

ENGENHARIA

www.iengenharia.org.br #645 / 2021

ISSN 0013-7707

00645

9 770013 770009



R\$ 79,90



VIDAS SALVAS PELA ENGENHARIA

Criação e manutenção de respiradores, sequenciamento do genoma do coronavírus e hospitais de campanha em tempo recorde

Como a engenharia, em suas diversas especialidades, trouxe novas soluções para aliviar o peso da pandemia



Longo prazo

"NÃO SE FAZ EQUIPAMENTO DE SUPORTE À VIDA DA NOITE PARA O DIA", DIZ LEONARDO ABDALA ELIAS, DA UNICAMP



Medicina 4.0

PARA FABIO JATENE, O FUTURO DA CIRURGIA PASSA PELA INCORPORAÇÃO DE TÉCNICAS E TECNOLOGIAS



Tecnologia

AVANÇOS TECNOLÓGICOS DA BIÓENGENHARIA TECIDUAL PROMOVEM A CURA PARA DOENÇAS

VOCÊ JÁ SE CADASTROU PARA RECEBER DIGITALMENTE TODAS AS INFORMAÇÕES DO IE?



ACESSE

<https://www.institutodeengenharia.org.br/site/>

Cadastre-se agora mesmo em nosso site e tenha acesso a conteúdos exclusivos dos nossos cursos, palestras, treinamentos e reportagens do IE na imprensa.

ACOMPANHE TAMBÉM O IE NAS REDES SOCIAIS



/institutodeengenharia



@iengenharia



@institutodeengenharia



@institutodeengenharia



/institutodeengenharia



**INSTITUTO DE
ENGENHARIA**



ENGENHARIA

MARÇO 2021

| | |
|-----------------------|----|
| PALAVRA DO PRESIDENTE | 06 |
| DIVISÕES TÉCNICAS | 09 |
| CURTAS | 12 |
| PALAVRA DO LEITOR | 14 |
| PENSATA | 16 |
| POR DENTRO | 84 |
| HOMENAGEM | 86 |
| CRÔNICA | 87 |
| ENGENHO E ARTE | 88 |
| BIBLIOTECA | 90 |

NESTA EDIÇÃO

ARTIGOS

| | |
|----|---|
| 54 | Oscar Eduardo Fugita |
| 68 | Roberto Krieger |
| 76 | Amanda Garcia, Camila Carriço, Francielle Sena Nerva, Marta Vasconcelos e Arilson Pereira Vilas Boas |

Editada desde 1942
www.institutodeengenharia.org.br
REVISTA ENGENHARIA – ISSN 0013-7707
Órgão oficial do Instituto de Engenharia



Av. Dr. Dante Pazzanese, 120 – CEP 04012-180
São Paulo, SP – Tel. (55 11) 3466-9200

MARÇO – 2021 – ANO 79 – Nº 645

INSTITUTO DE ENGENHARIA
Presidente: Eduardo Ferreira Lafraia
Vice-presidente de Administração e Finanças: Arlindo Virgílio Machado Moura
Vice-presidente de Atividades Técnicas: Jerônimo Cabral Pereira Fagundes Neto
Vice-presidente de Relações Externas: Ricardo Kenzo Motomatsu
Vice-presidente de Assuntos Internos: Miriana Pereira Marques

CONSELHO EDITORIAL

Diretor: Rui Arruda Camargo
Secretário: Aléssio Bento Borelli
Alfredo Eugenio Birman; Ana Paula Capuano;
Antonio Maria Claret Reis de Andrade; Aristeu Zensaburo Nakamura; Eduardo Ferreira Lafraia;
Débora Sanches de A. Marinello; Flávia Bartkevicius Cruz; Henrique José Boneti; Ivan Metran Whately; Jefferson D. Teixeira da Costa; Jerônimo Cabral Pereira Fagundes Neto; João Ernesto Figueiredo; José Eduardo W.A. Cavalcanti; José Fiker; Marco Antônio Gullo; Maurílio Luiz Vieira Bergamini; Miguel Lotito Neto; Miguel Prieto; Miracyr Assis Marcato; Osiris Monteiro Blanco; Paulo Eduardo de Q. M. Barreto; Perminio A. Maia de Amorim Neto; Ricardo Henrique de A. Imamura; Roberto Bartolomeu Berkes; Roberto Kochen; Theophilo Darcio Guimarães.

IMPRENSA EDITORIAL

Diretor Responsável: Sinval de Itacarambi Leão
Diretora de Projetos Especiais e Subeditora: Alexandra Itacarambi
Edição de conteúdo: Larissa Féria
Reportagem: Isis Brum; Juca Guimarães; Leandro Haberli; Marcus Ribeiro; Marília Marasciulo.
Revisão: Tarcila Marchetti
Projeto Gráfico: Eduardo Magno

Design Gráfico: Guaraná Digital
Impressão e Acabamento: Gráfica Referência
A edição nº 645 da REVISTA ENGENHARIA é uma publicação da Imprensa Editorial Ltda.
CNPJ 02.172.775/0001-70 – administracao@portalimprensa.com.br Cel. (55 11) 98204-0002

A REVISTA ENGENHARIA é distribuída gratuitamente aos associados do Instituto de Engenharia.

A REVISTA ENGENHARIA, o Instituto de Engenharia e a IMPRENSA não se responsabilizam por conceitos emitidos em artigos assinados. Eles não representam, necessariamente, o pensamento da revista.

Número avulso: R\$ 79,90
Assinatura (4 números): R\$ 179,90
Assinatura digital (4 números): R\$ 119,90
E-mails: assinatura@iengenharia.org.br
Tel: (55 11) 3466 9292

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação (textos, dados ou imagens) pode ser reproduzida, armazenada ou transmitida, em nenhum formato ou meio, sem o consentimento prévio da IMPRENSA ou do Conselho Editorial da REVISTA ENGENHARIA.



ENTREVISTA 20

Diretor do Serviço de Cirurgia Torácica do Instituto do Coração (Incor), Fabio Jatene, fala sobre os projetos e as soluções desenvolvidos para tratar pacientes com covid-19 e sequelas pós-tratamento



LINHA DE FRENTE 28

Leonardo Abdala Elias, diretor do Centro de Engenharia Biomédica da Unicamp, comenta sobre o papel da engenharia biomédica para evitar a sobrecarga dos hospitais e dos serviços de saúde



ENGENHARIA BIOMÉDICA 36

A aproximação da engenharia com a medicina resultou em desenvolvimentos importantes, como testes rápidos, ambientes protegidos de bactérias e os tão necessários respiradores



ENGENHARIA CLÍNICA 46

Engenharia clínica teve protagonismo na gestão e na infraestrutura dos hospitais para receber uma quantidade enorme e simultânea de pacientes



HOSPITAIS DE CAMPANHA 50

A engenharia por trás dos hospitais de campanha, que foram levantados em tempo recorde para o atendimento às vítimas da covid-19



BIOENGENHARIA GENÉTICA 56

Trabalho e pesquisas da bioengenharia genética foram importantes para o sequenciamento do genoma da covid-19 e a criação de vacinas



BIOTECNOLOGIA DE TECIDOS 62

Especialistas trabalham na reconstrução de órgãos, no entendimento da resistência a doenças pelo sistema imunológico e no desenvolvimento da cura para doenças ainda sem tratamento



A MISSÃO DO INSTITUTO DE ENGENHARIA

Promover a engenharia em benefício do desenvolvimento e da qualidade de vida da sociedade. Realizar esta missão por meio da promoção do desenvolvimento e da valorização da engenharia; promoção da qualidade e credibilidade de seus profissionais; prestação de serviços à sociedade, por meio de fóruns e debates sobre problemas de interesse público, análise e manifestação de opiniões políticas, programas e ações governamentais, elaboração e estudo de pareceres técnicos e propostas para o poder público e para a iniciativa privada; e prestação de serviços para seus associados. Suas ações estão dirigidas para a comunidade em geral; os órgãos públicos e organizações não governamentais; as empresas do setor industrial, comercial e de serviços; as empresas de engenharia, engenheiros e os profissionais de nível superior em geral; os institutos de pesquisas e escolas de engenharia; e os estudantes de engenharia.

PERENIDADE PARA OS DESAFIOS DO FUTURO



Eduardo Ferreira Lafraia

Trazer à tona questões de grande importância para o desenvolvimento do Brasil e levantar discussões e propostas técnicas é a essência do Instituto de Engenharia.

Durante os últimos quatro anos em que estive à frente da presidência deste Instituto, prosseguimos com nossa missão e trouxemos para a discussão grandes temas – alguns já em andamento, mas todos tinham (e têm) em comum a engenharia de excelência, que proporciona, cada vez mais, a elevação da qualidade de vida da sociedade.

Projetos de nação como agronegócio, petróleo e gás, saneamento, hidrovias, ferrovias, mobilidade, ciência e meio ambiente estiveram na pauta desta Casa e foram relatados em várias publicações desta revista, que, aliás, nesta edição, traz a contribuição da engenharia na medicina, sob o olhar da bioengenharia.

Para que o Instituto prosseguisse em sua missão, em 2017, quando assumi a gestão, tivemos que nos reinventar. Naquele momento, foram necessárias medidas administrativas para gerar um equilíbrio financeiro e ações que preparassem o Instituto para os desafios

do futuro. Nos nos reinventamos, assim como esta publicação, que já caminha há mais de 75 anos contando a história do Instituto, da engenharia e do Brasil.

Assim, foram estabelecidas metas baseadas em pilares estratégicos, tendo como objetivo a perenidade do Instituto. Tínhamos que continuar a ser o espaço para essas grandes discussões de projetos de nação; um espaço neutro, isento, livre, para que estudantes, engenheiros e engenheiras, associados, voluntários e parceiros pudessem compartilhar e adquirir conhecimento, se relacionar, defender seus ideais e exercer sua cidadania.

Com este horizonte, trabalhamos na construção e na concretização de ações com base em pilares estratégicos que proporcionassem:

- a geração de valor para os associados;
- o reforço do nosso papel como órgão de referência das boas práticas da engenharia;
- a promoção da reciclagem e da disseminação do conhecimento;
- a inovação e melhorias em práticas de engenharia com impacto social relevantes;
- a atuação do engenheiro na defesa do interesse público;

- a conexão com a educação (com estudantes do ensino superior e na valorização da educação básica - a educação fundamental é a chave para o desenvolvimento do Brasil) e

- a renovação de lideranças e da diversidade e a elaboração de novos modelos de receitas.

Pelo caminho, nos deparamos, no último ano de gestão, com a pandemia, tendo que nos adequar rapidamente para continuar com os trabalhos do Instituto, acelerando o processo - que já estava em andamento - de transformação digital.

Foi liderado um movimento que trouxe como resultado a intensificação na produção do conhecimento. A distância, membros das Divisões Técnicas, diretoria, conselhos, voluntários, parceiros e colaboradores realizaram, em 2020, mais de 1.900 horas de encontros, palestras e eventos técnicos, abrindo discussões das mais variadas áreas da engenharia para os quatro pontos do Brasil e do mundo, reforçando a figura do associado virtual.

Implantamos a área comercial e de vendas e reforçamos a consultoria em marketing, com o objetivo de aprimorar a captação de associados e parcerias.

Foram mapeados e desenhados processos de trabalho. Com o auxílio de um consultor, a iniciativa envolveu toda a diretoria, colaboradores e prestadores de serviço em um intenso processo de entrevistas para identificar pontos fortes, fracos, de inovação e melhorias. Entretanto, mais que um projeto, este deve ser um trabalho contínuo.

Sempre com a meta de atingir a perenidade, nesses últimos quatro anos, outras ações que considero importantes foram iniciadas, mas não concluídas, podendo ser consideradas como oportunidades de realização futura, entre elas: a reforma do Estatuto, que precisa se adequar aos novos tempos; a criação de um fundo patrimonial; a gestão e a retenção de associados; o planejamento estratégico; a implantação de diretrizes de *compliance*;

Confira o caderno Olhar para o Futuro também acessando o QR Code



"Tínhamos que continuar a ser o espaço para essas grandes discussões de projetos de nação"

o estudo de reestruturação das Divisões Técnicas; e o estreitamento da relação com influenciadores digitais.

Deixo aos meus sucessores diretrizes que considero importantes para a perenidade do Instituto de Engenharia, ressaltando que cada um, em sua percepção, irá escolher em que dar continuidade ou não.

Encerro aqui mais um capítulo da minha história com o Instituto de Engenharia. Uma trajetória que irá completar 44 anos, com a honra de presidi-la por quatro gestões (2003-2004, 2005-2006, 2017-2018 e 2019-2020).

Essas diretrizes estão reunidas no caderno Olhar para o Futuro, disponível no site do IE na seção Publicações/Articulistas. Deixo aqui meu agradecimento à minha diretoria e aos conselheiros, parceiros e colaboradores que no dia a dia me acompanharam nesta jornada.

Meus votos de sucesso à futura gestão! ▣

Eduardo Lafraia

Presidente do Instituto de Engenharia



PRESIDÊNCIA

PRESIDENTE

EDUARDO FERREIRA LAFRAIA

presidencia@iengenharia.org.br

PRIMEIRO DIRETOR SECRETÁRIO

IVAN METRAN WHATELY
iwately@terra.com.br

SEGUNDO DIRETOR SECRETÁRIO

ALFREDO VIEIRA DA CUNHA
eng.alfredo.v.cunha@uol.com.br

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO

DIRETOR

GEORGE PAULUS
george@salaviva.com.br

JORNALISTA

ISABEL CRISTINA DIANIN
comunicacao@iengenharia.org.br

CÂMARA DE MEDIAÇÃO E ARBITRAGEM DO INSTITUTO DE ENGENHARIA

DIRETOR

SUPERINTENDENTE
ANDRÉ STEAGALL
GERTSENCHTEIN
camara@iengenharia.org.br

VICE-PRESIDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS

VICE-PRESIDENTE

ARLINDO VIRGÍLIO MACHADO MOURA
arlindo.moura@planova.com.br

DIRETOR FINANCEIRO

JOÃO ERNESTO FIGUEIREDO
joaoefigueiredo@uol.com.br

DIRETOR FINANCEIRO

FERNANDO BERTOLDI CORRÊA
fernando@herjacktec.com.br

DIRETOR DE TI

ABRAM BELK
abram@tqs.com.br

SUPERINTENDENTE

ADRIANO SILVÉRIO
superintendente@iengenharia.org.br

ADMINISTRATIVO FINANCEIRO

SUELI CABALLERIA MESQUITA
financeiro@iengenharia.org.br

VICE-PRESIDÊNCIA DE ATIVIDADES TÉCNICAS

VICE-PRESIDENTE

JERÔNIMO CABRAL PEREIRA FAGUNDES NETO
jcjmjs@terra.com.br

CURSOS

DIRETOR

MARCOS ANTONIO GULLO
m.a.gullo@mgconsult.com.br

VICE-DIRETORA

ENY KAORI UONO SANCHEZ
eny@uonosanchez.com.br

REVISTA ENGENHARIA

DIRETOR RESPONSÁVEL

RUI ARRUDA CAMARGO
ruicamargo@uol.com.br

SECRETÁRIO

ALÉSSIO BENTO BORELLI
alessio.bento@gmail.com

VICE-PRESIDÊNCIA DE RELAÇÕES EXTERNAS

VICE-PRESIDENTE

RICARDO KENZO MOTOMATSU
ricardo.kenzo@gmail.com

DIRETOR DE RELAÇÕES EXTERNAS

MIRACYR ASSIS MARCATO
energo@terra.com.br

DIRETOR REGIONAL DE SALVADOR/BA

CARLOS ALBERTO STAGLIORIO
stagliorio@stagliorio.com.br

DIRETOR REGIONAL DE BELO HORIZONTE/MG

MARCELO GERALDO BATISTA
maguolobr@gmail.com

DIRETOR REGIONAL DE FORTALEZA/CE

LAWTON PARENTE DE OLIVEIRA
enggeterra.ce@construtoraenggeterra.com

DIRETOR REGIONAL DE CURITIBA/PR

BERNARDO LEVINO
levinobernardo@gmail.com

DIRETOR REGIONAL DE WASHINGTON DC/USA

CÍCERO SALLES
salles.cicero@gmail.com

DIRETOR REGIONAL DE ESTOCOLMO/SWE

FELIPE SALGADO
felipesalgado.materiais@gmail.com

DIRETOR REGIONAL DE LISBOA/PT

JOSÉ ANTONIO FÉLIX FILHO
jfelixfilho@yahoo.com

DIRETOR REGIONAL DE BELÉM/PA

NELCI DE JESUS B. MARGALHO
nelci.margalho@uol.com.br

DIRETOR REGIONAL DE BRASÍLIA/DF

WELLINGTON DE AQUINO SARMENTO
wellingtonsarmiento@gmail.com

DIRETORA REGIONAL DE LONDRES/UK

ANA FLÁVIA CELINO
ana.fcelino@gmail.com

DIRETOR REGIONAL DO RIO DE JANEIRO/RJ

MIGUEL FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ
mf2_47@yahoo.com.br

DIRETOR REGIONAL DE TÓQUIO/JPN

SIDENEY ANTUNES SCHREINER JR.
sideneys@gmail.com

DIRETOR REGIONAL DE VANCOUVER/CAN

PEDRO MARQUES DOS SANTOS VENTURA
pventura@aeolus-consulting.ca

VICE-PRESIDÊNCIA DE ASSUNTOS INTERNOS

VICE-PRESIDENTE

MIRIANA PEREIRA MARQUES
miriana.marques@terra.com.br

DIRETOR DE ASSUNTOS UNIVERSITÁRIOS

VITOR MARQUES
vitinho1991@terra.com.br

DIRETOR DE ASSUNTOS ACADÊMICOS

ANGELO SEBASTIÃO ZANINI
zanini.angelo@gmail.com

DIRETORIA DE ASSOCIAÇÕES DE EX-ALUNOS

DIRETORA

FLÁVIA BARTKEVICIUS CRUZ
flavia.b.cruz@gmail.com

VICE-DIRETOR

OSWALDO BOCCIA JUNIOR
obocciajr@gmail.com

DIRETORIA CULTURAL

DIRETOR

NESTOR SOARES TUPINAMBÁ
nstupinamba@uol.com.br

DIRETOR DE VISITAS TÉCNICAS

SOKAN KATO YOUNG
sokan@chinatur.com.br

CONSELHO DELIBERATIVO

PRESIDENTE

EDUARDO FERREIRA LAFRAIA

SECRETÁRIA
TATIANA LOURENÇO MACHADO

ALFREDO EUGENIO BIRMAN

ALFREDO MÁRIO SAVELLI

ANGELO SEBASTIÃO ZANINI

ANTONIO MARIA CLARET REIS DE ANDRADE

BEATRIZ VIDIGAL XAVIER DA SILVEIRA ROSA

CARLOS COTTA RODRIGUES

CARLOS PEREIRA DE MAGALHÃES NETO

CLÁUDIO AMAURY DALL'ACQUA

FERNANDO BRECHERET

FLÁVIA BARTKEVICIUS CRUZ

FRANCISCO ARMANDO NOSCHANG CHRISTOVAM

GEORGE PAULUS PEREIRA DIAS

HABIB GEORGES JARROUGE NETO

JOÃO BAPTISTA REBELLO MACHADO

JOSÉ EDUARDO FRASCÁ POYARES JARDIM

JOSÉ ROBERTO BERNASCONI

LAWRENCE CHUNG KOO

LUIZ FELIPE PROOST DE SOUZA

MARCELO ROZENBERG

MARCOS DE CARVALHO GERIBELLO

MARCOS MOLITERNO

ODÉCIO BRAGA DE LOUREDO FILHO

RAFAEL TIMERMAN

RICARDO HENRIQUE DE ARAÚJO IMAMURA

ROBERTO BARTOLOMEU BERKES

RODRIGO DE FREITAS BORGES FONSECA

RUI ARRUDA CAMARGO

TATIANA LOURENÇO MACHADO

VICENTE ABATE

VITOR MARQUES

SUPLENTES

ALFREDO EUGENIO BIRMAN

CARLOS COSTA NETO

FENELON ARRUDA

PEDRO MÁRCIO DOS SANTOS

CONSELHO CONSULTIVO

PRESIDENTE

ANDRÉ STEAGALL GERTSENCHTEIN

SECRETÁRIO

PERMINIO ALVES M. AMORIM NETO

ADOLFO BOLIVAR SAVELLI

ALBERTO PEREIRA RODRIGUES

ALFREDO MÁRIO SAVELLI

ALFREDO PETRILLI JUNIOR

AMÂNDIO MARTINS

ANDRÉ S. GERTSENCHTEIN

ANGELO SEBASTIÃO ZANINI

ANTONIO GALVÃO A. DE ABREU

ANTONIO HÉLIO GUERRA VIEIRA

ARLINDO VIRGILIO MACHADO MOURA

CAMIL EID

CARLOS COTTA RODRIGUES

CARLOS EDUARDO M. GONÇALVES

CARLOS PEREIRA DE MAGALHÃES NETO

CLÁUDIO A. DALL'ACQUA

CLÁUDIO ARISA

CLORIVAL RIBEIRO

DARIO RAIS LOPES

DIRCEU CARLOS DA SILVA

EDEMAR DE SOUZA AMORIM

EDGARDO PEREIRA MENDES JR.

EDSON JOSÉ MACHADO

EDUARDO FERREIRA LAFRAIA

ENIO GAZOLLA DA COSTA

ETTORE JOSÉ BOTTURA

FERNANDO BERTOLDI CORREA

FLÁVIA BARTKEVICIUS CRUZ

FRANCISCO ARMANDO NOSCHANG CHRISTOVAM

HABIB GEORGES JARROUGE NETO

ISMAEL JUNQUEIRA COSTA

IVAN METRAN WHATELY

JERÔNIMO CABRAL P. FAGUNDES NETO

JOÃO ANTONIO MACHADO NETO

JOÃO BAPTISTA REBELLO MACHADO

JOÃO ERNESTO FIGUEIREDO

JORGE PINHEIRO JOBIM

JOSÉ EDUARDO FRASCÁ POYARES JARDIM

JOSÉ GERALDO BAIÃO

JOSÉ OLÍMPIO DIAS DE FARIA

JOSÉ PEREIRA MONTEIRO

JOSÉ ROBERTO BERNASCONI

JOSÉ ROBERTO CARDOSO

KLEBER REZENDE CASTILHO

LOURIVAL JESUS ABRÃO

LUIZ FELIPE PROOST DE SOUZA

LUIZ FERNANDO PORTELLA

MAÇAHICO TISAKA

MARCELO ROZENBERG

MARCOS MOLITERNO

MIRIANA PEREIRA MARQUES

NELSON AIDAR

NEUZA MARIA TRAUZZOLA

OZIREZ SILVA

PAULO FERREIRA

PAULO SETUBAL NETO

PEDRO MÁRCIO GOMES DOS SANTOS

PERMINIO ALVES M. AMORIM NETO

PLÍNIO OSWALDO ASSMANN

RENATO MATTOS ZUCCOLO

RICARDO ALBERTO C. LA TERZA

RICARDO KENZO MOTOMATSU

ROBERTO BARTOLOMEU BERKES

ROBERTO KOCHEN

RUI ARRUDA CAMARGO

SONIA REGINA FREITAS

TOMAZ EDUARDO N. CARVALHO

TUNEHIRO UONO

VICENTE ABATE

VICTOR BRECHERET FILHO

CONSELHO FISCAL

ALFREDO PETRILLI JUNIOR

MARCELLO KUTNER

NELSON NEWTON FERRAZ

SUPLENTE DO CONSELHO FISCAL

DÉBORA SANCHES DE A. MARINELLO

DIVISÕES TÉCNICAS

PRESIDENTE – EDUARDO FERREIRA LAFRAIA

VICE-PRESIDENTE DE ATIVIDADES TÉCNICAS – JERÔNIMO CABRAL PEREIRA FAGUNDES NETO

DEPTO. DE ENGENHARIA DE ENERGIA E TELECOMUNICAÇÕES

Diretor: Aléssio Bento Borelli

Divisão de Geração e Transmissão

Coord: Antonio Lambertini

Vice-coord: Luiz Sergio Mendonça Coelho

Divisão de Distribuição de Energia

Divisão de Indústria de Petróleo, Gás, Bioenergia, Mineração e Dutovias

Coord: José Eduardo Frasca Poyares Jardim

Vice-coord: João Carlos de Souza Meirelles

Divisão de Telecomunicações

Coord: Flávia Bartkevicius Cruz

Vice-coord: Maria Vanessa Sobral Nonato

Secretário: Ogelson Dias de Fonseca

Divisão de Instalações Elétricas

Coord: Paulo Barreto

Secretário: Oswaldo Boccia Junior

Divisão de Controle e Automação

Coord: Aurea Lúcia Vendramin Georgi

Vice-Coord: Gabriela Caetano dos Santos

DEPTO. DE ENGENHARIA DE ATIVIDADES INDUSTRIAIS E DE SERVIÇOS

Divisão de Manutenção

Divisão de Equipamentos para Transporte de Carga e Urbano de Passageiros

Divisão de Materiais

Divisão de Equipamentos para o Agronegócio

Divisão de Equipamentos Automotores

DEPTO. DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Diretora: Débora Sanches de A. Marinello

Vice-Dir: Constanzio Facci Ticeu

Divisão de Gerenciamento de Empreendimentos

Coord: Sérgio Luiz Azevedo Rezende

Divisão de Avaliações e Perícias

Assessor Especial: José Fiker

Coord: Ricardo Henrique de Araujo Imamura

Vice-coord: Miriana Pereira Marques

Secretário: Evandro Henrique

Divisão de Qualidade e Produtividade

Coord: Everardo Ruiz Claudio

Vice-coord: Tatiana Lourenço Machado

Divisão da Planejamento e Engenharia Econômica

Vice-coord: Rogério Carvalho Ribeiro Nogueira

Secretária: Adriana Araujo

Divisão de Patologias das Construções

Coord: Stella Marys Della Flora

Vice-coord: Odair dos Santos Vinagreiro

Divisão de Tecnologias Digitais

Coord: Marcelo Nonato Santos

Secretária: Miriana Pereira Marques

Divisão de Engenharia de Incêndio

Coord: Carlos Cotta Rodrigues

Vice-coord: José Félix Drigo

Secretário: Sílvio Paulo Piga

Divisão de Compliance

Coord: Milene Costa Facioli

Vice-coord: Ricardo Henrique de A. Imamura

Secretário: Wilson Abramovick Costa

DEPTO. DE ENGENHARIA DO HABITAT E INFRAESTRUTURA

Diretor: Roberto Kochen

Vice-diretor: Habib Georges Jarrouge Neto

Divisão de Construção Sustentável e Meio Ambiente

Coord: José Manoel de Oliveira Reis

Vice-coord: Daniele de A. Villarim Lima

Secretário: Henrique Dias de Faria

Divisão de Engenharia Sanitária, Recursos Hídricos e Biotecnologia

Coord: Paula Fernanda Morais Andrade Rodrigues

Vice-coord: Felipe Geribello F. Cabral

Secretário: Mario Ernesto Humberg

Divisão de Segurança no Trabalho

Coord: Jefferson D. Teixeira da Costa

Vice-coord: Theophilo

Darcio Guimarães

Divisão de Estruturas

Assessor Especial: Natan Jacobsohn Levental

Coord: Rafael Timerman

Vice-Coord: Douglas Couto

Secretária: Ludmily Silva Pereira

Divisão de Geotecnia e Mecânica dos Solos e Fundações

Coord: Francisco José Pereira de Oliveira

Divisão de Acústica

Coord: Schaia Akkerman

Vice-Coord: Maria Luiza Rocha Belderrain

Secretário: Ricardo Santos Siqueira

DEPTO. DE ENGENHARIA QUÍMICA

Diretor: Newton Libânio Ferreira

Vice-diretor: Eduardo Bendari

DEPTO. DE ENGENHARIA DE MOBILIDADE E LOGÍSTICA

Diretor: Ivan Metran Whately

Vice-Dir: Neuton Sigueki Karassawa

Secretário: Fernando José de Campos Marsiglia

Divisão de Transportes Metropolitanos

Coord: Flaminio Fichmann

Divisão de Trânsito

Coord: Maria da Penha P. Nobre

Vice-coord: Vanderlei Coffani

Divisão de Transporte Ativo

Divisão de Navegação Interior e Portos

Coord: José Wagner Leite Ferreira

Vice-coord: George Takahashi

Secretário: Pedro Marques dos Santos Ventura

Divisão de Ferrovias

Coord: Jean Carlos Pejo

Secretário: Vicente Abate

DEPTO. DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E GEOMÁTICA

Diretor: Miguel Prieto

Vice-dir: Aristeu Zensaburo Nakamura

Secretário: Osiris Monteiro Blanco

Divisão de Cadastro Urbano e Rural

Coord: Fátima Alves Tostes

Divisão de Sistemas de Informação Geográfica

Coord: Aristeu Zensaburo Nakamura

DEPTO. DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS EXATAS

Diretora: Flávia Bartkevicius Cruz

Divisão de Sistemas e Inovação

Coord: Ricardo Luiz Martinez

DEPTO. DE ARQUITETURA

Diretora: Ana Paula Capuano

Secretário: Olavo Suniga

Divisão de Preservação do Patrimônio Histórico e Cultural da Engenharia

Coord: Fernando Bertoldi Corrêa

DEPTO. DE ENGENHARIA DE AGRONEGÓCIOS

Diretor: Henrique José Boneti

Vice-dir: Marcio Lacerda Gonçalves

Secretário: Paulo Bonini Boneti

DIRETORIA DE CURSOS

Diretor: Marco Antonio Gulllo

Vice-dir: Eny Kaori Uono Sanchez

DIRETORIAS REGIONAIS

DIRETOR REGIONAL DE VANCOUVER/CAN
PEDRO MARQUES DOS SANTOS VENTURA
pventura@aeolus-consulting.ca

DIRETORA REGIONAL DE LONDRES/UK
ANA FLÁVIA CELINO
ana.fcelino@gmail.com

DIRETOR REGIONAL DE ESTOCOLMO/SWE
FELIPE SALGADO
felipesalgado.materiais@gmail.com

DIRETOR REGIONAL DE TÓQUIO/JPN
SIDENEY ANTUNES SCHREINER JR
sideney@gmail.com

DIRETOR REGIONAL DE WASHINGTON DC/USA
CÍCERO SALLES
salles.cicero@gmail.com

DIRETOR REGIONAL DE LISBOA/PT
JOSÉ ANTONIO FÉLIX FILHO
jfelixfilho@yahoo.com

DIRETOR REGIONAL DE BELÉM/PA
NELCI DE JESUS B. MARGALHO
nelci.margalho@uol.com.br

DIRETOR REGIONAL DE FORTALEZA/CE
LAWTON PARENTE DE OLIVEIRA
engeterra.ce@construtoraengeterra.com

DIRETOR REGIONAL DE SALVADOR/BA
CARLOS ALBERTO STAGLIORIO
stagliorio@stagliorio.com.br

DIRETOR REGIONAL DE BRASÍLIA/DF
WELLINGTON DE AQUINO SARMENTO
wellingtonsarmento@gmail.com

DIRETOR REGIONAL DE BELO HORIZONTE/MG
MARCELO GERALDO BATISTA
maguolobr@gmail.com

DIRETOR REGIONAL DE CURITIBA/PR
BERNARDO LEVINO
levinobernardo@gmail.com

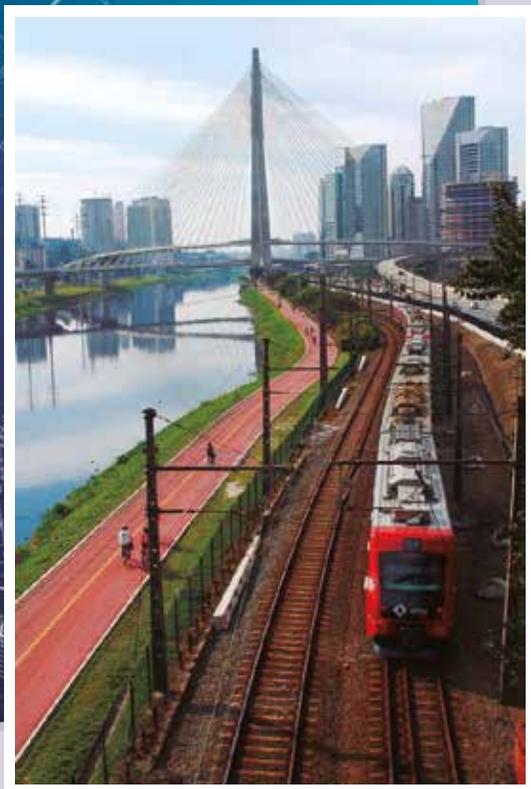
DIRETOR REGIONAL DO RIO DE JANEIRO/RJ
MIGUEL FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ
mf2_47@yahoo.com.br





1º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E DE GESTÃO DE ATIVOS DE INFRAESTRUTURA

A Abraman e o Instituto de Engenharia convidam você para o **CBEGAI ONLINE!**



Grandes nomes da **área de Infraestrutura** abordarão temas relacionados à **Engenharia que afetam diretamente** a qualidade de vida das pessoas no campo e na cidade e em todos os setores da economia.

