

Ano 14 Edição 47 DEZ 2025



REVISTA MINEIRA DE ENGENHARIA

ENGENHEIRO DO ANO 2025

Referência técnica e de valor

Elzo Nassaralla

Lugar de mulher
é em STEM
Pág. 14 a 17



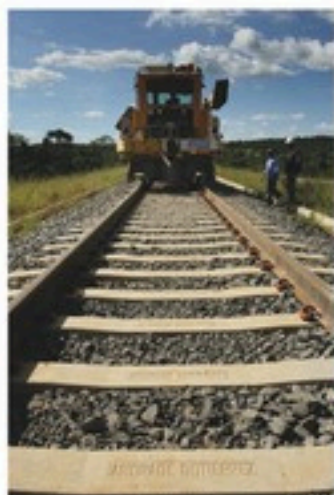
Aliança por um
caminho seguro
Pág. 59 a 62





**ANDRADE
GUTIERREZ**

A Andrade Gutierrez possui mais de 77 anos de experiência, já executou mais de mil projetos e se consolidou como uma das maiores empresas de engenharia de grande porte e alta performance do mundo. Participamos de obras que ajudam no desenvolvimento da sociedade.



Sempre à frente do seu setor, e alinhada às melhores práticas, a AG inova todos os dias na forma de pensar e fazer engenharia para enfrentar grandes desafios.

andradegutierrez.com.br

EDITORIAL



Bem-vindos à 47ª edição da Revista Mineira de Engenharia. Ela traz o que somos e o que buscamos. Vitrine e reflexo de uma entidade longeva e de boa reputação. Um percurso que exige compromisso e responsabilidade. Neste ano, em especial, dedicamos atenção ao processo de modernização institucional da entidade, promovendo discussões sobre a atualização do Estatuto Social em conformidade com a Lei 13.019, de 2014, conhecida como Marco Regulatório das Organizações da Sociedade Civil.

A revisão estatutária busca definir e reconhecer o papel histórico da SME na promoção do desenvolvimento humano por meio da engenharia. Em nossa gestão, centramos esforços em áreas de interesse social como educação e inovação tecnológica, meio ambiente e sustentabilidade, cultura e patrimônio, assistência social, saúde e políticas urbanas.

Esse novo enquadramento jurídico e conceitual nos permite firmar termos de colaboração e fomento com entes públicos e privados, além de adotar padrões de transparência e governança compatíveis com as melhores práticas do terceiro setor. A atualização do Estatuto marca um ponto de inflexão histórica na trajetória da SME. Miramos o centenário, em 2031. Uma boa estrada a percorrer, com bases sólidas de governança, inovação e impacto social.

O caminho nos ensina. É o que mostramos na matéria de capa, que traz o perfil de Elzo Jorge Nassaralla, Engenheiro do Ano 2025. Aos 92 anos, ele é membro ativo da Comissão Técnica de Transporte da SME. “Ele é prova que nosso ofício deve ser feito com responsabilidade e leveza, em agradecimento à dádiva que nos é dada de moldar o desenvolvimento do mundo”, assinala no texto Nelson Dantas, coordenador da CTT.

É verdade. Quem roda por Minas Gerais avança ao destino com mais segurança e conforto em razão de projetos de Elzo Nassaralla. Engenheiro civil e eletrotécnico formado na Universidade Federal de Juiz de Fora em 1956, ele lembra detalhes de grandes obras e personagens que ajudaram a construir a história de tantos traçados rodoviários deste país continental.

EDITORIAL

Também convido o leitor à apreciação de pautas que são caras para nós. **Reiteramos nosso compromisso por mais meninas e mulheres em áreas STEM. Com o Prêmio Maura Menin, colocamos a entidade na Agenda 2030 da ONU e celebramos nossas referências femininas.** É didático, devemos construir juntos um ambiente mais favorável: começar em casa e na pré-escola. E seguir até o ensino médio, quando as jovens estão decidindo qual carreira seguir. “Depois, precisamos conhecer as pioneiras por meio de publicações, exposições e palestras”, ensina Alice Castilho, pesquisadora do Serviço Geológico do Brasil. Ela recebeu, em agosto deste ano, o Prêmio Maura Menin.

Destacamos em outra reportagem a Semana da Engenharia – evento realizado em parceria com o Centro Universitário Dom Helder e o Crea-MG. Um dos temas centrais foi a gestão de águas pluviais. Pensar como a drenagem urbana deve ser prioridade diante dos eventos extremos, resultado da emergência climática. Estamos atentos aos dados e alinhados às recomendações dos especialistas. Nesse caminho, celebramos avanços em pautas que definem a instituição e a defesa da engenharia.

Conseguimos também medir impactos internamente. **Em 2025, a entidade deu um passo significativo ao aprimorar seu entendimento institucional sobre a gestão e valoração do trabalho voluntário, consolidando-o como um ativo imaterial: um patrimônio humano e intelectual que traduz o impacto social e o valor agregado do engajamento técnico.** Engenhar soluções úteis exige boa relação com as pessoas e o contexto em que elas vivem. O voluntariado é o elo que mantém essa conexão viva entre a técnica e o humano, entre o saber e o servir. E assim seguiremos.

Assinamos, no dia 6 de outubro, a Carta de Intenção com a Defesa Civil do Estado a fim de capacitar municípios para a prevenção e preparação diante de eventos hidrológicos extremos em Minas Gerais. A Carta registra o alinhamento institucional e a intenção de colaboração técnica entre as partes para apoiar e viabilizar ações relacionadas ao Observatório Atuação, que nasceu na Comissão Técnica de Recursos Hídricos e Saneamento da SME.

Não posso deixar de destacar também o conteúdo técnico desta 47ª edição. **Como é tradição, trazemos artigos produzidos por autores de renome e autoridade técnica. São nove textos bem apurados sobre engenharia e ESG, energia, agronomia, infraestrutura, educação e mercado de trabalho, inovação, mineração em terras raras, reciclagem veicular e fomento à inovação social.** Esses últimos, aliás, temas importantes de atuação da SME. Por meio do GT articulado por nós, o mercado avançou em tratativas junto à Secretaria de Estado de Fazenda (SEF/MG), resultando na redução da carga tributária e na eliminação de barreiras que comprometiam a rastreabilidade das peças. Uma contribuição efetiva à economia verde.

Boa leitura!

Virginia Campos



47ª Edição Ano 14 Dezembro 2025

Esta publicação é uma iniciativa da Sociedade Mineira de Engenheiros - SME. Os artigos aqui publicados são de inteira responsabilidade dos seus respectivos autores.

Rua dos Timbiras, 1514 - Lourdes - CEP: 30140-061
Belo Horizonte - Minas Gerais - Brasil
Telefone: (31) 3292-3810
Celular: (31) 99886-7400
Site: www.sme.org.br
Instagram: @sme.official
Linkedin: www.linkedin.com/company/smemg

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Virginia Campos

JORNALISTA RESPONSÁVEL

Renato Franco - DRT 11691

REVISOR

José Alexandre Piconi

ADMINISTRATIVO SME

Fabiola Verissimo

MARKETING SME

Mikaella Cazarini

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Emanuel Jhony

FOTO DE CAPA

Emerton Eleutério

GRÁFICA

Rona Editora

TIRAGEM

2000 unidades

GESTÃO SME 2024-2026

PRESIDENTE

Virginia Campos de Oliveira

VICE-PRESIDENTES

Adalberto Carvalho Rezende

Cláudia Villa Diniz

Davina Marcia Souza Braga

Flávio Lucio Lopes Fontes

José Claudio Nogueira Vieira

DIRETORES

Adriano Nascimento Manetta

Adriano Scarpa Tonaco

Antônio Humberto Pereira de Almeida

Arthur L.P. Carvalho

Arthur Neves Trindade

Jorge Luiz Dantas

Marcela Tainá

Maria de Lourdes Pereira dos Santos

Rayssa Cordeiro Figueiredo

CONSELHO DELIBERATIVO

PRESIDENTE

Carlos Augusto Leite Brandão

Adriana Maria Tonini

Alberto Enrique Dávila Bravo

Alexandre Rocha Rezende

Bruno Virgílio Gorini

Elzo Jorge Nassaralla

Geraldo Jardim Linhares Júnior

José Calderani Filho

Maria José Gazzi Salum

Nelson Fonseca Leite

Otávio Avelar Esteves

Patrícia Helena Gambogi Boson

Sérgio França Leão

Vicente Soares Neto

Werner Cançado Rohlfis

CONSELHO FISCAL

PRESIDENTE

Paulo Ângelo Carvalho Souza

Adriana de Andrade Solé

Leonardo Peixoto Carvalho Dias

Marcos de Rezende Kfoury

Victório Duque Semionato

SUMÁRIO

página

03

EDITORIAL

EXPEDIENTE

página

05

página

08

(CAPA)

ENGENHEIRO
DO ANO



página

14

LUGAR DE MULHER
É EM STEM

página

19

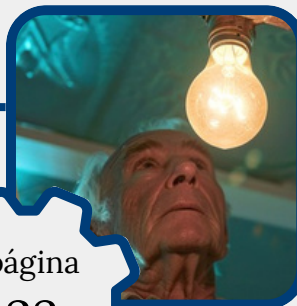
ENGENHARIA E ESG
a nova fronteira da
eficiência operacional



página

23

MERCADO LIVRE PARA O
CONSUMIDOR RESIDENCIAL
promessa de economia na tarifa
de energia ou novo desafio?



página

27

SEGURANÇA CIBERNÉTICA
a nova fronteira na gestão
de riscos do setor florestal



página

31

VOLUNTARIADO
ESTRATÉGICO PARA O
BEM COMUM



página

36

O VALOR DAS HORAS DOADAS

o voluntariado como ativo imaterial da SME



RECICLAGEM VEICULAR
sustentabilidade, economia circular e inovação industrial

página

38



página

42

A VIRADA BILIONÁRIA DA INFRAESTRUTURA

como concessões e PPPs estão redesenhando o mapa do Brasil

A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA NO SÉCULO XXI

desafios, competências e inserção profissional

página

46



página

50

TERRAS RARAS

a oportunidade estratégica do Brasil no mercado global



ÉTICA NA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

um guia prático para engenheiros

página

55



página

59

ALIANÇA POR UM CAMINHO SEGURO

A portrait of an elderly man with white hair, smiling, wearing a grey blazer over a blue and white checkered shirt. He is standing in front of a glass display case filled with various mineral specimens. The image is framed by a white border.

ENGENHEIRO DO ANO 2025

“

É importante que o aluno tenha uma visão humana da engenharia. Ela tem impacto no desenvolvimento do país e precisa ser valorizada de tal forma.”

ELZO NASSARALLA

Elzo Jorge Nassaralla

Referência técnica e de valor

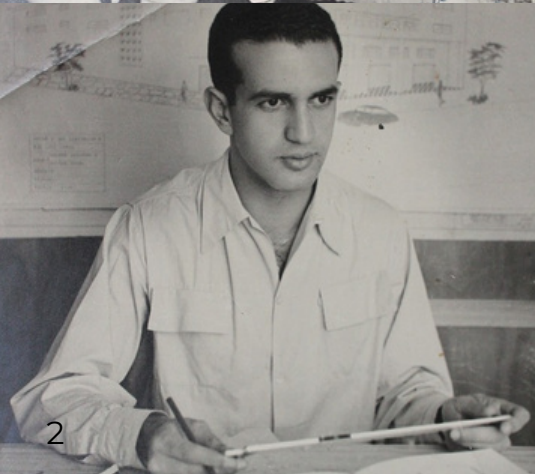
A trajetória de Elzo Jorge Nassaralla dá um livro. A autobiografia está a caminho, fruto da memória privilegiada e, claro, de passagens incríveis que vivenciou



A história do Engenheiro do Ano 2025 começa além-mar, no Oriente Médio. Elzo Jorge Nassaralla é o quarto dos sete filhos de imigrantes libaneses que vieram para o Brasil em 1914, fugindo da Primeira Guerra Mundial. Jorge Nassaralla atravessou o Atlântico no porão de um cargueiro. “Meu pai desembarcou no porto do Rio de Janeiro com vinte centavos do nosso dinheiro no bolso. Um tio o esperava. Da Central do Brasil, embarcaram juntos em um trem. Após oito horas de viagem chegaram a Santos Dumont, na subida da Serra da Mantiqueira”, narra.

O pai tornou-se vendedor, ainda nos anos 1910. Aprendeu a língua e a moeda local e, com veia empreendedora, se estabeleceu no comércio. Casou-se com a também libanesa Chicria Bittar. Elzo Jorge Nassaralla nasceu em 14 de junho de 1933, em Santos Dumont. Os filhos seguiram caminhos distintos: comerciante, educadora, médico, dentista, contadora e dois engenheiros. “Quanta alegria nas datas de formatura”, lembra ele.

O patriarca também acompanhou as conquistas do filho, até partir aos 84 anos. Nassaralla lembra de quando assumiu como inspetor técnico no gabinete do diretor-geral do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), em 1964. “Meu pai estava na região do Saara, no Rio. Ele trazia mercadorias para vender em Minas. Só faltou subir em uma cadeira no meio da Rua da Alfândega e fazer um comício”, recorda o filho orgulhoso.



Formado engenheiro civil e eletrotécnico na Escola de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora em 21 de dezembro de 1956, Elzo Nassaralla se preparou para as oportunidades que teve. Mostrou disciplina e interesse pela área desde os primeiros passos na vida acadêmica. Os livros só ficavam de lado às 21h de sábado, quando se preparava com colegas da república para o tradicional baile na cidade. Então, o guarda-pó dava lugar ao terno e o sapato bem lustrado. “Sempre soube que trabalharia na área rodoviária. Mas também gostava de dançar e de outros prazeres da juventude, claro”, explica ele, com um sorriso no rosto.



O primeiro estágio foi na General Elétric, no Rio de Janeiro. No ano seguinte foi contratado como aprendiz pelo NER. Em maio de 1957, foi admitido na antiga autarquia como engenheiro e percorreu cidades liderando projetos geométricos, de terraplanagem e de drenagem de rodovias em Minas Gerais. O jovem se destacou como fiscal de empresas que atuavam nas obras e contribuiu em um importante levantamento de dados essenciais à elaboração do edital de licitação para pavimentação da BR-4. Desenhava-se ali o primeiro grande feito de Nassaralla.

Rio-Bahia

No final de 1959, uma equipe do DNER visitou o trecho e ele foi indicado como engenheiro-chefe do setor técnico da Comissão Especial de Obras da Rio-Bahia (Ceorb). Instalado em Governador Valadares, coordenou equipes em três frentes que cobriram uma extensão de 1.273 km, de Leopoldina (MG) até Feira de Santana (BA). Os serviços foram realizados em bom ritmo até agosto de 1961, quando o então presidente Jânio Quadros renunciou e houve uma redução nos trabalhos”, conta o engenheiro, com riqueza de detalhes, aos 92 anos.

Coube à Ceorb inaugurar a Rodovia Rio-Bahia em 15 de novembro de 1963, com a participação de 27 companhias brasileiras que retificaram e pavimentaram toda a extensão,

e de outras cerca de 15 empresas que construíram pontes e viadutos. Vinte trabalharam em serviços topográficos e estudos geotécnicos ao longo de todo o segmento construído, além de empreiteiras que fizeram a sinalização da rodovia. E outras cinco construtoras ficaram responsáveis por executar obras em cinco hotéis ao longo do segmento total da estrada.

Um episódio, em especial, marca a memória dessa grande obra de infraestrutura do país. Foi em 30 de dezembro de 1962, quando a equipe de Nassaralla liberou um trecho interrompido da via, após protestos e um congestionamento enorme. “Choveu muito na véspera da entrega e perdemos meses de trabalho de terraplanagem e de drenagem. Com muito empenho, conseguimos concluir a recuperação. Pessoas paravam junto ao canteiro de obras para nos cumprimentar e agradecer. Eles teriam um réveillon em família”, recorda o engenheiro.

A Rio-Bahia é uma parte da BR-116, especificamente o trecho que liga o estado do Rio de Janeiro à terra do descobrimento, atravessando Minas Gerais. Por essa razão é conhecida por esse nome em muitos pontos de sua extensão. A BR-116 é uma das rodovias brasileiras a conectar os extremos Norte e Sul do país, percorrendo cerca de 280 cidades em dez estados. Hoje, grande parte dessa malha viária está concedida à iniciativa privada para administração, manutenção e melhorias.

Fotos: Arquivo pessoal 1. Na formatura com a mãe 2. Início de carreira 3. Manhã do dia 30.12.62. Nassaralla (de chapéu) e equipe liberam o trecho interrompido da Rio-Bahia / BR 116)

Grandes obras

Quem roda por Minas Gerais avança ao destino com mais segurança e conforto em razão de obras com a assinatura de Elzo Nassaralla. Três delas são fundamentais à mobilidade urbana, infraestrutura viária e escoamento da produção do estado: Anel Rodoviário de Belo Horizonte, BR-040 no sentido Rio de Janeiro e Fernão Dias, que liga a capital ao sul do estado. O engenheiro realizou outras tantas obras de Norte a Sul do país, desde o Rio Grande do Sul, passando pelos estados de Santa Catarina, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Mato Grosso até os primeiros traçados da Transamazônica, com todos os desafios de um empreendimento na década de 1970.

Nassaralla também pavimentou caminhos no Equador, na estrada Quito – Guaiaquil, supervisionou obras em 18 aeroportos em Minas Gerais, executou centenas de quilômetros de ferrovias, além de acessos e avenidas em espaços urbanos. Liderou serviços especializados para controle tecnológico de solos, concretos e asfaltos nas obras de reassentamento de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo, afetados pelo desastre de Mariana. “Fomos premiados pelo DNER como o melhor projeto de rodovia contratada para o acesso Sul do Rio de Janeiro, conhecido como Linha Vermelha”, recorda com entusiasmo.

