos que, neste caso, são chamados de heliostatos, e o disco parabólico, respectivamente. A concentração dos raios solares exige que os espelhos sejam guiados por seguidores solares em um único eixo, nos casos 4a e 4b, enquanto nos casos 4c e 4d o movimento dos espelhos ocorre em dois eixos perpendiculares.

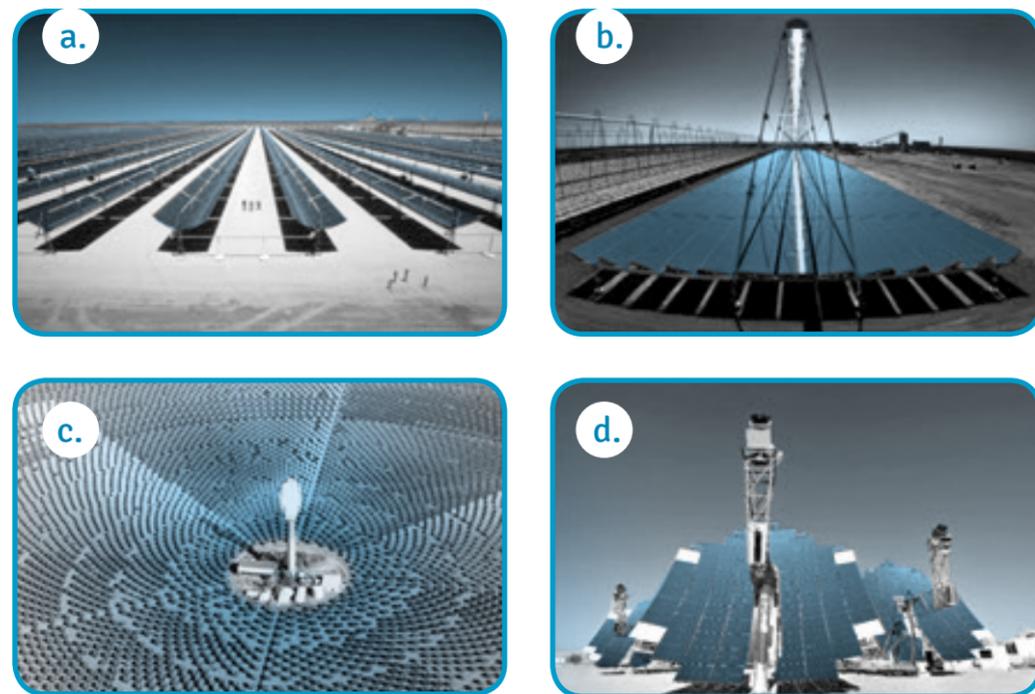


Figura 4. Principais tecnologias de sistemas heliotérmicos: a) calhas parabólicas, b) Fresnel linear, c) Torre solar, e d) Disco parabólico, [14].

A capacidade instalada das plantas heliotérmicas no mundo, ao final de 2023, era de 6.700 MW, com a liderança da Espanha (com 2.300 MW, que gerou 2% da sua demanda de eletricidade) mas cuja capacidade tem-se mantido estável desde 2013, seguida dos Estados Unidos e do resto do mundo, com destaque para a China, [15].

Na Figura 5, são apresentadas as capacidades instaladas de plantas CSP, no mundo, para os três tipos de tecnologia (a, b e c) mostrados na Figura 4. A tecnologia de calhas parabólicas se destaca com 72,4 %, seguida pela de torre, com 22,8%, [16]. A tecnologia Fresnel linear ainda apresenta uma pequena capacidade instalada, mas a expectativa é de que esta aumente

nos próximos anos, tanto para geração elétrica quanto para produção de vapor para processos industriais com temperaturas entre 100 e 250 °C, [2]. Para aplicações de até 120 °C podem ser empregados coletores de placa plana especiais, [2]. O disco parabólico, mostrado na Figura 4d é reservado a aplicações específicas de baixa potência (de alguns kW elétricos), em locais isolados. A capacidade instalada total informada na Figura 5 é 17,7% maior do que a informada em [15], apesar de os autores em [16] se referirem a dados de [15] e da *Solarpaces*. Este desencontro de informações é algo ainda frequente na literatura especializada sobre energias renováveis.

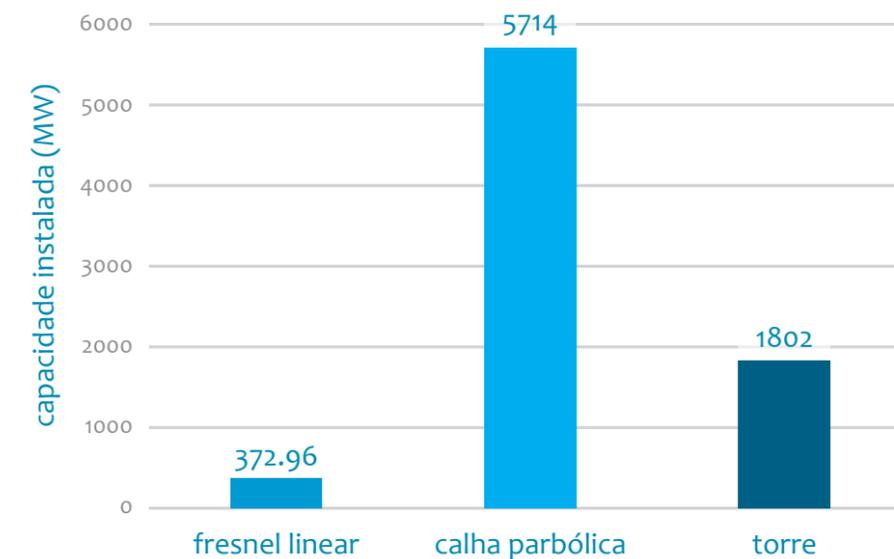


Figura 5: Capacidade instalada no mundo por tipo de tecnologia, [16].

A tecnologia Fresnel linear, comparada à de calhas parabólicas, apresenta como vantagem os tubos absorvedores fixos, enquanto no caso da calha eles se movimentam com os espelhos, o que exige conexões flexíveis entre os tubos absorvedores. Os espelhos do Fresnel linear apresentam pequena curvatura e são menores do que as calhas parabólicas e, portanto, estão sujeitos a menores cargas de vento. O processo de limpeza dos espelhos Fresnel linear também pode ser mais simples do que o dos parabólicos. Já existem empresas na Europa, que desenvolveram sistemas automatizados para realizar a limpeza das linhas de espelhos de Fresnel linear, com mínimo consumo de água. A concentração da radiação solar exige uma área de terreno para o campo solar para cada 1 MW elétrico de capacidade instalada, que depende do tipo de tecnologia: em torno de 8.540 m<sup>2</sup> para a tecnologia de calhas parabólicas e de 11.000 m<sup>2</sup> para o Fresnel linear ou a torre [16].

A grande vantagem da tecnologia heliotérmica, quando comparada com a fotovoltaica, é a possibilidade de armazenamento de grandes quantidades de energia térmica em tanques. O armazenamento é considerado de longo prazo

quando permite a despachabilidade de energia elétrica, em dias nublados ou mesmo durante a noite, por um certo número de horas ou dias, [16].

