

TQSNEWS

Ano XXVII - Nº 55

Agosto de 2025

Editorial

Eng. Abram Belk

Neste último um ano e meio, vimos a construção civil apresentar um crescimento acima de 4%, comparado com média em torno de 3% da economia brasileira. O crescimento foi acompanhado por mais de 200.000 novos empregos e pelo aumento espetacular de novas construções, vendas e valores de imóveis, que estamos assistindo *in loco* aqui na nossa sede em São Paulo, no bairro de Pinheiros. Várias destas construções são muito altas, esbeltas e arrojadadas, exigindo o máximo das técnicas de projeto de engenharia para desenvolvimento. Isto nos deixa orgulhosos por vários motivos. Do nosso lado, estamos em desenvolvimento contínuo, para acompanhar a melhoria técnica necessária para estes projetos. E engenheiros estruturais com TQS estão projetando a maioria dos empreendimentos mais importantes. Estamos prestes a completar 40 anos de fundação e neste período já presenciamos todo o tipo de dificuldades para se trabalhar e empreender no Brasil. E se, apesar de todas as adversidades, foi possível a nós e aos engenheiros de estruturas chegar a este ponto de desenvolvimento, é porque percorremos o caminho correto de trabalho, pesquisa e determinação. A todos os que estão e estiveram conosco, meus sinceros parabéns e muito obrigado!

Como reagimos ao surgimento de novas tecnologias ao longo dos anos? Como seres humanos, começamos desconfiando (e as vezes rejeitando) tudo que é novo, para depois aos poucos nos adaptarmos e, às vezes, mudarmos totalmente a forma de trabalhar para usar algo que é melhor. Isto aconteceu inicialmente quando desenvolvemos os sistemas TQS, automatizando e integrando a análise, dimensionamento, detalhamento e desenho em concreto armado. Aconteceu com os sistemas CAD a partir dos anos 1990, que eliminou as tradicionais pranchetas de desenho e os projetistas que eram verdadeiros artesãos. E com o BIM, principalmente a partir da década de 2010, que permitiu integrar o

modelo de projeto entre todos os projetistas da cadeia da construção, do berço à demolição, e se tornou praticamente obrigatório. A cena se repete com uma tecnologia que amadureceu recentemente: a Inteligência Artificial (IA). Para entender o que ela pode fazer, vejamos o exemplo da área de biotecnologia. Nesta área, o conhecimento da estrutura tridimensional das proteínas é muito importante para criar medicamentos ou vacinas que se encaixam em vírus e os desativam, tratar doenças genéticas ou criar enzimas para fins industriais ou ambientais. Com o uso da IA, a empresa AlphaFold do grupo Google desvendou em um ano cerca de 200 milhões de proteínas, mil vezes mais do que a ciência havia acumulado em meio século. Para isso, o IA foi treinado com o conhecimento acumulado. Será que haverá equivalente na engenharia de estruturas? Pelo menos aqui, nossa jovem equipe de desenvolvimento está ativamente estudando o assunto. Já implantamos o ChatGPT dentro do mecanismo de pesquisa do TQSDocs, nossa base de dados de conhecimento. Estamos estudando a aplicação de IA no pré-dimensionamento de elementos estruturais e no pré-lançamento de estruturas. E desenvolvemos interfaces em Python, para trabalhar com desenhos e modelos estruturais. Estas interfaces, que permitem aos engenheiros automatizar e personalizar o seu modelo e entregáveis, também são uma porta de entrada para o IA trabalhar junto com o projeto. Já estamos testando programas em Python gerados em IA com este objetivo.

Embora o IA hoje seja uma revolução, precisa ser encarado com cuidado. As respostas, que tem comportamento estatístico, precisam ser avaliadas e revisadas segundo os conceitos determinísticos das normas. Com o tempo, teremos mais uma ferramenta de projeto, mas que sempre precisará da mão do engenheiro.

A versão V26 está no forno com um número enorme de novidades, mostradas na nossa seção de desenvolvimento. Certamente será uma das versões mais produtivas dos últimos anos. Continuamos nossa evolução para automatizar tarefas repetitivas, colaborar de forma integrada com as demais disciplinas e gerar construções mais seguras, susten-

táveis e rentáveis. Será um prazer encontrá-los nos próximos eventos de engenharia e discutir a respeito. Estaremos no Concrete Show em agosto, e no ENECE e IBRACON em outubro. Como comentamos em outras ocasiões, é uma ótima oportunidade para tirar uns dias de folga, encontrar amigos e ver ao vivo o estado da arte da engenharia.

Espero que apreciem a leitura deste jornal. Nesta edição apresentamos a entrevista com a RKS Engenharia de Estruturas, onde pai e filho aliam experiência e tecnologia para enfrentar os desafios da engenharia estrutural, além de quatro artigos inéditos e imperdíveis. Nos veremos em breve!

Destaques

Entrevista: Engs. João Alberto Kerber e João Lucas Vasconcelos Kerber, por *Mariuzza Rodrigues*
Página 3

Desenvolvimento
Página 11

Artigo: Análise incremental em pilares de edifícios de concreto armado
Eng. Carlos Estevão Lúcio de Paiva
Página 30

Artigo: Para onde vai o ensino de engenharia no Brasil?
Eng. Enson Portela
Página 40

Artigo: Esforço cortante, ainda precisamos falar mais sobre ele
Eng. Henrique César C. Gimenes
Página 47

Artigo: Análise modal e interação solo-estrutura de edifícios altos: dilemas conceituais e práticos
Eng. Sérgio Stolovas
Página 49

Espaço virtual
Página 54

Notícias
Página 60

Dissertações e teses
Página 71

REPRESENTANTES

Amazonas

Eng. Dr. Winston Junior Zumaeta Moncayo

Av. 7 de Setembro, 649, sala 1, Planeta dos Tecidos, Centro
69005-140 · Manaus, AM
Fone: (92) 98233-0606
E-mail: wjzm@hotmail.com

Bahia

Eng. Fernando Diniz Marcondes

Av. Tancredo Neves, 1.222, sala 112
41820-020 · Salvador, BA
Fone: (71) 3341-1223 | 99177-0010 | Fax: (71) 3272-6669
E-mail: fernandodinizmarcondes@gmail.com

Brasília

Eng. Li Chong Lee Bacelar de Castro

SQN 406, Bloco M, sala 102
70847-090 · Brasília, DF
Fone: (61) 98135-4834
E-mail: lichonglee@gmail.com

Minas Gerais

RLF Engenharia de Estruturas**Eng. M.Sc. Reginaldo Lopes Ferreira**

Rua Severiano de Lima, nº 169, Centro,
34000-285 · Nova Lima, MG
Fone: (31) 3541-4598 | 98725-4598
E-mail: reginaldo@rlf.com.br

Paraná

Eng. Rodrigo Lopes Correa

Av. Roberto Koch, 1.570, rua 04, casa 198, Bairro Aragarça
86037-010 · Londrina, PR
Fone: (43) 99101-0919 | 3024-1219
E-mail: rodrigo@engebrac.com.br

Eng. Yassunori Hayashi

Rua Mateus Leme, 1.244, Bom Retiro
80530-010 · Curitiba, PR
Fone: (41) 3353-3021 | 9914-0540
E-mail: yassunori.hayashi@gmail.com

Rio de Janeiro

CAD Projetos Estruturais Ltda.**Eng. Oswaldo Nunes Fernandes**

Avenida Almirante Barroso, 63, Sl. 809
20031-003 · Rio de Janeiro, RJ
Fone: (21) 2240-3678 | 99136-0677
E-mail: cadestrutura@uol.com.br

LRIOS Consultoria e Projetos**Engenheiro e Diretor Lívio Rios**

Av. Emb. Abelardo Bueno, 1.340, Sl. 508
Ed. Barra Corporate, Barra da Tijuca
22775-040 · Rio de Janeiro, RJ
Fone: (21) 3437-9892 | 3437-9893 | 99697-8829
E-mail: liviorios@lrios.com.br
www.lrios.com.br

Rio Grande do Sul

Eng. Emiliano Duncan Aita

Av. Iguassu, 485/501, Petrópolis
90470-430 · Porto Alegre, RS
Fone: (51) 4100-2987 | 99957-7737
E-mail: comercial@multisigma.com.br

Santa Catarina

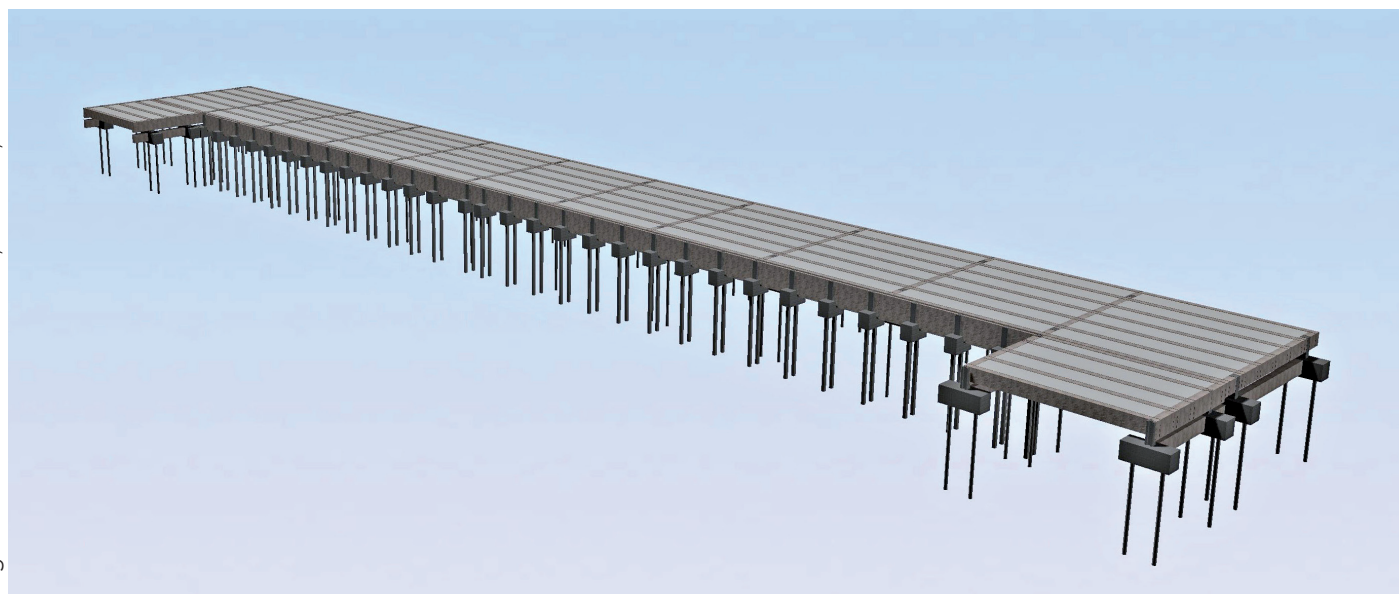
Eng. Me. Mario Gilsone Ritter

Rua Borges de Medeiros, 897E, sala 501,
esquina com rua Guaporé, Ed. Vértice Office,
Bairro Presidente Médici
89801-101 · Chapecó, SC
Fone: (49) 3323-8481 | 98404-2142
E-mail: engenheioritter@gmail.com

Argentina

Eng. José Gaspar Filippa

Sayago 2337
5000 · Córdoba
Fone: +549.351.5527063 (celular)
E-mail: gaspar@tecbim.com



Vocação ao quadrado

Pai e filho aliam experiência e tecnologia para enfrentar os desafios da engenharia estrutural

Entrevista com os engenheiros João Alberto Kerber e João Lucas Vasconcelos Kerber
Por Mariuza Rodrigues

Tudo começou com a vocação natural do engenheiro João Alberto Kerber pelo universo da matemática e das ciências exatas. A opção pela engenharia e posteriormente pelo campo das estruturas foi um caminho também lógico e favorecido pela série de informações e experiências que Kerber foi registrando em seu currículo, ainda na fase de estágio, sobretudo em obras de infraestrutura no Sul do país. Daí veio a paixão por projetos de natureza distinta, como pontes, viadutos e edifícios.

Tempos mais tarde, seu filho João Lucas Vasconcelos Kerber quase se desviou para a área jurídica, sonho do avô. Mas a inspiração paterna falou mais alto. E a engenharia venceu. E mais forte ainda, a vocação para a engenharia de cálculo estrutural.



Engs. João Lucas Vasconcelos Kerber e João Alberto Kerber

Formava-se ainda um binômio perfeito de atuação que contempla ampla expertise de João Alberto Kerber no mercado (mais de 30 anos) e a sede tecnológica do filho João Lucas tanto pela engenharia como pela tecnologia – que hoje em dia são inseparáveis.

Com tantas obras de infraestrutura no portfólio, Kerber (pai) avalia que no campo político ainda não há uma resposta à altura das demandas climáticas, sobretudo no Rio Grande do Sul, e alerta que outras tragédias ainda deverão ocorrer.

Por outro lado, João Lucas (filho) ressalta as grandes possibilidades que serão geradas pela integração da inteligência artificial com a engenharia estrutural. No entanto, alerta, que apesar do que parece, não há milagres. “Ainda que a tecnologia acelere processos, o conhecimento teórico sólido e o senso crítico do engenheiro continuam insubstituíveis para garantir segurança, qualidade e inovação em cada projeto”. Acompanhe a entrevista a seguir de pai e filho para o TQS News.

Poderiam contar como foi sua decisão pela carreira de engenheiro? Qual foi sua inspiração?

João Lucas Vasconcelos Kerber: Desde criança fui inspirado por membros da minha família a seguir nessa profissão. Inicialmente, inspirado em meu avô paterno, surgiu em mim o interesse pela carreira jurídica — cheguei mesmo a sonhar em ser promotor de justiça.

Com o passar do tempo, percebi que o que realmente me encantava era a resolução de problemas por meio da lógica e da racionalidade, o que naturalmente me aproximou das ciências exatas e, por consequência, da trajetória profissional do meu pai João Alberto Kerber.

Logo nos primeiros semestres da graduação em Engenharia Civil, desenvolvi uma afinidade especial pelas disciplinas ligadas ao cálculo estrutural e ao desenho técnico, o que me levou a iniciar um estágio na RKS Engenharia de Estruturas, escritório fundado por meu pai em companhia de outros colegas.

A Engenharia Estrutural é a espinha dorsal que torna a arquitetura possível e, por consequência, viabiliza o produto final do mercado imobiliário.

Hoje, tenho muitas fontes de inspiração, especialmente meus sócios, com os quais aprendo continuamente, numa verdadeira fonte de

conhecimento quase inesgotável. Além disso, venho de uma família de professoras, e essa herança pedagógica se reflete no meu dia a dia profissional, no tom didático e cuidadoso com que procuro conduzir o relacionamento com nossos clientes e colaboradores.

João Alberto Kerber: Já no meu caso, creio que foi mesmo a inclinação natural pela matemática e física.

Que faculdade cursaram e em que ano? E de que modo começaram a vida profissional?

João Lucas: Iniciei minha graduação em Engenharia Civil na Universidade do Vale do Itajaí (Univali), em Itajaí (SC), e concluí o curso na Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul) em 2015, em Florianópolis.

Minha trajetória profissional começou ainda durante a graduação, com o estágio na RKS Engenharia de Estruturas — empresa onde sigo atuando até hoje. Assim que concluí a faculdade, passei a exercer a função de engenheiro na empresa e, em sequência, iniciei minha pós-graduação em Engenharia de Estruturas, aprofundando meus conhecimentos na área.

João Alberto: Eu frequentei a Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) entre 1977 e 1981. Fiz vários estágios durante a faculdade. Ao concluir o curso e me formar, comecei a atuar em canteiros de obras de infraestrutura como pontes, pré-fabricados pesados, aeroportos, estradas, obras hidráulicas.

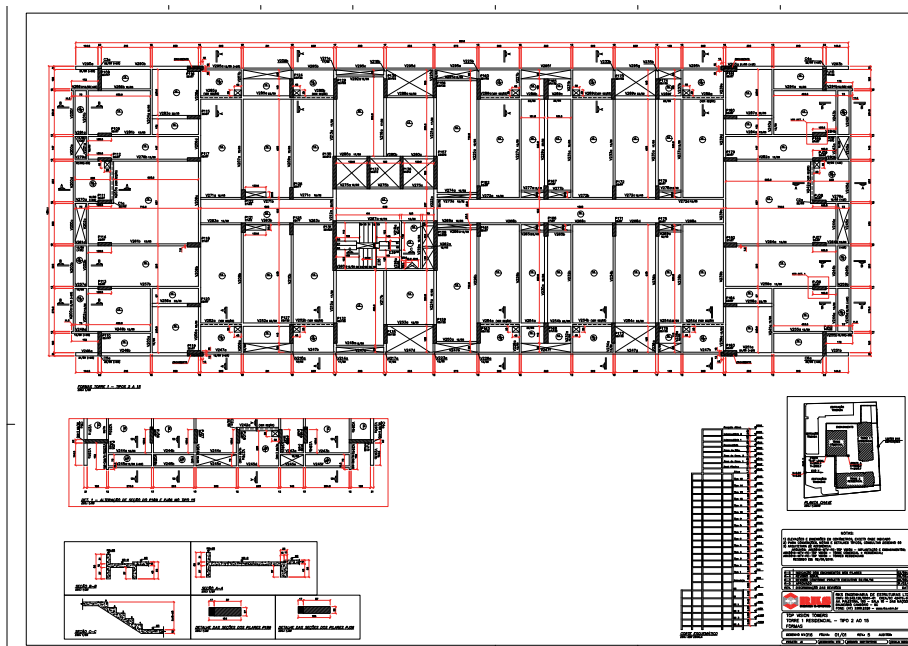
Vemos hoje que há um redirecionamento na direção de ferrovias, o que deve incrementar em muito os investimentos para essa modalidade, até agora negligenciada no país.

Onde fizeram estágio e como esse período foi importante para consolidar sua decisão?

João Lucas: Realizei meu estágio na RKS Engenharia de Estruturas a partir do segundo ano da faculdade. Durante os períodos de férias, aproveitei também para estagiar em obras, com o objetivo de compreender, na prática, como se constrói uma estrutura de concreto armado convencional — suas formas, a montagem das armaduras, o processo de concretagem e todos os desafios técnicos que, muitas vezes, passam despercebidos na elaboração de um projeto estrutural.

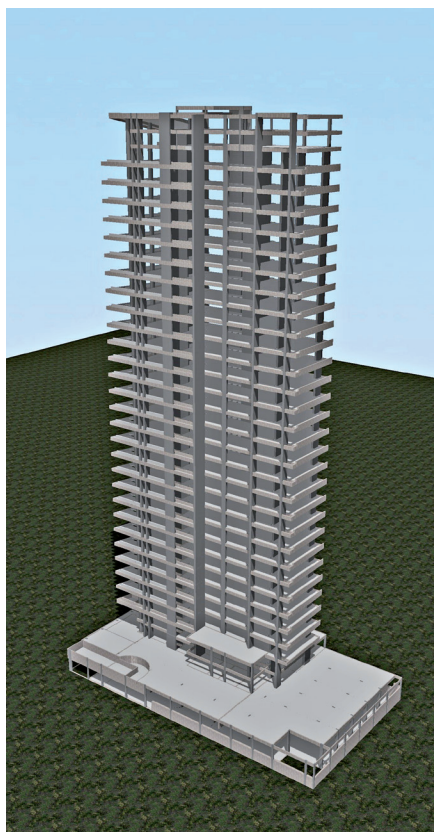
Essas vivências foram fundamentais para alinhar minhas expectativas acadêmicas com a realidade da profissão. Tenho plena convicção de que, graças a essa experiência, fiz a escolha certa para minha carreira.

João Alberto: Fiz estágio na seção de topografia do DemHab de



Formas Torre 1 - tipos 2 a 15

Porta Alegre). Desenhei para vários escritórios, e estagiei no Laboratório de Materiais de Construção da Cientec até, finalmente, atuar nas obras do trem metropolitano de Porto Alegre. O conjunto das experiências só fez consolidar a minha escolha.



Modelo 3D

E de que maneira optaram pela Engenharia Estrutural? O que inspirou a seguir nessa linha?

João Lucas: A Engenharia Estrutural é a espinha dorsal que torna a arquitetura possível e, por consequência, viabiliza o produto final do mercado imobiliário. A consciência dessa responsabilidade e da relevância da área foi, desde o início, o que me atraiu. É essa mesma importância que me motiva diariamente a permanecer e me desenvolver nesse campo, com entusiasmo e senso de propósito.

João Alberto: Após alguns anos na Jatocret, influenciado por sua equipe técnica de projeto, resolvi seguir na carreira dedicando-me ao projeto de estruturas, o que já chega a 33 anos até agora. Neste setor, minha primeira atuação foi na verdade, minha primeira experiência em execução de obra. Tratou-se de uma ponte sobre o arroio Dilúvio, em Porto Alegre — uma pequena ponte esconsa com vigas pré-fabricadas apoiadas em cortinas nos encontros terminais da obra.

Mais adiante, com projetos da equipe da Jatocret (destacando os colegas José Luis Cardoso, Carlos Freire Machado e Abel Cardoso), atuei na execução de várias intervenções de reforço, recuperação e mudança da classe de pon-

tes nas BR 101 e 470 em Santa Catarina. Nessa fase, destaca-se o erguimento do tabuleiro, em 1,785 m, de ponte sobre o rio Itajaí Mirim em Brusque (SC).

Pela RKS projetamos alguns alargamentos e reforços com mudança de classe em pontes na BR 470, ponte em vertedouro de barragem em São Paulo, ponte na Região Metropolitana de Florianópolis, viaduto no aeroporto em Brasília, algumas pontes no Paraguai.

Nesse momento, é muito importante que cuidemos de readaptar a inserção de nossas cidades, indústria, agronegócio e infraestrutura em geral ao ambiente degradado pelo mau uso e desprezo que dedicamos aos aspectos ambientais.

E como surgiu a RKS?

João Alberto: Foi um caminho natural quando terminei a universidade. A RKS Engenharia de Estruturas foi fundada em outubro de 1994 e completou no ano passado exatos 30 anos de atuação no mercado. Nesse período, nos consolidamos com expertise e forte atuação no mercado imobiliário, construção civil e empresas de serviço de água e esgoto. Atuamos em vários projetos internacionais em países como Venezuela, Paraguai, Angola, em parceria com outras empresas brasileiras e já tivemos oportunidade de atender clientes estrangeiros com empreendimentos no Brasil. A matriz da RKS está localizada na cidade de Florianópolis e sua filial em Balneário Camboriú, em Santa Catarina. Também contamos com uma representante em Montevideo, Uruguai. E a tendência da empresa é crescer com forte investimento em tecnologia e capacitação profissional.

Qual era o cenário da infraestrutura na época comparado ao momento atual?

João Alberto: Eram outros tempos, onde a construção de infraestrut

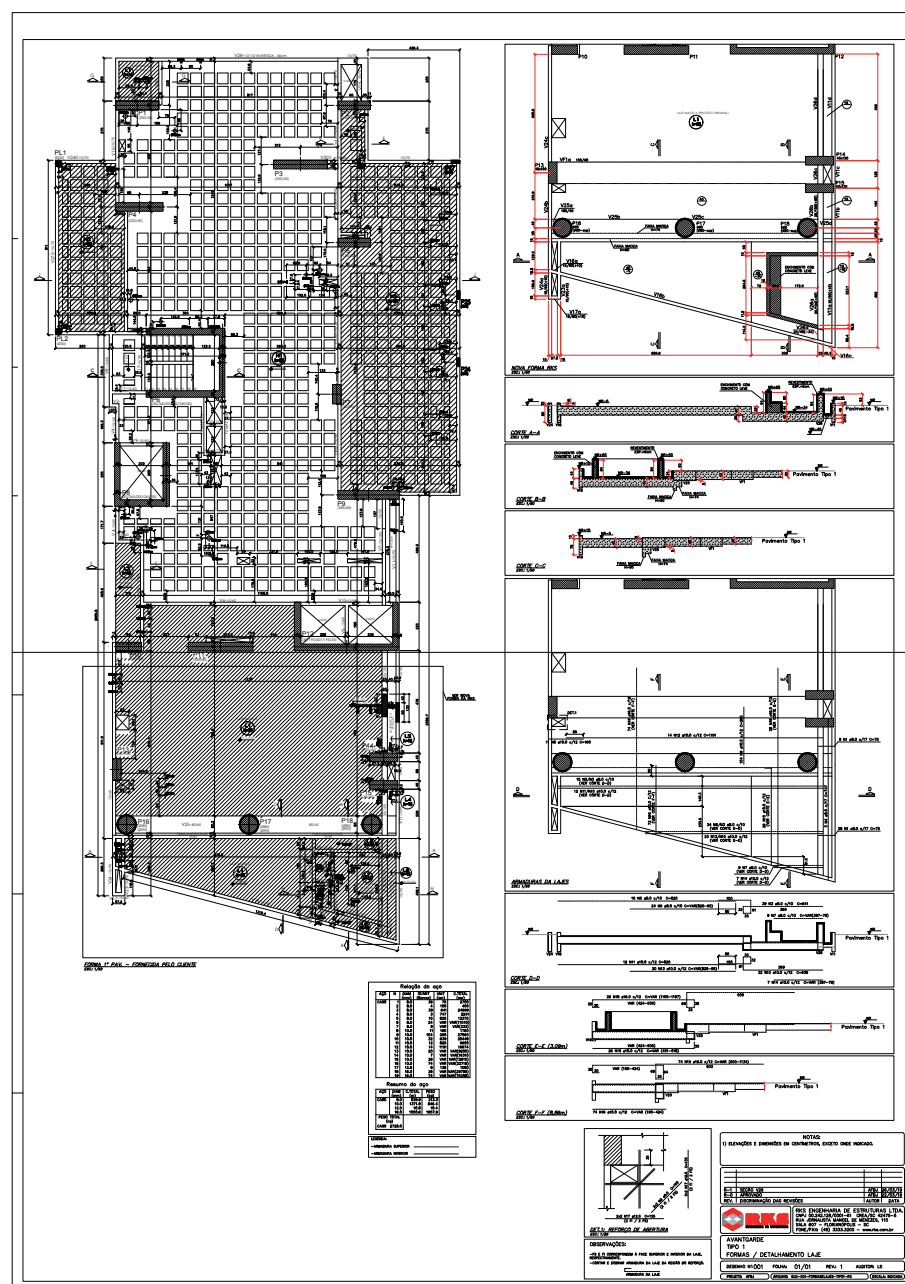
tura rodoviária era mais intensa que hoje, o que demandava muito investimento e obras nessa área. Hoje, além de outras fronteiras, precisamos ampliar, manter e aperfeiçoar o que já temos. Vemos hoje que há um redirecionamento na direção de ferrovias, o que deve incrementar em muito os investimentos para essa modalidade, até agora negligenciada no país.

Quais são os requisitos para um profissional atuar nesse campo a seu ver?

João Alberto: O Brasil sempre teve um corpo técnico a altura de suas

necessidades. A eventual defasagem que vemos hoje deve-se ao fato de que outras economias promoveram enormes investimentos nessa área e, portanto, obtiveram grandes avanços no projeto e execução de grandes travessias em locais desafiadores. Mas não há nada que o país não possa recuperar rapidamente pois conta com recursos materiais e humanos para isso.

O Brasil tem uma grande demanda por construção de pontes. Essa demanda precisa ser atendida preferencialmente por capacidades locais, incentivando empresas e re-



curios locais, formando e renovando toda uma cultura de construção e desenvolvimento nacionais.

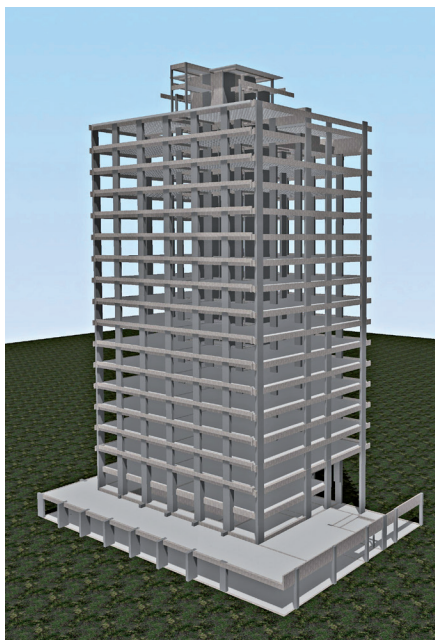
Existe uma tipologia mais adequada em razão do clima, topografia e características do nosso país?

João Alberto: O Brasil é muito grande e diversificado em sua geografia, geologia, hidrologia, seu clima. Isso implica que adaptemos a cada situação as soluções mais adequadas.

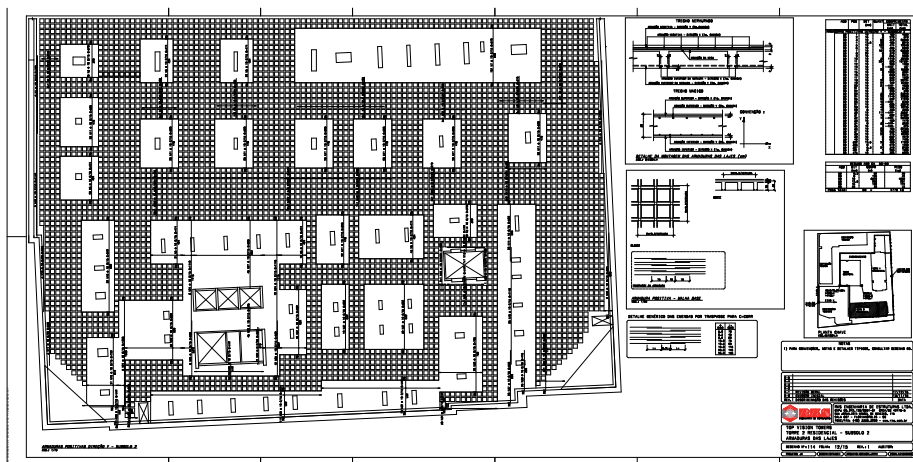
Apesar dos recursos avançados dos softwares de cálculo e projeto — como o TQS — eles não substituem o olhar crítico e a experiência de um engenheiro estrutural.

Os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul sofreram recentemente com vários desastres climáticos que afetaram a infraestrutura local. O senhor tem atuado em projetos pra recompor essa infraestrutura urbana?

João Alberto: Estamos muito focados no aperfeiçoamento dos sistemas construtivos do setor habitacional. Nesse momento, é



Modelo 3D



Torre 2 - subsolo - armadura das lajes

muito importante que cuidemos de readaptar a inserção de nossas cidades, indústria, agronegócio e infraestrutura em geral ao ambiente degradado pelo mau uso e desprezo que dedicamos aos aspectos ambientais.

Como a grande inundação ocorrida em Porto Alegre no ano passado deve mudar a percepção sobre investimentos nessa área ambiental e de infraestrutura na região?

João Alberto: Infelizmente não se percebe vontade política de abordar tecnicamente, em profundidade, as ações nessa área. Temo que estejamos a caminho de outra tragédia futura ainda maior.

Após o forte desinvestimento em infraestrutura nos últimos anos existem profissionais preparados na área de projetos para atender a um aumento de demanda no campo da infraestrutura?

João Alberto: O hiato temporal decorrido desde antes desses “últimos anos” não foi suficiente para retirar do mercado todo o corpo técnico com experiência para, pelo menos, orientar os que chegaram desde então.

Como se pode avaliar hoje o mercado de engenharia de estruturas para os novos profissionais?

João Lucas: O mercado de engenharia de estruturas está bastante aquecido e oferece inúmeras oportunidades para quem está ingres-

sando. No entanto, é fundamental que esses profissionais não se aventurem sozinhos logo no início da carreira. Apesar dos recursos avançados dos softwares de cálculo e projeto — como o TQS — eles não substituem o olhar crítico e a experiência de um engenheiro estrutural. A inexperiência na concepção de soluções estruturais e na interpretação de resultados pode ocasionar problemas de durabilidade, falhas de desempenho e até desperdício de materiais e mão de obra. Por isso, recomendo fortemente que jovens engenheiros busquem estágios ou mentorias em escritórios consolidados, onde compreendam plenamente as responsabilidades envolvidas e aprendam a conciliar teoria, prática e segurança.

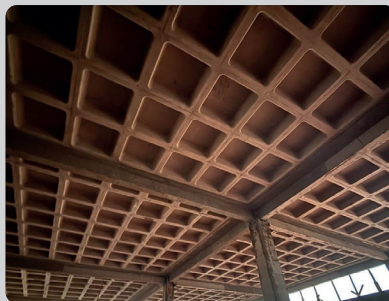
Entretanto, a experiência e a visão crítica permanecem essenciais: dominar uma tecnologia sem compreender seus fundamentos pode limitar seu potencial.

Como as mudanças geracionais e o uso de novas tecnologias estão impactando a engenharia estrutural?

João Lucas: As transformações tecnológicas ocorrem de forma inexorável e aqueles que melhor as utilizam se destacam no mercado. Os profissionais mais jovens, por não estarem ancorados em hábitos herdados ao longo da car-

NOVAS DIMENSÕES

TODO CÁLCULO ENCONTRA UMA SOLUÇÃO ATEX



Mais de 210 dimensões de fôrmas para lajes nervuradas

Fôrma Atex	Base Nerv. (cm)	Larg. (cm)	Altura (cm)														
			10	15	16	18	20	21	22,5	25	26	30	32,5	35	40	42,5	50
600	6,0	60,0															
600	8,0	60,0															
610	7,0	61,0															
610	12,5	61,0															
650	5,0	65,0															
650	7,0	65,0															
660	12,0	66,0															
700	12,0	70,0															
740	16,0	74,0															
800	12,5	80,0															
830	15,5	83,0															
875	20,0	87,5															
900	12,5	90,0															
600U	12,5	60,0															
610U	7,0	61,0															
640U	10,0	64,0															
655U	11,5	65,5															
685U	14,5	68,5															
755U	8,0	75,5															
800U	12,5	80,0															
830U	15,5	83,0															
875U	20,0	87,5															



Fôrmas Atex 610,
Atex 800 com
novas alturas.



Com as novas alturas, os projetistas de estruturas vão alcançar e proporcionar, em seus projetos, maior economia de concreto e aço em relação à laje maciça, desde pequenos a grandes vãos, veja demonstração nos exemplos:

Fôrma Atex	610	800	610	800	800
Eixo a eixo (cm)	61	80	61	80	80
h da fôrma (cm)	10	10	15	15	50
Capa (cm)	5	5	5	5	5
h equivalente de inércia (cm)	11,1	10,3	14,8	13,8	38,6
Concreto (m³/m²)	0,09	0,08	0,113	0,095	0,289
Economia de concreto	< 18%	< 22%	< 24%	< 31%	< 25%
Economia de aço	< 26%	< 31%	< 26%	< 31%	< 30%
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

Ou seja,

- (1) Laje nervurada h = 15cm **mais econômica** que maciça de h = 11cm.
- (2) Laje nervurada h = 15cm **mais econômica** que maciça de h = 10cm.
- (3) Laje nervurada h = 20cm **mais econômica** que maciça de h = 15cm.
- (4) Laje nervurada h = 20cm **mais econômica** que maciça de h = 14cm.
- (5) Laje nervurada h = 55cm **mais econômica** que a maciça de h = 39cm.

Com a altura 50 cm da Fôrma Atex (eixo a eixo = 80 cm ou 83 cm ou 87,5 cm) poderão ser executadas lajes nervuradas para vãos na ordem de 18 m, sem protensão [vão = (50+10) x 30].

Com a protensão, pode-se alcançar cerca de 30 m de vão [vão = (50+10) x 50] tendo a base menor da nervura 12,5 cm, 15,5 cm e 20 cm, respectivamente.



+de 110
milhões de m²
realizados

DESDE
1991



atex.com.br
0800 979 3611

Siga Atex Brasil f t i n

reira, absorvem e aplicam ferramentas inovadoras com maior agilidade e disposição para abandonar métodos obsoletos. Entretanto, a experiência e a visão crítica permanecem essenciais: dominar uma tecnologia sem compreender seus fundamentos pode limitar seu potencial. Hoje, ferramentas como BIM e softwares de modelagem tridimensional federada permitem antecipar conflitos entre disciplinas, gerar quantitativos rigorosos e evitar retrabalhos em obra — o que aumenta a produtividade, mas também exige equipes de projeto mais especializadas e processos de validação mais rigorosos.

A extensão e o acesso às novas tecnologias facilitam a entrada dos jovens na área estrutural?

João Lucas: Sem dúvida. Profissionais nativos digitais rejeitam tarefas repetitivas e manuais, tão comuns no trabalho do calculista estrutural. As automações e rotinas de *scripting* entregues pelos softwares modernos tornam o dia a dia mais dinâmico e atraente, incentivando os recém-chegados a se envolverem profundamente com o processo de projeto. Dessa forma, a barreira de entrada se reduz, pois atividades mecânicas cedem lugar a desafios analíticos e criativos.

Além dos desafios técnicos, gerenciar prazos, orçamentos e questões de recursos humanos em escritórios de projeto também se mostra sempre um exercício de equilíbrio e negociação.

Quais tecnologias já estão bem consolidadas na engenharia de estruturas e quais ainda têm grande potencial de crescimento?

João Lucas: Atualmente, a comunicação remota por meio de plataformas colaborativas e os próprios softwares de análise estrutural alcançaram alto grau de maturidade.



Modelo 3D

Já é possível criar modelos computacionais que simulam com fidelidade comportamentos muito próximos dos reais, tanto em fase de construção, quanto já em serviço ao longo da vida útil, além de extrair quantitativos de materiais com precisão muito superior ao passado.

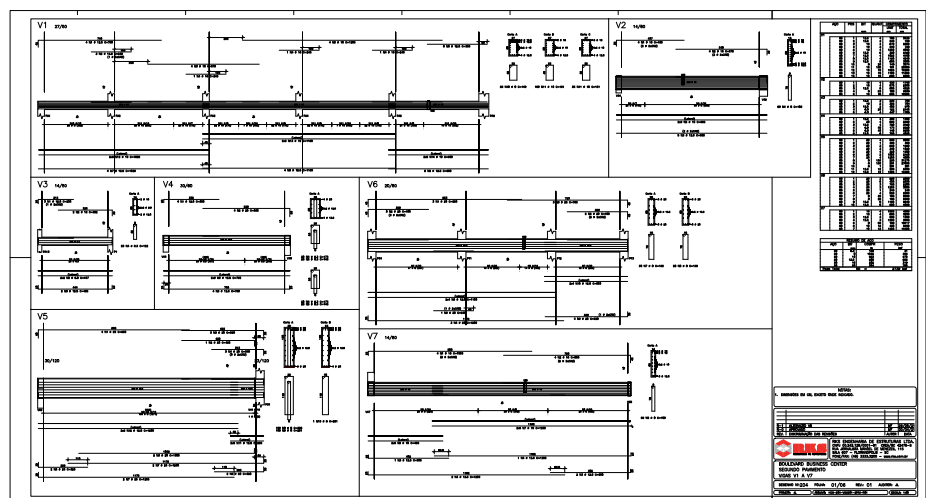
Porém, ainda há amplo espaço para aperfeiçoamento em áreas como Common Data Environments (CDE) — que promovem a gestão integrada de informações — e na aplicação de inteligência artificial para otimização de geometria, dimensionamento automatizado e verificação de normas. Além disso, o contínuo aumento do poder de processamento abre caminhos para simulações em larga escala e integração ainda mais profunda entre projeto, execução e manutenção.

Quais requisitos você considera fundamentais para um profissional que deseja atuar hoje em engenharia de estruturas?

João Lucas: Além do domínio das ferramentas de desenho, modelagem e cálculo — CAD, BIM, TQS e similares —, considero imprescindíveis sólidos conhecimentos em resistência dos materiais, teoria das estruturas e nos diferentes materiais de construção civil (concreto, aço, madeira, alvenaria). Esses fundamentos permitem interpretar corretamente os resultados computacionais e propor soluções seguras e econômicas. No plano comportamental, destacam-se as *soft skills*: comunicação clara e objetiva, trabalho em equipe, flexibilidade para lidar com mudanças de escopo e pensamento crítico para identificar riscos e solucionar problemas de forma proativa.

Quais projetos mais marcaram sua trajetória e por quê?

João Lucas: Um deles que destaca é o Edifício Residencial Quatá, na Vila Olímpia, em São Paulo. Atuei como engenheiro protagonista no que pode ser considerado o edifício em parede de concreto mais alto do Brasil. Empregamos os fundamentos do concreto racional — parede armada com tela centrada e detalhamentos otimizados — gerando eficiência estrutural e ganho em prazos de obra.



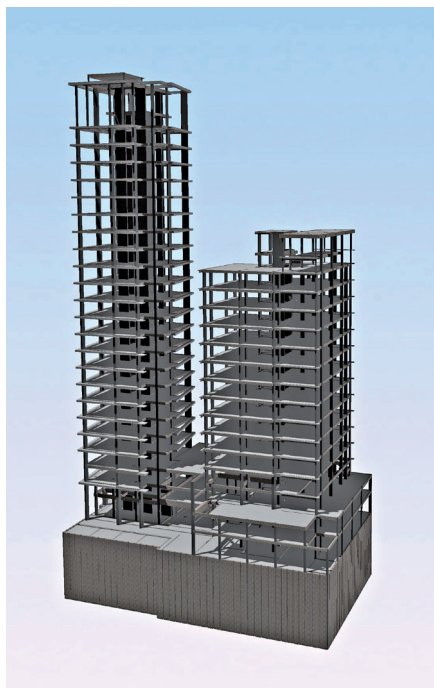
Segundo pavimento - vigas V1 a V7

Também destaco a Residência “Casa Wireless”, em Jurerê Internacional, Santa Catarina. Esse projeto se caracterizou pelos 1.800 m² com enormes vãos livres e número mínimo de pilares, apelidado *wireless* pelo arquiteto. Como engenheiro coadjuvante, pude aplicar conceitos de pré-dimensionamento inovadores logo após a graduação.