O Brasil é um país em construção e a **Engenharia é o grande instrumento para o desenvolvimento.**

Vamos juntos?!

- CBEGAI ONLINE -

7 a 10 de junho

Inscreva-se: www.cbegai.org.br

Inscrições com desconto para associados Abraman, Instituto de Engenharia e estudantes.



Nasa anuncia parceria para estudar o gelo em Marte

A Nasa anunciou uma parceria com as agências espaciais da Itália, do Canadá e do Japão para detectar e explorar depósitos de gelo em Marte. Batizada de Mars Ice Mapper, a missão vai ajudar a identificar objetivos científicos para as primeiras viagens tripuladas a Marte, como detectar a localização, profundidade, extensão e abundância de depósitos de gelo próximos à superfície.

Sabe-se que há dois tipos de gelo no planeta: o polo norte marciano, coberto por uma calota composta principalmente por gelo carbônico, e 1 milhão de quilômetros cúbicos de água congelada, o equivalente a duas vezes o encontrado no Mar Negro, na Europa. O gelo em Marte poderia eventualmente fornecer hidrogênio e oxigênio para o combustível dos foguetes.

Hyundai projeta robô-cachorro com rodas

A Hyundai apresentou o veículo Tiger X-1, que traz pernas robóticas com rodas e pode ser usado para trabalhos de pesquisa científica ou até atividades de resgate. O Tiger X-1 se destina a transportar cargas úteis em terrenos remotos e inacessíveis e pode funcionar com tração integral nas rodas, ou caminhar utilizando suas quatro patas.

O modelo é um projeto do New Horizons Studio, centro de inovação da montadora sul-coreana localizado no



Divulgação

Vale do Silício, e o nome Tiger é uma abreviação de Transforming Intelligent Ground Excursion Robot (Robô transformador de excursão terrestre inteligente, em tradução livre).



tinside.com.br

Poli e Sabesp buscam automatizar o ciclo de processamento da água

A Escola Politécnica (Poli) da USP e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) firmaram uma parceria para padronizar e implementar a automação dos processos de

saneamento da Companhia em todo o ciclo do processamento da água.

Chamado de Plano de Integração de Sistemas Operacionais (Piso), o projeto visa também proporcionar conhecimento teórico e prático aos profissionais da empresa por meio de aulas focadas em áreas principais da automação (tecnológica, científica e de gestão) com a programação de 11 módulos.



Eduardo Saratva/A2IMG

O Piso conta com o apoio do Banco Mundial Bid que está realizando, em conjunto com o Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Poli, todas as diretrizes.

Intel Embree recebe prêmio da Academia do Oscar

A Academia de Artes e Ciências Cinematográficas concedeu à Intel Embree um prêmio de realização técnica e científica. A tecnologia é amplamente usada nos processos de renderização dos estúdios de animação

Os métodos de rastreamento de raios combinam a física da luz com objetos 3D e seus materiais de superfície e permitem que os criadores injetem fotorrealismo por meio de efeitos realistas de iluminação de primeira linha, como reflexos e sombras no cabelo, pele, espelhos ou qualquer outro objeto. A tecnologia permite ainda desempenho em tempo real, ciclos de renderização mais rápidos, produção de baixo custo e economia de memória.

Volkswagen vai produzir carro voador

A Volkswagen informou que está conduzindo um estudo de viabilidade para produzir um carro voador na China.

O chefe da Volkswagen na China, Stephan Woellenstein, disse que a empresa quer desenvolver um drone que possa ser licenciado para participar deste mercado no futuro.

Além da VW, outras empresas importantes têm investido neste segmento, como Airbus, Daimler, Intel, Volocopter, Lillium e a alemã Joby. O mercado de carros voadores autônomos poderá valer US\$ 1,5 trilhão em 2040.

Lançado 1º satélite 100% brasileiro

O satélite Amazônia-1, o primeiro de observação da Terra projetado, integrado, testado e operado pelo Brasil, foi lançado no 28 de fevereiro, na missão PSLV-C51, da agência espacial indiana Indian Space Research Organisation (ISRO).

O satélite faz parte da chamada Missão Amazônia, criada para fornecer dados de sensoriamento remoto para observar e monitorar o desmatamento na região amazônica. Com seis quilômetros de fios e 14 mil conexões elétricas, o Amazônia-1 é capaz de observar uma faixa de aproximadamente 850 km, com 64 metros de resolução.

O Amazônia-1 é um satélite de órbita Sol síncrona (polar) que gerará



Divulgação

imagens do planeta a cada cinco dias. Sua vida útil é de quatro anos.

“A Missão Amazônia irá consolidar o conhecimento do Brasil no desenvolvimento integral de uma missão espacial utilizando satélites estabilizados em três eixos, visto que os satélites de sensoriamento remoto anteriores foram desenvolvidos em cooperação com outros países”, afirmou o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), em nota.

Engenheiros projetam máscara com teste de covid-19

Especialistas em nanoengenharia na UC San Diego lançaram um pequeno kit de teste de covid-19, que pode ser preso na frente de qualquer máscara e detectar a presença do coronavírus.

Segundo os cientistas, depois de respirar pela máscara por 4-5 horas, há partículas suficientes para determi-

nar se a pessoa entrou em contato ou se contraiu o vírus durante o período.

O projeto foi feito com uma doação de US \$ 1,3 milhão do programa Rapid Acceleration of Diagnostics Radical (RADx) do NIH, Instituto Nacional de Saúde dos EUA (National Institute of Health).

“De muitas maneiras, as máscaras são o sensor ‘vestível’ perfeito para o nosso mundo atual”, disse Jesse Jokerst, professor de nanoengenharia da Universidade da Califórnia e líder do projeto.



UC San Diego

Confira os cursos, palestras e eventos do IE e faça sua inscrição pelo site

www.institutodeengenharia.org.br/site/agenda



PROJETOS COMPLEMENTARES

► Paulo E. Q. M. Barreto*

O termo “projetos complementares” vem sendo utilizado há muito tempo para designar os projetos de instalações elétricas, hidráulicas, estrutural, climatização, automação, entre outros que não os de arquitetura. Será que é correto se referir a esses projetos como projetos complementares? A resposta pode parecer simples, e, por força do hábito, existe a tendência de se embarcar na mente coletiva, sem questionar certos usos e costumes, e algumas incoerências passam despercebidas.

Para responder a essa singela pergunta é preciso viajar no tempo, pesquisar alguns dicionários, legislação e até mesmo aplicar uma boa dose de interpretação sobre a linguagem não verbal. Ou seja, qual mensagem é transmitida e interpretada pelo público quando se utiliza determinada palavra ou expressão?

Apesar de ser um termo utilizado com frequência na área predial, é provável que o seu uso tenha origem no Decreto Federal nº 23.569, de 11/12/1933, que regulamentou as profissões de engenheiro, arquiteto e agrimensor no Brasil. O artigo 28 desse decreto cita: “São da competência do engenheiro civil (...) o estudo, projeto, direção, fiscalização e construção de edifícios, com todas as suas obras complementares”. Como o decreto não definiu o que são “obras complementares”, resta buscar em outras referências o embasamento para o entendimento mais adequado desse termo.

Da antiga Lei Municipal nº 8.266, de 1975, que estabelece o Código de Edificações do Município de São Paulo, obtém-se do Capítulo IX “Obras Complementares das Edificações”:

Art. 134 - As obras complementares executadas, em regra, como decorrência ou parte da edificação compreendem, entre outras similares, as seguintes:

- I - Abrigos e cabines;
- II - Pérgolas;
- III - Portarias e bilheterias;
- IV - Piscinas e caixas d'água;
- V - Lareiras;
- VI - Chaminés e torres;
- VII - Passagens cobertas;
- VIII - Coberturas para tanques e pequenos telheiros;
- IX - Toldos e vitrines.

Da Lei Municipal nº 11.228, de 1992, que trata do Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo (COE), obtém-se, do item 1.1 Conceitos: Obra complementar - edificação secundária, ou parte da edificação que, funcionalmente, complementa a atividade desenvolvida no imóvel.

Já o atual COE-SP, fixado por meio da Lei Municipal nº 16.642, de 09/05/2017, apresenta, em seu Artigo 3º, XVIII, a definição de obra complementar como edificação secundária

ou parte da edificação que, funcionalmente, complemente a atividade desenvolvida no imóvel, tais como:

a) passagem coberta de pedestre sem vedação lateral;

b) abrigo de porta e portão, automóvel, lixo, recipiente de gás e entrada e medidores de concessionárias;

c) casa de máquina isolada, cabine de força, cabine primária;

d) reservatório em geral, elevado e enterrado, chaminé e torre isoladas;

e) bilheteria, portaria, caixa eletrônico.

Daí, concluiu-se que o termo “obras complementares” está relacionado a qualquer obra que complemente a obra principal. Não sendo, portanto, tais obras complementares fundamentais para a existência da edificação. Se assim o fossem, não poderiam ser consideradas complementares, mas, sim, imprescindíveis, necessárias, parte da razão de ser daquele empreendimento.

Uma instalação elétrica, por exemplo, não deve ser considerada complementar de uma obra, senão poderia ser encarada como desnecessária. É, sim, parte imprescindível de uma edificação, sem a qual não se pode utilizar a obra como previsto.

A construção de uma edificação, por mais simples que seja, é um processo que necessita de várias especializações para que possa atender a sua finalidade com segurança, conforto e de acordo com os dispositivos legais e normativos.

Por conta disso, imagina-se que a disseminação do termo “projetos complementares”, como alusão a instalações elétricas, telefônicas, hidráulico-sanitárias e outros, seja resultado da aplicação equivocada do termo “obras complementares”.

Existe ainda uma conotação pejorativa no uso do termo “complementar”, como se o projeto complementar tivesse menos importância no contexto da obra. Interpretação

sem fundamento, mas é o que acaba sendo transmitido, seja de forma direta ou indireta, intencional ou não.

Todos os projetos de engenharia têm a sua razão de ser e a devida importância para a utilização daquele empreendimento conforme previsto. Portanto, tais projetos não devem ser tratados como complementares, mas como projetos de engenharia - elétrica, de telecomunicações, de hidráulica, de automação, de ventilação, de climatização etc.

Por outro lado, um projeto complementar é aquele que complementa o inicial (original). Por exemplo, se o projeto de uma subestação contempla determinada filosofia de concepção e, em determinado momento, faz-se a opção por instalar ventilação forçada nos transformadores, o projeto dessa ventilação forçada pode ser considerado complementar ao anteriormente elaborado de instalações elétricas.

Na construção civil, poderíamos dizer que a construção de uma varanda sobre um projeto que não a contemplava exige um projeto complementar para essa alteração. E assim por diante.

Como se vê, o uso inadequado das palavras pode implicar conclusões equivocadas, além de desvalorização e distorções quanto às atividades a serem desenvolvidas. Cabe aos profissionais tomarem o devido cuidado e fomentarem o uso adequado da terminologia para reverter o quadro aqui apresentado, retomando a velha e boa forma de identificação dos seus trabalhos. Trabalhos de engenharia. Projetos de engenharia. Obras de engenharia. ◻

**Paulo E. Q. M. Barreto é engenheiro electricista, coordenador da Divisão de Instalações Elétricas do Instituto de Engenharia, consultor e diretor da Barreto Engenharia.*

A ENGENHARIA COM FOCO NA PANDEMIA DA COVID-19

► Por Lúcio Flávio de Magalhães Brito*

Hospitais existem há milhares de anos, mas nem sempre foram um instrumento de cura como hoje. Longe disso. A medicina, por sua vez, nem sempre teve um papel social. Era individualista, exclusivista e não estava presente nos hospitais como nos dias de hoje. Mas como é que os hospitais foram transformados nos modelos que vemos atualmente?

É atribuída a John Howard (Inglaterra) e Jacques-René Tenon (França) a responsabilidade pelo início da mudança para o que somos hoje, em termos de sistemas de saúde. Ambos iniciaram uma abordagem sistemática em hospitais, lazaretos e prisões da Europa, com o objetivo de elaborar um programa de reforma e reconstrução dos hospitais.

Tenon dizia “são os hospitais existentes que devem se pronunciar sobre os méritos

ou defeitos do novo hospital”. Os hospitais passam a ser analisados não mais como monumentos, mas como estruturas funcionais, onde cada espaço passa a ser organizado para ser considerado um instrumento de cura.

Ao mesmo tempo que as descrições funcionais da organização hospitalar deixam de ser elaboradas por arquitetos, nasce a arquitetura hospitalar, que, com ajuda de médicos, melhora a organização interna e tem foco nos resultados em saúde que cada hospital deve ter. O hospital passa a ser algo disciplinado, organizado, sistemático e científico. A medicina dos velhos hospitais se torna mais presente, complexa e social.

Há inúmeros outros aspectos a considerar, para entendermos todos os detalhes dessa transformação, como os aspectos econômicos e os do exercício do poder. Contudo,



para efeito deste artigo, acredito que a visão apresentada nos coloca na mesma página, e já posso falar da nossa contribuição, da engenharia, contra a pandemia da covid-19.

Quando atuo como professor-engenheiro, sempre me questionam: o engenheiro civil pode atuar na área? Respondo assim: se você considerar que todo engenheiro que não é militar é um engenheiro civil por princípio, a resposta está dada.

É impossível fazer uma boa engenharia com uma disciplina só, todos sabemos disso. É fato que hoje o engenheiro biomédico é uma realidade no Brasil e, felizmente, esse profissional está sendo bem aceito e tem se integrado nas equipes existentes, mas, como não há quantidade suficiente, o que fazer, se não contarmos com os outros colegas engenheiros?

Mas há um problema a mais: a engenharia biomédica não alcança todas as necessidades de um hospital e, por isso, as inúmeras áreas e subáreas da engenharia precisam atuar. Nesse sentido, acredito que a primeira contribuição da engenharia contra a covid-19 é termos uma engenharia unida, inclusiva e que esteja focada nos resultados da saúde, que é o que importa. Profissionais da engenharia apaixonados pelo que fazem na área da saúde.

Eu sempre digo que, quando um hospital está preparado para situações de desastres, a engenharia não tem que fazer nada além, apenas seguir os processos, os planos, e atuar. Mas a realidade não é assim, e meus 34 anos de experiência atuando na

área me mostram isso. Nossos hospitais têm inúmeros problemas anatômicos e fisiológicos, tanto na infraestrutura hospitalar quanto nos equipamentos médico-assistenciais, de apoio e gerais que ocupam e se utilizam dessa infraestrutura.

Vejam a inativação de microrganismos em artigos hospitalares. Eles podem sofrer desinfecção ou esterilização, mas passam por limpeza prévia antes disso. Em termos de equipamentos, necessitamos de termodesinfectoras, esterilizadores a vapor saturado ou esterilização físico-química a baixa temperatura proporcionada por vários agentes. Usamos lavadoras ultrassônicas, seladoras, incubadoras e, em breve, medidores de isolamento elétrico de instrumentais cirúrgicos usados em eletrocirurgias. Em relação ao ambiente, precisamos do controle de temperatura, umidade, pureza do ar, nível de ruído, diferenciais de pressão e educação do usuário, que sempre acha isso muito complexo. Temos uma boa turma de colegas atuando nisso, inativando microrganismos.

Quando analisamos o *boom* dos ventiladores pulmonares, tivemos que receber equipamentos, conferir documentos fiscais, transportar internamente, desembalar, montar cada um, rodar o teste de verificação funcional de cada ferramenta, calibrar, se necessário, treinar usuários, colocá-los em uso e atender na, beira do leito, qualquer intercorrência na mesma hora.

Tivemos que atuar e estamos atuando na linha de frente. Não somente com ventilado-



res, mas com todo o sistema: elétrica, hidráulica, de climatização, águas especiais, geração de vapor, redes de gases medicinais etc. Sem essa engenharia preparada, atuante e exigente, nada poderia funcionar.

Como já é conhecimento de todos, a covid-19 é transmitida via ar. O processo é semelhante à transmissão de tuberculose e à aerobiocontaminação em pacientes de transplante de medula óssea (TMO). O que fazer quando o sistema de refrigeração do tipo *split*, que não renova o ar, está disseminado nos hospitais do Brasil? As recomendações internacionais, de organizações como o FDA (Food and Drug Administration ou Administração de Alimentos e Medicamentos, em português) norte-americano, para covid-19, tuberculose e TMO apontam para uma taxa de renovação entre 6 e 12 trocas de ar por hora. O *split* não atende isso, sabemos.

O que podemos fazer é usar o EPI correto, no momento correto e treinar pessoas. Temos treinado muitas pessoas e orientado sobre os sistemas de climatização.

A escassez de oxigênio em Manaus nos mostrou que é preciso melhorar nossa prática na gestão de gases medicinais, que, di-

ga-se de passagem, são fármacos e, em tese, deveriam ser gerenciados pela farmácia, mas ainda não são. Muitos de nossos colegas estão mais atentos nessa atividade. Saber o quanto compramos e o quanto é prescrito nos permitirá conhecer o desperdício. Contudo, há muitos vazamentos, pressões da rede acima do requerido, ausência de planos de emergência, falta de treinamento de pessoal no uso das redes de gases. Muitos de nós estão aprendendo a gerenciar isso da melhor maneira, trabalhando contra o desperdício e treinando pessoas neste tema.

As necessidades são inúmeras. Espero que este artigo encoraje você, leitor, a repensar o papel da engenharia na área da saúde. Precisamos de uma engenharia comprometida até o pescoço com os resultados em saúde, que é o que importa.

Lúcio Flávio de Magalhães Brito é 2º ten engº de combate (4º BE Cmb-Res), engenheiro mecânico (EFEI), engenheiro de segurança do trabalho (FEI), especialista em administração hospitalar e sistemas de saúde (FGV-SP), engenheiro clínico certificado (AAMI/ACCE) e estudante de engenharia biomédica (Unicamp). Atua há 34 anos na área médico-hospitalar, tanto no Brasil como no exterior. É autor de livros e capítulos de livros e tem como área de atuação preferida os temas da segurança no ambiente hospitalar.



AMAZÔNIA E BIOECONOMIA

SUSTENTADA EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

— INSTITUTO DE ENGENHARIA —



Pontes entre medicina e engenharia

INVENÇÕES INOVADORAS FORAM E SÃO POSSÍVEIS POR MEIO DE CONTRIBUIÇÕES DE EQUIPES MULTIDISCIPLINARES DE PESQUISADORES, MÉDICOS E ENGENHEIROS

► Por Sinval de Itacarambi Leão e Larissa Féria

Respeito filial é uma virtude transparente na atuação do cirurgião torácico, Fábio Jatene, hoje diretor do Serviço de Cirurgia Torácica do Instituto do Coração (InCor), do Hospital das Clínicas (HCFMUSP), e vice-presidente da Sociedade Brasileira de Cirurgia Torácica. Filho mais velho do Adib Domingos Jatene (1929-2014), trabalhou com o pai a quem atribui a decisão de ser médico: “Em casa, somos em quatro irmãos e três são médicos. Acho que isso teve uma forte influência paterna, mas em nenhum momento ele fez qualquer pressão para que fôssemos para a área médica. A influência acabou sendo exercida pela forma como ele praticava a medicina, de uma forma envolvida, dedicada e com prazer”. Essa visão humana que o pai tinha foi muito importante para a sua formação e, de todos os mentores na profissão, o pai foi sua maior influência.

O Dr. Adib foi considerado pela sua geração um artesão da cirurgia cardíaca, inventou entre outros, as válvulas cardíacas, desenvolveu o primeiro oxigenador brasileiro de membrana e o ventrículo cardíaco implantável eletromecânico. Tais inventos substituíram similares importados e permitiram ampliar o acesso dos pacientes brasileiros a tratamentos. Sobre o processo chamado “Cirurgia de Jatene”,



Fotos: arquivo pessoal

Fábio Jatene, hoje diretor do Serviço de Cirurgia Torácica do Instituto do Coração (InCor), do Hospital das Clínicas (HCFMUSP), e vice-presidente da Sociedade Brasileira de Cirurgia Torácica

mundialmente conhecida, Dr. Fábio não tem certeza se o pai tinha consciência da importância do avanço desta inovação, mas acredita que tinha certeza dos benefícios para as crianças que nascem com cardiopatia congênita. “Existiam duas ou três técnicas, mas que não tinham essa visão da correção anatômica do problema, de restaurar a anatomia. E acho que esse foi o grande diferencial dessa operação porque faz os coraçõezinhos voltarem a trabalhar de uma forma fisiologicamente e anatomicamente normais”.

Segundo Fábio, a parceria entre medicina e engenharia teve nas últimas décadas um avanço extraordinário em todos os sentidos, seja para as operações, para o diagnóstico dos pacientes, para o pós-operatório, como para a recuperação tardia dos pacientes. A sustentabilidade faz parte deste tripé, possibilitando intersecções importantes e notórias para saúde. “Temos vários exemplos sobre isso, como a busca pela redução de resíduos e de poluentes, o desenvolvimento de equipamentos e materiais mais sustentáveis e drogas mais eficientes e menos agressivas”. A sustentabilidade é uma tendência mundial, que cada vez será mais forte em todos os setores da área médica, com a participação da engenharia.

A BIOENGENHARIA SEMPRE FOI DA ÁREA CIRÚRGICA. COMO O SENHOR AVALIA A EXPANSÃO NESTE SETOR? COMO É A RELAÇÃO DOS MÉDICOS E ENGENHEIROS PARA O DESENVOLVIMENTO DESSA CIÊNCIA?

A história da bioengenharia e da cirurgia tem muitos caminhos imbricados, particularmente no Hospital das Clínicas, da Faculdade de Medicina da USP (HCFMUSP). Criada em 1959 com o nome de Oficina Coração-Pulmão Artificial, no Instituto Central do Hospital das Clínicas (ICHC), a oficina foi um grande avanço para a inovação dos procedimentos, que, com a fabricação e a manutenção das máquinas de circulação extracorpórea, logo deu lugar a várias outras importantes inovações no campo da bioengenharia.

Em 1963, além das máquinas de circulação extracorpórea, a Oficina passou a produzir próteses de “válvulas cardíacas” (mecânicas e biológicas). Três anos depois, ela iniciou o desenvolvimento de marcapassos cardíacos implantáveis. Depois, com a criação do InCor, em 1974, a Oficina Coração-Pulmão Artificial foi transferida para o novo prédio e passou a se chamar Centro Experimental de Pesquisa em Bioengenharia.

O Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia foi outra instituição com grande destaque na área de bioengenharia, com desenvolvimento de muitos equipamentos, dispositivos e próteses que diminuíram a necessidade de produtos importados e foram fundamentais para o crescimento da cirurgia cardiovascular brasileira.

Essas invenções inovadoras só foram e são possíveis por meio das contribuições e da aproximação de equipes multidisciplinares de pesquisadores, médicos e engenheiros. Desde a década passada, estamos sofrendo forte influência do meio digital, assim, big data, medicina personalizada, inteligência artificial, integração de sistemas, telemedicina e simulação cada vez mais fazem parte do dia a dia do médico, estreitando a aproximação deles com os engenheiros.

"Essas invenções inovadoras só foram e são possíveis por meio das contribuições e da aproximação de equipes multidisciplinares de pesquisadores, médicos e engenheiros"

NO ANO PASSADO, O INCOR INICIOU UMA PESQUISA PARA AVALIAR OS EFEITOS COLATERAIS DA COVID-19 NO CORAÇÃO DE PACIENTES QUE PRECISARAM SER INTERNADOS POR CAUSA DA DOENÇA. PODERIA DETALHAR COMO FOI FEITO O ESTUDO E A QUE CONCLUSÃO CHEGARAM?

O Registro Nacional de Complicações Cardíacas (CoronaHeart), sob coordenação do professor Roberto Kalil Filho, é um estudo multicêntrico que busca avaliar as complicações cardíacas e os efeitos pós-covid-19 no coração de pacientes que necessitaram de internação, em função da gravidade da doença. O estudo incluiu 2.500 pacientes, com participação de 26 centros no Brasil, e está em fase de análise dos dados. Em breve, os resultados do estudo serão divulgados.

Outros estudos similares estão sendo realizados no InCor, buscando entender o impacto da pandemia da covid-19. Por exemplo, um projeto do núcleo de inovação do InCor (InovaInCor) visa avaliar como a pandemia afetou diretamente os pacientes com indicação cirúrgica que tiveram seus procedimentos eletivos postergados. Esses pacientes estão aguardando em fila por um período mais longo do que o usual e,

"O Serviço de Informática do InCor desenvolveu uma solução segura de telemedicina, que permite o compartilhamento de exames de imagem, relatórios clínicos e discussão de casos complexos em tempo real"

por isso, não há estudos que demonstrem as repercussões sobre a condição clínica do doente. Segundo o Ministério da Saúde, o adiamento de cirurgias eletivas desocupou 30% dos leitos de UTI do país, deixando-os contingenciados para os pacientes contaminados pelo novo coronavírus. Hospitais privados e filantrópicos brasileiros registraram, no primeiro semestre de 2020, queda de até 90% no movimento em decorrência do cancelamento de exames e cirurgias eletivas causado pela pandemia da covid-19.

Considerando-se a extensão da pandemia, as sequelas cardiopulmonares crônicas têm potencial para muitas pessoas nos próximos anos. Assim, é indispensável analisar esse cenário e se preparar para o enfrentamento desse contingente de pacientes que apresentarão lesões pós-covid-19. Esta é uma preocupação global, e as consequências da covid-19 estão sendo investigadas. Como referência, uma análise da Secretaria Municipal da Saúde de São Paulo, de novembro último, revelou que até 40% dos pacientes que tiveram alta pós-covid-19 apresentam sequelas, o que representa nosso grande desafio.

O INOVAINCOR DESENVOLVEU UM PROJETO PIONEIRO DE TELECONSULTORIA PARA DISCUTIR CASOS GRAVES EM TEMPO REAL E AGILIZAR PROCEDIMENTOS EM HOSPITAIS PÚBLICOS. COMO FOI O DESENVOLVIMEN-

TO DESSE PROJETO? QUAIS TECNOLOGIAS FORAM USADAS?

O objetivo do projeto é discutir os casos de pacientes portadores de covid-19, em tempo real, em tratamento nos hospitais da rede de saúde do Estado de São Paulo, a fim de alcançar o maior índice possível de resolutividade, analisando os casos mais complexos, sugerindo e fornecendo alternativas de tratamento forma rápida e eficiente.

O Serviço de Informática do InCor desenvolveu uma solução segura de telemedicina, que permite o compartilhamento de exames de imagem, relatórios clínicos e discussão de casos complexos em tempo real. Desenvolvemos também para apoiar a gestão desse serviço de Tele-UTI um painel de indicadores interativo que permite o acompanhamento do número de pacientes, teleatendimentos realizados, perfil clínico dos doentes, desfechos etc.

EM QUANTOS HOSPITAIS FOI IMPLANTADO O PROJETO E QUAIS FORAM OS RESULTADOS?

A Tele-UTI atende 26 hospitais da rede pública estadual de saúde do estado de São Paulo e continua sua expansão, com possibilidade de alcance a outros estados. Foram discutidos os casos de cerca de mil pacientes, totalizando aproximadamente 7,5 mil teleconsultas. Alguns hospitais tiveram bons resultados, com grande engajamento das equipes e, em alguns casos, observou-se redução da mortalidade entre 20 e 30%.

DE QUE FORMA FOI FEITO O TREINAMENTO DOS PROFISSIONAIS?

O InCor criou um curso de capacitação remota oferecido gratuitamente, na modalidade EaD, para profissionais da área da saúde, como médicos, enfermeiros e fisioterapeutas. O curso hospedado no site da Escola de Educação Permanente do HCFMUSP e no portal da

Secretaria da Saúde de São Paulo já teve mais de 125 mil acessos. Ele é dividido em tutoriais curtos, que envolvem temas como lavagem das mãos, fisiopatologia da covid-19, protocolo da ventilação mecânica, posição prona, protocolo PEEP, momento da extubação etc.

Além disso, foi desenvolvido um aplicativo em parceria com a *startup* MedRoom. Com a ferramenta instalada em seus celulares, as equipes são capacitadas virtualmente no protocolo de manejo dos pacientes com covid-19 com o máximo de realismo possível. Esse simulador, baseado em realidade virtual, possibilita um treinamento inovador e potencializado da equipe multiprofissional de atuação na UTI. Esse aplicativo de treino, educação e simulação foi baseado nos conhecimentos atuais do vírus SARS-CoV-2 e no protocolo de ventilação mecânica protetora proposto pela UTI Respiratória do InCor-HCFMUSP.

OUTRO PROJETO DESENVOLVIDO PELO INOVAINCOR É A PLATAFORMA NACIONAL DE TELECONFERÊNCIA DE ATO CIRÚRGICO, QUE VAI USAR 5G E INTERNET DAS COISAS (IOT) PARA CAPACITAR CIRURGIÕES CARDÍACOS E APOIAR OPERAÇÕES COMPLEXAS EM HOSPITAIS LONGE DOS GRANDES CENTROS. PODERIA DETALHAR O PROJETO?

