

TQS News

Ano III - Nº 11
Fevereiro de 1999

NOTA DO EDITOR

Na condição de fornecedor de software da maioria das empresas de projeto estrutural do país, tenho tido, ultimamente, inúmeros contatos com clientes a respeito de um mesmo assunto: verificação ou auditoria de projetos.

É cada vez mais freqüente a contratação de uma outra empresa para verificação de um projeto existente. Os motivos que levam à contratação desta auditoria são os mais diversos: insegurança do contratante, problemas ocorridos na obra (geralmente provocados pela execução inadequada), desconfiança de consumo exagerado de materiais, oferecimento de soluções alternativas, etc.

Esta idéia de verificação do projeto é uma antiga tese que defendo ardorosamente. Entretanto, a verificação que defendo é a verificação contratada "a priori", obrigatória para certos projetos, executada com a contratação do projeto original, feita por empresa idônea e previamente classificada em função do porte do projeto, e baseada

em procedimentos e critérios estabelecidos pelos órgãos representativos da classe.

Salvo raras exceções, o que está ocorrendo atualmente é sempre uma disputa acirrada e desgastante entre o projetista e o verificador, em função das opiniões divergentes sobre a concepção, análise e consideração de critérios que norteiam a elaboração dos projetos.

Quando a questão da auditoria é vinculada ao Código de Defesa do Consumidor, que praticamente converteu as Normas Brasileiras vigentes em leis perante as autoridades e a sociedade, o problema da verificação do projeto ganha um grau de complexidade ainda maior.

Além disto, temos os aspectos éticos envolvidos nesta verificação de projetos. Na maioria das situações, principalmente quando o verificador também atua na elaboração de projetos, é muito difícil estabelecer uma linha de ação que delimite claramente o que é ético e o que não é.

Tenho visto muitos colegas em situação de

dificuldade para defender um projeto que, embora elaborado com técnicas consagradas há décadas, não atende a todas as prescrições da Norma. Quantos projetos já elaborados atendem à Norma completamente?. O que fazer neste caso?

Uma importante reunião foi realizada no Instituto de Engenharia de SP sobre o tema em questão no dia 11 de março de 1999. Uma comissão de 10 membros foi formada para estudar o assunto com profundidade e propor procedimentos e recomendações aos colegas. Informarei neste jornal o andamento destes trabalhos.

As minhas recomendações aos clientes e colegas são: as normas assumiram muita importância e devem ser obedecidas, análises mais sofisticadas devem ser realizadas, procedimentos internos de verificação estabelecidos, soluções alternativas inovadoras estudadas, em busca do contínuo aprimoramento e da excelência na técnica de projetar.

E a remuneração adequada por estes trabalhos?. O cliente deve ser convencido

da importância do projeto bem elaborado. Por que, atualmente, depois de surgir o problema, ele concorda em pagar uma verificação posterior e, eventualmente, um reforço estrutural sem questionar?. O trabalho de conscientização sobre a importância do projeto estrutural deve ser uma bandeira de todos visando os benefícios para a sociedade em geral.

A TQS sempre teve o compromisso e procurou colocar-se à frente dos clientes, oferecendo ferramentas computacionais avançadas e adequadas para a "moderna" técnica de projetar. Por mais esta razão é que sempre insisto com os clientes e amigos: utilizem os recursos mais avançados dos sistemas, freqüentem os cursos oferecidos, estudem soluções alternativas no projeto etc. Afinal de contas, a informática trouxe como principal benefício a possibilidade de melhoria da qualidade do projeto e maior competitividade para a empresa que sabe utilizar seus recursos adequadamente.

Eng. Nelson Covas

ENTREVISTA

Engº Carlos Augusto N. Gama tem escritório de projetos nos E.U.A. e relata a sua experiência.

pg 3

DESENVOLVIMENTO

TQS versão WINDOWS

pg 11

TECNOLOGIA

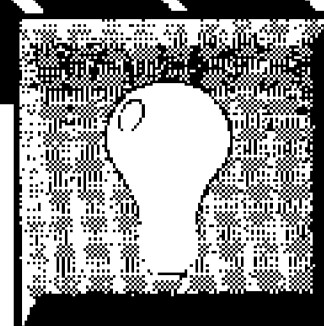
A teoria do módulo P- Δ incorporado aos sistemas TQS.

pg 15

E mais...

Dicas
pg 2

Notícias
pg 7



DICAS

FLECHAS – DEFORMAÇÃO LENTA

Com a utilização da separação de casos de carregamentos no Cad/Formas, nos modelos de grelha e elementos finitos de placas, podemos montar uma combinação para simular, de forma simplificada, os efeitos de deformação lenta. Veja abaixo a relação e a descrição dos carregamentos para tal finalidade:

Caso 1 : Carregamento do Cad/Formas: Cargas permanentes e acidentais

Caso 2 : Peso próprio

Caso 3 : Cargas permanentes

Caso 4 : Cargas acidentais

Caso 5 : Peso próprio e cargas permanentes (Combinação)

Caso 6 : Simulação de deformação lenta (Combinação)
 $= \text{Caso 2} * K + \text{Caso 3} * K + \text{Caso 4} * 0.7$

O fator multiplicativo K, dos casos 2 e 3, é uma aproximação para consideração da curvatura final e curvatura inicial das seções transversais, levando-se em conta a deformação lenta. Sugestão: K=2.