Em 5 de junho de 2001, o DNER deu lugar ao DNIT. Criado pela lei nº 10.233, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes é uma autarquia federal vinculada ao Ministério dos Transportes. A legislação reestruturou o sistema de transportes rodoviário, aquaviário e ferroviário do Brasil.



Nassaralla no Viaduto da Mutuca – BR 040 em 1982. O ex-ministro dos Transportes, Eliseu Resende, aparece em primeiro plano. Na frente dele está Francelino Pereira, governador de Minas Gerais à época



Nassaralla em inauguração de obra no Anel Rodoviário de Belo Horizonte. O engenheiro está de terno branco cumprimentando autoridades estaduais e federais



Boa parte desses projetos foram realizados pela Enecon, empresa criada por Nassaralla e outros sete engenheiros em 1968. Ismael Magalhães foi o primeiro presidente da empresa. Ele assumiu o posto em 1990 e permaneceu nessa liderança até 2020. Apesar de ter passado o bastão, ainda presta serviços à companhia como coordenador ou consultor, assinando projetos.

O diretor Murilo de Mello Campos tem o fundador como referência técnica e de soft skills, habilidades comportamentais valorizadas hoje no mercado de trabalho, como capacidade de interagir, colaborar e liderar. “Nassaralla qualificou vários estagiários e profissionais que entraram na Enecon e hoje estão em posições destacadas em outras empresas. E quando nos encontramos em agendas do mercado, eles fazem questão de reforçar esse aprendizado”, afirma Campos.

Hoje, cerca de 20% do quadro da Enecon é composto por profissionais com mais de 20 anos de empresa. Para o diretor, o baixo turnover é resultado dessa identidade dos colaboradores com os valores que Nassaralla sempre defendeu na empresa. “Ele ainda dá importantes contribuições à Enecon, pelo vasto conhecimento e a memória privilegiada, inclusive assinando projetos em editais que avaliam currículos técnicos de profissionais. Seu legado é inestimável”, afirma o diretor.

Por sua trajetória e legado reconhecido, Elzo Jorge Nassaralla é o Engenheiro do Ano 2025, comenda concedida pela Sociedade Mineira de Engenheiros. A indicação partiu dos colegas da Comissão Técnica de Transporte da entidade. O coordenador da CTT, Nelson Dantas, destaca a presença carismática do homenageado. “Ele tem participação exemplar em nossas reuniões e é, para mim, um modelo inspirador. Em questões complexas, sempre aponta soluções já testadas e implantadas. Assim, prova que nosso ofício deve ser feito de maneira responsável, mas também leve, em agradecimento à dádiva que nos é dada de moldar o desenvolvimento do mundo”, assinala ele.

O engenheiro eletricitista e de telecomunicações Silvio Nazaré é o Chanceler da Medalha, entregue em cerimônia na SME. Líder de missões empresariais em diversas delegações em feiras internacionais, ele reverencia as qualidades do amigo. “Nassaralla une competência e sensibilidade, rigor técnico e generosidade pessoal. Sua carreira é marcada por realizações que ultrapassam os limites dos projetos e das obras: se estende às pessoas, às instituições e às causas que ele sempre abraçou com entusiasmo e espírito público”, afirma Nazaré.

A família conhece bem essa força. Ele acompanha a esposa Diana em viagens ao Espírito Santo, além de vibrar com as conquistas dos filhos Hélio e Paula e, claro, brincar com os netos. Nassaralla ainda acha tempo para escrever cartas à prefeitura e ao time do coração, o Fluminense. “Eu acho que meu saldo é positivo, mas poderia ter sido melhor. Escrevi e enviei às redações três artigos sobre a situação viária de Belo Horizonte. Não me ouviram e olha como está. Levo duas horas para fazer um trecho que cumpria em 25 minutos entre Nova Lima e a Enecon, no bairro Santo Agostinho”, brinca ele.

Confira na entrevista abaixo outras informações que definem, em parte, o perfil do Engenheiro do Ano 2025.

O início de sua trajetória como grande construtor marca também uma mudança: nos anos 1960 os pioneiros de órgãos como DNER, DNPVN e DERs abrigavam recém-formados. Técnicos capazes substituíram, então, políticos sem conhecimento técnico na área de engenharia.

Sim, é verdade. Como eu, muitos saíram das escolas de engenharia e ingressavam nessas entidades. E lá aprendiam todas as atribuições e competências inerentes ao serviço público. É preciso lembrar que, por tradição em nosso país, muitos políticos ocupavam indevidamente esses cargos. Com a liderança de técnicos capazes, como o economista e professor Roberto Campos, que estava cercado por ótimos profissionais, a administração pública sofreu um choque de realidade.

Em 1965 foi criado o Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes (Geipot), que deu a partida na área de infraestrutura. Foram contratadas, inicialmente, quatro empresas estrangeiras para estudar os transportes rodoviário, ferroviário e marítimo ao longo de nossa costa. No segundo ano de existência do órgão, mais cinco empresas estrangeiras vieram para o Brasil e completaram o levantamento nos demais estados do país.

E muitos técnicos do Geipot seguiram carreira nos órgãos, ajudando no desenvolvimento do país. Aliás, é um cenário diferente do que vivemos antes desse período e que está sendo revisitado agora, com indicações políticas ou por amizade de pessoas sem qualificação técnica para cargos de gestão. Isso é temerário, especialmente em órgãos importantes onde o conhecimento sobre a engenharia é essencial. Há um desperdício de talentos, profissionais habilitados que poderiam dar contribuições efetivas.

No meu tempo de DNER, por exemplo, eu tinha prazer em trabalhar com jovens que me eram recomendados, ou que eu mesmo descobri, para atuarem em setores estratégicos e termos equipes qualificadas prontas a responderem às demandas. Essa é a forma correta de se utilizar a estrutura do Estado sem desperdiçar dinheiro público.

O senhor construiu estradas em todas as regiões do país e no exterior. Qual o maior aprendizado de conviver com profissionais de tantos estados e de outros países?

Lembro de um episódio. Estava em uma viagem de Juiz de Fora ao Rio de Janeiro, ainda estudante, e caiu uma chuva muito forte

na Serra de Petrópolis. Houve um grande deslizamento de terra, com árvores e pedras. E logo chegaram os engenheiros do DNER. Um deles, todo sujo de lama, se desequilibrou e caiu sobre a lama. Meus companheiros de viagem riram. Eu os re-preendi na hora: “Gente, esse moço deve estar sem dormir e comer direito, entrou no barro com os operários para ajudá-los a resolver o problema. Todos estão traba-lhando para liberar a rodovia e seguirmos viagem. A estrada vai estar aqui quando voltarmos, disponível para nós e muitos outros”.

De fato, tenho ótimas lembranças de tantas obras e da convivência que a engenharia me proporcionou. De vez em quando recebo algumas mensagens que me emocionam (pega o celular e lê um trecho de uma). “Tive notícias de seu reconhecimento como Engenheiro do Ano, pela SME. Fiquei muito feliz em saber, é mais do que merecido. Guiei minha vida profissional pelas lições matutinas com o senhor na Enecon. Apliquei tudo que me ensinou sobre ética, profissionalismo e retidão de caráter”. Essas mensagens e situações dizem mais do que eu poderia sobre mim.

O senhor conviveu com grandes nomes da engenharia e da política. Entre tantos, qual lhe deixou a melhor impressão pelo senso de interesse público, da engenharia como valor coletivo?

Realmente trabalhei com grandes profissionais e gestores públicos em minha carreira. Destacaria dois. O primeiro foi José Lafayette Silviano do Prado, um engenheiro de Belo Horizonte formado no mesmo ano que eu, em 1956. Com um ano de formado, foi descoberto por Israel Pinheiro e designado diretor da Companhia Urbanizadora da Nova Capital (Novacap). Foi, inclusive, o responsável técnico pela execução da estrutura de concreto armado do corpo principal da Catedral de Brasília. Depois foi cedido e assumiu como diretor-geral do Departamento Estadual de Estradas de Rodagem de Minas Gerais

(DER-MG). Isso com 29 anos de idade. O outro nome que destacaria é Eliseu Resende, também engenheiro e formado em BH. Fez muitas obras com recursos do Banco Mundial e, depois, ganhou maior projeção como político, foi ministro, deputado federal e senador da República. Deixam um legado muito grande e uma representação enorme para a engenharia de Minas Gerais.

A Enecon é uma de suas grandes realizações. Lá, princípios como ética, transparência, integridade, respeito e responsabilidade são fundamentadas. Em que contexto ela nasceu?

Foi um grande desafio criar, com meus colegas, uma empresa de consultoria na área de transportes na década de 1960. Na época, não havia mercado para garantir a existência de uma empresa nesse segmento. Hoje há várias. Na verdade, a Enecon foi criada por conta da atuação de engenheiros e um contexto político. A área estava enfim entregue àqueles pioneiros que assumiram os órgãos responsáveis pelo transporte de mercadorias e escoamento de safra. Eram profissionais qualificados em postos importantes no DNER, DNEF, DNPVN e nos departamentos estaduais, os DER.

E foram esses técnicos brasileiros que criaram um sem-número de empresas.

Consultorias que passaram a apresentar pro-jetos de três modais de transporte a partir de nossos ensinamentos e daqueles engenheiros de várias nacionalidades. Essa convi-vência promoveu o desenvolvimento do país.

O que o senhor diria aos futuros profissionais, em especial àqueles que trabalharão no segmento de infraestrutura?

É importante que os futuros profissionais valorizem o tempo de formação acadêmica, como eu fiz. Dedicção é fundamental para que o conhecimento. A sala de aula é importante, mas é preciso ir além, com muito esforço e disciplina. É importante que o aluno tenha uma visão humana da engenharia. Ela tem impacto no desenvolvimento do país e precisa ser valorizada de tal forma. Assim, teremos um Brasil mais justo, sem tanta desigualdade, com acesso a direitos como moradia, infraestrutura e transporte. Tudo isso passa pela engenharia. É a escolha que eu fiz.



Lugar de mulher é em STEM

Lideranças femininas apontam caminhos para que mais meninas escolham cursos em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática



Maria Luíza Soares Franco foi a primeira engenheira eletricista e mecânica do Brasil formada na Universidade Federal de Itajubá, em 1950. Para ajudar na adaptação, a instituição permitiu que ela utilizasse o banheiro feminino da secretaria. O ambiente, dominado por homens, não estava pronto para a presença feminina. Mas ela seguiu em frente. Avançou até o trabalho de conclusão de curso e recebeu o diploma do governador eleito Juscelino Kubitschek.

A segunda engenheira nesta área se formou na UNIFEI e suas instituições precursoras uma década depois. A presença feminina foi rara até o início dos anos 2000. Desde a sua fundação, em 1913, até o final de 2002, as instituições formaram cerca de 6 mil engenheiros. Desses, menos de 300 eram mulheres, cerca de 5% do total. A lembrança da moça diplomada por JK vem de outra referência em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). Para a engenheira Alice Castilho é preciso exaltar histórias de mulheres pioneiras que desbravaram o mundo das Exatas.

Foto: Virgínia Ciminelli, Alice Castilho e Grazi Carvalho conquistaram o Prêmio Maura Menin, da SME



Alice no dia da indicação ao Prêmio Maura Menin

A pesquisadora em Geociências do Serviço Geológico do Brasil (SGB) recebeu, em agosto deste ano, a Medalha SME Maura Menin, instituída em 2021 com o propósito de reconhecer trajetórias femininas inspiradoras nas áreas de STEM. “O estímulo em casa e na pré-escola se dá com atividades que promovam o raciocínio lógico. No Fundamental 1, com o próprio ensino da matemática. No Fundamental 2, com a promoção de feiras de ciências e olimpíadas. Já no Ensino Médio, quando os jovens estão decidindo qual carreira a seguir, devem conhecer as pioneiras, por meio de publicações, exposições e palestras”, ensina Alice.

A engenheira, que atua há cinco anos como diretora de Hidrologia e Gestão Territorial da SGB, lembra que o percentual de meninas nos cursos superiores ligados a área de Exatas é da ordem de 35%. Mas há grande variação na escolha desse caminho. Em Ciência da Computação, por exemplo, as mulheres representam menos de 15%. A evolução é gradativa, e ela tem dados particulares. “Meu pai se formou em Engenharia Civil na UFMG em 1960, quando havia uma única colega. Eu me formei lá em 1992, quando éramos 20% da turma. Meu sobrinho graduou-se 30 anos depois. Em 2002, 50% dos diplomas foram entregues a meninas, entre elas as medalhas de ouro e prata da turma”, celebra.



Alice destacou o apoio da família

Maura e Beatriz

Para Alice, o Prêmio Maura Menin tem valor porque destaca a atuação das mulheres em STEM. Ela defende outras ações, conjugadas e com apoio das instituições de ensino, que destaquem a presença feminina nas ciências exatas em MG. Há exemplos a seguir.

Fotos: Emerton Eleutério

Entre eles, o da professora Beatriz Alvarenga, que faleceu com 100 anos em 2023. Ela foi a única mulher formada em Engenharia Civil, em 1946, na então Escola Livre de Engenharia. Anos mais tarde, a instituição seria incorporada à UFMG.

Na década de 1970, Beatriz escreveu, em parceria com o colega Antônio Máximo, também professor da Universidade, a coleção Física – contexto e aplicações. A seleção se tornou um best-seller didático usado em escolas de todo o país “Seu trabalho desvendou a física para os adolescentes e, certamente, estimulou muitos de nós a atuar na área das ciências exatas e naturais”, afirma Alice.

Gargalo e machismo

Ana Carolina Cardoso (foto) preside o capítulo brasileiro do STEM Women Congress. A organização ajuda a tornar visíveis e potentes as mulheres que escolhem os números. Uma das entregas é a produção do Relatório Anual de Mulheres STEM. Com dados inéditos do Brasil, o documento relevou neste ano uma lacuna crítica: são raras as iniciativas voltadas para o Ensino Fundamental.



De acordo com o estudo, a iniciativa privada investe pesadamente em programas para diferentes fases da carreira, mas ignora os anos iniciais. O diagnóstico bate com a recomendação de Alice Castilho. “Esse é um período em que as meninas estão formando suas identidades e percepções do que é possível”, assinala Ana.

Mas como engajar quem contrata a absorver jovens talentos que buscam oportunidades na área? A gestora acredita que as empresas devem repensar seu papel na formação dos talentos STEM – não apenas por meio de treinamento, com a criação de oportunidades reais de emprego.

A especialista alerta para outra questão, que traduz a visão machista de parte do mercado. Estudos mostram que descrições de vagas com linguagem inadequada afastam as candidatas, que não querem entrar nesse tipo de disputa sem sentido. Termos como “ninja”, “dominador”, “agressivo” ou “expert” atraem mais o público masculino, mais acostumado a essas narrativas ultrapassadas.

Com relacionamento em ambientes corporativos mais saudáveis e arejados, Ana recomenda alguns caminhos para que as empresas possam realmente engajar jovens talentos:

- **Apoiar iniciativas que alcancem meninas no ensino fundamental e médio, onde as aspirações de carreira começam a se formar.**
- **Ir além do treinamento e oferecer estágios, programas de aprendizagem e vagas de nível inicial que sejam acessíveis e inclusivos.**
- **Estabelecer parcerias com ONGs, entidades, escolas, universidades e governo para construir um discurso STEM coeso.**

Quebrar esses estereótipos precocemente é uma questão de desenvolvimento nacional. A falta de diversidade em STEM reduz a presença de profissionais em áreas críticas, o que

pode retardar a inovação e o crescimento econômico. O capítulo brasileiro da STEM Women Congress reforça a necessidade de investimento em:

- **Programas de educação infantil inclusivos que desafiem estereótipos e construam uma identidade STEM.**
- **Mentoria e modelos de comportamento que mostrem às meninas que elas pertencem à tecnologia.**
- **Políticas e financiamento que apoiem o acesso, a retenção e a progressão de mulheres em STEM.**

Ana conclui, com sabedoria:

“Somente abordando as causas profundas e agindo em conjunto poderemos construir um futuro em que as meninas não apenas escolham STEM, mas prosperem nela”.



Ana Carolina
Cardoso _ STEM
Women Congress



ENGENHARIA GEOTÉCNICA
COM QUALIDADE.



CONSTRUIR É **trans for mar**

Há mais de 40 anos,
a Direcional une eficiência,
inovação e responsabilidade
para tornar o sonho da casa
própria uma realidade.

Cada projeto é resultado de um
trabalho coletivo, guiado pelo
propósito de transformar vidas
e construir um futuro melhor.

direcional.com.br

DIRECIONAL
Onde moram as grandes conquistas



“

A engenharia do século XXI não mede mais apenas produtividade ou custo. Ela integra eficiência operacional, sustentabilidade e governança. Cada processo deve gerar valor, eliminar desperdício e reduzir impacto ambiental. O carbono se tornou um espelho da eficiência: quanto menos emitimos, mais inteligentes e competitivos nos tornamos. ESG não é apenas sustentabilidade — é a base da competitividade e da prosperidade duradoura.

Felipe Marçal

Felipe Marçal Cota (foto) é engenheiro de produção e CEO da Zero Carbon Logistics, empresa do Grupo Lenarge. Participa ativamente dos principais debates globais sobre sustentabilidade

Engenharia e ESG:

a nova fronteira da eficiência operacional

A nova equação da engenharia moderna: produtividade com propósito

A engenharia vive uma das maiores transformações de sua história recente. O conceito de eficiência deixou de ser restrito à produtividade e ao custo, passando a incluir também o impacto que cada decisão técnica gera no meio ambiente e na sociedade. Hoje, o engenheiro é desafiado a encontrar soluções que sejam economicamente viáveis e ambientalmente responsáveis.