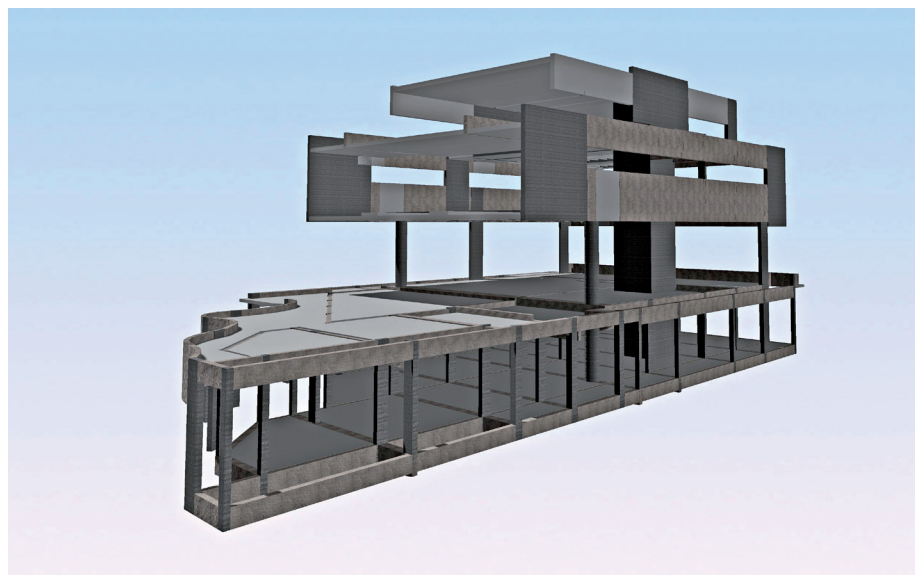
Menciono ainda o estádio da Arena Corinthians (São Paulo), em que atuei, ainda como estagiário, participando do projeto estrutural do estádio que fez a abertura da Copa do Mundo de 2014. A magnitude e a complexidade do empreendimento foram decisivas para consolidar minha paixão pela atuação em grandes obras.

Quais foram as maiores dificuldades que você enfrentou na profissão?

João Lucas: Um dos desafios recentes envolveu vencer vãos de 8 a 11 metros sem uso de vigas com altura superior a 50 cm e sem protensão. Num edifício multifamiliar de pequeno porte em Florianópolis, a distribuição de vagas no subsolo não coincidiu com os pilares dos pavimentos superiores, exigindo vigas de transição que, porém, não podiam exceder 50 cm de altura. A solução foi deslocar essas vigas para a laje de cobertura e



Modelo 3D



Modelo 3D

substituir parte dos pilares por tirantes, reduzindo os vãos efetivos e preservando todas as vagas de garagem. Além dos desafios técnicos, gerenciar prazos, orçamentos e questões de recursos humanos em escritórios de projeto também se mostra sempre um exercício de equilíbrio e negociação.

Como a troca de experiências com seu pai influenciou sua trajetória? Qual a importância da integração entre gerações?

João Lucas: A mentoria que recebo do meu pai é um privilégio inestimável. Sua bagagem de décadas na área fornece atalhos, visão sistêmica e repertório técnico que não se aprende em livro. Em contrapartida, contribuo com uma perspectiva voltada às novas tecnologias e tendências de mercado. Essa integração intergeracional é um catalisador de crescimento: os mais experientes compartilham sabedoria, enquanto os mais jovens aceleram a adoção de ferramentas inovadoras e o repensar dos processos tradicionais.

A tecnologia resolve tudo? Quais riscos você identifica nessa crença?

João Lucas: Definitivamente, não. A crença de que basta uma ferramenta de cálculo para garantir a segurança estrutural subestima o engenheiro e o seu papel crítico. Esse falso apelo leva alguns profissionais a desconsiderarem a verifi-

cação de pressupostos, análise de detalhes construtivos e conformidade com normas. O resultado pode ser o surgimento de patologias na edificação, atrasos de obra e, em casos extremos, riscos à integridade de pessoas e patrimônio.

Vejo enorme potencial para algoritmos otimizarem quantitativos de material, preverem inconsistências de projeto e sugerirem soluções inovadoras em estruturas complexas.

Como criar um “colchão de segurança” que contemple o uso da tecnologia e a experiência?

João Lucas: É papel conjunto da comunidade acadêmica, das entidades de classe (Abece, Crea) e dos próprios escritórios promover a cultura da atualização constante. Na RKS, participamos de semanas acadêmicas, orientamos trabalhos de conclusão de cursos (TCCs) e trabalhos de pós-graduação, ministramos aulas magnas e palestras. Essas iniciativas mantêm engenheiros próximos da pesquisa, sem exigir necessariamente mestrados ou doutorados, e reforçam a importância de aliar o conhecimento teórico às boas práticas de projeto e à vivência de obra.

Que caminhos você enxerga por exemplo com o uso da IA no setor? Isto já está sendo estudado nas academias? Como os escritórios e profissionais devem se preparar para esse novo momento?

João Lucas: A inteligência artificial (IA) está prestes a atingir um patamar de produtividade impressionante. Em pouco tempo, projetos que hoje demandam anos poderão ser concluídos em meses, e projetos de meses, em semanas. Já lançamos, em junho,

nossa IA interna de gestão do conhecimento, que facilita acesso a treinamentos, manuais de qualidade e melhores práticas. Estamos investindo em outras IAs para migrar para estas o gerenciamento de projetos.

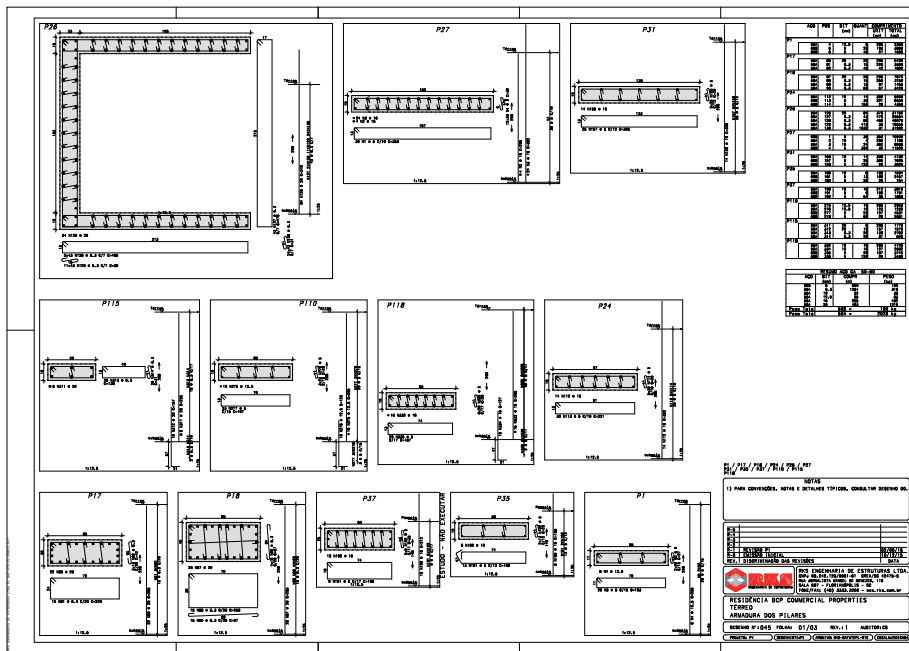
Na academia não temos visto muitos projetos de pesquisa neste sentido, entretanto, apoiamos e incentivamos um de nossos engenheiros a iniciar um mestrado para desenvolver inteligência artificial (IA) voltada para projetos de estruturas do setor econômico no início deste ano.

Vejo enorme potencial para algoritmos otimizarem quantitativos de material, preverem inconsistências de projeto e sugerirem soluções inovadoras em estruturas complexas. Para se preparar, escritórios devem investir em capacitação de equipes, integração de dados em plataformas robustas e parcerias com universidades que pesquisam IA aplicada à engenharia.

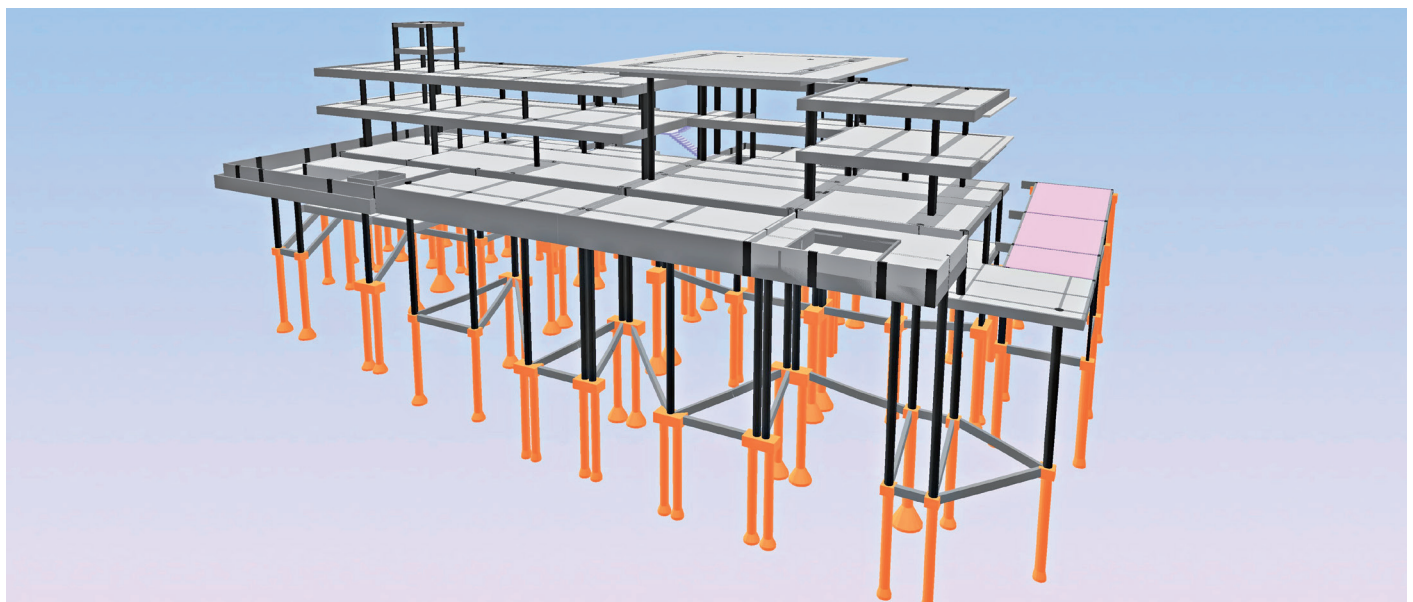
Embora revolucionária, a inteligência artificial (IA) ainda comete erros e requer supervisão criteriosa.

Que sugestões dariam para quem está começando, diante desse novo cenário tecnológico?

João Lucas: Embora revolucionária, a inteligência artificial (IA) ainda comete erros e requer supervisão criteriosa. É crucial acompanhar e dominar essas ferramentas, mas nunca abrir mão da base clássica: aprofunde-se em Timoshenko, Montoya, Leonhardt, Fusco e outros autores fundamentais. Ainda que a tecnologia acelere processos, o conhecimento teórico sólido e o senso crítico do engenheiro continuam insubstituíveis para garantir segurança, qualidade e inovação em cada projeto.



Térreo - armadura dos pilares



Continuamos nosso trabalho de manutenção, onde a V25 continuou a receber acertos e melhorias. Alteramos também as versões V22, V23 e V24 para contornar os problemas de teclado e mouse introduzidos pelo Windows 11 24H2 KB5058499 nos editores gráficos.

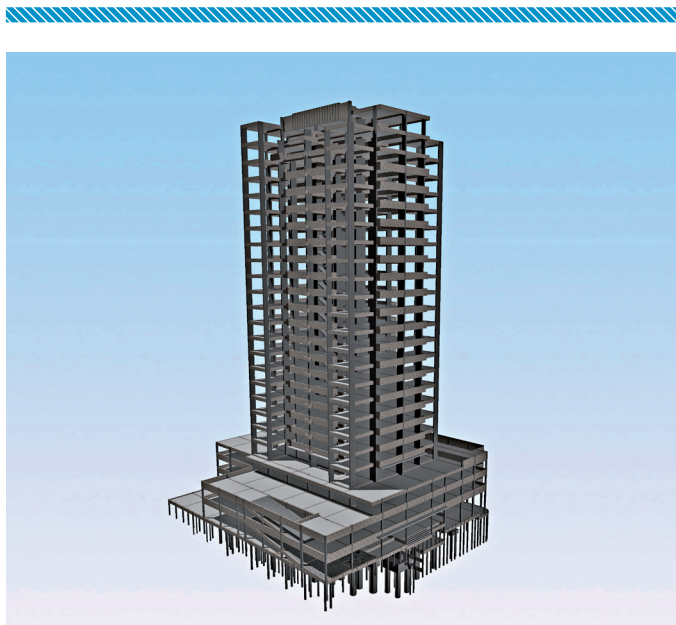
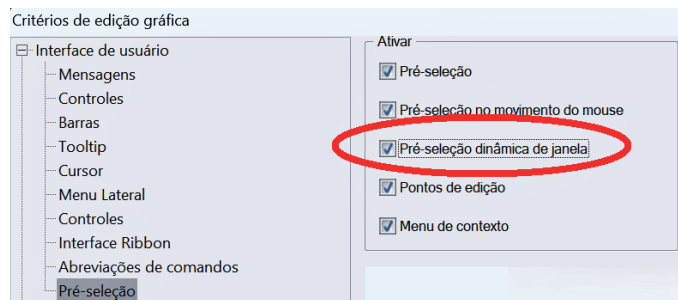
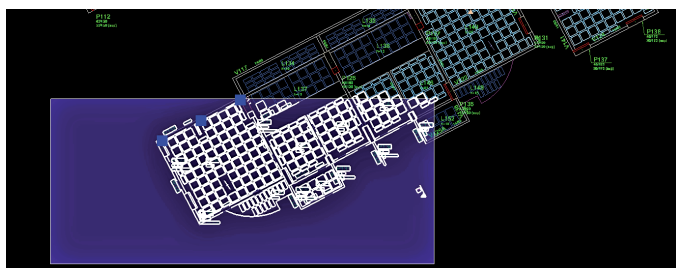
Nossa jovem equipe de desenvolvimento está levando a V26 a todo vapor. Estamos atendendo novos

requisitos de norma, como ponderadores de cargas, ancoragem, punção, além de itens do ACI-318 e CIRSOC-201, e refinamento da análise e modelagem, para atender aos projetos de edifício com mais de 200 m de altura em andamento. E muito mais: melhorias na produtividade em todos os sistemas de concreto armado, pré-moldado, alvenaria e paredes. E para completar, mais programação em Python...

A versão V26

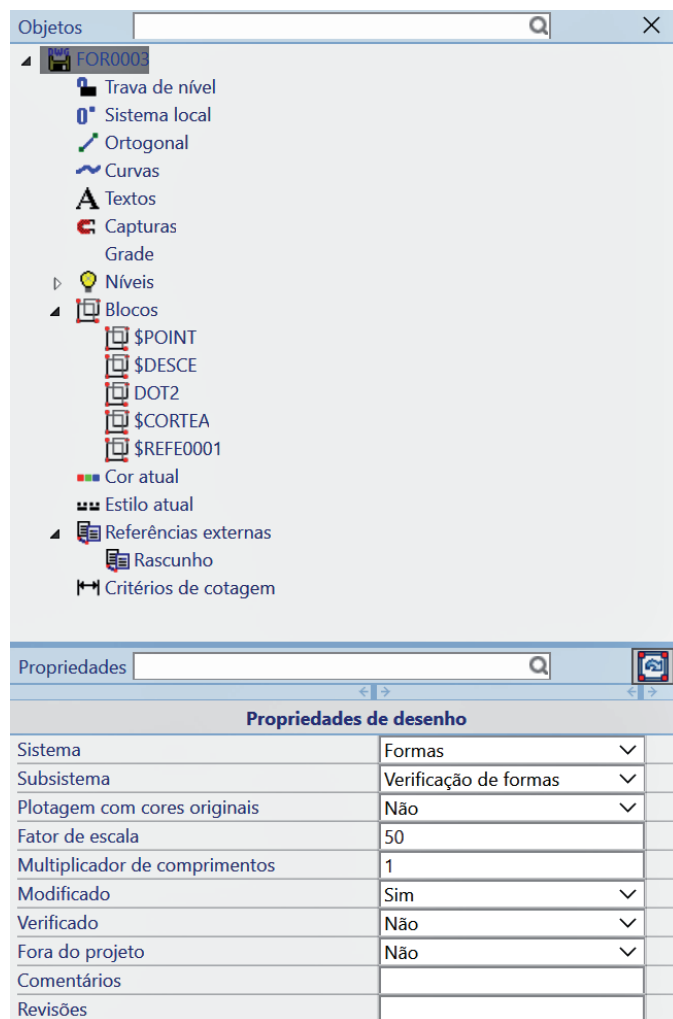
Editores gráficos

Pré-seleção dinâmica: foram criados recursos de acendimento dinâmico dos elementos durante a pré-seleção. Em todos os editores, os objetos sujeitos à seleção são acesos tanto no movimento do mouse, quanto no fornecimento do 2º ponto das janelas de seleção:

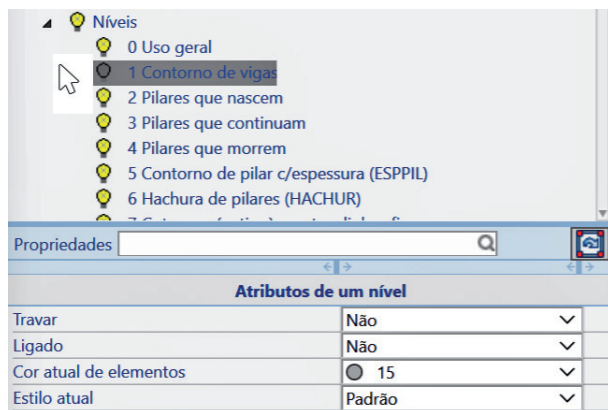


Os comandos passaram a mostrar os possíveis atalhos durante a execução, facilitando o aprendizado de novos modos de trabalho.

As janelas de propriedades já existiam em alguns editores, como modelador e edição rápida de armaduras de vigas. Agora estão disponíveis em todos os editores de desenho. As janelas são divididas em duas partes: uma árvore com critérios globais, e uma área de propriedades. As propriedades que podem ser editadas se referem ao objeto selecionado na árvore ou no desenho.



A trava de nível, nível ligado, sistema local, ortogonal, curva lenta, texto lento, captura de coordenadas e grade podem ser invertidos clicando diretamente no ícone correspondente da árvore:

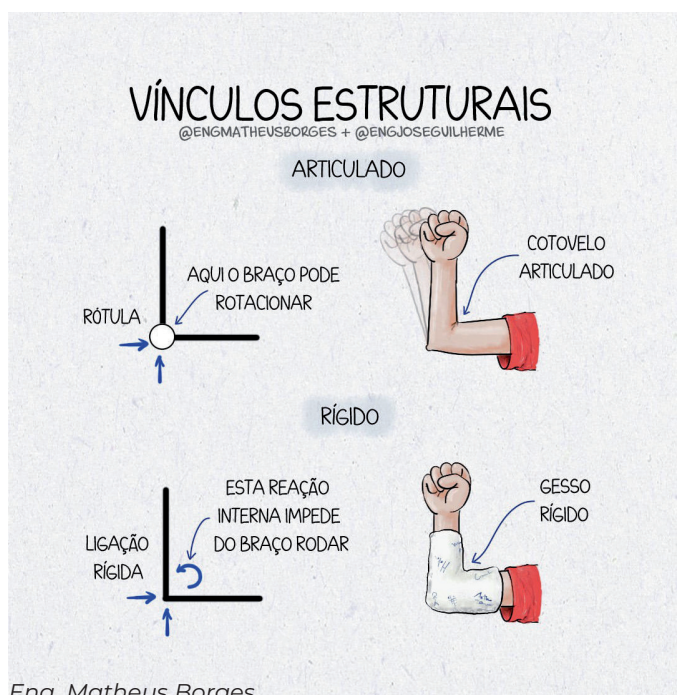


O painel propriedades é uma maneira prática de fazer pequenas alterações em elementos sem chamar as janelas de diálogo convencionais:

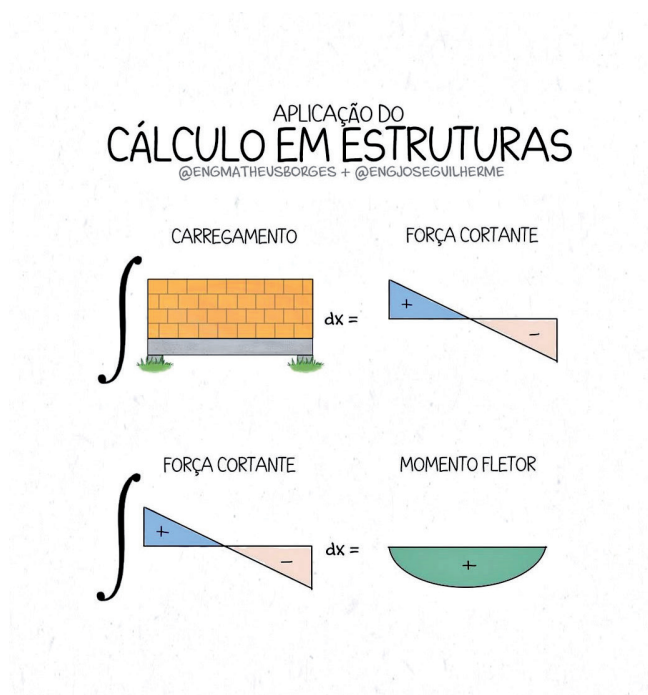


As alterações podem ser feitas também com multiseleção. Podemos mexer diretamente em referências externas e inserir blocos, controlando o método de inserção. Na árvore, travamos níveis, giramos o siste-

ma de coordenadas e controlamos outros recursos. Objetos inteligentes, como cotagens e ferros também podem ser alterados pelo painel:



Eng. Matheus Borges



O painel de propriedades passou a ser usado para mostrar os modificadores de comandos. Isto facilita entender o funcionamento dos modificadores. Por exemplo, durante a inserção de uma poligonal, o comando pode ser alterado pelas teclas F/R/X/P/D/C/L/U/W, agora mostradas no painel:

Propriedades	
Gerais	
Nível	0 - Uso geral
Cor	-1
Estilo de linha	Padrão
Plotagem com cores originais	0
Modificadores	
Trocar primeiro ponto	<F>
Distância paralela	<R>
Estender	<X>
Paralela	<P>
Paralela por 2 pontos	<D>
Ligar o último com o primeiro	<C>
Comprimento do trecho	<L>
Desfazer	<U>
Retângulo	<W>

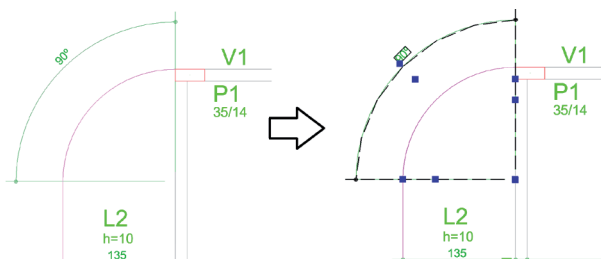
Ficou mais fácil de entender, e os modificadores podem ser acionados diretamente no painel. Os modificadores passaram a aparecer nos comandos de seleção de elementos, inserção de blocos, apagar parcial, mover, copiar, rodar, entrada de poligonais, interferência de textos, continuação de cotagem, entender, limpar intersecções, criar amebas.

Na entrada de 2º ponto de linhas, abrem-se as variáveis com deslocamento retangular e polar, que podem ser preenchidos durante a inserção. Durante a inserção de elementos com múltiplos pontos, é possível alterar propriedades como nível, cor e estilo pelo painel durante a criação de um elemento.

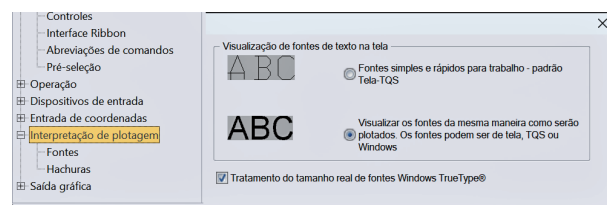
As cotagens permitem estilos diferentes nomeados e armazenados no projeto. Por exemplo, um estilo para cotagem de formas, outro para desenhos de armação:

O sistema mantém um "estilo atual", que pode ser modificado conforme a necessidade. A alteração de texto de cotagem definido pelo usuário foi centralizada nesta janela. Os critérios de cotagem são editáveis na caixa de propriedades. Este recurso foi levado também para a V25.

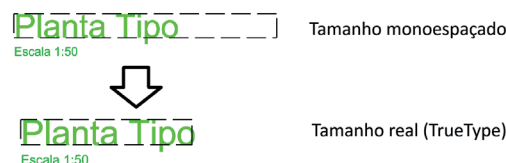
Cotagens angulares passaram a ser associativas e ser facilmente editadas por grips:



Atualmente o TQS permite visualizar os desenhos com os textos finais de plotagem, que podem ser Windows TrueType:



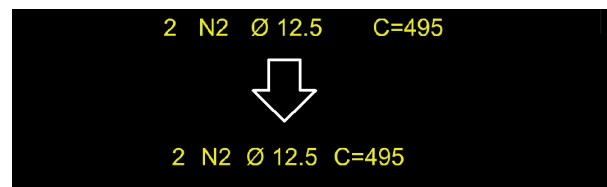
Mas os textos eram tratados como se fossem de fonte TQS monoespçada. A partir de agora, consideram-se os textos com tamanho real. Isto vale para todos os editores gráficos, tabelas e plotagem, inclusive PDF:



Além da maior facilidade de manipulação de textos, a implicação imediata é a melhoria de qualidade de desenho no uso de fontes Windows, como no alinhamento de todas as tabelas geradas em desenho pelo TQS, incluindo a tabela de ferros:

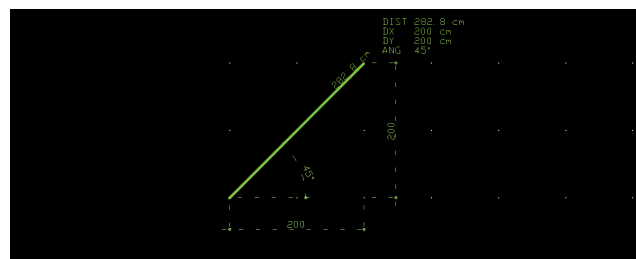
COMPRIMENTO		COMPRIMENTO	
UNIT	TOTAL	UNIT	TOTAL
cm	cm	cm	cm
590	1770 ¹	590	1770 ¹
495	990 ¹	495	990 ¹
455	455 ¹	455	455 ¹
363	5808 ¹	363	5808 ¹
427	6832 ¹	427	6832 ¹

e em programas que por facilidade desenhavam textos separados para edição:



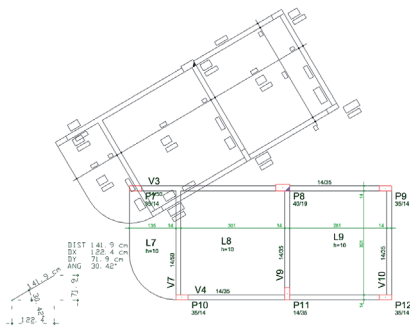
O enquadramento de notas e multitextos também foi afetado. A localização dos textos dentro do editor foi melhorada, com mais pontos aceitos dentro do retângulo envolvente do texto.

O valor padrão para a altura de texto da ajuda visual da linha elástica passou de 8 para 12 pixels (maior e mais visível nos monitores grandes). A cor padrão idem passou de 86 para 84 (mais clara no fundo preto).

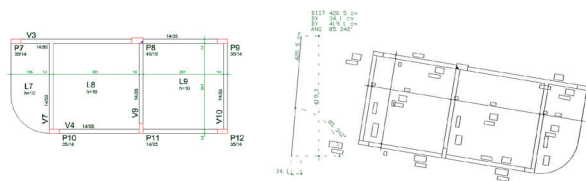


Os editores gráficos em modo 3D agora interpretam fontes em negrito e itálico.

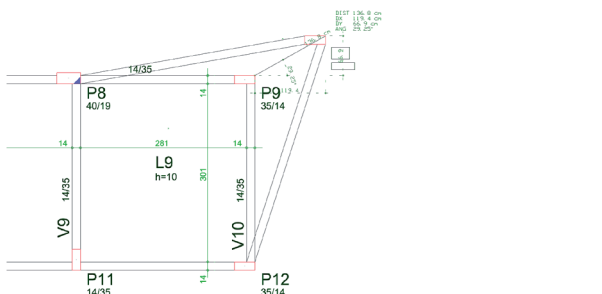
O comando de rotação passou a ter uma nova ordem de entrada. O ângulo passou a ser fornecido por último, arrastando dinamicamente os objetos selecionados em torno do ponto de rotação. O modificador <R> permite definir uma reta de referência de ângulo.



O comando de espelhamento tem arrasto dinâmico dos objetos em relação à linha de espelhamento sendo definida:

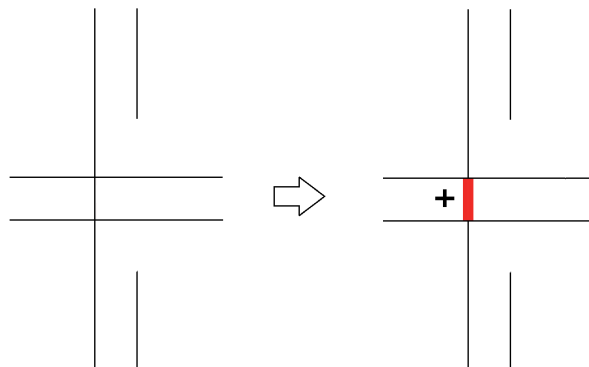


O mesmo se aplica ao mover parcial:

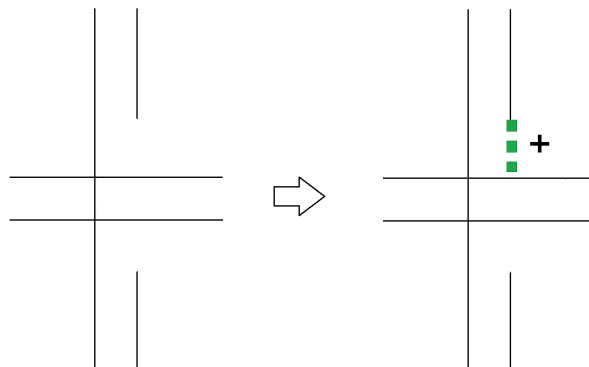


E além destes, diversas construções de criação de arcos, círculos e polígonos regulares e operações com paralelas ganharam arrasto dinâmico durante a inserção.

Os comandos de limpeza de intersecções e de extensão de linhas foram reestruturados, e passaram a funcionar de maneira complementar. Por exemplo, ao acionar a limpeza de intersecções no cruzamento abaixo, podemos selecionar todos os elementos do desenho como "cortantes" através da seleção global <G>. Depois, qualquer linha candidata a ser cortada aparece em vermelho:

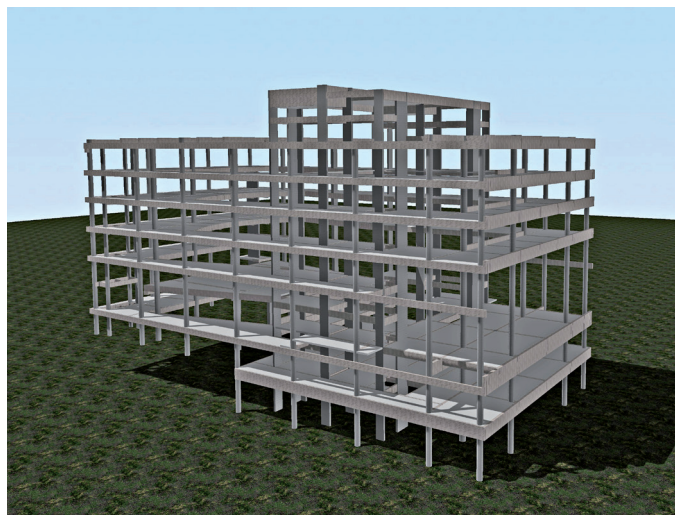
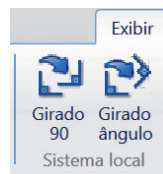


O comando pede repetidamente pela seleção de linhas a cortar. Mas ao mesmo tempo, se apertarmos e segurarmos o <Shift>, o comando em vez disto estenderá linhas selecionadas:

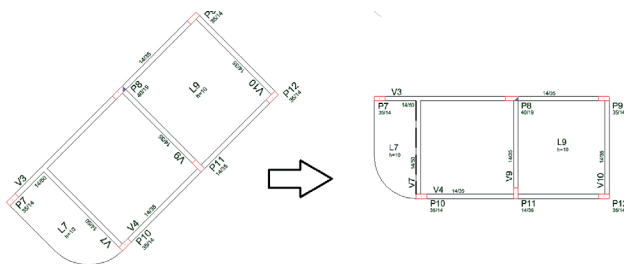


As linhas a estender aparecem em verde. O comando de estender, tem comportamento semelhante: ao apertar <Shift>, o comando muda para limpar intersecções. Estes comandos passaram a funcionar com arcos e círculos. Além disto, explodem blocos e objetos inteligentes se necessário, e permitem *undo* da última entrada.

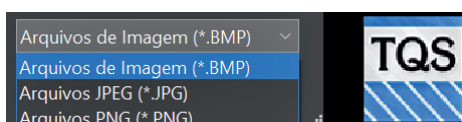
Trabalhar em planta com a maioria das linhas fora dos eixos globais ortogonais ficou mais fácil, com a possibilidade de giro do sistema local.



Por exemplo, se você tem uma parte de planta de formas a 45°, defina um sistema local de -45°, e trabalhe como se estivesse ortogonal aos eixos globais:



O sistema ajusta o ângulo do ortogonal girado ao mesmo tempo, para que a direção da linha elástica coincida com o da estrutura no novo sistema. O novo atalho para este comando é <Shift><F11>.

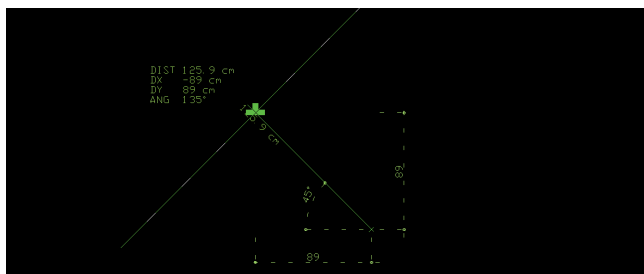
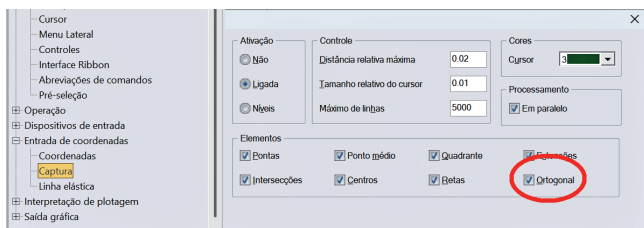


O editor gráfico foi adaptado para a leitura de arquivos de imagem PNG, comuns atualmente.

Agora, temos dois formatos de inserção de imagens no desenho: as imagens por referência (como é atualmente) e as imagens embutidas. As imagens embutidas são um novo objeto gráfico, contido no DWG.

Qual a diferença entre usar imagens por referência ou embutidas? As imagens por referência são um tipo de inserção de bloco com o nome do arquivo de imagem. Este arquivo tem que ser distribuído junto com o desenho, mantendo a pasta original. Se você esquecer de enviar o arquivo, quem receber não poderá ver a imagem. Já a imagem embutida vai dentro e ocupa espaço no desenho. Mas não tem o perigo de não ser distribuída. As imagens embutidas são um novo tipo de objeto gráfico no editor, que pode ser transformada como os demais objetos gráficos.

Criamos mais um tipo de *snap* para captura de coordenadas: o *snap* ortogonal:



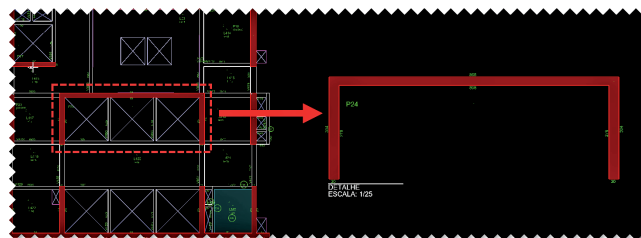
Ao executar comandos com linha elástica como o 2º ponto de uma linha, o cursor captura pontos importantes, como ponto sobre a linha, ponto médio e extremidades. O ortogonal aparece quando a linha elástica está ortogonal a uma linha sob o cursor. O símbolo mostrando esta situação lembra um "T" de cabeça pra baixo.

Viewport

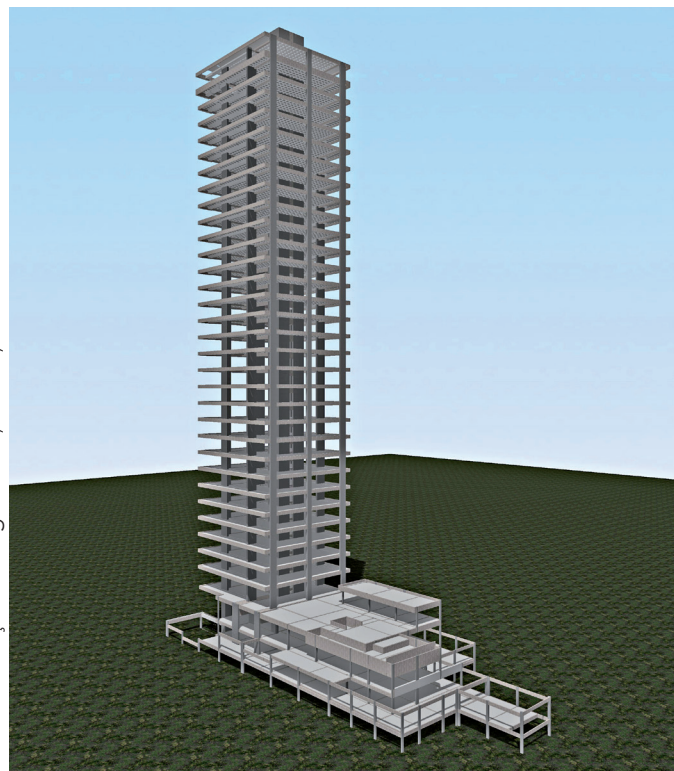
Agora é possível inserir *viewports* em desenhos DWG.

Um *viewport* é uma inserção especial de um desenho dentro de outro.

Diferente da referência externa, o *viewport* pode recortar uma região do desenho referenciado e adicionar elementos gráficos complementares, sem alterar o desenho original. Todas as entidades adicionais ficam contidas no *viewport*, o que o torna ideal para referenciar detalhes.

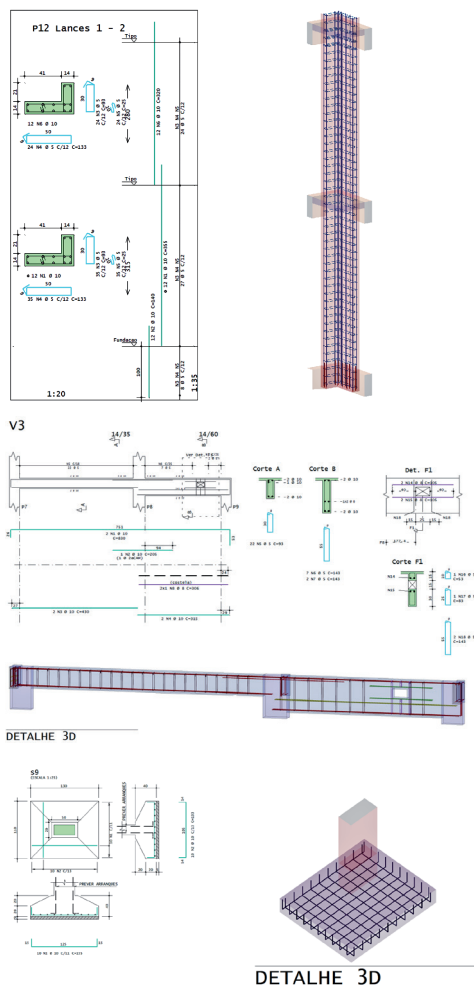


Também implementamos o *viewport* para desenhos 3D. Ou seja, em um DWG, agora é possível incorporar detalhes 3D utilizando o modelo 3D do edifício ou até mesmo uma cena personalizada, criada pelo EAG 3D.



SOLEST Serviços de Engenharia, Belém, PA

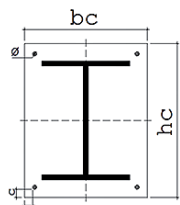
Criamos comandos para facilitar a inserção de view-ports, como a inserção automática de detalhes 3D em desenhos de vigas, pilares e fundações do edifício.