O projeto que vem sendo desenvolvido pelo InovalnCor visa estabelecer processos e infraestrutura e teleconsultoria para apoiar cirurgiões cardíacos em centros distantes, na resolução de casos complexos ou no início da experiência com novas técnicas cirúrgicas. Isso poderá abreviar a curva de aprendizado e conferir mais segurança ao procedimento, por meio de monitoração simultânea de uma equipe de especialistas, incluindo planejamento pré-operatório usando modelos 3D impressos a partir de exames de imagem do paciente, como tomografia computadorizada e ressonância magnética, realidade aumentada, plataforma de dados clínicos e plataforma de IoT.

"O projeto que vem sendo desenvolvido pelo InovalnCor visa estabelecer processos e infraestrutura para teleconsultoria para apoiar cirurgiões cardíacos em centros distantes, na resolução de casos complexos ou no início da experiência com novas técnicas cirúrgicas"

Assim, o projeto busca desenvolver e implantar um método de capacitação remota de cirurgiões por meio de teleconferência de ato cirúrgico, para apoiar cirurgiões cardíacos fisicamente distantes de centros de referência, como o InCor, em melhores técnicas, terapias inovadoras e diversificação de práticas, conectando essas equipes médicas a uma equipe multidisciplinar do InCor. O projeto inclui:

- plataforma digital de gestão dos dados clínicos do paciente que permita *upload* de imagens, vídeos e documentos. Isso possibilita que a equipe multiprofissional do InCor avalie a condição clínica do paciente, discutindo a melhor proposta de abordagem cirúrgica.
- impressão em 3D de biomodelos e simulação com realidade virtual a partir da reconstrução de exames de imagens com tomografia computadorizada e ressonância nuclear magnética. Essa abordagem tecnológica dará suporte ao planejamento cirúrgico, treinamento dos profissionais envolvidos e mais segurança ao paciente.
- plataforma de IoT para gestão da telemetria, dos sinais captados por sensores posicio-

"A equipe multiprofissional do InCor poderá auxiliar a equipe cirúrgica do hospital remoto durante o procedimento"

dados em equipamentos do centro cirúrgico remoto, que permitirá o acompanhamento em tempo real da evolução cirúrgica, e parâmetros clínicos e intraoperatórios. Desse modo, a equipe multiprofissional do InCor poderá auxiliar a equipe cirúrgica do hospital remoto durante o procedimento, dirimindo dúvidas, oferecendo sugestões práticas e avaliando o processo cirúrgico.

Ao término de cada cirurgia, as equipes médicas envolvidas terão condição de avaliar os procedimentos por meio de uma reunião chamada de *briefing*. Isso agrega melhorias e aprimoramento dos profissionais dos hospitais remotos.

A PLATAFORMA DEVERÁ SER USADA INICIALMENTE PARA OPERAR BEBÊS COM CARDIOPATIAS CONGÊNITAS. EM QUE FASE ESTÁ O PROJETO, QUANDO E ONDE ELE DEVE SER IMPLANTADO?

Já validamos o processo de simulação associado à impressão de biomodelos 3D, à plataforma de dados clínicos e à arquitetura tecnológica. Nesse momento, estamos finalizando a plataforma de IoT; na sequência, serão realizados testes no InCor, para só então, em 3 ou 4 meses, iniciarmos as cirurgias com teleorientação do hospital remoto, em São Luís do Maranhão. Esse conceito de teleorientação poderá ser empregado em várias outras especialidades cirúrgicas, garantindo maior apoio aos pacientes e às equipes médicas.



ESSE PROJETO TEVE O APOIO DO MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES (MCTI) E DO CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPQ). EXISTEM OUTRAS PARCERIAS EM ANDAMENTO? QUAIS?

Contamos com o suporte tecnológico da Cisco, que está nos auxiliando na integração da solução de telepresença e no desenvolvimento da solução de IoT.

Esse projeto está sendo desenvolvido por uma equipe multiprofissional de quase 30 pessoas, incluindo cirurgiões, engenheiros, biomédicos, profissionais de inovação e TI.

PODERIA CITAR OUTRAS PARCERIAS FEITAS PELO INCOR PARA INOVAÇÃO FOCADAS EM MELHORIAS DE PROCESSOS HOSPITALARES?

Parcerias como essa do MCTI têm possibilitado que o InCor se destaque como uma das instituições de vanguarda na inovação em saúde, tendo sido reconhecido pelo Prêmio Whow! de Inovação 2020 como a empresa mais inovadora na área da saúde. O InCor também foi destaque na premiação, com o 8º lugar entre as 100 empresas brasileiras mais inovadoras, em todos os setores. Esse prêmio veio com o projeto Anonimização de Dados Pessoais, desenvolvido em parceria com a Intel.

Outra parceria importante, na área de qualidade e melhoria de processos, foi firmada

com a Society for Advancement of Blood Management [SABM]. Juntos, estamos mapeando a jornada do paciente cirúrgico, buscando o gerenciamento e a conservação do sangue do paciente, mediante processos seguros que possibilitem o uso racional do sangue. O InCor foi responsável pela tradução e pela adaptação cultural das Normas Administrativas e Clínicas da SABM para Programas de Gerenciamento de Sangue do Paciente dessa instituição, sendo o primeiro hospital latino-americano afiliado a essa Sociedade.

O monitoramento remoto digital interativo de pacientes crônicos, portadores de hipertensão de difícil controle, é mais uma iniciativa. Essa solução em desenvolvimento com uma *startup* britânica está possibilitando ao InCor inovar no formato de engajamento e educação desse perfil de pacientes que representam uma significativa parcela da população. A solução inclui aplicativo para o paciente, plataforma de gestão de dados e protocolos assistenciais para a equipe médica, incluindo videochamadas. Os benefícios iniciais do estudo indicam ganho na qualidade da assistência remota e na potencial redução de eventos evitáveis, como atendimentos emergenciais e não aderência ao tratamento medicamentoso.

Recentemente, a Intel equipou uma área do InCor com tecnologias que incluem dispositivos 2 em 1; câmeras 3D; *tablets*; dispositivos vestíveis para aquisição de sinais fisiológicos e aparelhos com interface *wireless*, para melhorar o atendimento de pacientes e aprimorar o fluxo de trabalho das equipes de atendimento hospitalar, implementando inteligência de dados do prontuário eletrônico e integrando dispositivos vestíveis para aquisição de sinais fisiológicos; aparelhos de interface sem fio; e soluções tecnológicas de modo a oferecer maior precisão nos diagnósticos e tratamentos médicos e segurança dos pacientes.

Em parceria com a Intel, tivemos a primeira fase de implantação do andar digital *wi-*

"A solução [monitoramento remoto digital] inclui aplicativo para o paciente, plataforma de gestão de dados e protocolos assistenciais para a equipe médica, incluindo videochamadas"

reless concluída, que conta com diferentes tecnologias num ambiente de atendimento real do hospital. Destacam-se a implantação de uma rede de internet de alta velocidade, ambiente de treinamento com realidade virtual, painéis de monitoração de indicadores para as áreas de internação de enfermaria e UTI respiratória.

Esse projeto ainda está em curso e teve as fases seguintes de implantação postergadas em função da pandemia.

QUAL É A IMPORTÂNCIA DA ENGENHARIA CLÍNICA NA ÁREA DE CIRURGIA CARDIOVASCULAR?

A engenharia clínica tem um papel fundamental nas instituições de saúde, possibilitando a manutenção e o uso seguro de equipamentos e contribuindo com a melhoria dos processos e do atendimento aos pacientes. Assim, ela é indispensável nas várias áreas da medicina, e na cirurgia cardiovascular não seria diferente.

Durante as cirurgias cardiovasculares são empregados vários equipamentos, como máquina de circulação extracorpórea, bisturi elétrico, desfibriladores, monitores multiparamétricos, bombas de infusão, computadores, dentre tantos outros que exigem processos bem definidos e alinhados, cujo funcionamento inadequado pode compro-

meter o sucesso do tratamento. Assim, essa complexidade tecnológica exige uma cooperação estreita entre equipe multidisciplinar e o time da engenharia clínica.

A atuação do engenheiro clínico tem sido modificada ao longo do tempo. Inicialmente, era mais focada na manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos, tendo progressivamente passado para o gerenciamento e a avaliação de novas tecnologias, logística e controle do parque tecnológico e integração de soluções, atuando muito mais próximo das equipes clínicas e gestora do hospital.

A CIRURGIA CARDIOVASCULAR TEM UTILIZADO, CADA VEZ MAIS, TÉCNICAS QUE COMBINAM CORTES MENORES, NOVOS DISPOSITIVOS PARA ACESSAR O CORAÇÃO, EXAMES MAIS PRECISOS E ROBÔS. COMO VOCÊ VÊ O FUTURO DA CIRURGIA CARDÍACA?

Na busca pela excelência, a cirurgia cardiovascular tem buscado a menor agressão global, o que inclui pequenas incisões, procedimentos sem circulação extracorpórea, auxílio de equipamentos de videocirurgia, tecnologia robótica, extubação precoce, menos transfusão, entre outras táticas e técnicas. O futuro da cirurgia passa pela incorporação de técnicas e tecnologias, provenientes dos mais variados campos da investigação científica, como genética e terapia celular. Com certeza, o emprego da tecnologia será cada vez mais intenso.

A TECNOLOGIA PODE TORNAR A CIRURGIA OBSOLETA?

Em cirurgia cardiovascular, a pesquisa e a incorporação tecnológica têm sido muito vibrantes nos últimos anos. Há trabalhos que demonstram que o conhecimento em áreas como a medicina e a engenharia dobra a cada dois ou três anos e que a maioria das técnicas se torna obsoleta a cada cinco e sete anos. Assim, é imperativo que os cirur-



giões continuem se atualizando e colaborando com o desenvolvimento. Os cirurgiões cardíacos devem estar na linha de frente, inovando, adotando e liderando o desenvolvimento de novas tecnologias. O número de pacientes ainda é muito grande, e a carga de trabalho dos cirurgiões cardiovasculares é bastante intensa.

QUAL A POSIÇÃO DO BRASIL NESSA ESCALA DE DESENVOLVIMENTO DA CIRURGIA CARDÍACA?

O Brasil é o segundo país do mundo em número de cirurgias cardíacas realizadas anualmente, totalizando cerca de 100 mil cirurgias/ano, atrás apenas dos EUA, que realiza cerca de 300 mil cirurgias/ano. Nosso país sempre esteve na vanguarda no cenário da cirurgia cardiovascular, desenvolvendo técnicas usadas em todo o mundo. A escola da cirurgia cardiovascular brasileira é uma das mais desenvolvidas do mundo, o que faz com que sejamos procurados por cirurgiões de outros países que vêm completar sua formação no Brasil.

O DR. ADIB JATENE CRIOU APARELHOS BASEADOS NA FÍSICA, MECÂNICA, ELETRI-

CIDADE ETC. QUAIS E COMO SUAS CONTRIBUIÇÕES SÃO INCORPORADAS NOS PROCEDIMENTOS CIRÚRGICOS ATUAIS?

O professor Adib Domingos Jatene, desde o início de sua carreira, buscou viabilizar a cirurgia cardiovascular no Brasil por meio do desenvolvimento nacional de aparelhos, equipamentos, instrumentais cirúrgicos, próteses valvares, marcapassos e tantos outros materiais indispensáveis que naquela época tinham que ser importados. Esses inventos permitiram tornar a cirurgia cardíaca uma realidade em nosso país. Essa saga no desenvolvimento de produtos e equipamentos para cirurgia cardíaca foi percorrida juntamente com outros pioneiros da cirurgia cardiovascular, como os professores Euryclides de Jesus Zerbini e Domingo Marcolino Braile.

Dentre as contribuições na área da bioengenharia, podemos citar os oxigenadores de bolhas e de membrana, as válvulas de gaiola e disco basculante, os marcapassos, entre outras. Alguns desses produtos, depois de serem patenteados, tiveram a tecnologia transferida para a indústria e foram amplamente comercializados no Brasil e no exterior. Após vários anos, esses equipamentos foram sendo aprimorados, dando lugar a outros mais modernos e de maior tecnologia agregada.

NAS FUNÇÕES ASSUMIDAS PELO SENHOR, QUAIS GERARAM MAIS CONTATOS, LIGAÇÕES E PONTES NO TRATO COM ENGENHEIROS E A ENGENHARIA DE BIOMEDICINA?

Por conta da especialidade que eu exerço, cirurgia cardiovascular e torácica, eu sempre tive contato com tecnologias muito avançadas. E o avanço que isso teve nas últimas décadas foi extraordinário, em todos os sentidos, para as operações, para o diagnóstico dos pacientes, para o pós-operatório, para a recuperação tardia. De todas as posições que eu ocupo, a área assistencial, que cuida dos pacientes, para mim, foi a que mais teve impacto no setor de bioengenharia. Ultimamente, temos parti-

"Nosso país sempre esteve na vanguarda no cenário da cirurgia cardiovascular, desenvolvendo técnicas usadas em todo o mundo"

cipado e trabalhado bastante com esses aparelhos de suporte à vida, de corações e ventrículos artificiais. Nós utilizamos equipamentos que sustentam a vida do paciente durante a cirurgia, enquanto temos que realizar as operações e momentaneamente parar o coração. Em relação ao pós-operatório, temos equipamentos que conseguem substituir a função do coração e do pulmão. Certamente, esse trato com engenheiros e bioengenheiros foi muito próximo nessas atividades todas.

O TRIÂNGULO MEDICINA, ENGENHARIA E SUSTENTABILIDADE SE ENCONTRAM NA LUTA PELA SALVAÇÃO DO PLANETA. QUAL É O EXEMPLO MAIOR DESTA TRIANGULAÇÃO?

A sustentabilidade hoje é uma atividade que vem sendo praticada, buscada e perseguida em todas as áreas de atividades. Essa possibilidade de intersecção é muito notória e importante. Temos muitos exemplos sobre isso, em relação aos hospitais e laboratórios, como a busca pela redução de resíduos e de desenvolvimento de equipamentos e materiais mais sustentáveis.

Há a possibilidade de, através de desenvolvimento de modernas técnicas, reduzir doença, com um impacto extraordinário sobre a vida das pessoas, de drogas que são eficientes e menos agressivas. Isso é uma tendência mundial, que cada vez será mais forte em todos os setores da área médica, com a participação da engenharia. ▣

“TEMOS QUE TRATAR OS EQUIPAMENTOS DE SUPORTE À VIDA COM MAIS RIGOR”

ESPECIALIZADO EM NEUROENGENHARIA E RESPONSÁVEL PELA GESTÃO DE MAIS DE 16 MIL EQUIPAMENTOS HOSPITALARES DA UNICAMP, LEONARDO ABDALA ELIAS FALA SOBRE O PAPEL DA ENGENHARIA BIOMÉDICA NO COMBATE À PANDEMIA NO BRASIL

► Por Leandro Haberli

Diretor do Centro de Engenharia Biomédica (CEB) da Unicamp, o professor Leonardo Abdala Elias é um dos principais especialistas em neuroengenharia do país. Além trabalhar com pesquisas na área motora, incluindo investigações que visam entender como diferentes elementos do sistema neuromusculoesquelético interagem durante o controle do movimento humano, Elias é responsável pelo setor de serviços de engenharia clínica e pela manutenção de dispositivos médicos da Unicamp, que conta com mais de 16 mil equipamentos hospitalares.

Com tais credenciais, durante a pandemia, ele tem sido um dos engenheiros biomédicos mais procurados do país por quem busca formas de evitar a sobrecarga dos hospitais e serviços de saúde.

Graduado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Goiás, em 2008, e mestre e doutor em engenharia biomédica pela Escola Politécnica da USP, Elias explica que,

no começo da pandemia, quando havia uma corrida por ventiladores, seu papel foi alertar para o fato de que não se faz um equipamento hospitalar de suporte à vida da noite para o dia e que o melhor caminho seria levantar quantos ventiladores estavam fora de funcionamento no país, trabalhando a partir disso para colocá-los em operação.

Para a surpresa de Elias, porém, ninguém sabia o número de ventiladores encostados no país. “Faltava gestão da tecnologia. E o mais surpreendente é que o sistema que usamos na Unicamp para fazer essa gestão foi financiado pelo Ministério da Saúde, e temos esse *software* disponível e gratuito”, lamenta o engenheiro, apontando como possível legado da pandemia uma potencial melhoria da gestão dos parques hospitalares do país.

Na entrevista a seguir, além de comentar o papel da engenharia biomédica como elemento de apoio no combate à covid-19, Elias elabora um detalhado panorama desta área do conhecimento, analisando, entre outros



Leonardo Abdala Elias é diretor do Centro de Engenharia Biomédica da Unicamp

temas, formas de desenvolver a enfraquecida indústria brasileira de equipamentos médicos e hospitalares e de diminuir a dependência do país a fornecedores estrangeiros desses produtos.

É CORRETO DIZER QUE A ENGENHARIA BIOMÉDICA É UMA ÁREA NOVA DA ENGENHARIA?

No Brasil, ela existe dentro das universidades há quase 50 anos. Em universidades como a UFRJ e a USP, temos especialidades da engenharia há mais de um século. Sob essa perspectiva, a engenharia biomédica foi introduzida no Brasil mais recentemente do que outras áreas da engenharia. O desenvolvimento de próteses para amputados, na Segunda Guerra Mundial, marca o pioneirismo da engenharia biomédica, já que havia uma pessoa especializada em biomecânica atendendo pacientes com necessidades médicas. As primeiras medições de eletrocardiograma, no final do século XIX e início do século XX, eram feitas por fisiologistas, com olhar de engenharia. No Brasil, os primeiros grupos começaram a trabalhar com essa interface em meados dos anos 1970, em especial na

UFRJ, na Unicamp e na USP, e depois foram formando discípulos e espalhando por todo o país. Como área de atuação, a engenharia biomédica não é nova, mas os cursos de graduação são mais recentes.

É POSSÍVEL SE GRADUAR COMO ENGENHEIRO BIOMÉDICO OU É NECESSÁRIO FAZER PÓS-GRADUAÇÃO PARA ATUAR NA ÁREA?

No exterior, há bastante tempo, existe essa especialidade como graduação. No Brasil, os primeiros cursos vieram no final da década de 1990 e início dos anos 2000. Com a reforma do ensino superior, em meados de 2004, tivemos uma expansão. Hoje são cerca de 20 cursos no país. É um curso de graduação híbrido, de engenharia, com aspectos associados à biologia, fisiologia, anatomia, química, bioquímica e biofísica. Na Unicamp, não temos graduação em engenharia biomédica. Adotamos, há bastante tempo, a formação em engenharia, com todo o seu substrato e uma base sólida e, na sequência, a especialização nas áreas afins. Na pós-graduação, no mestrado e no doutorado, há disciplinas mais aprofundadas, em sistemas fisiológicos, biofísica de membranas e instrumentação biomédica.

ALÉM DE GERENCIAR A MANUTENÇÃO DO MAQUINÁRIO DE UM HOSPITAL, A ENGENHARIA BIOMÉDICA PERMITE PROJETAR ESSES EQUIPAMENTOS DE MEDICINA. COMO ANDA A INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS BRASILEIROS? TEMOS UM PARQUE NACIONAL COMPETITIVO OU DEPENDEMOS BASICAMENTE DO QUE VEM DE FORA?

Dentro da engenharia biomédica há dois grandes blocos que interagem com o ambiente clínico e hospitalar, os quais chamamos de engenharia clínica e engenharia médica. Dentro da engenharia clínica, o que se faz é interagir diretamente com o ambiente hospitalar pronto, pensando no treinamento e na segurança do corpo clínico e do pacien-

"Hoje a indústria brasileira médica para equipamentos é enfraquecida e altamente dependente de insumos e tecnologia estrangeiros"

te. Ela é mais focada nos aspectos do equipamento pré-aquisição - define os requisitos técnicos, conhece a necessidade do seu parque e do ambiente hospitalar, incorpora essa tecnologia e a gerencia, com instalação, manutenções preditivas e corretivas, até a desativação. Durante esse caminho, existe o treinamento do usuário e a questão de segurança. É preciso pensar, por exemplo, em equipamentos críticos, como os da UTI, que têm alarmes. Ou seja, há uma interação entre a máquina e o usuário, que precisa saber interpretar esses alarmes. O engenheiro clínico hoje também tem esse papel, que é a chamada engenharia de fatores humanos.

Existe outro aspecto, que é o desenvolvimento da instrumentação biomédica, que interage com o ambiente hospitalar. Ninguém vai desenvolver um equipamento que não faça sentido do ponto de vista clínico. Existe o projetista, a demanda, a necessidade e a progressão tecnológica que as empresas impõem. Por exemplo, há várias modalidades para fazer ventilação mecânica num paciente. Você pode moldar a terapia que você vai colocar no paciente, dependendo do que se deseja. Isso é desenvolvimento científico, tecnológico. Tem, obviamente, uma interação com a academia, e essa interlocução também ocorre com o ambiente hospitalar, além dos aspectos regulatórios, sempre. Portanto, existe uma área ou um conjunto de pessoas atuando no desenvolvimento.

E QUANTO À INDÚSTRIA BRASILEIRA DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS?

Hoje a indústria brasileira médica para equipamentos é enfraquecida e altamente dependente de insumos e tecnologia estrangeiros. Nós temos uma indústria mínima, alguns equipamentos que são fabricados no país e alguns outros de baixa qualidade. Temos empresas que fabricam ventiladores que são razoáveis. No início da pandemia, quando se falou muito em ventiladores, muita gente descobriu que temos duas, três, no máximo, indústrias nacionais que fabricam. Foi aquela corrida, todo mundo querendo desenvolver, e então descobriu-se que não era uma tarefa trivial, que era preciso ter um conhecimento acumulado de anos. Temos uma indústria, mas é uma cadeia enfraquecida, por falta de investimento e de interesse das empresas em fomentar o desenvolvimento tecnológico. Há uma questão do tipo: maximizar lucro ou investir em pesquisa e desenvolvimento? Acredito que a posição das empresas tem sido cada vez mais pegar uma tecnologia pronta e maximizar seus lucros. Muitas estão interessadas em tecnologias da década de 1970. As grandes multinacionais têm um papel nisso.

O Brasil tinha uma indústria médica nas décadas de 1980 e 1990. Essas empresas, às vezes fundadas por ex-estudantes do ITA e da Poli, acabaram sendo incorporadas pelas grandes, como General Electric e Philips. Hoje temos uma forte dependência. Eu não tenho o número exato, mas certamente mais de 70% do parque hospitalar da Unicamp, que tem cerca de 16 mil equipamentos, é importado. Não temos uma empresa no Brasil que fabrique equipamentos de imagem de grande porte, como tomógrafos; aceleradores lineares para radioterapia, tampouco. Houve até uma iniciativa do governo federal há 3 ou 4 anos, quando fizeram um contrato com uma empresa sueca para aceleradores lineares, para que ela tivesse um parque para desenvolvimento de tecnologia no país. A coisa não virou, e isso não é estritamente fis-

calizado. Como eu falei, nós temos algumas empresas que fabricam equipamentos de grau de complexidade mais baixo, como os de eletroterapia, para clínica de fisioterapia de estética. Mas não temos um rol de empresas que fabricam equipamentos com tecnologia mais avançada ou mais complexos em uso clínico.

VOCÊ CITOU O ESFORÇO DE DESENVOLVER VENTILADORES A TOQUE DE CAIXA NO INÍCIO DA PANDEMIA. COMO FOI ESSE PROCESSO? QUAL O PAPEL DA ENGENHARIA BIOMÉDICA NESSA CORRIDA?

No primeiro fim de semana da pandemia, foi absolutamente insano o que as pessoas estavam dizendo que iam fazer e tentando angariar recursos. Eu participei de várias conversas na época. Não quero desmerecer o esforço, mas via muitos colegas querendo resolver problemas, sem pensar nas premissas. Querendo desenvolver respirador pulmonar com impressão 3D de válvula, coisas absolutamente fora da realidade de segurança de um ambiente clínico, que nunca seria aprovado por uma agência regulatória. Primeiro, é preciso enxergar a natureza do problema, e grupos especializados devem atuar. Agências de fomento vinham me procurar perguntando sobre a viabilidade de certas iniciativas. Aconselhava a apoiar os grupos com experiência naquele assunto. São poucos no Brasil que têm experiência em ventilação pulmonar. Quando me pediam conselho sobre como desenvolver um equipamento do nada, eu dizia que era preciso dar apoio para as empresas expandirem sua capacidade de produção e alertava para a falsa expectativa de que nós iríamos, da noite para o dia, nos tornar autossuficientes na fabricação e no desenvolvimento de equipamentos de suporte à vida. Nós não iríamos conseguir fazer isso. Nenhum país conseguiu.

Participei de um painel realizado pela Sociedade Brasileira de Engenharia Biomé-



ca sobre ventilação pulmonar, que contou com especialistas que estavam na clínica, intensivistas, pneumologistas, engenheiros biomédicos que trabalham com engenharia pulmonar e pessoas da Anvisa que atuam com aspectos regulatórios. Eu falei mais sobre manutenção, de que não era uma corrida desenfreada para desenvolver qualquer coisa que soprasse ar para dentro do pulmão. Afinal, ninguém estava enchendo balão.

O QUE A PANDEMIA REVELOU SOBRE A QUALIDADE DA GESTÃO DE EQUIPAMENTOS HOSPITALARES NO BRASIL?

Sou diretor do Centro de Engenharia Biomédica da Unicamp e temos um setor de serviço de engenharia clínica e manutenção de equipamentos médicos, com um sistema de gestão. Sabemos exatamente quantos equipamentos temos desativados, quantos estão dentro da universidade e quantos ventiladores acabamos de instalar. Na pandemia, quando o Ministério Público me perguntou o que era possível fazer, pedi o número de equipamentos parados no país. O fato é que não existia esse número de forma unificada no país porque faltava gestão da tecnologia, e o mais surpreendente é que o sistema que

usamos para fazer a gestão na Unicamp foi financiado pelo Ministério da Saúde, e temos esse *software* disponível, gratuito, mas as secretárias de saúde não o instalam. O ministério não instala. Agora vai entrar em 40 ou 50 hospitais universitários do país.

AFINAL, O PAÍS CONSEGUIU RECUPERAR ESSES EQUIPAMENTOS DURANTE A PANDEMIA?

Sim, com aquele consórcio de montadoras de veículos, com o Ministério da Economia e o Ministério da Saúde. As montadoras, para não ficar com pessoal parado, começaram a fazer manutenção nesses ventiladores, mas eles não sabiam nada sobre essa técnica. Demos muito apoio para eles, falando acerca dos aspectos específicos da manutenção, quem eram os fornecedores, porque eles não tinham a menor experiência. De todo modo, eles conseguiram fazer um excelente trabalho e recuperaram um grande número de equipamentos, acho que na ordem de 4 a 6 mil.

Nós não estávamos falando de equipamentos de monitoração, que são importantes, mas que não são equipamentos de suporte à vida, Classe III. Nós tínhamos que tratar os equipamentos de suporte à vida com mais rigor.

QUAIS INICIATIVAS DE FOMENTO AO DESENVOLVIMENTO LOCAL DE EQUIPAMENTOS DE SUPORTE À VIDA VOCÊ DESTACARIA?

Estamos participando de uma iniciativa que veio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), que praticamente nasceu dentro da Unicamp. Tem um pesquisador nosso que desenvolveu junto com eles um equipamento de ultrassom diagnóstico. Sabemos fazer um ultrassom, se existir alguma empresa no país que queira comercializar isso e produzir em escala, temos todo o processo de fabricação.

O Instituto de Pesquisas Eldorado quis acelerar bons projetos de ventilador. Conseguiram recursos via MCTI e fizeram um edital público para empresas com projetos sólidos, consis-

tentes e que tivessem caminho para a certificação de equipamentos de ventilação pulmonar. Entramos com uma equipe técnica especializada para julgar esses projetos, junto com a USP e a Universidade Federal de Itajubá.

Três empresas ganharam esse edital. Estamos trabalhando com elas para fazer com que o equipamento possa, de fato, ser utilizado em um ambiente clínico. Vamos entregar para o mercado equipamentos funcionais e minimamente aceitáveis para um ambiente clínico. Essas três novas empresas são as que fabricarão equipamentos pulmonares no país.

ALGUM PAÍS DO MUNDO ESTAVA PRONTO PARA A PANDEMIA?

Particularmente, estou numa iniciativa que é analisar o nosso cenário nacional, em colaboração com o Reino Unido, para entender o quanto estamos aptos a dar respostas em situações de emergência, como a pandemia. A gente está pronto para responder no aspecto da vacinação, por exemplo? E em termos de desenvolvimento de equipamentos? O que a gente precisa para estar pronto em uma futura pandemia? Vimos que estávamos prontos em alguns aspectos, sim. Nenhum país estava pronto completamente. Todo mundo tinha uma forte dependência com a China, a Índia e Taiwan, mas alguns países tinham uma base de conhecimento que permitiu que eles criassem uma vacina em um ano. Nós ainda não tínhamos essa base, por falta de investimentos e de grupos especializados. Você não cria um engenheiro biomédico de uma hora para outra. A minha formação durou, pelo menos, 15 anos. É preciso um tempo para fazer com que a pessoa consiga dar esse tipo de resposta. Você não consegue ter uma cobertura geral da engenharia biomédica focando, por exemplo, só em engenharia pulmonar. Agora essa é a moda, mas daqui a pouco pode ser uma doença que afeta o sistema gastrointestinal, o sistema nervoso, por exemplo, e aí o foco muda. A gente tem que ter programas de pesquisa e formação em alto nível, pen-

sando na engenharia biomédica como um todo, e acredito que a academia vai ter papel fundamental nesse processo. A indústria também vai ter que começar a pensar se está apta a dar esse tipo de resposta, porque uma indústria que não tem um corpo técnico capacitado a pensar em tecnologias novas, a desenvolver coisas novas, vai ficar para trás. É preciso um corpo técnico capaz de responder às demandas de forma inovadora. Eu não gosto muito dessa palavra inovação, mas a criatividade junto com a inovação são o que permeiam a pesquisa. Pensar de forma diferente não pode ser papel só da universidade; é papel da indústria também.

QUANDO VOCÊ ASSUMIU A COORDENAÇÃO DO CEB?

Eu comecei em julho de 2017. Na época em que eu estava assumindo, conversei muito com o nosso reitor sobre como era uma loucura assumir num cenário adverso economicamente – ele tendo que fazer uma política de austeridade, e eu, que lidar com falta de orçamento para pesquisa. Meus dois primeiros anos de mandato foram para terminar uma obra que já durava 18 anos. Quando terminei, falei “agora vamos montar os laboratórios, fazer as coisas andarem”. Íamos inaugurar o prédio em março de 2020, mas veio a pandemia e mudou o rumo da história.

SOBRE NEUROENGENHARIA, RESUMIDAMENTE, QUE TIPOS DE CONTRIBUIÇÕES ESSA ÁREA DO CONHECIMENTO PODE OFERECER AOS PROFISSIONAIS DE SAÚDE E AOS PACIENTES?