Nesse contexto, o ESG (Environmental, Social and Governance) deixa de ser uma pauta de sustentabilidade para se tornar parte central da gestão estratégica das empresas. Ele é, na prática, o novo vetor de eficiência. Aplicado com visão de engenharia, o ESG passa a ser uma metodologia que melhora processos, reduz desperdícios e fortalece resultados financeiros.

A engenharia sempre foi uma ciência de otimização. Agora, essa otimização também abrange energia, emissões, resíduos e capital humano. O desafio é alinhar o propósito ambiental com a produtividade industrial, sem perder o foco no resultado.

Quando eficiência e impacto se encontram

Entre as metodologias que mais se conectam a esse novo pensamento está o Lean Thinking, que busca eliminar desperdícios e maximizar valor. A integração entre Lean e ESG cria um modelo de gestão que une eficiência operacional e responsabilidade ambiental.

Toda ineficiência tem um custo duplo: financeiro e ambiental. Um processo mal planejado consome mais energia, gera retrabalho e aumenta as emissões. Quando a engenharia enxerga o carbono como um indicador de desempenho, ela começa a medir o impacto ambiental da mesma forma que mede produtividade ou custo por unidade produzida.

Essa visão já está transformando o setor logístico. Cada rota otimizada, cada caminhão elétrico em operação e cada software de telemetria implantado representam menos emissões e mais eficiência. O raciocínio é simples: onde há desperdício, há custo; e onde há custo desnecessário, há carbono emitido.



Reduzir emissões é reduzir custos

Quando reduzimos emissões de CO₂, estamos, na verdade, reduzindo desperdícios e melhorando processos. O carbono é o reflexo da eficiência. Quanto menos emitimos, mais competitivos nos tornamos. Essa frase resume a lógica que orienta nosso trabalho. A descarbonização não é apenas uma pauta ambiental, mas uma decisão de engenharia inteligente. Cada ação voltada à redução de emissões resulta, inevitavelmente, em aumento de eficiência e diminuição de despesas operacionais.

Na Zero Carbon Logistics, essa lógica foi aplicada de forma prática. A implantação da primeira frota elétrica em operações de MRO na mineração brasileira não apenas eliminou emissões diretas, mas também reduziu custos logísticos. A economia veio da eficiência energética, da menor necessidade de manutenção e da digitalização de processos.

Ao contrário do que muitos pensam, sustentabilidade e rentabilidade não são forças opostas. São lados diferentes da mesma moeda. O que reduz impacto ambiental também aumenta margem de resultado, quando a engenharia é aplicada com inteligência.

A cultura do dado e a medição do impacto

O que não é medido não é gerenciado. Essa máxima clássica da engenharia ganha novo significado quando aplicada à sustentabilidade. Empresas que tratam o ESG com seriedade criam indicadores que unem produtividade e impacto ambiental, transformando o intangível em métrica real.

Nos centros de distribuição da Zero Carbon, por exemplo, o consumo energético é monitorado em tempo real e comparado ao volume movimentado. No transporte, os sistemas de gestão medem emissões por viagem e indicam oportunidades de compensação. O resultado é uma operação que aprende consigo mesma e melhora continuamente.

Esses dados contam uma história concreta. Em alguns contratos, as emissões por tonelada transportada caíram 40%. Em outros, a automação elevou a produtividade e reduziu o consumo energético de armazéns otimizados com energia solar. Isso mostra que eficiência e sustentabilidade podem e devem caminhar juntas.



Foto: Banco de Imagem CANVA
Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia



Foto: Banco de Imagem Freepik
Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia

O engenheiro como agente de transformação

O papel do engenheiro mudou. Ele deixou de ser apenas executor de soluções técnicas e passou a ser também um agente de transformação cultural. Hoje, espera-se que um engenheiro tenha domínio técnico, mas também sensibilidade social, visão sistêmica e consciência de ciclo de vida.

Na prática, o engenheiro de produção se torna um arquiteto da sustentabilidade corporativa. Ele desenha processos que geram lucro, mas que também regeneram recursos. Na Zero Carbon, buscamos traduzir essa filosofia em métricas objetivas: cada melhoria deve reduzir custos e, ao mesmo tempo, gerar um benefício ambiental ou social.

A performance de uma operação não é mais medida apenas em toneladas transportadas ou quilômetros rodados. Ela também é medida em energia economizada, árvores plantadas e comunidades beneficiadas. Essa é a essência da engenharia que queremos ver crescer no país: aquela que soma valor e propósito no mesmo resultado.

Estamos vivendo a consolidação daquilo que chamo de Engenharia da Sustentabilidade Competitiva. É uma abordagem que une design de processos, automação e governança para gerar valor de forma ampla, eficiente e duradoura.

Empresas que aplicam esses princípios já percebem vantagens financeiras. Acesso facilitado a linhas de crédito verdes, melhor reputação no mercado e maior retenção de talentos são alguns exemplos. Investidores também valorizam companhias que conseguem comprovar impacto positivo em indicadores ambientais e sociais.

Essa nova engenharia não é uma tendência passageira. É o futuro inevitável da competitividade. As empresas que entenderem isso antes das outras sairão na frente, porque reduzirão custos, fortalecendo suas marcas e participando de uma economia global mais responsável.



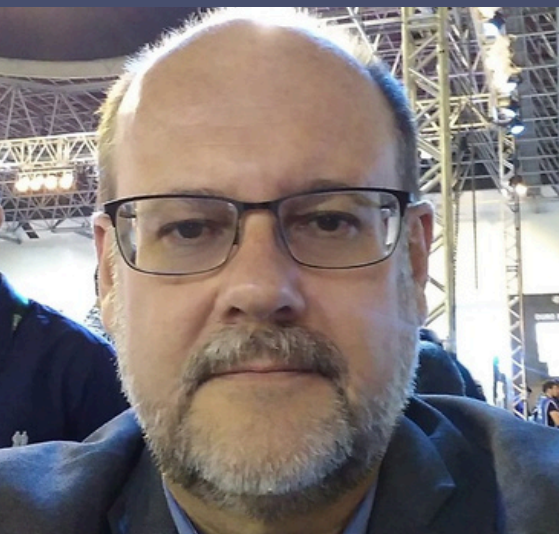
Foto: Gemini Generated
Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia

Tendência

O engenheiro do século XXI precisa ir além da técnica. Sua missão é entender que eficiência e sustentabilidade fazem parte do mesmo projeto. Integrar ESG e Lean Thinking é projetar um modelo de operação em que cada processo gera valor, elimina desperdício e reduz impacto.

O carbono passou a ser um espelho da eficiência. Quanto menos carbono emitimos, mais inteligentes e competitivos nos tornamos. Essa é a engenharia que o mundo precisa: humana, consciente, precisa e rentável.

O futuro da engenharia será sustentável não por imposição, mas porque essa é a única forma de garantir eficiência real e prosperidade duradoura.



Alexandre Bueno (foto) é engenheiro eletricista pela UFMG. É professor da FGV em Distribuição de Energia, coordenador da Comissão de Energia da Sociedade Mineira de Engenheiros - SME



Sergio Mourthé (foto) é engenheiro eletricista pelo Cefet-MG. Atua há mais de 35 anos no setor elétrico brasileiro. É consultor em estratégias, em energias renováveis e comercialização de energia

Mercado livre para o consumidor residencial:

promessa de economia na tarifa de energia ou novo desafio?

Muito se fala sobre “abertura de mercado para a baixa tensão”, onde consumidores do Grupo B (Baixa Tensão), atualmente submetidos a tarifas monômias (só pagam pela energia consumida) poderão escolher livremente seu fornecedor de energia. A expectativa é de que a competição baixe os custos de energia, e os mais otimistas falam em até 25% de redução.

O Decreto nº 12.068 / 2024, que regulamenta a licitação e prorrogação das Concessões de Distribuição, prevê a separação dos serviços atualmente prestados pela concessionária, e que sejam passíveis de serem prestados em ambiente competitivo por outros agentes, e a MP 1300 prevê a desvinculação de parte dos custos associados à disponibilização de capacidade (Custo do Fio) do consumo de energia (TE).

O monopólio natural: A busca pela segregação de custos “do Fio” e da “da Energia” busca preparar o terreno para a abertura do mercado de BT. Como a duplicação dos ativos de distribuição (para que houvesse pelo menos dois competidores atuando em uma mesma área de concessão) levaria a uma perda de racionalidade econômica na prestação do serviço, há que se supor que a infraestrutura elétrica, o “Fio” será sempre monopólio natural.

Padrões de qualidade e continuidade estão associados ao “Fio”, isto é, à infraestrutura da rede elétrica e à qualidade da sua manutenção, e não se alterarão com a migração de clientes para o mercado livre. Esses padrões já são definidos, acompanhados e fiscalizados pelo regulador, submetendo a distribuidora a penalidades no caso do seu descumprimento.

Logo, a competição se dará exclusivamente no segmento não monopolista, a comercialização de energia.

A tarifa do mercado regulado: Atualmente, a tarifa da distribuidora contém os custos da energia entregue (TE), custos de transmissão e encargos setoriais, o custeio do serviço de distribuição e o custo dos ativos (remuneração de investimentos e recomposição dos ativos depreciados), além de impostos como o ICMS e contribuições como a CIP (Contribuição para a Iluminação Pública). Todos esses custos, exceto o custo da energia, estão no segmento monopolista do negócio ou são simplesmente arrecadados e repassados a terceiros (como encargos e impostos) e continuarão a ser cobrados pelas distribuidoras.



Perdas: O regulador reconhece que existem perdas – técnicas (PT) e não técnicas (PNT – desvios de energia e “gatos”) – inerentes à prestação do serviço, e repassa à tarifa valores considerados razoáveis para essas perdas. No caso das PNT, o regulador enfrenta o dilema das perdas: reconhecê-las em sua integralidade significa onerar o consumidor cativo (do Grupo B) com seu custo; negar sua existência significa onerar o investidor com a integralidade desse custo, restringindo severamente investimentos em expansão e modernização das redes elétricas, ou mesmo inviabilizando o negócio. Para lidar com o esse dilema, o regulador estabelece uma trajetória regulatória que pressupõe a redução gradativa das PNT, e repassa seu custo às tarifas, via TUSD, pagas por todos os consumidores.

Excesso de oferta renovável: Políticas de incentivo à produção de energia renovável eólica e solar têm resultado em excesso de oferta renovável, risco de instabilidade na rede e até de desligamentos acidentais. Assim, a Aneel e o ONS anunciaram protocolos para garantia da segurança operativa, que implicam em cortar a geração de algumas usinas (principalmente eólicas e solares centralizadas) e, em seguida, da mini e microgeração distribuída (MMGD) – o chamado “curtailment”. Esses cortes de geração resultam em redução de faturamento dessas usinas, o que tende a se tornar mais um custo para o sistema a ser rateado entre todos os usuários.

A MMGD opera pelo Sistema de Compensação - SCCE: a energia injetada vira créditos utilizáveis em horários e unidades consumidoras distintos, desde que de mesma titularidade e na mesma área de concessão. Os consórcios de GD remota costumam ofertar descontos entre 15 a 25% da fatura de energia, em casos extremos chegando a 30% de desconto, fazendo da GD um competidor importante no cenário do mercado livre de BT.

Contratação de energia para o mercado cativo: As distribuidoras prestam ainda alguns serviços, bem como mitigam alguns riscos para o mercado cativo, cujos custos estão diluídos nas tarifas. Como exemplo, contratam energia e MUST, inclusive em quantidade suficiente para atender ao crescimento do mercado dentro da vigência dos contratos, e garantem sua entrega ao mercado, independentemente da fonte acionada e respectivo custo; também absorvem variações do preço de compra da energia, via conta CVA - Conta de Compensação de Variação de Valores de Itens da “Parcela A”, mecanismo financeiro regulado pela Aneel usado para equilibrar os custos das distribuidoras de energia quando há variações em itens que elas não controlam diretamente - que são repassadas à tarifa apenas no próximo reajuste tarifário. Como principal risco, cita-se o risco hidrológico, compartilhado entre agentes de geração e distribuição.

A Conta de Desenvolvimento Energético - CDE, criada por meio da Lei 10.438 de 2002, é um encargo setorial que se destinava originalmente a promover o desenvolvimento energético do país e garantir a modicidade tarifária, ou seja, manter as tarifas de energia acessíveis aos consumidores. Quando se observa seu crescimento a partir de 2003, cujo valor foi de 2,5 bilhões, até 2025, que deverá fechar em algo em torno de 49,2 bilhões, encarecendo em 17% os custos com energia dos consumidores brasileiros, vê-se que o objetivo de garantir a modicidade tarifária há muito foi esquecido. Hoje a CDE é um encargo que financia políticas públicas (baixa renda, rural/irrigante, sistemas isolados/CCC, GD etc.). Sua cobrança alcança clientes cativos e livres por meio das tarifas de uso da rede (TUSD/TUST). O que muda é o canal: no Ambiente Regulado (ACR) vem embutida na tarifa integral; no Ambiente Livre (ACL) aparece na cobrança pelo uso da rede.

O Condomínio: Sistema elétrico é um condomínio, e todos os usuários (condôminos) devem pagar pela utilização, na proporção do seu uso. Os custos contidos nas tarifas de distribuição, exceto a TE, mais os encargos e o custo das perdas, deverão ser cotizados entre todos os usuários do sistema elétrico, e não ficarem restritos apenas ao mercado cativo (consumidores que permanecem na base de clientes da distribuidora).

Analisando o custo ACR × ACL: Embora as distribuidoras comprem energia via leilões regulados, supostamente eficientes, a tarifa para o mercado cativo reflete um portfólio legado (contratos antigos, atributos e inflexibilidades) e mecanismos de neutralidade que elevam o custo médio - o custo do modelo atual do setor elétrico. No ACL, o consumidor contrata produtos sob medida (fixo, indexado, híbrido/horário) na curva de preços vigente, com competição entre ofertantes. Assim, o componente energia do consumidor livre tende a ser mais baixo que a TE regulada. No período de transição dos modelos, a TE do consumidor cativo vai ainda carregar o custo legado do ACR até os vencimentos/relocações dos contratos.

A necessidade de se promover uma justa distribuição de custos onerando a “energia do mercado livre” com custos de perdas, encargos setoriais, riscos mitigados e outros serviços prestados pelas distribuidoras, segundo formulação e regulamentação ainda não definidas no Brasil, associada ao possível nível de complexidade de um modelo de duplo fornecedor (energia e potência), à necessidade de assumir riscos adicionais na contratação bilateral de energia e ao baixo nível cultural médio do consumidor de energia no Brasil, possivelmente criará um cenário complexo e desafiador para as comercializadoras.



Foto: Banco de Imagem Freepik
Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia

Tendência

A partir dessas considerações e olhando o que aconteceu em países que já abriam o mercado de BT, a princípio não se vislumbra uma grande migração de clientes do Grupo B para o mercado livre, pois a energia no Brasil, apesar de cara para o consumidor final, representa um valor relativamente pequeno no orçamento, já que o consumo médio é baixo.

A questão que permanece é: a abertura do mercado de baixa tensão será um instrumento de democratização da energia ou apenas um novo campo de disputa regulatória, cujo custo final ainda recairá sobre o consumidor?

O que queremos é Energia com Qualidade, Tarifa com Justiça.



Segurança cibernética:

a nova fronteira na gestão de riscos do setor florestal



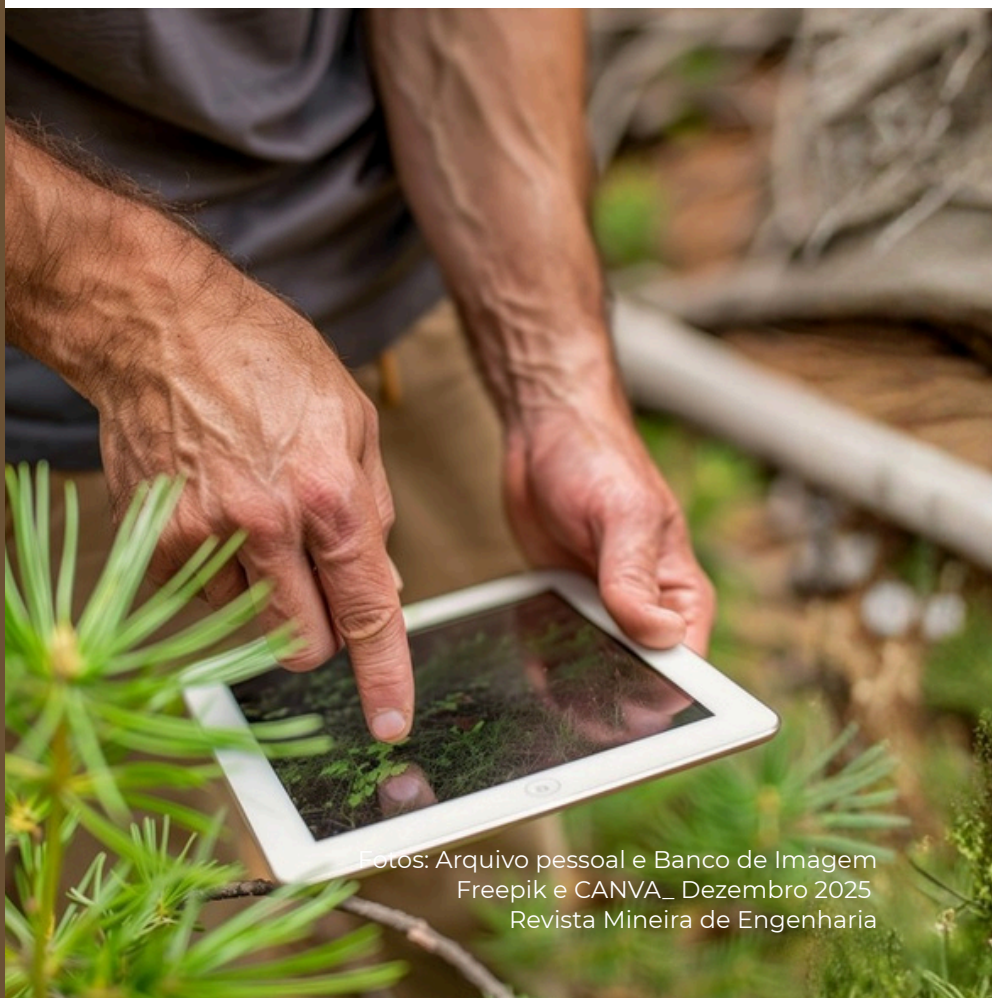
“

Cibersegurança não é custo — é investimento em produtividade, reputação e competitividade. A floresta do futuro será digital, mas só será verdadeiramente sustentável se também for segura.