CARGAS CONCENTRADAS NOS PILARES

É possível declarar cargas concentradas (Fx, Fy, Fz, Mx e My) no topo dos pilares, diretamente na entrada gráfica de formas. Estas cargas são transmitidas para os modelos estruturais da seguinte forma:

a) Modelo convencional: As forças Fx e Fy são desconsideradas. As cargas Fz, Mx e My são lançadas diretamente nos pilares como incremento de carga e momentos externos aplicados respectivamente.

b) Modelo de grelha: As forças Fx e Fy são desconsideradas. As cargas Fz, Mx e My são lançadas na grelha e se propagam para os elementos estruturais.

c) Modelo de pórtico espacial: Todas as cargas são transferidas para o respectivo nó do pórtico espacial e seus efeitos serão propagados por todos os elementos estruturais.

PILARES DESLOCÁVEIS E INDESLOCÁVEIS

Para a consideração e propagação de momentos fletores devido a cargas verticais (permanentes e variáveis), o Cad/Pilar disponibiliza o conceito de pilares deslocáveis e indeslocáveis, que permite ao usuário determinar a propagação ou o acúmulo dos momentos ao longo dos lances do pilar.

A partir da versão 7 do Cad/Formas, isto não é mais necessário. Esqueça o que é pilar deslocável e não deslocável. Utilize o modelo conjunto de vigas, grelha e pórtico espacial para que os momentos fletores devido às cargas verticais já sejam calculados corretamente considerando a rigidez de cada pilar, os momentos já determinados nas vigas e a propagação de momentos entre pilares e entre lances do pilar.

CAD/LAJES E EDITOR DE ARMADURAS

O programa denominado "editor de esforços e armaduras" foi desenvolvido inicialmente para detalhar lajes calculadas por grelhas e elementos finitos. Na versão 4.0 do Cad/Lajes foi feita uma ligação entre esse editor e o cálculo de lajes por processos simplificados.

Agora, mesmo para o detalhamento de lajes genéricas (formato qualquer) calculadas por processos simplificados, você pode utilizar este editor de esforços e armaduras para o detalhamento. Sua produção aumentará e as armaduras ficarão melhor representadas.

"MOUSE" NO WINDOWS 95/98

O Windows 95/98 tem um controlador interno para o mouse. Com alguns controladores (programas) externos, o mouse fica lento nos editores de desenhos da TQS. Para resolver este problema, defina o item Multiplicador de velocidade do mouse como sendo um número maior que 1. A

sequência de menus deve ser seguida:

Utilidades
 Configuração de periféricos
 Mouse
 Mouse genérico
 Não alterar a instalação
 Multiplicador de velocidade do mouse

CISALHAMENTO NO CAD/VIGAS

Na versão 7 do Cad/Vigas, quando a tensão de cisalhamento atuante nas vigas, devido à força cortante, torção ou ambas, ultrapassa o valor limite, o detalhamento dos estribos é feito com bitola de 50 mm para que não haja possibilidade de a viga ser emitida sem uma mensagem de erro.

Para aqueles usuários que permitem que a tensão atuante ultrapasse a máxima, criamos um novo parâmetro no arquivo de critérios, onde o valor limite é informado. Os interessados devem consultar a TQS para o recebimento dessa alteração.

PILAR QUE NASCE EM LAJE

Os sistemas Cad/TQS, por medida de precaução e segurança, não realizam o cálculo automático de pilares que nascem em lajes. Isto pode ser feito sob total controle do usuário transferindo as cargas para os respectivos elementos estruturais manualmente. O modelo do pórtico espacial, quando gerado, cria uma restrição de apoio na base do pilar que nasce diretamente em laje afetando os deslocamentos horizontais. Para realizar o procedimento automático, crie uma viga fictícia sob o pilar simulando a laje.

GANCHOS NO CAD/PILAR

Os ganchos de amarração do Cad/Pilar podem ser de dois tipos: em "S" ou em "C". O gancho em "C" é mais fácil de dobrar e montar, ao contrário do gancho em "S". Para a efetiva amarração dos ferros longitudinais, o gancho deve "abraçar" o estribo e o ferro longitudinal. Portanto, embora os construtores solicitem o detalhamento do gancho em "C", o correto é o detalhamento do gancho em "S". No Cad/Pilar, os ganchos em "S" têm um comprimento maior que os ganchos em "C", justamente para prever a amarração aos estribos.

PADRONIZAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO, O BINÔMIO DE UM BOM PROJETO DE ENGENHARIA

Quando o engenheiro Carlos Augusto N. da Gama começou a estudar engenharia, no fim dos anos 60, a régua de cálculo dominava o cenário. Enquanto ele estudava, foi popularizado o uso das calculadoras básicas e científicas. Pouco tempo mais tarde, Carlos Augusto já estaria utilizando máquinas programáveis do tipo HP 25 e IBM/370 na execução de cálculo (análise e dimensionamento). É com base nessa experiência que ele dá essa entrevista ao TQS News. Ele conta brevemente como foram os primeiros passos dessa tecnologia aplicada à Engenharia e avança nos tempos atuais, falando sobre o cálculo estrutural desenvolvido com os sistemas TQS. Carlos Augusto abriu em 1986 a MCA Tecnologia de



seus projetos qualidade e racionalidade.