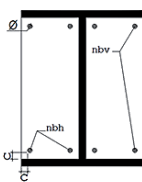
Modelador

Foram desenvolvidos pilares mistos de concreto com perfis metálicos, integrados ao MetalCheck®. São previstos pilares retangulares ou circulares, com perfil revestido, parcialmente revestido ou preenchido:

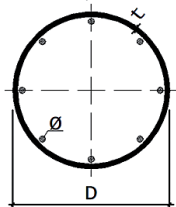
Retangular revestido



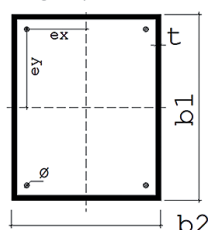
Retangular parcialmente revestido



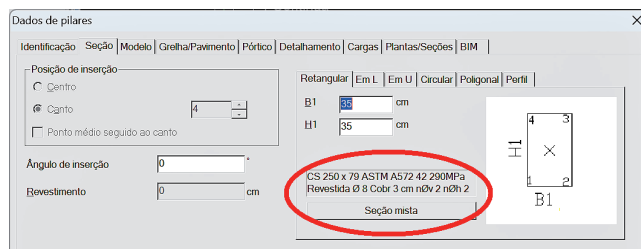
Circular preenchido



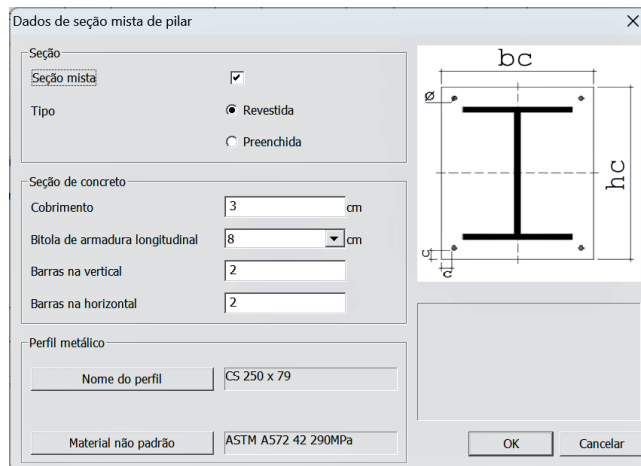
Retangular preenchido



A edição dos dados é feita por um botão, na janela de dados de pilares, aba "Seções":

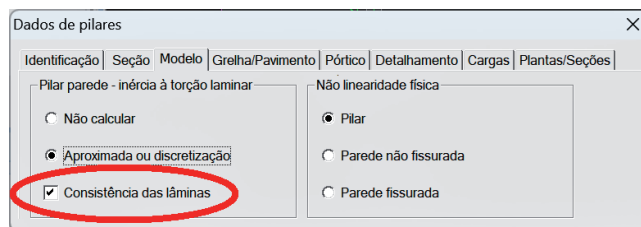


Esta por sua vez abre outra janela com os dados necessários para definir a seção mista:

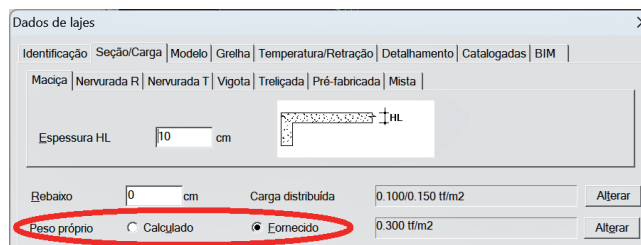


O dimensionamento e detalhamento destes pilares é feito por integração com o MetalCheck®. Você pode chamar o MetalCheck a partir do Modelador, e exportar e importar pilares.

A consistência de lâminas para pilares paredes discretizados pode ser desligada para a simulação de descontinuidades no pilar:

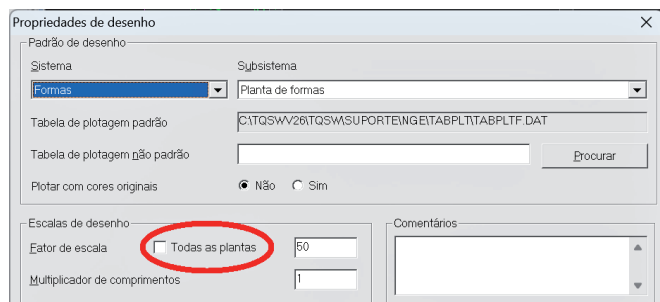


Para facilitar a modelagem de qualquer tipo de laje, todos os tipos podem ter o seu peso próprio definido manualmente:



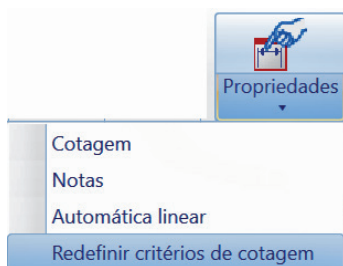
Para lembrar o engenheiro que esta opção foi ativada, o Modelador mostra na consistência de dados quando isto acontece.

A escala de desenho de plantas do Modelador, que é um parâmetro independente por planta, pode ser levada de uma vez a todas as plantas, através de atributo na caixa de propriedades de desenho:



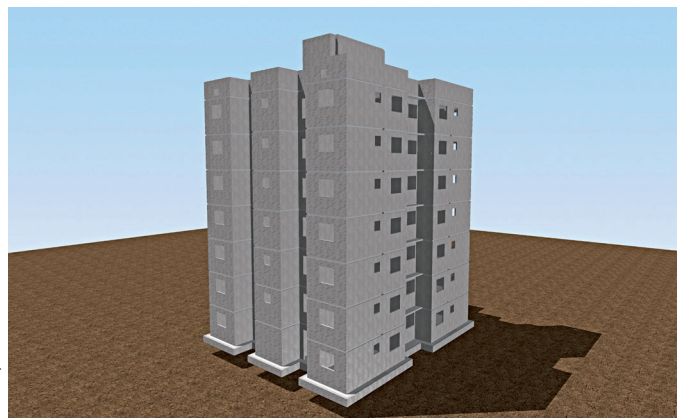
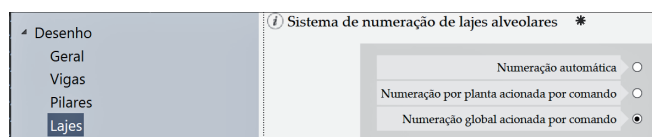
As cotagens associativas do modelador passam a ser salvas também como cotagens associativas no desenho de formas.

Para que os modelos não sejam afetados por alterações externas de critérios, os critérios de cotação são lidos quando um modelo novo é criado e mantidos até o fim. Para recarregar critérios de cotação alterados, use o comando:



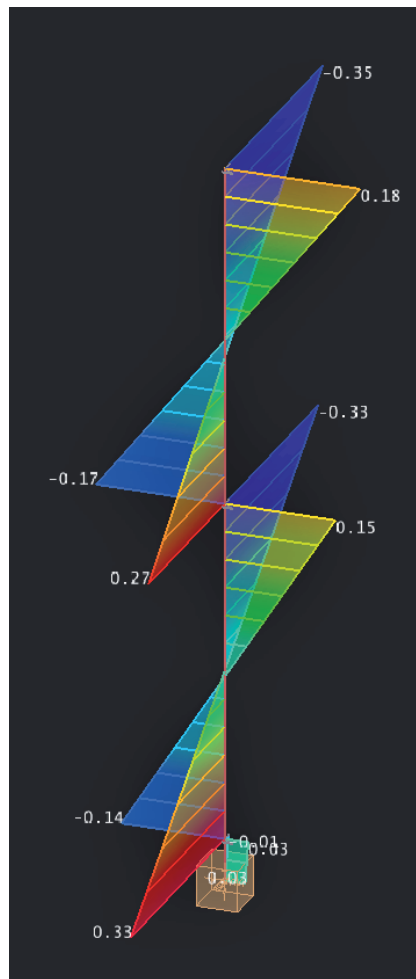
Pré-moldados no modelador

A numeração de lajes alveolares pode ter controle global, isto é, a posição LA01 de um elemento em uma planta pode ser igual ao LA01 de outra. O tipo de controle independente por planta ou global é definido no arquivo de critérios.

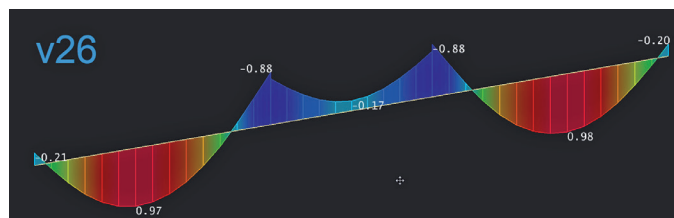
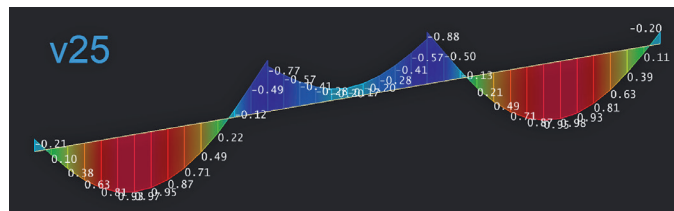


Visualizadores de pórtico e grelha

Nova opção para visualizar diagramas My e Mz simultaneamente no visualizador de pórtico e grelha



Eliminação de textos em pontos não significativos dos diagramas



O comando salvar DWG agora inclui as tabelas de reações de apoio, legendas de gradiente de cores e outros elementos que se sobrepõem à visualização.

Melhoria no comando de buscar nó, com exibição de informações sobre o nó procurado.

BIM

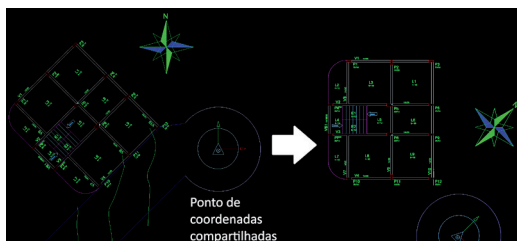
Um problema antigo entre projetistas de diferentes modalidades é compartilhar as coordenadas de projeto. Trata-se de uma área não normalizada, e que varia de projeto para projeto. Atualmente, com o BIM, o responsável por esta sincronização é o coordenador de projeto, ou o *Bim Manager*. A maneira mais antiga de compartilhar coordenadas é a chamada “Origem a origem”. Trata-se de convencionar um ponto (0,0) de projeto a ser usado por todos os projetistas. Esta maneira ainda é muitas vezes usada, tendo um desenho CAD como referência.

O que fizemos na V26 foi tornar mais fácil o uso de um dos modos de compartilhamento de coordenadas do Revit®: o ponto base e o ponto de levantamento topográfico (*Project base point and survey point*).

Definimos o “Ponto de coordenadas compartilhadas”. Trata-se de um ponto comum a todos os projetistas, coincidente com o ponto de levantamento topográfico no Revit. Este ponto tem coordenadas UTM conhecidas. Você define este ponto na aba “BIM” do modelador:

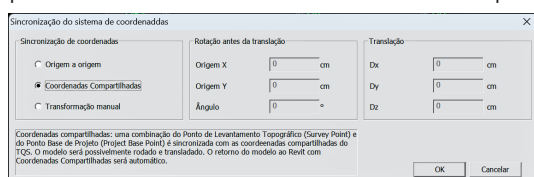


No exemplo a seguir, à esquerda temos o modelo posicionado em relação às coordenadas compartilhadas, com eixos a 45° em relação à horizontal, e o sistema compartilhado com eixo Y apontando para o norte verdadeiro:



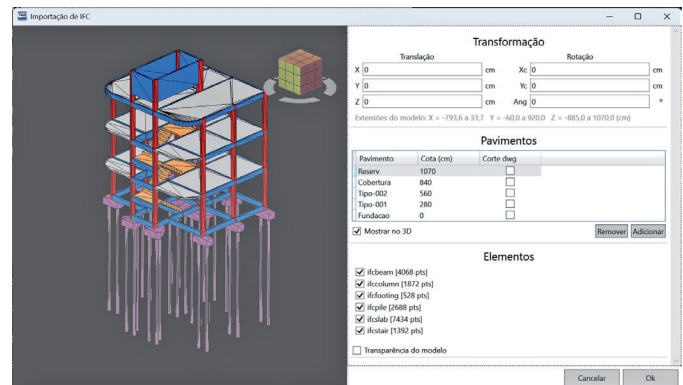
Então, podemos modelar como à direita, com um sistema local de eixos ortogonais com X horizontal, desde que posicionemos corretamente o ponto de coordenadas compartilhadas. Ele será girado a -45°, para manter a coerência. O importante, é que o ponto com coordenadas conhecidas tenha distância e ângulo em relação ao modelo coerente.

O ponto de coordenadas compartilhadas é exportado para o Revit. Na importação do modelo TQS dentro do *plugin* Revit, para respeitar o posicionamento deste ponto, é necessário especificar o que se deseja importar considerando o ponto base e o ponto de levantamento topográfico. Da mesma maneira, todas as importações de arquivo RTQ para o TQS, incluindo o modelo estrutural, paredes e tubos, podem ter especificado o uso de coordenadas compartilhadas.

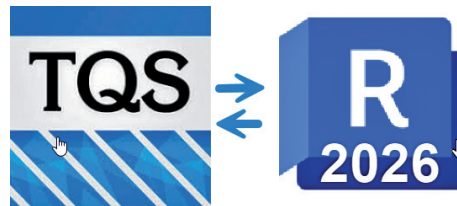


Para maior flexibilidade, agora as telas de importação dão a opção de escolher entre manter o sistema de coordenadas (origem a origem), usar as coordenadas compartilhadas, ou ainda, especificar uma transformação geométrica manual para sincronizar os modelos.

Melhorias na pré-visualização de importação de IFC: modo transparente, indicação gráfica de elementos de uma categoria e número de nós de todos os elementos em uma categoria.



Lançamento do novo *plugin* TQS para Revit, compatível com Revit 2026.



Foi criada mais uma categoria de título de viga por vão para facilitar do lado do Revit identificar a continuidade das vigas. O título das vigas gravados no Revit é sempre o título padrão, independente do vão.

Pegada de carbono

Continuando nosso trabalho de ajudar na coleta de índices do projeto estrutural com o objetivo de comparar projetos e indicar o menor consumo de carbono, passamos a exportar índices de carbono em um formato que será compatível com os sistemas SIDAC (Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção) e BIP (Benchmark Iterativo para Projetos de Baixo Carbono).

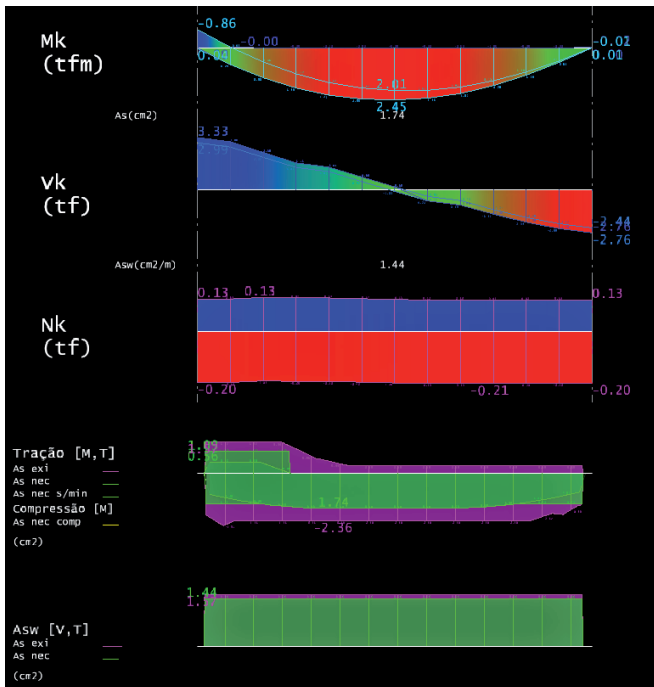


Os pré-requisitos de projeto para a exportação deste arquivo são mostrados no momento da exportação.

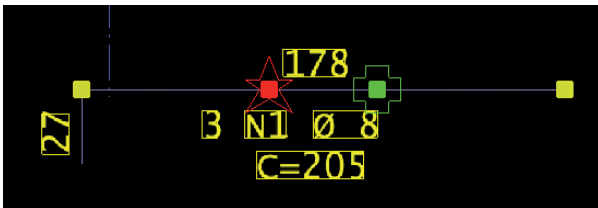
Editor rápido de armaduras

Reformulação do editor rápido com várias melhorias:

- Diagramas remodelados.



- Edição interativa com grips: agrupar, juntar, alterar ponta.



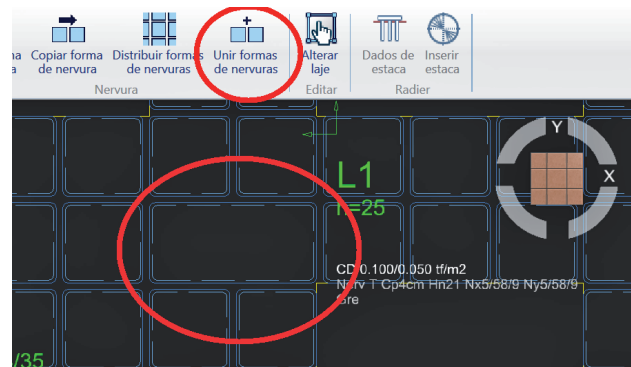
- Edição das armaduras com duplo clique e apagar armadura com <F5>.
- Verificação do momento mínimo.
- Edição do estribo interno na configuração com 4 e 6 ramos.
- Ajuste na consideração do diâmetro diferenciado de estribo interno na verificação da viga.

Em furos em vigas, foram adicionadas algumas melhorias, tais como:

- Novo critério para desenhar quantidade de ferros no lugar no número da posição nos cortes.
- Otimização no dimensionamento da armadura de suspensão nas laterais do furo.

Lajes

Um novo comando une formas de nervuras através de dispositivos tipo "anuladores de nervura".



O coeficiente de aderência, usado para calcular o comprimento de ancoragem de barras de aço, foi alterado de 1.40 para 1.00 quando a norma atual é a NBR-6118-2023 e o aço CA60.



Eng. Sérgio Santos

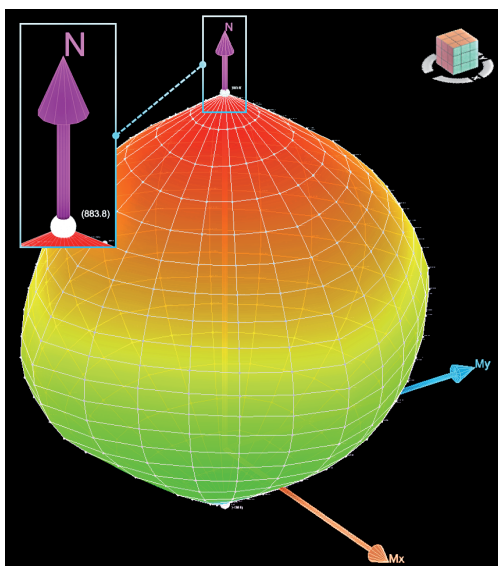
@josesergiodossantos

Pilar

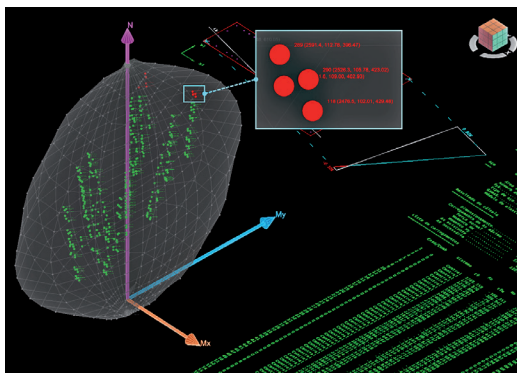
- Após vários testes e pesquisa, conseguimos reduzir significativamente o tempo de processamento de pilares-parede discretizados.



- Novo comando que monta curva de interação 3D no editor rápido de armaduras.



- Essa nova curva de interação 3D também está disponível em outros locais, tais como no comando de verificação do editor rápido de armaduras, na calculadora a flexão composta oblíqua, no visualizador de efeitos de 2ª ordem e na calculadora do Alvest.



- Foi introduzida uma nova verificação de cortante em pilares.

Cisalhamento

Lance	Pavimento	Armadura transversal		V _{sa} /V _c (%)	
		Ø (mm)	c/ (cm)	x	y
1	Tipo	6.3	20	0 a 25.62	0 a 27.07

- Melhor tratamento dos grampos que “amarram” ou não o estribo principal por meio de novos critérios.
- Aumento do limite máximo da quantidade de combinações.

Fundações

Modelagem de blocos

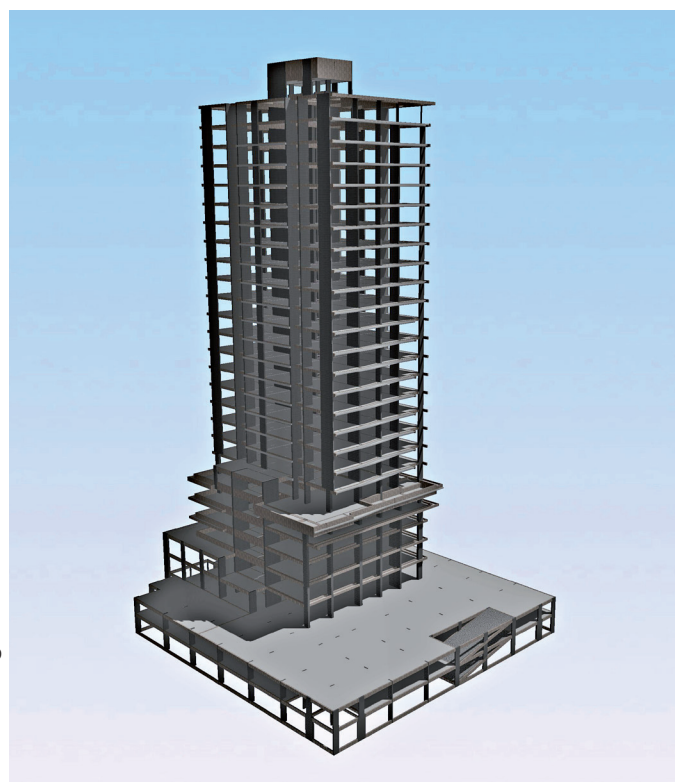
- Verificação da biela na área ampliada do pilar.

Novos critérios

Para o dimensionamento de blocos sobre uma estaca, foi implementado um novo critério para o cálculo da altura mínima do bloco. Este desenvolvimento segue as recomendações do livro *Estruturas de Concreto Armado, vol. 2*, publicado pelo IBRACON e pela ABECE, garantindo maior aderência às melhores práticas e referências técnicas do setor.

☒ Altura mínima de bloco sobre uma estaca *

☐ Balanço do bloco
☐ Dimensões do bloco em planta
☒ Diâmetro da estaca



Adicionalmente, foi aprimorado o cálculo da profundidade x sob o pilar (Método A de Fusco), que define a área ampliada onde se iniciam as bielas. Anteriormente, esse cálculo dependia de uma taxa de armadura que precisava ser estimada e escolhida via critério pelo engenheiro, que adotava um valor médio para o edifício. Na V26, esta abordagem foi automatizada: o sistema passa a ter a opção de ler e utilizar a taxa de armadura real do arranque e específica para o pilar que se apoia no bloco.

Compressão na área ampliada [método Fusco]									
Teta1 = 45 °									
Rho = 0.96 %									
X = 11.1 cm									

Planta de cargas na base de todos os pilares

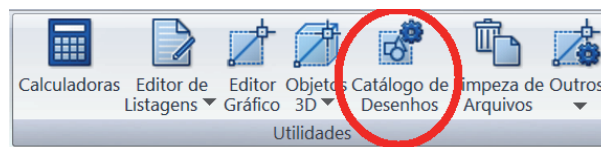
Agora é possível obter a planta de cargas da base de quaisquer pilares, sendo possível também selecionar apenas os pilares desejados.

TQS Seleção de pilares			
Pilar	Selecionado	Nasce sobre	Elemento abaixo
P1	☒	Fundação/Solo	-
P2	☒	Fundação/Solo	-
P3	☒	Fundação/Solo	-
P4	☒	Pilar/Bloco/Sapata/Tubulão	B4
P5	☒	Viga	V4 (Pav.-Tipo)
P6	☒	Laje	L1 (Pav.-Tipo)
P7	☒	Pilar/Bloco/Sapata/Tubulão	B4
P8	☒	Fundação/Solo	-
P10	☒	Fundação/Solo	-
P11	☒	Fundação/Solo	-
P12	☒	Pilar/Bloco/Sapata/Tubulão	P3
P14	☒	Fundação/Solo	-
P9	☒	Fundação/Solo	-



Gerenciador

Um novo comando para examinar o catálogo de blocos de desenho está disponível agora no menu de “Ferramentas, Utilidades”.



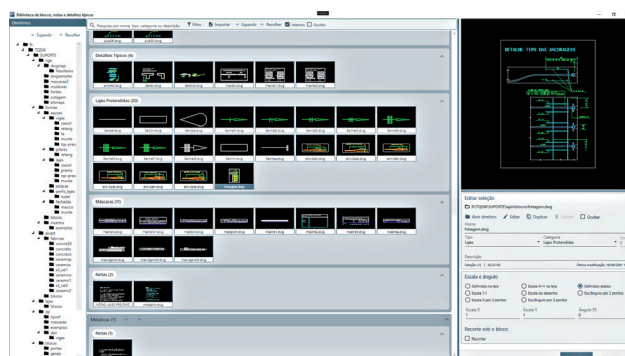
A biblioteca de blocos, notas e detalhes típicos foi completamente reformulada para facilitar a inserção de elementos gráficos nos projetos estruturais. Agora, todos os desenhos armazenados nas pastas internas do TQSW\SUPORTE são automaticamente mapeados, exibidos com visualização de miniaturas, e podem ser classificados e agrupados por tipo e categoria. O usuário pode facilmente pesquisar arquivos por nome ou descrição através de um campo de busca prático e eficiente.

A visualização prévia dos desenhos com marcadores “%” tornou-se mais intuitiva, permitindo ao usuário conferir o resultado final antes da inserção no editor gráfico. Ao inserir estes desenhos, o preenchimento dos parâmetros solicitados ocorre de maneira rápida e objetiva.

É possível realizar alterações simultâneas em diversos desenhos com a função de multiseleção, agilizando ajustes gerais de características e propriedades. Caso novos desenhos sejam adicionados diretamente nas pastas de suporte, a biblioteca reconhece automaticamente essas adições e os disponibiliza imediatamente para uso.

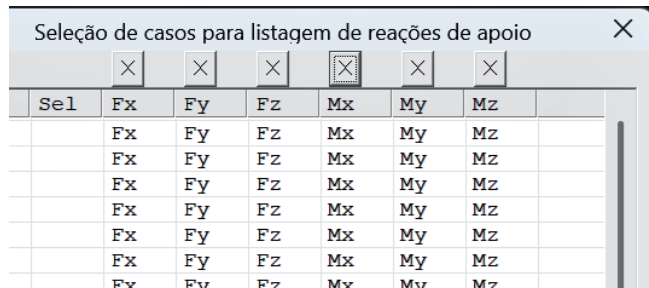
Desenhos podem ser abertos diretamente no Editor Gráfico (EAG) a partir da biblioteca, permitindo edições rápidas e simplificadas. Categorias ou arquivos específicos podem ser ocultados para otimizar o fluxo de trabalho, sendo facilmente reexibidos sempre que necessário.

A biblioteca disponibiliza também diversas notas prontas para utilização imediata nos projetos, facilitando a padronização e consistência documental. Com essas melhorias, ficou mais fácil e eficiente a visualização e gerenciamento das máscaras para tabelas, quadros, folhas e outros elementos gráficos típicos utilizados na documentação de projetos estruturais.



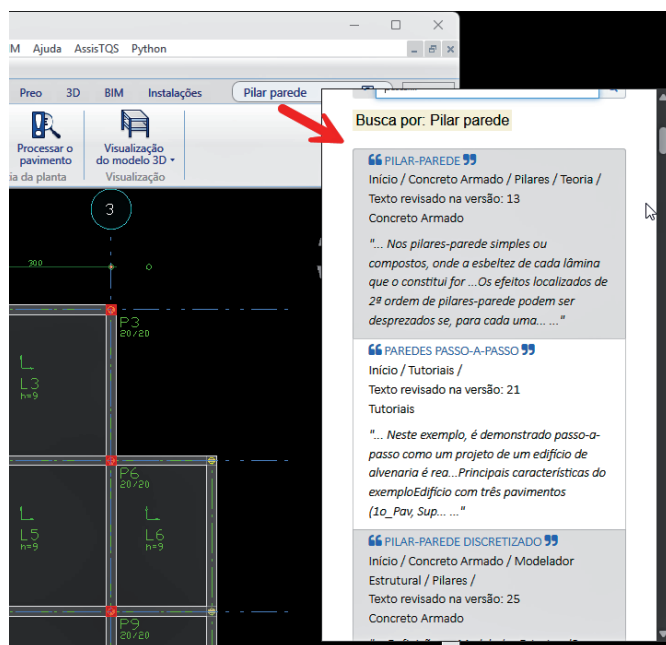
Tanto o modelador quanto o editor de dados do edifício passaram a avisar se o gerenciador está em processamento global em outra janela.

Na geração de planta de cargas, os botões “X” acima das colunas de forças permitem selecionar ou deselegionar uma força de todas as combinações de uma vez:



TQSDocs

Nova barra de busca com janela integrada. Os resultados vêm do TQSDocs, com pesquisa por IA.



Alvenaria estrutural (Alvest)

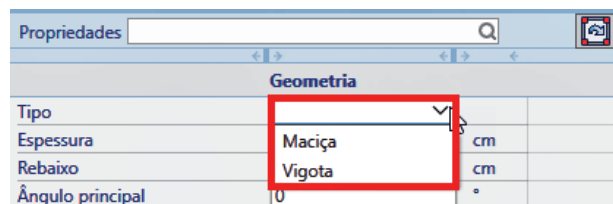
Arquivo compactado (.TQS) agora carrega referências externas no modo otimizado.

Nova modalidade de cotagem: cotagem contínua, para inserir cotas com um clique.



Melhoria no algoritmo de distribuição de blocos em cruzamentos, proporcionando mais precisão em casos de blocos impostos próximos a intersecção.

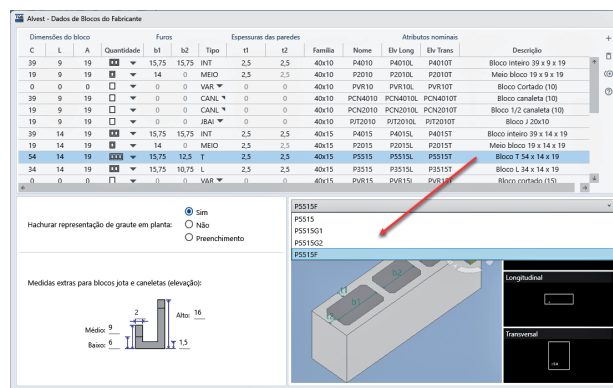
Novo tipo de laje disponível: laje vigota. Trata-se de uma laje unidirecional para distribuição de cargas.



Novo comando para espelhar grautes e copiar grautes entre pavimentos.

Editor de blocos

Dando continuidade à modernização do editor de blocos de alvenaria, iniciada na versão v25, implementamos melhorias na aplicação. Agora é possível visualizar os blocos grauteados diretamente na tela de edição, facilitando a verificação visual imediata e o acesso aos respectivos desenhos. Também foi otimizado o desempenho geral do editor, proporcionando uma experiência de uso mais fluida e rápida.



ESG – carbono da estrutura

Através do relatório de “Resumo e custos dos materiais” para alvenaria estrutural, encontra-se a seção de “Carbono incorporado na estrutura”, com a estimativa total, baseada nas quantidades extraídas do projeto e de parâmetros relacionados, editáveis para controle e precisão.

Carbono incorporado na estrutura

Estimativa de Carbono incorporado				
Pisos	Insumo	Quantidade	Peso [kgf]	Carbono [kgCO2]
4 Cxdágua	Concreto Lajes	0.54 m3	1361	245.03
	Paredes	65.10 m2	—	1484.37
	Graute	0.79 m3	1980	356.33
	Aço conv.	—	109	325.63
3 Cobertura	Concreto Lajes	3.03 m3	7569	1362.37
	Paredes	78.25 m2	—	1784.03
	Graute	1.40 m3	3493	628.70
	Aço conv.	—	240	721.29
2 Tipo	Concreto Lajes	2.30 m3	5757	1036.22
	Paredes	79.87 m2	—	1821.13
	Graute	1.47 m3	3681	662.49
	Aço conv.	—	400	1200.37
1 Tipo	Concreto Lajes	2.30 m3	5757	1036.22
	Paredes	79.87 m2	—	1821.13
	Graute	1.47 m3	3681	662.49
	Aço conv.	—	400	1200.37
Totais				16348.18

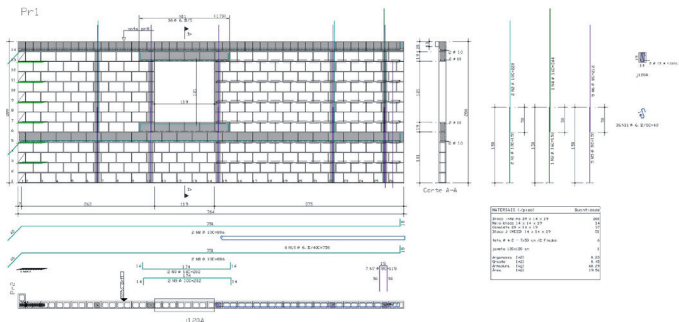
Índices de carbono cadastrados		
Insumo	Tipo	Índice kgCO2/[i]
Concreto	*	0.18 [kgf]
Aço	*	3.00 [kgf]
Graute	*	0.18 [kgf]
bl. Concreto	Alvn.Estr.	22.80 [m2]
bl. Cerâmico	Alvn.Estr.	24.50 [m2]

* Sistema utiliza valores-padrão para estimativas.

Melhorias nas representações de elevações de paredes e lista de materiais

Representação completa das armaduras, de graute e as definidas pelo usuário, no gabarito, em planta e corte/seções.

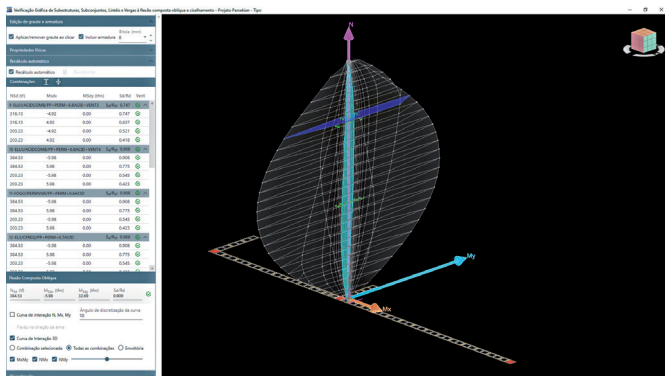
Possibilidade (por critério de projeto) de retirada da relação de resistências, no comando de lista de materiais, por elevação. Possibilidade também de adição de novos campos (área de parede e armadura).



Verificação gráfica de alvenaria

A verificação gráfica de alvenaria recebeu importantes atualizações, destacando-se a nova curva de interação 3D, que permite visualizar simultaneamente os planos MxMy, NMx e NMy. Essa melhoria proporciona uma compreensão mais clara do comportamento estrutural das subestruturas, lintéis e vergas. Agora, ao aplicar ou remover graute com um clique, o usuário pode também adicionar automaticamente uma armadura de bitola específica no centro do furo preenchido. O recálculo das combinações e a atualização da curva de interação são realizados automaticamente após cada interação do usuário. Entretanto, é possível desligar essa função para realizar diversas modificações com maior agilidade, validando posteriormente os resultados por meio de um botão específico ou reativando o recálculo automático.

Além disso, o limite de discretização foi ampliado, permitindo análises mais detalhadas de subestruturas maiores. O programa passou por uma série de otimizações técnicas, resultando em maior desempenho e estabilidade durante o uso.



Edifícios em paredes de concreto

EGS – carbono da estrutura

Através do relatório de “Resumo e custos dos materiais” para o sistema de Paredes de concreto, encontra-se a seção de “Carbono incorporado na estrutura”, com a estimativa total, baseada nas quantidades extraídas do projeto e de parâmetros relacionados, editáveis para controle e precisão.

Carbono incorporado na estrutura

Estimativa de Carbono incorporado				
Pisos	Insumo	Volume [m3]	Peso [kgf]	Carbono [kgCO2]
4 CxDágua	Concreto paredes	4.35	10873	1957.05
	Concreto Lajes	0.56	1407	253.23
	Telas soldadas		229	685.78
	Aço conv.		38	114.21
3 Cobertura	Concreto paredes	7.53	18818	3387.15
	Concreto Lajes	3.09	7729	1391.15
	Telas soldadas		229	685.78
	Aço conv.		230	689.83
2 Tipo	Concreto paredes	7.69	19220	3459.60
	Concreto Lajes	2.36	5903	1062.52
	Telas soldadas		229	685.78
	Aço conv.		246	737.05
1 Tipo	Concreto paredes	7.69	19220	3459.60
	Concreto Lajes	2.36	5903	1062.52
	Telas soldadas		229	685.78
	Aço conv.		246	737.05
Totais			90745	21054.06

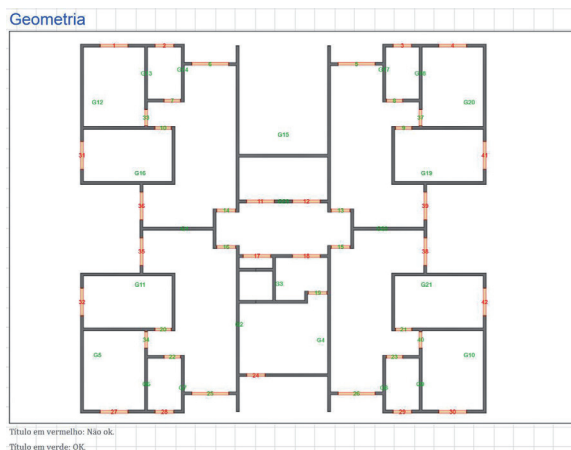
Índices de carbono cadastrados		
Insumo	Tipo	Índice kgCO2/kgf
Concreto	*	0.18
Aço	*	3.00
Concr.AA	*	0.18
Telas Soldadas	*	3.00

* Sistema utiliza valores-padrão para estimativas.

Consideração das armaduras detalhadas para tração e cisalhamento para os subconjuntos

Agora o sistema pode, com auxílio de parâmetros editáveis, contabilizar as armaduras definidas pelo usuário, na entrada gráfica, e verificar/comparar, em cada subconjunto, se as armaduras para tração e para cisalhamento existentes são suficientes, possibilitando assim a retirada automática das tarjas e das mensagens de erros por regiões com tração e por cisalhamento.

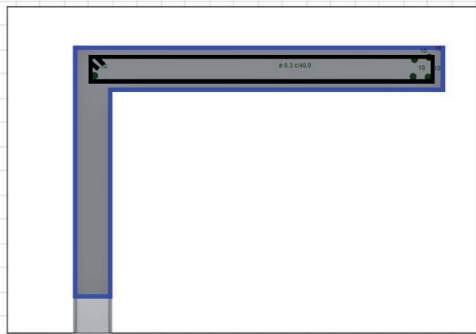
Relatório de dimensionamento



Agora o relatório dispõe dos dados e desenhos das geometrias dos elementos, além da formulação e metodologias aplicadas. Dispõe também da representação das armaduras, verificações e resultados,

facilitando muito o processo de dimensionamento e verificações dos subconjuntos.

Geometria do subconjunto



Flexo compressão

Piso	$\eta_{d, resist}$ (tf/m²)	Combinação	N_k (tf)	M_k (tfm)	$\eta_{d, 1e}$	$\eta_{d, 1d}$	$\eta_{d, 2e}$	$\eta_{d, 2d}$	$\eta_{d, c/c}$	$(\eta_{d, c/c}/\eta_{d, resist})$
1	27,763	1: Todas permanentes e acidentais dos pavimentos	3,20	0,00	2,717	2,717	2,717	2,717	2,717	0,098
		6: ELU1/ACIDCOMB/TODAS-VENT1	3,18	-6,42	2,717	2,717	20,918	-30,247	15,688	0,565
		7: ELU1/ACIDCOMB/TODAS-VENT2	3,18	6,42	-15,483	35,681	2,717	2,717	26,761	0,964
		8: ELU1/ACIDCOMB/TODAS-VENT3	3,18	1,48	-1,477	10,314	2,717	2,717	7,735	0,279
		9: ELU1/ACIDCOMB/TODAS-VENT4	3,18	-1,48	2,717	2,717	6,913	-4,881	5,185	0,187

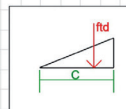
$$\eta_{d, resist} = \frac{(0,85 \cdot f_{cd} + \rho \cdot f_{scd}) \cdot t}{Div} \leq v_{d, max} \cdot f_{cd} \cdot t \quad Div = k_1 [1 + 3k_2(2 - k_2)] \geq 1,643$$

$$v_{d, max} = 0,4$$

$$\eta_{d, c/c} = \frac{3 \cdot \eta_{d, max} + \eta_{d, min}}{4} \quad (\eta_{d, min} \geq 0)$$

$$\eta_{d, resist} \geq \eta_{d, c/c}$$

$$* \eta_{d, resist} : [tf/m^2 \cdot m]$$



Armadura para Tração (Esp): 0,57 cm² - (C=31,8 cm, f_{td}=15,483 tf/m²), existente: 0,79 cm²

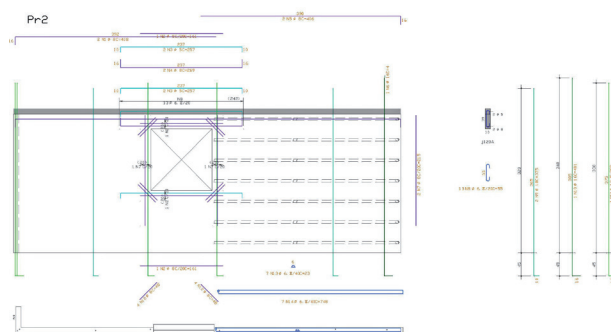
Armadura para Tração (Dir): 2,16 cm² - (C=62,1 cm, f_{td}=30,247 tf/m²), existente: 3,14 cm²

Melhorias nas representações de elevações de paredes e lista de materiais

Representação completa das armaduras convencionais definidas pelo usuário, no gabarito, em planta e também nos cortes/seções.