Roosevelt de Paula

Roosevelt de Paula Almado (foto) é engenheiro florestal e mestre em Entomologia Florestal. Com mais de 30 anos de experiência no setor, se destacou na condução de projetos voltados para inovação, sustentabilidade, melhoria de processos e operação

Nos últimos anos, o agronegócio brasileiro, e especialmente o setor florestal, passou por uma verdadeira revolução silenciosa. Máquinas conectadas, sensores, drones, softwares de gestão e bancos de dados transformaram plantações em sistemas inteligentes, capazes de gerar informação em tempo real e otimizar cada etapa da produção. Essa digitalização acelerada abriu um universo de oportunidades, mas também escancarou uma nova porta de entrada para riscos antes inimagináveis: os ataques cibernéticos.



Fotos: Arquivo pessoal e Banco de Imagem
Freepik e CANVA_ Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia



Foto: Gemini Generated
Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia

Segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores (Ibá), o Brasil ultrapassou 10 milhões de hectares de florestas plantadas em 2024, consolidando-se como líder global em produtividade florestal. Por trás desse avanço estão tecnologias de ponta — sensores de umidade, inteligência artificial, imagens de satélite, Internet das Coisas (IoT) e big data — que permitem monitorar desde o crescimento das árvores até o risco de incêndios, gerando decisões mais rápidas e precisas.

A transformação digital é um processo abrangente de mudança cultural que vem ocorrendo nas empresas florestais nos últimos tempos. Ele envolve o mapeamento das operações, soluções de comunicação, processamento e análise automatizada dos dados, finalizando com ganhos reais na rentabilidade através da gestão e da implantação da melhoria contínua nos seus processos.

Essa “floresta inteligente” exige um ecossistema digital cada vez mais sofisticado. Sistemas de ERP, plataformas de gestão de campo (GIC), redes de comunicação em tempo real e automação total das operações já são realidade em diversas empresas. No entanto, quanto mais conectada a floresta, maior é a superfície de exposição a ameaças cibernéticas.

Portanto, o avanço das tecnologias digitais e da silvicultura de precisão no setor florestal, possibilitado por ferramentas profissionais de gestão de processos baseadas na análise da variabilidade dos indicadores e controle de metas para implantação da melhoria contínua nas empresas, não deve ser dissociado da construção de um arcabouço sólido de governança digital e cibersegurança. Essa é a base para garantir que a inovação tecnológica seja também uma ferramenta segura e confiável na promoção da sustentabilidade, competitividade e soberania do agronegócio brasileiro.

A segurança digital no campo não é um problema simples. É o que especialistas chamam de “wicked problem”. Em outras palavras: um desafio complexo, em constante mutação e sem solução única. No setor florestal, isso se manifesta em cinco frentes principais:



1

Complexidade técnica: Cada novo sensor ou conexão amplia os pontos de vulnerabilidade, especialmente em pequenas e médias propriedades.

2

Ausência de soluções universais: O que funciona para uma grande empresa de celulose pode ser inviável para um produtor independente.

3

Interesses conflitantes: Empresas priorizam compliance; produtores, simplicidade; o Estado, regulação.

4

Impactos sistêmicos: Um único ataque pode gerar efeitos em cascata em logística, inventários, rastreabilidade e créditos de carbono.

5

Necessidade de cooperação: Nenhum ator enfrenta sozinho essas ameaças; é preciso articulação entre empresas, governo, associações e provedores de tecnologia.

Um exemplo emblemático é o Sarcoma Ransomware, um grupo criminoso que tem mirado setores estratégicos como o agronegócio. Sua tática combina criptografia dos dados da vítima com a ameaça de vazamento público das informações (a chamada “dupla extorsão”). No caso do setor florestal isso pode significar paralisação de operações críticas, como o monitoramento de talhões e inventários, e exposição de dados sensíveis sobre práticas ambientais, pesquisas científicas e contratos.

Os danos vão muito além do resgate financeiro: incluem perda de propriedade intelectual, quebra de confiança em certificações (como FSC e ESG), riscos jurídicos e reputacionais severos. Casos já registrados no Brasil envolvem invasão de servidores de empresas de celulose, ataques a drones de monitoramento e interrupções em sistemas de gestão florestal.

A base da segurança digital está em três pilares:

- **Confidencialidade:** proteger dados estratégicos (planos de colheita, estoques, contratos).
- **Integridade:** garantir que informações não sejam adulteradas, evitando decisões erradas.
- **Disponibilidade:** assegurar que sistemas estejam sempre acessíveis para não paralisar operações.



Foto: Banco de Imagem CANVA
Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia

Mais do que tecnologia, proteger esses pilares exige cultura organizacional: equipes treinadas, boas práticas de segurança e protocolos claros para incidentes.

PROTEGER O NEGÓCIO FLORESTAL É UM ESFORÇO COLETIVO. ESTRATÉGIAS EFICAZES INCLUEM:

- Treinamento contínuo das equipes técnicas.
- Auditorias de vulnerabilidade para identificar pontos fracos antes que criminosos o façam.
- Planos de contingência com backups e respostas rápidas.
- Adoção de frameworks internacionais como ISO/IEC 27001 e NIST CSF.
- Governança colaborativa, envolvendo MAPA, CNA, OSCA e empresas especializadas.

Tendência

Em vários países, florestas plantadas já são tratadas como infraestrutura crítica, ao lado de energia, água e transporte. No Brasil, com seu papel central na bioeconomia e no mercado de carbono, proteger o ecossistema digital florestal é uma questão de soberania estratégica.

A digitalização do setor florestal não é mais uma tendência: é um caminho sem volta. A questão é como trilhar esse caminho de forma segura. Cibersegurança não é custo — é investimento em produtividade, reputação e competitividade. Como dizia Sun Tzu: “Se você conhece o inimigo e conhece a si mesmo, não precisa temer o resultado de cem batalhas”. **O setor florestal precisa, agora, conhecer bem sua nova frente de batalha: a digital.**



“

“A engenharia aplicada ao terceiro setor é mais que técnica: é empatia, estratégia e visão de futuro.”

Josmária Oliveira

Josmária Oliveira (foto) tem graduação em Contabilidade, Administração e Pedagogia. Doutora em Ciência da Informação, é professora e coordenadora do curso de Ciências Contábeis na PUC Minas e conselheira do Conselho Regional de Contabilidade de Minas Gerais (RCMG)



Voluntariado estratégico para o bem comum

O impacto social fortalece a engenharia como instrumento de desenvolvimento humano e social. A escola do pensamento sistêmico, identitária aos engenheiros, perfila a força transformadora capaz de redesenhar territórios, melhorar condições de vida e fomentar cidadania.

Com a ênfase recente da reforma tributária, a compreensão dos incentivos fiscais pode favorecer a atuação estratégica, conectando ações voluntárias e planejamento urbano para o desenvolvimento social. Caminho possível pela reputação da SME em desenvolver ações colaborativas entre profissionais, universidades, associações e o poder público para gerar soluções sustentáveis e escaláveis.

O PAPEL TÉCNICO-REGULATÓRIO MROSC e a exigência de qualificação

Para ampliar perspectivas, a atuação voluntária dos engenheiros deve buscar a atuação como conselheiro estratégico e articulador entre esferas governamentais, privadas e comunitárias, constituindo parcerias. O Marco Regulatório das Organizações da Sociedade Civil (MROSC) trouxe um novo patamar de exigência para entidades que firmam parcerias com o poder público. A profissionalização da gestão passou a ser condição essencial, exigindo mão de obra qualificada, prestação de contas transparente e estruturação técnica de projetos.

Engenheiros são convocados para planejar, avaliar e propor soluções viáveis dentro dos marcos legais. A captação de recursos para o terceiro setor passa por traduzir necessidades sociais em planos de trabalho com metas, cronogramas/priorizações e resultados mensuráveis. Este é o momento de reconhecer os assentos dos engenheiros em Conselhos de Administração e Conselhos Fiscais das OSCs.

Incentivos fiscais e o fomento à inovação social

O momento convida a estruturar um ecossistema potente para o desenvolvimento de projetos de impacto social, integrando as políticas de incentivo fiscal para financiar soluções técnicas voltadas às comunidades em situação de vulnerabilidade. É relevante qualificar a compreensão da aplicação da Lei do Bem combinada com certificações como o CEBAS (Certificação de Entidade Beneficente de Assistência Social), que favorece a atratividade a outros incentivos como esporte, cultura, infância, idosos e mulheres.

Ao interagir com as instituições existentes, o engenheiro também pode educar a comunidade local (moradores, cuidadores, usuários) sobre uso consciente dos espaços: pequenos reparos, escolhas de materiais com menos impacto, práticas de segregação de lixo e reaproveitamento, garantindo inclusive o fomento à economia circular local.

Essa engenharia tributária se fortalece ainda mais quando combinada com a certificação CEBAS, com leis de incentivo ao esporte, à cultura, à criança e ao adolescente, à pessoa idosa e às mulheres. Ao obtê-la, a entidade amplia significativamente sua capacidade de captação de recursos junto à iniciativa privada, uma vez que a certificação confere reconhecimento público de sua atuação social, isenções tributárias e maior credibilidade junto a empresas que desejam investir com responsabilidade.

Deputados e vereadores, ao analisarem a destinação de emendas parlamentares, tendem a priorizar projetos que apresentem clareza técnica, viabilidade de execução e impacto social mensurável. A assinatura de um engenheiro em um plano de trabalho garante fundamentação de orçamentos compatíveis, cronogramas realistas e soluções adequadas às necessidades locais. A credibilidade profissional aumenta significativamente as chances de destinação de recursos via emenda parlamentar e sua posterior execução sem entraves. Essa colaboração entre parlamentares e profissionais da engenharia fortalece a política pública e assegura o bom uso dos recursos.

Outro ponto estratégico é o uso de verbas pecuniárias — recursos provenientes de acordos judiciais e que podem ser destinados a entidades sociais mediante projetos bem fundamentados. Engenheiros podem contribuir para a elaboração de propostas que envolvam requalificação urbana, projetos de acessibilidade, intervenções sustentáveis e ações educativas em comunidades em vulnerabilidade, maximizando o impacto desses recursos.

Considerando esse ecossistema de incentivos, é importante destacar que os analistas do governo, ao liberarem recursos públicos — seja por emendas parlamentares, verbas pecuniárias ou por meio da aprovação em editais — esperam ver evidenciada a dedicação social para a concepção dos projetos. E é nesse ponto que o registro das horas de trabalho voluntário se torna fundamental. As horas dedicadas por engenheiros e outros profissionais, desde a concepção até a prototipação e acompanhamento técnico dos projetos, representam uma forma objetiva e mensurável de compromisso social.

A dedicação técnica gratuita demonstra o engajamento da sociedade civil na construção coletiva das soluções e amplia a legitimidade dos projetos diante dos analistas públicos. Para fortalecer esse reconhecimento, a Sociedade Mineira de Engenheiros (SME) deve manter e consolidar a compilação formal das horas voluntárias prestadas por seus associados. Esse ato valoriza o esforço individual dos profissionais e reforça o papel institucional da SME como parceira estratégica do poder público no desenvolvimento de políticas de impacto social, tornando visível e valorizado o ativo imaterial que é o conhecimento aplicado a serviço da transformação social.

Extensão universitária e educação continuada

As universidades estão sendo desafiadas a ampliar suas ações, diante do marco da curricularização da extensão. Nesse contexto, as parcerias com o terceiro setor e com associações profissionais ganham destaque como oportunidades para que estudantes e professores se envolvam em projetos reais, com forte impacto social e técnico.

Parcerias com o terceiro setor e com associações profissionais são estratégias para promover ações reais, como demonstra o [e-book da PUC Minas](#), que apresenta iniciativas interdisciplinares e aplicadas. O apoio a projetos com validação técnica, mentoria e articulação para captação de recursos fortalece a educação continuada, permitindo ao engenheiro interagir com projetos sociais urbanos, que combinam engenharia com sociologia, economia, cultura, saúde pública e gestão.

“Um engenheiro pode ensinar o cidadão e o jovem universitário a cuidar de seu espaço — escolher materiais sustentáveis, consertos simples, práticas de redução de resíduos — e assim tornar protagonistas aqueles que habitam o território, com a chancela da Universidade, pela atuação como mentor em projetos de extensão.”

O engenheiro, em times multidisciplinares, pode trazer a visão sistêmica de causa e efeito para gerar atratividade ao espaço diante da superação de barreiras técnicas (drenagem, risco geológico, energia, mobilidade) que afetam a percepção de segurança e qualidade de vida. O engenheiro voluntário vivencia a prática da pesquisa aplicada, amplia seu repertório, fortalece seu compromisso ético e ainda constrói um portfólio diferenciado com atuação em times multidisciplinares e articulação intersetorial.

Recomendações estratégicas

A atuação qualificada do engenheiro no terceiro setor exige um ambiente institucional preparado para acolher e desenvolver projetos com viabilidade técnica e impacto social. Por isso, uma das primeiras recomendações é investir na capacitação técnica das Organizações da Sociedade Civil (OSCs). Muitas vezes, essas entidades possuem boas ideias e inserção comunitária, mas enfrentam dificuldades para elaborar projetos conforme os requisitos do MROSC e dos editais públicos. Engenheiros podem atuar como facilitadores desse processo, oferecendo apoio na formatação de planos de trabalho, definição de indicadores, orçamentos e estruturação das etapas de execução.

Outro eixo estratégico é a formação de redes de engenheiros voluntários. Essa rede pode funcionar como uma consultoria colaborativa, com atendimento remoto ou presencial, voltada para apoiar iniciativas comunitárias, associações de bairro, centros culturais e instituições filantrópicas. Com atuação intersetorial, essas redes podem ainda oferecer mentorias, capacitações e parcerias com universidades. Além de ampliar o impacto social, essa iniciativa fortalece o portfólio dos profissionais envolvidos e fomenta um ambiente de troca entre diferentes gerações de engenheiros.

A execução de projetos-piloto é uma ferramenta para validar ideias em pequena escala e demonstrar sua viabilidade técnica e social. Ao atuar com protótipos, os engenheiros podem testar soluções de mobilidade, saneamento, drenagem, energia solar, entre outras tecnologias sociais, e gerar dados confiáveis que sustentem a captação de recursos para expansão. Tais projetos, quando bem documentados, também contribuem para a formação de acervos técnicos e metodológicos, que podem ser replicados por outras organizações em contextos similares.

A adoção de indicadores de impacto e a criação de premiações por boas práticas são medidas que estimulam a melhoria contínua e o reconhecimento de soluções inovadoras. Ao mensurar os resultados de intervenções técnicas — como a redução de consumo energético, o reaproveitamento hídrico ou a melhoria da acessibilidade — as OSCs e seus parceiros conseguem evidenciar o retorno social dos investimentos realizados. As premiações, por sua vez, ajudam a difundir experiências bem-sucedidas e a fortalecer o ecossistema de inovação social na engenharia.

Por fim, é fundamental incentivar a articulação com políticas públicas e instrumentos de financiamento, como as emendas parlamentares e as verbas pecuniárias. Os engenheiros têm capacidade de estruturar projetos com base técnica sólida, que atendam aos critérios exigidos para a liberação desses recursos. Quando alinhados às diretrizes de extensão universitária, como exemplificado pelos projetos integradores, esses esforços ganham ainda mais legitimidade e capilaridade. Assim, a engenharia se consolida como uma aliada estratégica na construção de soluções sustentáveis, inclusivas e inovadoras para os desafios sociais contemporâneos.

Ação Proposta	Objetivo
Capacitação técnica para OSCs	Melhorar elaboração de projetos para MROSC e editais
Execução de projetos-piloto	Demonstrar viabilidade de soluções sustentáveis
Indicadores de impacto	Avaliar resultados sociais e ambientais
Premiações por boas práticas	Incentivar projetos replicáveis de saneamento e energia
Parcerias com universidades	Integrar extensão, educação e impacto social

A engenharia aplicada ao terceiro setor é mais que técnica: é empatia, estratégia e visão de futuro. O profissional que atua nesse campo transforma realidades e, ao mesmo tempo, constrói uma carreira sólida, alinhada aos desafios da sociedade brasileira. O engajamento em ações comunitárias pelo voluntariado favorece a formação cidadã por ampliar o repertório profissional e fortalecer o compromisso ético da engenharia com o bem-estar coletivo.