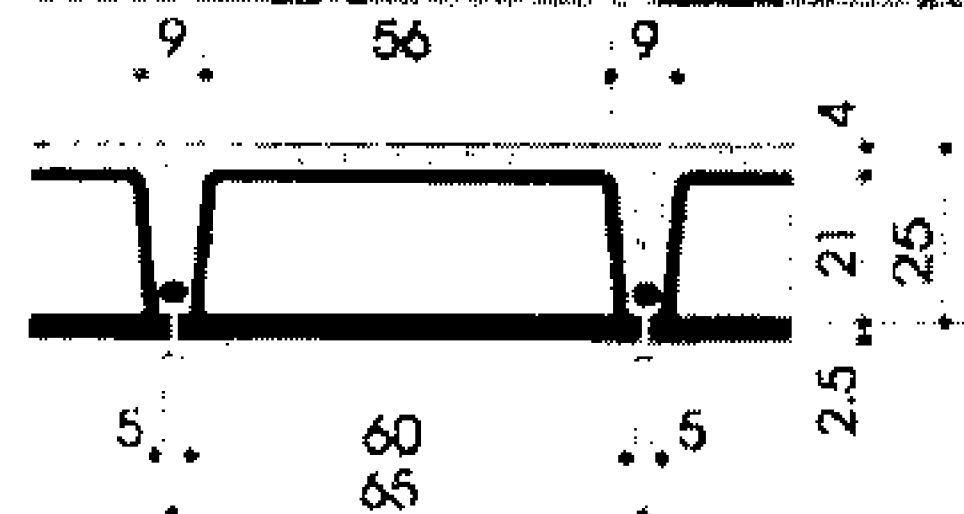
Como foi seu primeiro contato com a informática em seu campo de trabalho?

Quando comecei a estudar engenharia civil, em 1969, a régua de cálculo era a única opção. Durante o curso, apareceram as calculadoras básicas e científicas. Em 1974, fazendo Mestrado em Estruturas, na PUC/RJ, utilizei máquinas programáveis tipo HP 25 e IBM/370. Então, há mais de 25 anos, trabalho com cálculos no computador (análise e dimensionamento) e o detalhamento informatizado. Comecei com o programa de vigas contínuas "Sistrut", em 1986, data da fundação da MCA Tecnologia de Estruturas Ltda. Em 1990, nossa empresa já

Nos Estados Unidos, as responsabilidades são divididas pelas especialidades (lajes, pilares, paredes e fundações), tendo o profissional um seguro anual para cada tipo de serviço

Estruturas, localizada em Vitória (ES). A empresa cresceu rapidamente e expandiu sua atuação tanto no Brasil como no exterior. Além de trabalhos em São Paulo, Brasília e Rio de Janeiro, Carlos Augusto vem desenvolvendo projetos também

nos Estados Unidos, mantendo um escritório em Miami. Com inúmeros projetos criados em parceria com profissionais daquele país, o engenheiro fala um pouco das diferenças. E finaliza apresentando os pontos fundamentais que garantem aos



Dados da Laje:

