



REVISTA TÉCNICA DE

ENGENHARIA

DOS CAMPOS GERAIS

**INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS À PROVA
DE EXPLOSÃO EM
SILOS DE GRÃOS**

**A TRANSFORMAÇÃO
DA ENGENHARIA
PÚBLICA NO PARANÁ**



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná



AEA PG
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS
E ARQUITETOS DE PONTA GROSSA

OUTUBRO 2025



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

UEPG
Universidade Estadual
de Ponta Grossa

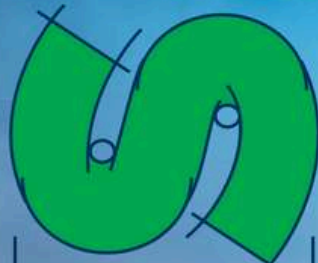
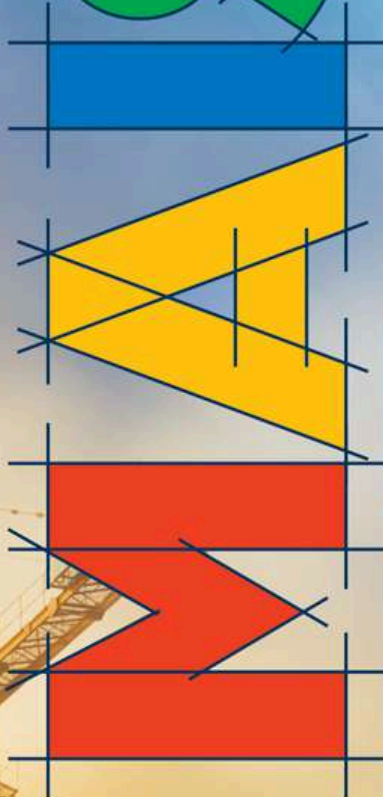
ITAIPU
BINACIONAL



GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO



PROGRAMA



**EN
GE
NHA
RIA**



EDITORIAL

Vivemos um tempo em que o conhecimento técnico precisa caminhar lado a lado com a responsabilidade social e ambiental. A recém-aprovada Lei Carbono Brasil é um exemplo disso: um convite para que a engenharia, a agronomia e as geociências liderem soluções sustentáveis.

Ao mesmo tempo, temas como a gestão da infraestrutura aérea, a segurança na mineração, o retorno do trabalhador após acidentes e a percepção de riscos em obras civis nos lembram de que nosso papel vai além de projetar e construir — envolve preservar vidas.

Nesse sentido, o Crea-PR tem intensificado suas ações de fiscalização e orientação, promovendo campanhas educativas e reforçando o conceito de que “quem fiscaliza, cuida”. Também temos avançado em parcerias estratégicas com o IBAPE, a OAB e o TJ-PR, ampliando iniciativas que qualificam o exercício profissional e fortalecem a cultura de segurança em diferentes áreas de atuação.

A busca pela eficiência, seja na análise de falhas em perfis metálicos e pavers, na otimização de vigas de concreto ou nas instalações elétricas à prova de explosão em silos de grãos, reforça que inovação e responsabilidade devem estar sempre no centro das nossas decisões.

Focados no compromisso de valorizar nossos profissionais e proteger a sociedade, seguimos em frente, trabalhando arduamente e atentos para que cada desafio se torne uma oportunidade de construir um futuro mais seguro, justo e sustentável.

Boa leitura!



Eng. Agrônomo Clodomir Ascari
Presidente do Crea-PR

A região dos Campos Gerais vive um momento de forte expansão, impulsionado pelo crescimento do setor da construção civil e pela consolidação de novos empreendimentos que estão transformando o cenário urbano e industrial de Ponta Grossa e das cidades vizinhas. Esse avanço reflete não apenas o potencial econômico regional, mas também a competência técnica e o comprometimento dos profissionais que fazem parte deste ecossistema.

A AEAPG tem orgulho de ser parte ativa dessa trajetória. Como entidade representativa, seguimos firmes em nosso propósito de fortalecer a engenharia, a arquitetura e as geociências, promovendo o aprimoramento técnico e a valorização das nossas profissões. Ao longo dos anos, estivemos presentes nas discussões que moldam o futuro da região — participando de conselhos, fóruns e iniciativas que buscam o desenvolvimento sustentável e a inovação no setor. Nosso desafio é seguir evoluindo. Estamos ampliando o diálogo com o poder público, as universidades e as empresas, buscando construir pontes que estimulem a troca de conhecimento, a inovação e a formação de novas lideranças. O crescimento que vivemos exige profissionais preparados e conectados às transformações tecnológicas e às boas práticas de mercado — e é exatamente esse o papel que a AEAPG continuará cumprindo.

Esta edição da Revista Técnica de Engenharia dos Campos Gerais reforça esse compromisso, trazendo artigos e conteúdos que inspiram a reflexão e o aprendizado. Desejo a todos uma excelente leitura e convido os colegas a seguirem conosco nesse caminho de união, desenvolvimento e valorização da nossa classe profissional.



José Felipe Zemniczak
Presidente da AEAPG

EXPEDIENTE



AEAPG
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS
E ARQUITETOS DE PONTA GROSSA

Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Ponta Grossa

Rua Balduino Taques, 500, Vila Estrela 84040-000 - Ponta Grossa/PR
(42) 3224-7744 (42) 99807-3697
E-mail: aeapg.plot@gmail.com

 @aeapg_
 aeapontagrossa
 aeapg_
www.aeapg.org.br

Os artigos assinados são de inteira responsabilidade de seus subscritores.

Capa/Fotografia: Adobe Stock

Fotos/Imagens Ilustrativas: Adobe Stock, Arquivo do Autor

Conselho Editorial: José Felipe Zemniczak

Coordenação: José Felipe Zemniczak, Ana Celi Tozetto

Jornalista responsável: Zaira Sachetti

Projeto gráfico e Diagramação: Comunicare – Inteligência em Comunicação

Impressão: Malires Gráfica e Editora

Tiragem: 1.000 unidades

Composição da nova Diretoria da Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Ponta Grossa

Eleita no dia 19 de Junho de 2024 e Empossada no dia 20 de Julho de 2024.

Diretoria Executiva

Presidente: Eng. Civil José Felipe Zemniczak

Vice – Presidente: Eng. Civil Celso Augusto Sant’Anna.

1º Secretário: Eng. Civil Luiz Henrique Honesko de Souza.

2º Secretário: Eng. Civil Luiz Gustavo Barbur.

1º Tesoureiro: Eng. Civil Bruno Fernando Emerick de Souza

2º Tesoureiro: Eng. Civil Vicente Nadal Neto.

Comissão de Ética:

Eng. Químico Roberto Mateus de Bortoli, Eng. Civil Acylyno Luiz Chemin, Eng. Civil Eng. Civil Donizete Chaves da Cruz, Eng. Civil Fábio Wilson Dias,

Comissões

Diretor de Serviços: Roberto Pellissari.

Diretor de Eventos Sociais: José Felipe Zemniczak

Diretor de Eventos Culturais: Acylyno Luiz Chemin, Juliano da Rosa e Rodrigo Adamshuk Silva.

Diretor de Obras: Donizete Chaves da Cruz e Isaias Ferreira de Souza.

Diretor de Relações Públicas: Sérgio Augusto Wosgrau.

Diretor de Patrimônio: Bruno Fernando Emerick de Souza

Diretor de Esportes: Luis Eduardo Chociai

Diretor de Meio Ambiente: Eng. Civil Vicente Nadal Neto.

Diretor de Segurança do Trabalho: Francisco Valderlanio Souza Araujo, Isaias Ferreira e Rafael Soares

Diretor de Assessoria Jurídica: Francisco Valderlanio Souza Araujo e Marília Isabel B. Ukrainski.

Diretor de Arquitetura e Urbanismo: Marco Aurélio Moro e Isabela Machado Francisco.

Diretor de Imprensa: Lucas Afonso Palhano, José Felipe Zemniczak e Rafael Sozin Polini.

Diretor Acadêmico: Eng. Civil Acylyno Luiz Chemin

Diretor Eng. Elétrica: Elias Vandoski.

Diretor Eng. Química: Roberto Mateus de Bortoli.

Secretaria Geral: Ana Celi Tozetto



Imagem: Buraco do Padre Paraná

Capa: Revista Técnica de Engenharia dos Campos Gerais 2025

ÍNDICE

07

A LEI CARBONO BRASIL

Oportunidades Econômicas e o Papel da Engenharia na Transição Sustentável

09

IMPACTOS DA MÁ GESTÃO DA INFRAESTRUTURA

Infraestrutura Aérea de Cabos de Telecomunicações nos Centros Urbanos

12

TRABALHO SEGURO EM EXTRAÇÃO DE PEDRA na Mineração

13

IMPACTO DA PERCEPÇÃO

De risco não observada na segurança do trabalho em obras civis e suas consequências

14

MODELO DE PROBABILIDADE FALHA EM PERFIS METÁLICOS

tipo w utilizando método de Monte Carlo

22

PROBABILIDADE DE FALHA EM PAVERS

Retangulares de Concreto

31

OTIMIZAÇÃO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Via Simulação de Monte Carlo

36

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS À PROVA DE EXPLOÇÃO

em silos de grãos

41

CREA-PR INVESTIRÁ 4,4 MILHÕES

em parcerias e atividades técnicas em 2025

44

O PROGRAMA MAIS ENGENHARIA

e a transformação da engenharia pública no Paraná

52

UMA NOVA ERA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O uso de novas tecnologias para projetos de LSF Mais inteligentes

54

A NOVA GERAÇÃO DE ARQUITETOS E ENGENHEIROS

Como Preparar Profissionais para o Light Steel Framing



Oportunidades Econômicas e o Papel da Engenharia na Transição Sustentável

Por: Lorena Maximiv - Engenheira Ambiental e Engenheira de Segurança do Trabalho.

A LEI CARBONO BRASIL

A Lei nº 15.042/2024, conhecida como Lei Carbono Brasil, representa um marco regulatório na política climática nacional. Ela institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) por meio de instrumentos econômicos e incentivos fiscais. A legislação cria oportunidades significativas para empresários que desejam investir em práticas sustentáveis e comercializar créditos de carbono, além de destacar o papel estratégico das equipes multidisciplinares de engenharia na busca por soluções inovadoras para a descarbonização da economia.

O Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE)

O SBCE é um mercado regulado de carbono baseado no modelo cap-and-trade, já adotado em países como os Estados Unidos e membros da União Europeia. Nesse sistema, o governo estabelece limites máximos de emissão para setores produtivos e distribui permissões de emissão às empresas. As empresas que emitirem menos do que o permitido podem vender o excedente como créditos de carbono, enquanto aquelas que excederem os limites devem adquirir créditos para compensar suas emissões.

Instrumentos de Mercado: CBEs e CRVEs

A Lei Carbono Brasil introduz dois principais instrumentos de mercado: as Cotas Brasileiras de Emissões (CBEs) e os Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões (CRVEs). As CBEs representam permissões de emissão dentro do limite estabelecido, enquanto os CRVEs são gerados por projetos que comprovadamente reduzem ou removem emissões de GEE. Esses ativos ambientais podem ser negociados entre empresas, criando um mercado dinâmico e eficiente para a transição para uma economia de baixo carbono.



Incentivos Fiscais e Apoio à Transição Justa

A legislação prevê incentivos fiscais para empresas que investirem em práticas sustentáveis. Entre os principais benefícios estão a dedução de despesas relacionadas à redução de emissões da base de cálculo do Imposto de Renda (IRPJ) e da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL). Isso inclui gastos com certificação de créditos de carbono, custos com negociação e administração dos créditos, e investimentos em tecnologias de baixo carbono. Além disso, a lei estabelece mecanismos de apoio à transição justa, especialmente para setores mais impactados pela descarbonização, como transporte, energia e indústria pesada.

Contexto Internacional

A regulamentação do mercado de carbono tem ganhado destaque em diversos países como uma estratégia eficaz para mitigar as mudanças climáticas. A União Europeia, por exemplo, implementou o Sistema de Comércio de Emissões (EU ETS), que tem sido um modelo de sucesso na redução de emissões industriais. Nos Estados Unidos, estados como Califórnia adotaram sistemas semelhantes, promovendo inovação e investimentos em tecnologias limpas. A adoção da Lei Carbono Brasil alinha o país às melhores práticas internacionais, fortalecendo sua posição nas negociações climáticas globais e atraindo investimentos estrangeiros voltados à sustentabilidade.

Desafios da Implementação

Apesar dos benefícios, a implementação da Lei Carbono Brasil enfrenta desafios significativos. A necessidade de infraestrutura para monitoramento e verificação das emissões, a capacitação técnica das empresas e a adaptação dos setores produtivos às novas exigências regulatórias são obstáculos que exigem atenção. Além disso, é fundamental garantir a transparência e integridade do mercado de carbono, evitando práticas fraudulentas assegurando que os créditos negociado

representem reduções reais e verificáveis de emissões.

Exemplos Práticos de Aplicação

Empresas brasileiras já estão adotando práticas alinhadas à Lei Carbono Brasil. Um exemplo é o setor de energia renovável, que investe em projetos de geração solar e eólica, contribuindo para a redução das emissões. Indústrias de papel e celulose têm implementado sistemas de cogeração e reaproveitamento de resíduos, gerando CRVEs válidos para comercialização. Esses casos demonstram como a legislação pode estimular a inovação e a competitividade, ao mesmo tempo em que promove benefícios ambientais e sociais.

O Papel das Equipes Multidisciplinares de Engenharia

A implementação eficaz da Lei Carbono Brasil exige a atuação integrada de profissionais de diversas áreas da engenharia. Engenheiros ambientais, civis, elétricos, químicos e de produção, entre outros, devem colaborar no desenvolvimento de soluções técnicas para redução de emissões, eficiência energética, gestão de resíduos e uso de fontes renováveis. As equipes multidisciplinares são fundamentais para garantir que as empresas atendam às exigências legais, aproveitem os incentivos disponíveis e contribuam para a construção de uma economia sustentável e competitiva.

Considerações Finais

A Lei nº 15.042/2024 inaugura uma nova era na política ambiental brasileira, combinando regulação, mercado e incentivos fiscais para promover a descarbonização da economia. Empresários atentos às oportunidades poderão se beneficiar da comercialização de créditos de carbono e da valorização de práticas sustentáveis. Ao mesmo tempo, a engenharia desempenha um papel essencial na viabilização técnica e estratégica dessa transição, consolidando o Brasil como protagonista no mercado global de carbono.

IMPACTOS DA MÁ GESTÃO DA INFRAESTRUTURA AÉREA DE CABOS DE TELECOMUNICAÇÕES NOS CENTROS URBANOS

Por: Rafael Soares, Engenheiro da
Segurança no Trabalho e
Engenheiro Eletricista

A ocupação desordenada de postes por cabos de telecomunicações desativados e mal instalados constitui um problema multifacetado: poluição visual, risco à segurança pública e elétrica, comprometimento estrutural de postes, entrave à manutenção e impactos na resiliência das redes. No Paraná, a combinação de iniciativas da distribuidora estadual (Copel), prefeituras e proposições legislativas vem estimulando ações de remoção e regularização, com operações de campo já documentadas em vários municípios. Contudo, a solução definitiva demanda coordenação técnica e regulatória entre agências, concessionárias e operadoras.

Problema técnico e operacional

Poluição visual e ordenamento urbano

O empilhamento de cabos, cabos abandonados e dispositivos conectores improvisados causa poluição visual e dificulta intervenções urbanísticas. Além disso, a presença de fiação ociosa em vias públicas prejudica a paisagem urbana e afeta o bem-estar coletivo, reduzindo a percepção de cuidado com o espaço público.

Riscos elétricos e de choque

Cabos de telecomunicações próximos a cabos de energia, ou mal isolados, aumentam a probabilidade de acidentes elétricos, curtos e perigos em situações de intempéries, queda de galhos ou colisões. A Copel e prefeituras têm emitido alertas e orientações para a população não manusear cabos soltos por risco de choque.

Segurança estrutural dos postes

Postes sobrecarregados ou danificados (fissuras, inclinação, ancoragens comprometidas) elevam o risco de queda de postes e derrocadas de fiação,

causando interrupções massivas de energia/serviço e expondo pedestres e veículos a acidentes. A retirada de fiação ociosa reduz carga estática e facilita o dimensionamento correto das estruturas.

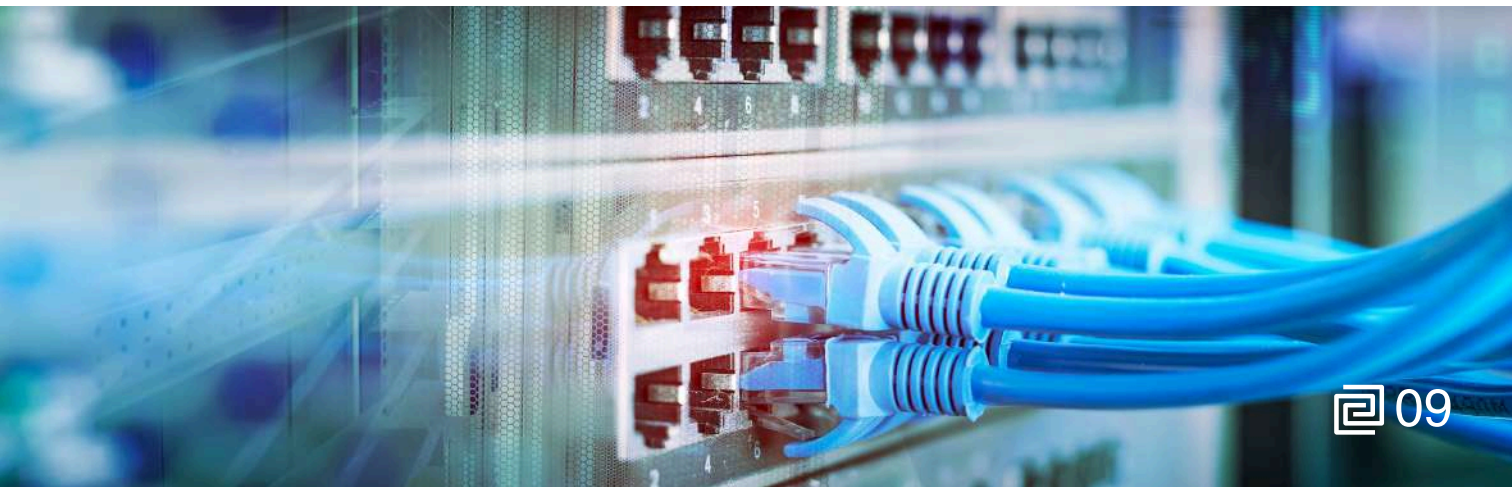
Impacto na manutenção das redes

A ausência de padronização e inventário dos pontos de conexão torna a localização de falhas mais lenta e cara para operadoras e concessionárias, aumentando o tempo médio de restauração do serviço e o custo de operação. A organização e o descarte de cabos inativos diminuem o MTTR (Mean Time To Repair) em intervenções de campo.

Panorama regulatório e ações no Paraná

Ações administrativas e fiscalizações coordenadas

No Paraná, a distribuidora Copel tem liderado operações conjuntas com prefeituras para organizar o cabeamento aéreo e promover remoções de fios irregulares e inativos. Relatos oficiais documentam operações de fiscalização e mutirões de retirada de fiação ociosa em municípios como Fazenda Rio Grande, Araucária, Paranaguá, Guarapuava e Cascavel.