Retirada de tarjas de armaduras necessárias, para tração e cisalhamento, quando se definem armaduras suficientes, a cada trecho de parede verificado.

Possibilidade de adição de novo campo, armadura convencional, na lista de materiais.



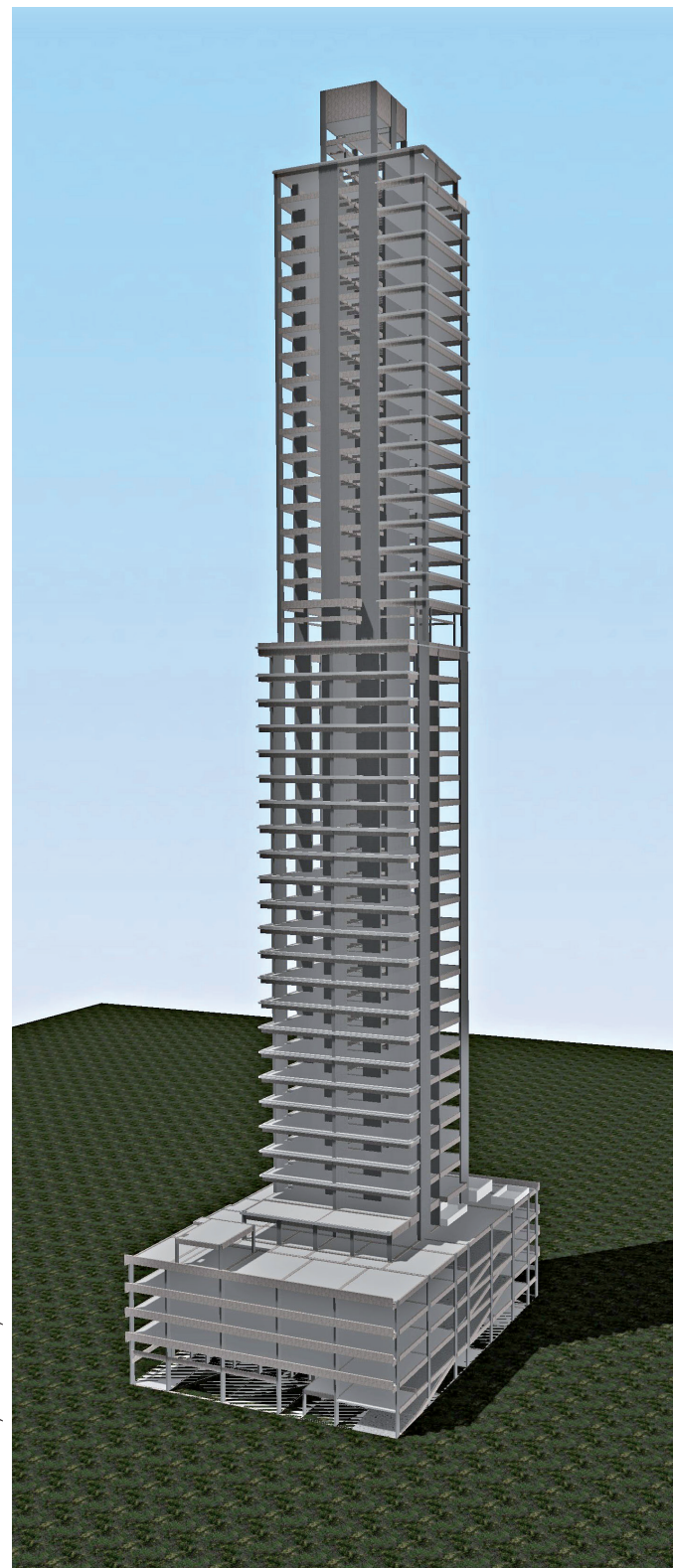
Outros desenvolvimentos

Nos ferros inteligentes, a opção de realinhamento de textos passou a funcionar para seleção múltipla de ferros.

No painel central, as plantas foram ordenadas pelo número da planta.

O antigo restaurador de *backups* foi completamente reformulado, com interface mais moderna para a res-

tauração de arquivos com extensão .BAK, que são gerados automaticamente pelo TQS a cada salvamento. Atualmente, os formatos que podem ser recuperados através do restaurador são arquivos de desenho (.DWG) e do modelador (.DAT), sendo útil principalmente na hipótese de haver arquivos corrompidos nesses formatos.



AS Estruturas, Curitiba, PR

MetalCheck

Devido à atualização da NBR 8800, no final de 2024, o MetalCheck foi modificado para implementar as alterações introduzidas pela nova versão da norma. Tanto os elementos metálicos quanto os elementos mistos de aço e concreto tiveram suas formulações revisadas, além da implementação de novos métodos de cálculo.

Para elementos metálicos comprimidos, houve alteração no cálculo do índice de esbeltez reduzido (λ_0), que deixou de considerar o fator de redução de instabilidade local (Q) em sua formulação. Com isso, a resistência de cálculo à compressão (Nc,Rd) passou a ser determinada com base na área efetiva (Aef) da seção transversal, conforme especificado na norma.

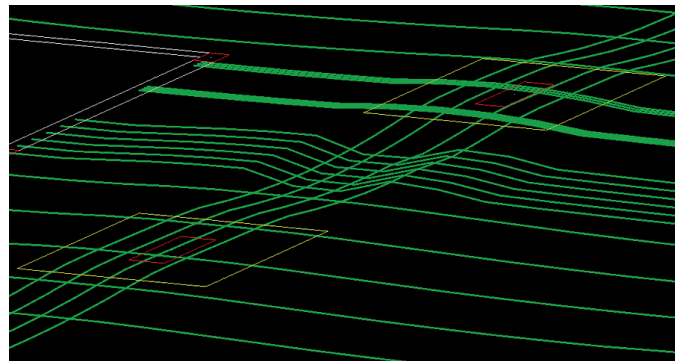
No cálculo da força cortante resistente de cálculo (VRd), houve uma pequena alteração na determinação do valor do coeficiente kv para almas sem enrijecedores transversais.

As formulações para o cálculo do momento fletor resistente de cálculo (MRd) sofreram diversas alterações, sobretudo aquelas relativas ao estado limite último de flambagem lateral por torção (FLT), tanto em vigas de alma não esbelta quanto em vigas de alma esbelta. O fator de modificação para diagrama de momento fletor não uniforme deixou de ser limitado ao valor máximo de 3,0 na maioria dos casos.

Para os pilares mistos de aço e concreto, houve mudanças na formulação da força axial resistente e do momento fletor resistente. A NBR 8800 passou a considerar o fator de redução da resistência do concreto, introduzido na versão mais recente da norma de concreto, a NBR 6118. Outra alteração importante foi a inclusão dos conceitos de seções compactas, semicompactas e esbeltas. Com essas distinções, as formulações foram adaptadas para considerar cada caso, além de incorporarem novos parâmetros.

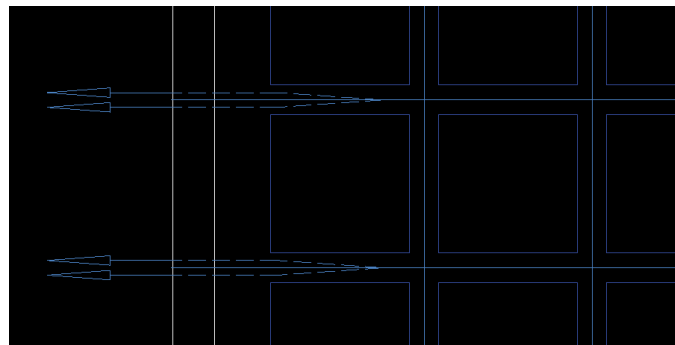
Lajes protendidas

O editor de lajes protendidas foi adaptado para usar a janela 3D. Como resultado, será possível desenhar os cabos das RPU's em 3D, assim como outros diagramas.

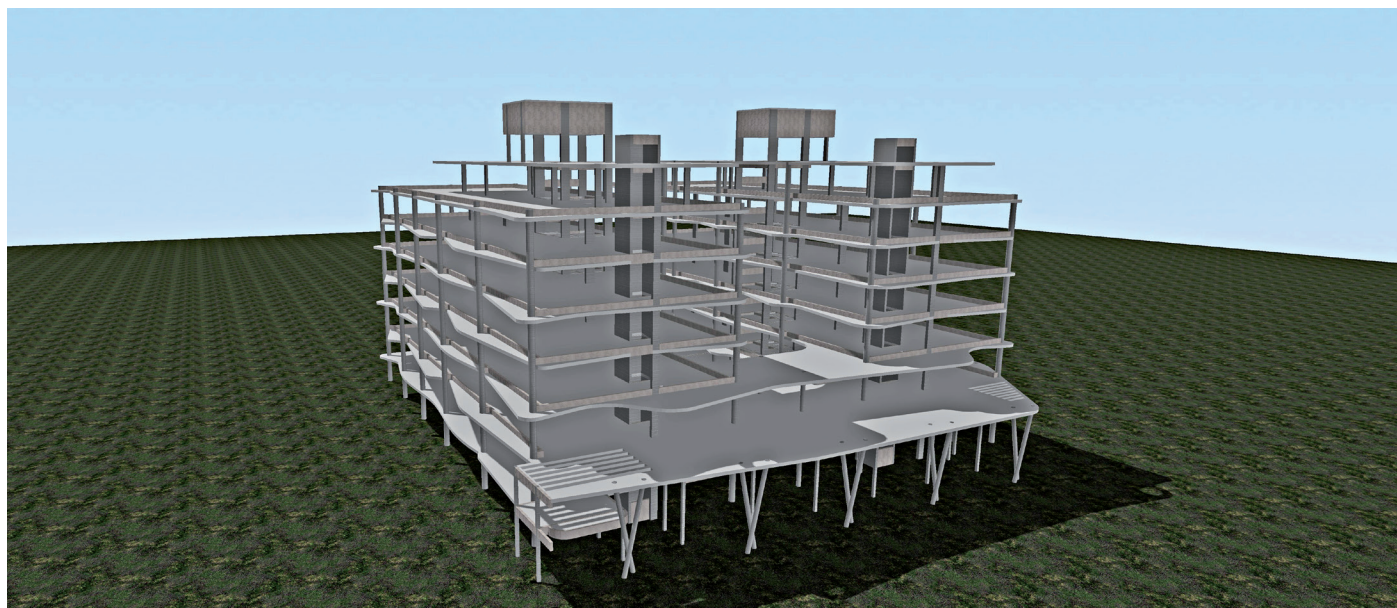


Além disso, foram introduzidas outras novidades:

- Novos blocos de ancoragem para o sistema com cordoalhas não-aderentes.



- Novo parâmetro que permite visualizar separadamente as cotas entre cabos e as cotas nas linhas adicionais de cotagem.
- Visualização do momento mínimo nos diagramas em planta.



Python

Evoluímos nas interfaces do TQS com o Python, agora na versão 3. Introduzimos a programação dos modelos estruturais de dentro do modelador, criamos mais funções de acesso e fizemos pequenas correções.

Módulo TQSEagSM

Já tínhamos como manipular modelos estruturais em batch, com o `TQSModel`. Mas só era possível operar dentro do modelador estrutural acionando comandos prontos do modelador. Apesar de ser possível alterar o DWG dentro do modelador, por se tratar de um *editor inteligente* (assim como as edições rápidas de armaduras e outros), tem uma base de dados que não é desenho, e a cada regeneração de tela o DWG é regenerado e as alterações perdidas. Mas o modelador é um editor gráfico, assim, se fizermos uma rotina chamada de menu dentro do modelador, ele receberá os objetos das classes `TQSEag.Eag` e `TQSJan.Window`:

```
def aplic_cmd1 (eag, tqsjan):
```

O módulo `TQSEag` reconhece o uso do modelador e tem uma função para retornar o modelo estrutural. A sequência para obter acesso ao modelo estrutura é:

```
sm, model, floor = eag.GetTQSModel (tqsjan)
if (sm == None):
    TQSUtl.writef ("Não é modelo estrutural")
    quit ()
```

Onde os objetos `sm`, `model` e `floor` são:

Objeto	Classe	Descrição
sm	<code>TQSEagSM.SM</code>	Modelador estrutural
model	<code>TQSModel.Model</code>	Modelo estrutural
floor	<code>TQSModel.Floor</code>	Pavimento atual dentro do modelo. <i>Container</i> dos elementos estruturais do pavimento atual.

A partir destes objetos é possível fazer manipulações dentro do modelo estrutural, mas sempre considerando a interação com o modelador. As classes específicas para uso dentro do modelador são:

- `TQSEagSM.Locate`, que faz a seleção interativa de elementos estruturais.
- `TQSEagSM.Undo` que permite que todas as operações possam ser desfeitas e refeitas.
- `TQSEagSM.View` que atualiza a geometria e a tela após operações geométricas. Ele permite também mudar a planta ou piso auxiliar atual.

As operações estão documentadas e exemplificadas através do programa `EAGME.PY` e menu `EAGME.PYMEN`.

TQSModel

Criadas funções virtuais para mover, rodar, espelhar e escalar objetos `TQSModel.SMObject` do modelador. A função `Column.ColumnGetCurrentSection` obtém a seção de um pilar válida na planta atual. A classe `floor` ganhou as propriedades `floorName` (nome da

planta atual), `height`, `elevation`, `repetition`, `FloorElevation`, `auxiliaryFloors` e `AuxiliaryFloorRecess`. A rotina da classe `Beam.GetUserNodes` retorna um objeto que permite a alteração dos nós originais de uma viga

TQSEag

Programas externos podem agora executar comandos de menu em um editor gráfico aberto. Estes comandos podem incluir scripts Python.

TQSDwg

Os flags de desenho “modificado”, “fora de projeto” e “verificado” podem ser lidos por funções da classe `TQSDwg.File`.

Criadas rotinas para alteração da geometria de ferros: `SetInsertionData`, `SetInsertionPoint` e `SetGenRebarPoint`. Ferros podem ser agora movidos, rodados, escalados e espelhados por função direta.

Textos com fonte Windows TrueType podem ter alinhamento definido e lido por iterador.

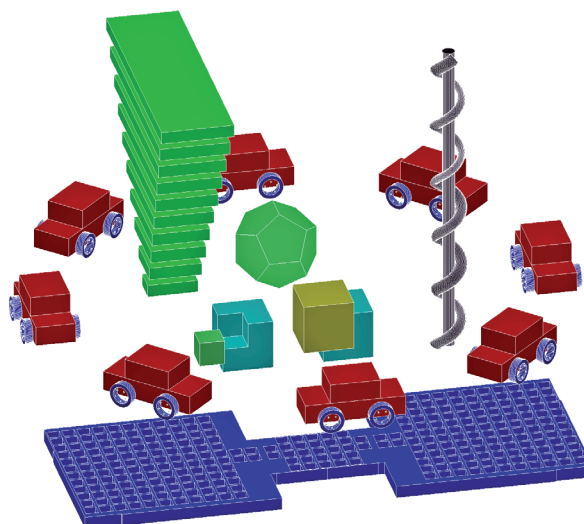
A propriedade `TQSDwg.settings`, `rebarDrawing` mostra se um desenho é ou não de armação.

Novo módulo TQSLayout

Este módulo lê e grava plantas no formato CPL. Permite por exemplo listar e manipular os desenhos entregáveis em plantas, gerar novos layouts e montar um layout para tabela de ferros de todo o edifício.

Novo módulo TQSM3d

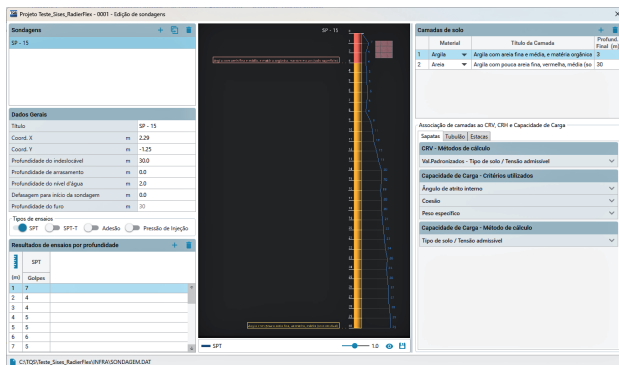
No `TQSM3d` podemos gerar modelos espaciais tipo E3D: para visualização, referência externa do modelador e exportação para o BIM. Com ele, completamos a possibilidade de gerar elementos de concreto não analisados no modelo TQS, mas que devem ser modelados e detalhados, assim como transferidos para o BIM. Os outros modos de gerar estes tipos de objeto são através do editor de objetos 3D e do gerador de objetos paramétricos. Um exemplo das possibilidades deste módulo é mostrado com o programa `TSTM3d.py`, que gera o seguinte modelo:



SISEs

Novo editor de dados de sondagens

O novo editor foi desenvolvido para simplificar o processo de criação e inserção dos dados relacionados a sondagens e camadas de solo, oferecendo uma experiência mais intuitiva, sem renunciar à robustez. Agora conta com representação 2D/3D dos furos e permite a visualização simultânea de múltiplos furos.



Editores de fundações – SISEs

Os tradicionais editores de fundações do SISEs estão sendo totalmente reescritos em C#, adotando o padrão tecnológico já utilizado nos demais programas TQS. A nova versão traz uma interface gráfica mais limpa, intuitiva e de fácil utilização. Ícones redesenhados tornam o ambiente mais visual, oferecendo uma experiência mais fluida ao engenheiro estrutural.

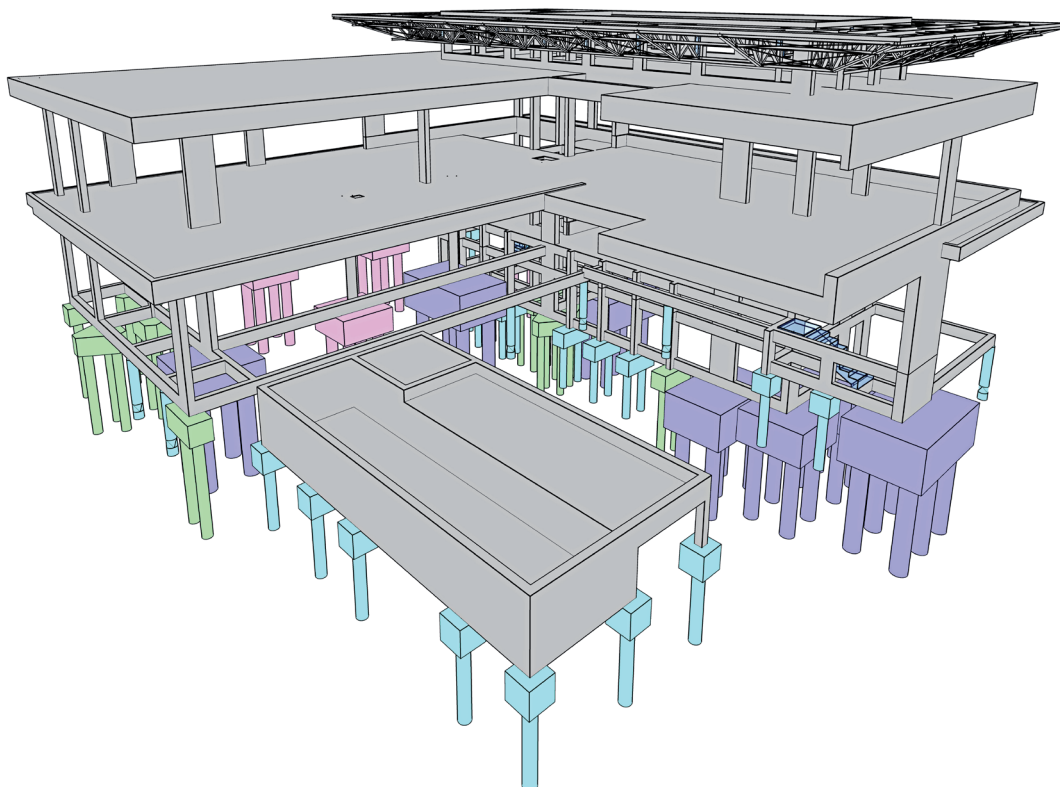
A reestruturação permite as geometrias das fundações e realizar edições com validação imediata. A organização por abas facilita o acesso às sapatas, blocos, vigas de rigidez e critérios, reunindo todas as funções essenciais num único painel. Com isso, o engenheiro estrutural passa a lançar, revisar e ajustar fundações com maior agilidade e segurança, reduzindo o número de etapas necessárias para completar cada tarefa.

Pesquisas em inteligência artificial

A equipe de desenvolvimento do TQS está atenta às rápidas evoluções no campo da inteligência artificial (IA). Em um cenário onde novas tecnologias surgem diariamente, temos realizado diversos estudos e pesquisas para explorar como a IA pode ser integrada de forma segura e útil em nossos sistemas.

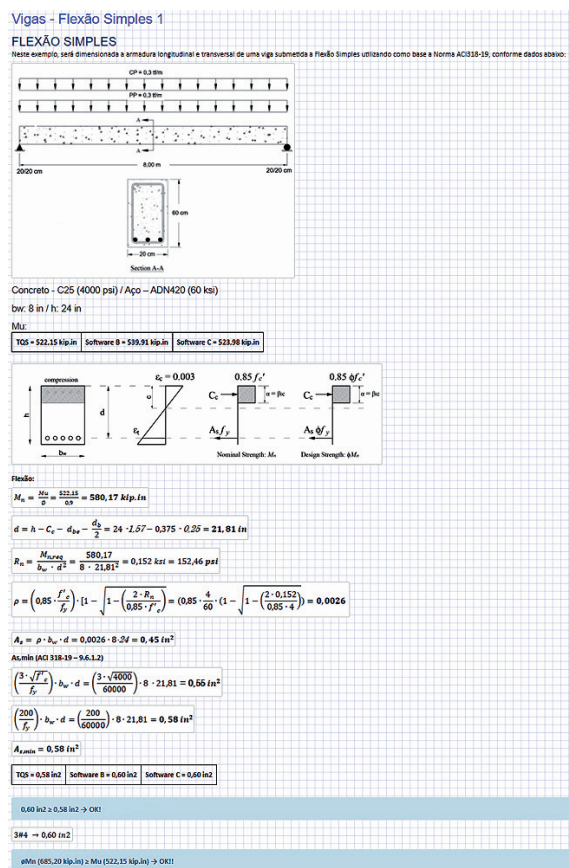
Nosso objetivo é aproveitar essa tecnologia para trazer benefícios reais aos nossos usuários, seja na otimização de processos, na assistência ao projeto ou em novas ferramentas de análise. Sabemos que este é um grande desafio, mas estamos empenhados em encontrar as melhores soluções que preservem a confiabilidade e a precisão dos nossos sistemas.

Além disso, a aplicação de ferramentas de IA nos nossos processos internos já tem acelerado a entrega de novas funcionalidades e viabilizado soluções complexas que antes eram improváveis e isso se reflete em um software ainda melhor para nossos usuários.



Internacionalização

A TQS segue realizando esforços para aumentar a internacionalização da sua marca e para isso está desenvolvendo exemplos de validação do *software*, com comparativos com outros sistemas e com publicações oficiais das Normas CIRSOC-201:2005 e ACI 318-19, de forma a demonstrar a confiabilidade dos resultados. Abaixo, um exemplo desse trabalho que está em andamento e vai estar disponível no TQSDocs.

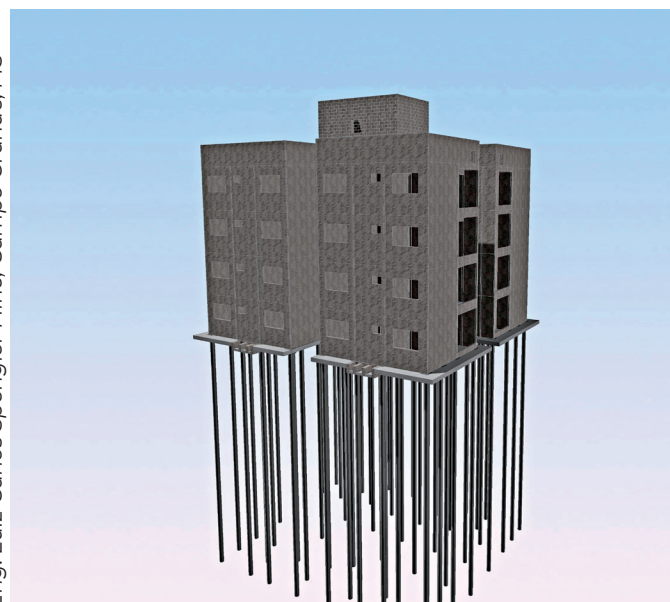


Análise Modal no solver leve

O solver leve, utilizado principalmente pelas versões estudantis, avaliação gratuita e EPP, recebeu a capacidade de fazer a análise modal dos modelos de pórtico ou pavimento.

TQS Cloud Viewer

O TQS Cloud Viewer é uma ferramenta que permite aos usuários dos Sistemas TQS a visualização do modelo 3D de seus edifícios através do app do celular (pelo aplicativo TQS disponível na App Store e Google Play) ou de um browser (celular ou computador). Os modelos são enviados para o repositório (nuvem) em formato IFC, podendo ainda incluir as armaduras já detalhadas. As características de cada elemento também são exportadas.



Análise incremental em pilares de edifícios de concreto armado¹

Por Carlos Estevão Lúcio de Paiva

Engenheiro civil, especialista em projeto de estruturas de concreto para edifícios

E-mail: carlosestevaopaiva@gmail.com

1. Introdução

Os projetos arquitetônicos são cada vez mais complexos e exigem soluções arrojadas para viabilizar essas estruturas a fim de satisfazer as demandas arquitetônicas, econômicas e garantir a segurança. Torna-se indispensável que os modelos analisados representem a estrutura de forma fidedigna.

O modelo estrutural pode ser concebido como a combinação de elementos estruturais básicos, formando sistemas estruturais que permitam representar de maneira clara todos os caminhos percorridos pelas ações, até os apoios das estruturas. Deve representar a geometria dos elementos, os carregamentos atuantes, as condições de contorno, as características e respostas dos materiais, sempre em função do objetivo específico da análise, conforme a ABNT NBR 6118 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2023).

A análise estrutural pode ser linear ou não linear. Na análise linear, os efeitos causados pela aplicação de carga, como deslocamentos, por exemplo, variam de forma proporcional à carga. Quanto à análise não linear, esta produz uma resposta que varia de forma desproporcional à aplicação de carga. Kimura (2018) esclarece que, em concreto armado, o comportamento não linear é ocasionado pela variação das características físicas ou geométricas da estrutura à medida que o carregamento é aplicado.

Tendo em vista que o objetivo das análises estruturais é simular uma edificação de modo que a resposta se aproxime ao máximo da realidade, para isso é preciso considerar os aspectos construtivos, por meio da análise incremental. Conforme Medeiros (2022), a análise incremental permite que se pesquisem resultados intermediários obtidos em cada etapa construtiva, a fim de se identificar casos de deformabilidade excessiva e de ações que superem os valores previstos.

Grande parte das ações de um projeto carrega a estrutura durante a fase de construção e essas são as causas das principais distorções entre os esforços calculados e os que atuam, de fato, na estrutura. Essas ações atuam enquanto a estrutura ainda não foi finalizada e possui módulo de elasticidade diferente do final (TQS Docs, 2024). Dessa forma, o ideal seria que fosse elaborado um modelo que representasse essa atuação sequencial das cargas, de acordo com o cronograma de construção.

O TQS considera o efeito construtivo através do critério Mulaxi (multiplicador para aumentar a rigidez axial de pilares), que causa a diminuição dos desloca-

mentos axiais, uma vez que o modelo linear não representa o que acontece na realidade. Conforme Fortes (2019), durante a construção, os pilares encurtam e os deslocamentos são parcialmente corrigidos na concretagem do pavimento seguinte, portanto, os deslocamentos finais dos pilares são inferiores aos obtidos na análise convencional.

A análise incremental pode ser realizada por meio do TQS, a partir do conhecimento dos seguintes dados:

- a) número de pavimentos construídos ao mesmo tempo;
- b) número de dias que representam uma fase construtiva;
- c) histórico de carregamentos;
- d) curva de incremento do módulo de elasticidade.

Medeiros (2022) aponta como uma desvantagem da análise incremental o alto custo computacional, quando comparada a análise convencional, na qual considera-se o edifício construído e carregado de uma vez. Porém, a realização da análise incremental no TQS é relativamente simples e o tempo de processamento vai depender da magnitude do edifício. Em edifícios altos ou complexos, a realização desta análise é ainda mais importante, e o tempo gasto com ela é justificável.

Portanto, o objetivo deste trabalho é demonstrar a importância da adoção da análise incremental na elaboração de projetos estruturais, a fim de conferir maior segurança estrutural em edifícios de concreto armado. Para isso, será modelado um edifício de concreto armado de 15 pavimentos no TQS, que será estudado a partir dos resultados das análises convencional e incremental. Os esforços e deslocamentos decorrentes das duas análises serão comparados e os resultados serão discutidos.

2. Diagnóstico da situação-problema

A realização de análises minuciosas para solucionar estruturas faz parte do exercício da engenharia de estruturas, intensificando-se com as demandas arquitetônicas cada vez mais desafiadoras. Kimura (2018) descreve a análise estrutural como a etapa em que se calculam os deslocamentos e os esforços solicitantes por meio de um modelo que simulará a estrutura real.

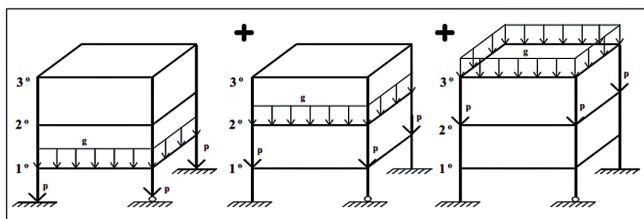
Para conceber e analisar uma estrutura complexa é importante lançar mão da utilização de *softwares*

1. Artigo de conclusão de curso, apresentado como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Projeto de Estruturas de Concreto para Edifícios, Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2024.

que viabilizem a realização dessas análises de forma “rápida”, e isso é possibilitado pelo emprego de softwares. Ibracon/Abece (2022) elenca alguns dos principais *softwares* nacionais que realizam análise, dimensionamento de elementos e desenhos: TQS, Alto QI Eberick e Cypecad (de origem espanhola).

As análises estruturais podem ser lineares ou não lineares. Conforme Ibracon/Abece (2022), na análise linear, a resposta da estrutura varia de acordo com a variação do carregamento. Para o modelo de cálculo, considera-se que a estrutura será carregada de uma vez, depois de sua construção, o que pode ser observado na figura 1.

Figura 1: Edifício com três pavimentos considerando a análise linear

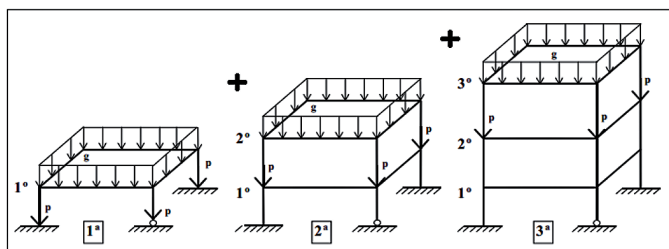


Fonte: Gorza (2000).

Kimura (2018) explica a análise não linear como uma resposta desproporcional da estrutura à medida que um carregamento é aplicado. A não linearidade é causada pela variação das características físicas ou geométricas. A não linearidade geométrica está relacionada às mudanças que ocorrem na geometria dos elementos estruturais à medida que um carregamento é aplicado, enquanto a não linearidade física, está relacionada ao comportamento dos materiais que compõem a estrutura, quando carregada.

Segundo Ibracon/Abece (2022), o efeito construtivo geralmente é negligenciado, pois a análise estrutural geralmente é feita considerando que a estrutura será carregada somente quando estiver pronta, o que não condiz com a realidade. É importante considerar o efeito construtivo e a variação das características do concreto ao longo do tempo. O número de análises deve corresponder ao número de etapas construtivas, como pode-se observar na figura 2.

Figura 2: Edifício com três pavimentos considerando a “Análise Construtiva”



Fonte: Gorza (2000).

A escolha do método fica a critério do engenheiro. Conforme Ibracon/Abece (2022), mesmo que a construção do modelo seja feita de forma quase automática, o responsável pelo projeto deve ter conhecimento teórico sólido para definir os parâmetros.

Em 1990, Moacir Kripka publicou um importante trabalho de análise incremental, o qual serve de referência até os dias de hoje. Kripka (1990) considerou o efeito incremental nas análises de alguns edifícios e verificou grandes diferenças em comparação à análise convencional, principalmente pelo fato de que, na análise convencional, acumulam-se deslocamentos dos andares inferiores aos superiores, e estes deslocamentos crescem ao longo da edificação, ainda que os andares de cima não tenham sido construídos, portanto, esses deslocamentos sejam inexistentes.

Conforme Prado (1999) ao serem introduzidas de forma incremental sobre as estruturas, as ações de peso próprio acompanham o desenvolvimento da construção e têm-se valores de esforços solicitantes e deslocamentos diferentes daqueles obtidos convencionalmente com o pavimento isolado. Esta conclusão está de acordo com Freitas (2004) que encontrou, em seu trabalho, essas divergências entre as análises convencional e incremental, e verificou em seus estudos que, nos dois primeiros pavimentos, foram encontradas as maiores discrepâncias entre as deformações.

Grande parte das ações de um projeto carrega a estrutura durante a fase de construção e essas são as causas das principais distorções entre os esforços calculados e os que atuam, de fato, na estrutura.

O ideal seria que os pilares apresentassem tensões equivalentes, no entanto, isso às vezes não é viável devido às exigências arquitetônicas. Kripka (1990) comenta que, em edifícios altos, o deslocamento diferencial vertical entre pilares adjacentes ganha maior importância, pois alguns destes são dimensionados principalmente em função do carregamento lateral. Quando isso ocorre, estes pilares possuem tensão normal bem inferior à dos demais. Então, a deformação diferencial axial entre pilares vizinhos, ao atingir valores significativos, gera uma redistribuição de esforços normais, além de esforços de cisalhamento e flexão nas vigas que unem estes pilares.

De acordo com o explanado por Kripka (1990), Rachinhas (2020) também verificou redistribuição de esforços, com a análise incremental, além de identificar elementos superdimensionados e outros subdimensionados em consequência dessas redistribuições. Para Medeiros (2022), é importante contemplar os aspectos do processo construtivo na análise de edifícios de concreto de múltiplos andares que, sob a ação de cargas verticais aplicadas ao longo de sua construção, têm os seus pilares submetidos a tensões normais significativamente diferentes entre si.

Os resultados da análise linear variam ao longo da altura, enquanto, na análise incremental, os maiores deslocamentos ocorrem no meio. Kripka (1990) explica que no procedimento convencional de análise, por acumular nos andares superiores da

edificação deslocamentos inexistentes, faz com que o deslocamento diferencial cresça ao longo da altura, atingindo valor máximo no topo desta. Na análise incremental, ele afirma que se verificam à meia altura, ou do trecho sem variação na característica de seus elementos.

Conforme Fortes (2019), parte dos deslocamentos verticais causados pelo encurtamento ocorrem durante a construção e são parcialmente corrigidos à medida que a obra avança. No momento de sua concretagem, o primeiro andar coincide com o nível absoluto, pois o único deslocamento ocorrido é o do escoramento. Na data de concretagem do piso superior, os lances dos pilares já sofreram encurtamento, provocando o deslocamento de seu topo, encontrando-se um pouco abaixo do nível de projeto. Durante toda a obra os lances de pilares encurtam e os deslocamentos são parcialmente corrigidos na concretagem do pavimento seguinte.

Segundo Ibracon/Abece (2022), o efeito construtivo geralmente é negligenciado, pois a análise estrutural geralmente é feita considerando que a estrutura será carregada somente quando estiver pronta, o que não condiz com a realidade.

Um problema decorrente dos deslocamentos diferenciais é a ocorrência de danos em elementos não estruturais. Fortes (2019) comenta que esses deslocamentos não foram contemplados na análise. São os elementos não estruturais como caixilhos, tubulações e alvenarias que podem não resistir aos esforços oriundos das deformações causadas pelo deslocamento relativo entre pisos consecutivos ou deslocamento total dos pisos, e que somente o encurtamento que ocorre depois da execução do elemento não estrutural pode provocar danos nesses elementos.

Fortes (2019) comenta também sobre o a importância do recalque de fundação, que pode ser importante na análise de múltiplos pavimentos, ainda mais quando se trata de recalques diferenciais entre pilares, mas que essa consideração não é usual pelas incertezas do comportamento do solo.

Para realizar o cálculo da análise incremental, Medeiros (2022) elenca as seguintes hipóteses:

- a estrutura do edifício é moldada em etapas;
- existe uma cronologia para a execução da estrutura, da alvenaria, dos pisos e revestimentos;
- as características do módulo de elasticidade do concreto em função do tempo são conhecidas;
- a análise de cada etapa é executada através de um modelo estrutural elástico linear isolado.

Quanto ao elenco de carregamentos atuantes na estrutura, um breve resumo acerca deste tópico é expandido por Kripka (1990):

- cargas permanentes: peso próprio dos elementos estruturais e não estruturais que atuam durante toda a existência da edificação, em edifícios altos podem corresponder a cerca de 80% do carregamento vertical total;
- cargas acidentais: cargas gravitacionais, resultantes das ações humanas e do peso dos móveis e utensílios, variando de acordo com a utilização. Por atuarem durante a construção, torna-se difícil a realização de estimativas;
- cargas de montagem: cargas devidas ao trânsito de operários, à estocagem de materiais de construção, às imperfeições nas peças estruturais pré-moldadas, entre outros;
- ação do vento: a força do vento é um carregamento aplicado horizontalmente na estrutura, e é calculada a partir de uma velocidade média medida sobre três segundos, que pode ser excedida em média uma vez a cada 50 anos;
- ação da temperatura: depende das condições de contorno dos elementos. A variação da temperatura pode proporcionar a incorrência de deslocamentos, influenciando em seu comprimento ou curvatura;
- fluência e retração: a retração é caracterizada pela diminuição das dimensões dos elementos estruturais devido à lenta evaporação da água não consumida proveniente da reação química de endurecimento do concreto. Quanto à fluência, esta depende do carregamento e está correlacionada aos fatores: resistência do concreto, idade em que a estrutura é carregada, dimensões dos elementos e taxa de armadura.

Se não for tomado especial cuidado durante as fases de construção, as cargas a serem suportadas pelos andares que estão servindo de apoio provavelmente superarão as cargas de projeto.

Sobre a ação do escoramento durante a construção, Kripka (1990, p. 8-9) enfatiza que:

Em edificações de concreto armado, normalmente são usadas escoras para que os andares recém concretados sejam suportados pelos andares inferiores. Se não for tomado especial cuidado durante as fases de construção, as cargas a serem suportadas pelos andares que estão servindo de apoio provavelmente superarão as cargas de projeto. Este problema agrava-se quando a carga acidental é pequena em relação ao peso próprio.

Segundo Kimura (2018), pode-se afirmar que 100% dos projetos levam em consideração aspectos relativos ao comportamento não linear da estrutura, seja de forma simplificada ou de maneira mais refinada. Visto que o comportamento não linear é característico das estruturas de concreto armado, fica clara a necessidade de considerar a não linearidade na análise de edifícios.

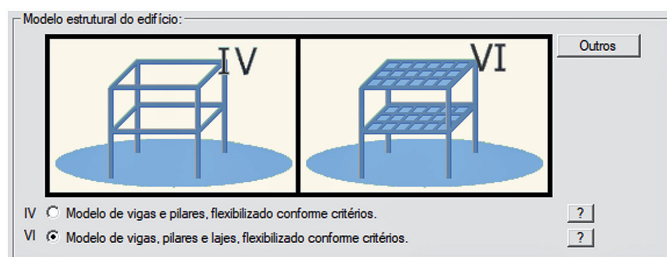
3. Metodologia

Neste trabalho foi estudado um edifício de concreto armado para efeito de comparação entre os resultados das análises convencional e incremental. O tipo de pesquisa será feito por modelagem, a partir de uma simulação de um edifício de 15 pavimentos submetido a atuação de carregamentos verticais (cargas permanentes e acidentais).

Para o estudo, será utilizado o *software* de análise e cálculo estrutural TQS, para modelar a estrutura. Na análise convencional, o TQS trata o efeito construtivo de maneira aproximada, enquanto a análise incremental é realizada a partir de um modelo refinado, que leva em consideração a ação das cargas e influência destas, à medida que a estrutura será construída, ou seja, a análise incremental é realizada a partir da geração de modelos que simulam a estrutura em diferentes etapas, e dão origem a uma envoltória, contemplando os esforços obtidos em cada etapa.

O TQS permite a análise da estrutura por dois tipos de modelagens, apresentados na figura 3.

Figura 3: Modelos estruturais do TQS



Fonte: Autor, por meio do software TQS (2024).

- Modelo IV: A partir da criação de um pórtico espacial e grelha, no qual os elementos são dispostos de maneira tridimensional, no qual, os efeitos das ações serão calculados com o pórtico espacial e as grelhas analisadas separadamente.
- Modelo VI: Permite modelar um pórtico espacial integrado, a partir de elementos que simulam pilares, vigas e lajes. Neste, as lajes passam a colaborar com a estrutura, resistindo às ações horizontais. Este modelo permite análises mais complexas.