Tendência

Para o engenheiro em início de carreira, o voluntariado técnico é uma excelente maneira de construir um portfólio diferenciado, com experiências reais, atuação em times multidisciplinares, integração com o setor público e comunitário — o que agrega valor na trajetória profissional. A articulação intersetorial que o voluntariado proporciona (universidade, empresas, governo, sociedade civil) favorece o desenvolvimento de habilidades de liderança, negociação, empatia e resolução de problemas complexos.

Mais do que construir estruturas, o engenheiro social constrói possibilidades e se conecta com a missão de cada OSC assistida. Trata-se de uma estratégia de carreira que visa consolidar soluções sociais que transcendam a materialidade da forma, do espaço e do tempo.



Conte com a nossa expertise para ajudar a colocar o país nos trilhos.

O Laboratório de Testes em Materiais para Ferrovias e Rodovias pertencente ao Departamento de Análises e Inovações - DEPAI, da Fundação Gorceix, possui um corpo formado por engenheiros doutores, mestres e técnicos em geotecnia, transportes e mobilidade. Suas instalações estão equipadas para prestar, com muito profissionalismo, consultorias, estudos, projetos e ensaios nas áreas de ferrovias, rodovias e sistema viário de mina. Nossas análises e ensaios obedecem as normas nacionais e internacionais, seguindo rigorosamente procedimentos operacionais que garantem a confiabilidade dos resultados, possibilitando a tomada de decisões estratégicas dos nossos clientes. Entre nossos projetos, desenvolvemos tecnologias de ponta em componentes, caracterização e credenciamento de materiais utilizados na pavimentação do setor, além de classificação ambiental de resíduos sólidos como agregados, o que tem nos permitido ser uma referência em materiais e tecnologias para a engenharia de pavimentação ferroviária, rodoviária e de sistema viário de mina. A Fundação Gorceix acredita que a expansão do transporte ferroviário ajuda a reduzir as emissões de carbono, uma vez que trens de carga são mais eficientes e menos poluentes que outros transportes. Investir em ferrovias não é só uma questão de infraestrutura, é investir sobretudo em sustentabilidade.



**EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA,
TECNOLOGIA
E ASSISTÊNCIA
SOCIAL**

Fale diretamente com nosso Gerente Associado: ^{+55 31} 3559 7454 ou, se preferir, acesse nosso site para saber como a Fundação Gorceix pode se tornar a parceira certa para os seus projetos no setor de transportes.



O VALOR DAS HORAS DOADAS

O voluntariado como ativo imaterial da SME

Desde a sua fundação, em 1931, a Sociedade Mineira de Engenheiros (SME) tem no trabalho voluntário o alicerce de sua existência e a expressão mais genuína de sua vocação coletiva. Ao longo de mais de nove décadas completas, gerações de profissionais das ciências exatas e tecnológicas têm contribuído com seu tempo, conhecimento e experiência para fortalecer a engenharia como instrumento de desenvolvimento humano e social.

Em 2025, a entidade deu um passo significativo ao aprimorar seu entendimento institucional sobre a Gestão e Valoração do Trabalho Voluntário, consolidando-o como um ativo imaterial: um patrimônio humano e intelectual que traduz o impacto social e o valor agregado do engajamento técnico.

A metodologia adotada tem como referencial o período a partir de 2014, permitindo consolidar uma década de registros que agora passam a integrar o Balanço Social da SME, em conformidade com o ITG 2002 – Entidades sem Finalidade de Lucros – e com a Lei nº 9.608/1998 (Lei do Voluntariado).

Essas horas, convertidas em valor de referência, representam a engenharia em sua essência: o saber técnico a serviço da coletividade. Cada reunião técnica, cada parecer, cada curso, cada evento, cada projeto e cada ação solidária refletem o compromisso dos que fazem da SME uma entidade viva, relevante e necessária ao seu tempo.

Engenhar soluções úteis exige proximidade com as pessoas e com os contextos em que elas vivem. O voluntariado é o elo que mantém essa conexão viva entre a técnica e o humano, entre o saber e o servir.

Nossos agradecimentos especiais aos associados da SME, o coração pulsante da entidade, que há quase um século preservam sua missão e fortalecem, com dedicação e cooperação, o legado coletivo da engenharia mineira, uma história escrita coletivamente, hora a hora, com competência, generosidade e propósito.

Virgínia Campos
Presidente da SME

Foto: Banco de Imagem
CANVA _ Dezembro 2025 _
Revista Mineira de Engenharia



LIMIAR
DESENVOLVIMENTO

SOLUÇÕES TÉCNICAS QUE
transformam
SUSTENTABILIDADE EM VALOR

A SUSTENTABILIDADE CORPORATIVA ENTRA EM NOVA FASE NO BRASIL.

Com as diretrizes da Comissão de Valores Mobiliários (CVM), as empresas são chamadas a incorporar transparência, clima e governança em sua estratégia. **Mais do que cumprir normas, é o momento de gerar vantagem competitiva e reputação sólida.**

ÁREAS DE ATUAÇÃO:

- Planejamento e gestão de sustentabilidade
- Diligência ambiental em compra e venda de ativos
- Conformidade com IFC, Princípios do Equador e padrões internacionais
- Relatórios e indicadores de desempenho ESG
- Licenciamento e monitoramento ambiental



TRANSFORMANDO CONFORMIDADE EM REPUTAÇÃO, TRANSPARÊNCIA EM VALOR SUSTENTÁVEL.



Wilson Leal (foto) é engenheiro eletrônico pela Escola Politécnica da USP. Exerce as funções de Engagement Director da Goldratt Consulting e atua como assessor para projetos especiais na SME



Juliana Leite (foto) é administradora de empresas e diretora da Adlex/MG. Lidera projetos voltados à economia circular e inovação na reciclagem automotiva, em parceria com o Cefet-MG

Reciclagem veicular: sustentabilidade, economia circular e inovação industrial

A reciclagem veicular consiste no processo de desmontagem e reaproveitamento de materiais de veículos em fim de vida útil, configurando-se num dos pilares da economia circular no setor automotivo. Esse processo envolve etapas como descontaminação, desmonte e separação de peças reutilizáveis, bem como a classificação de materiais como metais, plásticos e vidros para reciclagem, contribuindo para a proteção ambiental e geração de novos produtos e componentes.

Os benefícios da reciclagem veicular ultrapassam a esfera ambiental, incluindo a redução do consumo de recursos naturais e energia, uma vez que a transformação de sucata em matéria-prima e o reúso de peças evita a produção de novos materiais, diminuindo impactos industriais e ambientais. Além disso, promove a geração de empregos e movimentação econômica, fortalecendo cadeias produtivas regionais e estimulando o desenvolvimento da economia circular.

A reciclagem veicular desempenha papel relevante na prevenção da poluição e na promoção da saúde pública, inibindo o acúmulo de veículos abandonados em vias e terrenos, que frequentemente tornam-se criadouros do mosquito transmissor da dengue e de outras doenças. Considerando que existem milhares de veículos abandonados ou apreendidos em todo o país, essa situação reforça a urgência de políticas estruturadas para o reaproveitamento e destinação ambientalmente adequada desses bens.

A experiência internacional e os resultados da indústria siderúrgica brasileira evidenciam o potencial econômico da reciclagem veicular. Nos Estados Unidos, a reciclagem de veículos representa cerca de 20% da produção total de aço, com aproximadamente 14 milhões de toneladas reaproveitadas anualmente.




Fotos: Arquivo pessoal e Banco de Imagem
Freepik e CANVA_ Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia

No Brasil, a Gerdau, maior recicladora da América Latina, processa cerca de 11 milhões de toneladas de sucata ferrosa por ano, e cada tonelada reaproveitada evita a emissão de 1,5 tonelada de CO₂, sendo que aproximadamente 70% do aço produzido tem origem em sucata e retorna ao mercado na forma de novos produtos. Segundo a Renova Ecopeças (Grupo Porto Seguro), 85% das peças que compõem um veículo são reaproveitáveis, 10% são recicláveis e apenas 5% necessitam de descarte ambientalmente correto. Isso evidencia o grande potencial do setor para ampliar o reaproveitamento de materiais e reduzir impactos ambientais.

Nos Estados Unidos a reciclagem veicular já responde por 20% da produção de aço, com cerca de 14 milhões de toneladas provenientes de carros triturados. Esse resultado é possível porque 95% dos veículos em fim de vida útil nos EUA, e 99% no Japão, são reciclados. No Brasil, por outro lado, apenas 1,5% da frota recebe destinação adequada, apesar de termos cerca de 48 milhões de veículos circulando e 2 milhões de carros chegando ao fim do ciclo anualmente.

A Stellantis, ao inaugurar neste ano em Osasco (SP) o primeiro Centro de Desmontagem Veicular Circular Autopeças, tornou-se a primeira montadora que entra no mercado de reciclagem estruturada de veículos sinistrados, em fim de vida útil ou fora de uso - inclusive de outras marcas. O mercado de peças usadas no Brasil apresenta um potencial significativo, com faturamento estimado em R\$ 2 bilhões por ano, refletindo a crescente valorização do reúso de componentes automotivos.

A large orange excavator is shown in a scrap metal yard, lifting a heavy load of crushed metal debris. The background shows a vast area filled with scrap metal under a blue sky with scattered clouds.

Segundo o prof. Daniel Castro, fundador do Centro Internacional da Reciclagem Automotiva (Cira), instalado no Cefet-MG com apoio da Agência Japonesa de Cooperação Internacional (Jica), caso o país alcance a meta de reciclar dois milhões de veículos por ano - aproximadamente 4% da frota circulante -, os benefícios seriam significativos, incluindo a economia de energia elétrica, a geração de milhões de créditos de carbono, fortalecendo a agenda de transição energética e descarbonização industrial e a economia de milhões de toneladas de minério de ferro. Atualmente, 1,5% da frota brasileira é reciclada anualmente, enquanto países como Estados Unidos, Japão e diversas nações europeias atingem índices entre 4% e 6%.



Foto: Divulgação / CEFET-MG _ Dezembro 2025 _ Revista Mineira de Engenharia

O prof. Daniel desenvolveu o Selo Verde, que quantifica de forma científica esses benefícios, medindo os recursos naturais e energia poupados, e quantifica também a eliminação de elementos poluentes (resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas) que deixam de ser lançados no planeta através da reciclagem veicular. Esse selo já está sendo usado por empresas de vários estados, constituindo um diferencial de mercado na cadeia produtiva e objeto de estudo para a criação de incentivos fiscais pelos governos estaduais para as empresas que priorizam o tema ambiental.

Em Minas Gerais, o setor de desmontes e reciclagem veicular recebeu significativo impulso com a criação do Grupo de Trabalho de Reciclagem Veicular (GT-RV) pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico (Sede), em junho de 2024, demonstrando a sensibilidade do governo estadual ao reconhecer o potencial econômico e ambiental do setor e a necessidade de remoção de barreiras regulatórias e fiscais, através de ações eficientes de órgãos do governo de MG em conjunto com a Adlex, SME, Stellantis, Fundep e Plus Enga.

Nesse contexto, a Associação dos Desmontes Veiculares e Peças Recicladas de Minas Gerais (Adlex-MG) desempenha papel central, com apoio decisivo da Sociedade Mineira de Engenheiros (SME), desde a realização do seminário Reciclagem e Sustentabilidade na Indústria Automobilística, em junho de 2023, na sede da entidade. Dessa forma, a SME cumpre sua missão quando valoriza a inovação como fator de desenvolvimento econômico, ao mesmo tempo em que se compromete com os desafios imediatos da sustentabilidade.

Fundada em 2018 pelo empresário do setor Marco Antônio da Silva, a Adlex surgiu da necessidade de apoiar o setor na implementação da Lei Federal nº 12.977/2014, conhecida como Lei do Desmonte, em Minas Gerais. Atualmente, a entidade reúne mais de 80 empresas associadas e credenciadas junto ao Detran, unindo forças com a SME para garantirem representatividade, credibilidade e influência institucional junto ao setor, consolidando seu papel como articuladora de políticas públicas, boas práticas de rastreabilidade e advocacy junto ao governo, com resultados concretos e reconhecidos por seus associados.

Legislação

A Lei nº 23.592/2020, que institui o Programa de Reciclagem de Resíduos Veiculares (PRRV) em Minas Gerais, estabeleceu bases para uma política pública pioneira no país, voltada à reciclagem veicular estruturada e à profissionalização do setor. O programa fomenta a economia circular ao estimular a destinação ambientalmente correta de veículos e a reintrodução de materiais na cadeia produtiva; gera emprego e renda ao ampliar atividades de desmonte; reduz impactos ambientais ao evitar descarte irregular de resíduos perigosos; e fortalece a segurança pública ao criar mecanismos de rastreabilidade e controle sobre veículos baixados.

A implementação plena do PRRV depende de sua regulamentação, que é essencial para definir regras operacionais, metas e responsabilidades entre órgãos públicos e iniciativa privada, sendo urgente para viabilizar o reaproveitamento de milhões de veículos parados, liberar áreas ocupadas e ativar um ciclo produtivo sustentável no estado.

Mobilização setorial

Por meio do GT articulado pela SME, o mercado avançou junto à Secretaria de Estado de Fazenda (SEF/MG), resultando na redução da carga tributária e na eliminação de barreiras que comprometiam a rastreabilidade das peças. Outro marco relevante foi a criação de um Arranjo Produtivo Local (APL) específico para o setor, voltado à obtenção de linhas de financiamento exclusivas, fortalecendo a representatividade da Adlex-MG em eventos governamentais, estaduais e acadêmicos.

A entrada das montadoras no mercado de reciclagem de veículos, impulsionada pela Lei Mover, representa um novo ciclo de industrialização e economia circular. Apesar dos avanços, o setor ainda enfrenta desafios como a ampliação da adesão ao credenciamento de empresas junto ao Detran, segurança jurídica na compra de sucatas e apoio financeiro e técnico para a reestruturação dos desmontes tradicionais, adequando-os às exigências das montadoras e às metas de sustentabilidade.



Foto: Gemini_Generated
Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia

Conclusão

Exemplos citados de novos entrantes no mercado reforçam também as perspectivas econômicas do setor, mas acentuam, em geral, os desafios burocráticos, fiscais, tecnológicos e ambientais para o seu desenvolvimento. Nesse sentido, o baixo percentual de veículos reciclados representa um relevante potencial de mercado, porém o elevado volume de sucatas apreendidas constitui um gargalo real de matéria-prima para o setor e cujo aproveitamento traria resultados valiosos e imediatos dada a capacidade ociosa disponível.

Minas Gerais alcançou recentemente um diferencial de competitividade no âmbito da reciclagem veicular, resultado de avanços no regime tributário de uma legislação específica para o setor (PRRV em fase de regulamentação) e por uma eficiente articulação entre o governo e a esfera privada através do GT-Reciclagem Veicular. Paralelamente, tramita no GT-RV a minuta da Lei Estadual nº 23.592/2020 de reciclagem veicular, que visa desburocratizar o mercado e ampliar o acesso a materiais recicláveis, reconhecendo que não existe reciclagem sem matéria-prima.

Espera-se que 2026 seja o ano da consolidação de uma cadeia completa, integrando todos os elos da reciclagem de veículos, incluindo aço, plástico, vidro, pneus e resíduos veiculares não recicláveis, com destaque para parcerias estratégicas entre universidades, centros de pesquisa e indústria automotiva. O objetivo é construir um ecossistema sustentável, tecnológico e economicamente viável, consolidando Minas Gerais como referência nacional e internacional em reciclagem veicular e economia circular.



“

Concessões, PPPs e privatizações não devem ser vistos como instrumentos ideológicos, mas como mecanismos técnicos de política pública, baseados na complementaridade entre Estado e mercado.”

João Carlos de Magalhães

João Carlos de Magalhães Gomes (foto) é engenheiro civil com ênfase em transporte formado pela Escola de Engenharia Kennedy. Atualmente é sócio-diretor na Vellent Engenharia em Infraestrutura; sócio-gestor do Portal Infranews

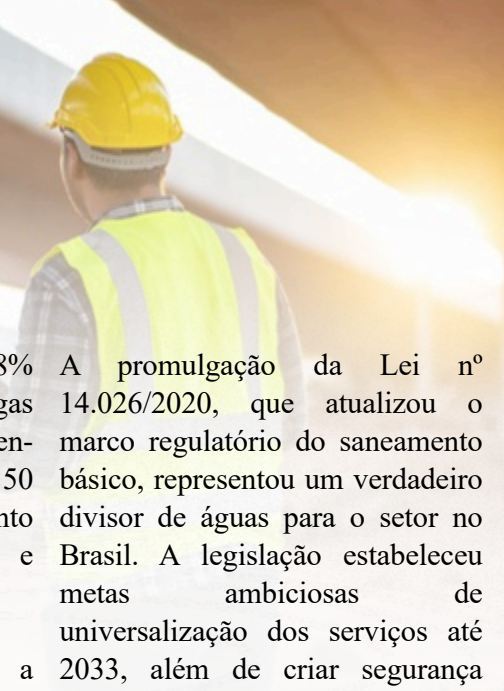


A virada bilionária da infraestrutura: como concessões e PPPs estão redesenhando o mapa do Brasil

Apesar de possuir dimensões continentais e papel estratégico no comércio global, o país convive há décadas com gargalos logísticos, defasagem tecnológica e baixa taxa de investimento público. A Constituição de 1988 consolidou um modelo estatal centralizador, cuja capacidade de investimento foi sendo corroída pela rigidez fiscal e pelo aumento das despesas obrigatórias. A partir da década de 1990, o Estado brasileiro começou a redefinir seu papel, passando de executor direto de obras e serviços para regulador e parceiro do setor privado. Essa transição inaugurou um ciclo de concessões e privatizações que, embora marcado por avanços e contradições, tornou-se o principal vetor de modernização da infraestrutura nacional.