O Chile se destaca como o único país na América do Sul com uma planta heliotérmica em escala comercial, inaugurada em 2021, com capacidade instalada de 110 MWe (megawatt elétrico), localizada na região de Antofagasta, no deserto do Atacama, a 4.000 m de altitude, em um dos sítios com clima árido e seco e quase sem nuvens, com um dos índices de radiação solar mais elevados do mundo, cuja irradiância média anual é de 2.700 kWh/m<sup>2</sup>/ano. A planta heliotérmica faz parte do complexo Cerro Dominador, juntamente com uma planta fotovoltaica com 100 MW de capacidade, inaugurada em 2018. A Figura 6, mostra uma imagem da planta heliotérmica de Cerro Demolidor, [17]. Esta planta utiliza sais minerais de uso agrícola, a 560 °C, e dispõe de tanques de armazenamento de energia térmica que possibilita a geração de eletricidade por 17 horas, mesmo durante a noite, conforme informado na Tabela 1, juntamente com as principais características da planta [17].



Figura 6. Imagem da central heliotérmica de 110 MWe, do tipo torre - heliostatos, inaugurada em junho de 2021, no deserto do Atacama, Chile, [17].

Tabela 1. Dados das plantas heliotérmica e fotovoltaica do Complexo de Cerro Dominador, no deserto do Atacama, Chile, [17]

Dados da planta termossolar (heliotérmica)	
Capacidade	110 MWe
Número de heliostatos	10.600
Área de cada heliostato	140 m <sup>2</sup>
Área total do campo solar (=Área de espelhos)	1.489.000 m <sup>2</sup>
Fluido térmico	Sais de minerais de uso agrícola
Altura do receptor	250 m
Capacidade de armazenamento de energia térmica	17,5 horas
Quantidade de sal da unidade de armazenamento térmico	45.000 toneladas
Temperatura do sal no receptor, no alto da torre	560 °C
Potência líquida da turbina a vapor	108,27 MW
Dados da planta fotovoltaica (FV)	
Capacidade	100 MW
Tecnologia dos módulos FV	Silício cristalino

Apesar do pequeno aumento da capacidade instalada de plantas comerciais, em 2023, de apenas 400 MW, novas plantas de demonstração para pesquisa estão sendo construídas. Nos Estados Unidos, onde nenhuma nova planta comercial estava em construção em 2023, o Laboratório Sandia começou a construir uma planta de 1 MW, a G3P3, para analisar o comportamento de um novo tipo de meio receptor que utiliza partículas de material sólido resistente a temperaturas de até 1.000 °C [18]. Uma vez validada, esta nova tecnologia permitirá substituir os sais minerais em torres e aumentar a eficiência térmica. Uma planta similar de 2 MW está prevista para ser construída na Arábia Saudita [18].

Um outro exemplo de planta de demonstração para pesquisa sobre energia solar de concentração é a Plataforma de Sal Fundido de Évora (PSFE), em Portugal, com potência nominal de 3,4 MW térmicos, com dois sistemas de armazenamento, o primeiro (*Newsol Thermocline*) usa uma mistura de sais e escória com volume de 28 m<sup>3</sup> e capacidade de 2,9 MWh, e o segundo sistema com dois tanques de armazenamento, cada um com capacidade de 34 m<sup>3</sup>, utilizando sais fundidos, com capacidade total de 5,4 MWh térmicos [19]. O campo solar é constituído por 36 coletores cilindro-parabólicos, com abertura da parábola medindo 7 m, distribuídos em duas fileiras paralelas, com 342 m cada. Um dos interesses da PSFE é a validação de diferentes misturas de sais como fluidos térmicos para sistemas heliotérmicos. A vantagem de se utilizar sais fundidos é que estes

além de serem mais baratos e menos tóxicos ao meio ambiente também podem operar em temperaturas mais elevadas do que os óleos utilizados em centrais comerciais. No caso dos óleos, a temperatura de limite de operação deve ficar um pouco abaixo de 400 °C.

Uma outra tecnologia já adotada em plantas comerciais é a que utiliza a geração direta de vapor d'água (DSG, na sigla em inglês de *Direct Steam Generation*), no tubo absorvedor [20]. A planta de Puerto Errado 2, na Espanha, é considerada a primeira do tipo Fresnel linear e opera com a tecnologia DSG. Foi inaugurada em 2012 e possui uma capacidade de 30 MWe. A planta produz vapor saturado à temperatura de 270°C e a 55 bar de pressão [20]. Destacam-se como vantagens o menor impacto sobre o meio ambiente, já que o óleo é substituído pela água como fluido térmico, e na comparação com a calha parabólica o menor consumo de água e de materiais [20]. Uma das vantagens da tecnologia DSG é a inexistência de trocadores de calor entre o campo solar e o bloco de potência quando se compara com as plantas que operam com óleo como fluido térmico. No caso do óleo, a transferência de calor para a água se dá em três trocadores de calor: pré-aquecedor, evaporador e superaquecedor, que são eliminados quando se opera com DSG, [21]. Uma grande vantagem da DSG, é a possibilidade de se operar com temperaturas do fluido térmico acima do limite de temperatura dos óleos sintéticos, possibilitando o aumento da eficiência térmica. Temperaturas do vapor superaquecido na entrada da turbina em torno de 400 °C/100 bar



Figura 7: Concentrador Solar Fresnel Linear Instalada no LEPTEN|UFSC, [2], [23].

( $T_{sat} = 311,06 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), já foram testadas em um campo solar com calhas parabólicas, na Plataforma Solar de Almeria, na Espanha, [22]. Há interesse de se alcançar temperaturas de vapor superaquecido acima de  $500^\circ\text{C}$ , com pressão em torno de 100 bar.

No LEPTEN-UFSC, com o apoio do CNPq, foi construída uma bancada, para estudar a tecnologia DSG em um concentrador heliotérmico Fresnel linear, mostrado na Figura 7.

A bancada possui 10 linhas de espelhos paralelas, com 55 mm de distância entre as linhas. O receptor com os tubos absorvedores está a uma altura de 3,7 m em relação ao plano dos espelhos [2]. No estudo do projeto da bancada foi utilizada a técnica de Monte-Carlo *ray-tracing*, em Matlab, e validada utilizando o software *SolTrace*, desenvolvido pelo NREL (*National Renewable Energy Laboratories*) [23]. Uma inovação no projeto da UFSC é a possibilidade de movimentar o receptor para o sul, parte esquerda da Figura 7, pelos dois trilhos que se estendem para fora do campo de espelhos. Esta movimentação longitudinal do receptor permite minimizar as perdas de final de linha, que ocorrem quando a radiação é refletida para fora do absorvedor devido aos altos ângulos de incidência longitudinal da radiação solar característicos do inverno, possibilitando que o Fresnel opere com sua

área nominal de espelhos em quase todo o ano [2].

A Figura 8 (a) mostra de forma esquemática o receptor utilizado na bancada, Figura 7. Ele é composto por uma calha trapezoidal formada por chapas de alumínio, preenchido com lã de rocha para o isolamento térmico. Para reduzir as perdas de calor por convecção, na parte inferior da cavidade foi instalada uma placa de vidro de alta transparência devido ao baixo teor de ferro. O receptor possui seis tubos absorvedores paralelos de aço inoxidável com diâmetro externo de 25,4 mm pintados com tinta seletiva. Os tubos absorvedores são conectados em série e o fluido de trabalho escoou no sentido dos tubos mais periféricos para os mais centrais conforme indicado na Figura 8 (b). Como cada tubo tem 12 m de comprimento, o fluido escoou por um comprimento total de 72 m [2].