Altura de Flexão = 25.0cm
Altura de Inércia = 15.6cm
Altura de Consumo = 8.3cm

FormPlast

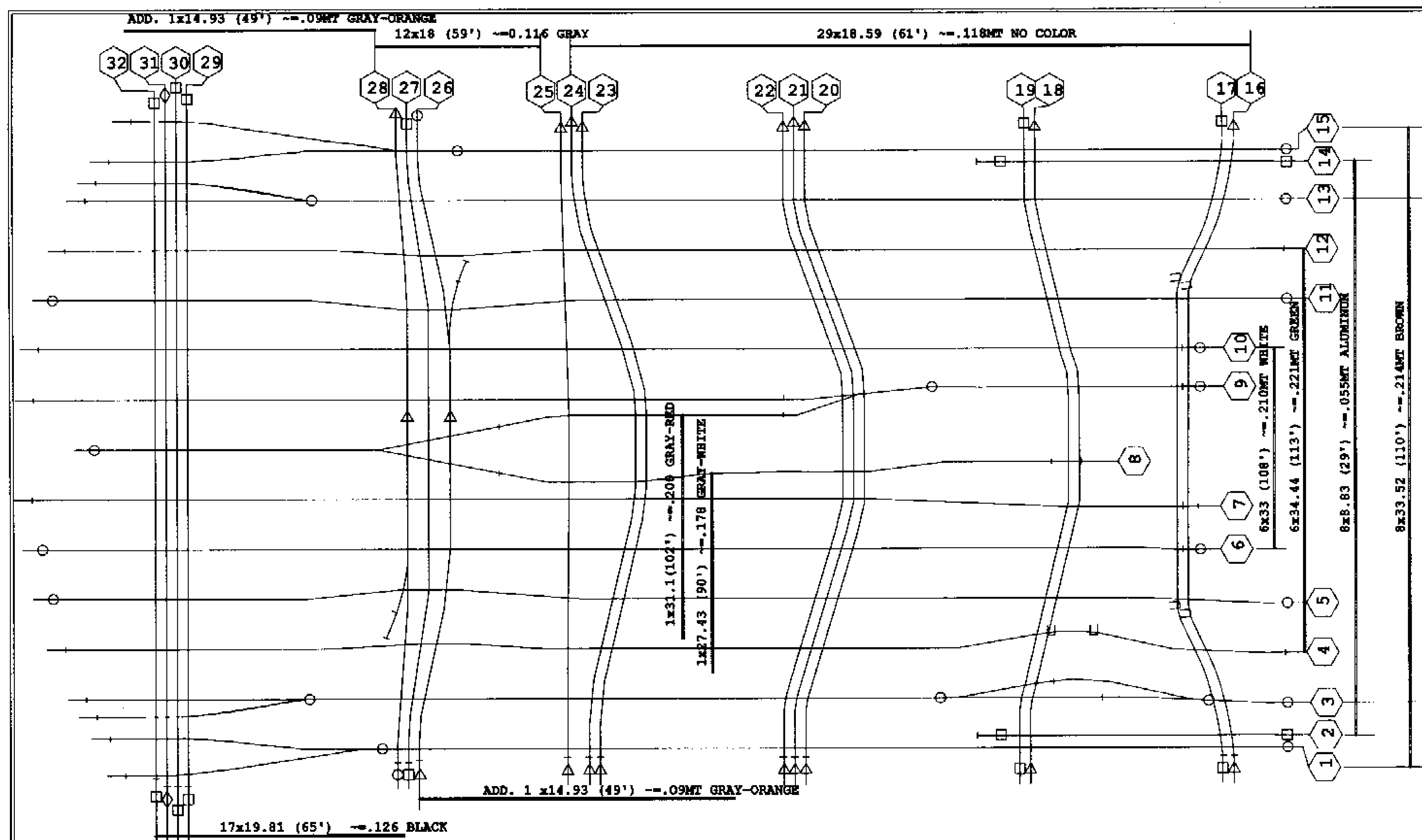
FORMAS PLÁSTICAS REUTILIZÁVEIS PARA LAJES NERVURADAS

FormPlast Ind. e Com. de Plásticos Ltda.
Rua Carlos Vasconcelos, 794/08 - Meireles
Cep: 60115-170 - Fortaleza / CE
Fone: (085)244-7105 - Fax: (085)244-6714

A PRIMEIRA FORMA EM PLÁSTICO DESENVOLVIDA DE ACORDO COM A REALIDADE E NORMAS BRASILEIRAS!

Com as formas FormPlast obtém-se:

- Grandes painéis de lajes (até 80m²).
- Grande economia de concreto e aço.
- Possibilidade de eliminar o assoalho da laje, usando-se somente longarinas.
- Fácil montagem e desmontagem.
- Redução do número de vigas e pilares.
- Economia nas fundações.
- Redução de mão-de-obra e maior velocidade de execução.
- Excelente acabamento da estrutura.
- Flexibilidade na Arquitetura com possibilidade de remanejo das alvenarias.



Cabos de Protensão - Cordoalha Engraxada

comprava as primeiras proteções surgidas na época. Então, a TQS já trabalhava com o sistema completo de formas, lajes, vigas, pilares, AGC/DP, fundações, o que permitiu que o padrão de nosso serviço se tornasse mais profissional.

Quanto à adaptação da equipe de profissionais da empresa, houve alguma dificuldade nessa transição?

A MCA (Estruturas Metálicas e Concreto Armado) sempre trabalhou com uma grande equipe de engenheiros, estagiários e desenhistas, e nunca houve problemas de adaptação e compatibilização de serviços entre os profissionais da empresa. Hoje em dia, estamos trabalhando em regime de terceirização, com seis escritórios parceiros,

somente no Espírito Santo. Em 1997, abrimos um escritório em Miami/USA e em 1998 um escritório de apoio para os projetos de Brasília/DF. Atualmente, estamos desenvolvendo trabalhos, além do Espírito Santo, em São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília.

Qual a maior vantagem oferecida pelos sistemas TQS?

A maior vantagem produzida pela informatização de todos os processos executados pela empresa foi a padronização de procedimentos, que teve como consequência a maior confiabilidade do projeto estrutural. Como desvantagem, citamos o fato de não existir um só padrão de detalhamento para todos os projetos (arquitetura, estrutura, instalações, ar condicionado, etc.).

Como esse problema poderia ser resolvido?

Para solucionar esse problema, acreditamos que o ideal seria começar com a padronização por cliente (construtor, arquiteto, investidor), com definições de sistemas operacionais, software e aplicativos para cada disciplina, porém, mantendo a mesma base de informatização. Dada a evolução constante da informática, deveríamos definir um período mínimo de utilização de cada padrão – por exemplo, dois anos, a fim de se evitar muitos gastos em atualizações de equipamentos e softwares.