O Programa Nacional de Desestatização (PND), instituído em 1990, simbolizou o início da mudança estrutural. As privatizações das antigas estatais de energia, telecomunicações e siderurgia liberaram recursos públicos e introduziram uma nova lógica de eficiência operacional. De acordo com artigo assinado por Juarez Quadros do Nascimento, então presidente do Conselho Diretor da Anatel, publicado em 29 de julho de 2018, o Brasil passou de cerca de 28 milhões de acessos em 1998 para 325 milhões em 2018, somando telefonia fixa, móvel, TV por assinatura e banda larga. O avanço, destacou o dirigente, resultou de investimentos contínuos realizados após o processo de desestatização do setor. No entanto, o processo não se repetiu com igual intensidade em outros segmentos, especialmente na infraestrutura de transportes, onde o Estado manteve papel preponderante até os anos 2000.

Com a criação das agências reguladoras — ANTT, Antaq, Anac, Aneel, ANA e Anatel — o país estruturou um marco institucional mais robusto para atrair capital privado. O modelo de concessões patrocinadas com a concentração de investimento e a operação integralmente sob responsabilidade da iniciativa privada ganhou



espaço nas rodovias, ferrovias e aeroportos. Nos transportes terrestres, a primeira onda de concessões rodoviárias, ainda nos anos 1990, revelou uma transição importante: de contratos baseados em outorga para modelos orientados à redução tarifária e qualidade de serviço, através de indicadores de performance técnicos. A evolução regulatória permitiu, nas décadas seguintes, a implantação de ações como o Programa de Investimentos em Logística (PIL) e, posteriormente, o Programa de Parcerias de Investimentos (PPI), criado em 2016, que consolidou a política nacional de delegação de ativos à iniciativa privada.

A partir de 2019, o PPI intensificou o ritmo de estruturação de projetos, atingindo marcos relevantes em concessões de aeroportos, ferrovias e saneamento. O setor aeroportuário, que até 2011 operava sob monopólio da Infraero, passou por um processo de privatização em blocos que, segundo a Anac (Agência Nacional de Aviação Civil), após sete rodadas de concessões e uma relicitação (São Gonçalo do Amarante), entre os 180 aeroportos que operam voos regulares no Brasil, hoje o país conta com 59 aeroportos operados por empresas privadas, em regime de concessão federal, representando cerca de 89% da movimentação

de passageiros domésticos e 98% do transporte total de cargas (dados de 2023), com investimentos contratados superiores a R\$ 50 bilhões, conforme levantamento do Ministério dos Portos e Aeroportos.

A qualidade dos serviços e a ampliação da capacidade operacional tornaram-se evidentes, consolidando o modelo como referência internacional. Nesse contexto, deu-se nova diretriz à Infraero, que ficou apenas com o aeroporto Santos Dumont, no Rio de Janeiro, entre as cinco maiores capitais brasileiras, além da administração de diversos aeroportos regionais.

No setor ferroviário, a recente renovação antecipada de contratos, como o da Ferrovia dos Carajás com a Vale e da MRS Logística, introduziu mecanismos de investimentos cruzados como a construção de um trecho da Ferrovia de Integração Centro-Oeste (FICO) e ampliações de capacidade. Destaca-se aqui a privatização da Ferrovia-Norte Sul (FNS), em seu trecho sul, que viabiliza o acesso dessa ferrovia ao Porto de Santos. Felizmente, ainda houve avanços tangíveis com o modelo de autorização ferroviária que, certamente, alavancará o setor com projetos desenvolvidos integralmente pelo setor privado.

A promulgação da Lei nº 14.026/2020, que atualizou o marco regulatório do saneamento básico, representou um verdadeiro divisor de águas para o setor no Brasil. A legislação estabeleceu metas ambiciosas de universalização dos serviços até 2033, além de criar segurança jurídica e condições econômicas favoráveis à ampliação da participação privada em um mercado historicamente dominado por estatais.

Desde então, o país tem assistido a uma intensa movimentação de investimentos e concessões, com a realização de diversos leilões de concessões e parcerias público-privadas (PPPs). Entre os casos emblemáticos, destacam-se os blocos da Cedae (RJ), da Corsan (RS) e da Casal (AL), que consolidaram a entrada de grandes operadores privados e elevaram o nível de competitividade no setor.

De acordo com informações publicadas no portal do Senado Federal, um estudo do Instituto Trata Brasil sobre os avanços do novo marco aponta que 1.557 municípios brasileiros já captaram recursos por meio de concessões plenas, parciais e parcerias público-privadas (PPPs), resultando em aproximadamente R\$ 370 bilhões em investimentos contratados. Esses números evidenciam o dinamismo e o potencial

transformador da nova estrutura regulatória, que vem redesenhando o panorama do saneamento básico no país.

Ainda no setor de saneamento, temos como destaque a transferência do controle acionário da Sabesp (SP) para o setor privado, os processos de PPPs dos estados do Pará, Ceará e Piauí e a provável privatização da Copasa (MG) que deverá ocorrer em breve.

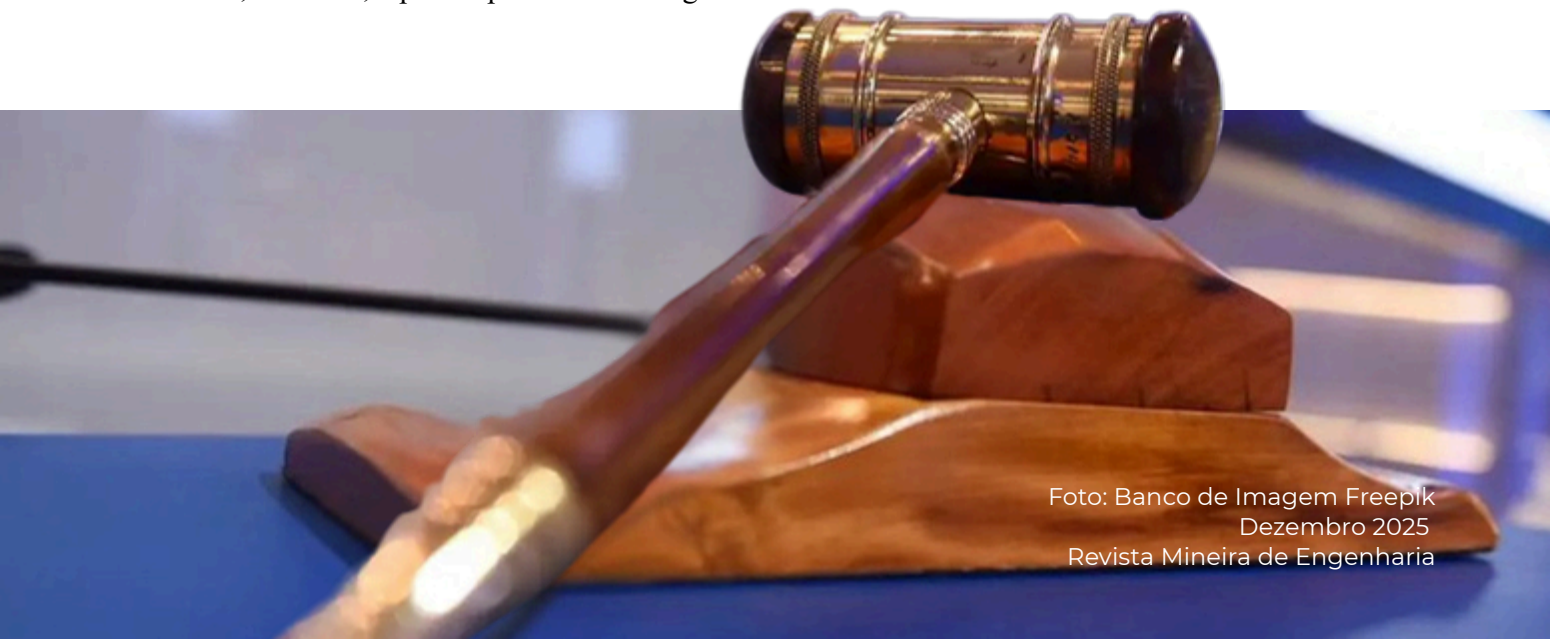
O modelo de PPPs consolidou-se como instrumento complementar às concessões comuns, permitindo a execução de projetos que não se sustentam apenas pela cobrança de tarifas. A Lei nº 11.079/2004 introduziu no ordenamento jurídico brasileiro um modelo contratual de longo prazo com repartição equilibrada de riscos e contraprestação pública. As PPPs viabilizaram desde obras rodoviárias e hospitais até sistemas de iluminação pública e presídios.

Recentemente, o modelo ganhou força em áreas como mobilidade urbana e drenagem, como exemplificam as PPPs do metrô de Belo Horizonte e os processos sobre trilhos em São Paulo. O avanço da modelagem financeira e a introdução de mecanismos como fundos garantidores, contas vinculadas e debêntures incentivadas ampliaram a confiança dos investidores institucionais.

No campo energético, o Brasil viveu um ciclo de reestruturação impulsionado pela privatização da Eletrobras, em 2022, e pela expansão das energias

renováveis. A transição energética reposiciona o país no cenário global, com crescente participação das fontes eólica e solar, sobretudo no Nordeste, que já atrai investimentos privados da ordem de R\$ 200 bilhões em novos parques, conforme declaração do Ministro Alexandre Silveira à CNN Brasil. A introdução de modelos de leilão híbrido e a abertura do mercado livre de energia também reforçam a integração entre infraestrutura e competitividade industrial. Em paralelo, o setor de telecomunicações avança com o 5G, cujo leilão, em 2021, mobilizou mais de R\$ 50 bilhões em investimentos, reforçando a importância da infraestrutura digital como eixo transversal de desenvolvimento, conforme informações do Ministério das Telecomunicações.

Apesar dos avanços, a infraestrutura brasileira ainda enfrenta desafios estruturais significativos. Segundo análise da Revista Exame, o investimento total no setor, público e privado, em 2025, deverá atingir 2,21% do PIB — patamar insuficiente para compensar a depreciação dos ativos existentes e inferior à média de 3,5% a 4% observada em economias emergentes. A ausência de uma política de Estado contínua, a insegurança jurídica e a morosidade nos processos de licenciamento continuam a afetar a previsibilidade e o custo de capital. Além disso, a sobreposição de competências entre entes federativos e órgãos reguladores cria entraves institucionais que dificultam a integração modal e a execução coordenada de projetos.



A modernização regulatória e as repactuações contratuais surgem como pilares para o novo ciclo de investimentos. O governo federal, por meio do Ministério dos Transportes e do Ministério de Portos e Aeroportos, tem conduzido revisões de contratos de concessões rodoviárias, ferroviárias e aeroportuárias, buscando reequilíbrios econômicos e retomada de obras paralisadas. Casos emblemáticos como a nova subida da Serra (BR-040/RJ), BR-101/ES, BR-163/MT e a BR-163/MS, evidenciam a transição de um modelo punitivo para um modelo adaptativo, em que o foco está na entrega do serviço e não apenas na observância formal do contrato. Essa mudança de paradigma, alinhada às melhores práticas internacionais, reforça a maturidade institucional do país em atrair e reter investimento de longo prazo.

O futuro da infraestrutura brasileira dependerá da capacidade de consolidar planejamento estratégico integrado, estabilidade regulatória e inovação financeira. A diversificação de instrumentos — concessões, PPPs, autorizações e privatizações — permite adequar o modelo à natureza econômica de cada ativo. No entanto, é fundamental fortalecer a governança pública, aprimorar a capacidade técnica dos entes subnacionais e consolidar bancos de projetos estruturados, reduzindo a assimetria de informação entre poder concedente e mercado. A atração de capital estrangeiro exigirá segurança jurídica, transparência regulatória e cumprimento rigoroso de metas contratuais, evitando improvisações e revisões casuísticas.

O Brasil encontra-se, portanto, em um ponto de inflexão. Após décadas de atraso acumulado, o país dispõe de arcabouço legal, instituições maduras e capital disponível para um novo ciclo de expansão. O desafio é transformar esse potencial em resultados tangíveis, com infraestrutura moderna, eficiente e integrada, capaz de sustentar o crescimento econômico e reduzir desigualdades regionais. Concessões, PPPs e privatizações não devem ser vistos como instrumentos ideológicos, mas como mecanismos técnicos de política pública, baseados na complementaridade entre Estado e mercado.

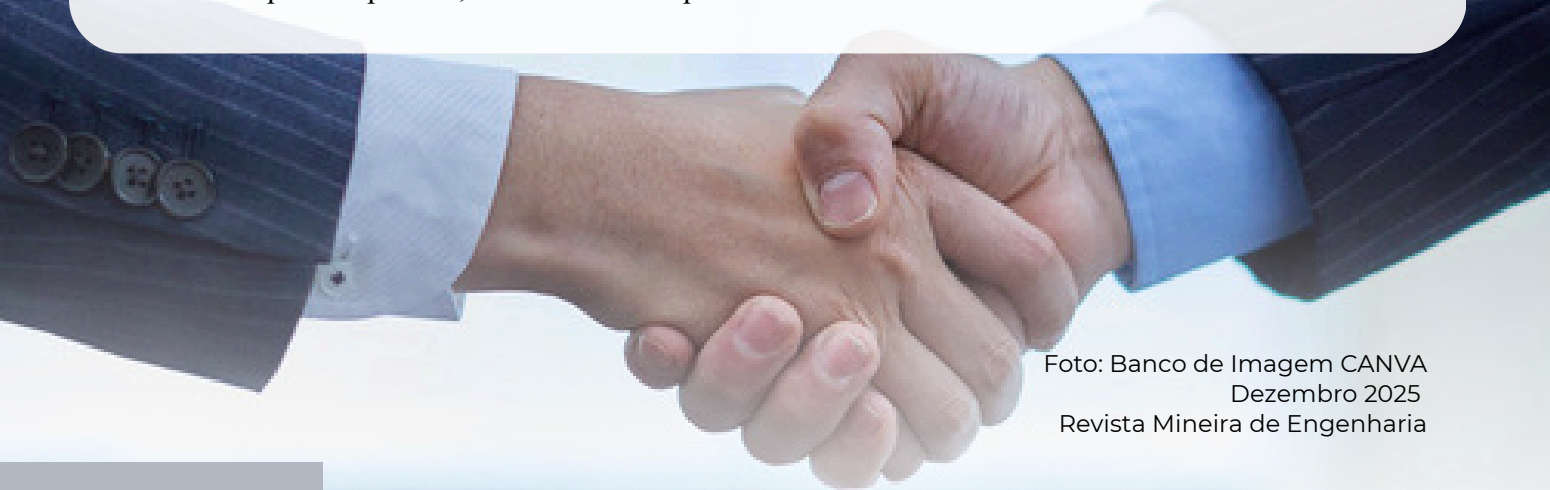


Foto: Banco de Imagem CANVA
Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia

Tendência

A consolidação desse ambiente exige visão de longo prazo, coerência regulatória e compromisso com a execução. O setor privado já demonstrou disposição para investir; cabe ao poder público garantir estabilidade e eficiência. Em um país que ainda transporta sua riqueza sobre rodovias saturadas, perde energia em redes ineficientes e carece de saneamento em mais da metade de seus domicílios, o investimento em infraestrutura é mais do que necessidade — é imperativo civilizatório.

O Brasil continua com pressa de obras prontas.



A formação em engenharia no século XXI: desafios, competências e inserção profissional

“

A educação em engenharia, tradicionalmente pautada por uma abordagem técnica e conteudista, precisa ser repensada à luz das novas demandas da sociedade, da economia digital e das expectativas das novas gerações.”

Adriana Tonini

Adriana Maria Tonini (foto) preside a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge). É coordenadora da Comissão Técnica de Educação e Formação Profissional na SME

O século XXI tem sido marcado por transformações profundas e aceleradas nos âmbitos social, tecnológico e econômico. Essas mudanças impactam diretamente as exigências do mercado de trabalho e, por consequência, os modelos educacionais, especialmente na formação de engenheiros e engenheiras. A educação em engenharia, tradicionalmente pautada por uma abordagem técnica e conteudista, precisa ser repensada à luz das novas demandas da sociedade, da economia digital e das expectativas das novas gerações.

Segundo o Censo da Educação Superior (Inep, 2024), o Brasil conta com 5.781 cursos de engenharia, dos quais 88% são ofertados por instituições privadas. As matrículas em cursos de engenharia representam 12% do total de alunos de graduação no país, com predominância do ensino presencial (82,5%). No entanto, a taxa de conclusão ainda é preocupante: apenas 95 mil concluintes para 320 mil ingressantes. Esses dados revelam não apenas a expansão da oferta, mas também os desafios relacionados à permanência e à qualidade da formação.



Fotos: Arquivo pessoal e banco de Imagem CANVA Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia

As Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação em engenharia (DCNs) passaram por três grandes marcos regulatórios:

- Resolução 48/1976: caracterizada por um enfoque tecnicista, centrado na transmissão de conteúdos técnicos e científicos.
- Resolução 11/2002: introduziu a flexibilização curricular, o Projeto Pedagógico de Curso (PPC), o estágio supervisionado e as atividades complementares, além de definir o perfil do egresso com base em habilidades e competências.
- Resolução 02/2019: aprofundou a abordagem por competências, detalhou o PPC, incorporou estratégias de nivelamento e acompanhamento de egressos, e enfatizou a avaliação formativa e o desenvolvimento de competências específicas.