Leis e projetos locais que estabelecem obrigações de remoção

Diversos municípios paranaenses aprovaram ou discutem leis e projetos que obrigam as empresas de telecomunicações a retirar cabos inativos após cancelamento de serviço, e a regularizar a arrumação dos cabos em postes; algumas prefeituras aplicam multas em caso de descumprimento.

Decisões judiciais e caráter das determinações encontradas

Não foi localizada uma única determinação judicial de caráter geral e estadual que ordene todas as operadoras a retirar imediatamente todas as fiações desativadas em todo o estado. O que se observa é um conjunto de ações administrativas da Copel, leis municipais e decisões judiciais pontuais que obrigam a remoção em situações específicas.

Casos e dados documentados

Copel e prefeituras informaram a retirada e regularização de centenas de quilômetros de fiação ociosa em 2025, com operações em cidades como Fazenda Rio Grande, Araucária, Paranaguá e Curitiba. Em Guarapuava e Cascavel houve mutirões locais com recolhimento de toneladas de cabos, resultado de cronogramas pactuados entre as partes.

Fiscalização Integrada em Ponta Grossa: Copel, PMPG e CREA na Gestão do compartilhamento de postes.

Com base em notícias oficiais e portais locais, o que a gestão pública, Copel e CREA estão executando em relação a esta questão em Ponta Grossa.

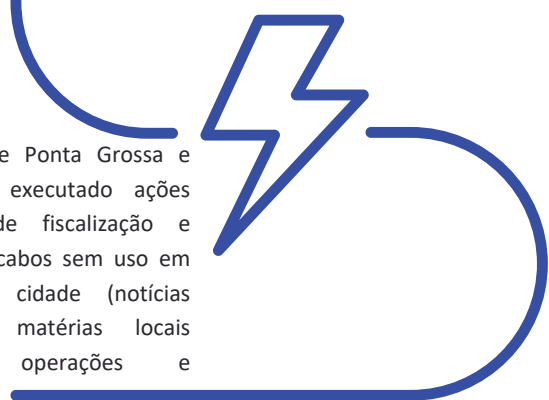
- A Copel concluiu um “Censo do compartilhamento” em que avaliou 3,4 milhões de postes no Paraná e reportou a retirada de centenas de toneladas de fiação (diagnóstico e ações de notificação/regularização).
- Em Ponta Grossa existe a Lei Municipal nº 14.686/2023 (a chamada “Lei dos fios soltos”) que obriga empresas de telefonia/internet/TV a retirar cabos sem uso, estabelecer identificação das fiações e prevê fiscalização e multa para descumprimento.

- Prefeitura de Ponta Grossa e Copel têm executado ações conjuntas de fiscalização e retirada de cabos sem uso em bairros da cidade (notícias oficiais e matérias locais registram operações e notificações).
- O CREA-PR (Conselho Regional) tem promovido propostas e fiscalizações sobre o compartilhamento de postes e já sugeriu políticas estaduais para tratar cabos inutilizados; há material institucional do CREA-PR tratando do tema. .

A atuação conjunta da Prefeitura de Ponta Grossa, da Copel e do CREA-PR na fiscalização do compartilhamento de postes demonstra que a gestão integrada é fundamental para enfrentar problemas como a poluição visual, a sobrecarga estrutural e os riscos elétricos associados ao cabeamento aéreo irregular. As operações de retirada de fiação ociosa e a aplicação da legislação municipal representam avanços importantes, mas ainda carecem de padronização técnica e transparência documental para consolidar resultados duradouros.

- Do ponto de vista técnico, a mitigação efetiva desses problemas exige:
- Inventário contínuo da carga estrutural dos postes, considerando cabos ativos e inativos;
- Padronização das práticas de fixação e distanciamento mínimo entre redes elétricas e de telecomunicações, conforme normas da ABNT e regulamentações da ANEEL/ANATEL;
- Disponibilização pública de pareceres técnicos e laudos de fiscalização, assinados por responsáveis técnicos, para garantir rastreabilidade e confiança social;
- Planos progressivos de migração para cabeamento subterrâneo em áreas críticas ou de alta densidade urbana, reduzindo riscos e impactos visuais;
- Fiscalização sistemática e aplicação efetiva de penalidades, assegurando que as operadoras cumpram prazos e obrigações.

Portanto, a experiência de Ponta Grossa evidencia que a solução não se limita à remoção pontual de cabos, mas depende de um modelo de gestão pública articulada que una fiscalização municipal, regulação profissional e atuação técnica da concessionária, garantindo segurança, ordem urbana e sustentabilidade da infraestrutura.





O podcast do
Crea-PR

POD
CRÊA

Conversas
que **constroem.**

Confira todos
os episódios.



Se é importante para a engenharia, a
agronomia e a geociência no Paraná, tem no
PODCRÊA.

Agenda
parlamentar

CreaJr

Cidades
inteligentes

Tecnologia

Liderança
feminina

Sustentabilidade

ACESSE
E ASSISTA.



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

Quem **fiscaliza, cuida.**

TRABALHO SEGURO EM EXTRAÇÃO DE PEDRA NA MINERAÇÃO

Por: Cintia Ribeiro Ribas, Engenheira
de Produção

A mineração é uma atividade essencial para o desenvolvimento econômico, mas também apresenta riscos significativos para a saúde e segurança dos trabalhadores. A extração de pedra, em particular, envolve uma série de perigos que podem resultar em acidentes graves se não forem devidamente geridos. Portanto, discutir o trabalho seguro nesse contexto é fundamental para proteger a vida dos trabalhadores e garantir a sustentabilidade da operação.

De acordo com a Organização Internacional do Trabalho (OIT), “o setor da mineração é um dos mais perigosos no mundo, com altas taxas de acidentes e doenças ocupacionais” (OIT, 2021). Essa afirmação ressalta a necessidade urgente de implementar práticas seguras na extração de pedra. Entre os principais riscos estão quedas, deslizamentos de rochas, exposição a poeira e produtos químicos tóxicos, que podem afetar tanto a saúde física quanto mental dos trabalhadores.

Um estudo realizado por Silva e Costa (2022) aponta que “a formação contínua e a conscientização sobre os riscos são essenciais para a prevenção de acidentes”. O autor sugere que programas de treinamentos regulares devem ser implementados, abordando não apenas as técnicas corretas de extração, mas também o uso adequado do Equipamento de Proteção Individual (EPI).

Além disso, a gestão de riscos deve ser uma prioridade nas operações mineradoras. Segundo o Especialista em Segurança do Trabalho, Dr. João Almeida, “a avaliação contínua dos riscos e a adoção de medidas preventivas são fundamentais para criar um ambiente seguro”. Isso inclui a realização de inspeções regulares nas áreas de trabalho e o monitoramento das condições geológicas que podem impactar a segurança. Outro aspecto importante é o papel da tecnologia na promoção da segurança. Ferramentas como drones e sistemas de monitoramento remoto podem ser

utilizados para avaliar áreas perigosas antes da entrada dos trabalhadores. A engenheira de minas, Dra. Mariana Souza, destaca que “a inovação tecnológica pode reduzir significativamente os riscos associados à extração de pedra, permitindo uma operação mais segura”.

Em conclusão, garantir um trabalho seguro na extração de pedra na mineração é um desafio que requer compromisso e ações efetivas por parte das empresas do setor. A implementação de treinamentos regulares, uma gestão proativa dos riscos e o uso da tecnologia são estratégias essenciais para minimizar os perigos associados à atividade.

Ao valorizar a segurança como uma prioridade, as organizações não apenas protegem seus trabalhadores, mas também promovem um ambiente mais produtivo e sustentável. Assim, investir na segurança do trabalho deve ser visto não apenas como uma obrigação legal, mas como um compromisso ético com todos os envolvidos na cadeia produtiva da mineração.

O IMPACTO DA PERCEPÇÃO

DE RISCO NÃO OBSERVADA NA SEGURANÇA DO TRABALHO EM OBRAS CIVIS E SUAS CONSEQUÊNCIAS

Por: Francisco Valderlanio Souza Araujo

A segurança do trabalho em obras civis é um tema de extrema relevância, uma vez que as condições de trabalho nesses ambientes apresentam riscos significativos para os profissionais envolvidos. A percepção de risco não observada pode levar a consequências devastadoras, afetando não apenas a integridade física dos trabalhadores, mas também a eficiência e o sucesso dos projetos.

A literatura especializada destaca que a identificação e a gestão adequada dos riscos são essenciais para minimizar acidentes. Segundo o Engenheiro de Segurança do Trabalho, Dr. Fernando Lopes, “a percepção de risco é fundamental para a criação de um ambiente seguro. Quando os trabalhadores não reconhecem os perigos, eles se tornam mais vulneráveis a acidentes”. Essa afirmação ressalta a importância da conscientização e treinamento sobre os riscos presentes no canteiro de obras.

A falta de percepção adequada dos riscos pode resultar em um aumento significativo nos custos relacionados à saúde e segurança. A especialista em gestão de riscos, Dra. Ana Paula Martins, menciona que “os custos associados a acidentes de trabalho vão muito além das despesas imediatas com atendimento médico; incluem também perdas financeiras devido à interrupção das atividades e à necessidade de reabilitação dos funcionários”. Essa visão evidencia que a negligência na percepção de risco pode comprometer não apenas a segurança,

mas também a sustentabilidade financeira da obra.

Outro aspecto crucial é o papel da liderança na promoção da cultura de segurança. O consultor em segurança do trabalho, Roberto Almeida, afirma que “os líderes devem ser exemplos na identificação e gestão dos riscos. Quando eles demonstram preocupação genuína com a segurança, isso influencia positivamente o comportamento dos trabalhadores”. Assim, uma liderança ativa pode transformar a percepção dos riscos entre os colaboradores, promovendo um ambiente mais seguro.

Em síntese, o impacto da percepção de risco não observada na segurança do trabalho em obras civis é alarmante. As consequências vão desde acidentes graves até repercussões financeiras e sociais significativas. Portanto, é essencial que as empresas do setor construam uma cultura organizacional que valorize a identificação e gestão proativa dos riscos.

Investir em treinamentos regulares, promover diálogos abertos sobre segurança e garantir que todos os colaboradores tenham acesso às informações pertinentes são medidas fundamentais para mitigar os riscos associados ao ambiente de trabalho.

Por fim, ao priorizar a segurança como um valor central nas operações diárias, as organizações não apenas protegem seus trabalhadores, mas também asseguram um futuro mais sustentável e próspero para suas atividades

A incerteza inerente aos parâmetros envolvidos na análise estrutural é reconhecida como um fator crucial que impacta a segurança das estruturas (Pulido et al., 1992). A presença dessas incertezas resulta em uma probabilidade não nula de que a estrutura não cumpra os objetivos para os quais foi projetada.

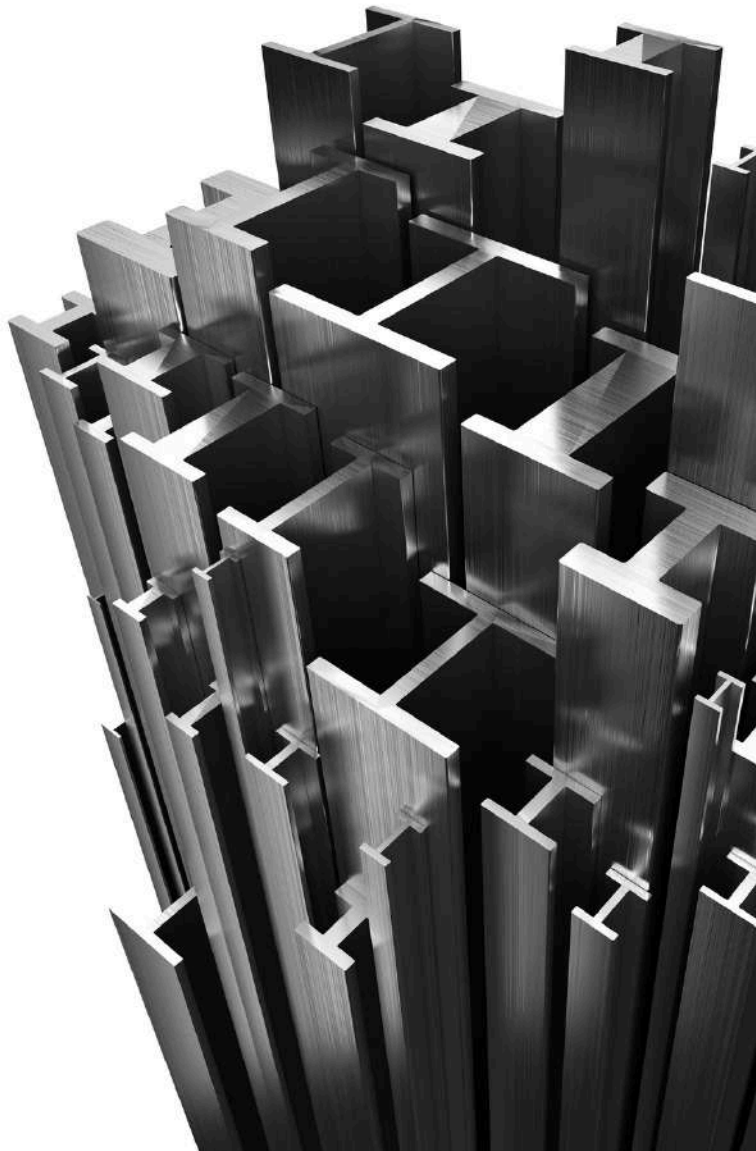
Essa probabilidade, definida como probabilidade de falha, pode ser quantificada mediante a aplicação de métodos de análise de confiabilidade estrutural.

A teoria da confiabilidade constitui uma ferramenta que permite ao engenheiro, a partir do conhecimento das incertezas das variáveis de projeto, caracterizadas por suas distribuições de probabilidade, determinar a probabilidade de falha da estrutura e obter parâmetros que indicam a importância relativa de cada variável nessa probabilidade.

Tais informações são, incontestavelmente, de fundamental importância para a tomada de decisões relacionadas à segurança estrutural (Barbosa, Freitas, Neves, 2005). A análise de confiabilidade estrutural, por requerer a consideração de um grande número de variáveis aleatórias ou demandar um volume extenso de simulações, enfrenta o desafio do alto custo computacional.

No que se refere ao método de Monte Carlo, embora seja de implementação direta e aplicabilidade geral, o grande número de simulações necessárias pode acarretar em um tempo de processamento proibitivo, tornando sua aplicação inviável em alguns casos.

Este problema tem sido abordado por meio da utilização de técnicas de redução de variância (Papadrakakis et al., 1996; Papadrakakis & Lagaros, 2002).



MODELO DE PROBABILIDADE FALHA EM PERFIIS METÁLICOS TIPO W, UTILIZANDO MÉTODO DE MONTE CARLO

Autor: Henrique Leonardo do Prado Ebert
Orientador: Henrique Machado Kroetz

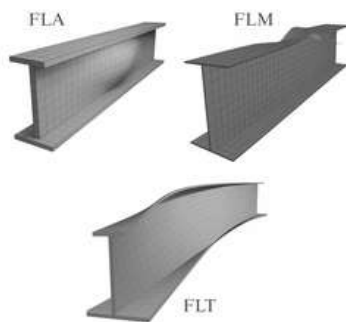
No dimensionamento de vigas sob flexão simples no estado limite último, calcula-se para as seções críticas o momento fletor e o esforço cortante resistentes de projeto, os quais são então comparados aos esforços solicitantes de projeto.

A resistência à flexão dessas vigas pode ser comprometida por fenômenos de instabilidade, nomeadamente a flambagem local e a flambagem lateral.

A flambagem local consiste na perda de estabilidade das chapas comprimidas que integram o perfil, resultando na redução do momento resistente da seção transversal.

Já a flambagem lateral caracteriza-se pela perda de equilíbrio da viga em seu plano principal de flexão – geralmente vertical –, levando-a a exibir deslocamentos laterais acompanhados de rotações de torção (Pfeil, Pfeil, 2009).

Figura 1: Diferentes efeitos de flambagem



O momento fletor resistente de cálculo deve ser determinado para os modos de flambagem lateral com torção (FLT), flambagem local da mesa (FLM) e flambagem local da alma (FLA), adotando-se como valor final o menor resultado obtido entre essas análises.

Ademais, a magnitude desse momento resistente é dependente da esbelteza do perfil, o que demanda procedimentos de cálculo distintos conforme a faixa de esbelteza em que ele se enquadra (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

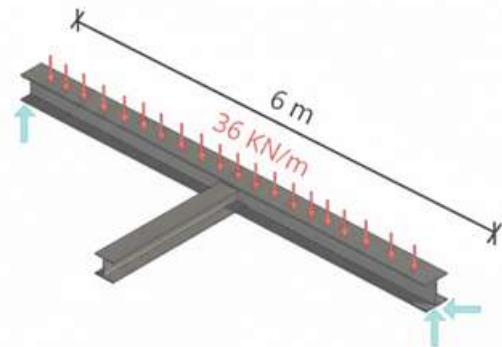
A metodologia deste trabalho é baseada na simulação de Monte Carlo descrita na linguagem Python, com o objetivo de analisar a confiabilidade estrutural de perfis laminados metálicos do tipo W, sob um carregamento uniforme, quantificando a probabilidade de falha em relação aos momentos resistentes máximos de flambagem lateral com torção (FLT), flambagem local da mesa comprimida (FLM), flambagem local da alma (FLA).

O objeto de estudo deste trabalho baseia-se em três perfis laminados metálicos tipo W, submetido a um carregamento linear fatorado de 36 kN/m, com contenção lateral entre $L/2$ e $3/4L$.

Verifica-se, então, se atende à necessidade aos esforços de flexão, e a probabilidade de falha de cada um dos perfis, a partir das variáveis definidas.

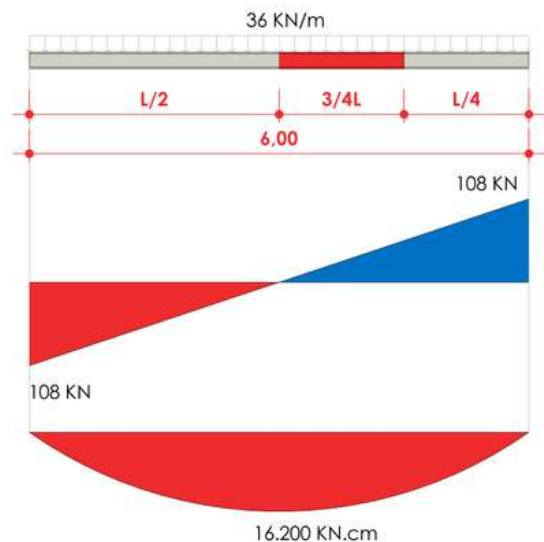
A Figura 2 ilustra a situação avaliada.

Figura 2: Perfil W submetido a carregamento linear



A partir do problema ilustrado, fazem-se as verificações iniciais, como reações de apoio, momento fletor e a faixa de variação do travamento lateral em vermelho, como ilustra a Figura 3.

Figura 3: Descrição do Problema



As variáveis aleatórias atribuídas ao problema são descritas na Tabela 1.

Descrição	Distri.	Média	COV	Var
Carga				
Permanente	Normal	20kN/m	0.10	G
Sobrecarga	Gumbel	15kN/m	0.20	Q
Pressão do vento	Gumbel	1kN/m	0.30	W
Comprimento de Flambagem	Unifor.	375cm	0.30	Lb
Tensão de escoamento	Lognorm.	345MPa	0.08	Fy
Módulo de elasticidade	Normal	200GPa	0.06	E

Tabela 1: Variáveis aleatórias atribuídas

Os perfis laminados têm suas dimensões e propriedades físico-materiais descritas na Tabela 2.