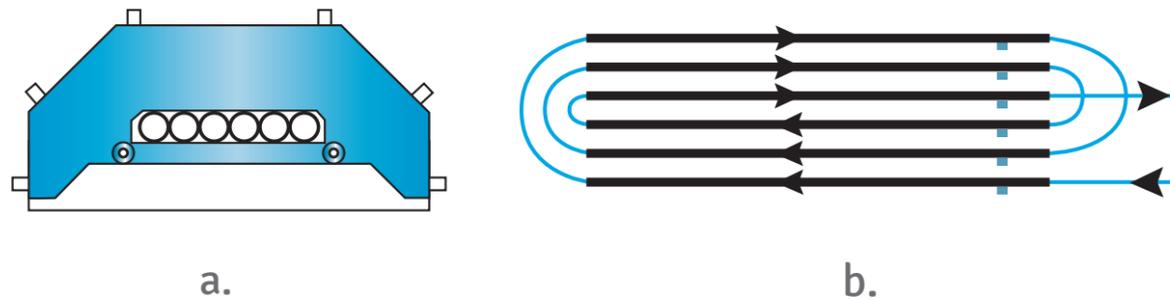


Figura 8. a) Receptor com multi-tubos; b) Layout do escoamento em série nos tubos absorvedores, [2].

Na Figura 9, é mostrada uma imagem dos tubos absorvedores, no interior da calha trapezoidal, durante um teste. Os tubos centrais, mais iluminados, indicam que a maior concentração da radiação solar ocorre nesta região.



Figura 9. Radiação concentrada nos tubos absorvedores da bancada do LEPTEN-UFSC, [2].

Na Figura 10 são mostradas as temperaturas de entrada (linha azul), igual a  $34^\circ\text{C}$ , e saída da água (linha vermelha), para um teste realizado na tarde do dia 06/11/2018, em que houve passagem de nuvens, causando a variação da irradiância, entre 200 e  $1000 \text{ W/m}^2$ , que atingiu o campo solar (espelhos). A vazão mássica de água do teste foi mantida constante em  $0,21 \text{ kg/s}$ , [2]. Estes resultados mostram a sensibilidade dos sistemas heliotérmicos de concentração à passagem de nuvens, algo bastante frequente no território brasileiro.

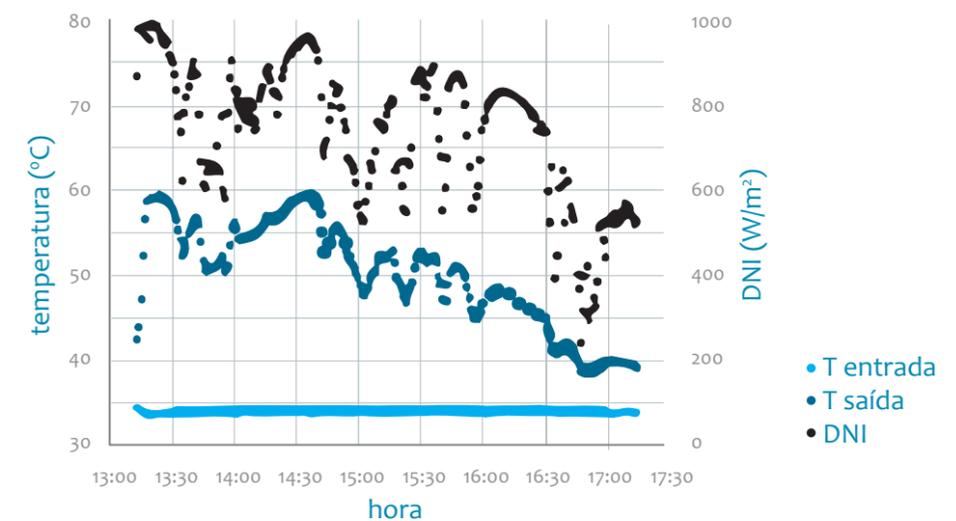


Figura 10. Teste em regime transiente em um dia com passagem de nuvens [2].

No Laboratório de Fontes Renováveis - UNISINOS, com o apoio da CNPq, foi construída uma bancada de um concentrador Fresnel linear como mostrado na Figura 11, que possui uma área total de espelhos de 26 m<sup>2</sup> (14 fileiras de espelhos, cada uma com 30 cm de largura e 6 m de comprimento) posicionado a 3 m de altura.



Figura 11. Concentrador Fresnel Linear instalado na Unisinos-RS.

O receptor possui uma cavidade receptora de formato trapezoidal, com uma abertura de 254 mm. As paredes internas da cavidade receptora estão preenchidas por isolamento térmico de lã de vidro. Além disso, o receptor possui quatro tubos absorvedores de aço inoxidável. Cada tubo possui diâmetro externo de 33,4 mm, no interior dos quais circula óleo térmico Paratherm HE. As características do receptor descrito são mostradas na Figura 12.



Figura 12. (a) Absorvedor Multitubos; e (b) distribuição dos tubos absorvedores no interior da cavidade receptora do concentrador Fresnel linear instalado na Unisinos|RS.

Em testes preliminares, foi atingida uma eficiência térmica média de 35%. A temperatura média na saída dos tubos absorvedores pode chegar até 150 °C, considerando as características deste coletor.

### Agradecimentos:

Os autores agradecem os financiamentos recebidos do CNPq: i) Proc. 406357/2013-7, que permitiu a construção da bancada da Figura 8; e ii) Proc. 408129/2022-0 para a pesquisa FVT e novos estudos em heliotérmica, e a parceria com a SOLUZ. iii) Chamada MCTI/CNPq N°. 74/2013 - Linha 3: Energia Heliotérmica, que possibilitou a construção do concentrador Fresnel da Figura 12.