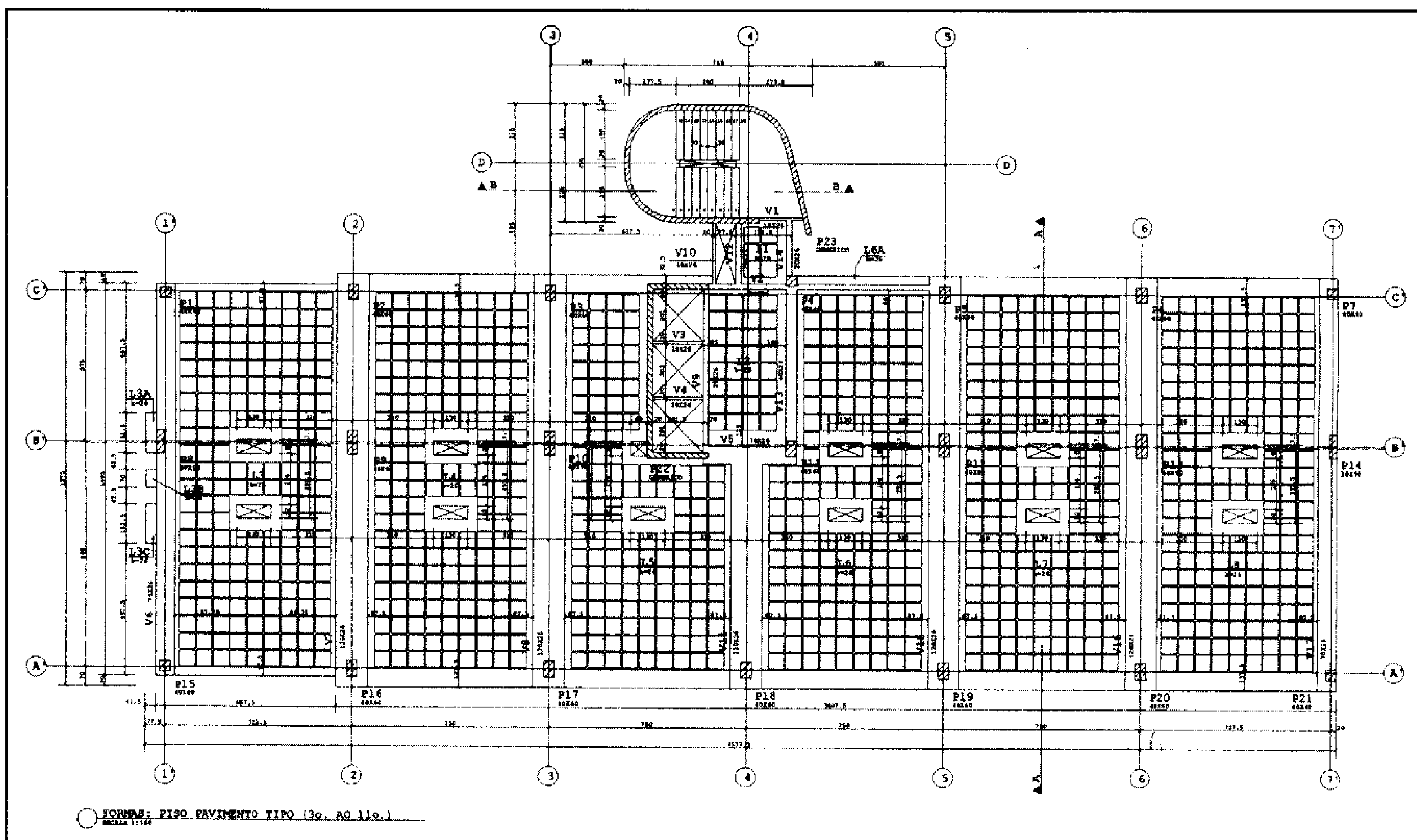
No caso dos sistemas TQS, que sugestões de mudanças o Sr. daria?

Como medida de aperfeiçoamento do sistema, no sentido de agilizar a verificação do projeto, os progra-

mas TQS poderiam emitir relatórios simplificados, com seções críticas, valores máximos e mínimos. Ou seja, apresentar somente dados e resultados que são de verificação obrigatória. Os relatórios completos seriam emitidos para memorial de cálculo, arquivo e casos especiais.

Para o Sr., hoje os profissionais dominam completamente hoje essa ferramenta?

O estudo contínuo e a experiência profissional junto com boas ferramentas de trabalho (softwares) fazem as equipes de um projeto obter domínio com segurança. Mas, a meu ver, por melhor que seja o software de estruturas, os engenheiros que utilizam o sistema devem dispor de referências, a fim de realizar uma auto-verificação. Isso porque o risco de acidentes aumenta



Planta de formas - pavimento tipo

quando se diminui o controle do serviço. Poderiam ser usadas fórmulas empíricas (práticas) e bancos de dados para um controle estatístico, como é feito, por exemplo, na medicina.

Nesse aspecto, como o Sr. vê a figura de um monitoramento dos trabalhos por outros profissionais?

A contratação de revisão por

outro profissional é muito importante, desde que este tenha o mesmo nível profissional, o que é muito difícil. Por isso mesmo, a padronização de procedimentos e métodos de cálculo torna-se imprescindível.

A classe está unida com respeito a esse parâmetro?