Perfil	A	B	C
Modelo	W410x38,8	W410x46,1	W360x51,0
d (mm)	399	403	355
b _f (mm)	140	140	171
t _w (mm)	6,4	7,0	7,2
t _f (mm)	8,8	11,2	11,6
h (mm)	381,4	381,4	332,0
f _y (MPa)	345	345	345
f _u (MPa)	450	450	450
A _g (cm ²)	50,3	59,2	64,8
C _w (cm ⁶)	153190	196571	284994
I _x (cm ⁴)	12777	15690	14222
I _y (cm ⁴)	404	514	968
W _x (cm ³)	640,5	778,7	801,2
W _y (cm ³)	57,7	73,4	113,3
Z _x (cm ³)	736,8	891,1	899,5
Z _y (cm ³)	90,9	115,2	174,7
r _x (cm)	15,94	16,27	14,81
r _y (cm)	2,83	2,95	3,87
J _c (cm ⁴)	11,69	20,06	24,65

Tabela 2: Propriedades dos Perfis W

Modelagem numérica do problema

A fundamentação teórica para uma análise de confiabilidade estrutural utilizando o método de Monte Carlo.

A primeira etapa consiste em definir o modelo probabilístico das variáveis de entrada, que são as fontes de incerteza no problema.

A Carga Permanente (G) e o Módulo de Elasticidade (E) são modelados por uma Distribuição Normal, onde a variabilidade é capturada pelo desvio padrão σ_G , calculado como o produto da média μ_G pelo seu Coeficiente de Variação (COV).

Este modelo é adequado para variáveis simétricas com incerteza moderada, dada pela Equação (1).

$$G \sim \mathcal{N}(\mu_G, \sigma_G^2), \quad \sigma_G = \mu_G \cdot \text{COV}_G \quad (1)$$

Para as ações variáveis, a Sobrecarga (Q) e a Pressão do Vento (W), que são cargas extremas, emprega-se a Distribuição de Gumbel. Esta distribuição é preferível por sua cauda mais pesada à direita, sendo mais apropriada para modelar valores máximos.

A Sobrecarga (Q), distribuição Gumbel, pode ser descrita pela Equação 2.

$$f_Q(q) = \frac{1}{\beta} e^{-(z + e^{-z})}, \quad z = \frac{q - \mu}{\beta} \quad (2)$$

Seguindo o mesmo modelo, podemos definir que a pressão do vento (w), distribuição Gumbel, pode ser descrita conforme a Equação (3).

$$f_W(w) = \frac{1}{\beta} e^{-(z + e^{-z})}, \quad z = \frac{w - \mu}{\beta} \quad (3)$$

O Comprimento de Flambagem (L_b), por sua vez, é modelado por uma Distribuição Uniforme Contínua, assumindo que todos os valores entre um mínimo (a = 300 cm) e um máximo (b = 450 cm) são igualmente prováveis, representando uma incerteza onde não há uma tendência central clara, conforme a Equação (4).

$$L_b \sim \mathcal{U}(a, b), \quad a = 300 \text{ cm}, \quad b = 450 \text{ cm} \quad (4)$$

A Tensão de Escoamento (F_y) é modelada por uma distribuição lognormal (Equação 5), comumente usada para propriedades de materiais, pois impede a ocorrência de valores negativos e é assimétrica positiva.

$$\ln(F_y) \sim \mathcal{N}(\mu_{\ln}, \sigma_{\ln}^2) \quad (5)$$

O Módulo de Elasticidade (E) segue uma distribuição normal dada pela Equação (6).

$$E \sim \mathcal{N}(\mu_E, \sigma_E^2) \quad (6)$$

A definição da Função de Estado Limite ou Função de Performance define o critério de falha:

- Se $g(X) \leq 0 \rightarrow$ falha (momento solicitante excede o resistente);
- Se $g(X) > 0 \rightarrow$ seguro.

$$g(\mathbf{X}) = MRd - Msd \quad (7)$$

O Momento Solicitante (Msd) é calculado de forma determinística a partir das cargas atuantes, onde $q_{total} = G + Q$ é a carga distribuída total:

$$Msd = \frac{q_{total} \cdot L_x^2}{8}, \quad q_{total} = G + Q \quad (8)$$

O cálculo do Momento Resistente (MRd) considera diferentes modos de falha por flambagem.

A Flambagem Lateral com Torção (FLT), o momento resistente para este modo (MRdF LT) é determinado por uma função por partes: se $\lambda_F LT \leq \lambda_p$, a seção é compacta e atinge a plastificação total (Mpl/1.1); se $\lambda_p < \lambda_F LT \leq \lambda_r$, a seção é semicompacta e o momento resistente é interpolado linearmente entre Mpl e Mr; e se $\lambda_F LT > \lambda_r$, a seção é esbelta e o momento resistente é considerado zero, as Equações 9 à 15 descrevem as verificações feitas.

$$\lambda_{FLT} = \frac{L_b}{r_y} \quad (9)$$

$$\lambda_p = 1.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (10)$$

$$\lambda_r = \frac{1.38 \sqrt{I_y J}}{r_y J \beta_1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 C_w \beta_1^2}{I_y}}} \quad (11)$$

$$\beta_1 = \frac{(F_y - \sigma_r) W_x}{E J} \quad (12)$$

$$M_{pl} = Z_x \cdot F_y \quad (13)$$

$$M_r = (F_y - \sigma_r) W_x \quad (14)$$

Regras de decisão FLT:

$$MRd_{FLT} = \begin{cases} \frac{M_{pl}}{1.1}, & \text{se } \lambda_{FLT} \leq \lambda_p; \\ \frac{C_1}{1.1} \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \frac{\lambda_{FLT} - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right], & \text{se } \lambda_p < \lambda_{FLT} \leq \lambda_r; \\ 0, & \text{se } \lambda_{FLT} > \lambda_r. \end{cases} \quad (15)$$

se $\lambda_{FLT} \leq \lambda_p$;
se $\lambda_p < \lambda_{FLT} \leq \lambda_r$;
se $\lambda_{FLT} > \lambda_r$.

De forma análoga, para a Flambagem Local da Mesa (FLM), calcula-se a esbelteza $\lambda_F LM = b_f / (2t_f)$ que é comparada com seus limites λ_p e λ_r , descritas pelas Equações 16 à 19.

$$\lambda_{FLM} = \frac{b_f}{2t_f} \quad (16)$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (17)$$

$$\lambda_r = 0.83 \sqrt{\frac{E}{F_y - \sigma_r}} \quad (18)$$

Regras de decisão FLM:

$$MRd_{FLM} = \begin{cases} \frac{M_{pl}}{1.1}, & \text{se } \lambda_{FLM} \leq \lambda_p \\ 0, & \text{se } \lambda_{FLM} > \lambda_p \end{cases} \quad (19)$$

Para a Flambagem Local da Alma (FLA), calcula-se a esbelteza $\lambda_F LA = h/t_w$, que é comparada com seus limites λ_p e λ_r , seguimos com as Equações 20 à 23.

$$\lambda_{FLA} = \frac{h}{t_w} \quad (20)$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (21)$$

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (22)$$

Regras de decisão FLA:

$$MRd_{FLA} = \begin{cases} \frac{M_{pl}}{1.1}, & \text{se } \lambda_{FLA} \leq \lambda_p \\ 0, & \text{se } \lambda_{FLA} > \lambda_p \end{cases} \quad (23)$$

De forma análoga, para a Flambagem Local da Mesa (FLM), calcula-se a esbelteza $\lambda_F LM = b_f / (2t_f)$ que é comparada com seus limites λ_p e λ_r , descritas pelas Equações 16 à 19.

Para a Flambagem Local da Alma (FLA), calcula-se a esbelteza $\lambda_F LA = h/t_w$, que é comparada com seus limites λ_p e λ_r , seguimos com as Equações 20 à 23.

$$MRd = \min(MRd_{FLT}, MRd_{FLM}, MRd_{FLA}) \quad (24)$$

O estimador da probabilidade de falha, pode ser escrito conforme a Equação 25.

$$\hat{P}_f = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I[g(\mathbf{X}_i) \leq 0] \quad (25)$$

onde a função indicadora é definida como:

$$I[g(\mathbf{X}_i) \leq 0] = \begin{cases} 1 & \text{se falha} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (26)$$

Definindo as propriedades do estimador pelas equações 27 e 28.

$$\mathbb{E}[\hat{P}_f] = P_f \quad (27)$$

$$\text{Var}[\hat{P}_f] = \frac{P_f(1 - P_f)}{N} \quad (28)$$

Para grandes amostras, adota-se uma distribuição assintótica, conforme a Equação 29.

$$\hat{P}_f \sim N\left(P_f, \frac{P_f(1 - P_f)}{N}\right) \quad (29)$$

Definiu-se um intervalo de Confiança 95%, disposto na Equação 30.

$$CI_{95\%} = \hat{P}_f \pm 1.96 \cdot \sqrt{\frac{\hat{P}_f(1 - \hat{P}_f)}{N}} \quad (30)$$

A distribuição da estimativa do beta descrita na equação 31.

$$\hat{P}_f \sim \text{Beta}(\alpha, \beta) \quad (31)$$

onde: $\alpha = k + 1$
 $\beta = N - k + 1$
 $k = \text{número de falhas}$

O fator de segurança, segue de maneira análoga ao problema fundamental de confiabilidade, descrito na equação 32.

$$FS = \frac{MRd}{Msd} \quad (32)$$

Podendo estimar-se a probabilidade de Falha via FS a partir da Equação 33.

$$P_f = P(FS \leq 1) = P\left(\frac{MRd}{Msd} \leq 1\right) \quad (33)$$

A convergência e Erro do sistema, foi estimado por uma sequência de estimativas dadas na Equação 34.

$$\hat{P}_f^{(n)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I[g(\mathbf{X}_i) \leq 0] \quad (34)$$

Descrevendo a lei dos grandes números, conforme a Equação 35.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \hat{P}_f^{(n)} = P_f \quad (\text{quase certamente}) \quad (35)$$

O erro da Estimativa, pode ser dado pela Equação 36.

$$\sigma_{P_f} = \sqrt{\frac{P_f(1-P_f)}{N}} \propto \frac{1}{\sqrt{N}} \quad (36)$$

Adotor-se também um coeficiente de variação do estimador, demonstrado na Equação 37.

$$\delta_{P_f} = \frac{\sigma_{P_f}}{\mathbb{E}[P_f]} = \sqrt{\frac{1-P_f}{N \cdot P_f}} \quad (37)$$

O número de simulações requerido para um erro relativo ε :

$$N \geq \frac{1-P_f}{P_f \cdot \varepsilon^2} \quad (38)$$

A probabilidade total de falha considera todos os modos de falha.

$$P_f = P\left(\bigcup_{i=1}^3 (MRd_i < Msd)\right) \quad (39)$$

onde $i = \{F_{LT}, F_{LM}, F_{LA}\}$ representa os diferentes modos de flambagem.

O código foi elaborado na linguagem Python, o exemplo de código utilizado para o perfil A, também contado com comentários entre as seções para melhor compreensão, encontra-se no Anexo I.

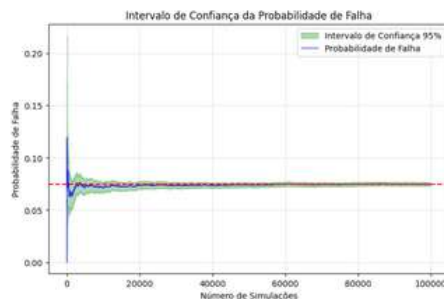
Resultados

Confiabilidade do perfil W410x38,8

A análise de confiabilidade estrutural foi realizada a partir de 100.000 simulações de Monte Carlo, obteve-se uma probabilidade de falha de 0,074590 (7,459%), o que corresponde a um índice de confiabilidade de 92,541%. Esse resultado indica que, sob as condições modeladas, a estrutura apresenta um bom desempenho com uma chance relativamente baixa de inadimplência.

O intervalo de confiança de 95% para a probabilidade de falha situa-se entre 0,072962 e 0,076218, demonstrando precisão estatística e robustez na estimativa devido ao elevado número de simulações, como demonstra o Gráfico 1.

Gráfico 1: Intervalo de confiança da Probabilidade de falha

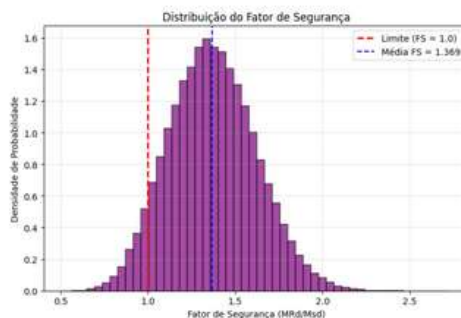


O fator de segurança médio obtido foi de 1,331, ilustrado no Gráfico 2, com desvio padrão de 0,249 e coeficiente de variação de 0,182, refletindo uma dispersão moderada em torno da média.

A resistência média calculada (MRd) foi de 19.005,86 kN.cm, enquanto a solicitação média (Msd) foi de 14.281,29 kN.cm.

Os valores extremos mostram que a resistência mínima encontrada foi de 0,00 kN.cm – indicativo da possibilidade de cenários críticos – e a máxima de 25.994,99 kN.cm, enquanto as solicitações variaram de 8.375,22 kN.cm a 29.402,76 kN.cm.

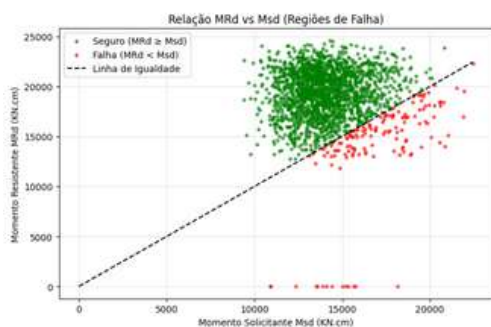
Gráfico 2: Distribuição do fator de segurança



A distribuição do fator de segurança e a análise conjunta de MRd versus Msd permitem identificar regiões de falha e segurança, sendo a linha de igualdade ($FS = 1,0$) o limiar que separa esses domínios. A concentração de valores acima desse limiar confirma a tendência de segurança da estrutura, ainda que a ocorrência de 7.459 casos de falha entre as simulações reforce a importância da consideração das variabilidades e incertezas nos parâmetros de entrada. Esses resultados destacam a adequação do dimensionamento, mas também apontam a necessidade de monitorar condições extremas onde a solicitação pode superar a resistência.

O Gráfico 3 demonstra a distribuição do fator de segurança.

Gráfico 3: Relação $MR_d \times MS_d$



Confiabilidade do perfil W410x46,1

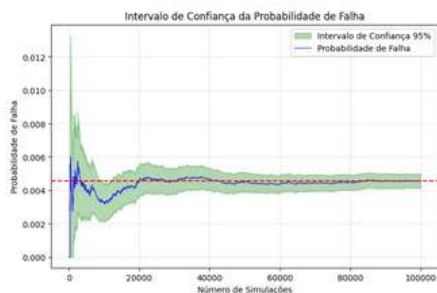
Para o perfil B, a análise de confiabilidade estrutural também foi realizada mediante 100.000 simulações de Monte Carlo.

Obteve-se uma probabilidade de falha extremamente baixa de 0,004550 (0,455%), correspondendo a um índice de confiabilidade de 99,545%.

Este resultado demonstra um excelente desempenho da estrutura, com risco muito reduzido de falha sob as condições analisadas.

O intervalo de confiança de 95% para a probabilidade de falha, situado entre 0,004133 e 0,004967, confirma a precisão da estimativa, refletindo a robustez do método devido ao elevado número de simulações, como demonstra o Gráfico 4.

Gráfico 4: Intervalo de confiança da Probabilidade de falha



O fator de segurança médio apresentou um valor de 1,733, demonstrado no Gráfico 5, com desvio padrão de 0,294 e coeficiente de variação de 0,166, indicando uma dispersão moderada em torno da média, porém com consistência na previsão de comportamento seguro.

A resistência média calculada (MR_d) foi de 24.743,76 kN.cm, significativamente superior à solicitação média (MS_d) de 14.281,29 kN.cm, o que explica a alta confiabilidade observada.

Os valores extremos revelam que a resistência mínima foi de 0,00 kN.cm – possivelmente associada a cenários críticos de flambagem ou instabilidade – e a máxima de 32.379,77 kN.cm, enquanto as solicitações variaram de 8.375,22 kN.cm a 29.402,76 kN.cm.

Gráfico 5: Distribuição do fator de segurança



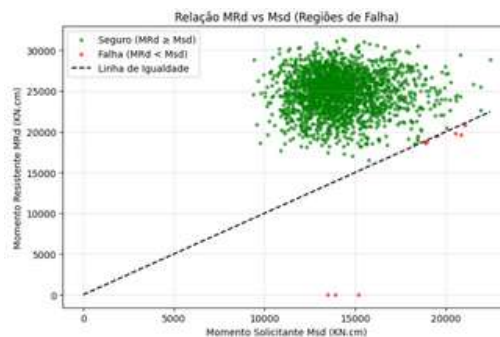
A distribuição do fator de segurança e a análise da relação MR_d versus MS_d permitiram identificar claramente as regiões de falha e segurança, com a linha de igualdade ($FS = 1,0$) atuando como limiar crítico.

A concentração maciça de resultados na região segura, com apenas 455 casos de falha entre as 100.000 simulações, reforça a eficiência do dimensionamento estrutural.

Adicionalmente, o aviso técnico registrado durante os cálculos (“invalid value encountered in sqrt”) sugere a ocorrência de instabilidades localizadas em situações extremas, possivelmente relacionadas à flambagem local da mesa (FLM), mas que não comprometeram a confiabilidade global do sistema.

Estes resultados evidenciam não apenas a adequação do projeto, mas também a eficácia das medidas de segurança incorporadas, embora ressalte a importância de monitorar eventuais fenômenos localizados de instabilidade que possam surgir em condições específicas de carregamento.

O Gráfico 6 ilustra a situação.



Confiabilidade do perfil W360x51,0

O perfil C teve a análise de confiabilidade estrutural realizada mediante 1.000.000 de simulações de Monte Carlo.

Os resultados obtidos revelam uma situação crítica extrema, com probabilidade de falha de 1,000000 (100%) e confiabilidade estrutural nula de 0,000000 (0%), ilustradas pelo Gráfico 7.

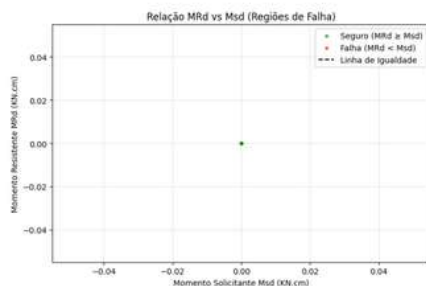
Gráfico 7: Intervalo de confiança da Probabilidade de falha



A relação MRd versus Msd mostra que todos os pontos se concentram na região de falha ($MRd < Msd$), com a linha de igualdade servindo apenas como referência teórica inexistente na prática simulada.

A convergência da probabilidade de falha estabilizou imediatamente no valor máximo de 100%, indicando que mesmo com um número elevadíssimo de simulações, não foi identificado nenhum cenário de segurança estrutural.