### Referências

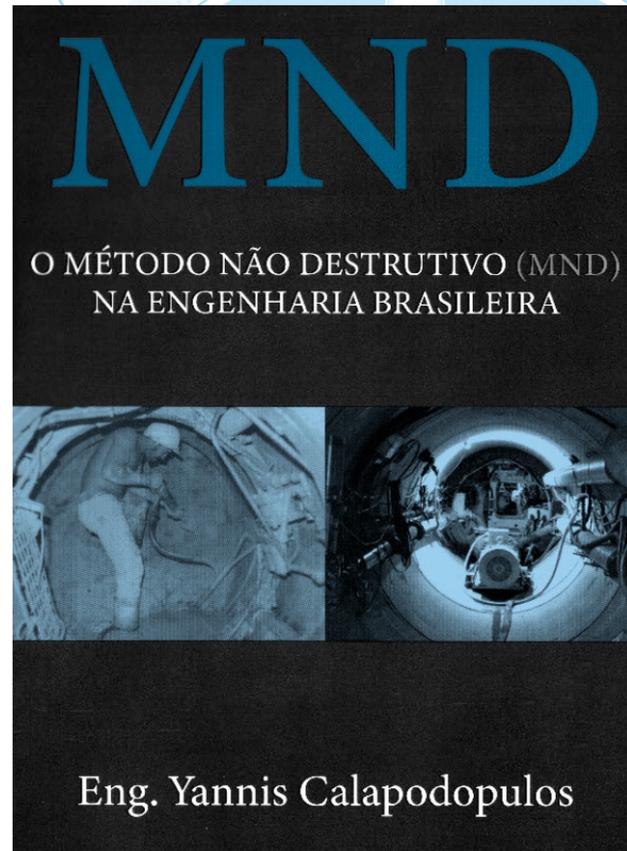
- [1] BEN 2024, EPE. [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2024\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf)
- [2] Pigozzo Filho, V.C., Desenvolvimento e análise experimental de um concentrador solar Fresnel linear para geração de vapor, Tese defendida no POSMEC, UFSC, 2019.
- [3] De Juana, J.M. et al., Energías renovables para el desarrollo, Thomson Editores Spain, Madrid, España, p. 97, Cap. 4, 2003.
- [4] Bezerra, F.D., Caderno Setorial ETENE, Banco do Nordeste, N° 295, Julho, 2023.
- [5] IEA, World Energy Outlook 2023, IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>.
- [6] TIWARI, A.K. et al., A comprehensive review of photovoltaic thermal (PVT) technology: Performance evaluation and contemporary development. Energy Reports, v. 10, p. 2655–2679, 2023. DOI: 10.1016/j.egy.2023.09.043.
- [7] ALSHIBIL, A.M.A., FARKAS, I., VÍG, P., Sustainability contribution of hybrid solar collectors towards net-zero energy buildings concerning solar cells wasted heat. Energy for Sustainable Development, v. 74, p. 185–195, 2023. DOI: 10.1016/j.esd.2023.04.001.
- [8] CHOW, T.T. A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology. Applied Energy, v. 87, n. 2, p. 365–379, 2010. DOI: 10.1016/j.apenergy.2009.06.037.
- [9] <https://solarthermalworld.org/news/market-and-technology-trends-in-the-global-pvt-sector/>
- [10] ABDULLAH, Amira Lateef; MISHA, S.; TAMALDIN, N.; ROSLI, M. A. M.; SACHIT, F. A. Theoretical study and indoor experimental validation of performance of the new photovoltaic thermal solar collector (PVT) based water system. Case Studies in Thermal Engineering, v. 18, n. January, p. 100595, 2020. DOI: 10.1016/j.csite.2020.100595.
- [11] L. TACHON. "Trocador de calor para painel fotovoltaico", Registro de patente: BR 102021016141-8 A2, fev 23, 2023
- [12] Leyton Mopan, A., Análise experimental do desempenho térmico de um módulo fotovoltaico-térmico (FVT), Dissertação de Mestrado, POSMEC-UFSC, 2024.
- [13] Resultados obtidos no LEPTEN-UFSC, na tese de Bruna de Oliveira Busson, em andamento no PPGEM-UFSC.
- [14] Mohammadia, K. et al., Hybrid concentrated solar power (CSP)-desalination systems: A review, Desalination, Vol. 468, 2019, 114083. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2019.114083>
- [15] REN21, [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2024\\_GlobalOverview\\_Full\\_Report\\_with\\_endnotes\\_web.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2024_GlobalOverview_Full_Report_with_endnotes_web.pdf)
- [16] Alami, A.H. et al., Concentrating solar power (CSP) technologies: Status and analysis, International Journal of Thermofluids, Vol 18, 2023.
- [17] CerroDominador, <https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2021/09/Informe-final-Prueba-de-Potencia-M%C3%A1xima-Unidad-CSP-Cerro-Dominador.pdf>
- [18] REN21 [https://www.ren21.net/gsr-2024/modules/energy\\_supply/02\\_market\\_and\\_industry\\_trends/02\\_csp/](https://www.ren21.net/gsr-2024/modules/energy_supply/02_market_and_industry_trends/02_csp/)
- [19] <https://www.catedraer.uevora.pt/infraestruturas/emsp>
- [20] <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/90543/1/Balance%20de%20explotaci%C3%B3n%20de%20la%20Planta%20Termosolar%20Puerto%20Errado%202.pdf>
- [21] De Sá, A.B. et al., Direct steam generation in linear solar concentration: Experimental and modeling investigation - A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 90, 2018, pp. 910-936. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.075>
- [22] Plataforma Solar de Almeria (PSA): The European Research Center on Solar Thermal Concentration Technologies, 2019. [https://www.psa.es/en/facilities/pdf/PSA\\_description\\_2019.pdf](https://www.psa.es/en/facilities/pdf/PSA_description_2019.pdf)
- [23] Sa, A.B. et al., Experimental study of a linear Fresnel concentrator: A new procedure for optical and heat losses characterization. ENERGY, v. 232, p. 121019, 2021.
- [24] De Sá, A.B. et al., Optical simulation to find optimum configuration of a solar concentrator workbench using linear fresnel technology. Conference Proceedings, Solar World Congress, 2015, Daegu, Korea, 2015.

resenha sobre o Livro:

## o método não destrutivo (MND) na engenharia brasileira. 2023. All Print Editora. São Paulo.

Yannis Calapodopulos

**Sinopse:** O Livro do engenheiro Yannis Calapodopulos intitulado “O método não destrutivo (MND) na Engenharia Brasileira” (2023) aborda o diferencial dessa tecnologia em comparação ao método tradicional, *cut and cover* e seu papel, em especial, na região metropolitana de São Paulo, na expansão da rede de saneamento e linhas de metrô, focalizando o avanço da tecnologia com base em estudos ingleses para despoluição do Rio Tâmsa e na utilização de equipamentos alemães, americanos e ingleses e como esse *know-how* foi difundido em construtoras brasileiras desde a década de 70 até os dias atuais, evidenciando o MND como técnica dinâmica, com menor uso de equi-



pamentos, recursos naturais e interdição de vias, colaborando com o processo sustentável de implantação de infraestruturas em áreas urbanas já consolidadas.

### Nota:

O livro descreve como o MND cooperou na expansão dos projetos do Plano Diretor Sanegran e da recém-criada Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), visando a execução de interceptores e coletores tronco na cidade e região metropolitana de São Paulo, seguindo com a narrativa do método utilizado para a linha azul do metrô.

Apresenta ampla descrição sobre a criação do MND na Inglaterra e como os engenheiros brasileiros adaptaram a tecnologia *shield*, com base em equipamentos inglês, alemães e norte-americanos até a produção nacional. São abordadas questões de geotecnia e mecânica dos solos, bem como os métodos o *pipe jacking*, *Tunnel Boring Machine* (TBM), o *mini shield*, *tunnel liner*, cravação de tubos com macaqueamento hidráulico, NATM (*new austrian tunneling method*) e o TASP (túnel de avanço sob pressão). O livro narra também o papel dos pioneiros do MND do país enquanto Engenheiros e Professores, concluindo com o cenário atual da técnica no Brasil.



### 7ª Escola de Verão de Refrigeração

26|02 à 01|03|2004  
Uberlândia | MG

Teve nessa edição 27 palestras de especialistas da indústria e academia, além de 3 minicursos de 4 horas. Esse evento traz a temática “Refrigeração e Ar-Condicionado - Inovação e Sustentabilidade”, levando à discussão de temas como a refrigeração e o ar-condicionado estão inseridos no nosso dia a dia, seja através do controle de conforto térmico ou da qualidade do ar em ambientes, da preservação de insumos ou de alimentos, da redução de consumo energético, inovação tecnológica de produtos e sistemas, além do respeito ao meio ambiente com vistas à sustentabilidade.