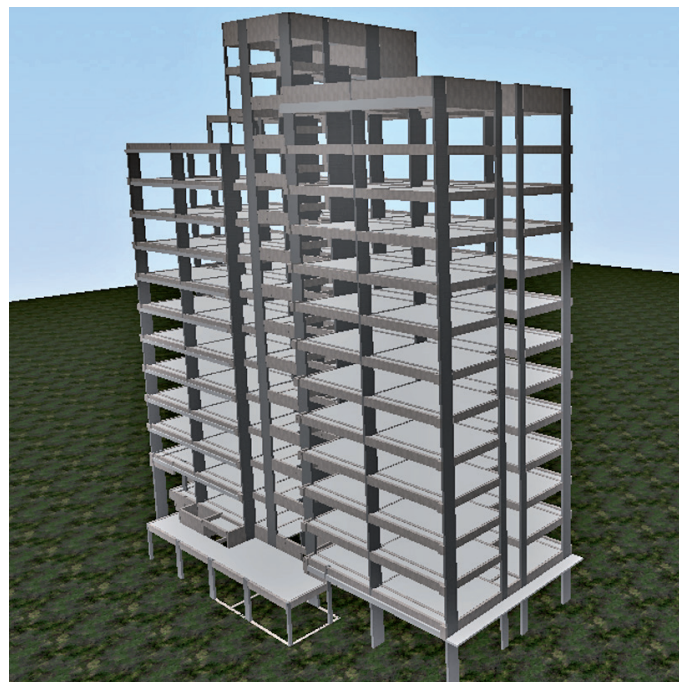
Nas duas modelagens o TQS considera o efeito construtivo de maneira aproximada.

Na análise linear, por meio do critério Mulaxi, que majora a área axial dos pilares, fazendo com que sua deformação axial seja minorada na análise estrutural, portanto, os deslocamentos axiais diferenciais entre pilares são minorados (TQS docs, 2024). Se o valor de Mulaxi = 1, o efeito construtivo seria desconsiderado. Vale ressaltar que essa consideração é válida somente para as ações verticais.

Com a análise incremental, o valor do critério Mulaxi é ignorado na análise estrutural. Logo, nessa análise, os pilares terão área axial bruta. Esta desconsideração é feita para os casos de carregamentos e para as combinações dos modelos analisados com efeito incremental (TQS docs, 2024)

O edifício utilizado neste estudo é um empreendimento residencial, situado na cidade de São Paulo, possui 43,16 metros de altura com uma torre dividida nos seguintes pavimentos: fundação, 1º pavimento, 2º pavimento, tipo, 12º pavimento, barrilete, reservatório e cobertura. O sistema estrutural do empreendimento é definido como estrutura em concreto convencional. O edifício apresentado é de autoria da Pedreira Topázio, situado na cidade de São Paulo. Uma imagem em 3D do modelo do edifício pode ser observada na figura 4.

Figura 4: Modelo estrutural em 3D (Pedreira Topázio) do edifício analisado



Fonte: Autor, por meio do software TQS (2024).

Primeiramente foi feita a concepção da estrutura e uma primeira avaliação com o modelo IV. Após a conclusão da primeira etapa de análises, com a estrutura validada, marcou-se a opção de modelo VI, em seguida, “editar edifício” e ativou-se o efeito incremental, na aba “gerais”. Após clicar na opção efeito incremental, marcou-se a opção “analisar a estrutura considerando efeito incremental”.

A ação do vento não foi considerada neste trabalho em virtude do que foi explanado por Kripka (1990) que, apesar do vento atuar sobre a estrutura desde o início da construção, a probabilidade de que seu efeito seja muito significativo durante as etapas de construção é bastante reduzida.

Quanto às hipóteses de cálculo, os valores empregados por Marques (2017) foram utilizados como referência, pois a construção de um pavimento em sete dias está de acordo com o que ocorre na execução das obras. A utilização dos valores aplicados nas respectivas fases pode ser vista como uma consideração a favor da segurança, pois a estrutura pode ser 100% carregada após a entrega, exceto se houver a atuação de carregamentos, como equipamentos ou materiais

depositados durante a sua construção. Na tabela 1, estão os valores considerados nesta análise.

Tabela 1: Modelos utilizados para análise

Histórico de carregamento no efeito construtivo		
Nº de pavimentos construídos ao mesmo tempo		1
Nº de dias que representam uma fase construtiva		7
Casos de carregamento	Parcela (%)	Fase
Todas as permanentes e acidentais dos pavimentos	0	0
	100	Final
Peso próprio	100	0
	0	Final
Cargas permanentes	0	0
	30	1
	70	2
	0	Final
Cargas acidentais	0	0
	30	1
	70	2
	0	Final

Fonte: adaptado de Marques (2017).

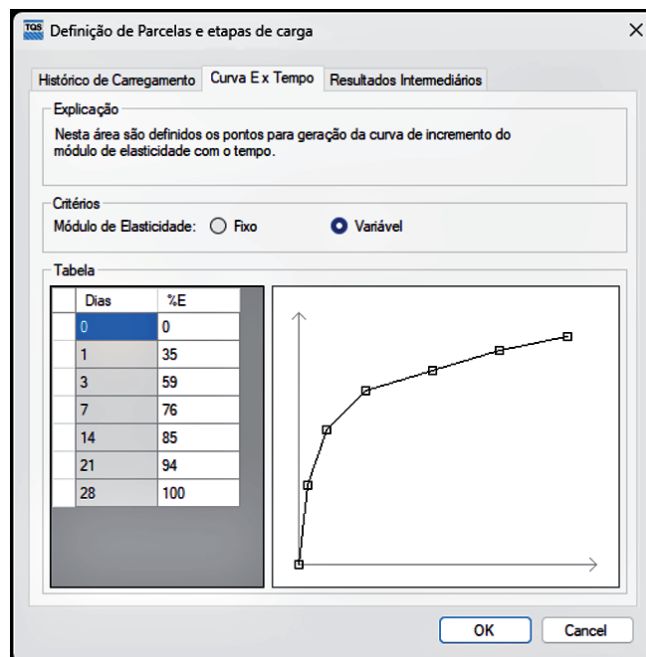
O quadro de histórico de carregamento foi preenchido conforme valores utilizados por Marques (2017). Foi definido que o peso próprio atua no instante inicial, 30% dos carregamentos permanentes e acidentais atuam na primeira fase e os 70% restantes atuam na segunda fase, como se pode observar na figura 5.

Figura 5: Histórico de carregamentos

Fonte: Autor, por meio do software TQS (2024).

Outro dado a ser preenchido é a curva “E x tempo”, a qual representa a função do módulo de elasticidade. Os dados foram obtidos do estudo realizado por Marques (2017), como apresentado na figura 6.

Figura 6: Curva “E x tempo”



Fonte: Autor, por meio do software TQS, adaptado de Marques (2017).

Após preencher os dados requeridos, o edifício foi processado e deste processamento foram obtidos os esforços dos pilares na base, apresentados na terceira coluna da tabela 2. Na segunda coluna são apresentados os esforços obtidos a partir do modelo linear, considerando $Mulaxi = 3$, valor *default* do TQS. Na terceira coluna, está apresentada a diferença percentual entre os esforços das análises. Vale ressaltar que o valor do $Mulaxi$ pode variar, a critério do autor do projeto estrutural.

Tabela 2: Comparativo de esforços nos pilares entre modelo elástico e modelo incremental.

Esforço normal característicos na base (tf)

Pilar	Modelo elástico	Modelo incremental	Diferença (%)
P1	184,61	176,32	-4,5
P2	150,55	140,94	-6,4
P3	130,43	120,74	-7,4
P4	176,99	169,06	-4,5
P5	382,49	360,10	-5,9
P6	332,02	319,70	-3,7
P7	300,09	287,49	-4,2
P8	332,87	315,35	-5,3
P9	229,57	208,28	-9,3
P10	200,93	189,06	-5,9
P11	370,99	347,87	-6,2
P12	374,24	346,10	-7,5
P13	139,51	147,54	5,8
P14	299,07	289,53	-3,2
P15	7,33	7,99	9,0
P16	12,07	13,10	8,5
P17	2,63	2,68	1,8
P18	9,35	9,13	-2,4
P19	5,52	5,30	-4,1
P20	9,01	8,82	-2,1
P21	43,09	42,41	-1,6
P22	16,21	16,05	-1,0
P24	283,14	263,27	-7,0
P25	387,30	367,15	-5,2
P26	362,87	347,91	-4,1
P27	366,96	344,40	-6,1
P28	344,56	317,73	-7,8
P29	315,45	300,98	-4,6
P30	303,59	289,88	-4,5
P31	340,21	320,74	-5,7
P32	184,46	176,02	-4,6
P33	144,57	136,54	-5,6
P34	142,55	133,21	-6,5
P35	185,66	178,33	-3,9
P37	20,89	24,80	18,7

Fonte: Autor, por meio do software TQS (2024).

4. Análise da situação-problema e proposta de solução

Este estudo compara os resultados da análise convencional e incremental, em um edifício de concreto armado com 15 pavimentos e fundação. Para a análise dos resultados foram avaliados os esforços normais nas bases dos pilares do edifício em questão. Os resultados serão discutidos com base na literatura técnica, evidenciando a importância da análise incremental em edifícios de concreto armado de múltiplos pavimentos.

Ao observar a variação de esforços para mais ou para menos, pode-se inferir que houve redistribuição dos esforços dos pilares, conforme Kripka (1990). Isso ocorre principalmente devido aos deslocamentos diferenciais. Essa redistribuição influencia diretamente nos esforços em elementos adjacentes.

A aferição das discrepâncias entre as análises deve evidenciar a necessidade da análise incremental para dimensionar os elementos corretamente, não apenas por motivo de uma possível economia, visto que houve uma redução de esforços na maioria dos pilares analisados. Mas, principalmente pela segurança, como alguns pilares podem receber mais carga do que o estimado com a análise convencional.

Pode-se dizer que a análise incremental demonstrou cálculos mais precisos, pela consideração da não linearidade e do efeito construtivo.

Pode-se dizer que a análise incremental demonstrou cálculos mais precisos, pela consideração da não linearidade e do efeito construtivo. Por meio de uma simulação no software TQS a análise foi realizada de forma relativamente simples e eficaz, o que evidencia o avanço metodológico e que já não há mais motivos para que esta análise não seja realizada em projetos de estruturas de concreto armado.

Nesta seção, serão discutidos os resultados das duas análises com base nos resultados da tabela 2. Na primeira coluna, os esforços são referentes à análise linear, na segunda, os esforços obtidos por meio da análise incremental e na terceira coluna, estão as diferenças percentuais.

A análise incremental apresentou reduções médias de 5,1% nos esforços em relação ao modelo elástico. Essa redução é significativa, pois indica uma melhoria na precisão dos cálculos. Os pilares foram divididos em três grupos: pilares de torre, pilares até o segundo pavimento e pilares até o terceiro pavimento. A partir disso, verifica-se que:

- a) pilares de torre (P1-P14, P24-P35): reduções médias de 5,5% nos esforços.
- b) pilares até o segundo pavimento (P15-P16): reduções médias de 8,5%.
- b) pilares até o primeiro pavimento (P17-P22, P37): reduções médias de 3,4%.

As análises apresentam diferenças significativas, evidenciadas pela terceira coluna da tabela 2, a qual apresenta as diferenças percentuais. Nota-se que há uma grande variação entre os esforços dos pilares, o que está relacionado ao comprimento total dos pilares. Os pilares que apresentam maiores esforços são os pilares que nascem na fundação e continuam até a cobertura. Quanto aos pilares que apresentam menores esforços na base, esses morrem até o segundo pavimento.

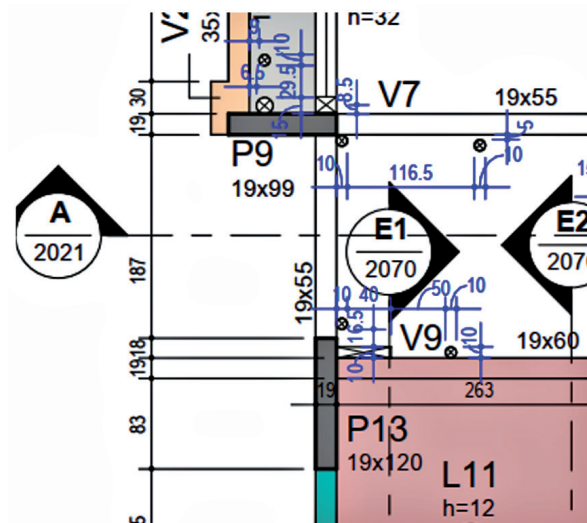
Sabe-se que o TQS considera o efeito incremental por meio do Mulaxi, um majorador para as seções axiais dos pilares. Mesmo assim, verificam-se diferenças de quase 10% em pilares de torre. Vale ressaltar que o edifício do estudo seria classificado como um edifício de porte médio. Portanto, essa variação pode ser bem mais representativa em edifícios mais altos, em virtude do comportamento não linear.

Verifica-se que as diferenças mais frequentes estão entre -4% e -6%. Tendo como variação mínima -1,8% (P17) e a maior 18,7% (P37), ambos são pilares que morrem no primeiro pavimento. Quanto aos pilares da torre, a variação máxima foi de -9,3% e a mínima de -3,7%. O P15 e o P16 morrem no segundo pavimento e apresentaram redução da ordem de 8,5%. Em resumo:

- a) pilares de torre: a análise incremental reduziu os esforços em 96% dos pilares;
- b) pilares até o segundo pavimento: reduções significativas em P15 (9%) e P16 (8,5%);
- c) pilares até o primeiro pavimento: reduções moderadas, exceto P37 (aumento de 18,7%).

A partir de agora, vamos abordar o caso do P9, que foi o pilar de torre que apresentou maior variação. É importante observar a posição do pilar P9 na estrutura, para entender o porquê dessa diferença. Com base na literatura, sabe-se que os deslocamentos diferenciais tendem a propiciar redistribuição de cargas entre pilares adjacentes. Logo observa-se, na figura 7, que próximo ao pilar P9, está o pilar P13.

Figura 7: Posição dos pilares P9 e P13 no pavimento tipo



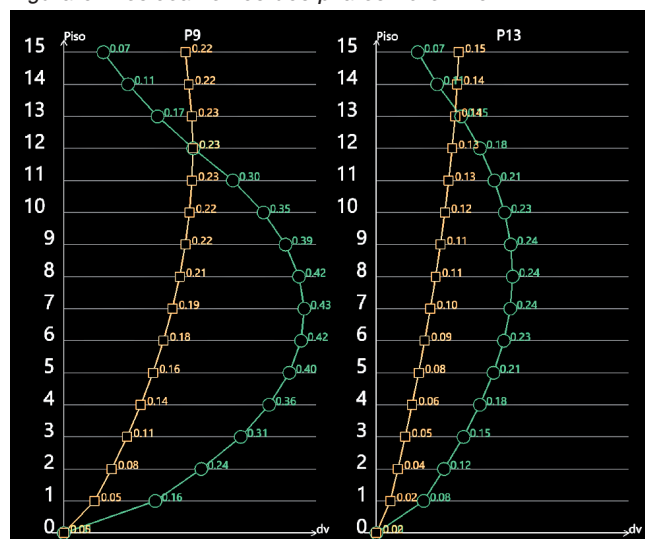
Fonte: Autor (2024).

O pilar P13 apresenta acréscimo de carga na análise incremental. Isso pode ser explicado pelo fato de o

P13 ser menos tensionado do que o P9. Este apresenta carga de 229,57 tf e possui uma área axial de 19x99, enquanto o pilar P13 tem uma área de 19x120 e um esforço na base de 139,51 tf, quase metade do esforço do P9 e uma seção axial cerca de 20% maior. O ideal seria que os pilares apresentassem tensões equivalentes, no entanto, isso não foi viável devido às exigências arquitetônicas.

Neste trabalho, encontraram-se os resultados descritos por Kripka, como se pode observar na curva de cor laranja (análise linear), na figura 8. Os deslocamentos crescem proporcionalmente à altura do pavimento, enquanto na análise não linear, os maiores deslocamentos ocorrem no meio do pilar, como mostra a curva verde da figura 8.

Figura 8: Deslocamentos dos pilares P9 e P13



Fonte: Autor, por meio do software TQS (2024).

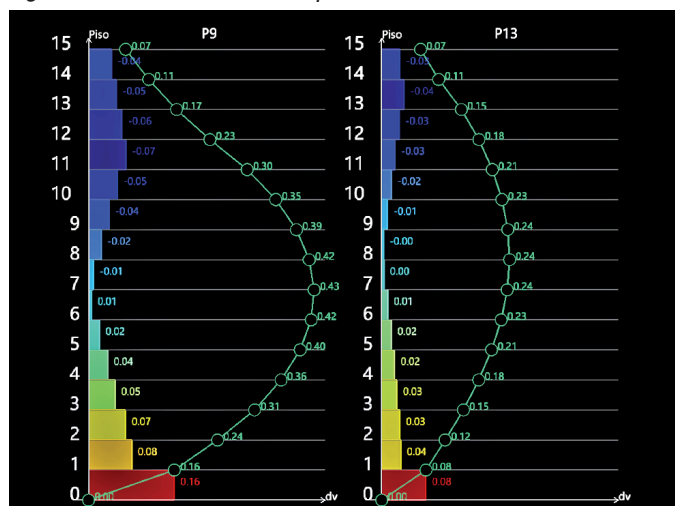
O pilar P9 tem um deslocamento no primeiro pavimento, quase três vezes maior que o deslocamento calculado pela análise linear, enquanto no P13 o deslocamento é quatro vezes maior, seguindo com essa discrepância aproximada até o quarto pavimento. Do quinto ao nono pavimento, essa diferença diminui e fica próxima a duas vezes. A partir do nono pavimento, a curva da análise incremental diminui, enquanto a curva da análise linear aumenta, até um ponto de intersecção no 12º pavimento (P9) e no 13º pavimento (P13). A partir daí, os deslocamentos da análise incremental tendem a diminuir, chegando a menos da metade, comparando-os com os deslocamentos da análise linear.

Note-se que as curvas apresentam formas diferentes. Os deslocamentos obtidos na análise incremental tendem a ser bem menores quando comparados aos deslocamentos dos primeiros pisos. Isso ocorre devido à mudança de seção a partir do 12º pavimento.

Kripka (1990) afirma que quando ocorrem deslocamentos diferenciais verticais entre nós adjacentes em um mesmo andar, estes deslocamentos informam que se verificam grandes diferenças entre os esforços fornecidos pelos dois procedimentos estudados. Na figura 9, podemos observar um gráfico de barras colo-

rido que mostra os valores de deslocamentos relativos dos pilares P9 e P13 por andar e na curva verde os valores dos deslocamentos acumulados.

Figura 9: Deslocamentos dos pilares P9 e P13



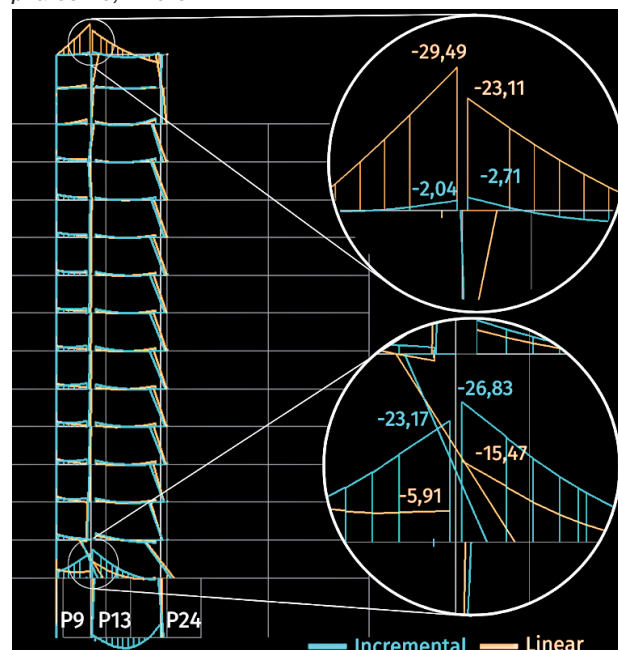
Fonte: Autor, por meio do software TQS (2024).

Verifica-se que, no primeiro piso, o deslocamento relativo do P9 chega a ser o dobro do deslocamento do P13. Essa diferença continua acentuada do segundo ao quarto pavimento, suavizando a partir do quinto. No sétimo pavimento os deslocamentos chegam a 0,01 para os dois pilares, apresentando valores negativos a partir do oitavo pavimento do pilar P9 e do nono do pilar P13, sendo que o P9 apresenta valores negativos maiores, chegando a mais que o dobro no 12º, decrescendo a partir de então, apresentando valores mais próximos nos pavimentos 14º e 15º.

Os deslocamentos axiais entre pilares, causam redistribuição de esforços entre os elementos estruturais, além de patologias em elementos não estruturais, como alvenarias, caixilhos e tubulações.

A redistribuição dos esforços nos pilares causa alterações nos momentos fletores das vigas adjacentes, principalmente nas vigas que conectam dois pilares sujeitos a uma grande diferença de tensão, como pode ser visto na figura 10.

Figura 10: Momentos fletores (tf.m) no pórtico composto pelos pilares P9, P13 e P24



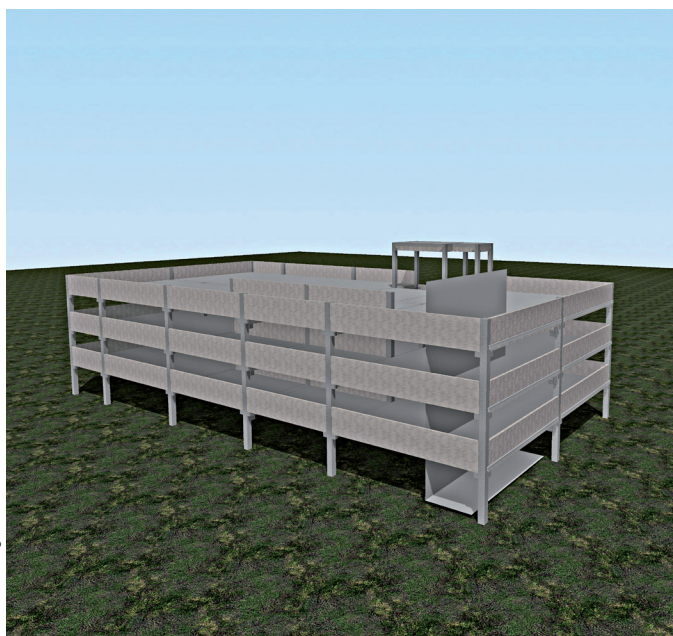
Fonte: Autor, por meio do software TQS (2024).

A resposta da análise incremental mostra que há grandes discrepâncias entre os valores de momentos negativos no P13, o que não acontece na realidade. Note-se que as maiores discrepâncias ocorrem no primeiro pavimento e no último. No primeiro pavimento, a diferença entre os maiores momentos negativos, a direita de P13, chega a ser 70% na análise incremental. Enquanto na cobertura, a diferença entre valores é maior ainda, os valores de momentos negativos encontrados na análise incremental representam aproximadamente 10% do valor dos momentos encontrados na análise linear.

Os resultados deste estudo demonstram a importância da consideração da não linearidade dos materiais e do efeito construtivo no projeto de estruturas de concreto armado.

No último pavimento, o alto momento negativo da análise linear é devido à grande rigidez das vigas de platibanda, com 172 cm de altura. No primeiro pavimento, os pilares em questão estão submetidos a esforços de uma área de influência maior que nos pavimentos de cima e possuem um pé-direito de 4,44 m, sendo o único lance com altura maior que 2,8 m.

Apesar da análise linear considerar o efeito construtivo por meio do Mulaxi, as discrepâncias são relevantes e



o resultado são elementos dimensionados de forma diferente do seu real comportamento.

Neste trabalho foi estudado um edifício de porte médio e de complexidade moderada, quando comparado às estruturas grandiosas e ousadas que permeiam as paisagens de cidades como São Paulo e Balneário Camboriú, muitos da ordem de 150 a 200 m, com o One Tower chegando a 290 m de altura.

Algumas limitações:

- a) A torre possui 34 pilares ao todo, sendo que somente 25 seguia da fundação à cobertura, amostra limitada;
- b) Não foi considerada a fluência e a retração;
- c) Não foram avaliadas a atuação de cargas dinâmicas;
- d) Não foi considerada a atuação do vento.

5. Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo mostrar a importância da análise incremental no projeto de edifícios de concreto armado, especialmente em pilares. Então, foi realizada a modelagem de um edifício de concreto armado de 15 pavimentos com o uso do software TQS, simulando a consideração do efeito construtivo, a fim de discutir os resultados provenientes das análises linear e incremental.

Na análise linear, o TQS considera o efeito construtivo, majorando as seções axiais dos pilares, porém, entende-se que isso não conduz a uma resposta similar ao comportamento real da estrutura. Para contemplar o efeito construtivo na análise incremental, utilizaram-se parâmetros variáveis como a função do módulo de elasticidade e o carregamento vertical foi aplicado por fases. No caso do presente estudo, cada pavimento seria construído em sete dias, assim, cada fase representaria uma etapa construtiva.

Um dos principais motivos para a utilização da análise incremental é que esta reflete melhor o comportamento real da estrutura, proporcionando resultados mais precisos, otimização de materiais, e maior segurança estrutural. Quanto maior e mais complexa a estrutura, maior a necessidade desse tipo de análise.

Constatou-se que houve redução de esforços em 96% dos pilares, e que os pilares mais curtos também demonstraram diferenças significativas nas análises. Uma redução da margem menor que 10%, pode não parecer tão significativa, mas para dimensionamento de elementos de fundação pode significar uma estaca a menos, portanto, um bloco menor, resultando em economia de recursos.

Verificaram-se valores de deslocamentos axiais bastante discrepantes em mesmos pavimentos, e a redistribuição de esforços no pórtico espacial que influenciou nos esforços das vigas que ligavam os pilares, portanto, no dimensionamento desses elementos. Os resultados deste estudo demonstram a importância da consideração da não

linearidade dos materiais e do efeito construtivo no projeto de estruturas de concreto armado. O longo tempo de processamento não deve ser mais uma desculpa, tendo em vista os ganhos obtidos com este tipo de análise.

Este estudo confirmou a importância da análise incremental no projeto de edifícios de concreto armado. A consideração do efeito construtivo proporcionou redução de esforços nos pilares e otimização de materiais, demonstrando a necessidade desta abordagem para garantir resultados precisos e seguros em projetos complexos.

A consideração do efeito construtivo proporcionou redução de esforços nos pilares e otimização de materiais, demonstrando a necessidade desta abordagem para garantir resultados precisos e seguros em projetos complexos.

A necessidade de considerar o efeito construtivo no projeto de estruturas é um fato que já foi constatado há muitos anos. Porém, apesar de termos referências brasileiras sobre o assunto que datam de mais de 30 anos, atualmente esta análise ainda não é muito difundida. A análise incremental é um tema muito importante e merece ser bem mais explorado. Para isso, deixo algumas sugestões para trabalhos futuros:

- a) simulação com efeito do escoramento;
- b) estudo de casos com diferentes tipologias de pilares;
- c) análise incremental contemplando os efeitos de fluência e retração;
- d) análise de um edifício com mais de 30 pavimentos;
- e) investigação da variação da resposta estrutural com a variação da porcentagem do carregamento aplicado por fase.

Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto. 4 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2023. 242 p.
- FREITAS, Alexandre Alves de. **Situações críticas no projeto de edifícios de concreto armado submetidos a ações de construção**. 2004. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004. Disponível em: https://producaocientifica.eesc.usp.br/producao/2004ME_AlexandreAlvesFreitas.pdf. Acesso em: 07 nov. 2024.
- FORTES, Gustavo Licht. **Encurtamento de pilares de concreto armado e a influência do processo construtivo**. 2019. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas e Geotecnia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,

São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3144/tde-12092019-132403/pt-br.php?trk=public_post_comment-text. Acesso em: 25 nov. 2024.

IBRACON/ABECE (São Paulo) (ed.). **Estruturas de concreto armado**. São Paulo, 2022. v 1.

GORZA, Leonardo Santos. **Análise incremental construtiva de edifícios metálicos de andares múltiplos usando o método dos elementos finitos**. 2000. 328 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/373788023/Analise-Incremental-Construtiva-de-Edificios-Metalicos-de-Andares-Multiplos-Usando-o-Metodo-Dos-Elementos-Finitos>. Acesso em: 05 dez. 2024.

KRIPKA, Moacir. **Análise incremental construtiva de edificações**. 1990. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/3962/1/172202.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2024.

KIMURA, Alio. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 428 p.

MARQUES, Olivia Catelan. **Avaliação dos efeitos construtivos e interação solo-estrutura na estabilidade global de edifícios**. 2018. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Área de Concentração Estruturas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/server/api/core/bitstreams/f4beae8d-f90a-48d9-bd81-732aff2069a5/content>. Acesso em: 16 nov. 2024.

PRADO, José Fernão Miranda de Almeida. **Estruturas de edifícios em concreto armado submetidas a ações de construção**. 1999. 184 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999. Disponível em: https://producaocientifica.eesc.usp.br/producao/1999DO_Jose-FernaoMirandadeAlmeidaPrado.pdf. Acesso em: 05 nov. 2024.

RACHINHAS, Bárbara Chagas. **Simulação computacional do processo construtivo da estrutura de edifícios em concreto armado**. 2020. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/212515>. Acesso em: 17 nov. 2024.

MEDEIROS, Sérgio Ricardo Medeiros (ed.). Influência do efeito construtivo em estruturas de concreto armado. **TQS News**, São Paulo, v. 50, n. 50, p. 38-43, mar. 2022.

TQS Docs (São Paulo) (ed.). **Efeito Incremental**. 2024. Disponível em: <https://docs.tqs.com.br/Docs/Details?id=3154&search=EFEITO%20INCREMENTAL&language=pt-BR>. Acesso em: 01 nov. 2024.



Eng. Alexandre Zagumil de Sousa, Balneário Camboriu, SC

Para onde vai o ensino de engenharia no Brasil?

Por Enson Portela

Engenheiro, PhD em Engenharia Estrutural

E-mail: ensonportela@gmail.com

1. Introdução

A engenharia é, historicamente, uma das bases fundamentais do progresso técnico, econômico e social de qualquer civilização. Em cada fase de desenvolvimento humano, a figura do engenheiro esteve presente como protagonista da transformação material e organizacional do mundo.

No contexto moderno, o engenheiro se tornou indispensável para o funcionamento de praticamente todos os setores produtivos: desde a construção civil, passando pela indústria, transportes, telecomunicações, energia, logística, agronegócio, até as tecnologias emergentes como inteligência artificial e energias renováveis. A sociedade contemporânea depende, em larga medida, da competência técnica desses profissionais para sustentar seu modo de vida.

Nenhuma nação que almeja independência tecnológica e soberania econômica prescinde de um sistema robusto de formação de engenheiros. Países como Alemanha, Coreia do Sul, Japão, Estados Unidos e China compreenderam, nas últimas décadas, que o investimento sistemático na educação em engenharia é um dos pilares para o crescimento sustentado.

Esses países desenvolveram políticas públicas consistentes para garantir não apenas a quantidade, mas também a qualidade na formação de engenheiros. Através da articulação entre Estado, universidades e setor produtivo, estruturaram ambientes onde o conhecimento técnico é valorizado, aplicado e continuamente renovado.

O Brasil, por sua vez, vivenciou um processo de expansão expressiva da educação superior, especialmente nas últimas duas décadas (2005 a 2025). Dentro desse movimento, os cursos de engenharia ganharam destaque em número de matrículas e de instituições autorizadas a ofertá-los. Contudo, essa expansão quantitativa não foi acompanhada, na mesma proporção, por mecanismos de controle de qualidade e por políticas públicas integradas de formação profissional.

A consequência é um cenário ambíguo: enquanto formamos cerca de 100 mil engenheiros por ano (dados de 2023), persistem indicadores preocupantes de evasão, baixa qualidade da formação, desalinhamento com as demandas do mercado de trabalho e subutilização da mão de obra técnica.

Este artigo tem como objetivo oferecer uma análise crítica da formação em engenharia no Brasil, com ênfase nos cursos de graduação. A proposta não é esgotar o tema – cuja complexidade exige uma abordagem multidisciplinar –, mas, sim, contribuir para o

debate público com base em dados concretos, evidências estatísticas e reflexões estruturadas sobre os principais gargalos da educação em engenharia no país. Para isso, serão analisados aspectos como a evolução da oferta de cursos, a distribuição regional, a modalidade de ensino (presencial x ensino a distância – EaD), os índices de evasão e conclusão, além das características institucionais que afetam diretamente a qualidade da formação.

É importante deixar claro, desde o início, que qualquer tentativa de diagnosticar com precisão o estado atual da formação de engenheiros no Brasil enfrenta dificuldades inerentes à complexidade do tema. Diversas variáveis externas e internas interagem, de forma simultânea e nem sempre linear, sobre o sistema educacional. Entre essas variáveis, destacam-se fatores macroeconômicos como o nível de atividade da construção civil, as taxas de juros, o custo de financiamento estudantil e o risco-Brasil – todos eles influenciam diretamente a atratividade do curso de engenharia e a expectativa de empregabilidade futura dos formandos.

Em cada fase de desenvolvimento humano, a figura do engenheiro esteve presente como protagonista da transformação material e organizacional do mundo.

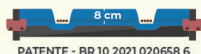
Além disso, aspectos estruturais internos ao sistema educacional também desempenham papel fundamental: a qualidade do corpo docente (quase nunca questionada), a infraestrutura dos cursos, os currículos adotados, a articulação com o setor produtivo, os programas de estágio e iniciação científica, bem como as políticas institucionais de permanência e apoio ao estudante. Em muitos casos, o fracasso na trajetória acadêmica não é resultado apenas da dificuldade da formação em engenharia – que é, por natureza, exigente –, mas também da ausência de suporte técnico, financeiro e psicológico aos estudantes.

Neste cenário multifatorial, torna-se ainda mais necessário adotar uma abordagem crítica e baseada em dados para avaliar a real situação da formação de engenheiros no Brasil. É justamente essa a proposta do presente trabalho: oferecer um retrato analítico da educação em engenharia, com base nos dados mais recentes disponíveis até 2023, apontando tendências, gargalos e possíveis caminhos para a reestruturação do modelo formativo nacional. Acredita-se que somente por meio de um debate qualificado, fundamentado em evidências e com foco em soluções, será possível recolocar a engenharia no centro da estratégia de desenvolvimento do país.

II IMPACTO

PAVPLUS®

PATENTE: BR 102017017699-1 DEFERIDA: 11/06/2024

SISTEMA ESTRUTURAL QUE
MAIS CRESCE NO BRASIL+de
700 obras
pelo Brasil**+ PRODUTIVIDADE**
+ ECONOMIA
+ INOVAÇÃOAcesse nosso
material digital**PLASTERIT
CANALETA**

PATENTE - BR 10 2021 020658 6

10 METROS DE VÃO | LAJE 20cm (h10+10) + CANALETA

SISTEMA
VENCEDOR23º
Prêmio PINI 201725º
PRÊMIO CBIC DE
INOVAÇÃO E
SUSTENTABILIDADESOMOS
ASSOCIADOS

ABRASFE



2. Oferta e demanda de vagas

2.1 Evolução da quantidade de cursos de engenharia no Brasil

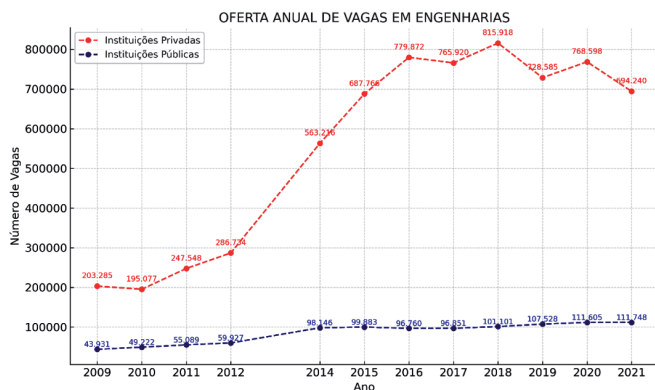
A trajetória de expansão da oferta de cursos de engenharia no Brasil reflete, em grande medida, o movimento mais amplo de massificação do ensino superior iniciado nos anos 2000. A partir de programas de financiamento estudantil (como o Fies) e de acesso (como o Prouni), houve um estímulo direto à criação de novos cursos, principalmente por instituições privadas.

Em 2010, o país contava com cerca de 3.200 cursos de engenharia. Esse número saltou para 4.500 em 2015, chegando a aproximadamente 5.800 cursos ativos em 2020 – patamar que se manteve até 2023.

Esse aumento expressivo tem impacto direto no número de vagas ofertadas em cursos de engenharia no Brasil como pode ser visto no gráfico 1. Veja-se que em 2023 foram ofertadas 111.605 vagas em cursos públicos e quase 695 mil em instituições privadas. A Engenharia Civil destaca-se nesse cenário como a modalidade mais ofertada, com cerca de 900 cursos distribuídos nacionalmente.

Esse crescimento numérico, embora expressivo, levanta sérias preocupações quanto à qualidade da formação oferecida. A rápida proliferação de cursos, muitas vezes sem a devida avaliação técnica e sem infraestrutura adequada, comprometeu a consistência da formação em diversas regiões. A fragmentação da oferta – com muitos cursos espalhados por cidades pequenas e instituições recém-criadas – dificulta a criação de centros de excelência e o fortalecimento da pesquisa aplicada.

Gráfico 1: Oferta anual de vagas em cursos de engenharia no Brasil



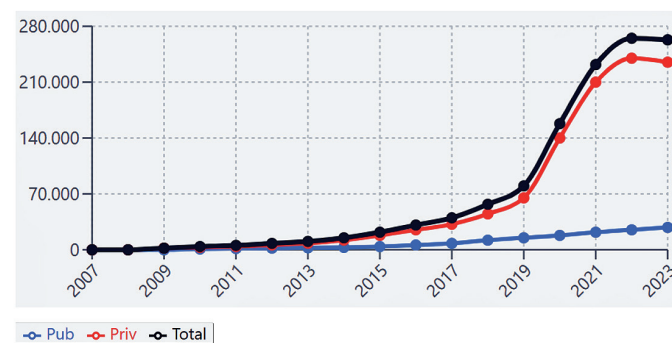
Fonte: Inep.

Um outro ponto importante sobre o gráfico 1 é que o ano de 2018 marca o ponto mais alto da curva para as instituições privadas (815.918 vagas), coincidindo com a intensificação dos cursos de engenharia a distância. Esse marco temporal reforça a tese de que o EaD foi o principal vetor do crescimento recente da oferta – mesmo sendo controverso em termos de eficácia para áreas técnicas e experimentais como a engenharia.

2.2. Comparativo do número de matrículas: EaD x presencial

Nos últimos anos, o ensino a distância (EaD) tem ganhado espaço aceleradamente no cenário da educação superior brasileira. No caso da engenharia, uma área tradicionalmente associada à prática de laboratório e à formação técnica presencial, o avanço do EaD desperta reações controversas. Em 2010, praticamente não existiam matrículas EaD em cursos de engenharia reconhecidos pelo MEC como mostra o gráfico 2. Contudo, esse número cresceu de forma significativa, alcançando quase 150 mil matrículas em 2020 e superando 250 mil matrículas em 2023.

Gráfico 2: Matrículas em EaD em cursos de engenharia no Brasil



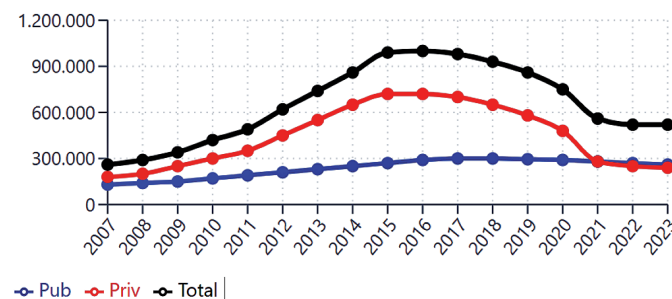
Fonte: Inep.

Enquanto isso, como pode ser visto no gráfico 3, o número total de matrículas presenciais atingiu seu **ápice em 2015**, com mais de 1 milhão de alunos. Desde então, observa-se uma **queda contínua e expressiva**, com o total caindo para pouco mais de 500 mil em 2023 – uma retração superior a **50% em oito anos**.

As **instituições públicas** apresentaram crescimento contínuo e moderado até 2019, quando atingiram cerca de 300 mil matrículas. Desde então, os números oscilam ligeiramente, mas permanecem em **níveis muito mais estáveis** do que os da rede privada. Isso sugere maior resiliência ou menor sensibilidade a fatores conjunturais.

A partir de 2022, pela primeira vez em muitos anos, o número de matriculados em instituições públicas e privadas **se aproxima significativamente**. Em 2023, essa **convergência se consolida**, o que indica uma **mudança de perfil no ensino presencial de engenharia**, possivelmente por migração para o ensino EaD ou evasão estrutural da área.

Gráfico 3: Matrículas em cursos presenciais de engenharia no Brasil



Fonte: Inep.

Esse fenômeno reflete duas forças paralelas: por um lado, a pressão por escalabilidade e redução de custos por parte das instituições privadas; por outro, a flexibilização regulatória que permitiu a expansão de cursos sem a exigência de infraestrutura física robusta.

A engenharia, diferentemente de cursos teóricos como administração ou pedagogia, exige contato direto com materiais, equipamentos e simulações reais – fatores que não são facilmente substituíveis por plataformas digitais.

Contudo, essa expansão quantitativa não foi acompanhada, na mesma proporção, por mecanismos de controle de qualidade e por políticas públicas integradas de formação profissional.