O Gráfico 8 demonstra essa situação.



Discussões sobre os resultados

As análises de confiabilidade realizadas para os três perfis observam-se uma gradativa e significativa variação no desempenho estrutural.

O perfil A apresenta uma probabilidade de falha de 7,459%, indicando um desempenho aceitável, porém com margem de segurança que requer atenção, especialmente considerando a ocorrência de valores mínimos de resistência nulos em algumas simulações, o que sugere a existência de cenários críticos onde fenômenos de instabilidade podem comprometer a capacidade resistente.

O fator de segurança médio de 1,331, aliado à dispersão moderada dos resultados, reflete uma configuração onde a estrutura geralmente atende aos requisitos de segurança, mas permanece vulnerável a combinações extremas de carregamento ou a variabilidades nos parâmetros de resistência.

Em contraste, o perfil B demonstra um desempenho estrutural excepcional, com probabilidade de falha de apenas 0,455%, traduzindo-se em uma confiabilidade de 99,545%.

A significativa superioridade da resistência média (24.743,76 kN.cm) frente à solicitação média (14.281,29 kN.cm) resulta em um fator de segurança médio de 1,733, indicando uma robustez notável do sistema.

Apesar de eventuais instabilidades localizadas, possivelmente relacionadas a fenômenos de flambagem, a estrutura mantém um comportamento seguro na grande maioria das simulações, reforçando a eficácia do dimensionamento adotado para este perfil.

Por fim, o perfil C revela uma condição de colapso generalizado, com falha estrutural em 100% das simulações.

A completa indeterminação dos valores de resistência e solicitação, todos nulos, associada à impossibilidade de cálculo do fator de segurança, aponta para inadequações fundamentais em seu dimensionamento ou nas premissas de carregamento adotadas.

A comparação entre os perfis evidencia a importância crucial da seleção adequada de elementos estruturais e do rigor na modelagem das condições de carregamento e resistência, destacando como variações nestes fatores podem resultar em desempenhos radicalmente diferentes, desde a excelência estrutural até a falha catastrófica.

NETWORKING E OPORTUNIDADES NA PALMA DA SUA MÃO.

CREA-PR
conecta

VAGAS, CURSOS E EVENTOS.

Acesse o Conecta Crea-PR com as melhores oportunidades reunidas para você se aprimorar, encontrar profissionais e oportunidades em sua área.

Aponte
a câmera
e saiba mais:



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

Quem fiscaliza cuida.

Na contemporaneidade, a busca pela excelência operacional, pela segurança na execução de projetos e pela redução de desperdícios tem levado organizações de diferentes setores a avaliarem a confiabilidade como um fator estratégico.

No âmbito estrutural, especialmente no ramo da pavimentação, as incertezas inerentes podem representar grandes lacunas, com fatores de ponderação que chegam a até três vezes as solicitações ambientais.

Em certos casos, entretanto, tais fatores podem não ser suficientes para garantir a vida útil ideal dos elementos estruturais. Essas incertezas influenciam diretamente o desempenho das estruturas, estando associadas à resistência dos materiais, à geometria adotada e aos modelos de comportamento considerados no dimensionamento.

Os principais padrões de projeto tratam essas incertezas de forma indireta, majorando as ações e reduzindo as resistências dos materiais por meio de coeficientes de segurança, de modo a assegurar níveis razoáveis de segurança.

No entanto, tais procedimentos não permitem determinar de forma precisa o grau de segurança atingido, apenas estimativas dentro de um intervalo de confiança.

Nesse contexto, a teoria da confiabilidade estrutural e suas técnicas emergem como ferramentas fundamentais para avaliar e confirmar se os níveis de segurança das estruturas atendem aos padrões e objetivos sugeridos pelas normas.

O presente estudo teve como objetivo principal a realização de análises de confiabilidade estrutural de pavers de concreto intertravado, com ênfase no cálculo do índice de confiabilidade (β) e na verificação das probabilidades usuais de falha.

Embora esses pavimentos apresentem variabilidade em parâmetros como permeabilidade, densidade e porcentagem de vazios, o enfoque desta pesquisa foi direcionado aos parâmetros de resistência das estrutura.

Entre os métodos disponíveis para avaliação da confiabilidade estrutural de pavers, a Simulação de Monte Carlo destaca-se por sua robustez e versatilidade na análise de sistemas com elevada incerteza.

Esse modelo gera amostras aleatórias a partir de distribuições de probabilidade definidas para as variáveis envolvidas, sendo possível estimar com precisão a probabilidade de falha (p_f) e o β do elemento estrutural, independentemente do número de equações do estado limite.

Todavia, essa ferramenta demanda um alto custo computacional. Apesar disso, essa abordagem elimina a necessidade de simplificações excessivas e permite representar de forma mais fiel o comportamento real dos pavers sob diferentes condições de carregamento e por isso foi utilizada neste artigo.

PROBABILIDADE DE FALHA EM PAVERS RETANGULARES DE CONCRETO

Autor: Gabriel Conte
Orientador: Henrique Machado Kroetz



Na contemporaneidade, a busca pela excelência nesse cenário de amostras, adotaram-se os valores mínimos característicos de resistência à compressão (f_{pk}) após 28 dias, conforme estabelecido pela NBR 9781 (ABNT, 2013).

Além disso, considerou-se um coeficiente de variação de 15% dessa resistência, em função do desvio padrão das amostras, conforme sugerido para execução pela NBR 15953 (ABNT, 2011).

Além do cálculo do índice de confiabilidade e da probabilidade de falha, este estudo também tem como objetivo comparar o desempenho estrutural dos pavers retangulares de concreto submetidos às duas situações de carregamento definidas pela NBR 9781 (ABNT, 2013): tráfego leve e tráfego pesado.

Essa análise comparativa possibilita avaliar se os níveis de resistência especificados são adequados para diferentes condições de solicitação.

Adicionalmente, permite identificar cenários prováveis de superdimensionamento ou vulnerabilidade estrutural.

SITUAÇÃO PROBLEMA

O principal desafio em projetos de pavimentação com blocos intertravados de pavers está na dificuldade de avaliar a confiabilidade e a probabilidade de falha de cada elemento com base na resistência à compressão, sem comprometer seu desempenho ou a segurança estrutural.

Com frequência, adotam-se fatores de segurança fixos para dimensionar os elementos frente às solicitações, mesmo quando o valor de f_{pk} apresenta superdimensionamento ou elevada variabilidade ou alto desvio padrão.

Essa variabilidade representa um problema crítico para a eficiência econômica desse tipo de pavimentação. Diante disso, a questão central deste estudo é quantificar a probabilidade de falha de um paver submetido a carga pontual, considerando as duas situações de carregamento definidas pela norma: tráfego leve e tráfego pesado, avaliando especialmente a resistência mínima do elemento estrutural.

A confiabilidade estrutural está diretamente ligada ao atendimento dos requisitos normativos que asseguram desempenho e durabilidade.

A NBR 6118 (ABNT, 2023) define que uma estrutura de concreto deve garantir segurança, funcionalidade e vida útil, possibilitando que não se atinja o estado limite de inutilização ou ruptura.

Além dessa, a NBR 9781 (ABNT, 2013) estabelece valores mínimos de resistência à compressão para pavers de concreto após 28 dias (f_{pk}).

De forma complementar, a NBR 15953 (ABNT, 2011) sugere coeficientes de variação da resistência em torno de 15%, o que reforça a necessidade de considerar a variabilidade estatística na análise de confiabilidade de peças intertravadas.

Na Figura 1, apresentam-se os valores de f_{pk} para os pavers sobre carregamento leve e pesado, conforme especificado na NBR 9781 (ABNT, 2013). O parâmetro corresponde à resistência à compressão que possui apenas 5% de probabilidade de ser inferior à verificada em ensaios padronizados, sendo, portanto, uma medida probabilística da qualidade do concreto.

Figura 1 – f_{pk} em função do uso

Solicitação	Resistência característica à compressão (f _{yk}) aos 28 dias: MPa
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	≥ 35
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abração acentuados	≥ 50

Fonte: adaptado de NBR 9781 (2013), 2025.

Nesse paradigma tradicional, a análise de confiabilidade estrutural se apoia primordialmente em modelos determinísticos, que pressupõem a estabilidade e a previsibilidade das solicitações de carga e da resistência do material. Assim, essa abordagem, formalizada através do cálculo de fatores de segurança e da aplicação de coeficientes de minoração, oferece um framework simplificado para o projeto de engenharia. Contudo, sua validade é limitada pela não consideração de variáveis aleatórias e flutuações inerentes ao ambiente operacional.

Portanto, ao avaliar o conceito central de confiabilidade estrutural, não vemos apenas a compressão e sua análise estática. A base dessa área de estudo está na relação entre resistência e solicitação.

SEGUNDO,

Ellingwood et al. (1980), elementos dimensionados pelas normas geralmente apresentam índices de confiabilidade β situados entre 2,5 e 3,0. Considerando um comportamento normal das variáveis, isso representa uma probabilidade de falha entre 0,6% e 0,1%, respectivamente, valores considerados aceitáveis para estruturas submetidas a compressão e flexão em análise estática.

Muniz et al. (2019) destaca que esse β representa geometricamente a menor distância da origem até a superfície de falha no espaço normal-padrão, o que o torna uma medida probabilística direta da segurança estrutural. Essa interpretação probabilística complementa a visão determinística das normas, permitindo avaliações mais precisas em projetos com alta variabilidade.

A fim de avaliar essa probabilidade por meio da estatística, possuímos ferramentas disponíveis, entre as quais, destaca-se a simulação de Monte Carlo. Modelo entre os mais versáteis para a análise de sistemas com incertezas, pois não depende do número de equações do estado limite.

Krüger (2008) já havia destacado sua aplicabilidade em barragens de concreto, mostrando que o método consegue lidar com comportamentos altamente complexos sem necessidade de simplificações severas. No mesmo sentido, Beck (2023) enfatiza que o Monte Carlo permite aproximar distribuições de falha a partir de amostragens repetidas, sendo essencial para problemas onde as soluções analíticas são inviáveis.

Ainda, Hung (2023) reforça que a técnica é amplamente utilizada em engenharia por sua capacidade de fornecer estimativas confiáveis de probabilidade de falha mesmo em sistemas não lineares. Embora apresente alto custo computacional, a robustez da abordagem justifica sua adoção.

Pesquisas recentes têm direcionado a confiabilidade estrutural também para elementos de pavimentação. Goyal et al. (2023) analisaram concretos permeáveis em pavers e destacaram que a variabilidade dos parâmetros físicos, como porosidade e resistência, influencia diretamente a vida útil do pavimento e sua sustentabilidade.

Em linha com essa preocupação, Nadali et al. (2025) ressaltam que o comportamento do material em condições reais, incluindo solicitações repetidas e degradação ambiental, deve ser incorporado em modelos probabilísticos para garantir maior realismo, principalmente no enfoque microscópico.

Em uma análise macroscópica, a análise probabilística via Monte Carlo aparece como uma ferramenta promissora para quantificar a probabilidade de falha a partir de solicitações reais. Além disso, possui função de orientar possíveis melhorias no dimensionamento dos pavers de concreto intertravado.

Metologia

A metodologia deste trabalho baseia-se na simulação de Monte Carlo. O objetivo é analisar a confiabilidade estrutural de pavers submetidos a diferentes condições de carregamento, tanto para tráfego leve quanto pesado. A avaliação permite quantificar a probabilidade de falha em relação ao estado limite último de compressão simples em relação à uma alta solicitação, considerando as variabilidades da geometria do paver, conforme ilustrado na Figura 2.



Essa abordagem probabilística fornece uma avaliação mais realista da segurança do sistema, complementando os critérios determinísticos previstos pelas normas de projeto de pavimentos de concreto.

O presente estudo propõe uma abordagem alternativa e rigorosa para a avaliação da confiabilidade estrutural. Essa abordagem decorre da metodologia tradicional, a qual, embora estabeleça um ponto de partida analítico, não captura as não linearidades inerentes a sistemas submetidos a pontos extremos.

Portanto, assim como a abordagem probabilística é questionável quanto à durabilidade no tempo, devido ao número de fatores materiais, a determinística normativa possui sua utilidade preditiva em pauta para fins de situações extremas ou anômalas.

Este artigo visa mitigar essa lacuna ao empregar cargas dinâmicas, por meio de pontos estáticos extremos e ciclos de carregamento simulados, a partir de distribuições probabilísticas obtidas de dados de campo e modelos de elementos discretos.

A análise de confiabilidade será redefinida a partir da resposta do sistema a essas solicitações estocásticas, permitindo uma avaliação mais precisa e representativa do desempenho estrutural sob regimes operacionais. Este método oferece um framework robusto para a validação empírica de modelos teóricos, fornecendo uma base para o aprimoramento de coeficientes de segurança e fatores de projeto em aplicações de engenharia de precisão, conforme o cronograma abaixo.

Etapa	Atividade	Período
1	Definição do problema e revisão bibliográfica	Jul/25 – Set/25
2	Estudo das NBRs aplicáveis	Ago/25
3	Definição da metodologia probabilística	Jul/25 – Set/25
4	Implementação computacional da simulação de Monte Carlo	Ago/25
5	Execução das simulações (tráfego leve e tráfego pesado)	Ago/25
6	Tratamento e análise dos resultados	Set/25
7	Discussão dos resultados frente às normas e literatura	Set/25
8	Entrega do artigo parcial	Set/25
9	Execução dos ensaios laboratoriais	Out/25 – Dez/25
10	Consolidação dos resultados	Jan/26 – Fev/26
11	Revisão final e entrega da versão completa	Mar/26

Definição da função de estado limite

Em elementos estruturais, a falha à compressão ocorre quando a força axial resistente (F_r) é superada pelas forças solicitantes (F_s). Dessa forma, a função de estado limite $g(x)$, considerando elementos com curvas marginais normais, é dada por:

$$g(x) = F_r - F_s$$

A falha sempre ocorrerá quando o resultado dessa função for menor ou igual a zero ($g(x) \leq 0$). No entanto, em pavers, diferentemente de elementos usuais de concreto, como vigas ou pilares, a força resistente não depende de fatores como linha neutra e altura equivalente, mas sim da média de peças ensaiadas.

Desta forma, conforme a NBR 9781 (ABNT, 2013), a força resistente é dada pela seguinte equação:

$$f_{pk,est} = f_p - t \times s$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_p - f_{pi})^2}{n - 1}}$$

Onde:

f_p é a resistência média das peças, em MPa.

f_{pi} é a resistência individual das peças, em MPa.

$f_{pk,est}$ é a resistência característica estimada à compressão, em MPa.

n é o número de peças da amostra.

s é o desvio-padrão da amostra, em MPa.

t é o coeficiente de Student fornecido pela tabela da figura 3, em função do tamanho da amostra.

Figura 3 – tabela T Student

n	t
6	0,920
7	0,906
8	0,896
9	0,889
10	0,883
12	0,876
14	0,870
16	0,866
18	0,863
20	0,861
22	0,859
24	0,858
26	0,856
28	0,855
30	0,854
32	0,842

Contudo, a distribuição t de Student é usada em vez da distribuição normal quando o tamanho da amostra é pequeno. Neste artigo, foram realizadas 106 amostras aleatórias dentro de um intervalo máximo e mínimo experimental.

Dessa forma, o estudo considerará uma força axial máxima, similar ao analisado por Arcaro (2017) e TRB (2015), de 30 e 50 toneladas para pisos com tráfego leve e pesado respectivamente. Em virtude dos chanfros, essa carga está disposta sobre 0,0171 m², resultando em uma pressão (MPa) de 17,21 e 28,68.

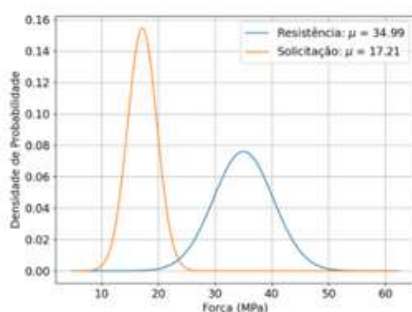
Essa avaliação considerou a probabilidade de falha em relação ao fpk mínimo proposto pela norma. Em ambos os casos, a carga permanente e acidental foi somada para os valores brutos suprarreferidos.

O procedimento da simulação de Monte Carlo permitiu gerar distribuições probabilísticas da função de estado limite $g(x)$, possibilitando a avaliação da probabilidade de falha (Pf) e a determinação do índice de confiabilidade (β) dos pavers. Essa abordagem possibilitou comparar a resistência característica estimada dos elementos com as solicitações críticas definidas para tráfego leve e pesado, considerando a variabilidade intrínseca do concreto e as condições de carregamento estabelecidas pelas normas.

RESULTADOS

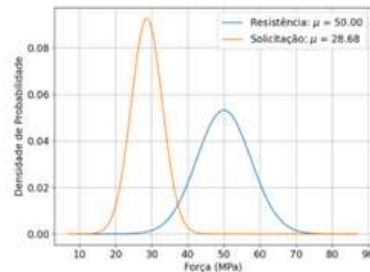
A Figura 4 apresenta as Funções Densidade de Probabilidade (PDF) das curvas normais de distribuição marginais de $g(x)$ para tráfego leve, mostrando a dispersão natural das resistências das amostras em relação à carga crítica de 17,21 MPa. A maioria das amostras se encontra em condição segura, com poucas atingindo valores próximos de falha.

Figura 4 – PDF curvas marginais (tráfego leve)



A Figura 5 ilustra a curva de distribuição de $g(x)$ para tráfego pesado, evidenciando maior proximidade entre a solicitação crítica de 28,68 MPa e as resistências mínimas, indicando maior vulnerabilidade estrutural comparativamente ao tráfego leve.

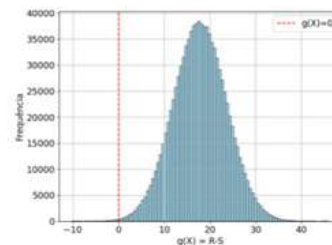
Figura 5 – PDF curvas marginais (tráfego pesado)



Fonte: autor, 2025.

A Figura 6 compara a resistência estimada dos pavers com a solicitação de carga para tráfego leve, demonstrando folga estrutural significativa e confirmando a robustez do material frente à carga normativa.

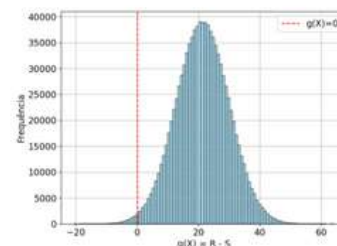
Figura 6 – Histograma de $g(x)$ para tráfego leve



Fonte: autor, 2025.

A Figura 7 apresenta a comparação entre resistência estimada e carga aplicada para tráfego pesado, mostrando que parte das amostras se aproxima da condição de falha, reforçando a necessidade de monitoramento e controle de qualidade do concreto. No entanto, ainda assim, a probabilidade de falha se mantém abaixo de 1%.

Figura 7 – Histograma de $g(x)$ para tráfego pesado

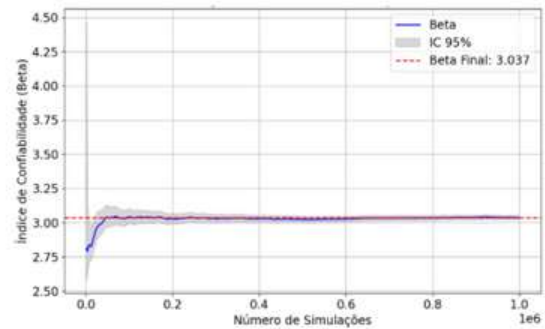


Fonte: autor, 2025.