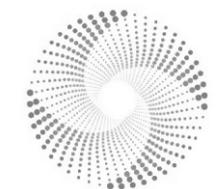
O evento foi realizado no formato presencial, de 26|02|2024 a 01|03|2024. Essa edição foi organizada pelo Grupo de Pesquisa do Laboratório de Energia, Sistemas Térmicos e Nanotecnologia da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia.



### 1ª Escola em Dinâmica

22|07 à 26|07|2024  
Universidade de Brasília | DF

A 1ª Escola em Dinâmica que ocorreu de 22|07 à 26|07 deste ano na Universidade de Brasília foi organizada pelo comitê de Dinâmica da ABCM em parceria com os comitês de Fenômenos Não-Lineares e Caóticos, e Comitê de Incertezas e Modelagem Estocásticas.



## EPTT 2024

### XIV Escola de Primavera de Transição e Turbulência

23|09 à 27|09|2024  
São João da Boa Vista | SP

Entre os dias 23 e 27 de setembro de 2024

tivemos a satisfação de realizar a XIV Escola de Primavera de Transição e Turbulência (EPTT 2024) em São João da Boa Vista. Organizada por professoras e professores da Faculdade de Engenharia da UNESP, Campus São João da Boa Vista (FESJ|UNESP) e da USP de São Carlos, a Escola ocorreu na cidade São João da Boa Vista, no interior de São Paulo. Foram realizadas treze palestras proferidas por pesquisadores de renome internacional, vindos de instituições brasileiras, UFRJ, ITA e USP, e do exterior, NASA, Princeton University, UCLA, University of Warwick, Universidad Politécnica de Madrid, TU Delft, ENSAM-Paris e ESPCI-Paris. A EPTT 2024 teve a participação de 114 pessoas, contando com os palestrantes convidados. Apesar do predomínio de participantes oriundos do Estado de São Paulo, vieram a São João da Boa Vista para o evento estudantes e profissionais do Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Entre estudantes de graduação, de pós-graduação e professoras(es) houve um equilíbrio de representatividade. Embora em menor número, houve também a participação de profissionais da indústria.

A EPTT 2024 foi marcada por uma participação substancial da audiência que contribuiu para que a Escola tenha sido rica em interessantes discussões e trocas com os palestrantes. Ficou evidente, conforme expressado por alguns dos convidados - muitos deles pesquisadores com amplo reconhecimento internacional na comunidade científica dedicada a Transição e Turbulência - a maturidade das iniciativas brasileiras nestes temas. Para a Comissão Organizadora, formada em sua maioria por jovens professoras e professores, a preparação e realização do evento foi um desafio, que não poderia ser vencido sem o importante apoio e orientação da ABCM através da sua Diretoria e da equipe formada por Vinícius, Débora e Pedro. Somos muito gratos também aos nossos patrocinadores e à UNIFEOP, que gentilmente cedeu um espaço completamente equipado para a realização da EPTT. Por fim, não posso deixar de destacar o apoio fundamental das agências públicas que financiam a pesquisa e o desenvolvimento independente e autônomo de conhecimento no país.



### 9<sup>th</sup> International Symposium on Solid Mechanics

21|10 à 23|10|2024  
Florianópolis | SC

O 9<sup>th</sup> International Symposium on Solid Mechanics - MECSOL-2024, é uma conferência bienal promovida pela Sociedade Brasileira de Ciências Mecânicas e Engenharia - ABCM, e é organizada pelo seu Comitê de Mecânica dos Sólidos. A edição ocorreu em Florianópolis, SC, de 21 a 23 de outubro de 2024, organizada por Paulo de Tarso R. Mendonça (*Chair*), Eduardo Alberto Fanello (*co-Chair*) e Carlos Rodrigo de Melo Roesler (Editor) do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC.

Os tópicos do MECSOL 2024 incluem: Fadiga e Análise de Falhas, Materiais e Estruturas Compostas, Elasticidade, Plasticidade, Mecânica do Dano e Fratura, Viscoelasticidade e Viscoplasticidade, Engenharia de Impacto, Métodos de Confiabilidade Estrutural e Otimização de Projetos Baseados em Confiabilidade, Otimização de Materiais, Fluidos e Estruturas, Métodos Numéricos, Análises não Lineares, Computação de Alto Desempenho aplicada à Mecânica dos Sólidos e aplicações suportadas por IA e Redes Neurais.

Nesta edição do MECSOL envolveu a cooperação entre os três seguintes Comitês da ABCM: Mecânica dos Sólidos, Materiais e Estruturas Inteligentes, e Mecânica da Fratura, Fadiga e Integridade Estrutural.



VIII Encontro Nacional de Engenharia Biomecânica  
03|06 à 06|06|2024  
Gramado | RS

O comitê de Engenharia Bioengenharia da Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas - ABCM organizou o VIII Encontro Nacional de Engenharia Biomecânica - ENEBI 2024, realizado de 03 a 06 de junho em Gramado | Rio Grande do Sul.

O ENEBI tem a missão de apresentar, difundir inovações tecnológicas e promover a integração e a troca de experiências entre os grupos que atuam na área de Engenharia Biomecânica no Brasil. Seu principal objetivo é possibilitar que grupos de pesquisadores, associações, empresas e profissionais da área, geograficamente dispersos pelo país, se conheçam mutuamente e estabeleçam cooperações de trabalho conjunto. O Encontro é um espaço de discussão de idéias, necessidades e divulgação de pesquisas nas áreas aplicadas da Biomecânica.



### XII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica

29|07 à 02|08|2024  
Natal | RN

O 12º Congresso Nacional de Engenharia Mecânica - CONEM 2024, realizado na bela cidade de Natal, no estado do Rio Grande do Norte, de 29 de julho a 02 de agosto de 2024 foi um sucesso de público e de crítica. O tema principal do evento foi “Ciência e Engenharia para o Futuro”, em que, além dos assuntos normalmente trazidos para a discussão em um congresso de engenharia mecânica, foram abordados temas de vanguarda, como Inteligência Artificial Automatizada Aplicada às Engenharias, Transição Energética Justa e Mulheres em STEM. Os números do CONEM2024 impressionam: foram 788 inscrições, 655 participantes, 433 trabalhos apresentados de forma oral e 303 na forma de poster, 25 palestras

de especialistas em diversas áreas, 02 painéis e 04 visitas técnicas (02 ao Centro de Lançamento da Barreira do Inferno, 02 ao Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis e 01 ao Parque Eólico Morro dos Ventos). Tivemos ainda o apoio - por meio de patrocínios - da CAPES, CNPq, CONFEA, CREA|RN, MÚTUA|RN, BOEING, AMD, DELL, NVIDIA e VERSATUS. No primeiro dia do evento, 29|07, tivemos ainda o V Encontro Nacional de Coordenadores em Engenharia Mecânica - ENACEM 2024, onde foram discutidos vários temas de relevância para os diversos cursos de graduação e pós-graduação em engenharia mecânica espalhados pelo Brasil. Como representante da Comissão Organizadora do CONEM 2024, gostaria de agradecer à diretoria da ABCM, pela confiança e parceria, aos nossos patrocinadores, pelo apoio financeiro, aos nossos convidados, por terem gentilmente aceitado nosso convite para proferirem palestras e participarem dos painéis, aos congressistas e a todos aqueles que doaram seus tempos para fazer do CONEM 2024 uma das melhores edições de todos os tempos.