A neuroengenharia pode apoiar tanto em terapia, para pacientes com doenças neurológicas, como no desenvolvimento de novas terapias e de dispositivos que promovam assistência a pessoas que tenham deficiências ou distúrbios neurológicos. Por exemplo, na doença de Parkinson, temos uma terapia farmacológica que resolve grande parte dos sin-

"Uma das terapias para Parkinson, que tem sido desenvolvida nos últimos 50 anos, é a estimulação cerebral profunda, ou *deep brain stimulation* (DBS), que foi desenvolvida por engenheiros biomédicos"

tomas, mas ela tem um escopo limitado. É a terapia por reposição de dopamina. Quando o uso é contínuo, a pessoa passa a produzir movimentos descoordenados, a chamada discinesia. Do ponto de vista da engenharia, atuamos muito com estimulação elétrica de tecido nervoso, para várias finalidades. A estimulação elétrica vem desde o século XIX, mas só no meio do século conseguimos entender o processo biofísico envolvido nessa estabilidade neuronal. Uma das terapias para Parkinson, que tem sido desenvolvida nos últimos 50 anos, é a estimulação cerebral profunda, ou *deep brain stimulation* (DBS), que foi desenvolvida por engenheiros biomédicos. Por meio do dispositivo, é preciso saber exatamente quais são os núcleos que deseja estimular, quais neurônios, por qual razão etc. Ali, temos o desenvolvimento de uma tecnologia que serve para terapia de reabilitação motora pensando no processo fisiológico de controle motor – tanto por estimulação elétrica quanto por estimulação de receptores sensoriais, que são importantes para o controle do movimento.

Num outro caminho, temos a neuroengenharia desenvolvendo dispositivos de assistência, como o implante coclear. Pessoas com deficiência auditiva têm a possibilidade de

"O exoesqueleto é necessariamente um tipo de órtese que interage com o sistema nervoso para fins terapêuticos, para restauração do movimento e para suplementação de partes perdidas. O benefício da neuroengenharia para o paciente é claro"

desenvolver um estimulador elétrico. Esse é um dispositivo bastante conhecido, com mais de 50 anos de desenvolvimento, que faz a estimulação elétrica do nervo coclear e que sabe exatamente como estimular o nervo para que a audição seja restaurada. Isso é neuroengenharia, que interage com o sistema nervoso.

O QUE FAZ UM ENGENHEIRO BIOMÉDICO ESPECIALIZADO NA ÁREA MOTORA?

Na área motora, que é a que eu mais tenho trabalhado, temos o desenvolvimento de dispositivos protéticos. Órteses que servem para dar apoio e restaurar o movimento de pessoas que perderam um membro ou que possuem um membro que perdeu a função, seja por uma lesão por esforço repetitivo ou uma lesão em que o membro está preservado, mas que teve sua capacidade reduzida. Pode ter sido um problema neurológico, por exemplo, um AVC. Hoje temos a possibilidade de fazer uma restauração por meio de dispositivos ortóticos. O exoesqueleto é necessariamente um tipo de órtese que interage com o sistema ner-

voso para fins terapêuticos, para restauração do movimento e para suplementação de partes perdidas. O benefício da neuroengenharia para o paciente é claro. O foco é sempre a lesão de uma pessoa que teve uma desordem neurológica. Há terapias sendo desenvolvidas para o tratamento de desordens cognitivas, depressão e ansiedade.

QUAL O PAPEL DA NEUROENGENHARIA NA PARTE DE PROCESSAMENTO DE DADOS?

Importantíssimo. Pesquisas nessa área geram um grande volume de dados e, às vezes, é muito difícil interpretá-los, por não ter acesso completo ao sistema. É preciso criar modelos matemáticos e estatísticos para interpretar os dados que saem de experimentos e exames e conseguir tentar desvendar o que está acontecendo no sistema nervoso quando existe uma condição patológica. Estou falando da neuroengenharia pró-paciente, com toda a ciência básica. De forma geral, seria restauração, modulação e substituição de comportamentos que o ser humano consegue desempenhar interagindo com o sistema nervoso.

VOCÊ PODERIA COMENTAR OS BENEFÍCIOS DOS MODELOS MATEMÁTICOS ESPECIFICAMENTE PARA ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA (ELA)?

Esse é um projeto que começamos na Unicamp há mais ou menos uns cinco anos. Já tínhamos muita experiência com o desenvolvimento de modelos matemáticos de neurônios motores, que é o neurônio afetado durante o desenvolvimento ou a progressão da ELA. Existem aspectos genéticos envolvidos, mas o que desencadeia o processo de degeneração do neurônio motor ainda é um mistério. Começamos a estudar a ELA de uma perspectiva não genética. Queríamos simplesmente saber se existem alterações eletrofisiológicas conhecidas em neurônios motores de modelos animais que tentam re-

plicar a ELA e como podemos desenvolver um modelo matemático que implemente os mesmos mecanismos, ou que pelo menos teste a hipótese de que alguns desses mecanismos estão envolvidos na membrana do neurônio. Começamos a implantar essas bases biofísicas para ver o que isso representava do ponto de vista eletrofisiológico.

É uma investigação que conseguimos fazer do ponto de vista matemático, porque ela é sistêmica. Essa foi a primeira fase da pesquisa.

E QUAL É A FASE ATUAL DA PESQUISA?

Agora estamos em outra fase: queremos fazer previsões a respeito do funcionamento neuromuscular, e isso, sim, tem um potencial benefício para os pacientes, porque a ideia não é terapêutica, mas encontrar marcadores biológicos que expliquem as diferentes fases de progressão da doença, já que ela é muito difícil de ser diagnosticada. Quando o paciente procura o médico, ele já apresenta fraqueza muscular, o que é um sinal de grande degeneração dos neurônios motores e de atrofia de fibras musculares, ou seja, já está em um estágio bastante avançado. Essa pesquisa é para tentar encontrar os marcadores das diferentes fases de progressão da doença. Óbvio que o marcador final é quando a pessoa perdeu força, porque degenerou o neurônio motor.

COMO A PANDEMIA AFETOU ESSE TIPO DE PESQUISA E OUTRAS DESENVOLVIDAS PELO CEB?

Não temos nenhum laboratório aberto hoje. Essa é a realidade. Não temos feito nenhum tipo de abordagem experimental porque as pesquisas experimentais que fazemos são com seres humanos. Eu não consigo levar para o laboratório uma pessoa, por mais que ela esteja com máscara, porque ficamos num ambiente fechado com pelo menos três experimentadores mais a pessoa que está sendo avaliada. A minha decisão foi não fazer

experimento enquanto não tivermos segurança de não sermos contaminados nem de contaminar ninguém. O último experimento que fizemos foi no dia 11 de março de 2020. No dia 12, a Unicamp fechou. Os outros laboratórios do CEB também foram afetados, o laboratório de pesquisa cardiovascular e de ultrassom. Algumas pesquisas voltaram presencialmente do meio para o final do ano, mas muito abaixo do nosso potencial. Como tenho a investigação mais teórica, computacional, essa área não parou. Nós deixamos os computadores ligados no laboratório; os alunos estão acessando as máquinas de forma remota, trabalhando de casa.

COMO A ENGENHARIA BIOMÉDICA PODE AJUDAR A ENTENDER OS IMPACTOS DA COVID-19 EM OUTROS ÓRGÃOS ALÉM DO PULMÃO?

Em maio, mais ou menos, começamos a perceber que existiria uma demanda para fazermos pesquisa na área de neurofisiologia, neuroengenharia, associada à covid-19. Começaram a surgir os primeiros relatos de sequelas neurológicas e neuromusculares em pessoas que tinham sido acometidas pela doença. Já tinha uma pesquisadora da neurologia trabalhando com isso na Unicamp, a professora Clarissa Yasuda. Comecei a arquitetar essa rede de pesquisadores e confesso que não conseguimos fazer nada. Tentamos apoio das agências de fomento, mas até hoje estamos aguardando uma resposta do CNPq. Eles nos deram um apoio grande para outra linha de investigação na área de manutenção. O CNPq nos apoiou com dez bolsas de apoio técnico, mas, nessa linha da covid-19, ainda não conseguimos o apoio do CNPq porque precisamos de gente para fazer o dia a dia do laboratório.

Acredito que em breve voltaremos a fazer pesquisa com pacientes neurológicos, mas ainda num cenário de muita incerteza, pois, com qualquer recrudescimento da pandemia, ficamos muito inseguros. ◻



BIOTECNOLOGIA GANHA ESTÍMULOS COM A PANDEMIA

PROJETOS COMO O DO RESPIRADOR DA USP E OUTRAS INICIATIVAS DÃO ESTOFO PARA QUEM ACREDITA EM UM CENÁRIO OTIMISTA DA ENGENHARIA BIOMÉDICA NO BRASIL



► Por Marcus Ribeiro

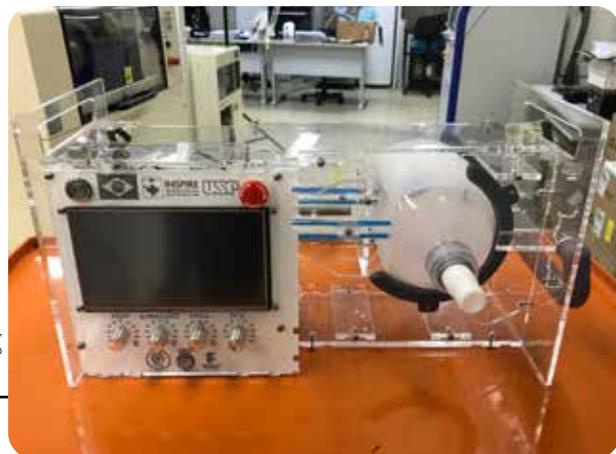
Em 1982, o filme “Blade Runner” é lançado, e mesmo sem alcançar sucesso nas bilheteria, vira um *cult* ao estimular discussões sobre moral, ética, niilismo e bioengenharia em uma Los Angeles futurística - em um 2019 distópico. É certo que ainda não encontramos androides similares aos homens como os previstos pela produção, porém, a necessidade de respostas rápidas à pandemia da covid-19 mostrou que a ciência e, em especial, a bioengenharia são temas de grande importância e relevância para a vida humana.

Graças à bioengenharia já criamos órgãos, tecidos e membros em laboratório com grande precisão, estudamos o funcionamento e o desenvolvimento do corpo humano e desenvolvemos equipamentos de suporte à vida. E, em pouco menos de um ano, foi possível criar vacinas seguras e avançar em tecnologias como os tão necessários respiradores.

É interessante entender que bioengenharia e a engenharia biomédica são práticas distintas – a primeira é o campo de estudo; a segunda é a sua prática. O engenheiro biomédico conserta equipamentos e produz soluções, enquanto o bioengenheiro modela, estuda e faz questionamentos científicos.

“Tivemos uma grande aproximação entre os dois campos com a covid-19, que resultou em desenvolvimentos importantes, como o processo das vacinas, em especial as que usam a técnica RNA, com a bioengenharia presente em todo o ciclo, do desenho das vacinas até o envase, transporte e entrega às pessoas”, aponta Paulo Schor, diretor da Agência de Inovação Tecnológica e Social da Universidade Federal de São Paulo (Agits/Unifesp) e integrante da equipe de Pesquisa para Inovação (PPI-1), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).

Dentro do esforço realizado por conta da covid-19, Schor também enumera casos de desenvolvimento de equipamentos de proteção individual, os EPIs, como máscaras e *face shields*, e modelos de respiradores. Um dos projetos mais importantes do Brasil, dentro do Projeto Inspire, é a criação do ventilador pulmonar emergencial de baixo custo.



Divulgação



Arquivo pessoal

Paulo Schor, diretor da Agência de Inovação Tecnológica e Social da Universidade Federal de São Paulo

Capacidade brasileira

O desenvolvimento do Inspire foi capitaneado por Marcelo Zuffo, membro do Conselho Tecnológico do Sindicato dos Engenheiros do Estado de São Paulo (Seesp), professor-titular da Escola Politécnica da USP (Poli-USP) e coordenador interdisciplinar em tecnologia interativa da USP; e Raúl González Lima, professor-titular da Poli-USP e especialista em engenharia biomédica.

O projeto foi inspirado na falta de respiradores que atingiu a Itália, em março de 2020, no início da crise global, e que possibilitou o envio de 60 unidades em janeiro deste ano para Manaus.

O respirador é fruto de cooperação técnica de diversas faculdades da USP (Poli, Direito, Medicina, Medicina Veterinária, Odontologia e Agência de Inovação), além do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai-SP), do Instituto Federal e da Marinha do Brasil.

Modelo do respirador Inspire que foi enviado para Manaus

Vivência técnica

Tanto Marcelo Zuffo quanto Raul Gonzalez Lima conhecem o desenvolvimento de tecnologias médicas e de bioengenharia. Zuffo, muito conhecido nas esferas de tecnologia da informação, dedicou parte de suas pesquisas a projetos de *software* para visualização de dados avançados para diagnóstico de câncer pediátrico, enquanto Lima é voltado, principalmente, para pesquisas em biomecânica e tomografia de impedância elétrica, tecnologia de imagens médicas que é utilizada com frequência na análise da ventilação pulmonar. O ventilador, aliás, é o primeiro projeto em conjunto dos dois pesquisadores.

Criado de uma forma para ser montado em duas horas e meia, com peças de baixo custo, que podem ser encontradas no mercado nacional, o respirador tem seu código aberto para os envolvidos no projeto.

Tecnicamente, o respirador possui as mesmas funcionalidades dos ventiladores convencionais, o que inclui a possibilidade de regulação de frequência dos ciclos respiratórios e da equalização de oxigênio, porém, devido ao seu caráter emergencial, ele segue em constante evolução. Enquanto os ventiladores, em sua grande maioria importados, custam algo como US\$ 3 mil (mais de R\$ 15 mil), o Inspire pode ser montado por US\$ 200 (R\$ 1 mil).

Já foram entregues 160 respiradores, e o projeto se prepara para produzir de 250 a 300 equipamentos por mês. “Estabelecemos uma meta inicial, lá atrás, de mil respiradores, e temos peças para isso. Montamos um processo produtivo básico nas instalações da Marinha e, se alguém precisa de ventilador,

O próximo passo é adaptar o ventilador à realidade de países de baixa renda, para que ele possa funcionar com baterias de motocicletas e sem a necessidade de ar comprimido

nós cedemos, principalmente onde tem colapso e falta ventiladores, como aconteceu em Manaus. Mesmo ele sendo emergencial, tivemos uma excelente performance e estamos melhorando, aumentando sua robustez. O aprimoramento é constante”, aponta Zuffo.

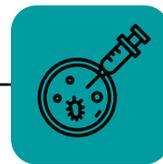
Doações e voluntariado

A origem do financiamento, revela Zuffo, é de doações, em parte com recursos dos governos estadual e federal, mas, sobretudo, de empresas e pessoas físicas – cerca de 1,1 mil nomes estão listados no site do projeto. “Isso mostra a confiança na engenharia brasileira, e muito daqueles que doaram são ex-alunos da própria Politécnica”, assegura.

Além de Manaus, o ventilador está sendo utilizado em hospitais para tratar pacientes de covid-19 em estado crítico. E a meta é alcançar a entrega dos mil ventiladores inicialmente projetados em breve, como uma forma de remediar a falta crônica de equipamentos do gênero em todo o país, em especial pelo (até então) impeditivo do preço.

Mas a estrada não foi fácil, exigindo mais de 12 horas diárias de trabalho, mesmo nos





Divulgação

Joint-venture inusitada

Uma parceria entre uma multinacional e uma empresa local, de olho na oportunidade ou mesmo na ideia de solucionar um problema, não é algo novo. Mas, em alguns casos, surge algo inusitado.

A GreyLogix, empresa de automação industrial e integrante do programa Solution Partner da Siemens, percebeu um desafio nos municípios de Mafra (SC) e Rio Negro (PR), no sul do país, onde está localizada. Caso o número de infectados crescesse exponencialmente, dificilmente as localidades teriam respiradores em número suficiente para atender os infectados pelo novo coronavírus.

A saída era produzir respiradores para serem usados nas instituições de saúde da região. O desafio era enorme, já que o foco de negócios da GreyLogix não é o setor de saúde, e sim a indústria de alimentos, bebidas, papel e celulose, química, entre outros.

Para garantir que o equipamento produzido seguisse os requisitos médicos necessários, o time da empresa trabalhou em conjunto com médicos, enfermeiros e fisioterapeutas da prefeitura de Mafra e de cidades vizinhas e validou os resultados com a equipe médica e a engenharia clínica do Hospital SOS Córdio, em Florianópolis (SC). O projeto contou também com apoio do Senai e da empresa SC Hospitalar, em São José (SC), para realizar aferições no equipamento.

Como resultado, no tempo recorde de três semanas, os equipamentos foram criados e contaram com soluções Siemens, com destaque para os controladores e IHMs, da linha Simatic, e as fontes de alimentação, da linha Sitop.

“O projeto da GreyLogix surgiu no horizonte, no momento em que a própria Siemens prospectava iniciativas voltadas para a crise do novo coronavírus, com as quais pudesse contribuir”, comenta o executivo da área de factory automation da Siemens, Daniel Guimarães.

finais de semana, e dedicação da equipe envolvida. “Eu e o Raul enviamos um e-mail para os funcionários perguntando se alguém estaria interessado em ajudar. Em pouco tempo, conseguimos 40 voluntários. A equipe multidisciplinar foi crescendo e chegou a 250 voluntários, de alunos a ex-alunos, passando por funcionários e professores aposentados”, garante Zuffo.

Para se ter uma ideia da diferença que a tecnologia propicia, a mortalidade em uma UTI tradicional é de 60%, enquanto naquelas equipadas com os ventiladores – seja o Inspire ou outros – essa taxa cai pela metade. O próximo passo é adaptar o ventilador à realidade de países de baixa renda, para que ele possa funcionar com baterias de motocicletas e sem a necessidade de ar comprimido.

Detecção na mira

Mesmo que ainda existam incertezas quanto à carga viral da covid-19 que o ar carrega, diversas pesquisas estão buscando entender o funcionamento de propagação do vírus. O Laboratório de Bioengenharia do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), o Instituto de Estudos Avançados (IEAv) e o A. C. Camargo Câncer Center desenvolveram um projeto conjunto para entender a distribuição viral e criar estratégias de detecção de microrganismos para o mapeamento epidemiológico do coronavírus.

Entre as ações desenvolvidas, o Laboratório de Bioengenharia do ITA (LabBio) e seus parceiros criaram protótipos de equipamentos para monitorar o ar em alguns pontos das cidades de São Paulo e São José dos Campos.

O equipamento realizará coletas de amostra do ar atmosférico em um filtro, que será levado ao Laboratório de Genômica Médica do A. C. Camargo para ser analisado pelo teste de PCR em tempo real, o mesmo que detecta o RNA do Sars-CoV-2 em pacientes contaminados, e também fará análises de genoma completo, com o intuito de localizar a presença de vírus e de bactérias, principalmente o coronavírus.

O protótipo é baseado em um equipamento existente no IEAv, desenvolvido para identificar poeira radioativa.

O LabBio, do ITA, tem por missão buscar soluções para os problemas na área da medi-

cina operacional (militar) e de saúde assistencial, valendo-se de sua experiência no campo da pesquisa e tecnologia. "Temos um grupo multidisciplinar, coeso, qualificado e comprometido em buscar respostas às demandas na

Apostas estrangeiras

As companhias estrangeiras presentes no Brasil também apostam em soluções de engenharia para combater a pandemia. A Philips, por exemplo, traz uma série de ventiladores, entre eles o Trilogy EV300, que oferece um desempenho aprimorado em ventilação não invasiva (VNI) e ventilação invasiva (VI), para que os pacientes possam ser tratados com um único dispositivo ao longo de sua internação, independentemente das mudanças de seu quadro clínico. De acordo com a fabricante, ele economiza tempo e esforços quando há necessidade de transição ou mudança no quadro dos pacientes.

Outro equipamento destacado é o IQon Spectral CT, um tomógrafo que fornece resultados convencionais e espectrais para cada exame, identificando, assim, possíveis danos ao pulmão por meio dos resultados espectrais, além de promover informações adicionais para um melhor diagnóstico de pacientes com covid-19.



Trilogy EV300 da Philips



Respirador instalado no hospital Oswaldo Cruz com a válvula fabricada pela Siemens

Outra iniciativa da Siemens foi realizada com o Hospital Alemão Oswaldo Cruz, em São Paulo. A empresa identificou um projeto no hospital que tinha como objetivo desenvolver uma válvula em impressão 3D, que permitiria utilizar, de maneira segura, respiradores não invasivos, evitando riscos de contágio da equipe médica durante o tratamento e permitindo também que pacientes contaminados e casos suspeitos pudessem conviver no mesmo ambiente.

Contando com apoio interno da Siemens Digital Industries Software e do Instituto Biofabris/Unicamp, o processo para elaboração da peça levou menos de 15 dias e agora segue para o regime de produção em escala.

Em seu levantamento, o Hospital Alemão Oswaldo Cruz informou que utilizou o sistema em 29 pacientes, com excelentes resultados.

área da saúde. Além do projeto do amostrador de ar, o laboratório ainda produziu mais de mil protetores faciais (*face shields*) com tecnologia de corte a laser”, completa a bióloga Priscila Correia Fernandes, coordenadora do projeto.

Outro projeto interessante é o desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), ao utilizar o telefone celular para monitorar e ter um diagnóstico preciso e rápido de detecção da covid-19.

Com uma equipe com caráter multidisciplinar, a proposta tem participação do Instituto de Ciências Biológicas, da Escola de Engenharia e da Escola de Veterinária da UFMG, entre outros departamentos.

O trabalho consiste em viabilizar um sistema que permita gerar testes rápidos, baseados no reconhecimento imunológico de anticorpos. O estudo propõe três pontos inovadores: o desenvolvimento de anticorpos sintéticos por bioengenharia, o uso de técnicas simultâneas para detecção da doença e a integração do diagnóstico em *smartphones*, garantindo portabilidade e monitoramento em tempo real.

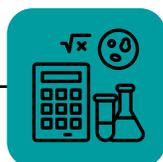
“O desafio imposto pela pandemia permitiu reunir esforços e competências para impulsionar avanços na ciência e tecnologia em busca de soluções. A ideia surgiu da necessidade de testagem em massa das populações, em todos os países, segundo recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS), como modo de obter dados precisos sobre cada estágio da pandemia”, aponta Rodrigo Oréfica, da Escola de Engenharia da UFMG e representante do projeto, que revela que a indisponibilidade de testes tem dificultado o projeto.

Outro projeto interessante é o desenvolvido pela UFMG, ao utilizar o telefone celular para monitorar e ter um diagnóstico preciso e rápido de detecção da covid-19

Casa anti-covid-19

A velocidade de transmissão do vírus foi acompanhada por uma evolução na pesquisa e adequação de equipamentos e materiais à nova realidade. Um exemplo é a possibilidade de criação da chamada casa anti-covid-19. “A presença de micropartículas de prata em sua superfície é capaz de inativar microrganismos em questão de segundos, por exemplo. Logo em seu início [da pandemia] descobriu-se a eficácia da aplicação dessa nanotecnologia nos tecidos, evitando a contaminação por bactérias, fungos e vírus, como o Sars-Cov-2”, relembra Daniel Minozzi, químico, mestre em ciências de materiais pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), fundador e diretor da Nanox, empresa especializada em nanotecnologia.

Autor de um artigo do qual fala da possibilidade de montagem de uma casa totalmente à prova de covid-19, ele projeta outras utilizações de nanotecnologia utilizando plástico PVC e filmes de polietileno. “Além de proteger o celular, controle-remoto e maquininhas de cartões, o material ainda pode ser aplicado





Fotos: divulgação

Tecidos, corações e olhos artificiais

Um médico jovem ficou estarecido quando soube da interminável fila de transplante de órgãos e resolveu criar uma *startup* que desenvolve diferentes materiais para a criação de órgãos e tecidos artificiais em laboratório. Essa história poderia ser pitoresca apenas, mas chamou a atenção até mesmo da MIT Technology Review, que na edição "Innovators Under 35", em sua edição latina, elegeu o criador da jovem empresa entre seus destaques.

Ele é Gabriel Liguori, médico e pesquisador do Instituto do Coração (Incor), do Hospital das Clínicas, da Faculdade de Medicina da USP, com apenas 31 anos. A empresa é a TissueLabs, nascida em 2019. Ao lado de Gabriel está Emerson Moretto, engenheiro e pesquisador da Poli-USP e uma equipe com 13 integrantes.

Incubada na USP/Ipen – Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia (Cietec) – e instalada no campus do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), a TissueLabs atende pesquisadores e empresas do Brasil e dos Estados Unidos, México, Portugal e Suíça e exibe o primeiro aporte de capital, de R\$ 1,5 milhão.

Entre as possibilidades e projeções, a empresa prepara a criação do primeiro coração bioartificial do mundo, feito a partir de impressão 3D de tecidos humanos. O hidrogel que vai misturar as células-tronco do paciente já está desenvolvido. O método, que pode ser reproduzido para outros órgãos como o fígado, utiliza, ainda, órgãos de suínos.



Com apenas 31 anos, Gabriel Liguori criou a TissueLabs, que prepara o primeiro coração bioartificial do mundo





Divulgação

Válvula da Siemens isolada

em corrimãos, maçanetas, barras de segurança e proteção dos alimentos, tanto dentro de casa como nas gôndolas dos supermercados”, explica.

Para ele, isso faz com que estejamos muito perto da engenharia de construção da casa “*covid free*”. Por meio de produtos de madeira, laminados, MDF e louças sanitárias, bem como tintas, vernizes e diversos materiais com micropartículas de prata em sua composição. “Ou seja, já temos proteção anti-covid no chão. Daqui a bem pouco tempo, teremos nas paredes e para os acabamentos de forma geral. E mais: já existem tapetes e carpetes com ação anti-covid permanente, com a aplicação da nanotecnologia dentro de suas fibras”, argumenta Minozzi.

Cenário promissor?

Projetos como o do respirador da USP e outras iniciativas dão estofa para quem acredita em um cenário otimista da engenharia biomédica no Brasil. “O horizonte da prática é promissor e, mesmo sem a pandemia, já seria interessante. Mas, claro, a bioengenharia passa por adaptações, e a covid colocou luz na necessidade de determinadas soluções”, acredita Vagner Rogério dos Santos, coordenador e pesquisador nas áreas de design e tecnologias assistiva, sistemas de precisão para cirurgias e novos diagnósticos em oftalmologia e ergonomia visual da Unifesp, que trabalha em parcerias com escolas de engenharia, como a Poli.

Mesmo otimista, ele faz uma ressalva importante: “A bioengenharia se consolidou

como ciência, mas agora vimos que temos uma dependência tecnológica e de suprimentos com a China; somos dependentes deles. Acredito que é preciso investir em insumos locais pelo fato de a saúde ser um fator de segurança social”.

Ele e sua equipe, por exemplo, trabalham na produção de um filtro para respiradores com tecnologia local, porém, dependem de insumos de fora do país para tirar o projeto da prancheta. “Temos excelentes pesquisas em curso, mas precisamos de maior aproximação com a indústria local para que essas iniciativas do meio acadêmico se desenvolvam economicamente”, alerta Santos.

Em uma de suas linhas de pesquisa, a de tecnologia assistiva, a bioengenharia passa pelo *design*, forma e função de equipamentos para que eles se tornem acessíveis a todas as pessoas, em especial as com deficiência. Nela, o pesquisador trata de temas como ergonomia, conforto e cognição, outra forma de pensar a prática, talvez mais “*pé no chão*”.

“A ficção científica que mostra um olho biônico, por exemplo, é até positiva por divulgar a bioengenharia, mas, claro, deve ser vista como um exercício de futurologia. A sociedade precisa entender mais o nosso potencial. A ciência e a tecnologia provaram ser essenciais em um momento como o que estamos passando”, completa. Se ainda estamos longe da distopia (ou utopia) dos “*replicantes*” de *Blade Runner*, a bioengenharia está no holofote dos investimentos de instituições de pesquisa, governos, empresas e órgãos multilaterais para fazer frente à crise da covid-19. □

Lisboa, exemplo de contribuição da engenharia no combate da pandemia na mobilidade urbana

Empresa de transporte público de passageiros da cidade de Lisboa, ligada à Câmara Municipal local, a Companhia Carris de Ferro de Lisboa é um exemplo de engenharia e de resposta ao novo normal resultante da covid-19, trazendo soluções que podem e devem servir de exemplo para o Brasil agora e, especialmente, no pós-pandemia, além de fazer de Lisboa um centro de boas práticas de engenharia no quesito mobilidade urbana.

Signatária do “Compromisso Lisboa Capital Verde Europeia 2020 Ação Climática Lisboa 2030” – rumo à total descarbonização, que acontecerá em 2040, quando sua frota será 100% elétrica –, a Carris também sofreu com o *lockdown* e as restrições impostas à circulação de pessoas em Portugal desde março de 2020. “Os 18 municípios da área metropolitana de Lisboa [que fazem parte da malha atendida pela empresa] e as autoridades criaram protocolos para garantir a melhor proteção aos passageiros e motoristas; tivemos que nos adaptar”, garante Tiago Farias, presidente do Conselho de Administração da Carris.

No total, a Carris atende de forma direta os 2,9 milhões de habitantes da área metropolitana de Lisboa e

os turistas internos e externos do país. Por ano, os 700 ônibus, 62 veículos leves sobre trilhos (VLTs) e quatro elevadores (um vertical e três pequenos bondes) sob sua administração trafegam por 34 milhões de quilômetros, e toda essa frota precisou se adaptar às regras determinadas pelo governo e as autoridades, como a limitação do número de passageiros em 2/3 da capacidade e a proteção dos motoristas.

Em abril de 2020, a entrada nos veículos foi deslocada para a parte traseira e a validação do bilhete deixou de ser obrigatória, pois era feita muito próxima dos motoristas. Todos os condutores, aliás, ganharam uma cápsula de proteção em acrílico ou em telas plásticas. “Buscamos um parceiro de engenharia que pudesse nos ajudar a projetar essas proteções, e precisamos agir com rapidez para não afetar a cobertura da malha”, relembra Farias. A partir de maio, a entrada pela porta da frente e a validação dos bilhetes foram retomadas.

Como complemento, os ônibus e os VLTs ganharam um reforço e maior frequência na limpeza, para garantir a segurança das pessoas. “Reduzimos a oferta de veículos em abril de 2020, mas em maio come-

çamos a repor. Em determinado momento do ano, tínhamos uma oferta superior à de 2019. Com isso, garantimos o distanciamento”, explica.

Inovação e tecnologia

As atualizações nos protocolos foram constantes e evoluíram de acordo com a maior compreensão da pandemia. “Foi um grande desafio para todos nós, em termos de engenharia – para manter e aumentar a oferta – e de comunicação com os colaboradores e os nossos usuários. No início, em março de 2020, por exemplo, não se sabia que a máscara deveria ser obrigatória”, aponta.