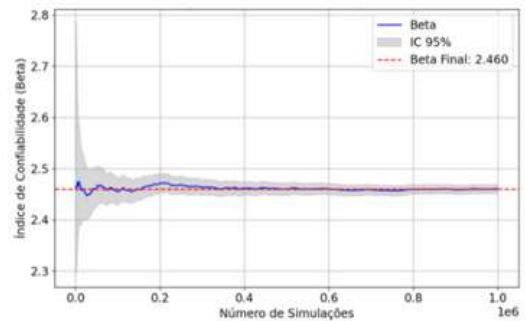
A Figura 8 mostra a convergência do β para tráfego leve, indicando estabilidade após número suficiente de amostras, demonstrando uma robustez na $g(x)$ inicial.

Figura 8 – Convergência do β para tráfego leve



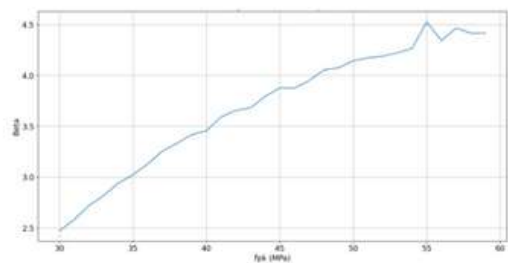
A Figura 9 exibe a convergência de β para tráfego pesado, confirmando a consistência dos resultados mesmo em situações críticas de carregamento.

Figura 9 – Convergência do β para tráfego pesado



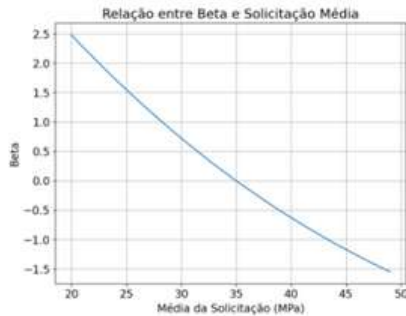
A Figura 10 apresenta a relação entre β e diferentes valores de f_{pk} para tráfego, evidenciando que incrementos na resistência característica aumentam a segurança estrutural e reduzem a probabilidade de falha, assegurando a confiabilidade da simulação.

Figura 10 – Relação do β x f_{pk}



A Figura 11 ilustra a relação entre β e f_{pk} para pavers de tráfego leve, reforçando que a segurança estrutural é sensível à resistência mínima do material, sendo essencial considerar variabilidade em projetos críticos.

Figura 11 – Relação do β x f_{pk} para tráfego leve



Fonte: autor, 2025.

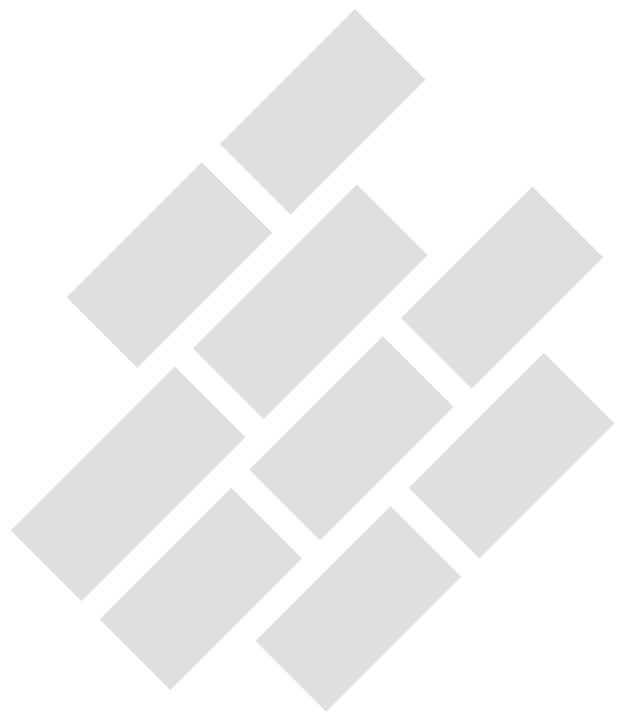
DISCUSSÕES

Os resultados obtidos indicam que, para a solicitação crítica de tráfego leve (17,21 MPa), os pavers apresentam um índice de confiabilidade β de aproximadamente 3,04 e uma probabilidade de falha (pf) de aproximadamente 0,12%, demonstrando ampla margem de segurança.

Todavia, para a solicitação crítica de tráfego pesado (28,68 MPa), o β e a pf aproximados foram de 2,47 e 0,68%, respectivamente. Isso mostra que, embora satisfatória, a segurança é menos conservadora e mais sensível à variabilidade do tipo de pavimentação.

Além disso, a abordagem probabilística baseada em Monte Carlo mostrou-se eficiente para avaliar a confiabilidade estrutural de pavers de concreto intertravado, fornecendo informações detalhadas sobre dispersão entre as resistências e solicitações.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se avaliar a aplicabilidade prática do método probabilístico como substituição ao uso do t-Student, definindo intervalos e o número mínimo de amostras necessários para garantir confiabilidade estatística adequada. Essa abordagem pode permitir maior precisão na determinação da resistência característica e na estimativa da probabilidade de falha, potencializando o uso do método em projetos normativos e aplicações industriais.





PÉS NA TERRA, OLHOS NO

Você pode não ver, mas o trabalho do CREA-PR está na raiz do sucesso do agronegócio. Com inovação, busca incansável pela sustentabilidade e valorização dos profissionais, o CREA-PR incentiva as melhores práticas para você colher uma vida melhor, no campo e na cidade. Hoje e amanhã.



FUTURO

**E O CREA-PR
SEMPRE AO
SEU LADO.**



CREA-PR

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

OTIMIZAÇÃO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO

VIA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Autor: Juliano da Rosa

O projeto de estruturas de concreto armado é baseado em normas como a NBR 6118/2023 no Brasil, que estabelece fatores de segurança para serem usados nos projetos. Esses fatores, muitas vezes, resultam em um uso excessivo de materiais, resultando em gastos desnecessários.

A confiabilidade estrutural possui ferramentas imprescindíveis para a análise de diversos tipos de estruturas sujeitas a incertezas inerentes às propriedades dos materiais, às seções e às ações aplicadas. Nesse contexto, a simulação de Monte Carlo é uma técnica robusta e versátil para analisar com precisão a probabilidade de falha e o índice de confiabilidade de um componente estrutural, baseado na análise de variáveis aleatórias.

Este trabalho utiliza a simulação de Monte Carlo para verificar o índice de confiabilidade e a probabilidade de falha de uma viga de concreto armado, inicialmente dimensionada seguindo os parâmetros preconizados por norma e, posteriormente sendo afetada pela redução gradual na área da armadura longitudinal necessária. O objetivo é analisar o comportamento do índice de confiabilidade e a probabilidade de falha da estrutura à medida que a área de aço reduz. Ao final, busca-se uma solução otimizada que reduz a quantidade de materiais e, mesmo assim, permaneça uma estrutura durável, estável e segura.

O principal problema percebido em projetos de estruturas é a dificuldade de otimização dos recursos utilizados sem comprometer a segurança. Geralmente costuma-se empregar fatores de segurança fixos para projetar um elemento estrutural de forma que ele cumpra corretamente sua função, embora muitas vezes a seção seja superdimensionada, sendo um problema crítico para a economia da estrutura. Com isso, a questão fundamental é quantificar a probabilidade de falha de uma viga em concreto armado otimizando a área de aço presente no elemento estrutural.

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023), uma estrutura é considerada adequada quando atende aos requisitos de segurança, funcionalidade e durabilidade, possibilitando que não se atinja o estado limite de inutilização ou ruptura.

Analisar a segurança da estrutura, a confiabilidade estrutural é fundamental. Segundo Nowak e Collins (2000), a confiabilidade estrutural está diretamente ligada com a probabilidade de que uma estrutura atenda a um determinado estado limite, durante um intervalo de tempo e sob determinadas condições de utilização. Como cita Paliga et al. (2011), o problema fundamental da confiabilidade estrutural é certificar que a resistência seja superior a solicitação.

Segundo Sakamoto (2016), existe uma variedade de métodos para estudo da confiabilidade estrutural que permitem a aplicação em múltiplos problemas de engenharia envolvendo pontes, torres metálicas, mecânica dos solos e demais elementos estruturais em que se não tem certeza a respeito dos seus carregamentos e resistências. Para avaliar a segurança, o índice de confiabilidade (β) é utilizado a fim de mensurar a confiabilidade de sistemas e permite avaliar mais profundamente o risco de falha.

Da mesma forma, Muniz et al. (2019) cita que o índice de confiabilidade β é uma medida de probabilidade de falha, que representa a menor distância da origem do espaço normal padrão das variáveis aleatórias até o limite de falha da função de estado limite.

De acordo com Ellingwood et al. (1980), elementos submetidos a compressão e flexão dimensionados pelas normas atuais, geralmente possuem um índice de confiabilidade entre $\beta=2,5$ e $\beta=3,0$.

Por outro lado, o comitê Europeu de Normalização (2010) propõe índices de confiabilidade de acordo com a classe de risco da estrutura, conforme apresentado na tabela:

Classe de Confiabilidade	Descrição	Exemplos na Engenharia Civil	$\beta_{\min}$ Recomendado
RC3	Consequência alta para percas humanas, ou consequências econômicas, sociais ou ambientais multo altas	Arquibancadas, prédios públicos, salas de concertos, etc.	4,3
RC2	Consequência média para percas humanas, consequências econômicas, sociais ou ambientais consideráveis	Prédios residenciais e prédios comerciais médios.	3,8
RC1	Consequência baixa para percas humanas, e consequências econômicas, sociais ou ambientais pequenas ou negligenciáveis	Construções afastadas, nas quais pessoas não entram normalmente, como depósitos e estufas.	3,3

Da mesma forma, Paliga (2008) adota o índice de confiabilidade $\beta = 3,8$, seguindo as recomendações Eurocode CEN ENV 1991-1 para estruturas de concreto armado com vida útil de 50 anos.

Para se obter a probabilidade de falha, pode-se utilizar a Simulação de Monte Carlo. Segundo Kruger (2008), a Simulação de Monte Carlo é uma técnica numérica utilizada para modelar o comportamento de sistemas complexos. O método permite gerar resultados a partir de modelos matemáticos e estatísticos, eliminando a necessidade de se realizar testes físicos. Com isso, os parâmetros são definidos baseados em distribuições de probabilidade, estabelecidos a partir de testes prévios ou de outras informações relevantes. A metodologia deste trabalho é baseada na simulação de Monte Carlo com o objetivo de analisar a confiabilidade estrutural de uma viga de concreto armado biapoiada sob carga uniforme, quantificando a probabilidade de falha em relação ao estado limite último de flexão, conforme Figura 1.

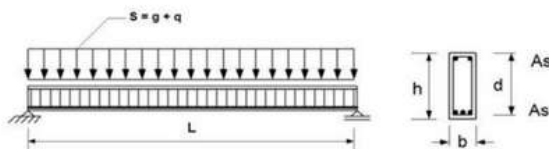


Figura 1: Viga de concreto armado biapoiada sob carga uniforme

A falha na viga ocorrerá quando o momento resistente (M_r) é superado pelo momento solicitante (M_s). Dessa forma, a função de estado limite $g(x)$ é dada por:

$$g(x) = M_r - M_s$$

A falha sempre ocorrerá quando o resultado dessa função for menor ou igual a zero ($g(x) \leq 0$).

Desta forma, o momento resistente é dado pela seguinte:

$$M_r = \phi R \cdot A_s \cdot f_y \left[h - d' - 0,5 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} \right]$$

Por outro lado, o momento solicitante é dado pela seguinte equação:

$$M_s = \frac{\phi S (g + q) \cdot L^2}{8}$$

ϕR é o erro de modelo de resistência;

A_s é a área de aço da armadura tracionada pelo momento fletor;

f_y é a tensão de escoamento do aço empregado;

d é a altura útil da viga;

h é a altura da seção transversal;

f_c é a resistência à compressão do concreto;

b é a largura da seção transversal;

ϕS é o erro de modelo das ações;

L é o vão teórico da viga;

g é a soma da carga permanente com o peso próprio.

Com isso, a equação do estado limite $g(x)$ é:

$$M = \phi R \cdot A_s \cdot f_y \left[h - d' - 0,5 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} \right] - \frac{\phi S (g + q) \cdot L^2}{8}$$

CÁLCULO DA VIGA SEGUNDO NBR 6118/2023

Adotamos inicialmente uma viga com 6,00 metros de comprimento, biapoiada, com largura de 30,0 centímetros, altura de 60,0 centímetros, cobrimento de 3,0 centímetros, concreto de 30 MPa, aço CA-50, coeficiente de ponderação do concreto de 1,4 e do aço de 1,15.

Sabemos que sobre a viga existe uma parede com altura de 3,00 metros. Com densidade de 13 kN/m³, resulta em uma carga distribuída de 11,7 kN/m. Da mesma forma, o peso próprio da viga, considerando que o concreto armado possui peso específico de 25 kN/m³, gera uma carga de 4,5 kN/m.

Com isso, a carga total da viga é de 16,2 kN/m.

A viga em questão tem momento característico de 7290 kN·cm, porém, seguindo o coeficiente de ponderação presente na NBR 6118/2023, o momento de cálculo adotado é 10.206 kN·cm devido à ponderação de 1,40.

Com isso, para suprir o momento fletor da viga, a mesma necessita de uma área de aço de 4,24 cm².

DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

Para isso, as variáveis utilizadas na simulação estão apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 2: Modelos probabilísticos das variáveis aleatórias

Variável	μ_x	δ_x	Distribuição de probabilidade
b	30 cm	0,00	Determinística
d	57 cm	0,00	Determinística
h	60 cm	0,00	Determinística
As	4,24 cm ²	0,00	Determinística
L	6,00 m	0,00	Determinística
fck	30,00 Mpa	0,15	Normal
fyk	500,00 Mpa	0,05	Lognormal
g	16,2 kN/m	0,10	Normal
ϕR	1,00	0,05	Lognormal
ϕS	1,00	0,05	Lognormal

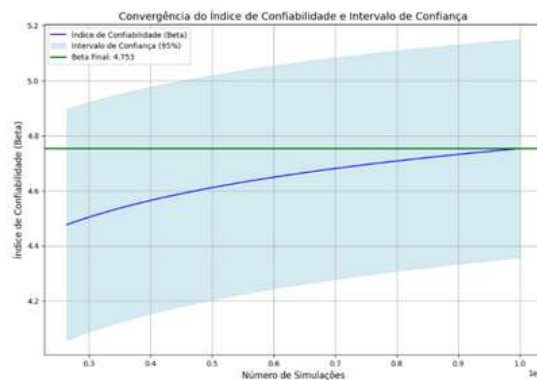
SIMULAÇÃO DA VIGA ADOTADA

Utilizando o método de simulação de Monte Carlo com distribuição normal e a quantidade de amostras de 10^6 para a viga especificada, é determinado o índice de confiabilidade e a probabilidade de falha para a função do estado limite. Dessa forma, tem-se como resultado um beta de 4,753 com probabilidade de falha de 10^{-6} .

Para ilustrar os resultados da simulação de Monte Carlo, o gráfico abaixo mostra a distribuição da função de estado limite $g(x)$. No eixo horizontal estão representados os valores de g . Quando $g > 0$ a viga é segura. Quando $g \leq 0$, a viga falhou. Dessa forma, uma pequena porção do histograma demonstra a falha da viga.



O gráfico abaixo representa a convergência do índice de confiabilidade e o intervalo de confiança. A linha azul mostra o valor do índice de confiabilidade calculado passo a passo durante a simulação. A linha verde horizontal indica o valor final de $\beta = 4,753$ após 10^6 amostras.



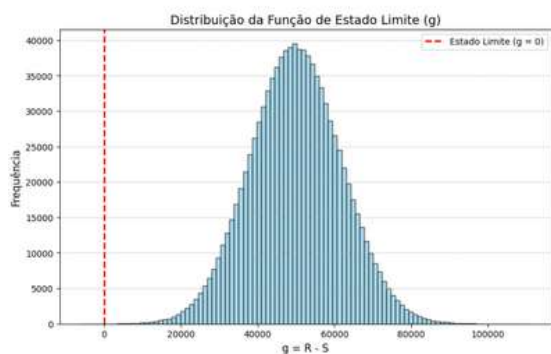
OTIMIZAÇÃO DA ARMADURA

Buscando otimizar a área de aço por questões econômicas, serão simuladas áreas de aço reduzidas em 5% e 10% a fim de comparar como se comporta a probabilidade de falha da estrutura e o índice de confiabilidade. O objetivo é encontrar o ponto de equilíbrio entre a economia e os requisitos de segurança, levando em consideração um índice de confiabilidade β próximo a 3,8, conforme sugerido por Paliga (2008), que adota o índice de confiabilidade seguindo as recomendações Eurocode CEN ENV 1991-1.

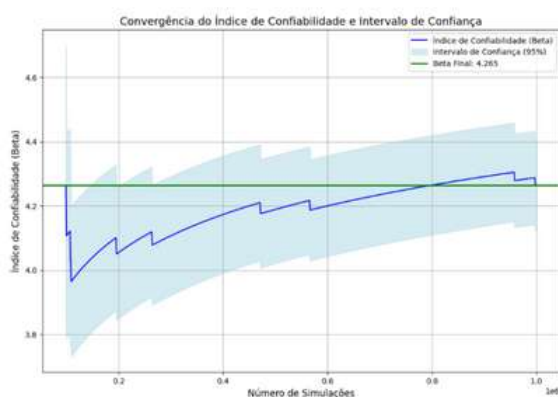
Desta forma, a área de aço dada inicialmente para as condições da viga, com base na NBR 6118/2023, foi de 4,24 cm². Reduzindo essa área em 5%, a viga necessita de pelo menos 4,03 cm² de armadura para resistir aos esforços de flexão.

Com base nisso, a simulação de Monte Carlo resultou em um índice de confiabilidade $\beta = 4,265$ após 10^6 amostras, importando em uma probabilidade de falha de 1×10^{-5} , ou seja, apenas 10 falhas na simulação toda.

O gráfico abaixo mostra a distribuição da função de estado limite $g(x)$ para a área de aço reduzida em 5%.



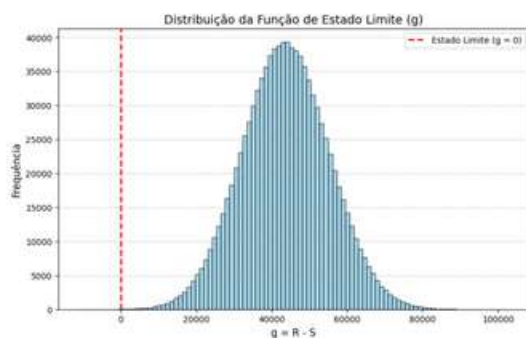
Por outro lado, o gráfico a seguir mostra a convergência do índice de confiabilidade (β) para a área de aço reduzida em 5%. Percebe-se que, mesmo apresentando pequenas variações, o índice se estabiliza, confirmando a análise.



Dando continuidade na simulação, o próximo passo é simular a redução de aço em 10%, resultando em uma área de aço necessária de 3,82 cm².