### XXX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica

19|08 à 23|08|2024  
Uberaba | MG

A XXX edição do CREEM organizado em Uberaba, Minas Gerais, pelo curso de Engenharia Mecânica foi instaurado na Universidade do Triângulo Mineiro e teve como foco o desenvolvimento pessoal, acadêmico e profissional, dado que é um momento muito oportuno para trocas de experiências, aprendizados, além de ter a oportunidade de apresentar seus trabalhos e/ ou pesquisas em um evento nacional.

# ENCIT2024

20th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering

## 20th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering

10 à 14|11|2024  
Foz do Iguaçu | PR

O 20º Congresso Brasileiro de Ciências Térmicas e Engenharia (20<sup>th</sup> Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering) é um evento importante para a comunidade acadêmica e profissional que atua na área de ciências térmicas e engenharia no Brasil. O congresso reúne especialistas, pesquisadores e estudantes para discutir as últimas novidades, inovações e avanços tecnológicos no campo das ciências térmicas, que incluem tópicos como termodinâmica, transferência de calor, fluidos, energia, entre outros.

O evento inclui palestras, mesas-redondas, sessões técnicas, apresentação de trabalhos científicos e networking entre os participantes. É uma oportunidade crucial para a troca de conhecimento, experiências e a promoção de colaborações entre instituições acadêmicas e a indústria.

Nesta edição, organizado pela UTFPR, o congresso ocorrerá em Foz do Iguaçu, no Hotel Golden Park Internacional Foz & Convenções, de 10 de Novembro à 14 de novembro de 2024 e costuma atrair um grande número de participantes, refletindo o crescente interesse e a importância das ciências térmicas em diversas aplicações, como energia renovável, sistemas de refrigeração, aquecimento e climatização.



## 2025



## 8ª Jornada de Escoamentos Multifásicos

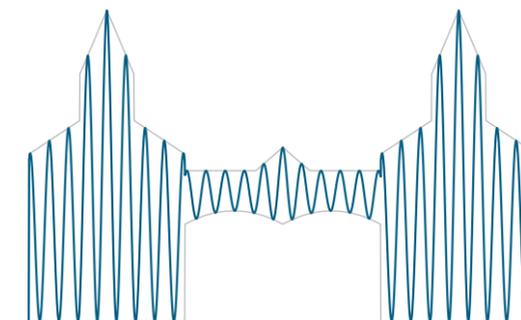
31|03 à 04|04|2025  
São Carlos | SP

O comitê organizador local do JEM 2025 convida a comunidade científica e industrial para participar da 8ª Jornada de Escoamentos Multifásicos, que será realizada na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC|USP) de 31 de março a 4 de abril de 2025.

A primeira edição da Jornada de Escoamentos Multifásicos (JEM) ocorreu em 2010 em São Carlos-SP, também conhecido como o centro brasileiro de alta tecnologia, e foi uma fusão entre o antigo Encontro Brasileiro de Ebulição, Condensação e Escoamentos Multifásicos (EBECEM) e a primeira edição da Escola de Escoamentos Multifásicos (EEM). Desde então, é organizada a cada dois anos com o apoio da Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas (ABCM), quando estudantes e pesquisadores interessados na área de escoamentos multifásicos têm a oportunidade de aprender com especialistas e trocar experiências em cada edição deste evento. O evento precursor do JEM, o EBECEM, foi realizado pela primeira vez em 2008 em Florianópolis|SC. Desde 2010, em São Carlos-SP, então ocorreu na forma do JEM e foi realizado em seguida em Curitiba|PR em 2012, Campinas|SP em 2015, São Paulo|SP em 2017 e Rio de Janeiro em 2019, simultaneamente à *International Conference on Multiphase Flows*

(ICMF2019). Após a pandemia da COVID-19, a edição de 2021 foi organizada pela Universidade Federal do Espírito Santo como uma conferência online, e sua última edição foi realizada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2023, quando voltou ao formato de sala única e reunião presencial.

Esta edição da JEM 2025 traz o formato tradicional de cursos diversos nos três primeiros dias e de congresso, com apresentações técnicas e de conferencistas convidados, nos dois últimos dias. Ademais, trazemos a novidade de atividades práticas no formato de workshop. Nestes cursos de “mão-na-massa”, os participantes ganharão familiaridade com experimentação em escoamentos multifásicos e de tratamento de imagens, buscando, assim, ganhar e aprimorar competências práticas nesta área de pesquisa. Para a parte de apresentações técnicas, teremos tanto apresentações orais quanto de pôsteres, assim como também uma seção dedicada aos trabalhos selecionados como candidatos ao prêmio de melhor trabalho do evento. Buscamos, desta forma, incentivar a submissão de trabalhos de alta qualidade e, da mesma forma, reconhecer estes trabalhos pelo mérito. A escolha do melhor trabalho será feita por um comitê científico independente de forma a assegurar a lisura do processo. Enfim, atividades estão previstas para promover a melhor interação entre os participantes, especialmente para que os alunos de graduação e pós-graduação possam potencializar suas redes profissionais, e com empresas patrocinadoras do evento que apresentarão suas soluções para experimentação de escoamentos multifásicos. Contamos com a sua presença São Carlos!



## XX DINAME

International Symposium on Dynamic Problems of Mechanics

09|03 à 14|03|2025  
Águas de Lindóia | SP

O *International Symposium on Dynamic Problems of Mechanics* (DINAME) é um simpósio bi-anual organizado pela Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas (ABCM), através de seu Comitê de Dinâmica (CDIN). Em sua 20ª edição, o DINAME 2025 está sendo organizado pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo e será realizado na cidade de Águas de Lindóia, SP, entre 9 e 14 de Março de 2025.

O DINAME oferece uma excelente oportunidade para pesquisadores de formações diversas e trabalhando em diferentes tópicos especializados de problemas dinâmicos em mecânica para compartilhar ideias e experiências, e explorar e avançar direções futuras e perspectivas nesta fascinante área de ciência e tecnologia que é a área de Dinâmica.

Os tópicos de interesse incluem: dinâmica estrutural e vibrações, dinâmica não-linear, dinâmica de sistemas rotativos, estruturas avançadas e inteligentes, detecção de dano e monitoramento de integridade estrutural, dinâmica de metaestruturas e metamateriais, sistemas mecatrônicos e robóticos, quantificação de incertezas e mecânica estocástica, problemas inversos, estimação e identificação de parâmetros, acústica e vibroacústica, dinâmica veicular, sistemas de multicorpos, controle de sistemas mecânicos, métodos baseados em dados aplicados à dinâmica, otimização de problemas dinâmicos em mecânica, vibrações induzidas por fluxo e interação fluido-estrutura.

Estima-se que em torno de 130 trabalhos sejam apresentados por pesquisadores do Brasil e do Exterior. O evento contará também com os seguintes palestrantes convidados: Carlos E.S. Cesnik - University of Michigan, EUA; Daniel J. Rixen - Technical University of Munich, Alemanha; Diego Misseroni - University of Trento, Itália; Fadi Dohnal - Vorarlberg University of Applied Sciences, Austria; Gaëtan Kerschen - University of Liège, Bélgica.