No entanto, a pandemia não deve refrear a modernização e os projetos de engenharia da Carris, nem a sua evolução para que a frota seja totalmente elétrica e trabalhe em conjunto com outros operadores de transporte de forma integrada e complementar.

“O plano era servir melhor aos clientes com maior uso de tecnologia, inovação e ampliação da oferta de transporte e, ao mesmo tempo, iniciamos o processo de renovação da frota com uso de gás natural e de elétricos. O que nos desafiou no nível da engenharia ao precisar de estruturas de carregamento, manu-

tenção e adaptação dos serviços ligados aos veículos”, argumenta Farias. Toda a frota agora disponibiliza *wi-fi*, e um aplicativo foi desenvolvido para melhorar o atendimento do público.

Outro passo importante foi dado em abril de 2019 com a entrada em operação do Programa de Apoio a Redução Tarifária (Part), que concretizou a integração da Carris com outras empresas de transporte público, sejam outras operadoras de ônibus ou ainda trem, metrô e *ferry boats*. “O objetivo era tornar todo o ecossistema mais atraente e acessível em termos de produto”, explica.

Interoperabilidade

O ponto principal do Part é o seu sistema de bilhetagem, interoperável e intermodal, totalmente integrado. Para se ter uma ideia, antes dele, havia mais de mil tarifas mensais com integrações entre as empresas e os preços bem caros em diversas opções. Com o cartão Navegantes, o usuário comum pode pagar uma tarifa mensal única de 40 euros, além de outras tarifas sociais, com desconto para estudantes e famílias.

“De 2017 a 2019, a Carris, assim como o transporte público da região metropolitana de Lisboa, passou por uma grande transformação. Tivemos grandes desafios, entre eles o carregamento do cartão. Porém, conseguimos disponibilizar isso por meio dos caixas eletrônicos dos bancos, um avanço tecnológico que nos permitiu aumentar o número de passageiros atendidos, assim



Fotos: divulgação

Tiago Farias, presidente do conselho de administração da Carris

como a malha disponível”, completa Farias, ao falar do principal obstáculo de engenharia enfrentado.

Mas e o futuro, como a Carris está projetando o pós-pandemia? “Temos alguns aspectos a enfrentar: o primeiro é a recuperação da confiança das pessoas nos transportes públicos. O outro é a abertura da economia. Também temos que nos atentar para a volta do turismo, porque é uma peça-chave de como nosso ecossistema de transportes funciona, e ainda como o “novo normal” trará mudanças, como o do trabalho em *home office*. Será que as pessoas vão se deslocar como antes ou em menor volume?”

Farias tem uma certeza: a de que a engenharia é e será importante para adaptar o ecossistema de transportes para trabalhar com o novo cenário que vai surgir. “Ainda temos um longo caminho para traçar, mas acredito muito no conceito de *Mobility as a Service* (MaaS). A Carris está mirando essa meta, ainda mais agora com a nova autoridade de transportes, a Transportes Metropolitanas de Lisboa (TML), criada em fevereiro deste ano.”



OS GUARDIÕES DO BOM FUNCIONAMENTO HOSPITALAR

ENGENHEIROS CLÍNICOS PREZAM PELA GESTÃO, CALIBRAÇÃO E MANUTENÇÃO DE TODOS OS EQUIPAMENTOS E SISTEMAS QUE ESTÃO EM CONTATO DIRETO COM OS PACIENTES

► Por Marília Marasciulo

Na história da medicina, o conhecimento científico sempre andou lado a lado com o desenvolvimento tecnológico. Mas até pouco menos de um século, não havia uma área de estudo específica voltada para o entendimento completo do funcionamento de equipamentos usados por profissionais da saúde. No Brasil, foi só a partir dos anos 1970 que hospitais, clínicas e centros de saúde passaram a contar com especialistas no assunto: os engenheiros clínicos.

“Tudo o que se fala de equipamentos dentro de um hospital, a gestão de todo o sistema, incluindo a proteção do paciente e do operador dos equipamentos, envolve a engenharia clínica”, explica o professor da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) Saide Jorge Calil, do Centro de Engenharia Biomédica. Um dos maiores especialistas em engenharia clínica do país, Calil reforça que a área vai muito além do simples conserto de equipamentos e envolve a gestão completa do sistema médico-hospitalar. Ou seja, qualquer apa-

A evolução dos equipamentos médicos

Da lupa à inteligência artificial, a medicina evoluiu – e continua evoluindo – muito. Veja algumas das invenções de equipamentos mais marcantes.

1250 – Lupa



Jan Verhas

O britânico Roger Bacon, também conhecido como “Doctor Mirabilis”, foi o primeiro a construir uma lupa para ser usada em procedimentos científicos. A partir de 1280, as lentes foram melhoradas e, desde então, permanecem cruciais em cirurgias.



David Martin

1752 – Cateter flexível

Além de liderar a Revolução Americana e fazer experiências com a eletricidade, Benjamin Franklin inventou um cateter flexível, feito de segmentos de metal com dobradiças, para tratar o irmão, que sofria de pedra na bexiga.

relho ou sistema que entre em contato direto com o paciente – como sistemas de renovação do ar e gases medicinais – deveria passar pelo crivo de um engenheiro clínico, da aquisição à calibração e manutenção.

O engenheiro Carlos Marczyk, diretor do setor de engenharia clínica do Hospital Moínhos de Vento (HMV), em Porto Alegre, dá alguns exemplos: um hospital com 500 leitos, como é o caso do HMV, tem uma conta de energia elétrica na casa de R\$ 1,5 milhão. “Só gerir essa conta já torna necessário alguém dedicado a isso, e não estamos nem falando na garantia de continuidade do abastecimento elétrico, porque ele não pode falhar”, diz.

Na hora de adquirir equipamentos, o aconselhamento também é crucial. “É como comprar um carro, existe o custo do bem e o de vida útil, e o engenheiro clínico conhece tudo do ponto de vista técnico”, explica. Não custa lembrar que um hospital pode ter mais de 200 equipamentos diferentes e que um único leito de terapia intensiva pode ter cerca de 20 aparelhos acoplados a ele. “Nós temos equipamentos que custam de US\$ 10 mil a US\$ 1,5 milhão, e a engenharia clínica é que dá o suporte orientando o que um hospital precisa para o que quer fazer e acompanhando todo ciclo de vida útil do equipamento.”

Os potenciais de uma engenharia clínica bem feita são muitos, especialmente na era da informação e inteligência artificial. O con-

ceito de interoperabilidade – a possibilidade de equipamentos “conversarem” entre si – vem sendo cada vez mais estudado por especialistas. Ainda que traga desafios na gestão e segurança de dados, a interoperabilidade possibilitaria a integração das informações de saúde para gerar diagnósticos muito mais precisos.

“Não estamos tão ‘House’ [série de TV sobre médico que atua quase como um Sherlock Holmes da medicina] assim com os avanços, mas já vemos evoluções”, opina Marczyk. Ele explica, por exemplo, que alguns hospitais já possuem sistemas de prescrição informatizados e acredita que um dia será possível integrar todos os equipamentos e resultados de exames em um único sistema de prontuários, gerando dados preditivos sobre a saúde. “Se tudo for interligado, vai chegar um momento que os próprios equipamentos vão poder avisar o que vai acontecer com o paciente, possibilitando atitudes preventivas. É tudo muito incipiente, mas é uma tendência”, diz.

Busca por excelência

Embora já bastante consolidado mundo afora, no Brasil o setor é bastante heterogêneo. “A área cresceu muito desde quando me formei, hoje já temos vários engenheiros em pontos estratégicos e com representações seja em equipes dos próprios hospitais ou empresas terceirizadas”, diz o vice-presidenten-

1815 – Estetoscópio



Cesar Papini

Um dos maiores marcos na evolução dos equipamentos médicos foi a criação do estetoscópio. Para examinar uma mulher obesa cujo coração não conseguia ouvir encostando a orelha no peito dela, o médico francês René Laënnec desenvolveu a peça, uma espécie de tubo de madeira com formato de trompete.

1895 – Raios X



Wikipedia

O físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen descobriu os raios X por acaso, enquanto trabalhava com raios catódicos. Em dezembro de 1895, ele fez a primeira radiografia da história, da mão esquerda de sua esposa.

te da Associação Brasileira de Engenharia Clínica, Ricardo Maranhão. Com mais de 25 anos de profissão, Maranhão fundou a Orbis, primeira empresa de engenharia clínica a receber o selo da Organização Nacional de Acreditação (ONA), que atende mais de 85 clínicas e hospitais em nove estados do Brasil.

Mas essa não é a realidade em todo o país: ainda existem hospitais que funcionam sem engenheiros clínicos ou que restringem a atuação dos profissionais ao reparo de equipamentos. "Nós temos grupos no Brasil que fazem engenharia clínica com padrão internacional e outros muito nos primórdios", diz o engenheiro clínico José Alberto Ferreira Filho, professor da Universidade Federal de Itajubá (Unifei).

"É uma profissão que não é nem regulamentada ainda, não existe uma graduação e é considerada por muitos uma área da en-



Cristiano Borges

Engenheiros da Orbis calibrando os equipamentos

1947 – Desfibrilador

O equipamento eletrônico que aplica correntes elétricas para reverter quadros de batimentos cardíacos irregulares (ou perda deles) foi criado pelo americano Claude Beck. O cirurgião cardiovascular o usou pela primeira vez em um garoto de 14 anos durante uma cirurgia cardíaca, trazendo-o de volta à vida.



Community Heartbeat

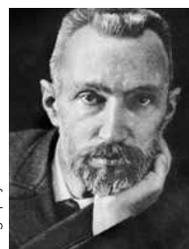
1903 – Eletrocardiógrafo



Stock Photo

Poucos anos depois, a invenção da máquina que mede a atividade elétrica do coração marcou de vez o início de uma nova era da medicina. O responsável pela criação foi o fisiologista holandês Willem Einthoven, pela qual ganhou o Nobel em 1924.

1958 – Ultrassom fetal



biography.com

Embora muitos considerem que o exame tenha sido concebido com a descoberta da piezoelectricidade (efeito resultante da aplicação de pressão na superfície de certos cristais que são capazes de gerar um potencial elétrico entre superfícies opostas, produzindo som numa frequência superior a 20 KHz) pelo físico francês Pierre Curie, em 1877, o médico americano Edward Hon foi o primeiro a reportar ter usado um monitor com doppler para detectar os batimentos cardíacos de um feto.

2010 – Médico-robô



LightFieldStudios

Criado pela IBM, o supercomputador Watson vem sendo treinado para fazer diagnósticos altamente precisos – caso a probabilidade de acerto seja menor que 50%, ele nem se arrisca a responder. Até que fique pronto, porém, o processo ainda deve levar alguns anos, mas dá bons indícios sobre o que podemos esperar da medicina do futuro

1978 – Ressonância magnética



By alexstand

O exame que não usa raios X, e sim campos magnéticos, ondas de rádio e gradiente de campo para gerar imagens dos órgãos do corpo foi patenteado pelo médico americano Raymond V. Damadian.

gerar e a importância de ter profissionais olhando para isso.”

Desde o ano passado, porém, a pandemia da covid-19 tem contribuído para reforçar a importância da área. Houve respostas pontuais como a da Orbis, que, diante da falta de ventiladores mecânicos no mercado, recuperou 130 aparelhos e os devolveu ao Sistema Único de Saúde (SUS), em Goiás. De um modo geral, por trás da reestruturação de hospitais para criação de ambientes de pressão negativa (que diminuem o risco de dispersão de partículas contagiosas no ar), circuitos de filtro do ar e adaptação de leitos de UTI estavam os engenheiros clínicos.

“A engenharia clínica teve protagonismo porque os primeiros problemas foram resolvidos por ela. Ela pode dar uma resposta à altura da pandemia”, diz o professor da Unifei. “Tudo estava no radar, apesar da demanda gigante e da falta de infraestrutura.” O professor Calil completa: “de repente, o engenheiro clínico apareceu e passou a ser considerado membro do grupo de saúde do hospital”.

O maior desafio, concordam os especialistas, é seguir fortalecendo a área e fazer com que alcance todos os hospitais e centros de saúde do país, mesmo depois da pandemia. Afinal, como destaca o engenheiro do HMV: “não adianta falar na excelência de algumas coisas quando a gente peca no elementar. Não existe hospital de excelência, com médicos de excelência e administração de excelência, sem uma engenharia de excelência”. □

1971 – Tomografia computadorizada

A máquina que processa em computador as informações recolhidas da exposição do corpo a uma sucessão de raios X foi construída pelo físico sul-africano Allan MacLeod Cormack e o engenheiro britânico Sir Godfrey Newbold Hounsfield



Getty Images

genharia biomédica”, completa a engenheira biomédica Mariana Ribeiro Brandão, especialista em engenharia clínica e pesquisadora do Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina (IEB-UFSC). “Falta muito reconhecimento do que é a área, precisamos mostrar o impacto que ela pode



Prefeitura de São Paulo

HOSPITAIS DE ALTA COMPLEXIDADE EM MENOS DE UM MÊS

NA PANDEMIA, REDES HOSPITALARES E EMPRESAS DE ENGENHARIA CONSTRUÍRAM UNIDADES DE CAMPANHA EM TEMPOS RECORDE

► Por Marília Marasciulo

Dezenove dias. Esse foi o período necessário para construir do zero um hospital de campanha de alta complexidade em um terreno público no Leblon, no Rio de Janeiro, para atender pacientes com covid-19. Com 200 leitos, o Hospital de Campanha Lagoa-Barra tinha equipamentos de diagnóstico e suporte, como um tomógrafo e máquinas de hemodiálise. No total, foram investidos R\$ 60 milhões da iniciativa privada na construção, dos quais R\$ 40 milhões foram arcados pela Rede D'Or, que liderou o projeto.

“Não teve mágica. Reunimos uma equipe multidisciplinar com arquitetos, engenheiros, médicos e diretores de hospitais para desenhar do zero os hospitais”, conta o diretor-executivo da Rede D'Or, Marcelo Pina, responsável pelos hospitais da capital fluminense. Essa foi a primeira vez que a rede, uma das maiores do país, construiu hospitais de campanha.

A experiência carioca se repetiu Brasil afora: em tempo recorde, foram levantados hospitais de campanha para o atendimento das vítimas da covid-19. Em São Paulo, a Progen

ergueu em 17 dias uma estrutura com 6.300 m² e 200 leitos no estádio do Pacaembu; poucos dias depois da abertura da unidade, inaugurou outra estrutura, com 1.800 leitos, no Anhembi. A empresa de engenharia também montou hospitais em outras cidades brasileiras, entre elas Belém (420 leitos) e Águas Lindas (200 leitos).

“O protocolo seguido no início da pandemia era mandar os pacientes para casa e recomendar que voltassem, se necessário. Mas logo percebemos que, quando voltavam, o caso estava mais grave”, diz o secretário municipal da Saúde de São Paulo, Edson Aparecido dos Santos. “Vimos, então, a necessidade de ter estruturas para internar casos leves e moderados. Por isso, montamos os hospitais. Os dois mil profissionais de saúde que trabalharam neles salvaram cerca de 12 mil vidas, até abriremos hospitais definitivos e desativarmos os de campanha.”

Em entrevista ao Valor no início da pandemia, Eduardo Barella, presidente da Progen Participações e Investimentos e do Consórcio Allegra Pacaembu, ressalta que um hospital de campanha não é algo simples. “Requer instalações bem montadas para evitar a proliferação do vírus, como sistema de exaustão adequado, área de tratamento e descarte de roupas e materiais usados, central para gases hospitalares, ar comprimido e oxigênio, além de infraestrutura elétrica eficiente, pois, a depender do grau de complexidade do paciente, são necessários respiradores e outros equipamentos”.

A Progen, segundo o empresário, para executar todas as obras em curto espaço de tempo, montou uma equipe de 80 profissionais que ficam distribuídos entre as obras fazendo o gerenciamento. “Estamos atuando num modelo similar ao de uma guerra.”

No caso dos hospitais no Rio de Janeiro, porém, os terrenos não contavam com os sistemas hidráulicos e elétricos já prontos de um estádio ou centro de convenções. “São



Fotos: Prefeitura de São Paulo



Imagens do hospital de campanha do Pacaembu em São Paulo

Paulo já era uma referência, mas levamos um banho de água fria porque os hospitais de lá tinham um entorno distinto”, explica Pina. A solução encontrada foi começar com um estudo de massa para identificar os pontos principais que seriam mais importantes na construção: a renovação constante do ar para reduzir o risco de infecção e os equipamentos médicos necessários. “A construção do barracão começou enquanto ainda discutíamos o miolo e outras questões, assim que

identificamos os equipamentos, mesmo sem saber ainda onde eles seriam colocados”, explica. Havia também um grupo pronto para começar a trabalhar na parte elétrica e, principalmente, na exaustão.

O resultado foi um projeto pensado para funcionar quase como uma grande área de isolamento hospitalar. Em uma lona central, foi montada toda a parte assistencial e de suporte ao grupo de profissionais que trabalharia nela – como refeitório e área de descanso. Com re-

HM Camp Pacaembu em números

LEITOS: 200 divididos em alas femininas e masculinas

SALA DE ESTABILIZAÇÃO: 10 leitos com recursos necessários para o tratamento de pacientes mais graves

SALA DE ACOLHIMENTO DOS FAMILIARES: área reservada para informação aos familiares, com salas individuais para conversas

NÚMERO DE ENFERMIARIAS: são 10 enfermarias, cada uma com 20 leitos

FARMÁCIA: uma farmácia central e um posto satélite para cada bloco de duas enfermarias

OXIGÊNIO: todos os leitos receberam oxigênio através de uma rede de distribuição

DIAGNÓSTICO POR IMAGEM: raio X móvel, eletrocardiógrafo, ultrassom, tomografia computadorizada

BANHEIROS: 30 banheiros completos com chuveiros

REFEITÓRIO: capacidade para servir 350 refeições por período (café, almoço, jantar e ceia) para os profissionais da saúde

ESTACIONAMENTO: em frente à Praça Charles Miller, exclusivo para os profissionais da saúde

AMBULÂNCIAS: entrada das ambulâncias pelo portão 23 do Complexo Pacaembu





Montagem do hospital Lagoa-Barra, no Rio de Janeiro

“Nada disso teria sido possível sem um grupo multidisciplinar que trabalhou 24 horas por dia, por quatro dias, só na elaboração do projeto”, diz Pina

novação constante do ar, foi idealizado para que, uma vez lá dentro, profissionais e pacientes não precisassem ir e vir de outros locais.

Conectada a esse espaço, mas com outro nível de troca de ar, havia uma tenda com vestiário e insumos de suporte. E, em volta, outras três tendas que não tinham conexão com a central: uma para armazenagem de insumos e comida; outra para atendimento aos familiares; e uma para o morgue, que contava também com uma área separada para o acolhimento dos familiares das vítimas. Após a construção da unidade, a Rede D’Or usou a expertise adquirida no projeto para levantar outro hospital de campanha, no Parque dos Atletas, na Barra da Tijuca.

“Estamos acostumados a fazer hospitais de tijolo, então tivemos a preocupação de fazer tudo bem-feito e respeitando o fluxo de segurança”, diz Pina. “Nada disso teria sido possível sem um grupo multidisciplinar que trabalhou 24 horas por dia, por quatro dias, só na elaboração do projeto.” Nos três meses de funcionamento, o Lagoa-Barra atendeu 740 pacientes do Sistema Único de Saúde (SUS), dos quais 570 receberam alta. ◻

ENGENHARIA, TECNOLOGIA E MEDICINA: O FUTURO ESTÁ ENTRE NÓS!

► Por Oscar Eduardo Fugita*

Nas últimas décadas, as tecnologias digitais remodelaram o cuidado à saúde e se mantêm em constante transformação. Termos como cirurgia robótica, inteligência artificial, realidades aumentada e virtual, dispositivos vestíveis com sensores de sinais vitais de saúde, nanotecnologia, telemedicina, impressoras 3D para produção de órgãos, tecidos e próteses, se tornaram familiares, mesmo para o público leigo. Como consequência, pacientes passam menos tempo dentro de hospitais, mas podem ter seus sinais vitais monitorados, serem avaliados remotamente por um médico, terem os dados armazenados em prontuários acessíveis por diferentes serviços de saúde e exames laudados por máquinas com precisão semelhante ou maior que a de humanos.

As cirurgias robóticas talvez sejam o lado mais visível desta revolução, por já serem realizadas e terem forte apelo sobre a sociedade. A consultoria Accenture estima um investimento de cerca de US\$ 40 bilhões em

2026 em plataformas robóticas para cirurgia. Estas permitem procedimentos mais precisos e menos invasivos que as cirurgias tradicionais, com diminuição dos custos relacionados a internação hospitalar e complicações pós-operatórias. Entre 2003 e 2012, houve um aumento de 13.6% para 72.6% nas cirurgias assistidas por robô para o tratamento do Câncer de Próstata nos Estados Unidos.

A recente pandemia de covid-19 acelerou investimentos e o acesso, por exemplo, à telemedicina e ao aprendizado de máquina para laudo de exames de imagem auxiliares no diagnóstico da doença. O momento atual, de renovado interesse e atenção em novas tecnologias voltadas para a saúde, é uma oportunidade de investimento em parcerias entre a academia, o governo e a iniciativa privada e entre profissionais da área de saúde e da engenharia e tecnologia. Utilização de realidade aumentada, a partir de exames de imagem em 3-D, durante procedimentos cirúrgicos; impressão de órgãos (com tumores,



por exemplo) como modelos para treinamento prévio, individualizados para cada paciente específico, aumentando a segurança da cirurgia; monitoramento remoto de múltiplos sinais vitais de pacientes, com controle para alterações que demandem atenção de profissional de saúde são apenas algumas áreas com potencial de desenvolvimento tecnológico em nosso país.

O Brasil é internacionalmente reconhecido pela excelência nas áreas de medicina e de engenharia. Parceria e trabalho conjunto para identificação das necessidades e possibilidades de pesquisa e inovação de cada uma das áreas é o caminho a ser seguido. O futuro está entre nós! Temos que liderar estas mudanças tecnológicas ou deixaremos de ser protagonistas neste mercado!



Arquivo pessoal

**Oscar Eduardo Fugita é doutor em urologia pela Faculdade de Medicina da USP e fellow em cirurgia urológica minimamente invasiva na Johns Hopkins University.*

É diretor do Núcleo de Inovação do Hospital Universitário da USP e diretor do programa de fellowship em cirurgia urológica minimamente invasiva da Faculdade de Medicina de Botucatu – Unesp, além de professor colaborador da disciplina de urologia na Unicamp.

A ENGENHARIA ESTÁ NA LINHA DE FRENTE DA GUERRA PARA SALVAR VIDAS

► Por Juca Guimarães

Na metade dos anos 1990, o cantor e compositor Gilberto Gil, como se antecipasse a pandemia, lançou um álbum duplo chamado “Quanta”, para exaltar a ciência e a arte, destacando na canção título a importância de se estudar com afinco e determinação, típicas de um engenheiro, as menores coisas do nosso universo.

“Quanta do latim, plural de quantum/Quando quase não há/Quantidade que se medir/Qualidade que se expressar/Fragmento infinitésimo, quase que apenas mental”, diz um trechinho da letra.

O funcionamento das células e todas as possibilidades de alterações que existem nelas ainda são mistérios para a ciência e para a medicina, que vão precisar da ajuda da engenharia para resolvê-los, criando equipamentos médicos mais eficientes, como ventiladores pulmonares, ou para a pesquisa científica, como aparelhos para produzir vacinas ou capazes de processar simultaneamente milhares de testes rápidos.



Jacqueline Goes coordenou a equipe de cientistas que fez o primeiro sequenciamento do genoma da covid-19

Cerca de 75% de todas as doenças infecciosas no mundo estão no grupo chamado de zoonoses, que circulam entre animais e humanos. Nos últimos tempos, inclusive, por efeito de problemas ambientais, o contato entre humanos, animais domésticos e animais selvagens fez com que a proliferação das zoonoses aumentasse, provocando, por exemplo, as mutações do vírus influenza que partiram de aves e suínos.

Para o professor Luiz Paulo Moura Andrioli, da USP, com especializações em bioquímica e bioengenharia genética, o estudo das células, das mutações e dos genes é a chave para os avanços que podem ser aplicados em diversas áreas, inclusive para além da medicina.

“Os chamados sequenciamentos de última geração e as técnicas de edição genética vão efetivamente marcar mais um salto de conhecimento da ciência”, disse Andreoli.

O estudo dos genes é parte da área de atuação da biotecnologia, que é quando se usa um organismo vivo para fazer uma transformação



Fotos: arquivo pessoal

Esse trabalho de bioengenharia e pesquisa foi muito importante para a criação das vacinas contra a epidemia



em um processo industrial biotecnológico.

“Fazer a construção de um órgão por bioimpressão, por exemplo, é uma associação de biotecnologia e bioengenharia”, disse Rodrigo Costa-Felix, coordenador do programa de pós-graduação em biotecnologia do Inmetro (mestrado acadêmico e doutorado) e ex-presidente da Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica (SBEB) em 2019 e 2020.

Além disso, existe uma ligação com a engenharia biomédica, que desenvolve aparelhos para diagnósticos e tratamento de saúde.

“Por sua vez, a engenharia biomédica atua no desenvolvimento de soluções tecnológi-

cas e aparelhos para atender a área de saúde como um todo. O engenheiro biomédico tem competência na área de saúde e na de engenharia como cálculo, matemática, física e dinâmica de fluídos, entre outras”, disse Costa-Felix, que atua em biotecnologia e engenharia biomédica desde 1992.

Genoma

Aos 30 anos de idade, a biomédica baiana Jaqueline Goes coordenou a equipe de cientistas que fez o primeiro sequenciamento do genoma da covid-19, o novo coronavírus, em parceria com a USP, com o Instituto Adolfo Lutz e com a Universidade de Oxford.

Depois do primeiro caso confirmado de contaminação no Brasil, no final de fevereiro de 2020, Jaqueline e sua equipe levaram apenas 48 horas para descobrir a ordem exata das mais de 30 mil partes que formam a molécula do RNA da versão do coronavírus que se espalhou pela América Latina.

Esse trabalho de bioengenharia e pesquisa foi muito importante para a criação das vacinas contra a epidemia que em cem dias, até início de junho, contaminou 615 mil e matou 34 mil pessoas no Brasil.

Existe um grande trabalho de engenharia na essência desse tipo de pesquisa. O cientista precisa traduzir o RNA para saber mais sobre o vírus que precisa ser combatido



Quando a pandemia completou 200 dias, em 14 de setembro, eram 4,3 milhões de contaminados no Brasil e o penoso total de 131 mil mortes. Cada minuto de trabalho da equipe da cientista para abrir caminhos na criação de vacinas foi fundamental na batalha para salvar vidas.

“O trabalho ia até as 3 ou 4 horas da manhã. Na verdade, não parava porque sempre tinha alguém trabalhando. O foco era o estudo do RNA do vírus que circulava no Brasil. É uma molécula que existe no vírus, mas que também tem nas pessoas. É uma molécula transitória que produz proteína. Ela é o material genético do coronavírus”, disse a pesquisadora Jaqueline Goes, que é mestre pela Fiocruz e doutora pela Universidade Federal da Bahia.

Na Inglaterra, na Universidade de Birmingham, Jaqueline estudou e desenvolveu aprimoramentos nos protocolos de sequenciamento de genomas completos pela tecnologia de nanoporos dos vírus zika, além de protocolos para sequenciamento direto do RNA.

Existe um grande trabalho de engenharia na essência desse tipo de pesquisa. O cientista precisa traduzir o RNA para saber mais sobre o vírus que precisa ser combatido. O genoma é codificado com as letras ATGC, no caso do DNA, e o RNA tem as letras AUGC. O DNA é uma molécula formada por duas fileiras, e o RNA, por uma fileira só.

“O genoma do coronavírus tem 30 mil dessas letrinhas do RNA. Fazer o sequenciamento é saber a ordem exata dessas 30 mil partes. Com isso, foi possível identificar qual é a parte do vírus que a vacina precisa atacar”, disse Jaqueline, que trabalha no Instituto de Medicina Tropical da Faculdade de Medicina da USP.

O sequenciamento do genoma é feito por meio de reagentes em diversas etapas numa determinada amostra, que é processada dentro de uma máquina chamada sequenciador. Dentro do sequenciador, existem placas de proteínas muito pequenas, com nanômetros de diâmetros, que são submetidas a uma corrente elétrica. Esse sistema faz a leitura da base da amostra. Cada pedacinho é lido e processado em um programa feito exclusivamente para organizar essas informações.

A origem da vacina

Após o sequenciamento do genoma do coronavírus, foi possível passar para o próximo estágio, da expansão científica, e iniciar a criação de vacinas, como explica Kelvinson Viana, professor do curso de biotecnologia da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila) e pesquisador em bioengenharia para o desenvolvimento de vacinas.

“A bioengenharia trabalha para melhorar a tecnologia de desenvolvimento e produção de vacinas, drogas e novas formas de tera-



Kelvinson Viana acompanhou o desenvolvimento de diversas pesquisas de vacinas

pia, por exemplo. Os métodos tradicionais de produção de vacina são mais demorados, geram vacinas com efeito um pouco mais fraco do que uma que envolve a bioengenharia”, disse Viana.

E há ainda outras possibilidades de contribuição da bioengenharia, de acordo com o professor. “Outro ponto inovador é que a bioengenharia permite que a plataforma de produção da vacina desenvolvida sirva para a produção de outros tipos de imunizantes com tecnologias mais inovadoras. Dessa forma, isso também implica na redução de preço dos medicamentos, soros e vacinas, além da diminuição no tempo e nos recursos gastos com pesquisa no futuro”, explicou o especialista em vacinologia.

Durante a pandemia do coronavírus, Viana acompanhou o desenvolvimento de diversas pesquisas de vacinas e das tecnologias de bioengenharia utilizadas, além de realizar pesquisas sobre a dinâmica de anticorpos em populações expostas e o papel de portadores assintomáticos do Sars-CoV-2.

“O mais inovador são as vacinas de material genético, as vacinas de RNA mensageiro (RNAm). Vacinas com esta proposta não são recentes, mas é a primeira vez que elas chegam ao mercado em tão pouco tempo. Na proposta utilizando RNAm, é utilizada uma parte do material genético com o interesse de gerar um determinado tipo de proteína do vírus, que vai criar uma resposta imunológica. Tem também o desenvolvimento de vacinas de vetores virais, como a de Oxford/AstraZeneca e a que é feita na Rússia. Você pega um vírus que não tem capacidade de gerar doença em alguém e insere o material genético do coronavírus. Esse vírus, que vai servir de vetor, poderá, dentro da célula humana, gerar a proteína de interesse do coronavírus”, disse Viana.

Com a gravidade da pandemia, nenhuma tecnologia foi descartada. Métodos mais antigos, porém, eficientes, também foram usados contra a covid-19.