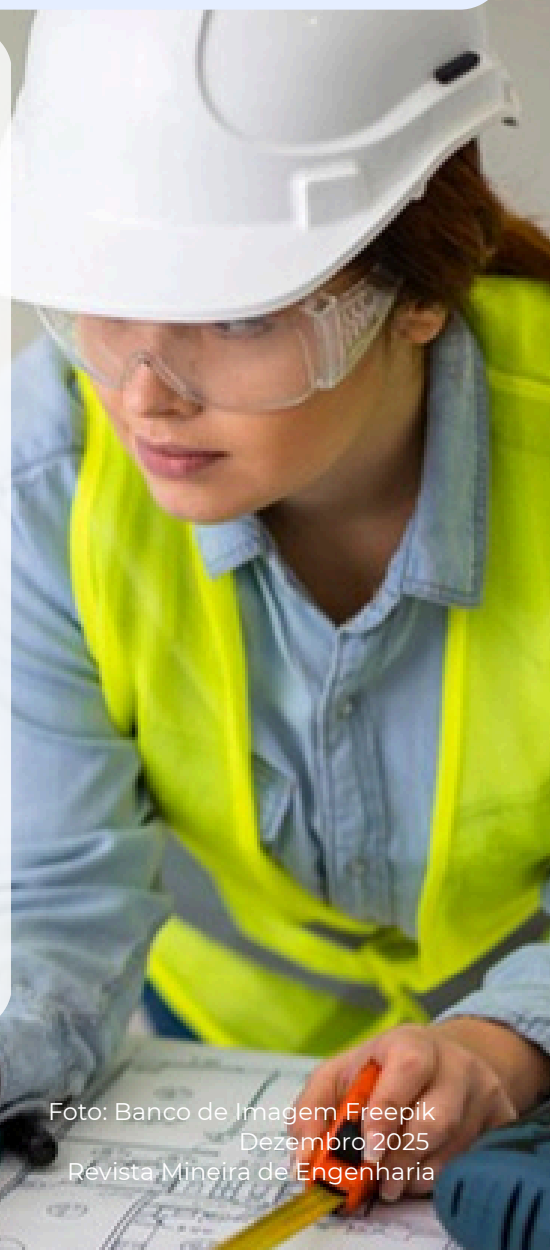
Essas mudanças refletem uma transição de um modelo conteudista para uma formação centrada no desenvolvimento de competências, alinhada às necessidades do mercado e da sociedade.

Formação por competências: um paradigma necessário

A formação por competências exige que o currículo esteja contextualizado e orientado para situações reais de trabalho. O conteúdo deixa de ser um fim em si mesmo e passa a ser um meio para desenvolver o saber-fazer e o saber-ser. As competências gerais previstas nas DCNs incluem:

- Formulação de soluções de engenharia centradas no usuário.
- Domínio de conhecimentos científicos fundamentais.
- Capacidade de conceber, projetar e analisar sistemas e processos.
- Comunicação eficaz em diferentes linguagens.
- Liderança e trabalho em equipes multidisciplinares.
- Ética profissional e responsabilidade social.
- Aprendizagem autônoma e adaptabilidade a contextos complexos.

Esse modelo demanda metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em problemas (PBL), projetos integradores, estudos de caso e simulações, além de uma abordagem multidisciplinar que reflita a complexidade dos desafios contemporâneos.



O Fórum Econômico Mundial tem apontado, em sucessivos relatórios, as competências mais valorizadas para os próximos anos. Até 2027, destacam-se:

- Pensamento analítico e criativo.
- Inteligência artificial e big data.
- Liderança, empatia e escuta ativa.
- Resiliência, flexibilidade e aprendizado contínuo.
- Alfabetização tecnológica e design centrado no usuário.

Essas competências devem ser incorporadas desde a formação inicial, por meio de currículos integrados, experiências práticas e projetos interdisciplinares que estimulem a inovação e o pensamento crítico.

A Geração Z e os novos paradigmas educacionais

A atual geração de estudantes, conhecida como Geração Z (figura 1), apresenta características que desafiam os modelos tradicionais de ensino e trabalho. São jovens hiperconectados, com forte autonomia, senso de urgência, flexibilidade e valorização da qualidade de vida. Preferem ambientes de trabalho éticos, inclusivos e com propósito social. Essa geração demanda abordagens pedagógicas mais dinâmicas, participativas e centradas no protagonismo do aluno.

No mundo do trabalho, esses jovens valorizam a inovação, a mobilidade, a diversidade e o equilíbrio entre vida pessoal e profissional. A alta rotatividade

e o desejo de rápida progressão na carreira exigem das instituições de ensino uma formação mais ágil, adaptável e conectada às tendências emergentes.

O mercado de trabalho enfrenta uma escassez crescente de mão de obra qualificada, especialmente nos setores industriais e de serviços. Segundo dados recentes da FGV (Figura 2, 2025. Fonte Google), 65% das empresas relatam dificuldades em contratar profissionais com as competências exigidas. A aceleração tecnológica, o crescimento do comércio eletrônico e as mudanças culturais, como o trabalho remoto e a valorização da qualidade de vida, têm redefinido os perfis profissionais.

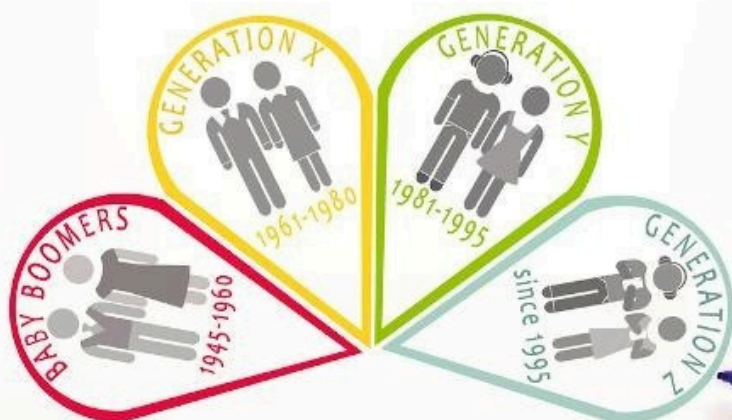


Figura 1: Geração Z
(fonte: google, 2025)

Além disso, observa-se um aumento significativo no número de jovens interessados em empreender. Dados do IBGE (2023) indicam que 30% dos jovens sonham em ter o próprio negócio, e os empreendedores entre 18 e 29 anos já representam 16,5% das empresas brasileiras. Isso exige uma formação voltada também para a autonomia, a gestão e a inovação.

ESTAMOS ADMITINDO

Os setores que não conseguem preencher as vagas disponíveis

EMPRESAS COM DIFICULDADE PARA CONTRATAR



Fonte: FGV Ibre

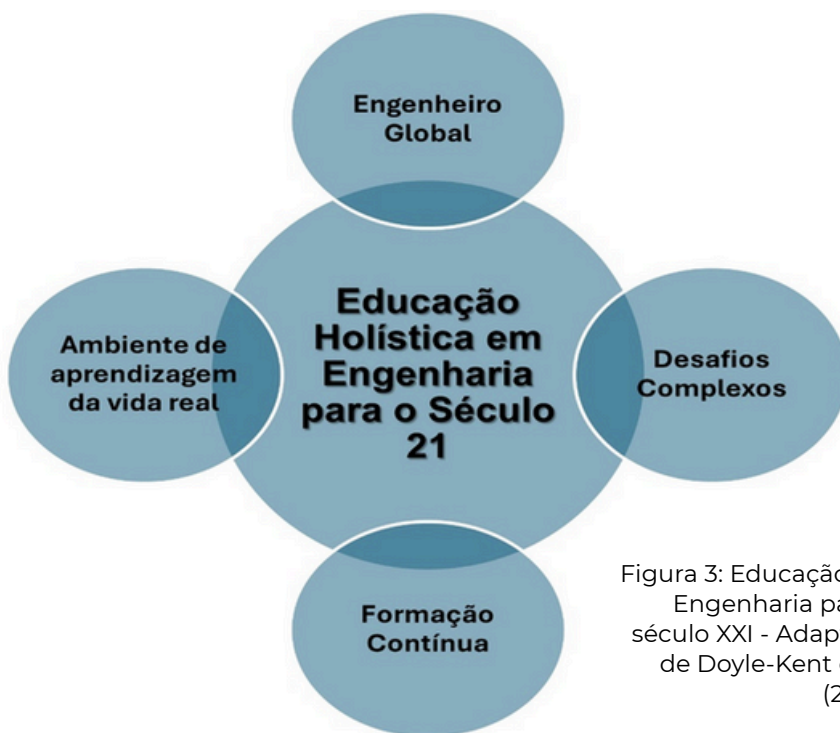


Figura 3: Educação em Engenharia para o século XXI - Adaptado de Doyle-Kent et al. (2022)

Tendência

Considerações Finais

A educação em engenharia no século XXI (figura 3) deve ser centrada no desenvolvimento de competências, alinhada às transformações sociais, tecnológicas e econômicas, e sensível às novas gerações. A articulação entre Estado, escola e empresa é essencial para formar profissionais capazes de contribuir para uma sociedade mais justa, inovadora e sustentável. É preciso investir em currículos flexíveis, metodologias ativas, formação docente continuada e políticas públicas que valorizem a educação como vetor estratégico para o desenvolvimento nacional.



“

O avanço do arcabouço regulatório e dos instrumentos de financiamento coloca o Brasil em posição estratégica para transformar seu potencial em terras raras em desenvolvimento econômico, tecnológico e social, tornando-se um player global nesse mercado em expansão.”

Marcelo Mendo

Marcelo Mendo (foto) é bacharel em Direito pela UFMG e Pós-graduado em Direito de Empresa, pela Fundação Dom Cabral. Sócio da Cescon Barriau. Na área de ESG & Impacto, foca nos impactos socioambientais da atividade minerária

Terras raras:

a oportunidade estratégica do Brasil no mercado global

A transição energética global, impulsionada pela substituição de combustíveis fósseis por fontes limpas, pela descarbonização e pelo avanço tecnológico, tem gerado uma demanda sem precedentes por terras raras. Esse mercado movimentou US\$ 13 bilhões apenas em 2023, conforme relatório da Fortune Business Insights, com projeções de crescimento anual de aproximadamente 12%, podendo ultrapassar US\$ 25 bilhões até 2030.

Nesse contexto de expansão acelerada, o debate sobre o interesse do presidente Donald Trump nas terras raras existentes no Brasil ganhou destaque nos últimos meses, sobretudo quando o governo dos Estados Unidos anunciou tarifas de 50% sobre produtos brasileiros.

Os elementos conhecidos como “terras raras” englobam minerais estratégicos como cério, lantânio e neodímio, entre diversos outros essenciais para ações concretas na transição energética. Sua aplicação abrange desde a fabricação de turbinas eólicas, veículos elétricos, baterias e ímãs até usos militares e uma ampla gama de equipamentos eletrônicos.

Atualmente, a China domina 69% da produção mundial de elementos de terras raras, segundo o relatório U.S. Mineral Commodity Summaries 2025. Além disso, o país asiático controla cerca de 85% da capacidade global de refino dessas substâncias e é responsável por 90% da fabricação de ímãs derivados desses elementos.



Fotos: Arquivo pessoal e banco de Imagem CANVA Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia

Essa hegemonia chinesa não surgiu repentinamente. A partir principalmente da década de 1980, o governo chinês implementou investimentos estratégicos em mineração e refino de materiais provenientes de terras raras. Naturalmente, os Estados Unidos consideram sensível essa alta concentração de separação e refino sob controle chinês, o que intensifica o interesse norte-americano em estabelecer parcerias para exploração desses minerais com outras nações.

Nos últimos anos, os Estados Unidos e seus aliados têm intensificado esforços para diversificar suas fontes de suprimento, atualmente dependentes da China, tornando o

movimento em torno das terras raras um dos principais temas geopolíticos do século XXI.

Segundo a edição 2025 do U.S. Mineral Commodity Summaries, o Brasil detém reservas de terras raras estimadas em 21 megatoneladas, representando 23% das reservas conhecidas globalmente. Estudos do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) identificaram potenciais significativos, especialmente em áreas da Amazônia, Minas Gerais e Bahia.

Paradoxalmente, o Brasil responde por apenas 1% da produção mundial desses minerais, conforme dados do CPRM. Entre as causas desse subdesenvolvimento está a dificuldade de aproveitamento das

reservas e de localização de depósitos minerais com concentrações suficientes para exploração técnica economicamente viável.

O Brasil, que ao longo de décadas no século XX foi um grande exportador de monazita, perdeu espaço gradualmente, em grande parte por exportar apenas minerais brutos. Atualmente, apenas uma mina de terras raras opera industrialmente no país, localizada em Minaçu, Goiás. Existem também projetos ou casos em fase inicial de instalação e exploração em outros locais, como Araxá (MG), Caetité (BA), Catalão (GO) e diferentes áreas dos estados do Amazonas e de Rondônia, mas nenhum com produção industrial conhecida.



INFRA



Para construir o país que queremos, com mais segurança, estabilidade econômica e geração de empregos, precisamos da engenharia em seu grau máximo.

Empresas com reputação, experiência e qualificação comprovadas, aptas para executar os projetos de grande porte e impacto que a infraestrutura exige.

O SICEPOT MG está junto de quem constrói, produz, impulsiona, conecta.

ASSOCIE-SE

sicepotmg.com
(31) 2121.0400
sicepot@sicepotmg.com





Diante do reconhecimento do potencial geológico brasileiro, o país pode se tornar um agente importante nesse cenário. Empresas e governos de vários países têm demonstrado interesse em investir em projetos de mineração e processamento de terras raras brasileiras, o que pode impulsionar o desenvolvimento da indústria nacional e colocar o Brasil em uma posição mais estratégica no mercado global.

Nesse cenário, o Brasil se posiciona como um futuro parceiro estratégico, tornando-se uma alternativa importante para a diversificação da cadeia de suprimentos global e podendo retomar um espaço que já ocupou no passado.

O país já possui uma agenda regulatória e instrumentos de financiamento relevantes. Entre as iniciativas em andamento para estimular o financiamento de empreendimentos destinados à produção e à transformação de terras raras e de outros minerais críticos, destaca-se a instalação, no começo de setembro, da Frente Parlamentar em Defesa das Terras Raras Brasileiras, que buscará traçar um plano estratégico para o setor.

Na área de investimentos, um exemplo é o Fundo de Investimento em Participações (FIP) lançado em 2024 pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e pelo Ministério de Minas e Energia, com estimativa de movimentação de até 1 bilhão de reais por meio desse veículo de investimento.

O Decreto 11.964/2024 incluiu os projetos de transformação de minerais estratégicos para a transição energética entre os setores que podem se beneficiar das debêntures incentivadas, instituídas pela Lei 14.801/2024, permitindo benefícios tributários e flexibilizando os trâmites burocráticos.

Adicionalmente, o BNDES e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) lançaram edital para a seleção de planos de negócios para investimentos de até R\$ 5 bilhões, focando em empreendimentos em fases iniciais e avançadas de pesquisa, produção e transformação de minerais estratégicos para a transição energética e a descarbonização.

O avanço em pesquisa e tecnologia é fundamental para que, além de explorar esses minerais, o Brasil também possa se tornar um player global nas etapas de separação e refino, que constituem importante valor agregado aos minerais. Hoje, a baixa participação do Brasil nesse mercado global ainda se dá basicamente por meio da exportação de concentrado mineral, que é processado fora, principalmente na China e na Índia.

Organizar a cadeia de produção de minerais raros e incluir universidades e o setor privado na discussão é fundamental para que o Brasil aumente seu protagonismo nesse mercado que, segundo praticamente todas as projeções, deve crescer nas próximas décadas.

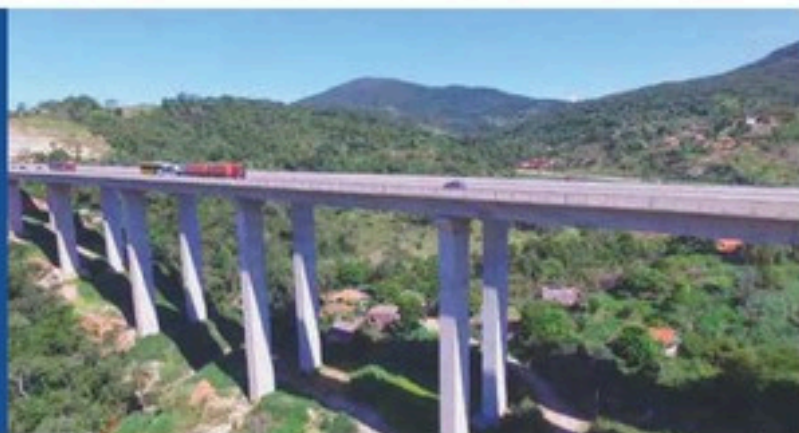
Tendência

A instituição de todo esse arcabouço legislativo e regulatório, somada à criação de instrumentos de financiamento, representam não apenas um avanço, mas desbloqueiam um mercado potencial, consolidando uma trajetória de desenvolvimento econômico, tecnológico e social verdadeiramente transformadora no mercado de terras raras brasileiro.

Foto: Flexa Mineração
Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia

Atuação estratégica na Engenharia Consultiva

Com trajetória iniciada em 1968, a **ENECON** consolida-se como referência nacional em Engenharia Consultiva, oferecendo soluções técnicas de alta performance para infraestrutura.