Apesar de avanços em tecnologias educacionais e laboratórios virtuais, ainda não há consenso acadêmico nem respaldo do setor produtivo quanto à equivalência de competências entre formandos EaD e presenciais em engenharia. A formação de engenheiros a distância precisa, portanto, ser discutida com cautela, para que a busca por acessibilidade não comprometa a competência técnica dos profissionais.

2.3. Comparativo do número de vagas: públicas x privadas

Outro recorte fundamental diz respeito à distribuição das vagas entre instituições públicas e privadas. Em 2023, as instituições privadas concentravam cerca de **85% das vagas de engenharia** no Brasil, enquanto as públicas respondiam por apenas **15%**. Essa assimetria revela uma forte dependência do setor privado na formação dos engenheiros brasileiros – o que, por sua vez, pode gerar implicações na qualidade, na equidade de acesso e na capacidade de articulação com políticas públicas de desenvolvimento regional.

Em números absolutos, as vagas privadas evoluíram de cerca de 290 mil em 2010 para mais de 430 mil em 2023, sendo que 2015 tivemos quase 500 mil matrículas. Já as instituições públicas mantiveram uma curva de crescimento mais discreta, passando de 160 mil para cerca de 280 mil vagas no mesmo período, sendo que em 2015 mantiveram o número de 240 mil matrículas.

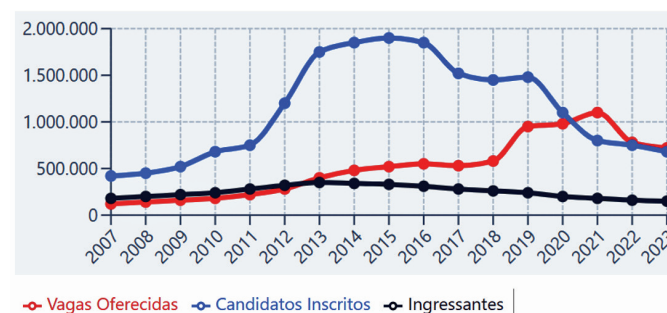
Essa diferença também é observada nos indicadores de infraestrutura, qualificação docente e produção científica. As instituições públicas, apesar de ofertarem menos vagas, geralmente concentram os cursos com melhores avaliações no Enade e maiores índices de empregabilidade.

Podemos supor que a expansão rápida no setor privado, sem mecanismos rígidos de avaliação continuada, resultou na abertura de cursos em regiões sem mercado absorvedor, com carência de docentes mestres e doutores e com baixa articulação com o setor produtivo local. Por isso, discutir a sustentabilidade do modelo atual implica rever o papel do Estado tanto como ofertante direto quanto como regulador e indutor da qualidade na iniciativa privada.

2.4. Análise: vagas ofertadas x inscritos x ingressantes

Um dado importante para compreender a dinâmica de atração dos cursos de engenharia é o descompasso entre o número de vagas ofertadas, o número de candidatos inscritos e os efetivamente ingressantes. Como pode ser visto na imagem a seguir, nos cursos presenciais, em 2010, foram ofertadas cerca de 250 mil vagas para 680 mil inscritos e 150 mil ingressantes. Em 2023, esse cenário mudou: havia mais de 700 mil vagas disponíveis, mas apenas cerca de 640 mil inscritos e cerca de 190 mil ingressantes efetivos.

Gráfico 4: Ofertas, inscritos e ingressantes (matriculados) em cursos de engenharia presenciais (públicos e privados) no Brasil



Fonte: Inep.

Isso revela dois fenômenos: primeiro, a oferta de vagas cresceu mais rapidamente que a demanda real; segundo, uma parcela significativa dos inscritos não chega a efetivar a matrícula. Esse descompasso se agrava nos cursos privados e EaD, onde as vagas excedentes frequentemente resultam em turmas pequenas, com baixa competitividade e infraestrutura precária.

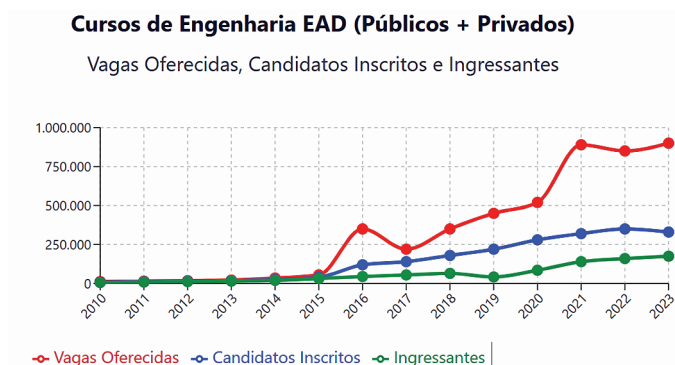
Esse crescimento numérico, embora expressivo, levanta sérias preocupações quanto à qualidade da formação oferecida.

Além disso, a queda no número de inscritos pode estar relacionada à redução da atratividade do curso de engenharia, motivada por fatores como a alta evasão histórica, a percepção de retorno financeiro limitado e a exigência acadêmica elevada.

Já para EaD, a situação é ainda mais alarmante. Apesar do aumento nas vagas, o número de candidatos inscritos é significativamente menor. Em 2023, havia mais de **900 mil vagas**, mas apenas cerca de **320 mil candidatos inscritos**, revelando uma **baixa taxa de ocupação das vagas** e sugerindo possível superoferta em relação à demanda real.

Mesmo com o descompasso entre oferta e procura, o número de ingressantes tem crescido continuamente. De menos de 20 mil em 2015, os ingressantes passaram para mais de **220 mil em 2023**, indicando uma maior aceitação da modalidade EaD por parte dos estudantes e uma provável melhora nos mecanismos de captação das instituições.

Gráfico 5: Ofertas, inscritos e ingressantes (matriculados) em cursos de engenharia EaD (públicos e privados) no Brasil



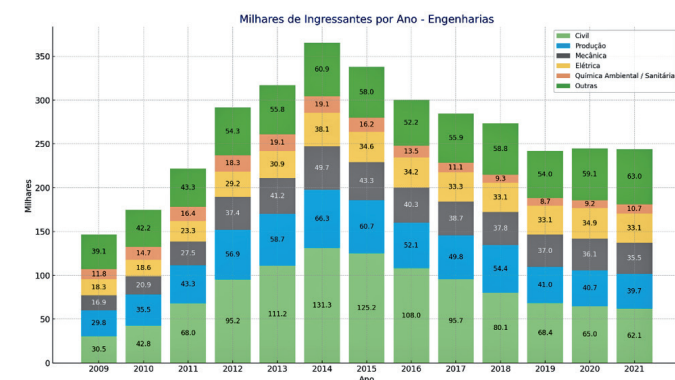
Fonte: Inep.

A curva dos ingressantes acompanha quase integralmente o setor privado, evidenciando que o setor público tem **participação marginal no EaD de engenharia**. A expansão massiva da EaD no Brasil tem sido predominantemente conduzida pelas instituições privadas.

Outro ponto relevante é que o número de ingressantes não se reverte proporcionalmente em concluintes. Com taxas de evasão que superam os 50% em algumas instituições, o sistema perde grande parte do investimento feito na ampliação da oferta. Isso reforça a importância de não apenas expandir o número de vagas, mas garantir mecanismos de retenção, apoio pedagógico e qualificação da formação.

Para finalizar, o gráfico 6 mostra o panorama de ingressantes por modalidade de engenharia. Como pode ser visto, engenharia civil continua sendo o curso que mais forma no Brasil. Foi e é a modalidade que tem maior número de integrantes, mas também é a mais penalizada em termos de redução de interessado saindo de 131 mil ingressantes em 2015 para 62 mil em 2023 (último censo do Inep).

Gráfico 6: Ingressantes em engenharia por modalidades por ano no Brasil



Fonte: Inep.

3. Evasão, retenção e conclusão dos cursos de engenharia

A formação de engenheiros no Brasil é um tema central para o desenvolvimento tecnológico e industrial do país. Contudo, não basta apenas ampliar a oferta de vagas: é fundamental compreender como os estudantes progridem ao longo do curso, se concluem a graduação ou se desistem no meio do caminho. Nesta seção, analisamos a evolução do número de matrículas e de concluintes, comparando os setores público e privado, bem como discutimos os indicadores de evasão no ensino de engenharia.

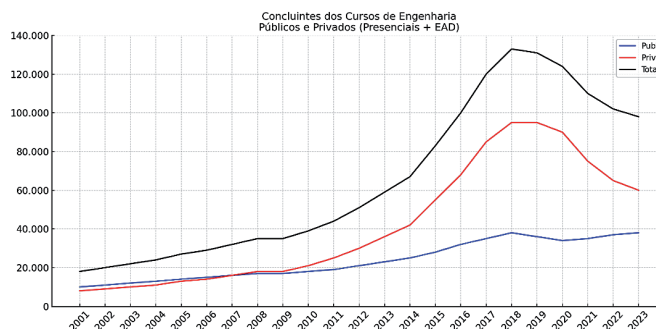
3.1. Análise do número de concluintes: setor privado x público

Quando analisamos os dados de concluintes, as diferenças entre os setores tornam-se ainda mais evidentes. Em 2010, por exemplo, o setor privado formava cerca de 30 mil engenheiros por ano, enquanto o setor público registrava em torno de 20 mil. Esse número aumentou até 2017-18, com o pico no setor privado alcançando mais de 80 mil concluintes anuais, enquanto no setor público chegava a pouco mais de 37 mil.

A formação de engenheiros a distância precisa, portanto, ser discutida com cautela, para que a busca por acessibilidade não comprometa a competência técnica dos profissionais.

Entretanto, a partir de 2018, observou-se uma queda significativa no número de concluintes, especialmente nas instituições privadas. Em 2023, o setor privado formou cerca de 60 mil engenheiros, um patamar inferior ao registrado quase uma década antes. O setor público, por sua vez, manteve relativa estabilidade, com cerca de 37 mil concluintes no mesmo ano.

Gráfico 7: Concluintes dos cursos de engenharia (presenciais e EaD) por ano no Brasil



Fonte: Inep.

Esse comportamento pode ser indicativo da diferença na qualidade da formação e nos mecanismos de permanência estudantil entre os dois setores. Em geral, as instituições públicas possuem maior infraestrutura, professores mais qualificados e programas de apoio à permanência, como bolsas e auxílios, o

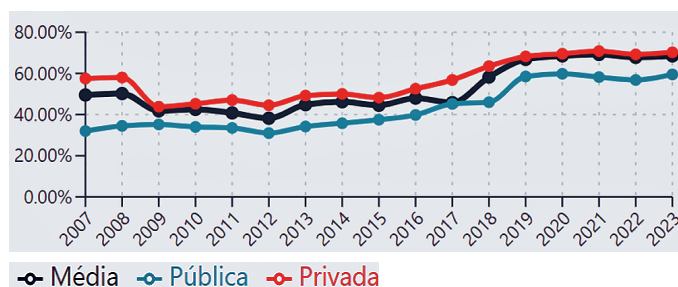
que contribui para maiores taxas de conclusão. O setor privado, muitas vezes, enfrenta dificuldades em manter os alunos até o fim do curso, sobretudo em tempos de crise econômica e instabilidade política de incentivo a educação.

3.2. Análise da evasão dos cursos de engenharia

A evasão é um dos maiores desafios enfrentados pelos cursos de engenharia no Brasil. Considerando os dados de matrículas e concluintes, podemos estimar que apenas cerca de 50% dos ingressantes chega de fato ao final da graduação. Estudos apontam que, em algumas instituições, apenas cerca de 1/3 dos alunos concluem o curso no tempo esperado.

O professor Vanderli Oliveira em um artigo para a revista *A Lanterna* (vol. 2, 2024) estudou e apresentou o gráfico 8 mostrando a variação da evasão dos cursos de engenharia para cada ano desde 1997.

Gráfico 8: Evasão por ano de cursos de engenharia no Brasil considerando seis anos para concluir o curso



Fonte: Revista A Lanterna.

Veja-se que historicamente a evasão nas instituições privadas são bem maiores do que nas públicas. Essa realidade decorre de diversos fatores. Na opinião do autor deste artigo, em primeiro lugar, o curso de engenharia exige uma base sólida em matemática e física, o que gera dificuldade para alunos com formação deficiente no ensino médio (o filtro de ingressantes é maior nas universidades públicas).

Além disso, a duração extensa, a carga horária intensa e a necessidade de estágio supervisionado são elementos que pressionam os estudantes. No setor privado, a evasão também está associada à dificuldade de pagamento das mensalidades, à baixa qualidade de alguns cursos e à percepção de que o retorno financeiro não compensa o investimento.

Um dado preocupante nesse gráfico é que, nos últimos 10 anos, a evasão nos cursos de engenharia tem sistematicamente aumentado, o que mostra uma tendência de desinteresse em terminar o curso por parte dos ingressantes.

Para enfrentar esse cenário, é fundamental que as instituições desenvolvam políticas de acolhimento, nivelamento e acompanhamento pedagógico, além de medidas para valorizar a carreira e melhorar a empregabilidade dos engenheiros recém-formados o que sabidamente não é fácil de fazer.

4. Considerações finais

Este artigo analisou a evolução recente da educação em engenharia no Brasil, com base em dados oficiais até 2023. Embora não se pretenda esgotar um tema de tamanha complexidade, alguns apontamentos se destacam:

a. A expansão do ensino EaD em engenharia é significativa, mas levanta sérias dúvidas sobre qualidade

Nos últimos anos, o número de ingressantes e matrículas em cursos EaD de engenharia cresceu exponencialmente, ultrapassando a marca de 250 mil matrículas em 2023. No entanto, essa expansão ocorreu majoritariamente no setor privado e sem consenso sobre a equivalência formativa entre EaD e o modelo presencial. Dada a natureza prática e experimental da engenharia, esse movimento exige reflexão crítica, especialmente diante da ausência de infraestrutura laboratorial em muitos cursos a distância.

b. O número total de concluintes caiu após 2018, mesmo com alta oferta de vagas

A partir de 2018, o número de concluintes começou a cair, sobretudo nas instituições privadas. Em 2023, o setor privado formou menos engenheiros do que em 2015, mesmo com uma oferta de vagas muito superior. Isso sugere que a simples ampliação da oferta – em especial via EaD – não tem se revertido em maior efetividade na formação de engenheiros.

Isso reforça a importância de não apenas expandir o número de vagas, mas garantir mecanismos de retenção, apoio pedagógico e qualificação da formação.

c. O número de vagas ofertadas excede em muito a demanda real

O artigo demonstra que, embora existam mais de 1,6 milhão de vagas disponíveis (somando EaD e presencial), a quantidade de inscritos efetivos é bem inferior – cerca de 960 mil. Isso resulta em baixa taxa de ocupação e indica uma superoferta preocupante, sobretudo em cursos privados EaD, onde a taxa de inscrição gira em torno de 30% das vagas disponíveis.

d. A evasão nos cursos de engenharia é estrutural e crescente

Mesmo com melhorias recentes nos índices de conclusão, os dados apontam que **a evasão média nacional gira entre 40% e 50%**. As instituições privadas apresentam índices de evasão ainda mais elevados, ultrapassando 60% em determinados anos. A dificuldade da formação, a baixa atratividade financeira da profissão e o descompasso entre o ensino médio e as exigências do curso são fatores estruturais que sustentam essa evasão.

e. A engenharia civil concentrou o maior número de ingressantes – e também a maior queda

A engenharia civil foi a grande responsável pelo crescimento das modalidades de engenharia nos anos de expansão (2010 a 2015), chegando a mais de 130 mil ingressantes em 2015. No entanto, foi também a mais afetada pela retração: em 2023, esse número caiu para cerca de 62 mil. Isso sinaliza que o setor pode estar saturado ou que há uma mudança na percepção de retorno profissional na área.

O setor privado, muitas vezes, enfrenta dificuldades em manter os alunos até o fim do curso, sobretudo em tempos de crise econômica e instabilidade política de incentivo a educação.

f) O setor privado domina a formação em engenharia, mas enfrenta sérios desafios de qualidade

Cerca de 85% das matrículas e concluintes em cursos de engenharia são oriundos de instituições privadas. Essa hegemonia, contudo, não se traduz em melhor desempenho: os cursos privados enfrentam mais evasão, menor infraestrutura, menor qualificação docente e piores avaliações institucionais. A dependência da formação privada, sem a contrapartida de um controle rigoroso de qualidade, compromete o padrão dos profissionais formados.

g) Mesmo nas instituições públicas, a procura por engenharia vem caindo

O artigo mostra que, diferentemente do que se poderia supor, a queda na procura não é exclusividade do

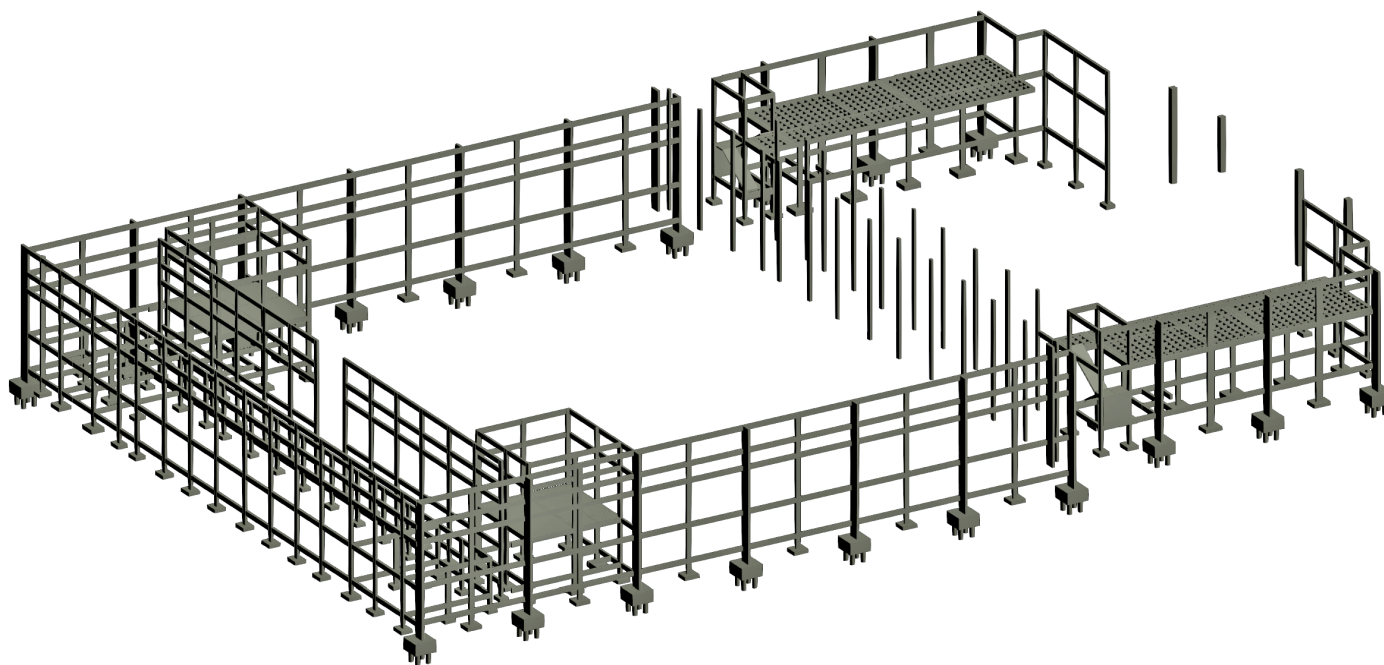
setor privado. Mesmo nas universidades públicas, mais estáveis e seletivas, o número de ingressantes presenciais reduziu-se significativamente entre 2015 e 2023. Isso indica uma mudança de percepção social sobre a atratividade da carreira de engenheiro no Brasil, motivada pela baixa valorização profissional, instabilidade econômica e escassez de políticas públicas de empregabilidade técnica.

Isso sinaliza que o setor pode estar saturado ou que há uma mudança na percepção de retorno profissional na área.

Para reverter esse cenário, propõe-se:

- Fortalecer os processos regulatórios e de avaliação de cursos, com foco em qualidade, não apenas quantidade;
- Ampliar a integração entre universidades e o setor produtivo com intuito de dar um caráter prático a vivência da engenharia por parte do aluno;
- Estimular a formação prática, com laboratórios modernos, projetos aplicados e estágios supervisionados;
- Desenvolver políticas de apoio e permanência para estudantes, especialmente em cursos mais exigentes;
- Fomentar programas de formação e valorização docente na área de engenharia.

O futuro da engenharia no Brasil dependerá, em grande parte, da capacidade de enfrentar esses desafios com coragem, planejamento e compromisso com a formação de qualidade.



Esforço cortante, ainda precisamos falar mais sobre ele

Por eng. Henrique César C. Gimenes

Aluno não-regular do PCV – DEC 4065

E-mail: henriquegimenes@gmail.com

Michael P. Collins e Daniel Kuchma são os autores de *How Safe Are Our Large, Lightly Reinforced Concrete Beams, Slabs and Footings*, artigo escrito em 4 de julho de 1999. Apesar de ser uma data já longínqua, 17 anos, eles abordam um tema que ainda não está presente nas rodas de conversas técnicas dos engenheiros de estruturas – o decréscimo do esforço cortante último em vigas com grandes dimensões, também referenciado como efeito escala.

Nesse artigo, os autores fazem ensaios em 22 vigas e discorrem sobre as alterações no esforço cortante último devido ao fator de escala, distribuição de armadura, arranjo longitudinal, utilização de concretos de alto desempenho¹ e de armadura mínima transversal. Ao final, eles sugerem uma correção nos procedimentos de cálculo de cortante do ACI para elementos estruturais sem estribos.

Ele também demonstrou que, à medida que a altura útil da viga aumentava, a resistência ao esforço cortante último diminuía.

A origem de toda essa discussão e propostas de correções no ACI começou em 1955, no colapso parcial de um hangar de uma empresa aérea americana, em Shelby, Ohio. Em 1957, Anderson apontou que o colapso foi causado pela insuficiência de resistência ao esforço cortante de vigas de 30/91 que não continham estribos e tinham uma taxa de armadura longitudinal de 0,45%.

Em 1967, 10 anos depois, Kani alertou sobre a influência do efeito escala em um artigo no ACI que tinha o título *How Safe Are Our Large Concrete Beams?* – bem parecido com o título do artigo de Collins e Kuchma, certo? Ele também demonstrou que, à medida que a altura útil da viga aumentava, a resistência ao esforço cortante último diminuía. Contudo, nos ensaios de Kani, alguns imprevistos e erros aconteceram, os resultados não ocorreram como esperado e nenhuma mudança foi feita.

Em 1989, no Japão, Shioya conduziu um programa experimental em vigas com baixas taxas de armadura longitudinal para demonstrar o decréscimo de esforço cortante último à medida que se aumenta a altura útil da viga. Ao fim dos ensaios, ficou claro que, com o aumento da altura da viga e com a diminuição do diâmetro do agregado, o esforço cortante último diminuía.

Em 1994, a AASHTO juntamente com a norma canadense, CSA, introduziram medidas para o procedi-

mento de cálculo do esforço cortante com base na teoria modificada nos campos de compressão (*Modified Compression Field Theory*). Nela, a resistência para o esforço cortante em elementos estruturais sem estribos ocorre em função da largura das fissuras que, por sua vez, está relacionada ao espaçamento dessas fissuras e a tensão na armadura longitudinal. Ela aponta que, em elementos estruturais de grande escala, as fissuras são mais largas e espaçadas, tendo assim uma predileção ao colapso devido ao esforço cortante. Aponta também que o cortante está relacionado à aspereza das fissuras que, por sua vez, para concretos de resistência usual, é influenciado pelo tamanho dos agregados.

Depois de todo esse resgate histórico sobre o esforço cortante, chegamos à data de 1999, quando Collins e Kuchma versaram sobre o efeito escala e o cortante último. Nos ensaios das 22 vigas, contínuas e bi apoia-das, com variações de formas, arranjos longitudinais, resistência à compressão do concreto, armadura de pele e armadura transversal, eles também chegam às mesmas conclusões que os pesquisadores que os precederam. O esforço cortante último decresce com o aumento da altura útil da viga, com a diminuição do diâmetro do agregado. Já com o aumento do número das camadas das armaduras longitudinais, com a utilização da armadura de pele, e armadura transversal mínima com espaçamento mínimo, ele tem uma singela melhora. Michael e Daniel atentaram também aos preceitos da teoria modificada dos campos de compressão nos procedimentos de cálculo do esforço cortante.

Ela aponta que, em elementos estruturais de grande escala, as fissuras são mais largas e espaçadas, tendo assim uma predileção ao colapso devido ao esforço cortante.

Quantitativamente, os resultados dos ensaios mostraram que, em vigas que não obedecem a tais preceitos indicados acima, o esforço cortante último era cerca de 60% menor que o obtido com os procedimentos de cálculo do ACI.

A meu ver, os ensaios também mostraram que a distribuição da armadura longitudinal, de pele e utilização de armadura transversal mínima proporcionam o comportamento de flexão simples, com ruptura dúctil em concretos com $f_{ck} < 40$ MPa, se distanciando do comportamento ocorrido em vigas com efeito escala obtusos, onde as características mencionadas neste mesmo texto são manifestadas.

1. Concreto de alto desempenho (CAD) – concreto com $f_{ck} > 40$ Mpa.

Sucintamente o artigo também aborda sobre estruturas-caixa de estações de metrô. Nelas, também o efeito escala é decisivo no esforço cortante último e também existe a preferência de não colocar armadura transversal, devido à dificuldade de execução e implantação dessa armadura no canteiro subterrâneo. Porém, devido ao ensaio realizado em uma fatia reduzida da estrutura-caixa, tomou-se como mais prudente a implementação de uma armadura mínima transversal.

Porém, devido ao ensaio realizado em uma fatia reduzida da estrutura-caixa, tomou-se como mais prudente a implementação de uma armadura mínima transversal.

Visto que o famigerado acontecimento do colapso das vigas ocorridas em Ohio foi em 1955, devido à dificuldade de comunicação, penso que é aceitável a desinformação sobre a não-linearidade do crescimento da resistência do esforço cortante ocasionado pelo efeito escala. Porém, o artigo de Collins e Kuchma é de 1999! Bem próximo e recente cronologicamente de nós, já imerso na cultura da comunicação na internet e, mesmo assim, são poucos os engenheiros que partilham de tal informação. O que mais me preocupa não é o *how safe*, mas, sim, o *who knows, how safe*... Tenho convicção de que são poucos.

Se fizermos uma visita a uma obra com uma viga de transição com altura maior que 1,00 m e se disséssemos para o autor do projeto que para vigas com tal geometria o colapso é atingido com 50% do esforço cortante de cálculo, será que obteríamos uma resposta calma e amigável? Acho que não.

Numa olhada rápida na nossa norma é fácil perceber que ela não aborda as questões da teoria dos campos de compressão modificados no procedimento de cálculo do cortante para vigas que sofrem o efeito escala.

Numa olhada rápida na nossa norma é fácil perceber que ela não aborda as questões da teoria dos campos de compressão modificados no procedimento de cálculo do cortante para vigas que sofrem o efeito escala. Ainda existem muitas lacunas a serem preenchidas no âmbito do esforço cortante, muito a ser pesquisado, ensaiado, discutido e por isso eu digo:

Esforço cortante, ainda precisamos falar mais sobre ele.



Edatec Engenharia, São Paulo, SP

Análise modal e interação solo-estrutura de edifícios altos: dilemas conceituais e práticos

Por eng. Sérgio Stolovas

STO Análise e Soluções Estruturais S/S Ltda

E-mail: sergiosto@gmail.com

Resumo

A modelagem da interação solo-estrutura (ISE) em edifícios altos sobre *radiers* com estacas é tema central na engenharia estrutural moderna. Embora a análise modal clássica com hipóteses de fundação não deslocável (“engastamento”) seja amplamente adotada, sua adequação frente à flexibilidade do solo e a fenômenos dinâmicos levanta discussões técnicas e filosóficas. Este artigo indaga aspectos centrais dos dilemas conceituais e práticos dessa modelagem, analisando o papel das “alegorias estáticas”, a incorporação de molas, massa acoplada do solo e *dashpots* (amortecedores), os limites das hipóteses de Rayleigh e as implicações para ensaios em túnel de vento. Conclui-se que a escolha de modelos analíticos deve considerar o rigor do fenômeno analisado, a natureza das solicitações e as limitações dos métodos disponíveis, com uma análise crítica da adequação do modelo para as finalidades específicas do projeto.

1. Introdução

O dimensionamento e a análise de edifícios altos demandam rigor na consideração dos efeitos dinâmicos e da interação solo-estrutura (ISE). O uso de fundações profundas com *radiers* sobre estacas torna ainda mais relevante a escolha adequada do modelo de interação. Erros conceituais ou simplificações excessivas comprometem não só a segurança, mas também a aderência entre modelos numéricos e conclusões de ensaios experimentais, especialmente em contextos em que forças dinâmicas dominam o comportamento estrutural.

O uso de fundações profundas com *radiers* sobre estacas torna ainda mais relevante a escolha adequada do modelo de interação.

É fundamental distinguir que, enquanto o modelo analítico padrão para o estado limite último visa contemplar de forma conservadora os aspectos de resistência da estrutura, o modelo empregado para a determinação dos atributos dinâmicos e inerciais (como frequências naturais, formas modais, massa solidária e amortecimento) deve, por sua vez, caracterizar o desempenho dinâmico esperado.

A forma como modelamos os apoios e as condições de contorno é apenas um dos múltiplos parâmetros incertos que influenciam as conclusões de uma análise estrutural. Outras decisões críticas incluem a seleção dos módulos de elasticidade, a definição da massa

solidária, a consideração ou não da flexibilização das conexões, a taxa de amortecimento associada aos modos de vibração, entre tantos outros fatores.

Uma prática comum entre engenheiros de estruturas é a de buscar uma segurança que, embora bem intencionada, muitas vezes se torna excessiva. Isso pode levar a decisões equivocadas, nem sempre no sentido da segurança, e pode até mesmo inviabilizar um projeto. É parte da arte do engenheiro de estruturas lidar com a contingência das suposições adotadas. Especialmente quando se trata de análise modal, a superestimação ou subestimação de parâmetros relacionados à rigidez ou massa não implicam, por si só, maior segurança ou insegurança. Por exemplo, considerar uma quantidade maior de massa solidária poderá conduzir à subestimação das acelerações de resposta.

2. Revisão histórica e estado da arte da modelagem de fundações

A hipótese de fundação perfeitamente rígida – ou base fixa – deriva do desejo de simplificar o problema estrutural, ignorando deformações do solo e tratando a fundação como um apoio indeformável. Tal premissa favorece o uso da análise modal clássica (com as hipóteses de Rayleigh), permitindo superposição modal, cálculo simplificado das frequências naturais e, geralmente, maior controle sobre o processo de projeto.

O avanço da geotecnia e das ferramentas de simulação permitiu a introdução de molas horizontais, verticais e rotacionais para replicar a ação do solo nas estruturas (conhecidas como “modelo de Winkler” e variantes). O refinamento inclui, ainda, *dashpots* (amortecedores viscosos) e massas equivalentes do solo para captar melhor os efeitos dinâmicos complexos.

Atualmente, recursos computacionais viabilizam modelos multigrados de liberdade, análises no domínio do tempo, técnicas de elementos acoplados solo-estrutura e simulações avançadas de resposta sísmica e eólica — mesmo que, na prática, em projeto corrente, simplificações ainda predominem, seja por limitações técnicas, seja por exigências normativas.

3. O dilema da flexibilidade: o uso de molas na análise dinâmica

A adoção da condição de engastamento perfeito da estrutura na fundação, embora confira simplicidade operacional e facilite a aplicação da análise modal clássica, apresenta uma limitação crucial ao não refletir a deformabilidade do solo.

Em contraste, a modelagem por molas representa um avanço considerável em relação ao engastamento, especialmente para estruturas de grande altura ou particularmente sensíveis. Essa abordagem permite incorporar a deformabilidade do solo, as interações entre estacas, a rigidez vertical e horizontal da fundação, a impedância rotacional, entre outros fatores. Ao fazer isso, aparentemente o modelo se aproximaria muito mais do comportamento físico real do sistema solo-estrutura.

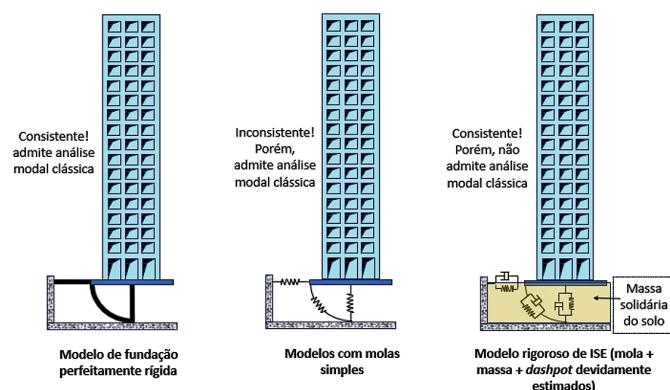
4. A inconsistência do modelo de molas “puro” para a dinâmica

Contudo, a modelagem com molas, quando utilizada isoladamente para problemas dinâmicos, carece de realismo. Se a fundação da estrutura é modelada apenas com molas, somente parte do sistema físico está sendo replicada. Para que a modelagem por molas atinja a consistência necessária na análise dinâmica, é fundamental a inclusão da massa solidária do solo e de elementos de amortecimento (*dashpots*). Isso implica na incorporação de parâmetros geotécnicos que são, muitas vezes, pouco conhecidos e altamente sensíveis a variações locais.

Uma modelagem avançada, que incorpora a flexibilidade dos apoios na fundação, deverá incluir necessariamente “o resto do universo” ou, pelo menos, a massa solidária do solo e o amortecimento ou dissipação energética. Os *dashpots* amortecedores representam as perdas de energia por ciclos de histerese e por dissipação no solo devido à propagação de ondas (amortecimento de radiação).

Em projetos práticos, uma abordagem “intermediária” é comumente empregada, visando mitigar as incertezas, por exemplo, através da consideração de faixas de valores para frequência e deslocamento, balanceando a precisão da modelagem com a viabilidade prática da obtenção de dados.

Figura 1: O modelo que representa a interação solo-estrutura apenas com molas é consistente unicamente para análise estática. Para ações dinâmicas, é indispensável a inclusão da massa solidária do solo e do amortecimento



5. As falsas intuições das alegorias estáticas

Muitos projetistas, acostumados ao raciocínio de equilíbrio instantâneo, extrapolam esse entendimento para problemas dinâmicos. Essa intuição, sintetizada como um modelo alegórico da realidade, pode nos levar a interpretar falsamente a dinâmica estrutural como uma sucessão de estados de equilíbrio estático.

A formação tradicional dos engenheiros enfatiza a análise estática, que é mais direta e muitas vezes suficiente para diversas aplicações comuns da engenharia civil e mecânica. No entanto, a dinâmica envolve fenômenos que não têm paralelo direto na estática, como ressonância, modos próprios, efeitos inerciais e amortecimento, respostas transitórias e sustentadas, entre outros.

Intuições estáticas podem ser “enganosas”, já que elas frequentemente ignoram a importância do tempo, frequência e acoplamentos dinâmicos. Um exemplo de falsa intuição é a que nos leva a assumir que basta multiplicar uma carga máxima por um fator para “garantir” a segurança frente a tremores, impactos ou vibrações. Essa falsa intuição pode induzir a erros grosseiros.

Por exemplo, considerar uma quantidade maior de massa solidária poderá conduzir à subestimação das acelerações de resposta.

Como engenheiros de estrutura, estamos expostos a cair nessa armadilha conceitual devido aos hábitos decorrentes das abordagens estáticas e estáticas equivalentes:

- Resposta proporcional à força aplicada:** Na estática, o deslocamento é sempre proporcional à força (Lei de Hooke, $\Delta = F/k$). Porém, na dinâmica, a resposta depende do histórico de carga, frequência de excitação, massas, amortecimento e pode apresentar amplitudes muito superiores à carga estática.
- Superposição direta e independência das partes:** Na estática, os efeitos das cargas se somam linearmente. Devido ao acoplamento dinâmico, o movimento de um ponto geralmente afeta o sistema todo devido a efeitos inerciais. Modos de vibração podem envolver deslocamentos coordenados de múltiplos pontos, impossibilitando separar uma parte da estrutura e substituir o resto do universo mediante a implementação de molas adequadas.
- Tempo e frequência não importam:** Na estática, basta saber o valor da força no equilíbrio. Na dinâmica, a duração, variação temporal e a frequência da ação são cruciais. Uma força pequena, mas no *range* da frequência natural, pode produzir grandes respostas.

- d) **Ignorar a inércia:** Na estática, a massa solidária do sistema é irrelevante e não afeta os resultados, já que a aceleração é zero. Já na dinâmica, a inércia (massa) participa ativamente da equação de movimento ($F = ma$). Estruturas leves podem, paradoxalmente, ser mais sensíveis a excitações dinâmicas.
- e) **Amortecimento em estática “não existe”:** Na estática, o amortecimento não entra na análise, já que as velocidades são zeradas. Na dinâmica, o amortecimento pode controlar a resposta, especialmente próximo à ressonância, e influencia fortemente a dissipação de energia (inclusive em respostas transitórias).
- f) **Equilíbrio instantâneo:** Na estática, supõe-se que a estrutura responde imediatamente à aplicação da carga. Na dinâmica, existe um tempo de resposta, e pode haver oscilações e comportamento transitório antes de atingir um novo estado de equilíbrio ou jamais atingir um estado fixo.
- g) **Forças dinâmicas tratadas como cargas estáticas equivalentes:** É prática habitual que engenheiros apliquem multiplicadores dinâmicos (tipo “fator de impacto”) para converter uma solicitação dinâmica em uma força estática equivalente. Na prática, isso pode subestimar ou superestimar a demanda estrutural, principalmente em casos de excitação próxima à frequência natural ou em sistemas com múltiplos modos relevantes.

6. O impacto na análise modal clássica: o rompimento das hipóteses de Rayleigh

A análise modal clássica implementada nos *softwares* assume tacitamente uma correlação entre massa, rigidez e amortecimento chamada **hipótese de Rayleigh de amortecimento proporcional**. Essa hipótese assume que a matriz de amortecimento é uma combinação linear das matrizes de massa e de rigidez. É aceitável supor que estruturas habituais, nas quais o amortecimento não está concentrado em certo local ou nível, apresentam concordância com a hipótese de proporcionalidade de Rayleigh. Ou seja, admite-se que são sistemas proporcionais nos quais as matrizes de massa e rigidez são diagonalizáveis conjuntamente e que cada modo clássico terá associada uma taxa modal. Isso permite adotar a superposição modal clássica, onde as respostas podem ser assumidas como somatório de respostas modais independentes.

No entanto, o sistema estruturado com molas, massas e amortecedores se afasta das hipóteses clássicas de Rayleigh (massa e rigidez proporcionais). Isso ocorre porque há elementos dissipativos e inertes acoplados não só à estrutura, mas também ao solo, e com “talentos” muito diferentes no mecanismo e na magnitude da dissipação energética.

De fato, sistemas solo-estrutura quase nunca são proporcionais. Mesmo para cargas verticais puras, a resposta modal passa a ser acoplada e dependente do estado vibratório global, não mais segmentado por modos independentes.

Ao modelar molas, massas e *dashpots* acoplados à base do edifício, mediante qualquer tentativa séria de captar a dinâmica solo-estrutura, a hipótese de proporcionalidade é perdida. Devido a isso, os modos se acoplam e dependem das frequências de excitação e características do solo e não mais das propriedades estruturais puras.

Em contraste, a modelagem por molas representa um avanço considerável em relação ao engastamento, especialmente para estruturas de grande altura ou particularmente sensíveis.

Na prática, de acordo com a ISE assim formulada, o problema deixa de ser “modal clássico” para se tornar um problema não-proporcional que requer técnicas de análise modal complexas ou simulações no domínio do tempo. Isso não só tornará a análise muito mais pesada e com resultados pouco intuitivos, como também não comportará o uso dos *softwares* padrões de análise estrutural, nem sequer os mais avançados usados habitualmente. Ou seja, o preço de refinar o cálculo será que o modelo se afasta do contexto dos *softwares* comerciais de análise estrutural e dos métodos consagrados em normas, dificultando a aplicação prática no cotidiano do engenheiro.

7. Análise de efeitos induzidos pelo vento e a metodologia HFPI

No Brasil, a análise modal das estruturas de edifícios altos tem como propósito conhecer os atributos que governam a resposta perante efeitos induzidos pelo vento. Esses atributos serão usados geralmente na integração da equação do movimento mediante a metodologia HFPI (*High Frequency Pressure Integration*) a partir dos registros do ensaio em escala em túnel de vento.

A análise de um modelo realista que se afaste das hipóteses de Rayleigh deverá obrigar a abrir mão também dos algoritmos de integração em alta frequência, que são uma parte essencial dos procedimentos de análise de resposta disponíveis e amplamente aceitos.

8. Síntese do dilema conceitual e prático

Existe, portanto, um *trade-off* entre consistência teórica, praticidade de uso das ferramentas disponíveis (*softwares* e ensaios) e segurança nas análises:

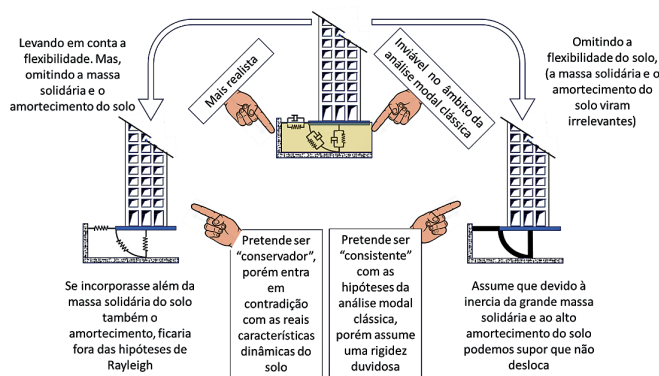
- **O modelo de fundação perfeitamente rígida (engastamento)** mantém compatibilidade com as hipóteses modais clássicas (Rayleigh), integração modal, superposição e ferramentas de validação experimental em túnel de vento.