“Outras vacinas, como a Coronavac, são de uma tecnologia conhecida como inativadas. Existem relatos extremamente antigos e documentados de que monges budistas já praticavam a vacinação com restos de vírus inativados desde o século XIV, mesmo que esses termos ainda não existissem. O mundo conseguiu erradicar a varíola, com uma vacina muito rudimentar, impensável em ser usada hoje em dia, dentro dos padrões de produção da época, mas foi a única que conseguiu eliminar uma doença no mundo”, ponderou o professor.

Segundo Viana, as vacinas inativadas são muito seguras, mas costumam ter uma resposta imunológica um pouco inferior às de vetores virais e as de material genético.

“No fim das contas, o objetivo das vacinas é o mesmo. Estimular o sistema imunológico e fazer com que a gente produza anticorpos, resposta celular e memória imunológica para combater o vírus. Nenhuma dessas vacinas tem condição de impedir a infecção. Não tem jeito, o que elas fazem é impedir casos graves

e mortes. Nesse sentido, todas são eficientes”, contou o especialista.

Combate à pandemia

Os setores do Estado com função de agente regulador foram importantes para a aceleração das medidas de combate à pandemia. As principais mudanças nessa área, de liberação e certificação de novos equipamentos, começaram em março de 2020 no Brasil, para que fosse possível a entrada de produtos de baixo custo no país, graças à engenharia biomédica.

“A Anvisa, responsável pelo registro dos equipamentos eletromédicos, e o Inmetro, pela avaliação técnica, foram ágeis para a liberação de novas tecnologias como as dos respiradores pulmonares que estavam sendo desenvolvidos. A Petrobras, por exemplo, lançou um edital para financiar projetos de ventiladores pulmonares que estavam em estágio de certificação. Os projetos contemplados foram rapidamente inseridos dentre as opções no mercado”, disse Costa-Felix.

O Instituto Butantã, em São Paulo, explicou que, para o desenvolvimento da vacina, foi necessário o uso de várias ferramentas da engenharia genética. O primeiro passo é isolar o vírus selvagem aplicando-o em células criadas em laboratório. Em um segundo passo, o vírus é modificado por técnicas de engenharia genética, para retirar a parte responsável pela multiplicação do vírus no organismo infectado. Por fim, essa modificação genética na estrutura do vírus, que foi feita em laboratório, é a base para o processo das vacinas para impedir que o vírus, após a infecção, se multiplique por outras células. Ou seja, a engenharia genética prepara uma versão modificada do vírus, que vai agir na presença dele, impedindo que ele se prolifere.

“Saber o que os genes fazem é importante, mas falta conhecer mais sobre a interação entre todos os genes em diferentes momentos da vida e em diferentes partes do corpo”, disse o professor Luiz Paulo Moura Andreoli.



Arquivo pessoal

Para Viana falta cultura para que o setor privado invista no desenvolvimento e na produção de vacinas e imunobiológicos no país

A biologia molecular está atrás dessas respostas. “O gene é informação, ele carrega as instruções para produzir proteínas. A molécula da proteína faz tudo, elas são as estruturas das células. As enzimas também são proteínas. Ainda falta descobrir peças desse quebra-cabeça para conhecer os processos, alguns até básicos, que acontecem dentro das células”, disse Andreoli.

Recurso para a pesquisa

O que todos os países estavam buscando era um avanço tecnológico, com a ajuda da engenharia molecular, que fosse eficiente no combate ao vírus da covid-19. No entanto, o desenvolvimento científico precisa de recursos para o financiamento.

“No Brasil, os estudos são basicamente tocados por instituições públicas de ensino, federal ou estadual, que criaram grupos de estudo em vacinologia. Tem também órgãos públicos como a Fiocruz e o Butantã. Falta uma cultura para que o setor privado invista no desenvolvimento e na produção de vacinas e imunobiológicos no país. É comum a

gente encontrar políticos dizendo que as universidades precisam buscar financiamento junto ao setor privado, como se fosse algo fácil de se obter, e não é, mesmo que seja uma pesquisa aplicada”, disse Viana.

No cotidiano do trabalho dos cientistas, mesmo antes do período pandêmico, que trouxe junto uma crise na economia, o financiamento das pesquisas já era um grande desafio. “É preciso recurso para a aquisição de reagentes – muitos nem são produzidos no Brasil –, equipamentos e bolsas para os estudantes. Na prática, os estudantes são os verdadeiros cientistas porque são eles que estão nas bancadas fazendo o sonho virar realidade. Nós projetamos todo o desenvolvimento intelectual, mas quem vai para a bancada fazer são os estudantes, por meio das bolsas, a fonte de sustento dos mestrados e doutorandos. Quando procuramos o setor privado nessa fase para uma parceria, é comum falar não”, comentou.

O receio de perder os recursos dispensados, caso o estudo não funcione, é o motivo para a pequena participação do setor privado no início das pesquisas. “A empresa diz que não tem interesse porque é um dinheiro que pode ser perdido, pois não há certeza do resultado, é um investimento de risco. Elas [empresas privadas] esperam que o setor público assuma esse custo, esse risco, para depois, se der certo, conversar sobre transferência de tecnologia e comprar o produto”, argumentou Viana.

A falta de dinheiro para a pesquisa é, segundo o especialista, um entrave para o futuro do desenvolvimento científico. Em média, uma vacina leva 15 anos para ser criada e chegar ao mercado. Com mais recursos, distribuídos nas fases de pesquisa, esse tempo seria bem menor, na opinião de Viana. “As vacinas contra a covid-19 só saíram tão rapidamente, em parte, porque a base do conhecimento já existia há décadas, então só foi necessária a injeção maciça de dinheiro e tudo andou rápido, um recorde”, comentou. ◻



O receio de perder os recursos dispensados, caso o estudo não funcione, é o motivo para a pequena participação do setor privado no início das pesquisas

Prêmio incentiva inovação para o SUS

A Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica (SBEB), em parceria com a Boston Scientific, dos EUA, e assessoria do Sistema Único de Saúde (SUS), criou o Prêmio Inovação em Engenharia Biomédica para o SUS, com edições em 2020 e 2021.

“A ideia é que os trabalhos acadêmicos, incluindo teses de doutorado e dissertações de mestrado, não sejam apenas produções acadêmicas, mas também aplicadas em demandas mais práticas no SUS, que é um dos mais completos sistemas de saúde do mundo. O prêmio é um incentivo para que as tecnologias desenvolvidas pelos estudantes, profissionais da área e pesquisadores sejam lançadas mais rapidamente no mercado, viabilizando rápido acesso à população como um todo”, disse o especialista Rodrigo Costa-Felix, ex-presidente da SBEB.

Em 2020, dois dos trabalhos premiados trouxeram avanços para o tratamento de doenças degenerativas.

BIOENGENHARIA É PONTE PARA A MEDICINA 4.0

COM EQUIPAMENTOS CAPAZES DE PRODUZIR TECIDOS
E ÓRGÃOS HUMANOS EM LABORATÓRIO, SETOR
REVOLUCIONARÁ A SAÚDE COMO A CONHECEMOS

► Por Isis Brum

Órgãos feitos sob medida em caso de transplante. Tecidos e ossos humanos regenerados ou reparados com células coletadas no sangue do paciente. Restauração das linhas de expressão a partir de um colágeno puro e livre de compostos animais. Realização de testes pré-clínicos em partes do corpo confeccionadas em bioimpressoras 3D.

O cenário parece obra de ficção científica, mas trata-se da ciência em prática no Brasil. Os avanços tecnológicos promovidos pela bioengenharia tecidual acenam para o futuro dos tratamentos de saúde com a chamada medicina 4.0, que soma múltiplas áreas do saber para ampliar a eficiência e a eficácia dos procedimentos a ponto de personalizá-los.

“A bioengenharia tecidual faz a interface entre as engenharias e as ciências médicas e biológicas”, explica o professor Rondinelli Donizetti Herculano, coordenador do Grupo de Bioengenharia e Biomateriais, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Unesp-Araraquara, no interior de São Paulo.

Lá, engenheiros, biólogos, farmacêuticos, biomédicos e químicos atuam no desenvolvimento de novos dispositivos para a saúde, como adesivos dérmicos e membranas associados a produtos naturais ou fármacos para regeneração de peles lesionadas. Já estão em fase de estudo clínico, isto é, em humanos, os adesivos para úlcera diabética (feridas infecciosas causadas pela *diabetes mellitus*) e retração gengival. Há, pelo menos, outros 20 tipos, com finalidades terapêuticas distintas, em desenvolvimento.

Divulgação



Passo a passo da produção de adesivos dérmicos a base de latex desenvolvidos na Unesp de Araraquara

Na capital paulista, Tiago Lazzaretti Fernandes, ortopedista do Hospital das Clínicas, professor colaborador da Faculdade de Medicina da USP e pesquisador do Laboratório de Terapia Celular do Hospital Sírio-Libanês, estuda reparo e regeneração do sistema musculoesquelético, mais especificamente, lesões no tendão, ligamentos e menisco.

De acordo com Fernandes, 36% dos atletas sofrem alguma lesão na cartilagem, limitando as atividades esportivas; e 63% da população brasileira possui osteoartrite, altamente limitante e incapacitante. “Não existem tratamentos definitivos para esses problemas”, pontua. “O que há, hoje, são próteses com cobertura metálica, inseridas por implante”, prossegue o médico.

A pesquisa de Fernandes tem como objetivo final tirar a dor do paciente e recuperar a função do órgão lesionado. O caminho escolhido para fazer isso é usando células-tronco mesenquimais, extraídas do mesênquima da pessoa em tratamento. Em sua avaliação, são mais seguras porque, ao serem trabalhadas em laboratório, só se diferenciam em cartilagem, osso e gordura. Ao serem implantadas nos pacientes, por meio de uma matriz celular construída pela própria dinâmica do funcionamento dessas células, agiriam de modo a reconstruir localmente a parte lesionada.

Para realizar o procedimento médico, o ortopedista conta incansavelmente com os recursos da bioengenharia para a produção de biomateriais, mensuração do volume de cartilagem total da articulação e até realização de testes mecânicos desses dispositivos.

“Cada vez mais, as pesquisas são multidisciplinares”, aponta Mayana Zatz, coordenadora do Centro de Pesquisas em Genoma Humano e Células-Tronco do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do Instituto de Biociências da USP (Ibusp).

As diversas linhas de pesquisa desenvolvidas atualmente, desde a reconstrução de órgãos ao entendimento da resistência a doenças pelo sistema imunológico, são possíveis

Para realizar o procedimento médico, o ortopedista conta incansavelmente com os recursos da bioengenharia para a produção de biomateriais, mensuração do volume de cartilagem total da articulação e até realização de testes mecânicos desses dispositivos

graças às parcerias entre essas áreas do conhecimento. “Tenho sorte de viver em uma época em que as tecnologias se desenvolvem dessa maneira”, afirma Mayana, uma cientista inquieta em sua busca incessante por respostas que promovam avanços para o bem-estar da população e para a saúde humana.

Dois dos pesquisadores do Centro, focados na reconstrução de órgãos humanos, Ernesto Goulart e Luiz Caires, têm pós-graduação em bioengenharia pela Universidade de Temple, localizada no estado da Pensilvânia, nos Estados Unidos.

Um dos dilemas é solucionar a fila de transplante de órgãos. “A demanda cresceu mais do que a disponibilidade”, diz Goulart. De acordo com ele, o Brasil é o segundo país no mundo que mais realiza este procedimento – sendo cerca de 90% pelo sistema público de saúde –, atrás, apenas, dos EUA. Mas, além da longa espera por um órgão compatível, interferem problemas como a logística entre a doação e a recepção e a possibilidade de rejeição pelo paciente.

Com a tecnologia disponibilizada pela bioengenharia tecidual, foi possível planejar a reconstrução de um órgão em laboratório e os testes começaram a ser feitos com o fígado. Como relatou Goulart, a estratégia é

A expectativa de Mayana é a de, no futuro, produzir um coração a partir de bioimpressores, usando o procedimento de descelularização e recelularização

desafiadora, e o horizonte a que os cientistas vislumbram é fabricar órgãos sob medida com as células do próprio receptor, até serem capazes de editar geneticamente as células para se tornarem doadoras universais.

Na atual fase do experimento, foram extraídas todas as células do fígado de um rato e reinseridas células hepáticas humanas produzidas em laboratório para reanimar o órgão. Outros testes envolvem a bioimpressão de pequenos fígados funcionais, os quais necessitam de mais estudos para escalonamento (tamanho) e vascularização do sistema hepático, por exemplo.

A expectativa de Mayana é a de, no futuro, produzir um coração a partir de bioimpressores, usando o procedimento de descelularização e recelularização, já em teste com o fígado. “Será um coração recauchutado, mas que não seria rejeitado”, anima-se.

“É extremamente importante associar as técnicas de engenharia aos mecanismos utilizados pelas células para sobrevivência, proliferação e interação para que formem um tecido entre elas e entre as matrizes, sejam artificiais ou biológicas”, destaca Caires.

O entendimento de que a construção de um material biológico, como um órgão ou um tecido, se orienta pelos fundamentos do campo das engenharias levou Rossana Thiré a investigar curativos para feridas de pele e produtos para bioengenharia tecidual. Graduada em engenharia de materiais, coordena

o laboratório de biopolímeros e bioengenharia do Instituto Alberto Luiz de Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (Coppe) da UFRJ.

Uma de suas atuações está em encontrar um substituto customizado para o pino de titânio. Segundo Rossana, o objetivo é inserir um material biodegradável, produzido com as células do osso do próprio paciente. “À medida que as células se proliferam e se diferenciam, regenerando a área afetada, o material biodegradável vai sendo liberado do corpo”, conta.

Durante a investigação de lesões cranianas em animais, os pesquisadores constataram que o material produzido estimulou a regeneração óssea, porém não se decompôs. Por outro lado, a resistência à dissolução será aproveitada em produtos que necessitam dessa característica para serem eficientes na cura, como no caso de fraturas no maxilar.

Os biomateriais, como os pinos, os adesivos e as membranas desenvolvidos na Unesp, permitem a associação de medicamentos, como antibióticos e anti-inflamatórios. A vantagem é que a medicação fica restrita à área enferma.

Rossana destaca o futuro da medicina associado à impressão 3D. Para ela, os cuidados com a saúde tenderão a ser cada vez mais personalizados. “Com as bioimpressoras em consultórios odontológicos, por exemplo, você poderá imprimir o seu implante”, prevê. Ela destaca, no entanto, que o papel das universidades é encontrar soluções de baixo custo que possam ser implementadas no Sistema Único de Saúde (SUS).

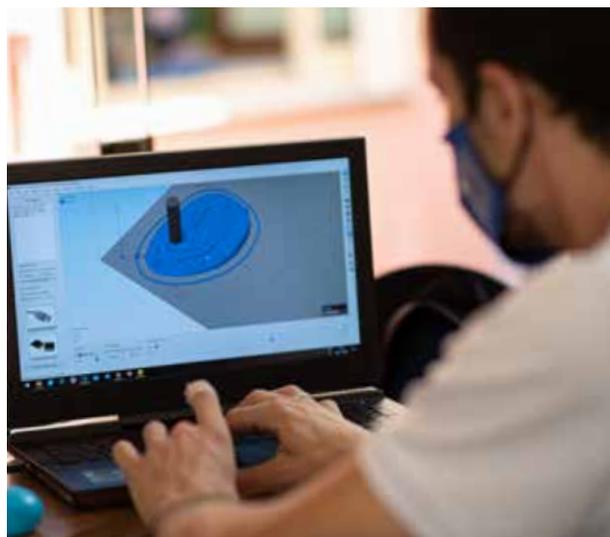
Aliás, produzir equipamentos e oferecer serviços a preços acessíveis, que atendam a algumas das demandas da bioengenharia, são o foco do trabalho de Janaina Dernowsek, bióloga geneticista e pesquisadora de biofabricação e bioimpressão de tecidos.

Há seis anos, reuniu os conhecimentos da biologia, da genética e dos anos do curso de engenharia não concluído para fundar a Bioeditech, uma empresa especializada na



Bioimpressão de orelha com biotinta para tecido cartilaginoso

fabricação de biopressoras, em parceria com um engenheiro de computação. Com os equipamentos, ela disponibiliza também cursos de formação presencial e plataforma EAD para que os compradores utilizem todos os recursos da melhor maneira possível. Disponibiliza informações acerca das tecnologias aplicadas para que sejam capazes até mesmo de criar o seu próprio equipamento.



Cofundador e CTO da Bioeotech, Alessandro Queiroz, construindo uma imagem que será bioimpressa

Com a tecnologia desenvolvida, participou, em 2019, da fundação da Bio.Inn. Usando o modelo de biopressora mais barato entre os três que comercializa, passou a imprimir tecidos dos quais retira proteínas de grande importância para o corpo humano, como colágeno e elastina.

Estabelecida temporariamente em Nova Lima, Minas Gerais, onde está o laboratório parceiro, desenvolve uma linha de colágeno para preenchedores dérmicos *animal free*, ou seja, livre de testes em animais, outra preocupação da empreendedora e pesquisadora. Os estudos pré-clínicos estão previstos para começarem ainda neste ano, em um hospital privado da capital paulista.

Os espectros de atuação da bioengenharia são muito diversos. Janaina conta que tem estudos para aplicar a bioimpressão para testes no ramo alimentício e em soluções para tratar lesões em animais de grande porte na agropecuária.

Desafios

Para quem ainda não domina esse campo, precisa saber que, além do conhecimento integrado de diversas áreas, o trabalho com biomateriais exige um ambiente rigorosa-

O setor é de grandes oportunidades tanto para investidores quanto para profissionais da engenharia com interesse nas demandas da saúde

mente esterilizado, uma vez que o produto, em razão da sua natureza viva, não pode ser desinfetado ao término da produção.

“Esse tipo de material não passa por esterilização terminal, senão, mata as células”, explica Renata Miranda Parca, especialista em Regulação e Vigilância Sanitária da Gerência de Sangue, Tecidos, Células e Órgãos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Ela alerta para a importância do controle total do processo de biofabricação.

A estimativa de Janaina Dernowsek é a de que um laboratório certificado para produzir um protótipo exija um investimento de cerca de R\$ 1 milhão, sem contar os recursos humanos e insumos necessários para a execução da pesquisa.

Se o valor pode ser um limitador para a investigação acadêmica, também desafia os cientistas a buscarem soluções que viabilizem a comercialização de suas descobertas, levando-as para fora das universidades. As membranas estudadas no laboratório coordenado por Herculano custam em torno de R\$ 0,30, entretanto, sua comercialização depende das empresas assegurarem as condições ideais de biofabricação.

As dificuldades aparecem em números fornecidos pela Anvisa. Segundo Renata, há muita pesquisa em desenvolvimento e pouco registro. Mesmo sendo uma área nova, são somente seis estudos aprovados pela agência de produtos com terapia celular e gênica, 14 em estágio de avaliação e exigência por falta

de dados e três indeferidos ou suspensos. Não há, até o momento, nenhum produto aprovado na categoria de bioengenharia tecidual.

Ela destaca a importância das boas práticas laboratoriais e de seguir os protocolos de pesquisa exigidos pela Anvisa desde os estudos iniciais. Mesmo com uma legislação recente - o marco regulatório data de 2018 -, “a regulação brasileira não é diferente da que acontece no mundo”, diz. Existe uma preocupação interna do órgão em disponibilizar as normas em cartilhas para os pesquisadores, facilitando o entendimento de tais exigências, mas, até lá, é preciso acessar a legislação disponível no site da agência.

Outros entraves podem ser encontrados na aquisição de insumos para pesquisa científica, que se evidenciou com a crise promovida pela covid-19. Importar produtos, mesmo aqueles com finalidade médico-científica, esbarra na burocracia brasileira e na morosidade de sua liberação.

Também desponta como uma das dificuldades o financiamento das pesquisas. A maioria delas ainda é feita com incentivos públicos, por meio de órgãos como a Capes, CNPq e Fapesp (esta última, no Estado de São Paulo). Os pesquisadores ressaltam a importância de serem fortalecidas as parcerias público-privadas, com a criação de incentivos a empresas interessadas em financiar os estudos científicos, inclusive os de base, que podem não ter resultados de curto e médio prazos.

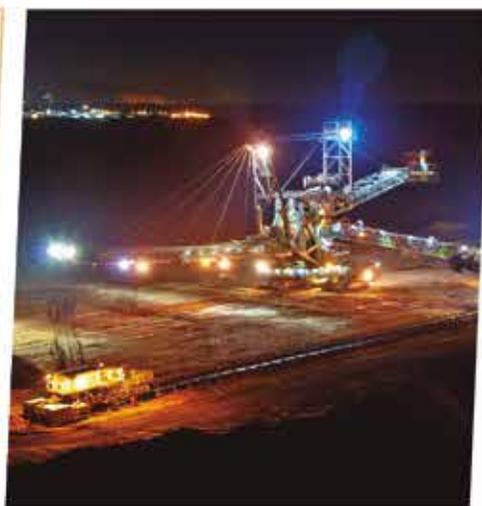
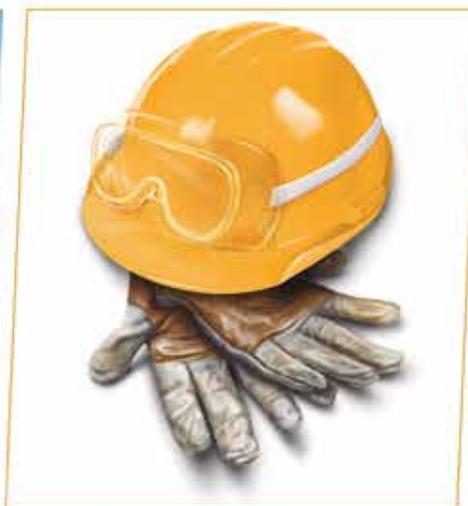
Apesar dessas questões, o Brasil tem destaque internacional neste campo. Os avanços promovidos até aqui estão em sintonia com a medicina do futuro e não há como retroceder. Portanto, o setor é de grandes oportunidades tanto para investidores quanto para profissionais da engenharia com interesse nas demandas da saúde.

Os tratamentos revolucionários e a cura para doenças ainda sem tratamento estão sendo desenhados neste momento por estes e muitos outros pesquisadores espalhados pelo país. ■



**POR TRÁS
DESTAS CENAS
SEMPRE TEM**

**O TRABALHO DE
PROFISSIONAIS
DO CREA-SP**



**CONTRATE
PROFISSIONAIS
DO CREA-SP**



PARA VOCÊ FAZER MELHOR



INSTALAÇÕES ELÉTRICAS HOSPITALARES - UM MUNDO ESPECÍFICO DE ALTO RISCO

► Por Roberto Krieger*

É sabido que, em processos industriais complexos, em sistemas de bancos de dados de instituições financeiras, de controle de tráfego, entre outros, existe a necessidade de projetos e instalações elétricas de alta confiabilidade que, em caso de falhas, poderão causar grandes prejuízos às empresas, aos funcionários e à população em geral.

Particularmente em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), o cuidado com o paciente é de suma importância, principalmente devido às características peculiares de seus estados físico e emocional, geralmente debilitados. Cabe, portanto, ao corpo clínico e a todas as equipes, técnicas e administrativas, garantir que os pacientes sejam tratados com eficácia, confiabilidade, conforto e segurança.

Por sua vez, devido à existência de situações particulares e características especiais envolvendo o ambiente do EAS, existem regulamentações, normas, resoluções, portarias e códigos com diretrizes que se aplicam à construção de edifícios hospitalares e seus semelhantes, abrangendo as diversas especialidades técnicas (arquitetura e engenharias).

Nesse contexto, as instalações eletroeletrônicas são contempladas nesses documentos, a fim de garantir a segurança dos pacientes submetidos a procedimentos suportados por equipamentos eletromédicos e dependentes da infraestrutura física das instalações elétricas.

Assim, para que uma instalação elétrica desempenhe as suas funções e finalidades adequadamente, proporcionando confiabilidade, segurança e conforto aos seus usuários, é

fundamental que ela esteja dimensionada de acordo com as normas técnicas e de segurança vigentes.

Em determinados locais dentro de um EAS, especificamente em ambientes classificados como Grupo 2 (conforme definido mais adiante), de acordo com a Anvisa, qualquer interrupção no fornecimento de energia elétrica poderá acarretar prejuízos irreparáveis, sobretudo na manutenção da vida dos pacientes. A necessidade de manter equipamentos de sustentação à vida, de monitoramento das funções vitais e de procedimentos cirúrgicos em condições operacionais de maneira contínua exige uma instalação elétrica diferenciada, antecipando e identificando possíveis falhas que possam colocar em risco a vida dos pacientes, mantendo a instalação em condições de funcionamento ininterrupto.

Por isso, além da identificação de falhas na instalação elétrica e nos equipamentos utilizados nos procedimentos críticos, a rápida localização e solução desses problemas requer condições diferenciadas de projeto e instalação.

Legislação

A Portaria nº 2.662, do Ministério da Saúde, de 22 de dezembro de 1995, estabelece e determina a aplicação da norma técnica brasileira ABNT NBR 13534: "Instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos específicos para instalação em estabelecimentos assistenciais de saúde", impondo infração à legislação, conforme disposto no inciso II do artigo 10,

da Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977, em caso de descumprimento.

A mesma portaria determina que as “secretarias estaduais e municipais de Saúde, em seu âmbito administrativo, deverão implementar procedimentos necessários para aprovação, acompanhamento e fiscalização dos projetos e instalações elétricas dos estabelecimentos assistenciais de saúde”.

RDC 50 – Anvisa

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 50/2002, da Anvisa, trata da regulamentação técnica para o planejamento, a programação, a elaboração e a avaliação de projetos físicos (infraestrutura) de estabelecimentos assistenciais de saúde.

A NORMA ABNT NBR 13534

Os requisitos da Norma Técnica Brasileira (NBR) 13534: “Instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos específicos para instalação em estabelecimentos assistenciais de saúde”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), complementam, modificam ou substituem os de caráter geral contidos na NBR 5410: “Instalações elétricas de baixa tensão”.

Em todos os tópicos onde não houver qualquer alteração permanecem válidos e aplicáveis os requisitos da ABNT NBR 5410, inclusive no que se refere às normas específicas, como a de produtos. O escopo dessa norma aplica-se às instalações elétricas em EAS, com o objetivo de garantir a segurança de pacientes e profissionais de saúde.

Por outro lado, ela não se aplica a equipamentos eletromédicos (EEM), que devem seguir a ABNT NBR IEC 60601, atualmente composta por 66 partes.

Classificação dos locais médicos e suas implicações

Considerando a grande diversidade dos ambientes de um EAS e as complexidades

de tratamentos terapêuticos e cirúrgicos, distúrbios elétricos podem causar o mau funcionamento de equipamentos eletromédicos, contribuindo para possíveis intercorrências e acidentes sérios com os pacientes. A fim de orientar sobre os recursos técnicos de segurança e de confiabilidade das instalações elétricas, os ambientes/locais médicos dos EAS foram divididos em grupos e classes.

Com base no tipo de contato entre as partes aplicadas do EEM e o paciente, a norma ABNT NBR 13534 classifica locais para uso médico nos grupos 0, 1 e 2. A seguir são definidos e exemplificados esses grupos (Figura 1).

Grupo 0: local médico que não é destinado à utilização de parte aplicada de equipamento eletromédico, tais como postos de enfermagem, áreas de prescrições médicas, laboratórios, salas de laudos, salas de parto e assistência ao recém-nascido (no centro de parto normal), setores de apoio setores administrativos, entre outros, conforme classificação na RDC 50.

Grupo 1: local médico destinado à utilização de partes aplicadas às partes externas do corpo ou partes internas do corpo, exceto coração, tais como ambientes de internação, setores de imagenologia (tomografia, ultrassonografia, ressonância magnética, endoscopia), salas de exames nos setores de medicina nuclear e radioterapia, entre outros, conforme classificação na RDC 50.

Grupo 2: local médico destinado à utilização de partes aplicadas em procedimentos intracardíacos, cirúrgicos, de sustentação da vida do paciente e outras aplicações em que a descontinuidade da alimentação elétrica pode resultar em morte, tais como salas de procedimentos invasivos, de emergência (politraumatismo, parada cardíaca), áreas e quartos de pacientes em UTI, hemodinâmica, sala de indução anestésica e sala de parto cirúrgico.

Os maiores riscos ocorrem nos locais médicos do Grupo 2, onde uma primeira falta à terra não deve interromper o fornecimento

Figura 1. Classificação dos locais médicos: contato entre parte aplicada e paciente¹

| | GRUPO 0 | GRUPO 1 | GRUPO 2 |
|---|---|--|---|
| |  |  |  |
| Uso de parte aplicada de equipamento eletromédico | Não | Sim, em partes externas do corpo; internas do corpo (exceto as do grupo 2) | Sim, em procedimentos intracardíacos, cirúrgicos e de sustentação de vida |
| Descontinuidade da alimentação pode resultar em morte | Não | Não | Sim |
| Exemplos | Consultórios médicos, salas de exames e curativos e setores administrativos | Quartos de internação, salas de hemodiálise e salas de fisioterapia | Centros cirúrgicos, salas de cateterismo, UTI adulto e neonatal e salas de hemodinâmica |

1. Considerando a evolução contínua dos ambientes e locais médicos e os procedimentos neles realizados, é recomendável uma revisão na atual classificação desses grupos.

de energia elétrica. É nesses locais que deverá ser prevista a instalação de sistema IT médico, de acordo com a norma ABNT NBR 13534.

Por outro lado, a classificação dos ambientes médicos em função da classe de segurança aborda os tempos de comutação para a alimentação de segurança ($\leq 0,5s$, $\leq 15s$ e $> 15s$), conforme descritas a seguir (Figura 2).

Classe $\leq 0,5s$: sempre que ocorrer falta de tensão junto ao quadro de distribuição de energia elétrica, em qualquer das fases, uma fonte de segurança especial deve restabelecer, em até 0,5s, a alimentação dos focos cirúrgicos e outras fontes de luz essenciais, como as de endoscopia, devendo manter essa alimentação por três horas, no mínimo.

Além disso, aplica-se à Classe 0,5 em ambientes onde existam equipamentos eletromédicos essenciais à manutenção da vida do paciente e em caso de equipamentos de mo-

nitoração de parâmetros vitais que não possam sofrer interrupção no fornecimento de energia elétrica, sob pena de perda de registros importantes ao diagnóstico do paciente.

As fontes de segurança que atendem aos requisitos da Classe 0,5 são compostas por UPS ou baterias internas dos EEM. A obtenção da autonomia de 3 horas pode ser por meio da associação entre baterias internas e UPS externas. É de fundamental importância que essas fontes de segurança, principalmente as UPS, atendam aos requisitos técnicos e de qualidade de energia elétrica para o bom funcionamento dos EEM, devendo-se descartar equipamentos que não gerem ondas senoidais com a máxima aproximação das formas de onda dos equipamentos de geração de energia alternada.