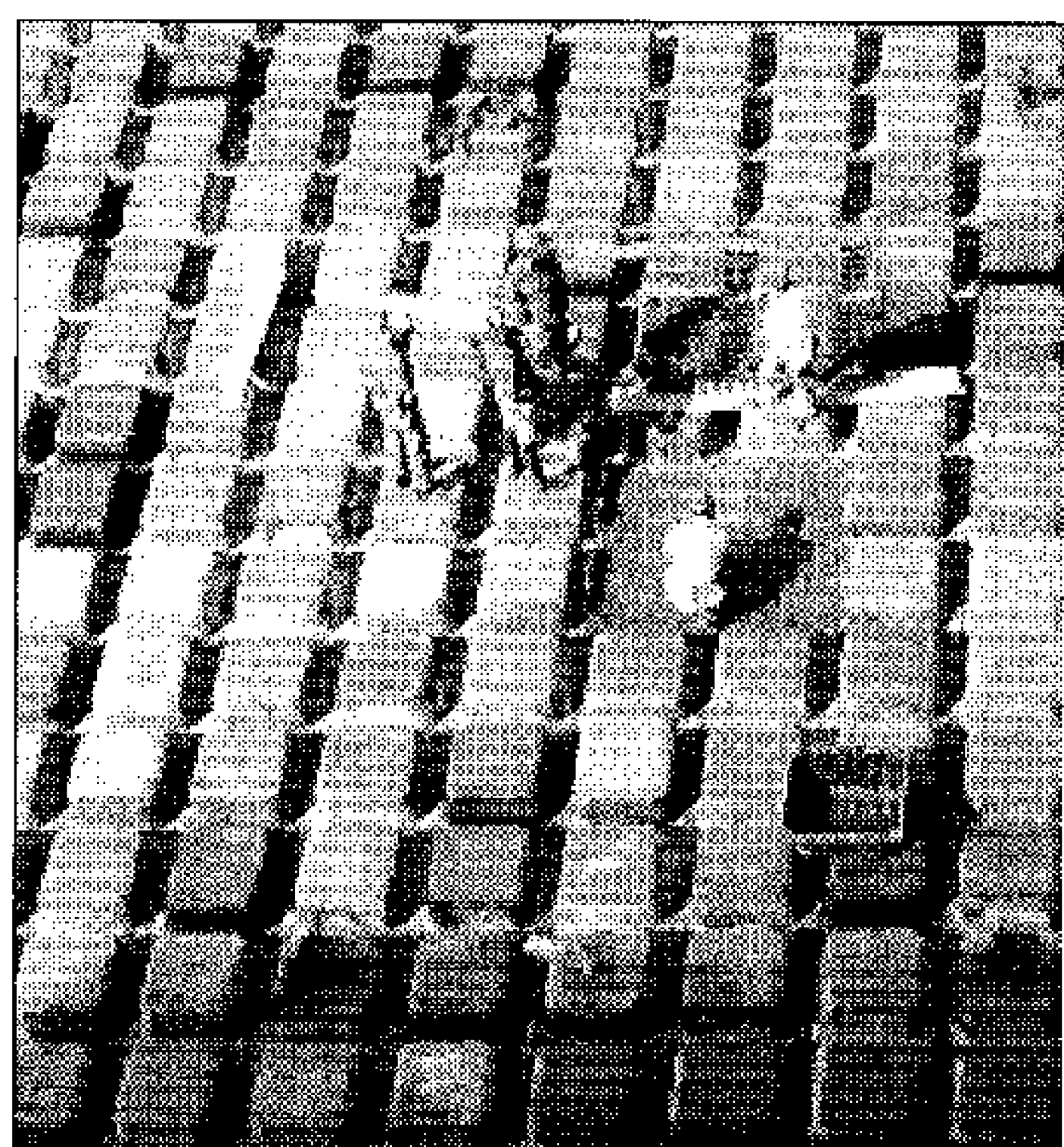
Veja. A união da classe, só

para citar o caso do Espírito Santo, foi tentada através da ABECE. Porém na prática, sem o apoio da direção nacional, ficou sem objetivos definidos.

E como fica a qualidade do projeto?

A qualidade mínima do projeto deve ser definida pela norma NBR-6118, da

ABNT, com a intenção de informar e ensinar a todos os profissionais que realmente produzem projetos para a execução de obras da construção civil. Mas, enquanto houver interferências acadêmicas, com divergências teóricas, os profissionais que realmente necessitam de padrões, ficam sem apoio da ABNT, CREA, ABECE, etc.



Fôrmas em polipropileno Atex. Qualidade e tecnologia lá no teto.

A Atex foi a primeira a trazer da Europa para o Brasil as **FÔRMAS EM POLIPROPILENO RECUPERÁVEIS PARA LAJES NERVURADAS**.

Tanto que a Atex tem 7 tipos diferentes de fôrmas que se encaixam perfeitamente no seu projeto e no seu bolso. Com fôrmas Atex você reduz custos, gera produtividade e dá adeus às fôrmas compensadas.

Atex. Rua Padre Eustáquio, 1.667
Belo Horizonte - MG - 30710-580
Tel: 0800 311007 - Fax: 462-7293
atex@gold.com.br

atex BRASIL

O Sr. acha que as divergências entre acadêmicos e teóricos dificulta o desenvolvimento de padrões mais simplificados na Engenharia?