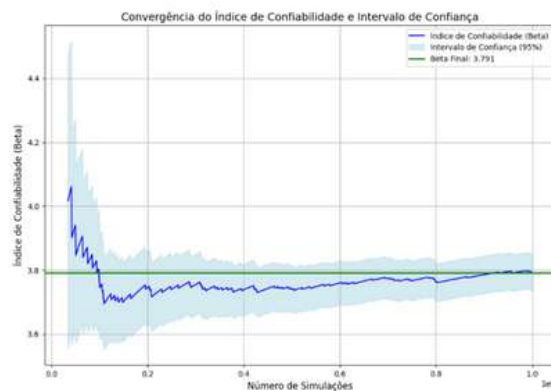
Com base nisso, a simulação de Monte Carlo resultou em um índice de confiabilidade $\beta = 3,791$ após 10⁶ amostras, importando em uma probabilidade de falha de $7,5 \times 10^{-5}$, ou seja, apenas 75 falhas na simulação toda.

O gráfico abaixo mostra a distribuição da função de estado limite $g(x)$ para a área de aço reduzida em 10%, que detalha o comportamento da viga sob essa nova condição.



Nota-se que, apesar da redução da área de aço, a estrutura ainda continua majoritariamente segura.

Da mesma forma, o gráfico abaixo mostra a convergência do índice de confiabilidade calculado progressivamente até a estabilização.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise inicial da viga, seguindo os parâmetros adotados pela NBR 6118/2023, resultou em um índice de confiabilidade relativamente alto, com área de aço necessária de 4,24 cm². Com isso, a simulação de Monte Carlo resultou em um índice de confiabilidade $\beta = 4,753$.

Seguindo as recomendações Eurocode CEN ENV 1991-1, este valor ultrapassa o índice de confiabilidade mínimo de 4,3 para a classe de confiabilidade RC3, que exige esse beta mínimo pois, em casos de falha estrutural, a consequência é alta para perdas humanas ou consequências econômicas, sociais ou ambientais muito altas. Essa classe é exigida em projetos de arquibancadas, prédios públicos e salas de concertos, por exemplo.

Embora essa margem esteja dentro do limite seguro para a classe de confiabilidade, se considerada uma classe mais usual, como sendo a RC2, este valor de confiabilidade apresentado está muito acima do mínimo recomendado para a classe, resultando em gastos desnecessários para a estrutura.

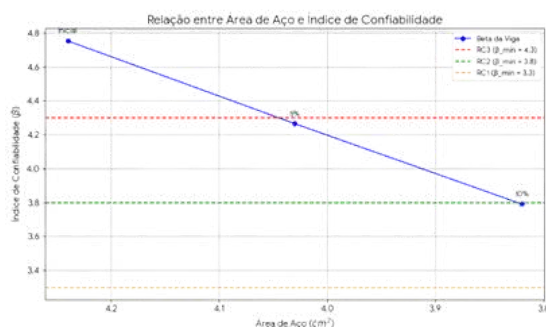
A classe RC2 está baseada em usos para projetos de prédios residenciais e prédios comerciais médios, e a falha da estrutura tem consequência média para perdas humanas e consequências econômicas, sociais ou ambientais consideráveis.

PENSANDO

na otimização da área de aço, o estudo prosseguiu com a primeira redução de 5%, resultando em 4,03 cm² e um índice de confiabilidade beta de 4,265. Ainda assim, esse valor de beta está acima do valor mínimo de 3,8 para a classe RC2.

Por outro lado, a simulação com uma redução de 10%, resultando em uma área de aço de 3,82 cm², apresentou um resultado mais expressivo: um beta de 3,791. Esse valor está muito próximo do índice de confiabilidade mínimo de 3,8 para a classe RC2.

O gráfico abaixo apresenta a relação entre a área de aço e o índice de confiabilidade beta.



Em síntese, o gráfico apresentado mostra de forma clara e objetiva que, com a redução de 10% na área de aço, a estrutura continua segura e ainda proporciona economia de materiais.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Eng. Eletricista Flávio Antonio Borges Ribeiro

À PROVA DE EXPLOÇÃO

EM SILOS DE GRÃOS



Análise Técnica e Soluções Inovadoras para Prevenção de Acidentes

O Brasil, como um dos maiores produtores e exportadores de grãos do mundo, possui extensa infraestrutura de armazenamento que abriga milhares de trabalhadores diariamente expostos a riscos ocupacionais. Segundo dados recentes do IBGE (2024), o estado do Paraná possui 1.369 estabelecimentos de armazenagem de grãos, com capacidade total de 35 milhões de toneladas, sendo os silos o tipo predominante de estrutura.

Entre 2023 e 2025, três acidentes graves em silos de grãos no Paraná chamaram atenção: a explosão na C.Vale em Palotina (julho/2023), com 10 mortos e 10 feridos; a explosão em Assis Chateaubriand (junho/2024), com 1 morto e 1 ferido grave; e o soterramento em Palotina (março/2025), com 1 morto. Estes eventos evidenciam a urgência de medidas preventivas eficazes.

"A explosão em Palotina foi um dos acidentes mais graves já registrados em instalações de armazenamento de grãos no Brasil. A investigação revelou que instalações elétricas inadequadas foram um fator determinante, algo que poderia ter sido evitado com a aplicação correta das normas técnicas."

— Dr. Carlos Mendes, Especialista em Segurança Industrial, Universidade Federal do Paraná

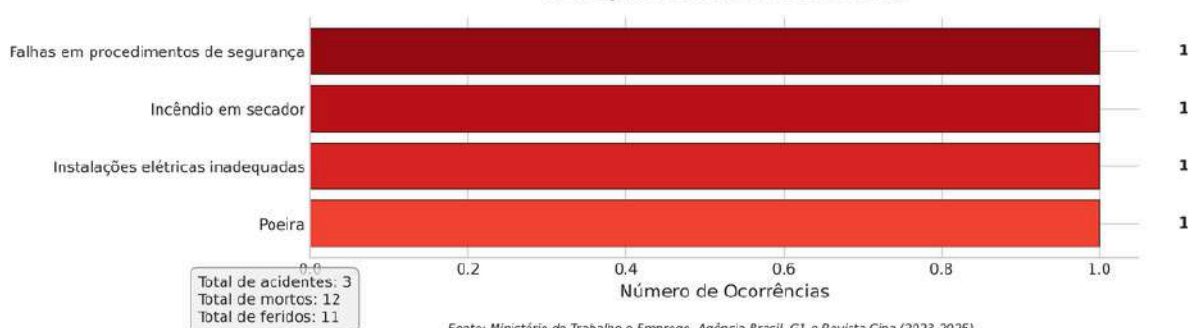
O laudo do Ministério do Trabalho e Emprego sobre o acidente de Palotina (2023) apontou como causas principais: excesso de poeira de grãos em suspensão e depositada; instalações elétricas inadequadas (possível fonte de ignição); ineficácia dos sistemas de controle para retirada da poeira; ausência de procedimentos adequados de limpeza; gestão inadequada dos espaços confinados; e trabalhadores sem capacitação adequada.

ANÁLISE DE ACIDENTES EM SILOS DE GRÃOS NO PARANÁ (2023-2025)

Acidentes em Silos de Grãos no Paraná (2023-2025) Tipos de Acidentes



Principais Causas Identificadas



Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego, Agência Brasil, G1 e Revista Cipa (2023-2025)

Figura 1: Análise de Acidentes em Silos de Grãos no Paraná (2023-2025)

A análise comparativa com outros setores industriais revela que a taxa de acidentes fatais em silos de grãos é 2,5 vezes maior que a média da indústria brasileira, destacando a necessidade urgente de medidas preventivas específicas.

As instalações elétricas em áreas classificadas, como silos de grãos, estão sujeitas a normas específicas como a ABNT NBR IEC 60079-0 (Requisitos gerais para equipamentos "Ex"), ABNT NBR IEC 60079-10-2 (Classificação de áreas contendo poeiras combustíveis), ABNT NBR IEC 60079-14 (Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas), além das NR-10 e NR-33.

Comparativo entre normas brasileiras e internacionais: ABNT NBR IEC 60079: Baseada nas normas IEC, com adaptações para o contexto brasileiro.

NFPA 61 (EUA): Mais específica para instalações agrícolas, com requisitos adicionais para controle de poeira.

EN 1127-1 (Europa): Foco em prevenção e proteção contra explosões, com abordagem baseada em análise de risco.

A norma brasileira é tecnicamente equivalente à internacional, mas a fiscalização e implementação apresentam desafios específicos no contexto nacional. Para silos de grãos, a classificação mais relevante é a relacionada a poeiras combustíveis, dividida em:

Zona 20: Presença contínua de nuvem de poeira combustível.

Zona 21: Presença provável em operação normal.

Zona 22: Presença pouco provável.

É importante destacar que a maioria dos silos de grãos no Brasil é classificada como Zona 21, especialmente nas áreas de tombamento de carretas, moega e transporte de esteira, onde a presença de poeira em suspensão é frequente durante a operação normal.

Equipamentos à prova de explosão

Os equipamentos elétricos utilizados em silos de grãos devem ser especificamente projetados para áreas classificadas, com certificações e marcações adequadas:

Os equipamentos elétricos utilizados em silos de grãos devem ser especificamente projetados para áreas classificadas, com certificações e marcações adequadas:

Luminárias: Construídas com materiais resistentes e juntas flangeadas que impedem a propagação de chamas. Exemplo de marcação: Ex tb IIIC T85°C Db (proteção por invólucro para Zona 21, grupo IIIC para poeiras condutoras, temperatura máxima superficial de 85°C).

Eletrodutos: Selecionados para prevenir acúmulo de poeira, com selagem adequada. Exemplo de marcação: Ex ec nC IIIC T3 Gc (segurança aumentada, componentes não acendíveis, grupo IIIC, classe de temperatura T3).

Caixas de passagem: Robustas e estanques, impedindo entrada de poeira. Exemplo de marcação: Ex tb IIIC T135°C Db IP66/67 (proteção por invólucro, grupo IIIC, temperatura máxima superficial de 135°C, grau de proteção IP66/67).

Quadros elétricos: Com componentes certificados para áreas classificadas. Exemplo de marcação: Ex ec nC/tb IIC/IIIC T3/T135°C Gc/Db IP66/67 (combinação de proteções para Zonas 2, 21 e 22).

Todos os equipamentos devem possuir certificação Inmetro (OCP 0004) e, quando aplicável, certificações internacionais como TUV (exemplo: TUV 19.0044).

TECNOLOGIAS EMERGENTES PARA PREVENÇÃO

O setor tem presenciado avanços significativos em tecnologias para prevenção de explosões em silos de grãos:

Sistemas de monitoramento IoT: Sensores conectados que monitoram em tempo real a concentração de poeira, temperatura e umidade, enviando alertas antes que condições críticas sejam atingidas.

Supressores automáticos de explosão: Detectam o início da explosão em milissegundos e liberam agentes supressores antes da propagação.

Sistemas de inertização: Reduzem o teor de oxigênio em áreas críticas, tornando impossível a ignição mesmo na presença de poeira combustível.

Estudo de caso: Implementação bem-sucedida

Uma cooperativa agrícola no oeste do Paraná investiu R\$ 1,2 milhão na modernização de suas instalações elétricas em 2023, incluindo equipamentos certificados à prova de explosão e sistemas de monitoramento IoT. Apesar do investimento inicial significativo, a cooperativa relatou redução de 85% nos incidentes de segurança e economia estimada de R\$ 3,6 milhões em custos potenciais com acidentes, resultando em ROI positivo em apenas 4 meses.

CONSEQUÊNCIAS DO NÃO USO DE EQUIPAMENTOS ADEQUADOS

As consequências vão além dos riscos diretos à segurança dos trabalhadores:

Impactos econômicos: Danos estruturais, destruição de equipamentos, perda de produto armazenado e interrupção das operações.

Consequências legais: Processos criminais, ações civis por danos materiais e morais, sanções administrativas.

Impacto social: Danos à imagem da empresa, comoção nas comunidades locais.

Item	Custo de Prevenção (R\$)	Custo Potencial de Acidente (R\$)	Economia (R\$)
Instalações elétricas certificadas	350.000	2.500.000	2.150.000
Sistemas de monitoramento	180.000	1.200.000	1.020.000
Treinamento de pessoal	75.000	800.000	725.000
Total	605.000	4.500.000	3.895.000

Tabela 1: Análise de custo-benefício das medidas preventivas (silo de médio porte)

RECOMENDAÇÕES

6.1 Projeto e Instalação

- Classificação adequada das áreas conforme ABNT NBR IEC 60079-10-2.
- Seleção de equipamentos certificados para as zonas identificadas.
- Implementação de sistemas de aterramento e equipotencialização eficientes.
- Documentação completa e detalhada do projeto.

É fundamental ressaltar que a elaboração do projeto de instalações elétricas em áreas classificadas deve ser realizada exclusivamente por engenheiro eletricista habilitado, com registro no CREA e com atribuições específicas para este tipo de projeto, conforme estabelecido pela Resolução 1.010 do CONFEA.

6.2 Manutenção e Inspeção

- Programa robusto de inspeções periódicas (visual, close-up e detalhada).
- Procedimentos específicos de manutenção preventiva.
- Testes regulares de continuidade elétrica, resistência de isolamento e estanqueidade.
- Registros detalhados de todas as atividades.

6.3 Gestão de Segurança

- Treinamento e capacitação adequada de todos os envolvidos.
- Gestão rigorosa de mudanças em instalações existentes.
- Planos de emergência e contingência bem elaborados e testados.
- Auditorias regulares de segurança.

6.4 Superando Barreiras de Implementação

As principais barreiras para implementação de medidas preventivas incluem custos iniciais elevados, resistência cultural e falta de conhecimento técnico. Estratégias para superá-las:

- Implementação gradual, priorizando áreas de maior risco.
- Busca de linhas de financiamento específicas para segurança industrial.
- Parcerias com instituições de ensino para capacitação técnica.
- Demonstração clara do retorno sobre investimento (ROI) das medidas preventivas.

CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

A implementação consistente e rigorosa das diretrizes, requisitos e recomendações apresentados pode contribuir significativamente para a prevenção de acidentes em silos de grãos. Os acidentes analisados, com suas consequências trágicas, devem servir como alerta para a adoção de práticas mais seguras em todas as instalações de armazenamento de grãos no Brasil.

É imperativo que haja uma intensificação na fiscalização por parte do CREA e do Ministério do Trabalho nas instalações de silos de grãos, especialmente no Paraná, onde a concentração dessas estruturas é significativa. A fiscalização deve verificar não apenas a existência de projetos elétricos adequados, elaborados por profissionais habilitados, mas também a efetiva implementação das medidas de segurança previstas nas normas técnicas.

Para o futuro, espera-se que avanços tecnológicos como inteligência artificial para previsão de riscos, materiais mais resistentes e sistemas integrados de segurança contribuam para reduzir ainda mais os acidentes. A tendência é que normas técnicas evoluam para incorporar essas novas tecnologias, exigindo atualizações constantes dos profissionais do setor.

Chamada para Ação

A segurança em silos de grãos é responsabilidade compartilhada entre empresários, engenheiros, trabalhadores e órgãos fiscalizadores. Cada parte deve assumir seu papel na implementação das medidas preventivas, na fiscalização e no cumprimento das normas. O investimento em segurança não é apenas uma obrigação legal, mas uma decisão economicamente vantajosa e eticamente necessária.

NOVA CARTEIRA PROFISSIONAL DIGITAL.

**PERFEITA PARA VOCÊ
QUE SE IDENTIFICA
COM A TECNOLOGIA.**

Os profissionais do Crea-PR têm mais uma facilidade no dia a dia com a Carteira Profissional Digital acessível por aplicativo, um documento válido em todo o território nacional.

Saiba mais
e solicite a sua:



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

Quem fiscaliza cuida.

CREA-PR INVESTIRÁ R\$ 4,4 MILHÕES em parcerias e atividades técnicas em 2025

Mais de 30 mil profissionais e acadêmicos das Engenharias, Agronomia e Geociências serão beneficiados, e mais de 1,23 milhão de pessoas impactadas em todas as regiões do Paraná. Esse é o resultado esperado do investimento de R\$ 4,4 milhões que o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (Crea-PR) destinará, em 2025, a três linhas de apoio que fortalecem parcerias e promovem atividades técnicas.

Segundo o presidente do Crea-PR, Eng. Agr. Clodomir Ascari, o investimento reafirma a missão do Conselho em fomentar o aperfeiçoamento técnico-científico e manter a proximidade com a sociedade:

“Os R\$ 4,4 milhões aplicados em 2025 refletem o nosso compromisso em manter uma política sólida de parcerias institucionais, com foco no fortalecimento da formação técnica e na aproximação com a sociedade. Cada real investido representa um avanço na qualificação profissional e na valorização do nosso sistema.”

Já para o gerente do Departamento de Relações Institucionais (DRI), Eng. Prod. Claudemir Prattes, os números demonstram o alcance das iniciativas:

“Apoiaremos 300 atividades técnicas em apenas um ano, atingindo cerca de 30 mil profissionais e acadêmicos com ações de capacitação, atualização e troca de conhecimento. Esses resultados reforçam o compromisso do Crea-PR com a valorização técnica das categorias que representa.”

Três linhas de apoio

O planejamento do Crea-PR está estruturado em três modalidades de atuação, que integram entidades de classe, instituições de ensino e a sociedade em geral:



Editais de Chamamento Público

Destinada exclusivamente às Entidades de Classe registradas no Conselho, essa modalidade concentra o maior volume de recursos: **R\$ 3,2 milhões**. Ao todo, foram formalizadas **72 parcerias** com 27 entidades, resultando em **216 atividades técnicas** — entre cursos, palestras, seminários e publicações — beneficiando diretamente **15 mil profissionais e 1.300 estudantes**.

Editais de Patrocínio

Com **R\$ 500 mil de investimento**, essa linha contempla 30 projetos de Entidades de Classe e Instituições de Ensino. Serão promovidos eventos e publicações com foco em inovação, regulamentação e atualização técnico-científica, reunindo mais de **13.800 participantes** em diversas regiões do Estado.

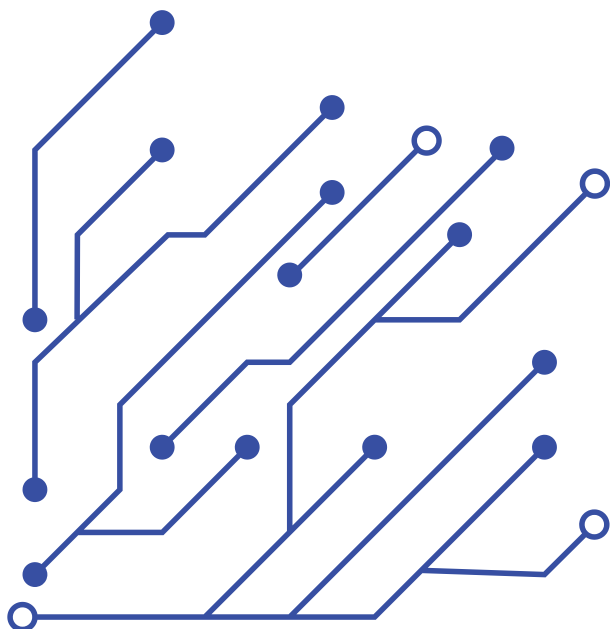
Política de Estandes

Com foco na presença institucional em feiras, congressos e exposições, a política de estandes recebeu **R\$ 700 mil**. Serão **60 espaços locados** em eventos de grande porte, aproximando o Crea-PR de um público estimado em **1,2 milhão de pessoas** e



“Cada parceria firmada, cada atividade realizada e cada profissional impactado representa um passo concreto rumo a um ecossistema mais inovador, ético e preparado para os desafios do futuro. Esse é o papel do Crea-PR como agente transformador na construção de um Paraná mais seguro, sustentável e tecnicamente qualificado.”