Classe $\leq 15s$: sempre que ocorrer queda de tensão superior a 10% da tensão nominal, por um período superior a 3s, circuitos de ilu-

minação de segurança, elevadores para brigada de incêndio e bombeiros, sistemas de exaustão de fumaça, sistemas de chamada/busca de pessoas, equipamentos eletromédicos (usados em locais do Grupo 2 e destinados a cirurgias ou outros procedimentos vitais), equipamentos elétricos de suprimento de gases medicinais (incluindo ar comprimido, vácuo e exaustão de gases anestésicos, bem como seus dispositivos de monitoração e alarme), instalações de alarme e extinção de incêndio devem ter a alimentação de energia elétrica restabelecida por uma fonte de segurança em até 15s, no máximo, devendo ser capaz de manter a alimentação por 24 horas, no mínimo. As fontes de segurança que atendem aos requisitos da Classe 15 são compostas por grupo motor-gerador (GMG), dimensionados e instalados adequadamente, de forma a garantir os requisitos exigidos para sua utilização.

Classe > 15s: além dos equipamentos citados anteriormente, outros, necessários à continuidade dos serviços do EAS, podem ser conectados manual ou automaticamente a uma fonte de segurança capaz de manter sua alimentação elétrica por um período de

24 horas, ou seja, por meio de GMG. Enquadram-se nesta situação os equipamentos de esterilização, instalações técnicas da edificação (ar-condicionado, aquecimento, ventilação, entre outros serviços), equipamentos de refrigeração, equipamentos de cozinha e carregadores de baterias.

A classificação dos locais médicos para utilização de alimentação de segurança poderá ser ampliada em relação à determinação normativa, levando em consideração custos da instalação elétrica e negociação com os responsáveis pelo EAS, indicando vantagens e desvantagens de cada modelo de aplicação.

Importância da equipotencialização suplementar

A necessidade de realizar a equipotencialização suplementar de todos os elementos condutivos de uma instalação elétrica é de caráter normativo, conforme especificado no item 5.1.3.1 da norma ABNT NBR 5410. Porém, ainda é comum encontrar instalações elétricas em EAS que não atendem integralmente as exigências normativas, principalmente no aspecto da equipotencialização.

Figura 2. Classificação dos locais médicos: classe de segurança

| | CLASSE ≤ 0,5S | CLASSE ≤ 15S | CLASSE > 15S |
|-----------|--|---|---|
| |  |  |  |
| Onde | Focos cirúrgicos, fontes de luz (endoscopia), EEM essenciais à manutenção da vida e monitoração de parâmetros vitais | Iluminação de segurança, sistemas de gases medicinais e sistemas de segurança | Equipamentos de esterilização, sistemas de climatização, equipamentos de refrigeração e equipamentos de cozinha |
| Comutação | Automática | Automática | Manual ou automática |
| Autonomia | 3 horas | 24 horas | 24 horas |

De acordo com a norma ABNT NBR 13534, aplica-se o disposto no item 5.1.3.1 da NBR 5410, com as seguintes exceções: em cada local do Grupo 1 ou do Grupo 2 deve ser realizada uma equipotencialização suplementar envolvendo as seguintes partes situadas no ambiente do paciente:

- condutores de proteção (PE);
- elementos condutivos;
- blindagens contra interferências eletromagnéticas, caso existam;
- conexões dos pisos condutivos, caso existam;
- blindagem eletrostática do transformador de separação, caso exista.

Também devem ser incluídas nesta equipotencialização suplementar as peças de mobiliário que sejam fixas e condutivas, mesmo quando não alimentadas por circuito elétrico, tais como mesas cirúrgicas, poltronas de fisioterapia, cadeiras odontológicas, entre outras, exceto se forem intencionalmente isoladas da terra.

Nos locais do Grupo 2, a resistência medida entre o barramento de equipotencialização (de um lado) e o terminal PE de qualquer tomada de corrente, o terminal PE de qualquer equipamento fixo ou qualquer elemento condutivo (de outro lado) não deve ser superior a 0,2 ohms, incluída a resistência das conexões.

O barramento de equipotencialização deve ser instalado dentro ou próximo do local médico. Em cada quadro de distribuição, ou em suas proximidades, deve existir uma barra de equipotencialização adicional, na qual deverão ser conectados os condutores de equipotencialização suplementar e os condutores de proteção (PE) dos circuitos elétricos. Essas conexões devem ser claramente visíveis, facilmente acessíveis e permitir a desconexão individualmente.

Ainda existem locais nos quais a instalação elétrica do centro cirúrgico é composta por um quadro de distribuição localizado dentro da sala cirúrgica que atende circuitos de setores adjacentes, inclusive as áreas de circulação.

A figura 3 exemplifica esta situação de risco, que poderá causar sérios danos ao paciente, inclusive a morte. Por outro lado, instalações desse tipo também são as principais causas de interferências eletromagnéticas em equipamentos eletromédicos, como monitores de parâmetros fisiológicos e equipamentos de imagenologia.

Sistema IT Médico

Nas instalações elétricas em EAS, nos locais médicos do Grupo 2, deve ser adotado o esquema IT, compondo o sistema IT médico, para circuitos que alimentam equipamentos eletromédicos diretamente relacionados com os procedimentos cirúrgicos e terapêuticos do paciente e sistemas destinados à sustentação da vida ou aplicações cirúrgicas, bem como demais equipamentos elétricos localizados no “ambiente do paciente”.

A exceção acontece nos circuitos que alimentam mesas cirúrgicas, equipamentos de raios X, circuitos para equipamentos de grande porte (potência acima de 5,0 kVA) e circuitos para equipamentos não críticos (iluminação geral), onde deverá ser adotado o esquema TN-S ou TT.

O sistema IT médico deve estar equipado com dispositivo de supervisão de isolamento

Figura 3. Sistema de equipotencialização

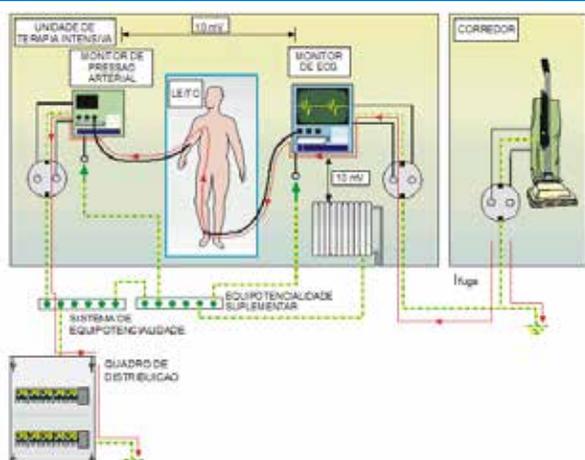
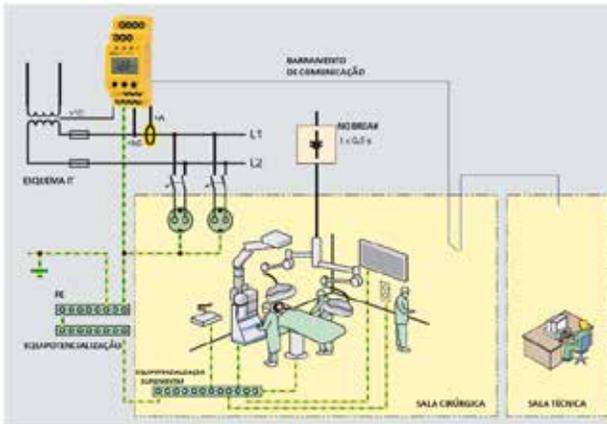


Figura 4. Sistema IT médico em sala cirúrgica



to (DSI) que atenda aos requisitos da norma internacional IEC 61557-8, transformador de separação que atenda à norma internacional IEC 61558-2-15, anunciador de alarmes e teste que atendam à ABNT NBR 13534.

De acordo com a ABNT NBR 13534, cada local médico do Grupo 2 deve possuir ao menos um sistema IT médico exclusivo para alimentação desse local. No caso de instalação do sistema IT médico em salas cirúrgicas, conforme a figura 4, deve ser instalado um sistema por sala, com um transformador de separação e um anunciador de alarme em cada sala.

O transformador de separação deverá ser individual por sala, porém, não instalado em seu interior. Opcionalmente, poderá ser instalado um anunciador de alarme no posto de enfermagem. No caso de salas de UTI, deve ser instalado um esquema IT médico para um conjunto de leitos, respeitando o limite de potência do transformador de separação. Caso haja necessidade, em função do número de leitos e demanda de potência atribuída para cada leito, poderá haver a necessidade de instalar mais de um sistema IT médico na UTI. O anunciador de alarmes deve ser instalado no posto de enfermagem. Os anunciadores de alarme instalados nos postos de enfermagem responsáveis por monitorar mais de um siste-

ma IT médico e devem possuir os alarmes com endereçamento para o sistema que estiver apresentando a falha.

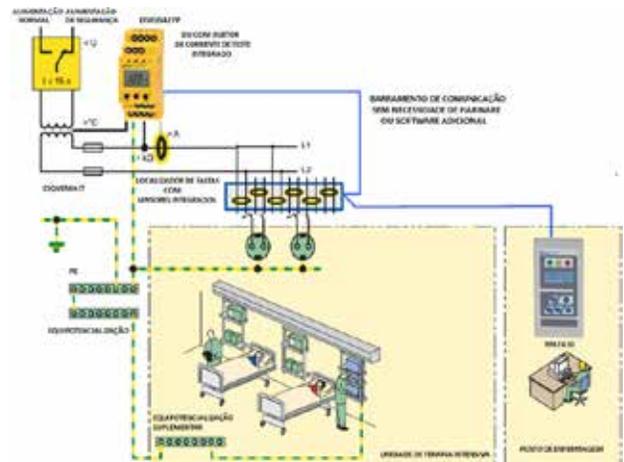
Para tornar o sistema mais completo, retornando informações quanto à localização do circuito elétrico onde está ocorrendo a falha de isolamento, poderá ser adotado o sistema de localização de falhas, conforme a figura 5.

Esse sistema consiste na instalação de transformadores de medida no interior do quadro de distribuição por onde passarão os condutores vivos dos circuitos. Em caso de falha de isolamento, o DSI ativará um gerador de sinais, que injetará uma corrente no sistema e circulará pelo circuito de falta, que será detectada pelo transformador de medida, que informará em qual circuito ocorreu a falha.

Essa solução é particularmente interessante nas instalações de UTI, pois permite identificação rápida do leito no qual ocorre a falha de isolamento, fornecendo subsídios para intervenções precisas da equipe de enfermagem e manutenção, garantindo segurança e confiabilidade estendidas às instalações elétricas onde não devem ocorrer interrupções.

Quando apenas um equipamento for alimentado por somente um transformador de-

Figura 5. Sistema IT médico em sala UTI, com localização de falhas



dicado ao esquema IT, não é necessária a instalação de dispositivo de supervisão de isolamento (DSI). Além da supervisão de isolamento, deve haver a supervisão de temperatura e sobrecorrente dos transformadores de separação do sistema IT médico.

Projetos elétricos

É muito comum encontrar projetos elétricos de EAS elaborados sem o devido conhecimento da complexidade desse tipo de instalação, observando-se, inclusive, o total desconhecimento das normas técnicas vigentes, em particular da ABNT NBR 13534 e da RDC 50.

A intervenção de profissionais sem os devidos conhecimentos das normas, resoluções e regulamentações técnicas contribui para a execução de instalações elétricas inseguras, que colocam em risco a vida de pacientes, a integridade física dos profissionais de saúde, possibilitam a obtenção de diagnósticos equivocados (ruídos elétricos e interferências nos equipamentos de imagem e monitoração de parâmetros vitais), além de prejuízos ao patrimônio das instituições, danificando equipamentos com custos muito elevados.

Além dos danos aos equipamentos, cujas manutenções necessitam da contratação de serviços técnicos diretamente com o fabricante (que também possuem altos custos), poderá ocorrer a interrupção de procedimentos e exames agendados ou emergenciais causando prejuízos a pacientes em situações graves e diminuindo o faturamento da instituição.

Conclusões

A fim de garantir os requisitos mínimos de segurança para o desenvolvimento de procedimentos ligados à saúde humana, deve-se procurar manter as instalações de infraestrutura, de todas as especialidades, em condições operacionais adequadas. Mas o que seriam instalações de infraestrutura em condições operacionais adequadas? As instalações, como

se encontram atualmente, não permitem o funcionamento adequado do setor?

Afinal, até pouco tempo, antes da criação das normas técnicas e de segurança, não existiam os requisitos atuais e, mesmo assim, os EAS e, principalmente, os centros cirúrgicos e UTI eram utilizados normalmente.

Deve-se ressaltar que muitas dessas instalações foram executadas em período anterior à publicação da primeira versão da norma ABNT NBR 13534 e, por isso, poderiam utilizar como justificativa a inexistência de norma técnica brasileira específica para esse tipo de instalação, na época.

Apenas em 1995, mais precisamente a partir de 29/12/1995, a norma ABNT NBR 13534 entrou em vigor e, para reforçar a necessidade de sua aplicação, o Ministério da Saúde publicou, em 22/12/1995, a Portaria nº 2662. O Artigo 2º dessa portaria estabelece que a inobservância da aplicação da norma ABNT NBR 13534 constitui infração à legislação sanitária, sujeitando o EAS à aplicação de notificações e auto de infração.

No entanto, a contínua evolução tecnológica dos equipamentos eletromédicos e a utilização da energia elétrica sendo cada vez mais difundida em todos os ambientes e setores contribuíram para aumentar o risco de choques elétricos, intercorrências com o paciente em função de falhas nos EEM, ocorrência de incêndios em função de sobrecargas e curtos-circuitos, entre outros. Além disso, a criação de legislação rigorosa no sentido de preservar a integridade física e emocional das pessoas, penalizando os EAS com aplicação de severas indenizações, também colaborou para a necessidade de aumentar a segurança e a confiabilidade das instalações elétricas.

Em caso de ocorrência de acidentes com eventos adversos envolvendo pacientes, acompanhantes ou visitantes e ligados a falhas ocorridas nas instalações elétricas poderão provocar demandas judiciais extremamente desagradáveis, pois não é difícil

identificar as fragilidades e as não conformidades das instalações elétricas encontradas na maioria dos EAS.

A solução de todas as irregularidades não é uma tarefa simples, em função da complexidade das instalações elétricas de um EAS, da necessidade de interrupção de serviços para permitir os ajustes e dos custos das adequações, que normalmente atingem valores bastante elevados.

A adoção de procedimentos corretivos e preventivos, por meio da implantação de planos de contingência, avaliação dos setores mais críticos e criação de planos de ações bem embasados, poderá proporcionar condições um pouco mais tranquilas e seguras aos EAS, promovendo adequações e ajustes planejados.

A implantação de procedimentos corretos e a elaboração de projetos adequados nas áreas e setores reformados são uma medida essencial para iniciar a neutralização dos pontos frágeis e falhos das instalações elétricas, devendo-se atentar para a contratação de empresas e profissionais que efetivamente possuam o conhecimento adequado e necessário dos requisitos, complexidades e particularidades das instalações em EAS.

Na maioria dos EAS não existe o projeto elétrico das instalações e, desta forma, não há condições de garantir o funcionamento adequado dos dispositivos de proteção instalados. Nesses casos, a realização de inspeções de campo, de medições de carga e ensaios da instalação elétrica são essenciais para auxiliar na implantação dos ajustes necessários. A partir desses dados, poderão ser realizados cálculos e conferências das reais condições de utilização dos materiais e equipamentos que compõem a instalação elétrica.

A necessidade de manter profissionais capacitados, legalmente habilitados e autorizados à frente dos serviços ligados às instalações elétricas, é fator fundamental para garantir a segurança dessas instalações, pois todos os trabalhos devem ser registrados por meio da

emissão da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) no Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (Crea).

Com a implantação dos hospitais de campanha para atendimento aos casos de pacientes com covid-19, percebe-se que a maioria dos requisitos normativos e de segurança não foram atendidos, expondo os pacientes e trabalhadores assistenciais a diversos riscos, inclusive choques elétricos.

Sim, trata-se de uma situação emergencial para proporcionar atendimento à população nesse momento, porém, cabe destacar que, além dos hospitais de campanha, foram realizadas inúmeras adequações em EAS convencionais e em funcionamento, por meio da implantação de UTI de emergência, onde os itens de segurança também não foram plenamente atendidos.

Os hospitais de campanha serão desativados ao final dessa situação (alguns já foram), mas fica uma interrogação no caso das adequações nos EAS convencionais: Os serviços serão mantidos? As adequações normativas serão exigidas e executadas? Qual será a atuação da vigilância sanitária nesses casos? Essas são apenas algumas perguntas, entre muitas outras, para as quais teremos respostas apenas no futuro! ◻

**Roberto Krieger é engenheiro eletricista pela Udesc (Universidade do Estado de Santa Catarina) e mestre pela Furb (Universidade Regional de Blumenau). Especializou-se em Engenharia de Segurança do Trabalho e Engenharia Clínica na UFSC. É vice-presidente da ABEE/SC na gestão 2019-2021 e diretor e responsável técnico da Krieger Engenharia e Arquitetura Ltda., Blumenau/SC. Participou do grupo de trabalho GT10 da ABNT, Instalações Hospitalares da CE-03:064.01 (Comissão de estudo de instalações elétricas prediais de baixa tensão) e da revisão da norma ABNT NBR 13534 - Instalações Elétricas em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde - Requisitos de Segurança. Período: 2003 a 2005. Instrutor do Curso de Instalações elétricas em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. Instituto de Engenharia de São Paulo, promovido pela empresa Barreto Engenharia Ltda., de São Paulo. Ex-Coordenador do Departamento de Gestão Administrativa da Associação Brasileira para o Desenvolvimento do Edifício Hospitalar (ABDEH). Período: 2008 a 2019. Ex-Conselheiro da Câmara Especializada de Engenharia Elétrica (CEEE) do Crea/SC, com mandato de 01/01/2013 a 31/12/2018. Coordenador da CEEE/SC em 2016 e 2017.*

BIOFILIA: PANORAMA HOMEM-NATUREZA- CONSTRUÇÃO CIVIL

► Por Amanda Garcia, Camila Carriço, Francielle Sena Nerva, Marta Vasconcelos e Arilson Pereira Vilas Boas*

Introdução

Atualmente, sobretudo nas grandes cidades, é cada vez mais frequente o aumento do número de casos de doenças relacionadas ao estresse, como as cardiovasculares, depressão, insônia, transtornos alimentares e danos ao sistema imunológico. A falta de estímulos naturais desfavorece a qualidade da saúde dos seres humanos, e a biofilia é uma ideia que preserva a relação do homem com o meio ambiente.

O conceito que define biofilia é a “atração inata do ser humano pela natureza”. Com base nisso, o design biofílico desempenha papel importante ao reestabelecer essa conexão, já que os ambientes repletos de elementos da natureza influenciam a mente humana de forma positiva, reduzindo os níveis de estresse e ansiedade, melhorando o humor e a concentração.

Atualmente, a população mundial, em sua grande maioria, vive em ambientes urbanos (UNITED NATIONS, 2015), o que é relativamente preocupante para a saúde pública, pois, ao se comparar as cidades contemporâneas com o ambiente de adaptação evolutiva humano, percebe-se que a área urbanizada tem biodiversidade muito baixa, densidade demográfica elevada, alta taxa de impermeabilização do solo e grande utilização da queima de combustíveis fósseis (PHILIPPI Jr.; MALLHEIROS, 2005).

A partir dessas características, uma série de impactos ambientais negativos afeta a saúde dos seres humanos, comprometendo sua

qualidade de vida. A biofilia é uma forma inovadora de aproveitar a afinidade com a natureza para criar ambientes onde possamos viver, trabalhar e aprender com mais saúde, melhorando o desempenho e o bem-estar físico e mental.

Abordagem conceitual e histórica

O termo biofilia origina-se de palavras do grego: “*bios*”, que significa “vida”, e “*philia*”, que significa amor. Quer dizer, em tradução literal, “amor pela vida”.

A palavra foi popularizada pelo biólogo americano Edward O. Wilson, que em seu livro de mesmo nome, publicado em 1984, descreve a biofilia como uma tendência natural de nos voltarmos e criarmos uma ligação emocional hereditária com a natureza e os organismos vivos.

Ao longo do tempo, relações foram criadas entre o homem e a natureza. A princípio, os seres humanos tinham uma relação saudável com o meio ambiente, pois sabiam utilizar os recursos ofertados pela natureza. Porém, isso lamentavelmente mudou, e iniciou-se a degradação do meio ambiente.

Segundo o pensador Edgar Morin (2010), “a intervenção humana acelerou o desequilíbrio dos ecossistemas florestais, pelo fato da crescente capacidade humana de transformar as áreas da natureza por meio da agricultura, das construções de represas e estradas”.

Mesmo que as desconexões do meio am-

biente com o ser humano caracterizem a vida pós-moderna, que desconsidera a importância dos ricos e saudáveis laços que o homem pode estabelecer com a natureza, é relevante citar KELLERT (2007), que relembra: “a inclinação humana inata para se relacionar com sistemas e processos naturais, em especial elementos biológicos ou aparentemente vivos do ambiente natural”.

Ao longo do processo da evolução humana, o homem sempre esteve conectado com o meio ambiente, mesmo que a maioria despreze essa relação. A citação de HEERWAGEN (2009, p. 39) ilustra a experiência de nossos ancestrais com a natureza:

“Para a grande maioria da existência humana, a paisagem natural forneceu recursos necessários para a sobrevivência humana, principalmente a água, luz solar, comida animal e vegetal, materiais de construção, abrigo, vistas e fogo. O sol forneceu calor e luz, bem como informações sobre a hora do dia. Árvore de grande porte forneceu abrigo do sol do meio-dia e lugares para dormir à noite para evitar predadores terrestres. Flores e vegetação sazonal forneceram alimentos, materiais e tratamentos medicinais. Rios e cisternas forneceram o fundamento para a vida – água para beber e tomar banho, peixes e outros recursos animais para alimentação. Também forneceu um meio de navegação para chegar a terras distantes.”

De acordo com Wilson (1993) e Heerwagen (2010), essa base evolucionária é o elemento despertador para o desenvolvimento da biofilia. Consiste na filiação emocional inata com a natureza. Em outras palavras, as pessoas sentem uma necessidade básica de vivenciar o contato com a natureza.

Antes de Wilson, o psicanalista, sociólogo e filósofo Erich Fromm (1973, p. 365) já havia definido a biofilia em seu livro “The Anatomy of Human Destructiveness” (Anatomia da Destrutividade Humana) como a atração por tudo que é vivo e vital.

Outros pesquisadores, como o matemático Nikos Salingaros (2019, p. 14), ao trabalharem com a teoria do design urbano e do design arquitetônico, conceituaram o termo biofilia como “a resposta humana a seres animados e a geometrias complexas do ambiente construído que remetem ao ambiente natural”.

As pessoas possuem uma ligação emocional hereditária com o meio ambiente mesmo desconhecendo o termo biofilia. É instintivo para as pessoas, quando questionadas onde elas se sentem bem e relaxadas, que a maioria responda ser um lugar em contato com a natureza.

Nos últimos anos, muitas pesquisas foram realizadas para mitigar o estresse dos indivíduos, bem como melhorar a saúde física e mental. A Organização Mundial da Saúde (OMS) já reconhece que o estresse no meio corporativo é uma das maiores causas de depressão no mundo. Problemas de saúde e falta de bem-estar resultam em baixo desempenho de produtividade e aumento de custos de um colaborador em seu ambiente de trabalho, por exemplo.

Devido ao progresso da vida contemporânea, as pessoas não passam tempo suficiente em contato com o meio ambiente. Assim, revelou-se fundamental a incorporação da natureza aos nossos ambientes cotidianos.

Locais tidos como biofílicos surgem em resposta a essa necessidade humana de se conectar com a natureza, estendendo essa conexão a espaços urbanos construídos, apresentando virtudes importantes para a melhoria da qualidade de vida, por meio do uso de mais iluminação natural, vegetação, paredes vivas, texturas e de materiais e formas naturais, proporcionando, assim, um impacto positivo na vida e na saúde das pessoas.

Biofilia no mundo

A crescente urbanização mundial seguiu-se em metrópoles caracterizadas por estruturas em escalas industriais. Conforme o artigo “O

Impacto Global do Design Biofílico no Ambiente de Trabalho”, publicado em 2015 e promovido pela empresa multinacional Interface, especialista em pisos comerciais, os estudos globais apontam percentuais significativos nos últimos 60 anos em relação à dispersão populacional das áreas rurais para as urbanas.

Coincidentemente, países que anunciaram maior desenvolvimento econômico também apresentaram maiores índices de urbanização, entre eles o Brasil, com 51%; Indonésia, com 42%; Filipinas, com 39%; e China, com 32%.

Ainda segundo o artigo “O Impacto Global do Design Biofílico no Ambiente de Trabalho”, com base nos dados mundiais e conforme

previsibilidade da Organização das Nações Unidas (ONU), em 2030, 60% da população mundial estará alocada em recintos urbanos, o que torna evidente o processo migratório populacional em direção às cidades, desencadeando diversos problemas ambientais e sociais, como poluição, desmatamento, enchentes, redução da biodiversidade, mudanças climáticas, produção de lixo e de esgoto, entre outros.

Portanto, é de fundamental importância que critérios e métodos sejam estudados e estabelecidos para que a conexão entre o homem e a natureza seja congruente. Beatley e Newmand (2013) afirmam ser imperativa a

Imagem 1: Dados percentuais - população em áreas urbanas

| País | % da população vivendo em áreas urbanas | | Aumento |
|-----------------|---|------|---------|
| | 1950 | 2010 | |
| Austrália | 77 | 89 | 12 |
| Brasil | 36 | 87 | 51 |
| Canadá | 61 | 81 | 20 |
| China | 13 | 45 | 32 |
| Dinamarca | 68 | 86 | 18 |
| França | 55 | 78 | 23 |
| Alemanha | 65 | 76 | 11 |
| Índia | 17 | 30 | 13 |
| Indonésia | 12 | 54 | 42 |
| Holanda | 56 | 83 | 27 |
| Filipinas | 27 | 66 | 39 |
| Itália | 54 | 68 | 14 |
| Suécia | 66 | 85 | 19 |
| Emirados Árabes | 55 | 77 | 22 |
| Reino Unido | 79 | 90 | 11 |
| Estados Unidos | 64 | 82 | 18 |

Fonte <http://interfaceinc.scene7.com/is/content/InterfaceInc/Interface/Americas/WebsiteContent/Assets/Documents/Reports/Human%20Spaces/Global-Human-Spaces-Report.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

implantação da biofilia desde a escala micro, como o design de interiores e o projeto do edifício, até a escala macro, com análise do local e da região, incluindo a natureza e os elementos naturais da cidade.

A proposta de uma cidade biofílica é criar um habitat para as pessoas, que funcione como um organismo biológico, procurando aumentar a saúde, o bem-estar e o prazer do ser humano em estar em tal ambiente.

A concepção das cidades biofílicas baseia-se na utilização de elementos naturais, capazes de reduzir os efeitos das ilhas de calor, diminuindo as cargas de aquecimento e resfriamentos dos edifícios, melhorando a qualidade do ar e também reduzindo a violência urbana e a depressão da população.

O complexo Gardens by the Bay, em Singapura, é um bom exemplo da implantação da biofilia no meio urbano. Conectando seus parques, integraram aproximadamente 200 km de caminhos por meio de passarelas suspensas, que permitem seus usuários acessarem o parque por diversos pontos da cidade, incentivando e facilitando seu uso pela população, tornando-se o principal espaço recreativo ao ar livre em Singapura, bem como ponto turístico, atraindo mais visitantes para a cidade e agregando valor para a economia local.

Ainda de acordo com Beatley e Newman

(2013), a cidade biofílica oferece mais áreas verdes, recebendo mais atenção dos moradores e visitantes, e os laços de pertencimento ao lugar são mais consolidados.

Segundo Kellert e Calabrese (2015), a aplicação bem-sucedida do design biofílico sustenta a criação de uma comunidade natural robusta e sustentável, tendo benefícios emocionais e fisiológicos positivos, como a diminuição da tensão, da raiva e da depressão, além de as áreas verdes tornarem-se pontos de interação e socialização entre os residentes.

Como projeto conceituado no tema biofílico, podemos citar também a nova sede corporativa da empresa varejista Amazon, projetada pelo escritório americano Naramore, Bain, Brady & Johanson (NBBJ), denominada "As Esferas".

Localizada em Seattle, Washington, nos EUA, a edificação é composta por um trio de esferas em vidro conectadas, variáveis de três a quatro pavimentos. As áreas internas possuem planos amplos com recintos para reuniões e lojas varejistas que acolhem um jardim botânico com espécies retiradas de florestas de todos os continentes e 50 países, totalizando 40 mil plantas, que podem ser observadas de qualquer ponto da edificação.

A organização definiu o projeto como "um vínculo direto com a natureza" para seus colaboradores. Após estudos sugeridos, con-

Imagem 2. Vista área e interna dos Gardens By the Bay



Fonte: <https://www.isango.com/theguidebook/visiting-gardens-bay>. Acesso em: 4 maio 2020.

Imagem 3: Fachada e vista interna - Amazon



Fonte: <https://www.archdaily.com/920029/amazon>. Acesso: 15 abr. 2020.

cluiu-se que espaços adaptados ao design biofílico são capazes de aperfeiçoar significativamente a criatividade e o desempenho das funções cerebrais.

Estudos realizados por Heervagen e Iloftness (2012) apontam que os espaços de varejo que utilizam o design biofílico são mais valorizados pelas pessoas, resultando em maior valor de mercado.

Inaugurada em 2018 e projetada pelo escritório de arquitetura Foster & Partners, a loja da Apple em Macau, sul da China, é um exemplo do uso da biofilia, desde a concepção do projeto até a construção do edifício.

Com o uso de muita iluminação natural,

conta com uma claraboia com aberturas perfuradas e um bosque de bambus. Reforçada pela fachada envidraçada, seu interior apresenta vista para uma tela de bambu, passando uma sensação de proteção enquanto forma uma conexão harmoniosa entre o interior e o exterior.

Sua fachada e o uso de bambus, matéria-prima da própria região, criam um espaço contemplativo e convidativo para os pedestres, formando uma praça externa de eventos.

Segundo informações do portal G1, publicadas em 2013, sobre pesquisas do Centro para Meio Ambiente e Saúde da Universidade de Chiba, no Japão, orientadas pelo an-

Imagem 4. Fachada e interior da loja Apple, em Macau



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/897539/pedra-vidro-e-bambu-nova-loja-da-apple-em-macau-por-foster-plus-partners>. Acesso: 4 abr. 2020.

tropólogo e professor Yoshifumi Miyazaki, as plantas, os jardins e as fitocidas possuem efeitos comprovadamente benéficos para a sociedade.

Biofilia em São Paulo

Um caso de espaço biofílico no estado de São Paulo é a sala VIP da empresa American Express, no Aeroporto Internacional de São Paulo, em Guarulhos. Localizada no mezanino do Terminal 3, em frente ao lounge da Star Alliance, a sala é administrada pela Amex em parceria com a concessionária GRU Airport.