Mais informações podem ser encontradas no portal internet do evento localizado no seguinte endereço:

<https://eventos.abcm.org.br/diname2025/>



## Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação

07|05 à 09|05|2025

O Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação (COBEF) é um evento promovido pela Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas (ABCM). O COBEF é um congresso bienal e em 2025, entre os dias 7 e 9 de maio, estará na sua décima terceira edição.

Tradicionalmente, o COBEF é realizado em sessões presenciais, organizadas na forma de apresentações orais, pôsteres, debates e visitas técnicas. Nessas sessões são apresentados trabalhos que contemplam diversas áreas temáticas pertinentes aos processos de fabricação mecânica e suas áreas afins. Desde sua primeira edição realizada em Curitiba, no ano de 2001, o COBEF tem contado com a participação de vários pesquisadores oriundos de universidades e centros de pesquisa nacionais e estrangeiros, bem como de profissionais da indústria nacional.

Após 10 anos, em sua 13ª edição, o COBEF retorna à cidade de Salvador e será sediado pelo SENAI CIMATEC. O congresso contará com dois dias de realização no Campus sede do SENAI CIMATEC em Salvador e um dia no CIMATEC Park em Camaçari. Essa dinâmica possibilitará o contato dos congressistas com as mais recentes tecnologias de fabricação instaladas no CIMATEC Park.



28<sup>th</sup> Inter. Congress of Mechanical Engineering

09|11 à 14|01|2025

A cidade de Curitiba, conhecida por seu espírito inovador e acolhedor, será o cenário do 28º Congresso Internacional de Engenharia Mecânica (COBEM) em 2025. De 9 a 14 de novembro, a Universidade Federal do Paraná (UFPR) abrirá suas portas para o que promete ser uma das edições mais impactantes do evento, reunindo mentes brilhantes, acadêmicos, empreendedores e profissionais da indústria para uma semana de trocas, avanços e grandes ideias.

O COBEM 2025 não será apenas um encontro científico. Este ano, o evento busca ampliar seus horizontes, trazendo uma programação repleta de atividades interativas que vão além das tradicionais palestras e apresentações acadêmicas. Entre os destaques está a Exposição do Parque Industrial do Paraná, que mostrará o que há de mais avançado em termos de inovação e tecnologia, conectando visitantes aos principais atores da indústria local.

Outro ponto alto será o Concurso de Divulgação Científica, onde os participantes são desafiados a traduzir seus projetos de pesquisa de forma acessível para o público geral, promovendo a ciência de maneira inclusiva e instigante. Esta iniciativa visa incentivar a comunicação científica e estimular o interesse do público pela engenharia e inovação tecnológica.

O evento também contará com o Pitch Day, uma competição entre startups incubadas no ambiente acadêmico, com foco em trazer inovação para o mercado. Neste espaço, jovens empreendedores terão a oportunidade de apresentar suas ideias e soluções para um júri composto por especialistas do setor, investidores e representantes da indústria, criando um ambiente fértil para a inovação e o desenvolvimento de novas parcerias.

Além das atividades programadas, o COBEM 2025 oferecerá oportunidades únicas de *networking*, colaboração interdisciplinar e inspiração para todos os participantes. Seja você um pesquisador, estudante, profissional da indústria ou simplesmente um entusiasta da engenharia, este evento é a chance de estar na vanguarda da inovação tecnológica.

Não perca esta oportunidade de fazer parte da construção do futuro da engenharia mecânica. Marque na sua agenda: de 9 a 14 de novembro de 2025, venha para Curitiba e participe do 28º COBEM!

Siga-nos no Instagram: [@cobem.2025](https://www.instagram.com/cobem.2025) para atualizações e mais informações.



Revista ABCM Engenharia  
publicação impressa | ISSN 2237-9851  
Volume 27, número 1, 2024

### Editoria da Revista ABCM Engenharia

Luís Mauro Moura, Editor  
[Luis.moura@pucpr.br](mailto:Luis.moura@pucpr.br)

A Revista **ABCM** Engenharia é uma publicação da Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas - **ABCM** que visa informar seus membros sobre atividades promovidas pela associação e notícias de interesse geral e ampliar a comunicação entre a Diretoria, o Comitê Editorial, os Comitês Técnico-Científicos e os associados.

### Diretoria e Conselho Deliberativo

A Direção da Associação é composta pela Diretoria e pelo Conselho. Estes órgãos colegiados são constituídos por representantes dos membros da **ABCM**, eleitos por um período de dois e quatro anos, respectivamente.

### Secretária Executiva

Débora Estrella  
Praça Tiradentes, 10|9º andar - Centro  
20060-070 - Rio de Janeiro - RJ  
fone: (0 xx 21) 2221 0438 | (0 xx 21) 2509 7128  
WhatsApp: (0 xx 21) 98985-6292  
[abcm@abcm.org.br](mailto:abcm@abcm.org.br)  
<http://www.abcm.org.br>

### Diretoria Biênio 2023-2025

Prof. Domingos Alves Rade > ITA  
Presidente  
Prof. Amir Antônio Martins de Oliveira Jr. > UFSC  
Vice Presidente  
Prof. Francis Henrique Ramos França > UFRGS  
Diretor Técnico-Científico  
Profa. Aline Souza de Paula > UnB  
Diretora Secretária  
Prof. Fabio Toshio Kanizawa > UNICAMP  
Diretor Tesoureiro

### Conselho 2023/2027

Efetivos

João Luiz Filgueiras de Azevedo > ITA (IAE)  
José Roberto S. Moreira > Escola Politécnica USP  
Alexandre Kupka da Silva > UFSC  
Leonardo Santos de Brito Alves > UFF

Suplentes

Oscar Mauricio Hernandez Rodriguez > USP  
Felipe Roman Centeno > UFRGS  
José Alexander Araújo > UnB  
Fábio Menegatti de Melo > PUC | Campinas

### Mandato 2021 > 2025

Efetivos

Carolina Palma Naveira Cotta > COPPE|UFRJ  
Américo B. da Cunha Jr. > UERJ  
Luís Mauro Moura > PUCPR e UFPR  
Simone dos Santos Hoefel > UFPI  
Marcelino Guedes Gomes > PIPELINE BRAZIL

Suplentes

Celso K. Morooka > UNICAMP  
Fernando Marcelo Pereira > UFRGS

### Representante dos Discentes no Conselho Mandato 2021 > 2023

Victor Eduardo Corte Baptistella  
representante dos alunos > EESC

### Comissões permanentes

Admissão

Fabio Toshio Kanizawa > UNICAMP  
Sergio Viçosa Möller > UFRGS  
Katia Lucchesi Cavalca Dedini > UNICAMP

Ciência e Tecnologia

Francis Henrique Ramos França > UFRGS

José Roberto de França Arruda > UNICAMP  
Helcio Rangel Barreto Orlande > UFRJ

Divulgação e Publicações

Aline Souza de Paula > UnB  
Leonardo Santos de Brito Alves > UFF  
Samuel da Silva > UNESP

Ensino e Difusão de Pesquisa

Amir Antônio Martins de Oliveira Júnior > UFSC  
André Luiz Tenório Rezende > IME  
Maíra Martins da Silva > USP|SC  
Pedro Teixeira Lacava > ITA  
Victor E. C. Baptistella > rep. alunos > EESC