- **Modelos com molas simples**, embora representem melhor (em aparência) a realidade física da deformabilidade, quando usados isoladamente, ferem a coerência teórica para análise dinâmica, pois ignoram massa e amortecimento do solo.
- **O modelo rigoroso de ISE (mola + massa + dash-pot devidamente estimados)** foge das hipóteses de Rayleigh, necessitando ferramentas especializadas (elementos finitos acoplados, análise não proporcional, solução no domínio do tempo), com resultados menos intuitivos e incompatíveis com os *softwares* comerciais padrão.

Intuições estáticas podem ser “enganosas”, já que elas frequentemente ignoram a importância do tempo, frequência e acoplamentos dinâmicos.

A escolha deve ser orientada pelo tipo de carregamento predominante, grau de precisão exigido e limitações (normativas, computacionais, práticas) do contexto de projeto.

Figura 2: O dilema entre usar molas ou apoios fixos para a fundação no modelo de obtenção dos atributos modais



9. Conclusão

Sob a ótica da análise modal clássica — fundamento da prática corrente e dos recursos experimentais tradicionais — a única hipótese plenamente consistente para edifícios altos sobre *radiers* com estacas é assumir fundações como infinitamente rígidas. Isso garante harmonia entre teoria, prática de modelagem estrutural, validação em túnel de vento e os métodos recomendados em normativas internacionais.

Cabe ressaltar que a análise modal é a base para a integração HFPI pela qual se integra a equação do movimento em estado de serviço. Mesmo que a análise modal seja realizada com um modelo engastado na fundação, uma vez que obtidas as forças estáticas equivalentes, elas serão aplicadas a um modelo analítico com apoios flexíveis idealizados por molas para o dimensionamento final. Este é um

ponto crucial que frequentemente gera confusão, pois o modelo para a *obtenção dos atributos dinâmicos* pode ser diferente do modelo para o *dimensionamento estrutural*.

Para situações em que a precisão sob ação de vento (especialmente conforto de usuários) é crítica, ou em solos de rigidez excepcionalmente baixa, recomenda-se análise suplementar com modelos flexíveis completos (incluindo massa e amortecimento do solo), consciente de que tal abordagem requer método numérico avançado e não pode, em geral, ser conciliada com os resultados padronizados obtidos via análise modal clássica.

Isso garante harmonia entre teoria, prática de modelagem estrutural, validação em túnel de vento e os métodos recomendados em normativas internacionais.

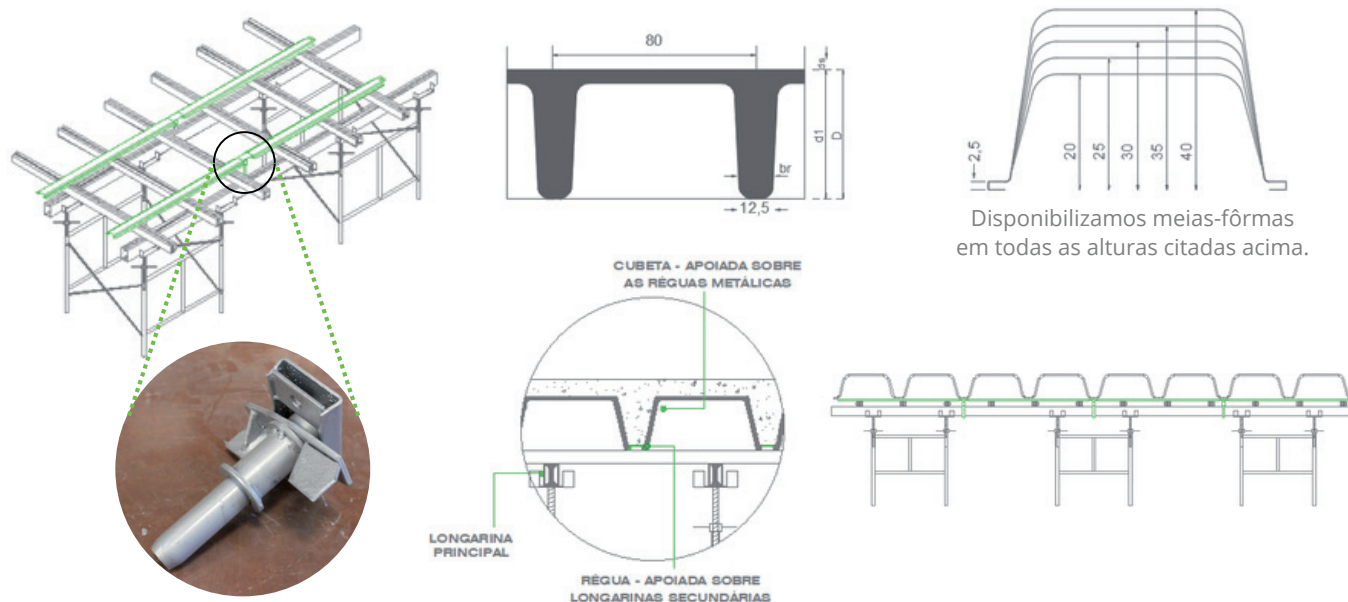
Destaca-se, por fim, que desenvolver e disseminar modelos experimentais e computacionais acessíveis que respeitem a física do problema sem negligenciar aspectos práticos de projeto permanece um desafio e um caminho aberto para avanços no mundo da engenharia estrutural.

Referências bibliográficas

- MEEK, J. W. e VELETOS, A. S. 1974. Dynamic behaviour of building-foundation systems. **Earthquake Engineering & Structural Dynamics**, 3(2), p. 121-138.
- GAZETAS, G. 1983. Analysis of machine foundation vibrations: state of the art. **Soil Dynamics and Earthquake Engineering**, 2(1), p. 2-42.
- CLOUGH, R. W. e PENZIEN, J. 2003. **Dynamics of Structures**. Computers & Structures, Inc.
- WOLF, J. P. e DEEKS, A. J. 2004. Foundation vibration analysis using simple physical models. **Earthquake Engineering & Structural Dynamics**.
- EUROCODE 8: **Design of Structures for Earthquake Resistance**. EN 1998-5.
- ASCE/SEI 7-22. **Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures**.
- ACI 318-19. **Building Code Requirements for Structural Concrete**.
- VELETOS, A. S. 1977. Dynamics of structure-soil systems. **Structural Engineering Conference**, ASCE.
- BREEZE, G. e STOLOS, S. 2015. The practical implementation of high frequency pressure integration (HFPI) using discrete cosine transforms (DCT). **XIV International Conference on Wind Engineering (ICWE)**, Porto Alegre.



FÔRMAS CIENTIFICAMENTE PROJETADAS PARA EVITAR DEFORMAÇÕES DURANTE A CONCRETAGEM



Ao utilizar a fôrma 80x72,5 cm, o cliente encontra à sua disposição alguns fornecedores, podendo negociar melhores preços.

31 3392.6550 • 31 99712.6642
contato@brasilformas.com • www.brasilformas.com



Nesta seção, são publicadas as mensagens que se destacaram no grupo Comunidade TQS e Calculistas ao longo dos últimos meses.

Para efetuar sua inscrição e fazer parte do grupo, basta acessar <https://groups.io/g/comunidadeTQS/> e <https://groups.google.com/g/calculistas-ba>

Recuperação estrutural de laje maciça de concreto armado

Boa noite,

Alguém teria algum documento com os procedimentos e recomendações 'básicas' para recuperação estrutural da parte inferior de uma laje maciça em concreto armado, sabendo que os vergalhões da parte inferior terão que ser trocados, pois estão com um alto nível de corrosão?

Atenciosamente

Eng. Bonifácio Neves de Souza, Salvador, BA

Caro Bonifácio, bom dia.

A minha experiência diz que, no caso de lajes, o mais rápido, seguro e econômico é demolir e reconstruir.

Se isso é inviável, descubra primeiro se é CLORETO ou só CARBONATAÇÃO.

Se for só carbonatação, uma argamassa estrutural bem projetada, depois de limpar as barras corroídas e repor algumas, pode ser projetada com muito cuidado para evitar sombras atrás das armaduras.

Cuidado pra laje não cair no processo de limpeza e preparação!

Escore.

Abraços

Prof. Dr. Paulo Helene, São Paulo, SP

Bom dia.

Uma alternativa:

1. Escorar a laje com as escoras apertadas para aliviar as tensões nas armaduras positivas.
2. Limpar toda parte inferior da laje, inclusive as armaduras.
3. Repor o cobrimento das armaduras com graute.
4. Usar fitas de fibra de carbono para recompor a capacidade resistente da laje.
5. Retirar o escoramento para que as armaduras existentes e as fitas possam trabalhar.

Atenciosamente.

Eng. Antônio Alves Neto, Recife, PE

Engedata - Engenharia Estrutural Ltda

Projetar Serviços de Engenharia e Consultoria Ltda

Deformação de alvenarias em lajes de grandes vãos

Colegas,

Tenho visto algumas lajes de grandes vãos e flexibilidade apoiando alvenarias lineares e longas (até 8 m). Eu questiono a deformação que essa alvenaria vai sofrer, bem como futuras patologias que devem aparecer. Existe alguma solução paliativa? Qual a experiência de vocês?

Abraço a todos,

Eng. Roberto Solano, Rio de Janeiro, RJ

Bom dia, Solano,

Pela NBR 6118 flecha final, após instalação da carga da parede, esta não deve exceder $L/500$; 0,017 rad ou 10 mm. Este último limite tem sido muitas vezes ignorado pelos colegas.

No sentido de evitar patologias, pode-se recorrer à disposição de armaduras e telas em algumas juntas de assentamento, adoção de encunhamento com material resiliente e, melhor que isso, subdividir a parede em tramos com a introdução de juntas de controle.

Abraço grande

Dr. Ércio Thomaz, São Paulo, SP

A tempo: se fizer uma cinta armada sobre a laje e assentar a alvenaria sobre essa cinta não haveria uma redução na deformação da parede?

Abraço a todos,

Eng. Roberto Solano, Rio de Janeiro, RJ

Solano,

Haveria sim.

Abraço

Dr. Ércio Thomaz, São Paulo, SP

Compartimentação de lajes nervuradas em subsolos – projeto de edifício

Prezados colegas, bom dia!

Estamos trabalhando em um projeto de edifício com 40 pavimentos e dois subsolos destinados a garagens, sendo que os subsolos contam com rampas interligando os pavimentos.

Em nosso projeto, as lajes das garagens foram desenvolvidas com o sistema da Atex.

A dúvida que surgiu refere-se ao atendimento das dimensões mínimas exigidas pela norma de incêndio (ABNT NBR 15200) para essas lajes.

Com a presença das rampas, entendemos que a função de compartimentação vertical das lajes é comprometida.

Gostaria de consultar os nobres colegas sobre como têm abordado essa questão em seus projetos.

Agradeço antecipadamente a participação e o compartilhamento das experiências.

Atenciosamente,

Eng. Charly Duque, São Paulo, SP

Caro eng. Charly Duque,

Esta é uma dúvida recorrente, cuja solução não está clara nas ITs dos CBs. Tento jogar um pouco de luz.

Inicialmente destaco: concordo que as rampas **comprometem a compartimentação vertical**.

Exatamente por isso, a NBR 15200:2024 é realista e sensata ao apontar no 2º e 3º parágrafos da subseção 8.2.3:

“Os valores de h indicados nas tabelas 6, 7, 9 e 10 são os mínimos para assegurar as funções de compartimentação. Caso não haja essa exigência, somente os valores de c1 e b min, quando aplicável, devem ser respeitados para que a estrutura atenda à propriedade de capacidade resistente (R). Nesse caso, a espessura das lajes pode ser a obtida pelo cálculo na temperatura ambiente, conforme a ABNT NBR 6118.

A exigência ou não da função de compartimentação deve ser definida com base na legislação e na regulamentação vigentes e nas normas aplicáveis.”

Apontamento nesse mesmo sentido faz o respeitável prof. Valdir Pignatta, na página 115 do seu livro (*Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio*, 2ª edição).

“Não é possível garantir-se a compartimentação vertical em garagens em subsolos, andares duplex e átrios de shoppings. Apesar de não estar explícito nas instruções dos Corpos de Bombeiros, este autor julga desnecessário respeitar uma espessura mínima para a capa das lajes pré-moldadas nessas situações.”

Entretanto, seu projeto precisa agora considerar outros requisitos das ITs. Por exemplo, no máximo, ao interligar três pavimentos consecutivos (usualmente são três), o somatório das áreas não pode ultrapassar “x” m² (depende do uso da edificação), e outros aspectos.

Penso que você deva calcular o TRRF específico para este pavimento “total-especial”, checando se resulta maior ou não que o TRRF dos pavimentos compartimentados.

Na página 114 do referido livro do prof. Valdir Pignatta encontram-se algumas notas sobre as lajes nervuradas em situação de incêndio.

Espero ter ajudado.

Dr. Petrus Nóbrega, Natal, RN

Prezado eng. Petrus Nóbrega,

Agradeço o tempo na elaboração do texto: trouxe luz a este tema!

Aproveito, dentro do mesmo contexto, para pesquisar junto aos colegas sobre a utilização do **Método do tempo equivalente**, mais especificamente para reduzir em 30 minutos o TRRF da edificação.

A Norma Técnica do Corpo de Bombeiros do Mato Grosso, onde será executada a obra que estamos projetando, “parece” dizer que o Método do tempo equivalente só pode ser utilizado para “edificações existentes”, encarecendo significativamente a estrutura, pois o TRRF para estes prédios que fazemos quase sempre é de 120 min.

Fizemos uma pesquisa em outros estados e, ao que nos parece, não pesquisamos todos, mas o MT parece ser o único a fazer essa diferenciação no texto.

Abaixo imagem da NTCB do MT:

5.3 Método de tempo equivalente para redução do TRRF

5.3.1 Admite-se, para as edificações existentes, o uso do método de tempo equivalente para redução dos TRRF (vide Anexo D desta NTCB), excetuando-se as edificações do Grupo L (Explosivos) e das divisões M-1 (Túneis), M-2 (Líquidos ou gases, inflamáveis ou combustíveis) e M-3 (Centrais de comunicação e energia), contudo, fica limitada a redução de 30 min dos valores dos TRRF constantes da Tabela A, Anexo A desta NTCB.

5.3.2 Na utilização do método de tempo equivalente, os TRRF resultantes dos cálculos não podem ter valores inferiores a:

5.3.2.1 15 minutos, para edificações com altura menor ou igual a 6 metros dos Grupos A, D, E, G e das Divisões I-1, I-2, J-1 e J-2.

5.3.2.2 30 minutos, para as demais edificações.

O mais interessante é que, no MS, não há no texto a parte “edificações existentes”:

5.3 Método de tempo equivalente para redução do TRRF

5.3.1 Admite-se o uso do método de tempo equivalente para redução dos TRRF (vide Anexo D), excetuando-se as edificações do grupo L (explosivos) e das divisões M1 (túneis);

M2 (parques de tanques) e M3 (centrais de comunicação e energia), contudo, fica limitada a redução de 30 min dos valores dos TRRF constantes da Tabela A, Anexo A, desta NT.

Nota:
Para classificar as ocupações quanto ao Grupo e Divisão, consultar a Tabela 1 da Lei Estadual nº 4335 que Institui Código Segurança Contra Incêndio, Pânico e outros Riscos no âmbito do Estado de Mato Grosso do Sul.

5.3.2 Na utilização do método de tempo equivalente, os TRRF resultantes dos cálculos não podem ter valores inferiores a:

5.3.2.1 15 minutos, para edificações com altura menor ou igual a 6 metros dos Grupos A; D; E; G e Divisões I-1; I-2, J-1 e J-2;

5.3.2.2 30 minutos, para as demais edificações.

Acima o print do trecho da NTCB do MS.

Atenciosamente,

Eng. Charly Duque, São Paulo, SP

Coeficiente de Amplificação Dinâmica

Colegas, boa tarde!

Torço para que eu esteja errado, mas o que eu estou entendendo é que dormimos com um Coeficiente de Amplificação Dinâmica pela NBR 6123:1988 da ordem de dois para prédios entre 50 a 100 m de altura, e acordamos com um Fator Dinâmico (a mesma grandeza com outro nome) da ordem de cinco ou mais para os mesmos prédios entre 50 a 100 m de altura. Estou errado?

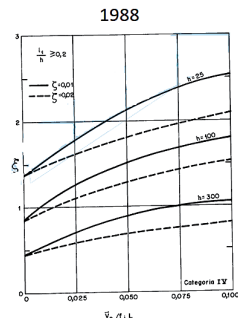


Figura 17 - Coeficiente de amplificação dinâmica, ξ , para terreno de categoria IV ($L = 1800$ m; h em metros)

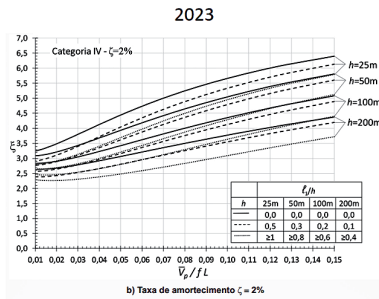


Figura 23 - Fator dinâmico ξ para terreno de Categoria IV ($L = 1800$ m; h em m; ζ definido na Figura 19)

Se isto estiver certo, processem novamente os prédios usando a NBR 6123:2023 ao invés da NBR 6123:1988, e vejam as acelerações dobrarem no mínimo. Eu fiz isso (TQS) com dois prédios que estamos projetando, e as acelerações aumentaram demais. Espero que eu esteja errado, mas bem errado mesmo. Caso eu esteja certo, essa mudança brusca de uma norma para outra, contraria frontalmente o que o saudoso professor Fusco ensinava: as normas não podem apresentar mudanças tais que provoquem o medo e a desconfiança nos engenheiros e na sociedade.

Abraço a todos.

Eng. Luis Fernando Benvença, Santo André, SP
Benvença & Associados Engenharia

Ponte sobre o rio Tocantins

Boa tarde,

Abaixo a íntegra do estudo, com três páginas, sobre as pontes brasileiras, do qual parte dos dados Roberto Solano citou em outra postagem, e cujo evento foi divulgado pelo nosso cacique Carnaúba. <https://site.ibracon.org.br/wp-content/uploads/2020/07/MANIFESTO-PELA-SEGURANCA-E-MANUTENCAO-DAS-PONTES-BRASILEIRAS.pdf>

Simplesmente estarecedor. Não há palavras que possam descrever o descalabro total.

Eng. Carlos Henrique Consoni

De fato... Quantos anos, quicá décadas de descaso com nossas pontes e viadutos.

A verdade é que o conceito de Durabilidade e de Vida Útil é recente. No Brasil, só tem 22 anos e só entrou na nossa norma mãe, a ABNT NBR 6118, em 2003.

Até 2003 tinham sido publicados vários artigos sobre o tema, assim como o conceito em 1993, no Model Code de 1990.

Mas está demorando a chegar a ser uma preocupação cotidiana dos gestores de pontes e viadutos no Brasil (federal, estadual e municipal) e os acidentes continuam a acontecer.

Pontes protendidas têm envelhecimento complexo e de difícil diagnóstico. Assim como é complexo reforçar e intervir corretivamente de forma segura.

Ainda, para complicar, têm o risco enorme de corrosão sob tensão que fragiliza o aço e pode acarretar colapsos bruscos sem aviso, como o ocorrido na ponte em arco de Gênova, do Socorro em SP, dos Remédios em SP e agora na ponte Juscelino, só para citar algumas.

A Engenharia de pontes e principalmente a de inspeção, diagnóstico e intervenção corretiva está atrasadíssima e requer um grande esforço e parcerias entre universidades, especialistas, gestores privados e poder público.

Não adianta atirar pedra só no poder público se nem a melhor engenharia de pontes e o melhor dos especialistas sabe como inspecionar e diagnosticar e intervir com segurança.

Onde estão as normas, os procedimentos, os ensaios, para inspecionar pontes protendidas?

Espero não ocorra o mesmo com o tema sustentabilidade.

Levamos 10 anos depois do CEB-FIP introduzir durabilidade e agora publicamos a nossa ABNT NBR 6118 que ignora o termo **sustentabilidade**, apesar do assunto estar sendo discutido há mais de 25 anos e o fib Model Code já ter sido introduzido claramente na versão de 2023.

Vamos **fazer mea-culpa** antes de jogar pedras nos gestores.

Abraços

Prof. Dr. Paulo Helene, São Paulo, SP

Bom dia, caro professor Paulo Helene,

Obrigado pela breve descrição histórica sobre o conceito de durabilidade e vida útil e demais conceitos pertinentes à segurança das estruturas.

Concordo em boa parte com o que escreveu. A situação é extremamente complexa pelos inúmeros fatores envolvidos.

No caso da ponte JK o relatório da Dnit de 2019, indicava, na nota 2, que a estrutura exigia atenção. Ainda mais pela concepção estrutural arrojada. E eram relatadas vibrações excessivas no trecho central. E nada foi feito de concreto para melhorar a situação, nos poucos mais de cinco anos entre a data do relatório e a data do colapso.

Conforme os dados publicados no manifesto do Ibracon, grosso modo, temos uma ponte com problemas

graves em cada área de 27 x 27 km² no Brasil (proporção que pode diminuir ou aumentar dependendo do estado da infraestrutura na região). E um caminhoneiro pode passar por cerca de 12 pontes com problemas em um dia. E o que dizer de um inocente chefe de família passeando?

A situação é calamitosa, envolvendo vidas de pessoas inocentes.

No Brasil, não há cultura de manutenção desde tempos coloniais e ainda há outros fatores envolvendo as obras de arte, como profissionais sem capacidade que as calculam, irregularidades com o material, uso incorreto de recursos e, para muitos, simples adornos para campanhas.

Sei que há pessoal capacitado e com boa vontade envolvido nesses casos. Mas serão suficientes para resolverem de fato? Parece que há um estado de catatonia.

Voltando ao caso da ponte JK, o Estadão publicou uma reportagem especial e longa, apenas para assinantes, mostrando o destino das emendas para os respectivos municípios servidas pela referida ponte, às margens do rio Tocantins. Eram R\$ 35,6 milhões destinados especificamente à melhoria da infraestrutura da região, mas que foram usados com outros fins, como shows e compras de lâmpadas LED.

Triste situação.

Saudações.

Eng. Carlos Henrique Consoni

Estimado Carlos,

Agradeço sua resposta muito esclarecedora e com a qual concordo.

Precisamos fazer algo, mas não podemos somente esperar e cobrar que os governos federal, estadual e municipal o façam.

Também não podemos somente esperar e cobrar que aquela corja de políticos que elegemos para o Poder Legislativo exijam verbas espantosas do Poder Executivo para, sem prestar contas, usar em seus currais eleitorais.

Estou de acordo contigo, vamos cobrar deles, vamos eleger melhores representantes, mas temos de fazer a nossa parte.

E tem uma parte que só depende de nós.

Por exemplo:

1. Como inspecionar os cabos de protensão que estão dentro de bainhas preenchidas com calda... há anos!!!!?
2. Como medir perdas de protensão in loco?
3. Como medir risco de corrosão sob tensão dentro de bainhas sem aderência (graxa) ou com aderência (calda)?
4. Como inspecionar uma cabeça de ancoragem e julgar se está bem ou com risco de corrosão na interface com a castanha?

5. Como usar corretamente um equipamento de potencial de corrosão que nem é normalizado no Brasil? ...e um equipamento de corrente de corrosão iccor? ...e um ensaio de carbonatação? Quantos laboratórios são capazes de identificar AAR ou DEF? ...e um equipamento tipo pacômetro/magnético? ...e um ensaio de percussão ou de impulso elétrico? Todos esses, e vou parar aqui, ainda não têm norma no Brasil nem profissionais suficientemente treinados para fazer o ensaio e para bem interpretá-lo!
6. Como intervir corretivamente ou reabilitar uma ponte protendida? Como corrigir uma reação álcali-agregado? ou DEF?
7. É fácil e há anos existe check-list para inspecionar drenos, aparelho de apoio, juntas, guarda-corpo, buzinotes, encontros, muros, pilares, vigas e lajes armadas. Mas e as vigas e lajes protendidas? E as fundações? Já recebi um relatório de inspeção com 65 pontos de anomalias e nota 2.... tinha uma única fissura transversal aos cabos de protensão que era importante mas ficou junto no balaio de gato das outras 64 anomalias e o gestor, pobre gestor, evidentemente não sabia, e não tinha por que saber, que tinha de tomar providência imediata....
8. Temos algumas possibilidades de intervir para corrigir problemas, mas nenhuma consensuada. Não existe norma nem para dizer como corrigir um problema de corrosão de armadura em estribo e armadura principal de peças armadas....que dirá corrigir corrosão de armadura sob tensão em protendido.... tem gente que usa aditivo inibidor (não normalizado), outros pastilha anódica (não normalizado), outros sílica ativa, outros decapantes (não normalizado), e outros fosfatizantes (não normalizados), e assim por diante, e todos acham que sua solução é a melhor do mundo, uma panaceia que chega a chocar quando usam uma pastilha anódica ou um aditivo contra cloreto para resolver um problema de carbonatação!!!!

Então é por isso que faço um apelo para, além de cobrar as autoridades, de criticar os desvios dos parlamentares, a gente também faça a parte que nos cabe nesse latifúndio.

E isso custa horas de voluntarismo, de pesquisa, de reuniões, de espírito humilde e flexível para entender e enxergar todos os lados da moeda sem agressões pessoais físicas e morais.

O Ibracon já começou há anos na sustentabilidade e na durabilidade, mas vai devagar porque o voluntarismo ainda é raro na engenharia civil e mudar algo mexe com uma estrutura inercial de grandes proporções.

Agora o prof. Ademir começou um grupo de voluntários para discutir saúde de pontes.... maravilha! Vamos lá...

Vamos conversando...

Abraços

Prof. Dr. Paulo Helene, São Paulo, SP

Bom dia a todos,

Saber o grau de segurança de uma estrutura é, talvez, o mais complexo problema da engenharia. Como medir o comprometimento do concreto e do aço ao longo do tempo? Se colocar os cabos de protensão nessa conta vamos beirar o impossível.

Abraço a todos.

Eng. Roberto Solano, Rio de Janeiro, RJ

Prezados,

Inspecionar pontes é de fato um problema complexo, no entanto eu não acredito que o problema seja a tecnologia disponível.

Pontes são inspecionadas com precisão e qualidade no mundo todo. Há métodos suficientemente competentes para determinar o estado e diagnosticar cada patologia de cada elemento de cada tipo de ponte.

Alguns aqui: <https://www.screeningeagle.com/en/industries/infrastructure/bridges>

A meu ver o problema é outro: mentalidade.

Ponte é uma coisa cara. Coisas caras precisam ser feitas pra durar. Qualquer coisa diferente disso é desperdício de dinheiro (público!).

Uma ponte precisa ser projetada e executada para durar 100 anos. Se ela dura 30 anos, é dinheiro jogado no lixo.

Colegas da Finlândia comentaram, há algumas semanas, que algumas grandes pontes por lá estão sendo projetadas para 200 anos.

Uma ponte malfeita é obviamente mais barata que uma bem-feita. Um projeto malfeito ou feito às pressas é mais barato que um bem-feito. Mas nada disso pode ser mais caro que ter que construir a ponte de novo.

Há quem pense que como o Brasil não é um país rico (tenho minhas dúvidas), não pode se dar ao luxo de fazer coisas com qualidade. Sem perceber que fazer coisas malfeitas é jogar dinheiro fora. É essa mentalidade que tem que mudar.

É justamente porque não temos dinheiro sobrando que não podemos desperdiçá-lo. A Finlândia já entendeu.

É por isso que a engenharia e suas escolas precisam ser valorizadas e levadas a sério. Projetos precisam ser bem pagos, ter prazos razoáveis e é necessário que o valor das obras nas licitações seja revisto. As empresas não usam boas juntas de dilatação porque “é muito caro”, aparelhos de apoio são “muito caros”, equipamentos para estacas de grande diâmetro são “muito caros”, fôrmas de qualidade são “muito caras” ...

O erro começa na licitação.

Quem decide os preços parece não ter ideia do que está fazendo e por algum motivo a indústria não tem força para contestar. Já estamos na fase em que se acha que é assim mesmo, e isso é bem preocupante.

Precisamos de boa engenharia.

Tenho visto vídeos de pontes com problemas onde claramente a execução foi malfeita. É recorrente em casos assim que o preço da obra estava muito baixo.

Qualidade é responsabilidade com o dinheiro público. O nosso dinheiro.

Lembra dos três porquinhos? É sobre fazer a coisa bem-feita uma vez só. A mensagem está lá no inconsciente de cada um de nós. Só precisamos lembrar.

Vale a pena. Evita muitos problemas.

Abraços,

Eng. Franklin Gratton, Southbank Vitória, Australia

Calculistas Bahia

Considerando a situação atual das pontes do Brasil, sugiro a execução de provas de carga.

Tema: Prova de Carga em Pontes
Symposium de Estruturas, Julho de 1944, INT, RJ

Artigo: Ensaio e Verificação de Estruturas

Autor: Paulo Franco Rocha, IPT, SP

<http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/provas-decarga.pdf>

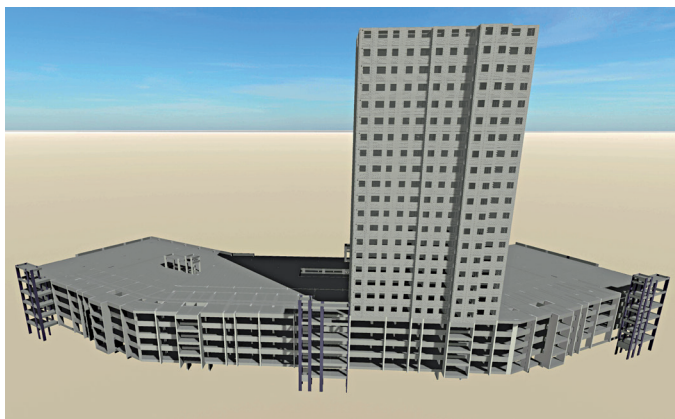
Fernando Lobo Carneiro, INT, RJ, UFRJ, ver página 25.

Telemaco Van Langendonck, USP, ver página 28.

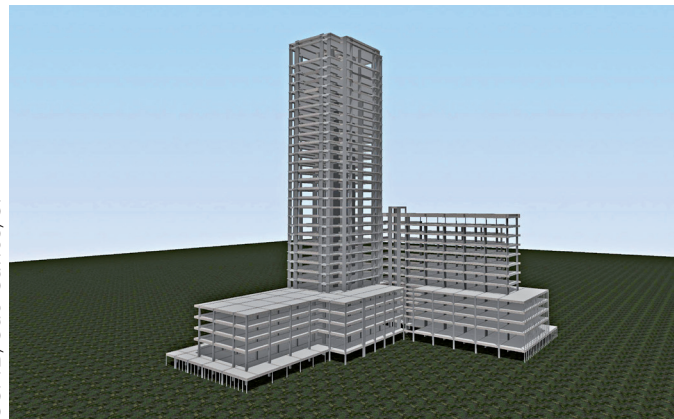
Paulo Franco Rocha, IPT, SP, ver página 30.

“Fazer prova de carga com a carga móvel majorada em 20 %”.

Kreft Engenharia de Projetos, Campinas, SP



OSMB, São Carlos, SP



Comentários de Eduardo Thomaz:

1. Considerando a situação atual das pontes do Brasil, sugiro a execução de provas de carga com a carga móvel realmente passante na ponte, (Dnit deve saber) majorada em 20%.
2. Observar:
 - fissuração (fissura máxima no ensaio deve ser menor que 0,2 mm)
 - flecha *residual indesejada*, após a conclusão da prova de carga (ver página 31: "Desde que a flecha residual não ultrapasse 20% do total, conclui-se que há regime elástico de deformações.").
3. Provas de carga avaliam de um modo global a estrutura e garantem uma segurança maior aos usuários.
4. Provas de carga são relativamente fáceis de fazer, havendo no Brasil firmas capazes de fazê-las.
5. Sugestões e comentários são bem-vindos.

Eng. Eduardo Thomaz, Rio de Janeiro, RJ

Poemas do engenheiro Roberto Solano Carneiro Novaes

Viga caixão

Nome fúnebre, não condiz com meu charme
Sou viga de muitas almas e belezas
Muito usada nas pontes e viadutos
Resisto às flexões e torções, sou completa
De cama e mesa, viga completa, pode me amar
Viga caixão não! Me chamem de paixão.

O fantástico mundo dos matemáticos

Eles vivem em um mundo virtual e virtuoso
Sabem contar e vão além na fantasia
Números reais, racionais e irracionais
Não importa
Números finitos e infinitos
Sem limites
Os matemáticos são mágicos sem vareta
Inventam teorias, transbordam a compreensão
Merecem os aplausos dos cientistas
São os deuses do imaginário
Sabem ver o tudo dentro do nada
E provam que o nada pode ser tudo

A protensão

A protensão é o sutiã da engenharia
Caiu? Levanta!
Um passe de mágica
Uma alegria a mais
Uns dirão: "um mal necessário"
Outros batem palma de pé
A protensão existe para salvar não para se amar

Ponto de momento nulo

Na viga da vida há um recanto especial
Lá o momento é nulo, a viga descansa
No sobe e desce das tensões o oásis existe

Momento zero, que alegria!

Um domingo no meio da semana
O descanso antes de subir a rampa
E dar o máximo sobre o apoio
A vida da viga é difícil e sofrida
Mas ela é valente e vence o vão
Respeita ela meu irmão!

A sondagem e o sonho

O sonho nasce primeiro, a sondagem depois
O sonho é construir uma casa ou um prédio
A sondagem vem para descobrir mistérios
Sim, o solo é um grande mistério
Você não vai realizar seu sonho sobre o desconhecido
Então vamos furar o chão sem medo
O sistema SPT vai te ajudar até uma pedra encontrar
É pau, é pedra, é o fim do caminho? Não!
Nem Tom Jobim saberá o que tem nessa pedra
Nessa briga pra realizar teu sonho a sondagem é o
começo do caminho
Com as bençãos do Tom.

A viga da vida

A viga da vida tem três apoios
Na esquerda o amor, no centro a saúde, na direita o
dinheiro
As cargas distribuídas são da educação e família
Pontuais temos o parceiro e os filhos
Todos geram momentos negativos e positivos
Os cortantes vão se modificando ao longo da vida
(viga)
Os recalques dos apoios ocorrem
Se descer o amor, o dinheiro tenta resolver
Se recalcar o dinheiro, haja saúde pra suportar
Se recalcar a saúde a viga corre risco de desabar
E assim vamos cheio de momentos e cortantes
Construindo nossa vida (viga)

Sapata

Vivo no chão
Tenho vocação para ser uma pirâmide
Mas me jogam no chão
E, pior, me enterram!
Me finjo de morta...

Quando o prédio trinca a culpa é minha
Vida de sapata não é fácil não

Suporto tudo sobre o solo
Já o solo, ele não me ama, muita pressão

Assim, vivemos esse casamento, eu e ele
Até que o dono do terreno nos separe

Mão francesa

A mão francesa é delicada e linda sem luva
Uma peça feminina de grande valia
Ela socorre as vigas em balanço
Ela enfeita as fachadas bien sûr
Ela é linda em aço e em concreto
A mão francesa sempre procura ajudar, dadivosa
criatura estrutural
Vamos nos lembrar dela para alegrar nossos projetos
Très belle femme de très belle main

66º Congresso Brasileiro do Concreto

Com a bandeira “Concreto: o material do Passado, do Presente e do Futuro” o Congresso Brasileiro do Concreto de 2025 será realizado em Curitiba – Paraná, nos dias 28, 29, 30 e 31 de outubro.



Maior fórum técnico nacional de debates sobre a tecnologia do concreto e seus sistemas construtivos. Um encontro nacional e internacional de profissionais e especialistas na área de estruturas de concreto.

Esse ano conta com uma grande novidade: a ILHA DE STARTUPS!

Neste espaço exclusivo, startups inovadoras terão uma oportunidade única de apresentar suas soluções disruptivas para um público altamente qualificado, composto por grandes especialistas, empresas líderes do setor, investidores e tomadores de decisão.

A TQS estará mais uma vez presente com estande próprio na FEIBRACON – Feira Brasileira da Construção em Concreto.

Saiba mais, em: <https://concreto.org.br/66cbc/>

ENECE 2025 – 28º Encontro Nacional de Engenharia e Consultoria Estrutural



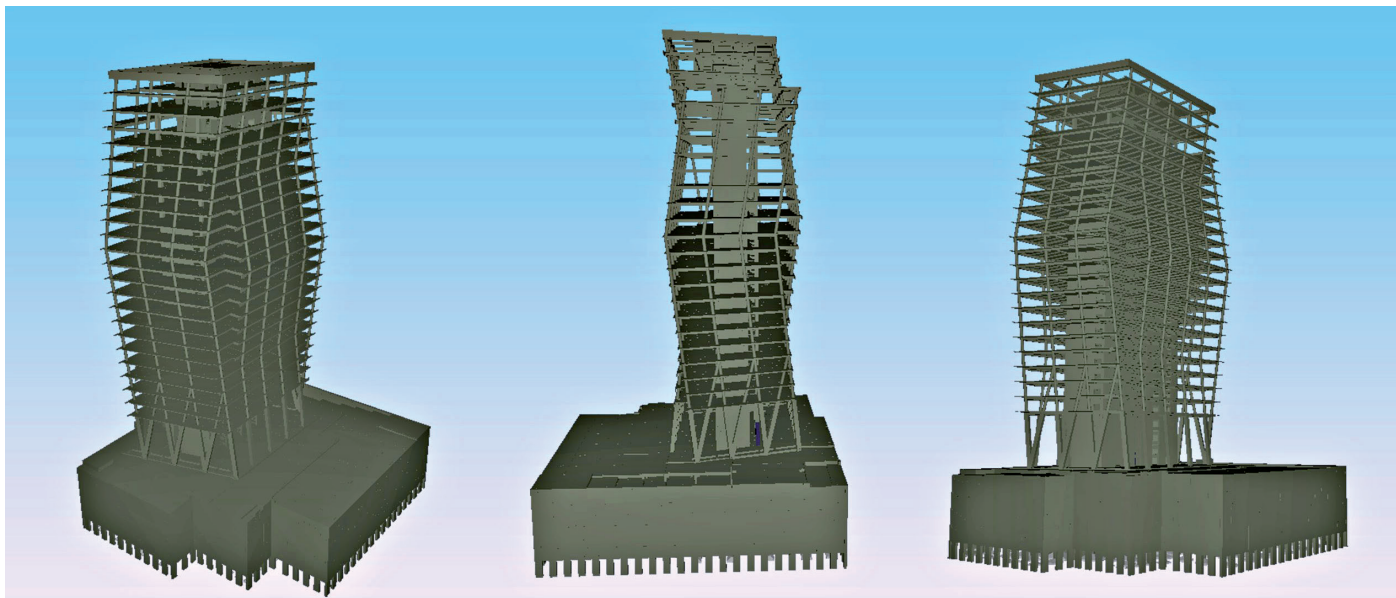
O ENECE chega, em 2025, à sua 28ª edição com um tema central que reforça a relevância do papel do projetista estrutural na busca por obras mais eficazes, seguras e sustentáveis:

Qualidade e Eficácia em Projetos Estruturais: Construtibilidade e Produtividade

O evento tem como objetivo explorar como as decisões de projeto impactam diretamente na qualidade da obra, no consumo racional de materiais, na produtividade da mão de obra e na redução do impacto ambiental. A proposta é integrar os profissionais da cadeia produtiva da construção civil, promovendo o diálogo entre concepção, planejamento e execução estrutural.

O evento ocorre no dia 03 de outubro de 2025, em São Paulo, SP.

Saiba mais, em: <https://enece.abece.com.br/enece-2025/>

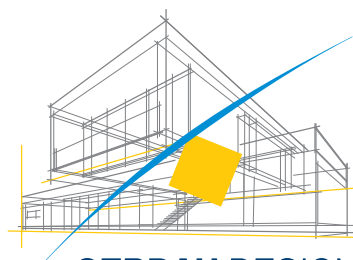


GERDAU DESIGN: O FUTURO DA CONSTRUÇÃO COMEÇA AQUI.

PENSAR JUNTO É CONSTRUIR MELHOR.



Seu projeto merece mais do que estrutura: merece estratégia construtiva, inovação e soluções sob medida.



GERDAU DESIGN

A Gerdau Design é uma consultoria exclusiva que apoia construtoras, arquitetos, projetistas, incorporadoras e investidores na busca pela melhor solução construtiva para cada obra.

Com presença técnica próxima e estudos comparativos de sistemas estruturais, ajudamos a otimizar custos, prazos e logística de execução.

Apoiamos desde a concepção do projeto até a conexão com parceiros estratégicos, sempre com foco em produtividade, eficiência e sustentabilidade.

Transformamos desafios em vantagens construtivas. Porque cada projeto é único, e merece uma solução pensada junto com você.