Sediada em Porto Alegre (RS) e com filial em Belo Horizonte (MG), a empresa diferencia-se pela implantação de um robusto Sistema de Gestão. Segundo o diretor executivo Murilo de Mello Campos, a excelência operacional está sustentada em três pilares: equipe altamente qualificada, investimentos contínuos em tecnologia e inovação, e aperfeiçoamento constante da gestão corporativa.

Como parte de sua estratégia de expansão, a ENECON concluiu em 2025 a instalação de um laboratório de última geração em Minas Gerais, equipado com tecnologias para ensaios em solo, concreto e asfalto. A empresa busca, ainda, este ano a certificação pelo Inmetro como Organismo de Inspeção

Acreditada (OIA), o que permitirá realizar inspeções de projetos e obras de infraestrutura rodoviária e ferroviária, em conformidade com as normas e, desta forma, contribuir para um ambiente de negócios mais seguro. A empresa já possui certificações como a ABNT NBR ISO 9001:2015 (Gestão da Qualidade) e a ABNT NBR ISO 14001:2015 (Gestão Ambiental) e está em processo de obtenção da ABNT NBR ISO 45001: 2024.

Presente em 12 Estados, a empresa acumula mais de 700 projetos executados em rodovias, ferrovias, metrô, aeroportos, túneis, vias urbanas, edificações, saneamento, mineração e indústria. Segundo o diretor, outro ponto que merece destaque é o incentivo à qualificação técnica dos colaboradores, que tem apoio financeiro para cursos de graduação e pós-graduação.

Há 57 anos projetando o **FUTURO**

A **ENECON** tem as soluções de Engenharia com Inovação e Tecnologia.



A ENECON é uma empresa consolidada no setor de engenharia consultiva, oferecendo sua expertise diversificada adquirida ao longo de décadas no desenvolvimento de serviços voltados para o segmento de infraestrutura.

Nosso compromisso é atender às expectativas dos clientes, aplicando um Sistema de Qualidade consolidado que promove a melhoria contínua dos processos e do desempenho organizacional, buscando com qualidade e eficácia os resultados almejados.

+57	+700	+10	+200
ANOS DE MERCADO	PROJETOS REALIZADOS	SEGMENTOS ATENDIDOS	CLIENTES SATISFEITOS

Soluções de engenharia **E INFRAESTRUTURA**

- Estudos e Projetos de Engenharia;
- Estudos, Projetos e Gestão Ambiental;
- Desapropriação;
- Engenharia de Valor;
- Controle de Qualidade;
- Controle Tecnológico;
- Gerenciamento e Supervisão de Obras;
- Gerenciamento de Projetos.



enecon.com.br



“

No fim, ética na IA é sobre segurança, responsabilidade e esperança. Pergunte-se diariamente: essa IA é segura? Justa? Explicável? Assim, transformamos o risco em aliado, rindo dos nossos vieses enquanto construímos um futuro melhor.”

Alexandre Salles

Alexandre Aroeira Salles (foto) é Doutor e Mestre em Direito, além de Fellow no Chartered Institute of Arbitrators. É membro do conselho da International Construction Law Association (ICLA) e diretor do Instituto Brasileiro do Direito da Construção (IBDiC)

Chat AI

Ética na Inteligência Artificial:

um guia prático para engenheiros

Imagine a cena: você está tranquilo no escritório quando, de repente, um robô virtual da Indonésia decide invadir seu sistema, atacando criminalmente 15 organizações pelo mundo, incluindo a sua. Ufa, graças a softwares de proteção, nada de danos. Mas e se não houvesse? Robôs éticos contra robôs antiéticos – isso soa como ficção científica, mas é o dilema que nos cerca hoje. Eu mesmo vivi isso há pouco, e foi o gancho perfeito para refletir sobre o tema que abordei em uma palestra na Sociedade Mineira de Engenheiros: ética na inteligência artificial (IA).

Aqui, vamos transformar aquelas ideias em um guia prático, leve e útil para vocês, engenheiros, navegarem nesse mar de algoritmos sem perder o norte ético. Vamos rir um pouco dos nossos tropeços humanos enquanto aprendemos a domar essas máquinas “espertas” demais.

Começando pelo básico, o que é ética, afinal? É aquela reflexão filosófica que nos ajuda a separar o certo do errado, o justo do injusto, o bom do mau. Diferente da moral, que são os costumes locais, a ética busca razões universais para guiar nossas ações. Pense nela como o GPS racional da humanidade.

Agora, será que ela se aplica a animais ou máquinas? Animais agem por instinto – um leão protege sua cria, mas não por um senso de justiça cósmica. Eles não têm aquela vozinha interna dizendo “isso é errado”. Máquinas, então? Elas seguem códigos, sem consciência ou livre-arbítrio. Se um carro autônomo causa um acidente, a culpa é do programador, não do veículo. Mas e a IA? Ela simula decisões éticas, mas reflete a ética (ou a falta dela) de quem a criou. Um software para transparência em projetos pode elevar a integridade; outro para manipulação de dados pode afundá-la. No fim, só nós, humanos, com nossa razão e liberdade, escolhemos o caminho ético. Ou será que a IA está evoluindo para algo mais? Vamos ver.

Lembra das leis da robótica de Isaac Asimov, lá de 1950? Em "Eu, Robô", ele propôs regras simples: 1ª) não ferir humanos; 2ª) obedecer a ordens (sem conflitar com a primeira); 3ª) proteger-se e, na Lei Zero, não prejudicar a humanidade. Bonito no papel – virou filme de Hollywood em 2004 –, mas e na prática? Há prós como proteção e obediência, mas contras como conflitos inevitáveis e aplicação complicada na vida real. Imagine um drone de engenharia civil: deve priorizar a segurança humana (e a dos pássaros) ou completar a inspeção a todo custo? Essas leis nos fazem rir da nossa ingenuidade, mas nos obrigam a pensar: como exercemos a ética no dia a dia?

Nós, humanos, não somos perfeitos. Individualmente, cultivamos virtudes como autocritica e empatia, questionando se nossas ações são justas. Em empresas, criamos códigos de conduta e culturas de integridade, treinando equipes para transparência. No âmbito estatal ou profissional, como no Confea, há princípios como honradez e eficácia, deveres de sigilo e vedações à má-fé. Mas, ah, os desafios!

Interesses conflitantes, como a ganância, nos tentam; pressões sociais, como a corrupção, nos desviam; e o relativismo moral em sociedades plurais nos confunde. Pior: nossos limites racionais, cheios de vieses cognitivos. Viés de representatividade nos faz julgar por estereótipos; de disponibilidade, por memórias vívidas; de ancoragem, por números iniciais; de excesso de confiança, por acharmos que somos infalíveis; e de confirmação, por buscarmos só o que reforça nossas crenças. Na engenharia, sob pressão de prazos, esses vieses levam a erros – pense em um cálculo estrutural enviesado por otimismo excessivo.

A neurociência confirma: emoções bagunçam nossa razão. Antídoto? Processos padronizados, normas como NBRs e análises pré-morte, imaginando falhas antes que aconteçam.

Agora, a IA é imune a isso? Nem pensar! Modelos como LLMs aprendem padrões de dados humanos, herdando nossos vieses. Um algoritmo de otimização de projetos pode discriminar involuntariamente se treinado em dados enviesados, priorizando certas regiões ou perfis. Vieses de representatividade fazem a IA generalizar errado; de disponibilidade, focar em casos comuns; de excesso de confiança, gerar "alucinações" – respostas fictícias com cara de verdade. Para engenheiros, os riscos são concretos: automação acrítica levando a falhas em estruturas; dados inadequados comprometendo simulações; falta de rastreabilidade em decisões; erros de domínio, como ignorar normas locais; violações de privacidade em dados de clientes; direitos autorais em designs gerados; cibersegurança fraca; dependência de fornecedores; e explicabilidade insuficiente – por que a IA decidiu assim?



Então, como o engenheiro deve agir, no dia a dia, eticamente? Aqui vai o guia prático, sem listas intermináveis, mas fluido como um projeto bem executado:



1. Competência: use a IA só no que você domina, validando outputs com fontes reais.

2. Transparência: documente prompts e resultados, marcando incertezas.



3. Conformidade: siga leis como LGPD para dados e, caso promulgado, o Projeto de Lei 2338/2023 para IA.

4. Julgamento irrenunciável: IA é copiloto, não piloto; revise tudo humanamente.



5. Sigilo: anonimize dados sensíveis, evite ferramentas públicas.



Foto: Banco de Imagem Freepik
Dezembro 2025
Revista Mineira de Engenharia

Para empresas, adotem políticas claras: qualidade em outputs, rastreabilidade de processos, due diligence em fornecedores, cibersegurança robusta, capacitação contínua e cláusulas éticas em contratos. Associações como Crea e SME podem liderar, emitindo diretrizes, criando selos para ARTs com IA, exigindo rastreabilidade, oferecendo treinamentos, fiscalizando conformidade, certificando ferramentas, abrindo canais para incidentes e atualizando códigos éticos.

Na prática, sigam um procedimento simples: defina o papel da IA no projeto (auxiliar, não decidir); colete normas aplicáveis; configure a ferramenta com dados éticos; valide outputs com checagens cruzadas; registre tudo; decida humanamente; e tire lições para próximos. Governos estão regulando – vide AI Act da UE ou nosso PL 2338 –, focando em privacidade, equidade e transparência, mas também em oportunidades: a IA melhora a produtividade em engenharia, detecta anomalias em obras, otimiza as decisões e reforça a integridade.

No fim, ética na IA é sobre segurança, responsabilidade e esperança. Pergunte-se diariamente: essa IA é segura? Justa? Explicável? Assim, transformamos o risco em aliado, rindo dos nossos vieses enquanto construímos um futuro melhor. **Vamos nessa, engenheiros – a IA espera por vocês, mas com a ética no comando.**



Aliança por um caminho seguro

A SME celebra avanços em pautas que definem a instituição e a defesa da engenharia

As cidades nascem abraçadas a seus rios, mas lhes viram as costas no crescimento. A frase da historiadora e professora da Universidade Estadual de Goiás Gercinair Gandara traduz o cenário atual de comunidades cada vez mais vulneráveis diante dos eventos extremos provocados pela emergência climática. De fato, os rios foram cruciais para a exploração e colonização do nosso território, facilitando a comunicação e o deslocamento entre diferentes regiões. Mas, desde então, os leitos se transformaram em destino de esgoto e dejetos de todos os tipos.

A citação de Gandara, presente em boletim da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), se justifica. O tratamento de esgoto é um dos grandes desafios a serem superados pelo Brasil. O país cuida de apenas 52,2% do que é gerado, volume que representa o despejo diário de 5,2 mil piscinas do material sem tratamento no meio ambiente. Entre as 100 cidades brasileiras mais populosas o indicador é um pouco melhor, 65,55%, de acordo com o Ranking do Saneamento 2024.

A SME está atenta a esse debate urgente e necessário. Mais do que diagnóstico, apontou caminhos e soluções na Semana da Engenharia, no mês de setembro. O evento teve correalização do Crea-Minas e do Centro Universitário Dom Helder, que também cedeu o espaço para três dias de debates. A agenda foi aberta com o tema A gestão de águas pluviais: drenagem urbana, organizada pela Comissão Técnica de Recursos Hídricos e Saneamento. “Em nosso país, todos os impactos negativos, oriundos ou exemplificados pelas alterações climáticas, se expressam de duas formas: água demais, com cheias e inundações, ou água de menos, por escassez e seca”, alertou Patrícia Boson (foto), coordenadora da CT.

Para Patrícia, todos os esforços deveriam se concentrar em ações de preparação das cidades, com impacto na economia e nas comunidades para a resiliência e adaptação dessas adversidades. De acordo com a especialista, a engenharia é ferramenta central nessa abordagem, seja nos instrumentos de análise e consolidação dos dados hidrometeorológicos, seja na forma de engenho soluções. “Antes, a leitura era no sentido de afastar a água da forma mais rápida e eficiente possível, o que na prática significava transferir o problema para a jusante. Agora, a busca é por formas de uma convivência com as águas, moldando equipamentos urbanos para as características mais naturais possíveis”, explica a engenheira.



Patrícia Boson é referência nacional em Hidrologia



Frederico Ferreira de Vasconcelos na Semana da Engenharia

Especialistas presentes no debate na Dom Helder apontaram ainda outros diagnósticos referentes à drenagem urbana e à gestão das águas pluviais. E nessa revisão conceitual, um novo olhar sobre a concepção de cidade. Ou sobre o crescimento dela, com novas áreas de urbanização, para que volte a abraçar (ou respeitar) os cursos de água. Daí conceitos como as cidades-esponja. Segundo o engenheiro civil Frederico Ferreira de Vasconcelos, o Brasil investe cerca de R\$10 bilhões por ano em drenagem, enquanto o necessário para a universalização e adaptação climática é de R\$22,3 bi. “Esse valor de investimento, mínimo para a universalização, escancara a dimensão do desafio para a sustentabilidade econômica da atividade”, alertou ele.



O professor Joel Goldenfum (foto) também deixou provocações importantes na Semana de Engenharia. Doutor em Hidrologia pelo Imperial College, em Londres, no Reino Unido, o docente se licenciou da direção do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH-UFRGS), para assumir como secretário-executivo do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática do governo do Rio Grande do Sul. O estado foi duramente afetado por chuvas intensas que provocaram inundações catastróficas em maio de 2024. Ele lidera um grupo com mais de 50 profissionais que emitem pareceres técnicos ao Executivo.

Entre as recomendações adotadas até agora estão radares meteorológicos, aerolevantamento, batimetria, dragagens e sistemas contra cheias. Ou seja, base científica para decisões técnicas que salvam vidas. “A grande questão que ainda precisamos desenvolver é a relação com o voluntariado, a organização com as comunidades a partir dessa relação de apoio. Em alguns países há um bom nível de organização e engajamento maior, como nos EUA. É algo que precisamos avançar aqui”, disse Goldenfum.

Observatório Atuação

A Sociedade Mineira de Engenheiros está atenta aos dados e alinhada às recomendações dos especialistas. E busca alianças para levar às comunidades conhecimento gerado nas universidades e centros de pesquisa. Nesse caminho, celebra avanços em pautas que definem a instituição e a defesa da engenharia.

A presidente da SME, Virgínia Campos, assinou no dia 6 de outubro Carta de Intenção com a Defesa Civil do Estado a fim de capacitar municípios para a prevenção e preparação diante de eventos hidrológicos extremos em Minas Gerais.

A Carta registra o alinhamento institucional e a intenção de colaboração técnica entre as partes para apoiar e viabilizar ações relacionadas ao Observatório Atuação. O projeto foi idealizado pela Comissão Técnica de Recursos Hídricos e Saneamento da SME como resposta da engenharia para situações de calamidade decorrentes de eventos hidrológicos adversos, que se repetem todo ano.

O observatório conta com as importantes parcerias da Associação Mineira de Municípios (AMM), Serviço Geológico do Brasil, Cemig e Ibram. O objetivo é a troca e a oferta de informações técnicas e capacitação para a gestão de riscos hidrológicos e geológicos. O esforço também prevê a capacitação comunitária e integração de sistemas de monitoramento, alerta e alinhamento com as atividades públicas de drenagem, gestão e controle de cheias, especialmente para atender demandas municipais. “A carta formaliza o que, em verdade, é a missão da SME: colocar toda a expertise das engenharias a serviço da sociedade. No caso, o conhecimento e a prática na arte de engenho soluções para a gestão das águas pluviais”, disse Virgínia no evento, com a presença do governador Romeu Zema.



Virgínia Campos na assinatura da Carta. Governador Romeu Zema e o coronel PM Paulo Rezende acompanham o ato

Fotos: Agência Minas



Agentes da Defesa Civil no dia da assinatura da Carta

Palavra do governo

A assinatura da Carta de Intenção consolida o alinhamento das políticas públicas de proteção e defesa civil em Minas Gerais, reforçando a importância da atuação conjunta para reduzir vulnerabilidades e ampliar a resiliência dos municípios. A iniciativa também marca o fortalecimento das estratégias estaduais voltadas à gestão integrada de riscos e desastres, com foco especial na prevenção de enxurradas e deslizamentos, fenômenos que têm se tornado cada vez mais recorrentes em função das mudanças climáticas.

Para o coordenador estadual de Defesa Civil, coronel PM Paulo Roberto Bermudes Rezende, a parceria reforça o compromisso do governo de Minas em atuar de forma preventiva e integrada. “A construção de uma cultura de prevenção exige união de esforços e alinhamento entre os órgãos técnicos. Essa carta representa mais um passo importante para fortalecer as capacidades locais e proteger vidas diante dos desafios impostos pelos eventos climáticos extremos”, destaca.

O líder indígena e ambientalista Aílton Krenak disse em uma palestra recente que a crise climática arrasta a todos para o mesmo lugar. Se as cidades nascem abraçadas aos rios, não há margem para desconfiar. É preciso tecer as mãos por um caminho mais seguro, com técnica, rigor científico, senso coletivo e investimento.



Para qualquer trabalho em áreas técnicas, **acione um profissional registrado no Crea-MG.**

ENGENHARIA • AGRONOMIA • GEOCIÊNCIAS

Profissional
registrado,
**escolha
segura.**

Confie em quem
trabalha com
responsabilidade



CREA-MG

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Minas Gerais



CONSTRUTORA
**BARBOSA
MELLO**



Resultados que transformam a engenharia e geram valor.

Na Construtora Barbosa Mello, **utilizamos a Construção Digital para transformar a engenharia** em uma atividade mais segura, produtiva e sustentável. **A inovação e as pessoas são pilares estratégicos** que nos permitem integrar tecnologia em toda a cadeia de valor, da concepção à execução das obras.

Porque, pra gente, inovar também
é Construir o Bem para o Mundo.