Intercâmbio Institucional

Francis Henrique Ramos França > UFRGS  
João Luiz Filgueiras de Azevedo > ITA  
Renato Machado Cotta > UFRJ

Comissão Especial de Diversidade e Inserção

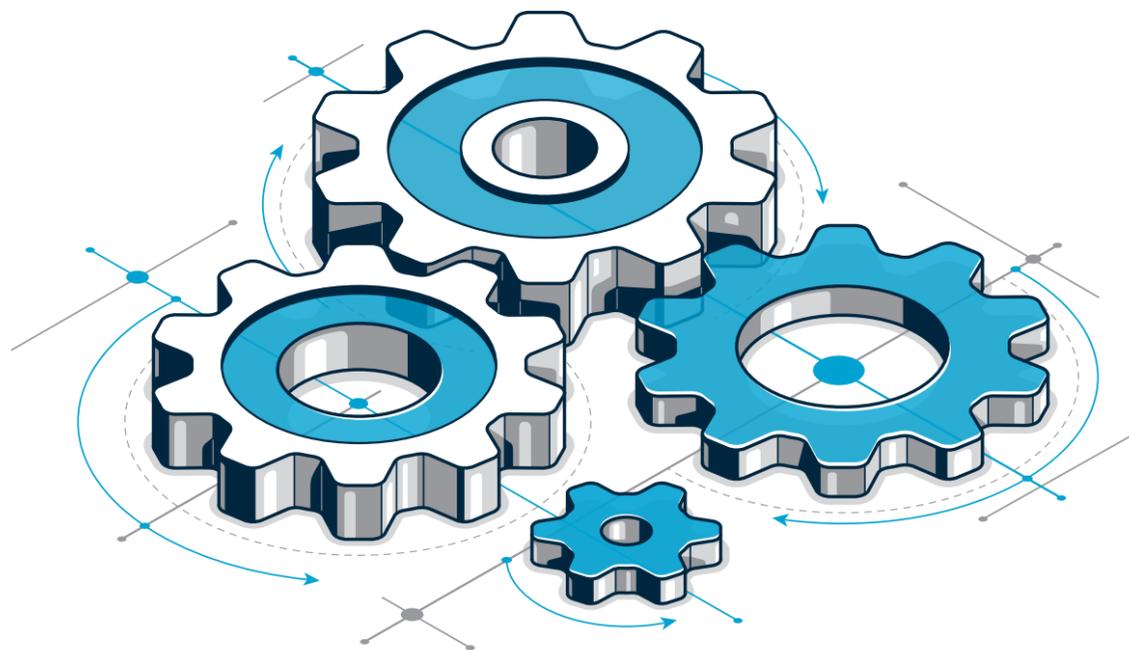
Aline Souza de Paula > UnB  
Juliana Loureiro > COPPE|UFRJ  
Marcia Mantelli > UFSC  
Marina Weyl > UNIFESSPA  
Wanderley Amorim > UFCCG  
Adriana Marques > IFSP

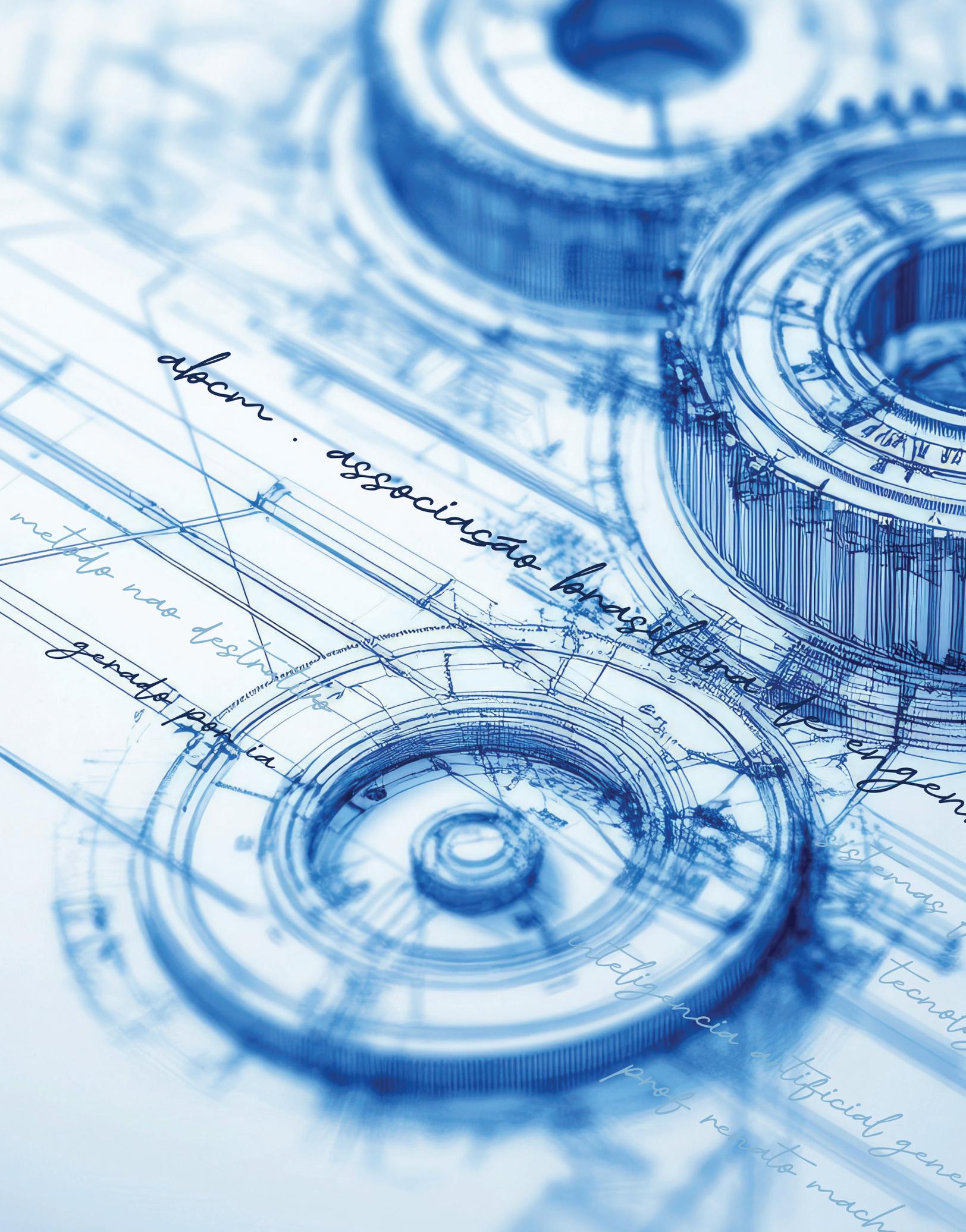
Projeto Gráfico

JG música e design | adaGeisa  
[adageisa4@gmail.com](mailto:adageisa4@gmail.com)  
Co.ral Colab | Sarah Costa  
[co.ralcolab@gmail.com](mailto:co.ralcolab@gmail.com)

vetores:

banco de imagens:  
stock.adobe | chatGPT | adobefirefly





docm . associação brasileira de engenh

metodo nao destrutivo gerado por ia sistemas de

inteligencia artificial gener prof renato macho

tecnologia