Também sou professor de universidade (engenharia civil e arquitetura) há 25 anos. Considero que os acadêmicos e teóricos devem ser responsáveis pela pesquisa e ensaios de vanguarda tecnológica. Ou seja: são eles que devem descobrir os "remédios". Cabe aos profissionais da engenharia de projeto as especificações (receitas) desses "remédios" para uma melhor qualidade tecnológica da construção. Portanto, a Norma Brasileira não precisa de grandes teóricos e sim de padrões bem definidos, para um bom resultado da obra. Os projetistas de estruturas - assim como os médicos - têm de oferecer confiança, simplicidade e racionalidade.

E sua experiência de trabalhar nos EUA?

A minha intenção de trabalhar no Estados Unidos partiu do objetivo de buscar um maior intercâmbio tecnológico nas áreas de concreto protendido e paredes portantes metálicas.

Como são desenvolvidos os projetos lá?

Nos Estados Unidos, as responsabilidades são divididas pelas especialidades (lajes, pilares, paredes, fundações), tendo os profissionais um seguro anual para cada tipo de serviço. Como o número de edifícios é proporcionalmente menor do que no Brasil, a concorrência é maior e livre entre os projetistas. Logo, no Brasil, com a grande concentração de edifícios em todas as

capitais e maiores cidades, a quantidade de serviço é muito maior. Mesmo com preços desproporcionais ao trabalho e responsabilidade, os calculistas no Brasil têm maior chance de ganhar mais que nos Estados Unidos.

E quais são os sistemas mais utilizados por lá?

Os sistemas estruturais mais difundidos para estruturas nos Estados Unidos e Canadá são os seguintes:

A contratação da revisão por outro profissional é muito importante, desde que este tenha o mesmo nível profissional.

- 1 - Laje plana, pilares, paredes: Concreto protendido (lajes) Concreto armado - pilares paredes (Shearwall)
- 2 - Estrutura metálica (steel deck + vigas + pilares metálicos) + paredes de contraventamento ou pórticos espaciais.

O Sr. costuma utilizar as armaduras frouxas nas lajes protendidas com cordoalhas engraxadas. Por quê?

Optamos pela utilização de cordoalhas por ser de execução mais simples e mais econômico. As parcerias que fizemos com os profissionais com mais de 20 anos de experiência de projeto e execução nos Estados Unidos fazem parte do nosso projeto de transferência de tecnologia. Isso permite a evolução da construção civil do Brasil, principalmente substituindo o que ainda é artesanal para o processo industrial.

E quais são as mudanças que esse intercâmbio tem gerado para a MCA?

Hoje a MCA tem alguns objetivos definidos, os quais denominamos internamente de campanhas. Esses itens servem de princípios para a elaboração de projetos, numa espécie de padronização de nossos serviços. Visam, antes de mais nada, manter o mesmo padrão de qualidade para todas os projetos e estão baseados no nível

aderentes) com lajes maciças para os pavimentos com paredes divisórias e lajes nervuradas para grandes vãos, tetos rebaixados e garagens;

- Utilização das paredes divisórias de dry-wal (gesso acartonado), a fim de diminuir custos diretos (fundação, estrutura) e indiretos de retrabalho e manutenção;

- Integração cada vez maior com os arquitetos, construtores e investidores, pois a estrutura não pode trabalhar isoladamente.

O Sr. acha que essa integração é fundamental para a padronização dos trabalhos?

Com certeza. Daí, não vejo muito futuro em discussões isoladas de projetistas de estruturas focando apenas tabela de preços, concorrências, reserva de mercado. Para cada tipo de obra, com suas inúmeras variáveis, pode-se mesclar os materiais estruturais (concreto, aço, alumínio, madeira, vidro, fibras, plástico, etc.). Portanto, somente com a integração de soluções dos arquitetos e engenheiros, as obras poderão evoluir em tecnologia e conforto ambiental (térmico, acústico, reciclagem e outros).

GRÁFICA E EDITORA
O EXPRESSO

Folders - Revistas - Jornais
Livros - Anais - Agendas - Catálogos
Etiquetas Adesivas - Rótulos

Rua Sebastião Adão Jr., 331 - Jd. Maracanã
CEP 13571-300 - Fone/Fax: (016) 271-2172
São Carlos - Estado de São Paulo



41ª REIBRAC - IBRACON

Será realizado em Salvador - BA, no período de 30/08 a 03/09/1999, o 41º Congresso Brasileiro do Concreto - REIBRAC. Local: Centro de Convenções do Hotel Fiesta, à Av. Antonio Carlos Magalhães n. 711, no Bairro Itaipara. Temas do Congresso:

- Comportamento, análise e projetos de estruturas.
- Durabilidade das estruturas de concreto.
- Metodologias da construção em concreto.
- Incidentes e reparos das estruturas de concreto.

Este congresso reunirá engenheiros que, juntamente, poderão expor suas idéias e trocar experiências em áreas de suma importância para a Construção Civil Brasileira.

O temário é abrangente e, adicionalmente, haverá

possibilidade de saber qual a tendência mundial da tecnologia do concreto, através da participação dos engenheiros estrangeiros do American Concrete Institute, que já confirmaram sua presença.