Podemos observar nesta sala a utilização de um jardim vertical, que confere ao ambiente beleza, purificação do ar, além de manter o espaço com uma temperatura agradável.

Fora do espaço restrito da sala VIP, há uma área mobiliada apenas com espreguiçadeiras. Neste ambiente, pode-se observar o uso de claraboia, aproveitando a iluminação natural, além de proporcionar aos passageiros um local para descanso até a saída de seus voos. No interior da sala VIP, há vasos com árvores plantadas que impressionam e enfeitam o am-

biente, trazendo sensação de conforto e bem-estar, além de melhorar a qualidade do ar.

Outro exemplo que podemos citar na cidade de São Paulo é o Edifício Floresta Urbana, com previsão de término para 2022. Será o primeiro prédio construído inteiramente em madeira.

O edifício está localizado na Vila Madalena, um dos bairros mais famosos de São Paulo, e nasceu de uma parceria entre a empresa Amata, que explora e comercializa madeiras, e o escritório franco-brasileiro de arquitetura Triptyque, que é experiente nessa área e já realizou diversos projetos em outros países, principalmente na Europa.

Esse projeto contará com 13 pavimentos dispostos em uma área de 5.500 m² e terá um programa de usos múltiplos como coliving, lojas e restaurantes. A estrutura será construída em madeira laminada cruzada, conhecida como Cross Laminated Timber (CLT), que são lâminas de madeira maciça coladas em direções cruzadas, sendo uma na horizontal e outra na vertical, resultando em um material altamente resistente que permite construções desse porte.

Imagem 6. Painel Vivo e arvores em vaso



Fonte: <https://passageirodeprimeira.com/inaugurada-a-nova-sala-vip-da-american-express-no-aeroporto-de-guarulhos-gru>. Acesso em: 18 maio 2020.

Imagem 7. Projeto fachada e perspectiva Edifício Floresta Urbana



Fonte: <https://triptyque.com/fr/project/amata-fr/>
Acesso em: 19 maio 2020.

A ideia do empreendimento é ter áreas públicas e privadas que interajam com a cidade, onde se pode aproveitar um estilo de vida mais consciente. A madeira é vista como uma alternativa de menor impacto ambiental para a construção civil. Por ser renovável e estar em uma cadeia produtiva de absorção de dióxido de carbono, o ganho energético é enorme, afinal, construir com madeira é como se a gente construísse com CO₂, já que a “poluição” foi sequestrada pela árvore em seu crescimento.

Além da questão ambiental, outro ponto importante e pertinente é que estar dentro de um edifício envolvido por materiais naturais melhora as emoções, alivia o estresse, além de aumentar a produtividade e a concentração.

Estudos apontam que o cheiro da madeira traz uma sensação calmante. Durante uma entrevista, Carol Bueno, arquiteta responsável pelo projeto, afirmou que “um grupo de pesquisadores japoneses fez um estudo dos benefícios intangíveis dos edifícios de madeira e conseguiram medir que crianças, por exemplo, conseguem se concentrar mais”. Portanto, habitar em um empreendimento de madeira possibilita ao indivíduo essa experiência sensorial constante.

Considerações finais

O desenvolvimento do estudo disposto neste artigo possibilitou a compreensão e a análise estendida do termo biofílico, com destaque para sua funcionalidade benéfica dentro do contexto da construção civil, conceituando a premissa da relação entre homem e natureza, reforçados pelas literaturas expressas dos conceituados autores citados.

Os estudos apresentados tipificam, explicitamente, que a modernização laboral advinda principalmente de períodos pós-Revolução Industrial ocasionou adversidades relacionadas à saúde humana, dentre elas, o estresse, a ansiedade e outros transtornos comportamentais.

A biofilia apresenta-se como alternativa contemporânea para as empresas de construção civil, proporcionando prerrogativas para todos os usuários e incentivos nos quesitos de produtividade e eficiência laboral, tornando os processos e ambientes amplamente acolhedores, facilitando a obtenção dos objetivos projetuais e construtivos iniciais propostos.

Em 2020, a sociedade e o mundo corporativo vivenciam a crescente expansão da modalidade de expediente em *home office*, devido à inesperada pandemia da covid-19.

No universo da construção civil, já é possível vislumbrar tendências promissoras para os novos ambientes de trabalho. Nestes, a natureza biofílica suportará exploração intensa e de forma personalizada, reposicionando empresas construtoras que apostarem na biofilia, em vanguarda do mercado no qual atuam.

Os proveitos da concepção biofílica para a saúde de todos os desfrutadores, seja em ambientes corporativos ou individuais, contextualizam a aplicação dos métodos e materiais

nas obras, objetivando a saúde e a qualidade de vida das pessoas, tornado as entidades aplicadoras em vanguarda do mercado atual.

**Amanda Garcia é graduada em engenharia civil pela Uninove-SP; Camila Carriço é graduada em arquitetura e urbanismo pela UAM-SP; Francielle Sena Nerva é graduada em arquitetura e urbanismo pela UAM-SP, Marta Vasconcelos é graduada em arquitetura e urbanismo pela UAM-SP; e Arilson Pereira Vilas Boas é professor MSc, orientador, economista, contabilista, especialista em economia de empresas e mestre em comunicação.*

Referências bibliográficas

- BRITTO, Fernanda. O que é uma cidade biofílica? ArchDaily, 23 fev. 2013. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-99393/o-que-e-uma-cidade-bioflica>. Acesso em: 14 fev. 2021.
- DRUMOND, Fernanda. Bienal de Veneza: prédio escalonado e de madeira da Vila Madalena. CASACOR, 8 jun. 2018. Disponível em: <https://casacor.abril.com.br/noticias/bienal-de-veneza-predio-escalonado-e-de-madeira-da-vila-madalena/>. Acesso em: 14 fev. 2021.
- FIRMINO, Lorenzo. Inaugurada a nova sala VIP da American Express no Aeroporto de Guarulhos (GRU). Passageiro de Primeira, 17 jul. 2019. Disponível em: <https://passageirodeprimeira.com/inaugurada-a-nova-sala-vip-da-american-express-no-aeroporto-de-guarulhos-gru/>. Acesso em: 14 fev. 2019.
- HEERWAGEN, J.; ILOFTNESS, V. The economics of biology: Why designing with nature in mind makes financial sense. New York: Terrapin Bright Green, 2012.
- KELLERT, S.; HEERWAGEN, J.; MADOR, M. Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life. New Jersey: John Wiley, 2008.
- KELLERT, S. R.; CALABRESE, E. F. Nature by Design: The Practice of Biophilic Design. New Haven: Yale University Press, 2015.
- SALINGAROS, N. A. The Biophilic Index Predicts Healing Effects of the Built Environment. JBU: Journal of Biourbanism, v. 8, n. 1, p. 1-23, Feb. 2019.
- WALSH, Niall Patrick. Pedra, vidro e bambu: nova loja da Apple em Macau por Foster + Partners. ArchDaily. Tradução: Camilla Sbeghen, 7 jul. 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/897539/pedra-vidro-e-bambu-nova-loja-da-apple-em-macau-por-foster-plus-partners>. Acesso em: 14 fev. 2021.
- <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/os-problemas-ambientais-urbanos.htm>
- RAPPA, Marina. Já pensou em morar em um prédio inteiro de madeira? Saiba como ele é feito. 6 Minutos, 28 abr. 2020. Disponível em: <https://amatabrasil.com.br/ja-pensou-em-morar-em-um-predio-inteiro-de-madeira-saiba-como-ele-e-feito/>. Acesso em: 14 fev. 2021.
- HANHIMAKI, Jussi M. Hanhimäki (UNITED NATIONS, 2015), The United Nations: A Very Short Introduction.
- PHILIPPI JR, A.; MALHEIROS, T.F. Gestão ambiental local: estratégia para integrar qualidade ambiental urbana e desenvolvimento humano. Brasília: Liber Livro, 2010, p. 2756.
- KELLERT, Stephen R. The Value of Life: Biological Diversity And Human Society, 2007.
- HEERWAGEN, J.H (2009). Biophilia, health and well-being. In Campbell L and Wiese, A (EDS) Restorative Commons: Creating Health And Well-being through Urban Landscape Gen. Tech Rep. NRS - P39.
- WILSON, E. O. Biophilia and the conservation ethic, 1993.
- HEERWAGEN, J. Biophilia, health and well-being, 2010.
- SALINGAROS, Niko. A Theory of Architecture, 2019, p.14.
- BEATLEY, Beatley; NEWMAN, Peter. Biophilic Cities Are Sustainable, Resilient Cities. Sustainability 2013.
- FROOM, Erich. The anatomy of human destructiveness, 1973, p.365.
- KELLERT, S.; CALABRESE, E. The practice of Biophilic Design, 2015.

Premiação das Divisões Técnicas 2020 é realizada com homenagens

O evento em comemoração ao Dia do Engenheiro, celebrado em 11 de dezembro, foi realizado pelo Instituto de Engenharia com uma série de premiações e homenagens.

A Premiação das Divisões Técnicas, homenagem realizada anualmente pelo IE para reconhecer o trabalho empenhado no ano, foi o destaque da noite. O Departamento de Engenharia de Produção foi o responsável pelas duas DT's premiadas, a de Tecnologias Digitais e a de Avaliações e Perícias.

Na categoria Trabalhos Técnicos, "Engenharia de perícias e avaliações", de



Confira a íntegra da cerimônia no QR Code

Instituto de Engenharia



Jerônimo Cabral, VP de Atividades Técnicas, apresenta os contemplados da Premiação das DT's.

autoria de Ricardo Imamura, foi o melhor do ano. Já "Análise da conexão ao aeroporto de Guarulhos", que conta com diversos autores, foi o melhor trabalho de interesse do setor público. "Análise de segunda ordem de estruturas em concreto armado" foi premiado por melhor trabalho ligado ao exercício da profissão.

A noite ainda contou com a homenagem aos Melhores Alunos 2019 e a entrega do diploma do Prêmio Instituto de Engenharia – Jornalismo Nacional a Clara Velasco, repórter do G1.

Confira os cursos do IE e deixe sua sugestão para novos temas!

No portal de conteúdo do IE você encontra as notícias mais recentes sobre engenharia e toda nossa agenda de eventos e cursos.

Acompanhe as webinars, cursos, encontros e reuniões do Instituto de Engenharia e deixe sua sugestão. Faça parte de nossa comunidade!

AGENDA ENQUETE CURSOS



IE se reúne com entidades para criação de agência de Petróleo & Gás

O vice-presidente de Relações Externas do Instituto de Engenharia, Ricardo Kenzo, e José Eduardo Frasca Poyares Jardim, conselheiro e coordenador do Grupo de Trabalho Petróleo e Gás do IE, participaram de uma reunião por videoconferência promovida pela Câmara de Petróleo e Gás da Associação Comercial de Santos (ACS).

O encontro teve a finalidade de defender os interesses *offshore* na Baixada Santista, assim como fomentar novos projetos voltados à área de pe-



Reprodução / IE

Reunião debateu novos projetos voltados à área de petróleo e gás

tróleo e gás e criar uma Agência de Desenvolvimento no Estado de São Paulo.

O Instituto de Engenharia sempre deu lugar de destaque às iniciativas de

petróleo e gás em sua Casa. Além da série de workshops, com quatro encontros, criou recentemente um grupo de trabalho especializado no tema.

O Instituto de Engenharia lança novo caderno especial: Amazônia e Bioeconomia

O Brasil é o país com a maior biodiversidade do planeta. Este ativo, se utilizado com sabedoria e sustentabilidade, pode representar um forte movimento de reindustrialização, e por consequência de desenvolvi-

mento econômico. Um dos pilares fundamentais para que isso ocorra é a Engenharia.

Sob a coordenação do Eminentíssimo Engenheiro do ano de 2020, Carlos Nobre e do conselheiro, George Paulus Dias foram ouvidas pessoas do governo, da academia e do setor privado para construção do documento. Com esse caderno o Instituto indica uma pauta para debate e de ações que permitirá ao Brasil ampliar seu protagonismo na nova Bioeconomia.



Capa do caderno especial



Acesse o documento e o evento de lançamento pelo QRCode

Série Diálogos Hidroviáveis é finalizada após dez palestras



Palestra "O turismo fluvial estruturado como motor de desenvolvimento urbano social e econômico"

A série de eventos Diálogos Hidroviáveis, uma realização do Instituto de Engenharia, em parceria com o Movimento Pró-Logística, encerrou após quatro meses, com um total de dez palestras, que abordaram os mais diversos temas envolvendo hidrovias.

Segurança na navegação, emissão de fundos verdes, inovação e tecno-

logia, desenvolvimento urbano estruturado por hidrovias, turismo fluvial e navegação na Amazônia foram alguns dos assuntos debatidos por grandes nomes da área.

A série de eventos contou ainda com a divulgação de um relatório.

Confira a íntegra dos eventos e o estudo no *hotsite* do evento pelo QR Code



Nota de falecimento: colaborador mais antigo

Na tarde do dia 30 de janeiro, o Instituto de Engenharia perdeu seu mais antigo colaborador e amigo, Dagoberto Barreto. Palmeirense fanático, por coincidência, naquela tarde, seu time do coração se tornaria campeão da Libertadores. Seu Beto, como foi carinhosamente apelidado por seus colegas de profissão, tinha 67 anos e ingressou no IE no auge de sua juventude, com 19 anos, em 1973. Responsável pelo almoxarifado e pelas questões

internas, auxiliava também nas partes técnicas e audiovisuais dos eventos.

Muito carismático, Seu Beto sempre estava sorrindo e brincando com seus colegas. Com muitos anos de Casa, também conhecia todos os associados e diretores do Instituto, sabendo seus nomes de cor.

Era sempre um dos primeiros a chegar ao Instituto e saudava os colaboradores e participantes do Instituto de En-

genharia com seu bom dia atencioso.

Em sua salinha, sempre com o rádio ligado ouvindo as notícias, passava os dias em meio a papéis e cartas, auxiliando seus colegas que vinham pedir ajuda com a impressão ou precisando de canetas. Hoje, sua salinha está vazia, assim como nossos corações.



Dagoberto Barreto | Arquivo IE

Por Ana Farah

ENGENHEIRO MULTIDISCIPLINAR E ASSOCIADO REMIDO



Divulgação

► Por Ana Farah

O Instituto de Engenharia perdeu, em dezembro de 2020, o associado remido Augusto Carlos de Vasconcelos. Participante desta Casa desde 1948, Vasconcelos nos deixou aos 98 anos, tendo cooperado para o avanço da engenharia de forma ímpar.

Engenheiro mecânico, civil e elétrico, atuou de forma multidisciplinar e foi também professor. Formado pela Escola Politécnica da USP, Vascon-

celos é autor e coautor de dezenas de livros e centenas de artigos acadêmicos e técnicos.

Conhecido por sua disponibilidade com jovens engenheiros, sempre semeou a amizade e o respeito aos colegas.

Bem-humorado, otimista e humilde, valorizou a engenharia brasileira, em especial, a estrutural, e contribuiu de forma incomparável para a utilização de estruturas de concreto.

Atuou em grandes instituições de ensino, como Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Escola Politécnica da USP e Universidade Mackenzie, e nas principais entidades da área: a Associação Brasileira de Engenharia Consultiva (Abece), o Instituto Brasileiro de Concreto (Ibracon) e o Instituto de Engenharia, que tem orgulho de tê-lo tido como associado.

ENGENHEIRO E ASSOCIADO DESDE 1956



Arquivo pessoal

Em outubro de 2020, o Instituto de Engenharia teve uma grande perda. Seu amigo e membro do Conselho Consultivo Jorge Pinheiro Jobim nos deixou, após uma longa trajetória como engenheiro civil.

Formado pela Escola Nacional de Engenharia (ENE) e pós-graduado pela Escola Politécnica da USP, foi certificado pela Dispute Resolution Board Foundation (DRBF), nos Estados Unidos, e um dos pioneiros na implementação do *Dispute Board* como ferramenta de solução de controvérsias no Brasil.

Grande viajante, Jobim conheceu diversos lugares, sempre acompanhado de seus filhos e netos. Aventurou-se no deserto do Atacama, nas geleiras da Patagônia, nos safaris da África, nos fiordes da Noruega e em tantos outros destinos. Grande enófilo, participou dos encontros da SocIÉtá, grupo do Instituto voltado aos associados amantes do vinho.

Sempre de bom humor, era um homem humilde, com uma empatia do tamanho de seu coração, enorme. Muito ligado à família, fez uma tatuagem com a neta, gravando em sua pele o amor por seus descendentes.

Era também árbitro da Câmara de Mediação e Arbitragem do Instituto de Engenharia (CMA-IE), tendo atuado com esmero e destaque.

Associado ao Instituto de Engenharia desde 1956, Jorge Pinheiro Jobim deixará saudades. ■

A ERA DO ACESSO

► Por Flavia Bertkevicius Cruz*

Em primeiro lugar, devo este título à leitura que fiz do livro “Tempos Interessantes”¹, de Eric Hobsbawm, historiador inglês. Nesta autobiografia, Hobsbawm já destacava o grande avanço da tecnologia, então fiquei imaginando que o próximo livro dele sairia com o mesmo título deste artigo.

Você talvez ainda não tenha percebido isso, mas, de uns 10 anos para cá, ter acesso é mais importante do que ter posses. Antes, lá nos idos da década de 1970, existiam grandes ritos de passagem, como ter seu telefone, seu próprio carro, ter a casa própria etc.

Não é mais assim. Pergunte a um jovem de 18 anos, hoje, o que é mais importante para ele, tirar carta e ter seu próprio carro ou ter o último modelo daquele *smartphone*? A resposta que recebi foi “para que carta e carro, se posso pedir um carro pelo aplicativo?”

Computação em nuvem, inteligência artificial, internet das coisas deixaram de ser ficção científica para alterar o modo como nos comportamos no dia a dia. A automação deixou de ser algo visto apenas nas indústrias e alcançou as residências.

A quem devemos isso? Em parte, com certeza, à miniaturização dos componentes eletrônicos, que permite que um telefone tenha milhões de vezes mais processamento que o primeiro computador. É aqui que entra meu tema, caros senhores. Chegamos a uma era em que tudo gira em torno de assinaturas e aplicativos. O importante não é ter TV, o importante é ter mais e mais canais na sua TV, mesmo que ela esteja dentro do seu celular.

Não é ter carro, é ter como pedir o melhor carro no aplicativo.

O *coworking* veio para ficar. Muitos que deixaram o escritório por conta da pandemia não retornarão. Escritório compartilhado não é mais novidade nem coisa apenas de *startups* e *startupeiros*. Cada vez mais, o importante é ter o acesso, não importa de onde, desde que esteja disponível, naquele dia e naquele horário, para aquela videoconferência.

Quando foi a última vez que você fez uma ligação usando uma linha telefônica, e não pelo aplicativo? Você sabia que aquele computador que você usa no seu bolso e chama de celular também serve para isso? Mostre um aparelho telefônico a uma criança e ela terá o mesmo espanto que você um dia teve ao ver um gramofone.

Contudo, precisamos prestar atenção para não perdermos nossa essência. Alguns têm medo dessa evolução tecnológica, mas é preciso lembrar que, ainda assim, ela depende e sempre dependerá da mente humana.

A tecnologia, em sua essência, não é boa ou má. É o ser humano, com acesso ela, que a torna uma coisa ou outra. É o fator humano que dá as limitações do acesso, além do conteúdo e do contexto. □

1. “Tempos Interessantes. Uma vida no século XX”, de Eric J. Hobsbawm. Tradução de S. Duarte. São Paulo, Companhia das Letras, 2002.

* Flavia Bertkevicius Cruz é diretora do Departamento de Tecnologia e Ciências Exatas do Instituto de Engenharia.

OS VINHOS BIOLÓGICOS

► Ivan Carlos Regina*

Os hábitos de consumo dos alimentos mudaram. Com o vinho, não poderia ser diferente.

A febre dos produtos mais saudáveis, produzidos ecologicamente de forma correta, sem o uso de pesticidas em seu cultivo, é uma tendência mundial.

A parreira é uma planta que precisa de muitos defensivos químicos. A utilização de pulverizações em seu crescimento é bastante frequente, bem como o uso de bactericidas e outros aditivos aos vinhos, depois de prontos.

No primeiro nível de comprometimento estão os produtores que adotam o conceito de *agriculture raisonnée*, que poderia ser traduzido como agricultura racional, que leva em consideração a proteção do meio ambiente, a saúde e o bem-estar animal. O princípio central dessa agricultura sustentável é otimizar o resultado econômico por meio do controle das quantidades de insumos utilizados. Produtos químicos são utilizados somente em último caso e, mesmo assim, a intervenção é reduzida em proporções mínimas e adequadas ao controle de fungos e parasitas das uvas.

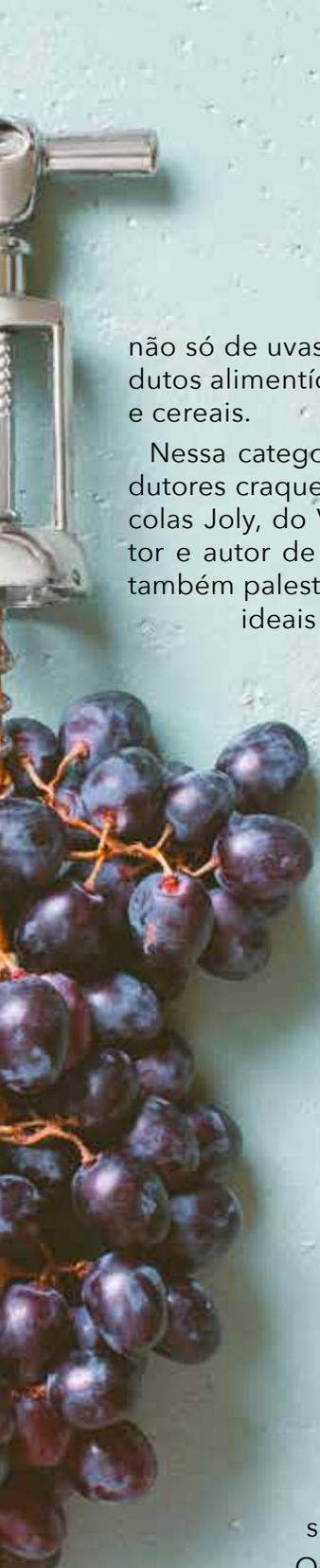
Num segundo nível, encontramos os produtores biológicos, que não fazem uso de nenhum defensivo agrícola químico na uva e procuram minimizar a utilização de conservantes nos vinhos. Valem-se dos métodos mais tradicionais de cultivo para colher uvas

mais saudáveis, cuja qualidade se refletirá nos vinhos que produzem.

Esses agricultores procuram revitalizar o solo apenas com a adição de matérias orgânicas, obtendo o chamado vinho orgânico ou biológico. Eles também se utilizam da adição de dióxido de enxofre, por considerá-lo um produto obtido na natureza, assim com a calda bordalesa, uma infusão de fumo que pode ser aspergida sobre a videira para a prevenção de pragas.

Com um pensamento diferente, os produtores biodinâmicos se inspiram nos preceitos e teorias emanadas de Rudolf Steiner, filósofo e pensador místico que proferiu, no início do século XX, uma série de palestras que deu origem a impactantes ramos pragmáticos do pensamento humano, como a medicina antroposófica, a pedagogia Waldorf e a agricultura biodinâmica, utilizada em diversas partes do mundo para cultivo





não só de uvas, mas também de outros produtos alimentícios, como hortifrutigranjeiros e cereais.

Nessa categoria, encontramos muitos produtores craques, de primeira linha, como Nicolas Joly, do Vale do Loire francês, agricultor e autor de vinhos famosos e caríssimos, também palestrante e ferrenho defensor dos ideais biodinâmicos.

Esta metodologia prevê algumas práticas curiosas, como aspergir camomila diluída sobre as plantas ou enterar chifres de vaca com estrume em partes específicas do vinhedo.

Apesar dessas práticas pouco ortodoxas, o mais incrível é que essa metodologia funciona, pois cada vez mais produtores vêm aderindo a seus métodos, que também pregam a volta às antigas tradições vinícolas, em especial uma adequação entre as intervenções na vinha com fenômenos astronômicos, como as fases da lua. A ideia da recomposição do solo também existe, fazendo com que as uvas compartilhem seu espaço na terra com outras plantas nativas, formando um todo ecologicamente sustentável.

Os biodinâmicos também se utilizam do dióxido de enxofre, que é usado em todos os locais de produção de vinho no mundo, sendo raríssimos os casos relatados de intolerância ao seu uso.

No topo da cadeia encontram-se os produtores mais radicais, que produzem os chama-

dos vinhos naturais, que não utilizam nenhum defensivo químico na vinha nem adicionam produtos aos vinhos antes ou depois de sua fabricação.

Esse tipo de vinho não costuma envelhecer bem, pois os cuidados fitossanitários necessários são muito complexos, e o equilíbrio do vinho dificilmente se mantém por muitos anos. Em alguns casos, a bebida sofre alterações poucos meses depois de produzida.

Até agora, limitei-me a enumerar fatos e condições, sem dar a minha opinião sobre o assunto. De forma resumida, creio que a agricultura racional e a biológica são importantes práticas para a manutenção do equilíbrio ecológico do planeta, pois a videira está entre os cultivos mais importantes do mundo.

Já no caso dos biodinâmicos, a qualidade dos produtos fala por si, e o fato é que essa filosofia de produção tem dado bons resultados e é cada vez mais difundida.

Apesar de já ter bebido alguns (poucos) bons vinhos naturais, creio que esse método de produção ainda precisa amadurecer um pouco mais, principalmente encontrando soluções condizentes com seus princípios, permitindo ao vinho envelhecer de forma mais consistente em termos qualitativos.

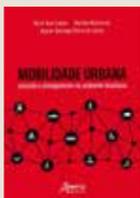
Sem dúvida, o meio ambiente será cada vez mais importante para que encontremos, como espécie, a maneira de progredirmos sem matarmos o planeta que habitamos.

Dentro desse equilíbrio, não podemos deixar de brindar à nossa saúde! ◻

**Ivan Carlos Regina é engenheiro do setor de transporte público, associado do Instituto de Engenharia e autor dos livros "Vinho, o Melhor Amigo do Homem" e "Harmonizando Vinho & Comida". E-mail: ivanregina@terra.com.br*

MARTORELLI, Martha;
LOPES, Dario Rais; COSTA,
Aguiar Gonzaga Vieira da

Mobilidade urbana: conceito e planejamento no ambiente brasileiro



São Paulo – SP
Appris Editora Firek
Educação, 2020, 205 p.

O livro é resultado da experiência dos autores na área da mobilidade urbana. A ideia de sua elaboração surgiu quando trabalharam juntos na Secretaria Nacional do Transporte e da Mobilidade Urbana, do então Ministério das Cidades, com o objetivo de detalhar as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana e orientar prefeituras e governos estaduais para o conjunto de projetos que receberiam recursos federais voltados para essa área.

LUCCHESI, Claudio

O Voo do Impossível – A história do bandeirante, o avião que gerou a Embraer



São Paulo – SP
Rota Cultural, 320 p.

Com mais de cem fotos históricas e ilustrações especialmente feitas pelo artista Anderson Subtil, a obra é uma homenagem aos 90 anos de Ozires Silva, líder do programa da aeronave

e da fundação Embraer e vencedor do Prêmio Eminente Engenheiro do Ano, em 1980. Pela primeira vez, é contada toda a história do EMB-110 Bandeirante, o avião que gerou a criação da Embraer. O autor, que atua no segmento há mais de 20 anos, teve acesso a documentos originais, muitos restritos, e entrevistou diversos personagens dessa história, incluindo Ozires Silva. O livro traz, ainda, anexos com detalhes técnicos e de operadores, militares e civis.

SILVA, Luiz
Eduardo Garcia

Perspectivas e desafios da economia brasileira no pós-pandemia



Rio de Janeiro – RJ
Editora Konrad Adenauer,
2020, 84 p.

Além da pandemia da covid-19, o ano de 2020 será lembrado pela crise na atividade econômica. Com o objetivo de contribuir com possíveis soluções para atenuar os efeitos, o livro traz uma série de oito textos, em formato de *policy papers*, análises sobre os condicio-

nantes atuais e medidas que possam fomentar a economia brasileira.

CZYMMECK, Anja

XVII Forte, Novas fronteiras, desafios e soberania frente aos desafios globais



Rio de Janeiro – RJ
Editora Konrad Adenauer,
2020, 142 p.

O livro reúne os debates sobre fronteiras tradicionais, econômicas e digitais feitos na XVII Conferência de Segurança Internacional do Forte de Copacabana. Organizada pela Fundação Konrad Adenauer e pelo Centro Brasileiro de Relações Internacionais, com o apoio da Delegação da União Europeia no Brasil, a conferência aconteceu em formato virtual, em setembro de 2020, e reuniu especialistas como Fernando Azevedo e Silva, ministro da Defesa do Brasil; David McAllister, presidente da Comissão de Assuntos Externos do Parlamento Europeu; e o embaixador da União Europeia no Brasil, Ignacio Ybáñez.

**OS ARTIGOS TÉCNICOS
DO INSTITUTO DE
ENGENHARIA NA
PALMA DA SUA MÃO**



MAIS DE TRINTA MIL PÁGINAS DE IMPRENSA PARA VOCÊ ACESSAR



**FAÇA SUA ASSINATURA OU
ADQUIRA UM EXEMPLAR ESPECÍFICO**

IMPRENSA
OS FATOS MUDAM,
OS PRINCÍPIOS NÃO. **Editorial**

Acervo
IMPRENSA
A HISTÓRIA DA IMPRENSA EM UM SÓ LUGAR

Desde a sua criação, em setembro de 1987, IMPRENSA se manteve fiel em acompanhar o trabalho da mídia e seu amadurecimento.

Mais de trinta mil páginas resgatam os principais fatos da imprensa brasileira. Você pode ter acesso a todo este conteúdo no seu desktop, tablet ou celular.

Acesse acervoimprensa.com.br ou procure por “Revista IMPRENSA” e “GoRead”, disponíveis na App Store e no Google Play.



Acesse a Loja IMPRENSA pelo portalimprensa.com.br ou entre em contato pelo e-mail comercial@revistaimprensa.com.br

PR RECOGNITION

Professional & Vocational Qualifications for Germany

Você já ouviu falar no ProRecognition Brasil?

O **ProRecognition** é um serviço gratuito de orientação para profissionais de nível técnico e superior que tenham formação completa e querem validar os seus diplomas para trabalhar na Alemanha.

Para receber a orientação gratuita, basta preencher três requisitos:

- 1 **Formação completa**
- 2 **Conhecimentos no idioma alemão e**
- 3 **Experiência profissional na área de formação**

Se você ainda não fala alemão, então corra para aprender o idioma! **A Alemanha, maior potência da Europa, está procurando por profissionais como você.**

Acesse o site e saiba mais!

 www.prorecognitionbrasil.com.br

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

DIHK

Deutscher
Industrie- und Handelskammertag



AHK

Deutsch-Brasilianische
Industrie- und Handelskammer
Câmara de Comércio e Indústria
Brasil-Alemanha