Eng. Agr. Clodomir Ascari



reforçando sua missão de orientação, fiscalização e valorização profissional.

Impacto e legado

Ao todo, em 2025, o Crea-PR deve viabilizar 170 parcerias e 307 atividades técnicas, em colaboração com 98 entidades e instituições. Mais do que números, o investimento representa oportunidades de atualização profissional, disseminação de boas práticas e fortalecimento das profissões regulamentadas.

Para Ascari, trata-se de um movimento que projeta o futuro da Engenharia, da Agronomia e das Geociências no Estado.

Resultados das parcerias de 2025

Resultados gerais

- Valor total do investimento: R\$ 4.400.000,00
- Parcerias celebradas: 162
- Entidades de Classe e Instituições de Ensino: 98
- Atividades técnicas: 307
- Profissionais/acadêmicos atingidos: 30 mil
- Público total impactado: 1,23 milhão

Resultados por tipo de parceria:

Edital de Chamamento Público

- Valor do investimento: R\$ 3,2 milhões
- Parcerias celebradas: 72
- Entidades de Classe: 27
- Atividades técnicas: 216
- Profissionais atingidos: 15.000
- Acadêmicos atingidos: 1.300

Edital de Patrocínio

- Valor do investimento: R\$ 500 mil
- Parcerias celebradas: 30
- Entidades de Classe e Instituições de Ensino: 30
- Atividades técnicas: 30
- Participantes atingidos: 13.800

Política de Estandes

- Valor do investimento: R\$ 700 mil
- Locações de estandes aprovadas: 60
- Organizações, Entidades de Classe e Instituições de Ensino: 60
- Atividades técnicas: 60

Público impactado: 1,2 milhão

CAPTAÇÃO DE RECURSOS PARA ENTIDADES DE CLASSE.

O APOIO QUE
A ENTIDADE PRECISA,
EM BENEFÍCIO DOS
PROFISSIONAIS
E DA SOCIEDADE.



EDITAL
DE CHAMAMENTO
PÚBLICO



EDITAL
DE PATROCÍNIOS



POLÍTICA
DE ESTANDES

São milhões de reais em investimentos, disponíveis em três modalidades, para projetos focados em capacitação, tecnologia e métodos inovadores.

Acesse o QR Code
e saiba mais
como viabilizar
seu recurso.



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

Quem fiscaliza cuida.

O PROGRAMA MAIS ENGENHARIA

e a transformação da engenharia pública no Paraná

Engenheiro de Produção Claudemir Marcos Prattes -
Gerente de Relações Institucionais do Crea-PR



O fortalecimento da engenharia pública é um dos principais pilares para o desenvolvimento estruturado, equitativo e sustentável dos territórios. A ausência de projetos básicos e executivos de qualidade limita o acesso dos municípios aos recursos estaduais, federais e de agências internacionais, comprometendo o planejamento urbano e a execução de políticas públicas essenciais.

Diante desse cenário, o Crea-PR, em parceria com a Itaipu Binacional e a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), lança o Programa Mais Engenharia, uma iniciativa inovadora que visa transformar a realidade da engenharia municipal no Paraná.

A origem do Programa Mais Engenharia

O Programa Mais Engenharia nasce de uma inquietação legítima e de um diagnóstico concreto sobre a realidade dos municípios paranaenses. Durante uma visita institucional do Crea-PR ao corpo técnico da Itaipu Binacional, ao final de 2023, surgiram debates profundos sobre o abismo existente entre a disponibilidade de recursos financeiros e a carência de projetos técnicos que permitissem a captação desses recursos por parte dos municípios. A constatação foi clara: sem projetos de engenharia, não há acesso ao orçamento disponível – e, consequentemente, não há desenvolvimento.

O diálogo também evidenciou a grave limitação orçamentária dos municípios, a escassez de investimentos e a falta de equipes técnicas de engenharia bem estruturadas e devidamente remuneradas no setor público. A partir dessa preocupação compartilhada, o Crea-PR inseriu no seu Planejamento Estratégico 2024 a proposta de "Criar um programa inspirado nas residências técnicas que contribuisse com os gestores públicos municipais".

Com o objetivo de oferecer uma contribuição consistente, estruturada e impactante aos gestores e servidores públicos municipais, o Crea-PR deu início a um intenso trabalho de estudos, inicialmente resgatando um estudo realizado por um comitê da sua Comissão de Educação e Atribuição Profissional. Esse grupo analisou os modelos de Residência Técnica já implantados no Paraná, especialmente aqueles em parceria com universidades estaduais, neste momento incluindo ao debate a participação fundamental da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). A partir dessa base, e com as parcerias definidas, uma competente equipe de planejamento concebeu uma proposta única, inovadora e inédita no país, ancorada na valorização da engenharia e na promoção do desenvolvimento sustentável.

Graças à sensibilidade institucional e ao comprometimento do Crea-PR, da UEPG e da Itaipu Binacional com a causa pública, foi possível construir coletivamente o Programa Mais Engenharia, uma resposta prática e estruturante aos desafios vividos pelos municípios paranaenses e um novo caminho para o fortalecimento da engenharia pública no estado.

O Programa Mais Engenharia: Conceito e estrutura

O Programa Mais Engenharia é o primeiro programa de residência técnica vinculado ao Sistema Confea/Crea e Mútua. Ele nasce com a missão de fortalecer a engenharia pública nos municípios paranaenses, articulando a atuação de três frentes essenciais: engenheiros civis recém-formados (com até três anos de graduação), estudantes de engenharia civil e os servidores técnicos das prefeituras. A proposta integra prática profissional, formação acadêmica e apoio institucional com foco na melhoria da infraestrutura urbana e na qualificação da gestão municipal.

A atuação dos engenheiros bolsistas ocorrerá diretamente nas prefeituras, onde desenvolverão e acompanharão projetos de engenharia civil. Esses profissionais contarão com o suporte de um estagiário e de um engenheiro municipal supervisor, promovendo um ciclo virtuoso de transferência de conhecimento e formação técnica aplicada à realidade dos territórios.

O papel das instituições parceiras

A execução do Programa Mais Engenharia só é possível graças à cooperação institucional entre três grandes entidades:

Crea-PR

Responsável pela concepção e coordenação estratégica do programa, o Crea-PR atua como elo entre as prefeituras, os profissionais de engenharia e as demais entidades parceiras. Além disso, é o responsável pela execução do edital de seleção dos municípios e pela gestão técnica e institucional das ações em campo. O Crea-PR também terá o papel de integrar as instâncias estaduais e federais, como as Secretarias de Estado, Itaipu e Governo Federal, trazendo orientação e servindo como elo entre projetistas, gestores municipais e os órgãos responsáveis pelos programas de financiamento e recepção de projetos. Essa função visa garantir maior assertividade nos projetos elaborados e potencializar a captação e a boa utilização dos recursos públicos.

Itaipu Binacional

A participação da Itaipu Binacional, por meio do Governo Federal, representa o compromisso com o desenvolvimento territorial e a sustentabilidade. A instituição contribui com recursos financeiros e expertise em projetos socioambientais de larga escala, garantindo que a engenharia seja um vetor de inclusão, segurança hídrica, mobilidade e qualidade de vida.

Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) A UEPG, por meio de seu Departamento de Engenharia Civil, é a responsável pela formação acadêmica e gestão dos engenheiros bolsistas e na coordenação dos estagiários. A instituição ofertará o curso de Especialização em Gestão Pública em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável aos bolsistas e supervisores, com duração de 24 meses e 480 horas de formação, com metodologia EAD e foco prático.

Benefícios e impactos do programa

Para os municípios, o programa oferece:

- Apoio técnico na elaboração de projetos e fiscalização de obras;
- Fortalecimento da equipe técnica municipal;
- Criação de banco de projetos para captação de recursos;
- Planejamento estruturado e eficiente das obras e investimentos;
- Melhoria na gestão urbana e nos indicadores de infraestrutura.

PARA OS ENGENHEIROS

civis recém-formados:

- Vivência real em projetos públicos de engenharia;
- Formação pós-graduada gratuita e certificada pela UEPG;
- Bolsa mensal e benefícios (vale-alimentação, transporte, seguro de vida);
- Licença de softwares BIM e computador para uso profissional;
- Ampliação da rede de contatos e reconhecimento profissional.

PARA OS ESTUDANTES

de engenharia:

- Estágio supervisionado em obras e projetos municipais;
- Interação com equipes técnicas e gestores públicos;
- Licença de softwares BIM e computador para uso profissional;
- Apoio financeiro e desenvolvimento de habilidades aplicadas.

Uma mudança de patamar para o Paraná

O Programa Mais Engenharia não é apenas uma ação pontual. Seu potencial está em criar uma rede permanente de projetos, profissionais e soluções que elevarão o nível de planejamento e execução nos 399 municípios do Paraná. Com a meta inicial de selecionar 50 municípios e mobilizar 50 engenheiros civis e 50 estagiários, o programa é escalável e replicável.

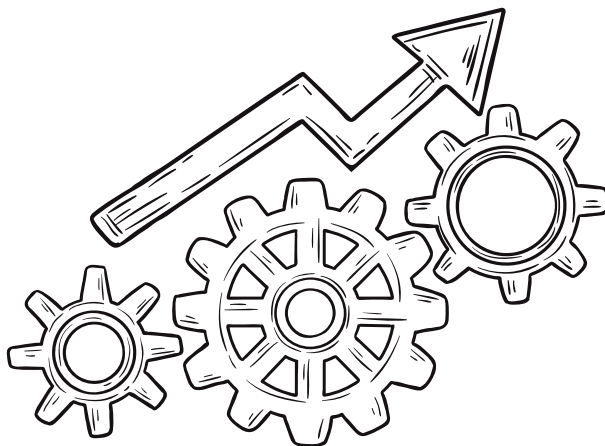
Espera-se que centenas de projetos de infraestrutura, mobilidade, habitação, saneamento, drenagem e revitalização urbana sejam elaborados e estruturados, gerando condições reais de captação de recursos e execução de obras de alto impacto.

Uma formação diferenciada para uma carreira transformadora

Os engenheiros civis partícipes do Programa Mais Engenharia terão acesso a uma jornada de formação profissional singular. Além de obterem o certificado de Especialista em Gestão Pública em Desenvolvimento Sustentável, esses profissionais vivenciarão, na prática, os desafios e as soluções da engenharia aplicada ao setor público. Essa vivência, aliada ao uso de tecnologias de ponta como o BIM (Building Information Modeling), conferirá a esses engenheiros uma qualificação técnica altamente valorizada pelo mercado, elevando-os a um patamar diferenciado dentro da engenharia nacional.

Ao integrar teoria e prática, inovação e responsabilidade social, o programa os posiciona como um seletor grupo de profissionais capazes de liderar projetos de impacto, com domínio sobre elaboração técnica, captação de recursos, sustentabilidade e aplicação de políticas públicas. Essa é uma oportunidade ímpar de crescimento, que marcará suas trajetórias profissionais com excelência, propósito e protagonismo.

Para os estagiários, a exigência de participação prévia no Programa CreaJr-PR garantirá uma base sólida de conhecimento e engajamento com a profissão. Durante o programa, esses estudantes terão a chance de atuar em projetos de engenharia pública de alto nível, sendo acompanhados por engenheiros experientes, e ainda terão acesso a cursos e treinamentos exclusivos promovidos pelo Crea-PR. Essa formação integrada oferece um diferencial competitivo inestimável para o início de suas carreiras, criando um ambiente de aprendizado contínuo, troca de experiências e valorização profissional desde a graduação.

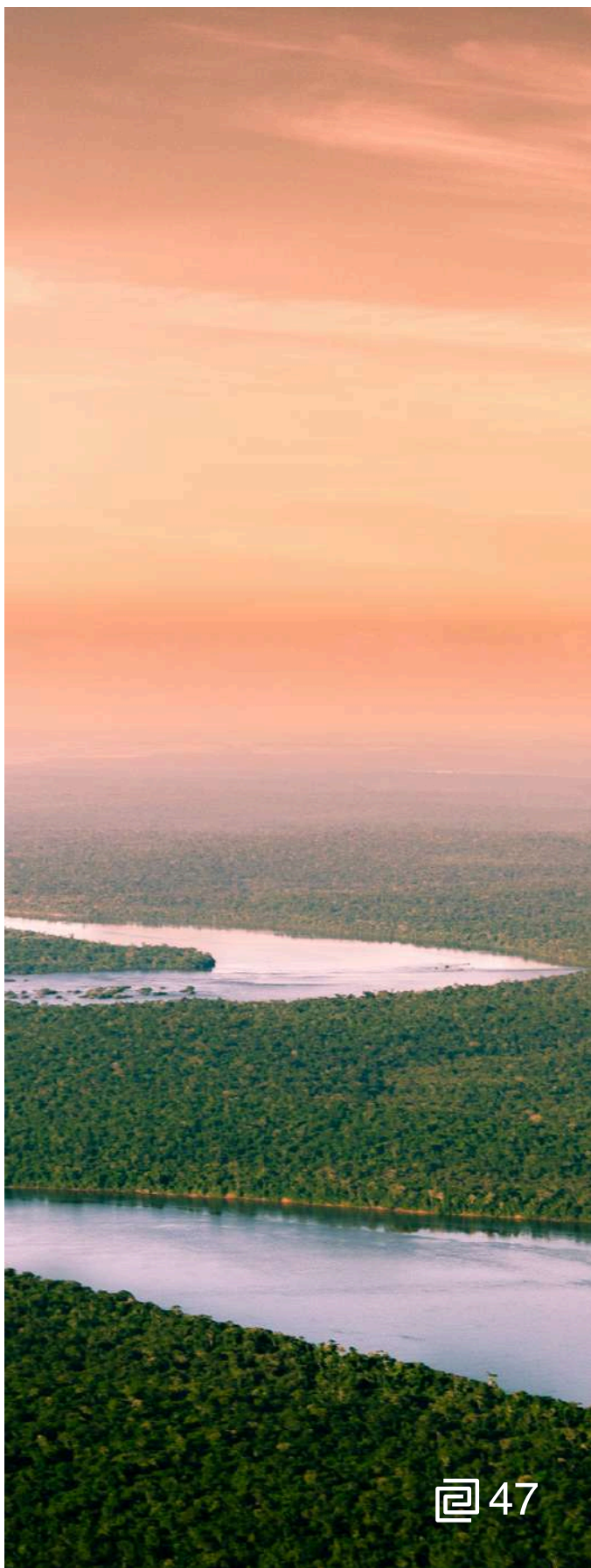


Processo de seleção dos municípios

A seleção dos municípios participantes do Programa Mais Engenharia foi conduzida pelo Crea-PR e realizada por uma Comissão Tripartite, composta por representantes do Crea-PR, UEPG e Itaipu Binacional. Para esta edição, foram selecionados 50 municípios. O processo buscou identificar as localidades com maior necessidade e potencial de impacto.

Os critérios de classificação utilizados para a seleção dos municípios incluíram:

- Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M): Priorizou-se municípios com menor IDH-M. Isso demonstra um foco em localidades com maior necessidade de desenvolvimento social e que podem se beneficiar mais diretamente do programa.
- Quantidade de Engenheiros Civis registrados no Crea-PR: Municípios com menor número de engenheiros civis registrados receberam pontuações mais altas. Este critério reflete a estratégia de apoiar áreas com capacidade técnica mais limitada.
- Índice de Engenheiros Civis por (mil) habitantes: Similar ao critério anterior, uma menor proporção de engenheiros por habitante resultou em maior pontuação, reforçando a priorização de municípios com menor densidade de profissionais de engenharia.
- Capacidade de endividamento preservada: Municípios com menor proporção de dívida consolidada líquida em relação à receita corrente líquida foram mais bem pontuados. Isso indica uma saúde fiscal que permite maior capacidade para a captação e boa utilização de recursos públicos.



MUNICÍPIOS SELECIONADOS

O objetivo foi de selecionar 50 municípios, mobilizando 50 engenheiros civis e 50 estagiários posteriormente. A distribuição das vagas foi proporcional entre as oito regionais do Crea-PR: Apucarana (6), Cascavel (6), Curitiba (6), Guarapuava (6), Londrina (6), Maringá (10), Pato Branco (6) e Ponta Grossa (4). Os 50 municípios classificados para participar do Programa Mais Engenharia são:

- Regional Apucarana (6): Godoy Moreira, Arapuã, Cruzmaltina, Cafeara, Grandes Rios, Jardim Alegre.
- Regional Cascavel (6): São Pedro do Iguaçu, Diamante D'Oeste, Francisco Alves, Guaraniaçu, Campo Bonito, Ibema.
- Regional Curitiba (6): Doutor Ulysses, Guaraqueçaba, Adrianópolis, Campo do Tenente, Agudos do Sul, Piraquara.
- Regional Guarapuava (6): Fernandes Pinheiro, Santa Maria do Oeste, Nova Tebas, Inácio Martins, Boa Ventura de São Roque, Rebouças.
- Regional Londrina (6): Jundiá do Sul, Figueira, Nova Santa Bárbara, Itambaracá, Japira, Santana do Itararé.
- Regional Maringá (10): Mato Rico, Amaporã, Santa Mônica, Planaltina do Paraná, Indianópolis, Corumbataí do Sul, Esperança Nova, Querência do Norte, Cafezal do Sul, Maria Helena.
- Regional Pato Branco (6): Coronel Domingos Soares, Manfrinópolis, Honório Serpa, Boa Esperança do Iguaçu, Enéas Marques, Renascença.
- Regional Ponta Grossa (4): Sapopema, Ventania, São João do Triunfo, Reserva.

A localização desses 50 municípios, distribuídos por 8 regionais, pode ser visualizada no mapa a seguir, que ilustra o alcance geográfico e a intenção do programa de promover o desenvolvimento equitativo em todo o estado do Paraná



Processos seletivos dos bolsistas e estagiários

O programa se estrutura na atuação de **engenheiros civis recém-formados (bolsistas)** e **estudantes de engenharia civil (estagiários)**, que são selecionados por meio de processos rigorosos e transparentes.

Seleção dos Bolsistas: Engenheiros Civis recém formados

Os engenheiros civis recém formados são selecionados para atuar como **bolsistas técnicos de nível superior** em prefeituras paraenses, contribuindo para o desenvolvimento e acompanhamento de projetos de engenharia civil. A **UEPG**, por meio de sua Coordenadoria de Processos de Seleção (CPS/UEPG), é responsável por planejar, organizar e executar este processo seletivo.

Critérios de habilitação e inscrição:

- **Graduação:** Ter concluído o curso de graduação em Engenharia Civil **há, no máximo, 36 meses**.
- **Registro profissional:** Possuir **registro ou visto ativo no Crea-PR**.
- **Vínculo e acúmulo:** Não possuir vínculo de emprego na área da pós-graduação e **não acumular bolsa de qualquer natureza**.

Processo seletivo

- **Prova:** Consiste em uma **prova objetiva com 25 questões de igual peso**, utilizando um sistema somatório de alternativas, onde cada questão pode ter múltiplas respostas corretas.
- **Classificação:** Para ser considerado classificado, o candidato deve obter, no mínimo, **40% da nota total**. A prova é realizada em cidades polo das regionais do Crea-PR (Apucarana, Cascavel, Curitiba, Guarapuava, Londrina, Maringá, Pato Branco e Ponta Grossa).