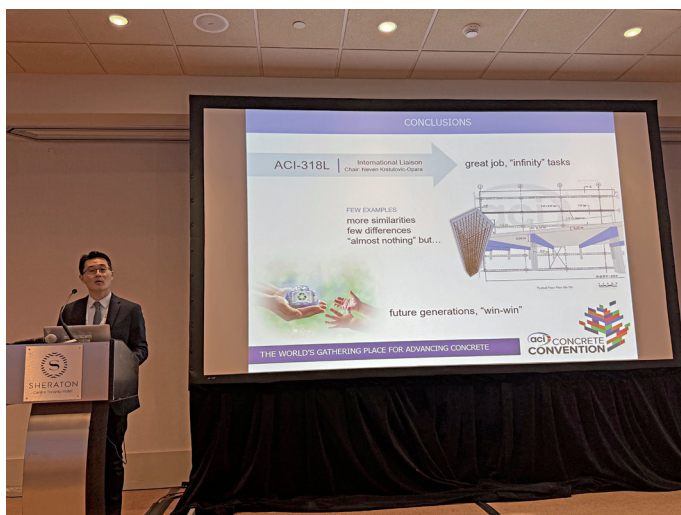
mais.gerdau.com.br



TQS marca presença no ACI Convention Spring 2025 em Toronto

Entre os dias 30 de março e 2 de abril, Toronto foi palco do *ACI Concrete Convention Spring 2025* — um dos principais encontros internacionais da engenharia do concreto. O evento reuniu mais de 2.500 participantes de diferentes partes do mundo, entre profissionais, pesquisadores e estudantes em uma programação intensa de sessões técnicas, comitês e atividades voltadas para a nova geração de engenheiros.

Tivemos o prazer de participar mais uma vez, contribuindo com conteúdo técnico e fortalecendo laços com a comunidade internacional. Esta foi a segunda participação da empresa no evento, após a presença de Alio Kimura, sócio-diretor da TQS, na edição de 2024, em New Orleans. Neste ano, nossa equipe foi representada novamente por Alio Kimura, e pela Adriana Abrahão, da equipe de desenvolvimento da TQS. Ambos participaram como palestrantes na sessão *International Code Comparison: ACI 318, Brazilian & Eurocode*, compartilhando aprendizados do trabalho que vem sendo desenvolvido no subcomitê ACI 318-L.



Apresentação Learnings and Conclusions from a few RC Design Code Comparison Examples no ACI Convention 2025 por Alio Kimura

Participação brasileira no evento

A presença brasileira foi modesta em números, mas relevante dentro de um evento global como este. Na mesma sessão em que apresentaram Alio Kimura e Adriana Abrahão (TQS), o professor Marco Carnio (PUC-Campinas) falou sobre o uso de concreto reforçado com fibras no Brasil. Também foi apresentado um estudo do grupo de pesquisa formado pelos engenheiros Matheus Marquesi, Fernando Stucchi, Matheus Carvalho e Carolina Silva, abordando o dimensionamento à cortante de lajes pela norma ACI 318-19. Representantes do IBRACON, Julio Timerman e Rafael Timerman, marcaram presença e conquistaram um importante marco: o estabelecimento do *Brazil ACI Chapter*, fortalecendo ainda mais os laços entre as comunidades técnicas brasileira e internacional.

Além disso, reencontramos outros colegas e amigos da TQS que também estavam presentes.



Brasileiros que apresentaram na sessão International Code Comparison: ACI 318, Brazilian & Eurocode – Alio Kimura, Adriana Patricia Abrahao e Marco Carnio

Aprendizado e colaboração no cenário internacional

As apresentações integraram as atividades do Subcomitê ACI 318-L *International Liaison*, coordenado pelo engenheiro Neven Krstulovic-Opara da ExxonMobil. Desde 2021, o grupo tem se dedicado à comparação técnica entre normas de projeto de edifícios de concreto — como ACI 318:2019, NBR 6118:2023, Eurocode e KDS — por meio da resolução de exemplos práticos.



Apresentação Code Comparison: ACI318:19 and NBR 6118:2023 no ACI Convention 2025 por Adriana Patrícia Abrahão

Esse intercâmbio técnico tem aproximado engenheiros de diversas partes do mundo, fomentando um espaço de colaboração internacional e se mostrando valioso para aproximar filosofias de projeto, inspirar melhorias e favorecer aprendizados mútuos. Discussões como o uso de exemplos hipotéticos ou realistas, cálculos manuais ou com software, mostram que não há um caminho único ou exemplo perfeito — o

importante é começar e seguir em frente. A comparação entre normas permite identificar adaptações necessárias a contextos regionais, além de apoiar engenheiros que atuam em projetos internacionais, onde diferentes normas muitas vezes se combinam. Embora estejamos apenas no início do trabalho, já conseguimos perceber diferenças, levantar hipóteses e contribuir com reflexões importantes. Mais do que comparar números, buscamos criar conexões entre diferentes culturas técnicas, promovendo uma compreensão mais ampla e colaborativa do projeto de edifícios em concreto armado.

Temas em destaque: sustentabilidade, inovação e o futuro da engenharia

Além das sessões técnicas e reuniões de comitês, a convenção foi marcada por temas que refletem as transformações do setor. O lançamento do ACI 318-25 e de outras normas atualizadas foi um dos grandes marcos do evento, com sessões dedicadas à explicação das mudanças. A sustentabilidade também teve papel central, com discussões práticas sobre o uso de concreto de baixo carbono, desafios de implementação e evolução dos padrões normativos.



Sessão do ACI Convention 2025

Inovação também esteve em pauta, com debates sobre novos materiais, métodos construtivos e o uso de tecnologias digitais – como inteligência artificial – no cotidiano da engenharia. Outro ponto forte foi o engajamento de estudantes e jovens profissionais, que bateram recorde de participação, com atividades interativas e programas de mentoria que reforçam a renovação da comunidade técnica.

Mantendo viva a cultura da colaboração

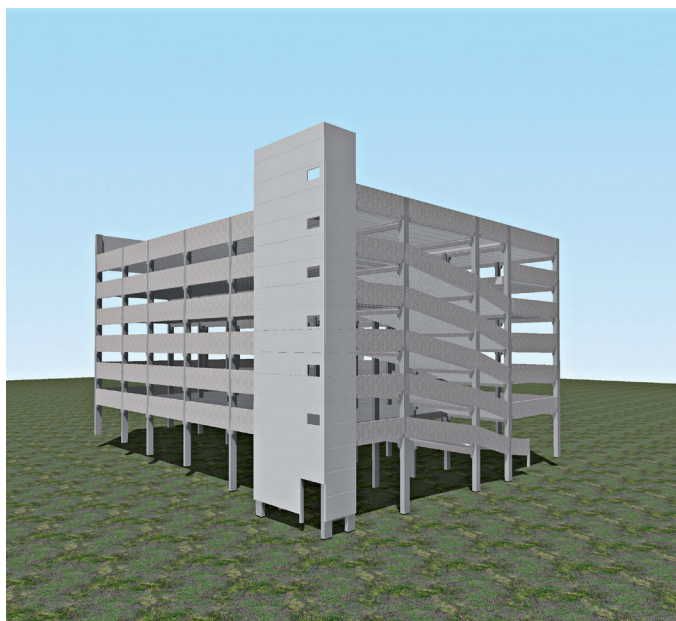
Nossa participação no ACI Convention 2025 reflete os valores que sempre nortearam a TQS desde sua fundação em 1986: a busca pelo conhecimento e a valorização das relações humanas. Acreditamos que o avanço técnico se constrói com diálogo, generosidade e amizade entre profissionais.

Esse espírito de colaboração, tão presente na história da TQS, segue vivo e se renova em cada evento, cada parceria e cada contribuição para o avanço da engenharia estrutural.



Celebrando a conquista do Brazil ACI Chapter

MARNA PRÉ-FABRICADOS, Pinhais, PR



RM Mais Projeto Estrutural, Vinhedo, SP



Lançamento do livro *A Protensão Não Aderente no Brasil – A História a partir do Ceará*

Neste livro, o engenheiro, professor e historiador Ricardo Brígido apresenta a trajetória da introdução da Protensão Não Aderente no Brasil, liderada por um grupo de profissionais cearenses. Ele próprio participou das primeiras viagens de intercâmbio técnico aos Estados Unidos, onde a técnica já era amplamente aplicada. A obra reúne informações técnicas, fotos e pranchas que documentam a chegada e disseminação dessa inovação no país. Leitura essencial para engenheiros, arquitetos e estudantes interessados na evolução das técnicas construtivas no Brasil.

O lançamento nacional do livro acontecerá na Concrete Show, no dia 21/08, no stand da Impacto Protensão (E53), com a presença do autor, que estará disponível para um bate-papo com os presentes.

Além disso, o livro já se encontra disponível em uma pré-venda na Amazon, no link abaixo: <https://a.co/d/1ab8K36>



Engenheiro Nelson Covas e o professor e historiador Ricardo Brígido



Prof. Augusto Carlos de Vasconcelos - Inscrição no livro de mérito do CONFEA

“A Medalha do Mérito, a inscrição no Livro do Mérito e as menções honrosas da Láurea ao Mérito do Sistema Confea/Crea de 2025, durante a 80ª Semana Oficial da Engenharia e da Agronomia (SOEA), já têm seus nomes definidos e aprovados pelo plenário do Confea. A Soea será realizada de 6 a 9 de outubro, em Vitória-ES. A aprovação dos nomes indicados pela Comissão do Mérito – CME foi realizada nesta quinta-feira (29/5), na plenária 1711.

A chanceler do Mérito, eng. civ. Carmen Petraglia, apresentou as indicações. “Fizemos uma melhoria nos critérios de avaliação. Pedimos aos Crea que melhorassem a descrição dos currículos a serem avaliados. Deu resultado. Podemos dizer que esses nomes serão uma inspiração para os futuros profissionais”. A CME é formada ainda pelos conselheiros federais Giucélia Figueiredo; Neemias Barbosa e Cândido Carnaúba.

Engenheiro Civil Augusto Carlos de Vasconcelos - Indicação Crea-SP

Nota de falecimento eng. Antonio Carlos Reis Laranjeiras

É com o mais profundo e imenso pesar que comunicamos o falecimento de uma das grandes referências da Engenharia Estrutural Brasileira: o querido eng. Antonio Carlos Reis Laranjeiras, mais conhecido como Prof. Laranjeiras.



Foi homenageado com o título de “Personalidade da Engenharia Estrutural” na abertura do 11º ENECE, em 2008, durante a cerimônia de entrega do VI Prêmio Talento Engenharia Estrutural. Bastante comovido com a homenagem, o eng. Laranjeiras fez um belo e emocionante discurso em agradecimento à homenagem e comoveu também os presentes.

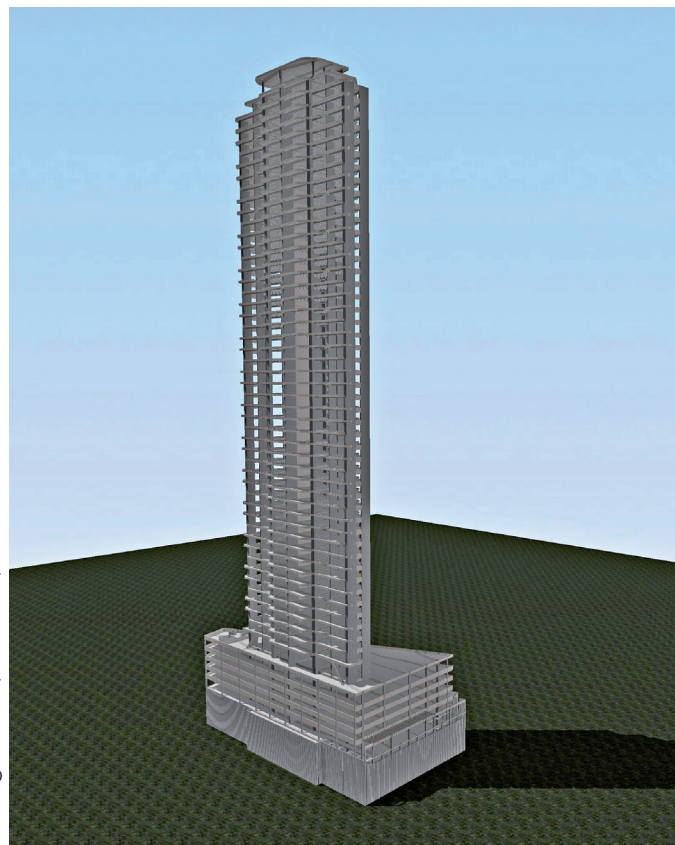
Engenheiro civil pela Escola Politécnica da UFBA (1954), com pós-graduações em Estruturas na Escola Nacional de Engenharia – UFRJ, Technische Hochschule – München (Alemanha), The University of Texas at Austin (USA) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, Laranjeiras foi Professor Titular da Escola Politécnica, UFBA (1957-1987).

Possui os títulos de Professor Emérito da UFBA, Professor Titular de Concreto Armado (por concurso) da UFBA e Livre Docente Estab. Constr. e Concreto Armado (por concurso) da UFBA. É engenheiro aposen-

tado do Departamento de Estradas de Rodagem da Bahia (1956-1993). Foi presidente do Clube de Engenharia da Bahia.

Além das homenagens recebidas pela ABECE, foi condecorado com os prêmios Emílio Baumgart, Ibracon, Destaque na Engenharia; Diploma INT /ABCP (Rio de Janeiro), Relevantes serviços.

Foi sócio gerente da ACR Laranjeiras & Cia. Ltda. Projetos de Estruturas, tendo projetado estádios, obras hidráulicas, pontes, edificações, obras industriais, pavimentos; além de ter escrito teses, é autor de teses, publicações técnicas, traduções e redações de Normas.



MD Engenharia, Fortaleza, CE

Homenagem engenheiro Godart Silveria de Sepeda



É com grande honra e admiração que prestamos esta homenagem ao engenheiro Godart Silveria de Sepeda, cuja trajetória se confunde com a própria história da engenharia estrutural brasileira.

Ao longo de décadas de dedicação, Godart construiu um legado marcado pela excelência técnica, inovação e integridade profissional. Formado em Engenharia Civil pela PUC-Rio, com formação complementar em Matemática pelo IMPA e especialização em Engenharia de Estruturas pela UERJ, ele sempre esteve à frente do seu tempo. Sua formação sólida foi apenas o início de uma carreira brilhante, que abrange projetos de grande envergadura e impacto nacional e internacional.

Como diretor técnico da M. Sepeda Projetos de Engenharia, atuou em algumas das mais importantes obras do país, incluindo as usinas nucleares de Angra II e III, o metrô de Recife e projetos de refinarias da Petrobras. Sua contribuição transcendeu fronteiras, com uma marcante atuação no Iraque, onde exerceu funções técnicas e acadêmicas, lecionando na Universidade de Bagdá.

Pioneiro no desenvolvimento do “Método B” – ferramenta hoje presente em softwares de cálculo estrutural –, Godart demonstrou sua visão inovadora e seu compromisso com a evolução da engenharia. Sua capacidade

de transformar teoria em prática o tornou uma referência incontestável entre profissionais e acadêmicos.

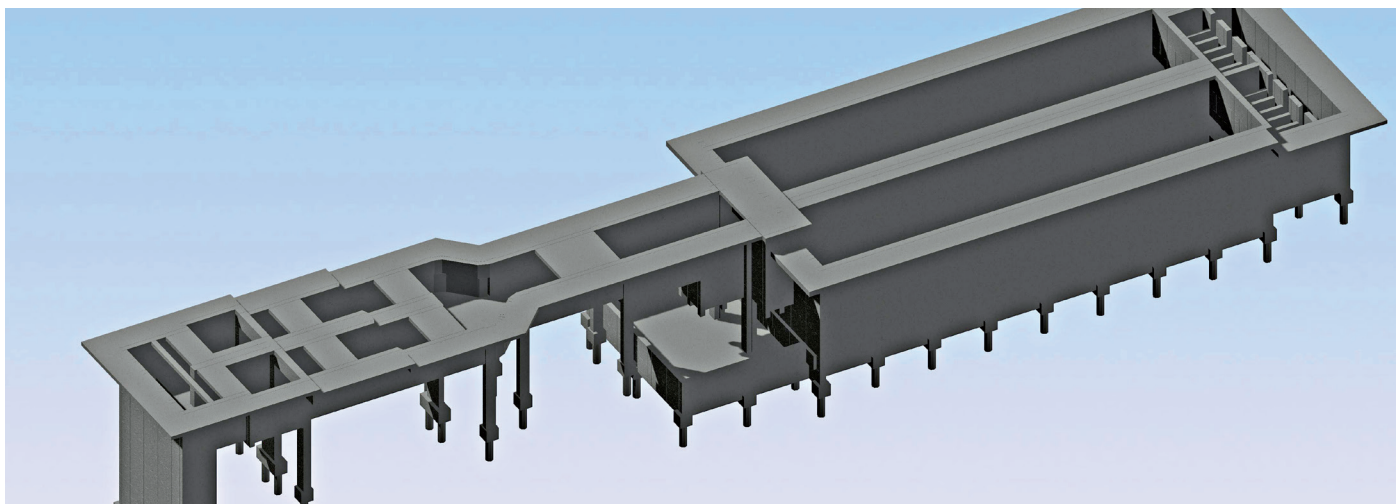
Mais do que um engenheiro, Godart foi um mestre. Foi professor na PUC-Rio, formador de gerações de engenheiros, e um pensador inquieto, sempre presente em debates e encontros técnicos. Seu olhar crítico e ao mesmo tempo construtivo moldou caminhos e inspirou incontáveis profissionais.

Homenageamos, portanto, não apenas um nome, mas uma história viva de dedicação, competência e paixão pela engenharia. Um exemplo que permanecerá como referência ética e técnica para as futuras gerações.

Nosso respeito, nossa gratidão e nossa mais profunda admiração ao engenheiro Godart Sepeda, descanse em paz.



Charge Godart Sepeda





Aplicativos na TQS Store

<https://www.tqs.com.br/apps/calculators>

Além de *plug-ins* para BIM, a TQS Store conta com inúmeras ferramentas auxiliares para engenheiros, de diversos assuntos, desenvolvidos por terceiros e que não dependem do TQS para funcionar.

V-PRO | Calculadora de Vigas Protendidas
Sander David Cardoso Junior

Reservatórios | Calculadora de reservatórios
TQS Informática Ltda.

CalcLajes | Calculadora de Lajes
Valério S.A.

SECAOVIG | Mudança Brusca de Seção em Viga
Celso Jaco Faccio Júnior

GeoEst | Reações e Capacidade de carga de estacas
TQS Informática Ltda.

AlfaR | Fator de Restrição à Rotação
TQS Informática Ltda.

LPUNC | Calculadora de Punção
Celso Jaco Faccio Júnior

DETPRO | Ancoragens de Protensão
Celso Jaco Faccio Júnior

LIP | Pontes em Vigas Múltiplas
Sander David Cardoso Junior

LocBase | Locações de pilares
Guilherme Luiz Pereira Pinto

KROKI-FCR | Estabilidade de Pilares e Seção de Concreto Armado.
Lucas Chaves de Aguiar

Conten | Muros de contenção/arrimo
Sander David Cardoso Junior

CALCMOLA | Estimativa de molas de fundação
TQS Informática Ltda.

MetalCheck | Elementos metálicos
TQS Informática Ltda.

ESCPLIS | Escadas Plissadas
Celso Jaco Faccio Júnior

ProUni | Peças pré-moldadas protendidas
Augusto C. Vasconcelos e Allo Kimura

ESCAD | Escadas Usuais
Celso Jaco Faccio Junior

QFER | Extração dos Quantitativos de Ferros TQS
TQS Planear Consultoria Ltda.

PREF | Programa de Reforço Estrutural com Fibra de carbono
Fabio Sello Prado, Pedro Henrique Cerento de Lyra

PRECALC | Vigas e lajes protendidas com armadura reta aderente
João de Oliveira Dorta Filho, Rafael Alves de Souza

HFPIBR | High Frequency Pressure Integration
Sérgio R. P. Medeiros e Sérgio Stoloivas

CARAMBOLA | Calculadora de Vida Útil
Thomas Garcia Carmona

Sapforte | Sapata isolada rígida
João Pedro Aparecido Mestre Farinelli

CALCLaje | Calculadora de armadura para lajes
Murilo José Marques da Silva

P-Calc | Pilares de concreto
Sander David Cardoso Junior

FSCalc | Seções de concreto armado sujeitas a flexão normal simples e cisalhamento
Jackson Deliz Ditz

T-Rüsch | Tabelas de Rüsch para pontes
Gustavo Elias Khouri, Mariana Silva Serapião e Sander David Cardoso Junior

CalculaTimber_CLT | Calculadora de Lajes de Madeira Engenheirada (CLT)
Johnny Fontana, Maurizio Vairo, Ana Carolina Pegoraro

FlexCisTor | Dimensionamento à Flexão Normal Simples, Cisalhamento e Torção
Reginaldo Lopes Ferreira

Alvena | Resistência do prisma e bloco de alvenaria estrutural à compressão
Rangel Lage e TQS Informática Ltda.

SECC | Seções de concreto armado ou protendido
Sander David Cardoso Junior

SCAPE | Aparelhos de apoio elastoméricos
Felipe Premazzi Rego, Larissa Xavier de Melo, João Paulo Bortolazzo de Campos e Sander David Cardoso Junior

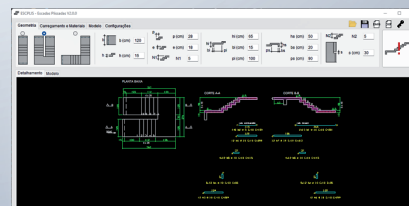
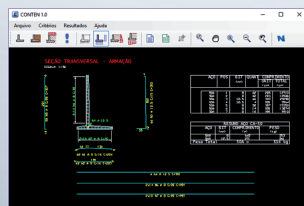
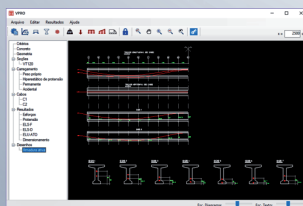
RLF SecPro | Seções Protendidas
Reginaldo Lopes Ferreira

ARMSUSP | Armadura de Suspensão de Vigas
Petrus Gorgônio B. da Nóbrega, Eduardo Marques Vieira Pereira e Ítalo Samuel da Silva Araújo

PROPGEO | Propriedades geométricas de seções arbitrárias
Ítalo Samuel da Silva Araújo, Selma Hissae Shimura da Nóbrega e Petrus Gorgônio B. da Nóbrega

LDB | Geração de Linhas de Balanço
TQS Planear Consultoria Ltda.

Se tiver interesse em publicar seu trabalho na TQS Store, acesse <https://www.tqs.com.br/developers>. Há inúmeras bibliotecas de programação disponíveis no SDK (Standard Development Kit) da TQS.



Nota de falecimento eng. Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte

É com imenso pesar comunicamos o falecimento do eng. Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte, associado da ABECE e ex-diretor da Regional Recife.

Formado em Engenharia Civil pela UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), em 1970, com mestrado em Engenharia Civil pela UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), em 1972, e doutorado em Engenharia Civil pela mesma Universidade, em 1992, foi pesquisador e professor adjunto IV da Universidade Católica de Pernambuco.

Tinha experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Ensino de Engenharia e na Pesquisa, atuando principalmente nos seguintes temas: análise estrutural, análise não linear, análise dinâmica, edifícios altos, engenharia civil, estruturas de concreto, interação solo-estrutura, compatibilidade de projetos, Engenharia Simultânea.

Foi avaliador do SINAES, Membro do Núcleo Docente Estruturante do Curso de Engenharia Civil e do Colegiado do Curso de Engenharia Civil.

Deixa um importante legado de conhecimento na área da Engenharia Estrutural e muita saudade nos familiares e amigos.



Nota de falecimento eng. Claudio Renato Penteado De Luca

É com profundo pesar que comunicamos o falecimento do eng. Claudio Renato Penteado De Luca, aos 85 anos, em São Paulo (SP).

Engenheiro Civil pela EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1962), foi diretor da De Luca Engenharia de Estruturas e associado da ABECE.

Nossos sentimentos aos familiares, amigos e colegas de trabalho.

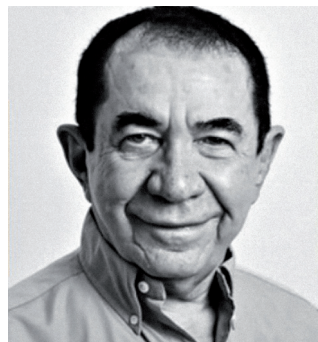


Nota de falecimento eng. Gerardo Santos Filho

É com pesar que comunicamos o falecimento do Eng. Gerardo Santos Filho, ex-diretor Regional do Ceará.

Engenheiro civil, entusiasta do IBRACON, nunca deixava de participar dos congressos e eventos assim como imprimia uma dinâmica digna de nota na Regional do Ceará.

Aos familiares, nossos mais sinceros sentimentos.



Dissertações e Teses

LISBOA, Guilherme de Paula

Proposta de uma metodologia para simulação computacional do colapso progressivo de estruturas reticuladas em concreto armado

Dissertação de Mestrado: Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás, 2020

Orientador: Prof. Dr. Daniel de Lima Araújo

O colapso progressivo é um evento relativamente raro associado à propagação de um dano local à estrutura, mas que resulta em danos desproporcionais à causa inicial. As normas e recomendações de projeto mais referenciadas acerca do assunto, quando tratam do tema de forma explícita, o fazem de duas principais formas. Por métodos indiretos, baseados no provimento de continuidade, redundância e ductilidade, por meio do uso de amarrações entre os elementos estruturais com a utilização de armaduras correntes ou de cordoalhas de protensão não tensionadas no interior de tais elementos, por exemplo. A outra forma se apoia nos métodos diretos, que, baseados em técnicas avançadas de análise estrutural, buscam ou dimensionar elementos-chave para que estes resistam a esforços excepcionais ou estabelecer caminhos alternativos de carga para redistribuição de esforços decorrentes da perda de um elemento vertical, por exemplo. A definição das forças de dimensionamento das amarrações nos métodos indiretos é normalmente feita de forma empírica. Já no método direto, para que a estrutura resista a um dano local sem ruir em grande parte ou no seu todo, é necessária a verificação da resistência última da estrutura em situações excepcionais, lançando-se mão das não-linearidades física e geométrica de todo o arranjo. Neste trabalho é desenvolvida uma metodologia de modelagem computacional baseada em modelo numérico simplificado realizado via Método dos Elementos Finitos, implementado no software DIANA[®] v.10.2, com a utilização de

elementos finitos de pórtico, de mola rotacional e de casca. A metodologia desenvolvida se pauta, dentre outras considerações, na definição de uma lei constitutiva para molas rotacionais representativas das ligações viga-pilar baseada em modificação do comportamento definido segundo a Modified Compression Field Theory (MCFT). Com a metodologia de modelagem validada, são realizadas análises paramétricas, cujos resultados sugerem ser possível a previsão de deslocamentos e forças últimos em estruturas monolíticas em pórtico de concreto armado sob colapso progressivo a partir das características físicas e geométricas da estrutura definidas ainda em fase de projeto. A metodologia de modelagem desenvolvida é também aplicada ao estudo de um pavimento completo. Os resultados obtidos são comparados com as recomendações de projeto de duas referências: uma com abordagem por provimento de caminhos alternativos de carga e outra com abordagem por provimento de amarrações entre elementos estruturais. Segundo o método das amarrações utilizado, as armaduras longitudinais das vigas podem ser consideradas como amarrações apenas se esses elementos tiverem capacidade verificada de suportar rotações superiores a 0,20 rad. Os resultados obtidos indicam ser conservadora essa consideração.

Link:



MIRANDA, Paulo De Souza Tavares

A influência das ações sísmicas nas edificações brasileiras em concreto armado

Tese de Doutorado: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2021

Orientador: Prof. Dr. Humberto Salazar Amorim Varum

Coorientador: Prof. Dr. Nelson Saraiva Vila Pouca

Por ser um país de considerável estabilidade sísmica, o Brasil conta atualmente com pequenos investimentos e poucos pesquisadores ligados ao estudo sísmico. No entanto, as características construtivas das edificações brasileiras apontam para a necessidade de estudos mais profundos visando a redução da vulnerabilidade sísmica mesmo em situações de sismos moderados. Dentro deste contexto e impulsionada pela uniformização das normas técnicas no continente sul-americano associado ao maior registro de sismos no Brasil nos últimos anos a ABNT–Associação Brasileira de Normas Técnicas publicou em 2006 a NBR 15421–projetos de estruturas resistentes a sismos, que trata da obrigatoriedade da consideração das ações sísmicas nos projetos de estruturas de edificações. Devido à baixa sismicidade brasileira, muitos projetistas de estruturas desconhecem a norma e relutam em adotar os procedimentos nela estabelecidos, fato comprovado a partir das respostas de um questionário enviado a Engenheiros de todos os estados brasileiros. Para avaliar a influência das ações sísmicas nas edificações brasileiras em

concreto armado, foram realizadas várias análises em estruturas modelo que representam o parque edificado de Fortaleza, capital do estado do Ceará e a cidade de maior risco sísmico no Brasil. Os resultados apresentam as possíveis ações sísmicas(S)aplicadas nas estruturas frente à um cenário sísmico e relacionam também estas ações com aquelas obtidas a partir do vento(V)definindo assim o parâmetro S/V. Tais análises foram realizadas em todos os 120 bairros da cidade e avaliadas e interpretadas considerando características particulares das edificações como número de pavimentos, período em que foram projetadas, características das estruturas etc. Os valores encontrados do parâmetro S/V expõem claramente a dúvida quanto ao comportamento sísmico das estruturas em concreto dos edifícios residenciais da cidade de Fortaleza, principalmente aqueles mais baixos.

Link:



PEREIRA, Nathalia Coelho

Concepção arquitetônica e estrutural de duas obras de Oscar Niemeyer: Igreja da Pampulha e Pavilhão da Gameleira

Dissertação de Mestrado: Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, 2012

Orientador: Prof. Dr. Luciano Mendes Bezerra

Coorientador: Prof. Dr. Márcio Augusto Roma Buzar

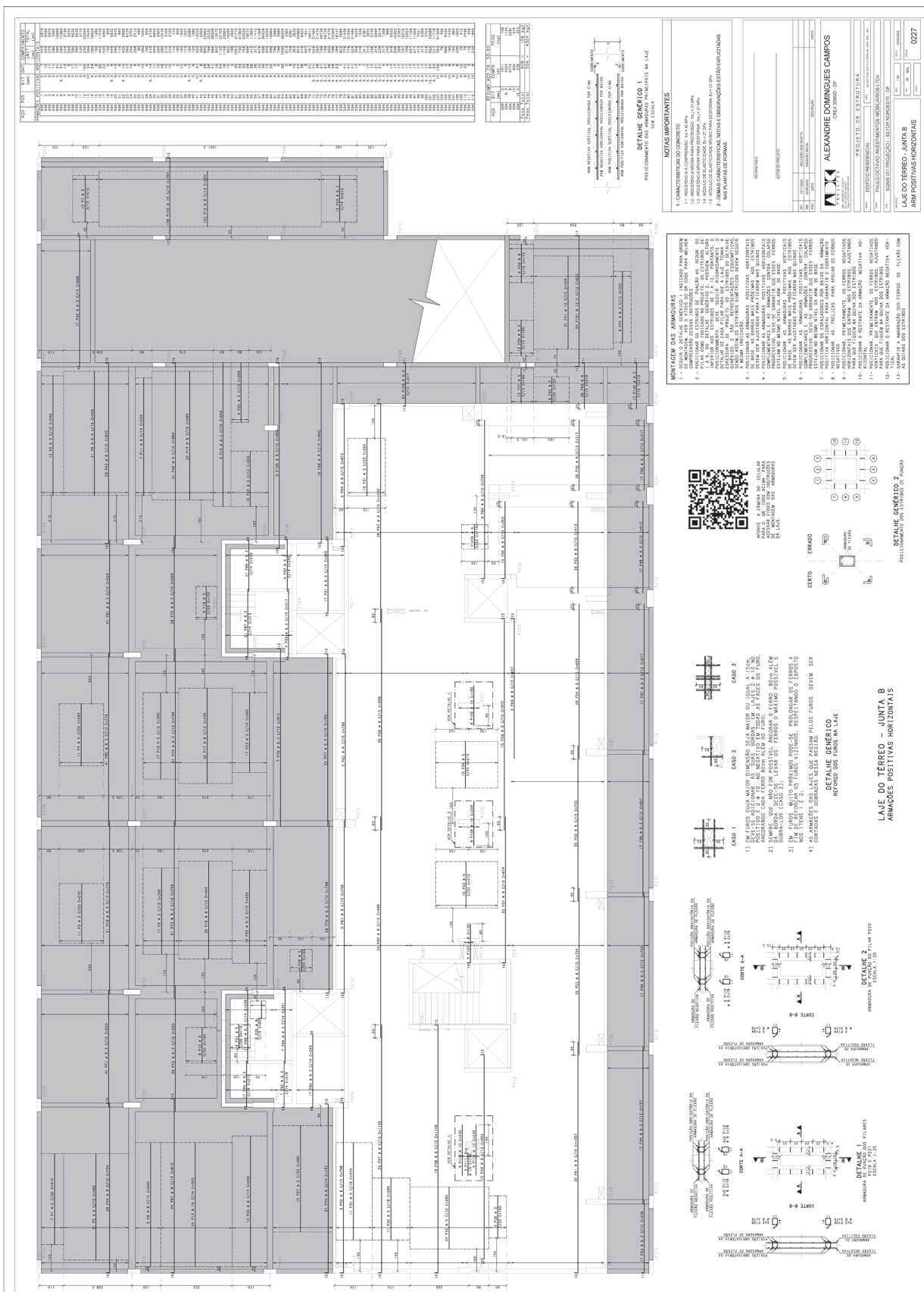
Apesar da obra do arquiteto Oscar Niemeyer ter grande reconhecimento no Brasil e no mundo, ainda existem lacunas no que diz respeito ao conhecimento de como foram definidos o sistema estrutural e o método construtivo de alguns edifícios projetados por ele. Assim, mesmo com a vasta bibliografia sobre o arquiteto ainda é possível levantar alguns pontos a serem esclarecidos sobre sua obra, a qual surpreende desde o início pela forma como a tecnologia do concreto armado foi utilizada e pela estética. Neste trabalho, a princípio, buscou-se identificar e discutir questões teóricas relevantes sobre a obra de Niemeyer e sobre a relação da arquitetura com a estrutura de uma edificação, das quais se destacam algumas questões como: Quando realmente podemos considerar que houve integração entre arquitetura e estrutura de uma edificação; Porque as obras de Niemeyer se destacam em relação à estética e porque a estética e a beleza são tão importantes para uma edificação; e em quais aspectos as obras de Niemeyer contribuíram para a inovação da tecnologia do concreto armado. Além da revisão teórica, esta pesquisa optou por apresentar estudos de caso de estru-

turas de edifícios Oscar Niemeyer. Assumiu-se, portanto, como estudo de caso as edificações da Igreja da Pampulha em Belo Horizonte e do Pavilhão da Gameleira, edifício que também seria construído em BH. Então, após pesquisa de revisão bibliográfica e documental sobre as edificações escolhidas e visitadas a uma delas, foram desenvolvidos modelos numéricos tridimensionais no software SAP2000, versão 14, com o objetivo de descrever e analisar a estrutura das mesmas. Foram utilizados também softwares como AutoCAD e Sketchup como apoio a modelagem no SAP2000. No caso da Igreja da Pampulha o estudo de caso buscou essencialmente investigar o funcionamento da estrutura construída. Já no caso do Pavilhão da Gameleira o estudo buscou descrever a estrutura da edificação até onde era possível com as informações disponíveis e trazer uma reflexão sobre um caso que não foi bem-sucedido.

Link:



Desenho realizado com os Sistemas TQS
Armação Positiva Horizontal de Lajes | ADC Projetos – Brasília, DF



TQS Pleno

A solução definitiva para edificações de Concreto Armado e Protendido. Premiada e aprovada pelos mais renomados projetistas do país, totalmente adaptada à nova norma NBR 6118:2014. Análise de esforços através de Pórtico Espacial, Grelha e Elementos Finitos de Placas, cálculo de Estabilidade Global. Dimensionamento, detalhamento e desenho de Vigas, Pilares, Lajes (convencionais, nervuradas, sem vigas, treliçadas), Escadas, Rampas, Blocos e Sapatas.

TQS Unipro / TQS Unipro 12

A versão ideal para edificações de até 12 e 20 pisos (além de outras capacidades limitadas). Incorpora os mais atualizados recursos de cálculo presentes na Versão Plena. Adaptada à nova NBR 6118:2014.

TQS EPP Plus

Versão intermediária entre a EPP e a Unipro, para edificações de até 8 pisos (além de outras capacidades limitadas). Incorpora os mais atualizados recursos de cálculo presentes na Versão Plena. Adaptada à nova NBR 6118:2014.

TQS EPP

Uma ótima solução para edificações de pequeno porte de até 5 pisos (além de outras capacidades limitadas). Adaptada à nova NBR 6118:2014.

TQS Universidade

Versão ampliada e remodelada para universidades, baseada em todas as facilidades e inovações já incorporadas na Versão EPP. Adaptada à nova NBR 6118:2014.

TQS Editoração Gráfica

Ideal para uso em conjunto com as versões Plena e Unipro, contém todos os recursos de edição gráfica para Armaduras e Formas.

AGC & DP

Linguagem de desenho paramétrico e editor gráfico para desenho de armação genérica em concreto armado aplicado a estruturas especiais (pontes, barragens, silos, escadas, galerias, muros, fundações especiais etc.).

ProUni

Análise e verificação de elementos estruturais pré-moldados protendidos (vigas, lajes com vigotas, terças, lajes alveoladas etc), acrescidos ou não de concretagem local.

TQS EPP 3

Ótima solução para edificações de pequeno porte de até 3 pisos (além de outras capacidades limitadas). Incorpora os mais atualizados recursos de cálculo presentes na Versão Plena. Adaptada à NBR 6118:2014. Software para projeto, cálculo, análise, dimensionamento e detalhamento de estruturas de concreto armado.

Paredes de concreto

Cálculo de esforços solicitantes, dimensionamento, detalhamento e desenho de edifícios de paredes de concreto.

Alvest

Cálculo de esforços solicitantes, dimensionamento (cálculo de fp), detalhamento e desenho de edifícios de alvenaria estrutural.

SISEs

Sistema voltado ao projeto geotécnico e estrutural através do cálculo das solicitações e recalques dos elementos de fundação e superestrutura considerando a interação solo-estrutura no modelo integrado. A partir das sondagens o solo é representado por coeficientes de mola calculados automaticamente. A capacidade de carga de cada elemento (solo e estrutura) é realizada. Elementos tratados: sapatas isoladas, associadas, radier, estacas circulares e quadradas (cravadas ou deslocamento), estacas retangulares (barretes) e tubulões.

Lajes Protendidas

Realiza o lançamento estrutural, cálculo de solicitações (modelo de grelha), deslocamentos, dimensionamento (ELU), detalhamento e desenho das armaduras (cabos e vergalhões) para lajes convencionais, lisas (sem vigas) e nervuradas com ou sem capitéis. Formato genérico da laje e quaisquer disposições de pilares. Calcula perdas nos cabos, hiperestático de protensão em grelha e verifica tensões (ELS). Adaptado a cabos de cordoalhas aderentes e/ou não aderentes.

Vigas Protendidas (V-Pro)

realiza a análise, dimensionamento e detalhamento com pós tração, aderente e não-aderente. Verifica: ELS-D, ELS-F, ELU-ATO, dimensionamento à flexão considerando tanto armaduras ativas quanto passivas e dimensionamento ao cisalhamento considerando o efeito da protensão.

G-Bar

Armazenamento de "posições", otimização de corte e gerenciamento de dados para a organização e racionalização do planejamento, corte, dobra e transporte das barras de aço empregadas na construção civil. Emissão de relatórios gerenciais e etiquetas em impressora térmica.

GerPrE

Gerenciamento da produção de estruturas em concreto armado, software de integração entre a construtora com seus canteiros de obras, projetistas de estruturas, fornecedores de insumos e laboratórios de ensaios.

TQS-PREO - Pré-Moldados

Software para o desenho, cálculo, dimensionamento e detalhamento de estruturas pré-moldadas em concreto armado. Geração automática de diversos modelos intermediários (fases construtivas) e um da estrutura acabada, considerando articulações durante a montagem, engastamentos parciais nas etapas solidarizadas e carregamentos intermediários e finais. Consideração de consolos, dentes gerber, furos para levantamento, alças de içamento, tubulação de água pluvial, etc.

TQS Advanced

O pacote TQS Advanced é direcionado para projetos de estruturas de elevadíssimo porte, como edifícios super altos (mais de 80 pisos) ou com enorme quantidade de elementos (até 1.000 pilares). Além de incluir os módulos de PROTENSÃO (Lajes e Vigas Protendidas), SISEs Geo e AGC&DP. Conta também com recursos específicos como a Análise Incremental com Fluência e Retração.

TQSN^{NEWS}**DIRETORIA**

Eng. Nelson Covas
Eng. Abram Belk
Eng. Adriano Lima
Eng. Alio Kimura
Eng. Rodrigo Nurnberg
Eng. Guilherme Covas
Eng. Henrique Covas

EDITOR RESPONSÁVEL

Eng. Guilherme Covas

JORNALISTA

Mariuzza Rodrigues

EDITORIAÇÃO ELETRÔNICA

Alex Wissenbach
Irineu de Carvalho Santana

TRATAMENTO DE IMAGEM

Effort Tratamento de Imagem

IMPRESSÃO

Hawaii Gráfica e Editora

TIRAGEM DESTA EDIÇÃO

16.000 exemplares

TQSN^{NEWS} é uma publicação da
TQS Informática Ltda.

Rua dos Pinheiros, 706 - c/2
05422-001 - Pinheiros - São Paulo - SP
Fone: (11) 3883-2722
E-mail: tqsn@tqs.com.br

Este jornal é de propriedade da
TQS Informática Ltda. para
distribuição gratuita entre os
clientes e interessados.

Todos os produtos mencionados
nesse jornal são marcas registradas
dos respectivos fabricantes.