Reserva de vagas (Política de Equidade):

Pessoas com deficiência (PCD): São reservadas 5% do total de vagas (3 vagas) para PCD. A seleção ocorre por classificação geral, independentemente da região escolhida.

- **Pessoas autodeclaradas negras:** São reservadas 10% do total de vagas (5 vagas) para candidatos autodeclarados negros (pretos ou pardos com traços fenotípicos que os identifiquem). A seleção também ocorre por classificação geral.
- **Equidade de gênero:** O programa garante que ao menos 50% das vagas sejam ocupadas por candidatas do gênero feminino.
- Os bolsistas selecionados receberão uma bolsa-auxílio mensal de R\$ 6.500,00, além de auxílio-transporte (R\$ 264,00), auxílio-alimentação (R\$ 932,00) e equipamentos com softwares licenciados por até 24 meses. Além disso, terão acesso gratuito a um curso de Especialização em Gestão Pública em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (480 horas, EAD) oferecido pela UEPG.

Seleção dos estagiários: Estudantes de engenharia civil

Paralelamente à seleção dos bolsistas, é realizado um processo seletivo para estudantes de engenharia civil que atuarão como estagiários. Eles fornecerão apoio técnico e administrativo aos engenheiros bolsistas nas atividades desenvolvidas nas prefeituras.

Critérios de habilitação e inscrição:

- **Status acadêmico:** Ser aluno regularmente matriculado em curso de graduação em engenharia civil, cursando entre o segundo e o oitavo semestre letivo ou equivalente em ano letivo.
- **Crea-Jr:** Estar inscrito no Programa Crea-Jr Paraná ou programa similar de outro estado, e possuir carteira digital.
- **Idade:** Ter mais de 18 anos até a data de encerramento das inscrições.
- **Vínculo e acúmulo:** Não ter vínculo de emprego e não acumular outras bolsas (exceto as de natureza assistencial).

Reserva de vagas (Política de Equidade para Estagiários):

- PCD: Reservado 5% do total de vagas (3 vagas).
- Pessoas negras: Reservado 10% do total de vagas (5 vagas).
- Equidade de gênero: Garantia de que ao menos 50% das vagas, por região, sejam ocupadas por estagiárias do gênero feminino.

Os estagiários selecionados trabalharão 20 horas semanais com atividades presenciais, recebendo uma bolsa-auxílio mensal de R\$ 1.008,07, além de auxílio-transporte (R\$ 264,00), auxílio-alimentação (R\$ 932,00) e equipamentos com softwares licenciados por até 24 meses.

Ambos os processos seletivos visam garantir que os profissionais e estudantes que integrarão o Programa Mais Engenharia possuam a qualificação técnica necessária e o perfil adequado para impulsionar o desenvolvimento estruturado e equitativo dos municípios paranaenses

Programa Mais Engenharia inicia atividades em outubro de 2025 e o foco será a formação e produção de projetos para captação de recursos

O Programa Mais Engenharia inicia uma nova etapa em outubro de 2025, quando os engenheiros bolsistas e os engenheiros supervisores indicados pelos municípios começarão o curso de Especialização em Gestão Pública em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável. Com duração de 24 meses, a pós-graduação foi especialmente concebida para capacitar esses profissionais nas rotinas, exigências e metodologia de projetos públicos, preparando-os para atuar com excelência nos municípios participantes.

Em novembro de 2025, será a vez dos estagiários de Engenharia Civil iniciarem suas atividades práticas junto às equipes locais, também por um período de 24 meses. Esses estagiários terão a oportunidade de vivenciar o dia a dia da engenharia pública municipal, aplicando conhecimentos técnicos em projetos de infraestrutura e recebendo formação complementar por meio de treinamentos exclusivos oferecidos pelo Crea-PR.

O foco central do programa está na elaboração de projetos de engenharia com qualidade técnica voltados à captação de recursos públicos, sejam eles estaduais, federais ou internacionais. A expectativa é que, ao longo da execução do programa, os bolsistas e estagiários produzam projetos executivos e básicos que subsidiem os municípios na obtenção de investimentos fundamentais para obras de infraestrutura urbana, saneamento, habitação, mobilidade, entre outras áreas estratégicas.

Todos os projetos elaborados no âmbito do Programa Mais Engenharia serão desenvolvidos a partir da metodologia BIM (Building Information Modeling), que permite maior precisão, modernidade e reprodutibilidade das soluções propostas. Outro diferencial é que os direitos autorais dos projetos serão cedidos ao final da parceria, de forma que o conjunto completo produzido constituirá um grande banco de projetos, que será disponibilizado pelo Crea-PR, UEPG e Itaipu Binacional a todos os municípios paranaenses. Esse acervo representará um patrimônio técnico com potencial de multiplicar soluções, acelerar obras públicas e contribuir de forma decisiva para o desenvolvimento sustentável do Estado do Paraná.

O importante papel do Crea-PR durante a execução do Programa

Durante os 24 meses de vigência do Programa Mais Engenharia, o Crea-PR atuará como facilitador técnico das equipes municipais, oferecendo capacitações complementares aos engenheiros bolsistas, estagiários e supervisores indicados pelos municípios. Entre os temas que serão ofertados, ganha destaque o aprofundamento no uso da metodologia BIM (Building Information Modeling), que permitirá ganhos de qualidade e reprodutibilidade nos projetos desenvolvidos.

Além da capacitação técnica, o Crea-PR será o elo entre os municípios e os órgãos estaduais e federais responsáveis por editais, programas e linhas de fomento, aproximando os gestores públicos das oportunidades de captação de recursos. Essa atuação garantirá maior assertividade na vinculação dos projetos produzidos no âmbito do Programa com as fontes de financiamento disponíveis, aumentando as chances de viabilização das obras públicas e fortalecendo o papel da engenharia na promoção do desenvolvimento municipal sustentável.

A engenharia transformando o Paraná

Ao valorizar os engenheiros que já atuam nas prefeituras e ao oferecer formação, estrutura e experiência de mercado diferenciada para os bolsistas, o Programa Mais Engenharia constrói um novo patamar de excelência técnica e gestão municipal. Trata-se de uma iniciativa que gera impacto social concreto, promove a equidade regional e posiciona o Paraná como referência nacional em planejamento público com base na engenharia.

O futuro das cidades começa com bons projetos. E bons projetos exigem profissionais qualificados, comprometidos e valorizados. O Programa Mais Engenharia é, acima de tudo, uma celebração à engenharia como força motriz do desenvolvimento sustentável e da transformação social no Estado do Paraná.

Equipe técnica gestora:

Crea-PR: Eng. Prod. Claudemir Marcos Prattes,
Geógrafo Omar Henrique Refondini Correia e Eng^a Civ.
Margolaine Giacchini

UEPG: Eng. Civ. Carlos Emmanuel R. Lautenschläger,
Eng. Civ. Eduardo Pereira e Eng^a Civ. Gabriela
Mazureki Campos Bahniuk

Itaipu Binacional: André Luiz Romero de Oliveira e
Claudemir Batista de Souza

Mais informações no Portal Mais Engenharia
disponível no link: <https://www.crea-pr.org.br/ws/programa-mais-engenharia/sobre-o-programa/>

UMA NOVA ERA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O uso de novas tecnologias

PARA PROJETOS DE LSF MAIS INTELIGENTES

O setor da construção civil está vivenciando uma revolução impulsionada pelas novas ferramentas tecnológicas. Softwares de modelagem 3D, sistemas integrados BIM (Building Information Modeling) e algoritmos de inteligência artificial estão transformando a maneira como os projetos de Light Steel Framing (LSF) são desenvolvidos. Essas tecnologias permitem maior precisão no dimensionamento, redução de erros humanos e uma integração fluida entre os diferentes projetos complementares. Além disso, a automação em máquinas CNC possibilita a produção de componentes personalizados com maior rapidez e qualidade.

A combinação de avanços tecnológicos com o sistema LSF não apenas otimiza os processos de construção, mas também eleva os padrões de sustentabilidade e eficiência. Por meio da inteligência artificial, é possível prever comportamentos estruturais e criar soluções adaptadas às necessidades específicas de cada projeto, um diferencial que vem conquistando o mercado e incentivando a transição para a indústria 4.0.

O AUXÍLIO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

uma inovação reconhecida

Em 2017, quando o uso de inteligência artificial ainda era incipiente no setor, Johnatan Poterala, que tem formação em engenharia de software e engenharia civil, desenvolveu um trabalho pioneiro que utiliza a Inteligência Artificial, como suporte ao dimensionamento estrutural de estruturas em Light Steel Framing. Este projeto inovador consistia em coletar e analisar grandes volumes de dados de desempenho estrutural para criar algoritmos capazes

Johnatan Poterala, Eng. Civil & Software,
Especialista em LSF
Ana Paula Afinovicz, Engenheira Agrônoma.



de otimizar o dimensionamento de perfis metálicos, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência das obras.

O reconhecimento desse trabalho pelo CREA-PR foi um marco, pois destacou o potencial da aplicação de tecnologias emergentes no mercado da construção civil. Além disso, ele reforçou a relevância da busca por soluções arrojadas que combinam técnica e inovação. Este projeto foi um passo à frente, demonstrando como a tecnologia pode ser usada não apenas para resolver problemas imediatos, mas também para antecipar desafios futuros e criar oportunidades em um setor em constante evolução.



A IMPORTÂNCIA DO RECONHECIMENTO PELO CREA-PR

O Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) do Paraná, tem como um de seus principais pilares o incentivo à inovação e à excelência na engenharia civil. Ao reconhecer projetos que utilizam tecnologias emergentes, como a mineração de dados e a inteligência artificial, a instituição reforça seu compromisso em promover soluções que impulsionem a modernização do setor. Esse papel é fundamental para garantir que a engenharia acompanhe as demandas de um mercado em constante evolução, sempre alinhada aos princípios de eficiência, precisão e sustentabilidade.

O reconhecimento de trabalhos inovadores, como o uso da mineração de dados no dimensionamento estrutural de Light Steel Framing, é um exemplo claro do impacto positivo que essas iniciativas trazem para o mercado. Premiar soluções arrojadas não apenas valoriza os profissionais envolvidos, mas também estimula outros engenheiros e construtores a buscarem formas criativas e tecnológicas de enfrentar os desafios da construção civil. Esse tipo de iniciativa é essencial para ampliar as possibilidades do setor e consolidar o Brasil como um polo de inovação na área. Projetos como esse demonstram o enorme potencial da combinação entre conhecimento técnico e avanço científico. O CREA, ao reconhecer essas iniciativas, fortalece o papel da engenharia como agente transformador e incentiva a construção de um futuro mais inovador, competitivo e responsável. Esse tipo de reconhecimento cria precedentes e inspira novos caminhos, contribuindo para o progresso da engenharia civil em todas as suas vertentes.

A NOVA GERAÇÃO DE ARQUITETOS E ENGENHEIROS

COMO PREPARAR PROFISSIONAIS PARA O LIGHT STEEL FRAMING

Ane Caroline Zelenski Bastos, Arquiteta e Urbanista.
Johnatan Poterala, Eng. Civil & Software, Especialista
em LSF

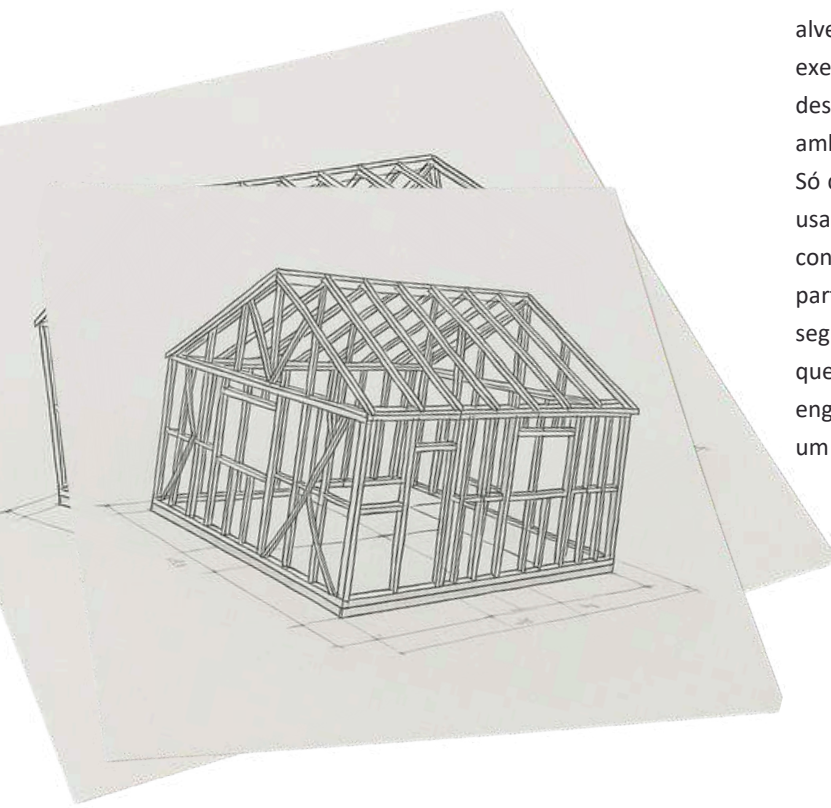
A construção civil está passando por uma verdadeira revolução — ainda silenciosa, é verdade, mas impossível de ignorar. Quem quiser acompanhar essa nova fase precisa começar a se preparar agora. A cada novo projeto, vejo de perto como o LSF vem ganhando força no Brasil. Ao mesmo tempo, noto o quanto ainda faltam profissionais realmente prontos para lidar com esse sistema de forma segura, eficiente e com qualidade.

O LSF se destaca por ser um sistema inteligente: rápido, sustentável e extremamente preciso. Mas, como toda inovação, ele não depende só da tecnologia. É o conhecimento técnico — aliado à prática — que faz toda a diferença. Formar arquitetos e engenheiros preparados para essa realidade não é mais um diferencial. É uma necessidade urgente.

COMO PREPARAR PROFISSIONAIS PARA O LIGHT STEEL FRAMING QUE O LSF EXIGE UMA NOVA FORMA DE PENSAR?

O Light Steel Framing é um sistema industrializado, leve, limpo e altamente eficiente. Ele substitui a alvenaria tradicional com diversas vantagens: execução mais rápida, precisão milimétrica, melhor desempenho termoacústico e menor impacto ambiental.

Só que para projetar ou construir com LSF, não dá pra usar o mesmo olhar ou os mesmos métodos da construção convencional. É preciso entender as particularidades do sistema, dominar suas normas e seguir processos industriais com rigor. A verdade é que a formação tradicional de arquitetos e engenheiros ainda não cobre tudo isso — e aí nasce um grande gap no mercado.



COMO A ALLCLICK ESTÁ AJUDANDO A MUDAR ESSE CENÁRIO?

Pensando em quem quer trabalhar com segurança e confiança no Light Steel Framing, a AllClick disponibiliza dois cursos completos e práticos no seu catálogo — feitos para quem atua tanto no escritório quanto no canteiro de obras.

Curso de Projeto Estrutural em LSF

Para arquitetos, engenheiros e projetistas que querem dominar a parte técnica do sistema. Com temas como modelagem, dimensionamento e BIM, o curso é assinado por Johnatan Poterala, referência nacional em LSF.

Curso de Construção em LSF

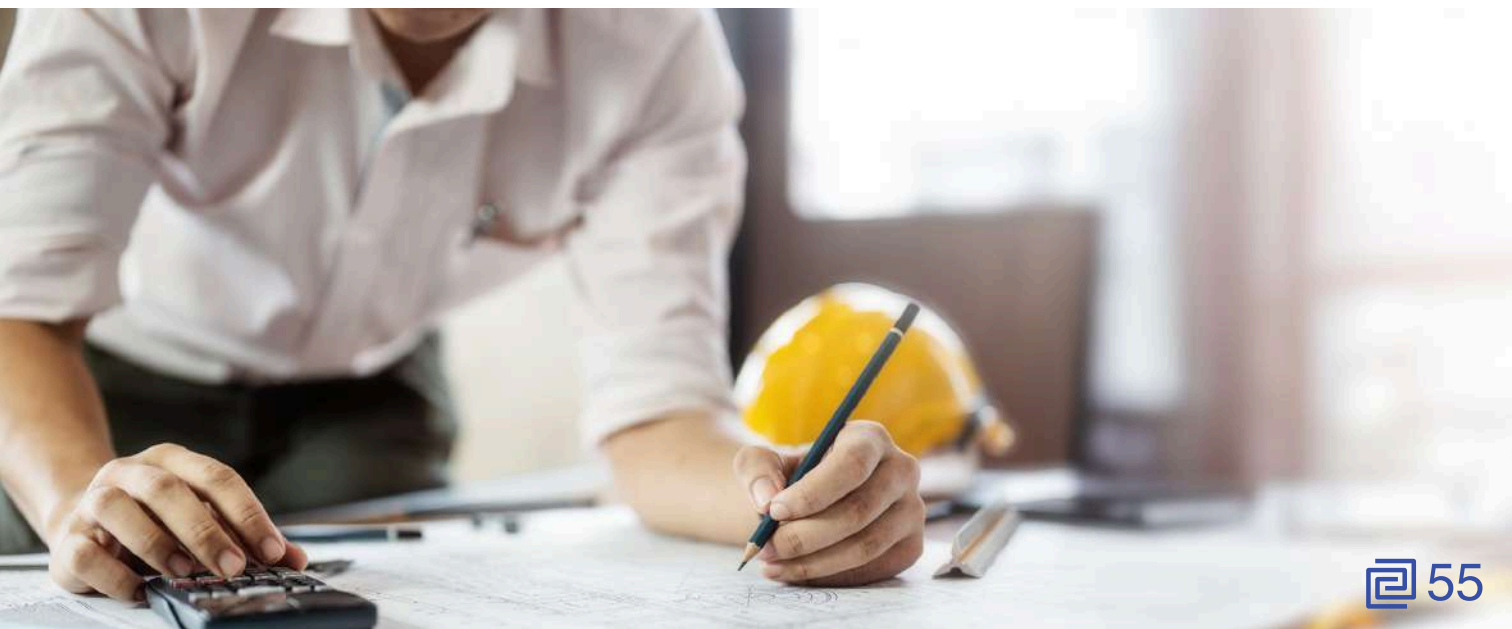
Voltado para quem está na obra: engenheiros, técnicos, montadores e mestres. Da leitura de projetos à execução e montagem, o curso traz as melhores práticas para produtividade e segurança no canteiro.

Ambos os cursos já estão disponíveis no catálogo da AllClick e representam um passo concreto rumo à profissionalização do setor.

Projetar com precisão, construir com inteligência e entregar mais valor em menos tempo: isso é o que o Light Steel Framing torna possível. Mas essa transformação só se concretiza de verdade quando os profissionais estão prontos para ela.

A formação é o primeiro passo. E quanto antes a gente se atualizar, mais rápido veremos essa mudança ganhando forma nas cidades, nos escritórios e nos canteiros. O LSF já é uma realidade e está redefinindo a forma como pensamos e fazemos arquitetura e engenharia.

**Agora, a pergunta que fica é:
como você quer fazer parte
disso?**





AEAPG

ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS
E ARQUITETOS DE PONTA GROSSA