Estaremos presentes nesse Congresso, com um Stand próprio, durante todos os dias do evento. Compareçam. Venham conhecer um pouco mais dos sistemas computacionais e das últimas inovações implementadas (versão Windows), além de trocar idéias sobre o mercado de projeto estrutural.

A visita aos estandes é gratuita, mas a participação no congresso é paga. Maiores informações no próprio IBRACON, através de:

Telefax (011) 869-2149 - (011) 819.1910

Home Page: <http://www.ibracon.org.br>

IABSE Symposium Structures for the Future The Search for Quality

O IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering) está organizando o Simpósio acima, que será realizado no Rio de Janeiro, período de 25 a 27 de agosto de 1999. Local: Centro de Conferência do Hotel Sofitel Rio Palace.

Os interessados deverão se dirigir a:

C&M, Congresses and Meetings

Rua Marques 3/101 - Humaitá

22260-240 - Rio de Janeiro - RJ

Tel: (021) 286-5924

Fax: (021) 266-4942

FENASOFT / 99

A FENASOFT tornou-se, ao longo destes anos, uma grande feira de varejo. A atração maior não é apresentação de soluções em informática, lançamentos, demonstrações técnicas, novidades tecnológicas, etc. O objetivo maior é atrair o máximo de público, de qualquer qualificação, e vender o máximo no grande varejo à custa de quaisquer instrumentos de marketing (shows, barulho, exibicionismo, distribuição de papéis, etc.). Há muitos anos, temos tentado convencer a diretoria da Feira a realizar um evento setorizado, voltado a soluções tecnológicas e com um sistema objetivo de informações aos visitantes de modo que ele possa localizar o produto. Infelizmente os objetivos da diretoria da Feira não foram de encontro aos nossos.

Pelas razões acima expostas e para atender melhor nossos clientes atuais e potenciais, estaremos atendendo em dois locais:

No Anhembi, onde temos um "stand" na área do Pavilhão do Software da ABES (Associação Brasileira das Empresas de Software). Ele está localizado entre as ruas I e J, junto à rua principal da feira. O número do nosso "stand" é o 07.

Período: 20/07 a 25/07/98

Horário da feira:

- 20/7 - segunda - das 14:00 às 22:00 h - apenas cartão Gold

- 21 a 24/7 - das 10:00 às 14:00 h - apenas cartão Gold

- 21 a 24/7 - das 14:00 às 22:00 h - qualquer cartão Fenasoftware

- 25/7 - sábado - das 10:00 às 20:00 h - qualquer cartão Fenasoftware

No Centro de Treinamento da TQS, localizado à rua Cotoxó, 1093 - Bairro de Perdizes, em instalações adequadas e em melhores condições, haverá demonstrações e treinamento aos interessados, durante todos os dias da Feira. Desta maneira, aqueles que vierem a São Paulo no período de 20 a 24/7, entrem em contato com a TQS e façam sua reserva para participar das demonstrações e/ou treinamento, onde teremos o máximo prazer em recebê-los.

Compareça. Aproveite a oportunidade para conhecer a nova versão Windows dos sistemas TQS.

Em seus projetos de lajes nervuradas especifique:

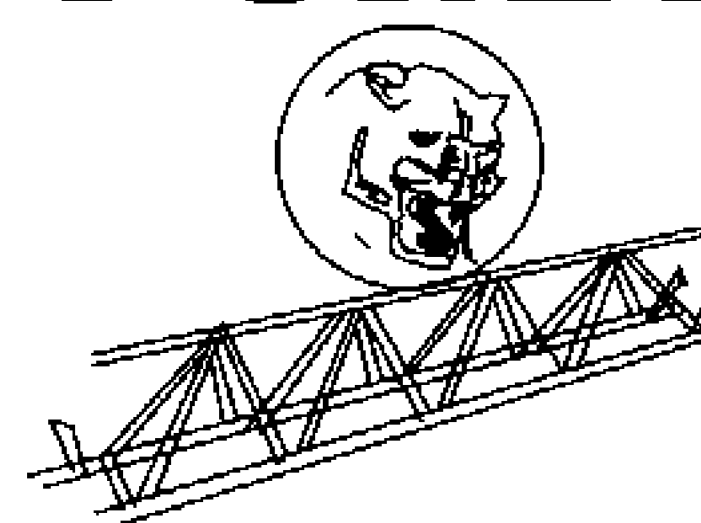
ARMAÇÕES TRELIÇADAS PUMA

que proporcionam:

- ☒ 1. eliminação de formas
- ☒ 2. redução de escoramentos
- ☒ 3. resistência ao cisalhamento

ARMAÇÃO TRELIÇADA

PUMA



RUA LEOPOLDO DE PASSOS LIMA, 72
Jardim Santa Fé - São Paulo - SP
CEP 05271-003 - Fone/Fax (011) 836-6709
Via Anhangüera, km 24,5
E-mail: puma@planeta3.com.br

PALESTRA – VIGA PROTENDIDA



Palestra IE - São Paulo

Proferimos no Instituto de Engenharia, Divisão de Estruturas, no mês de outubro de 1998, uma palestra sobre o sistema computacional Viga Protendida (VPROT). Este sistema foi desenvolvido originalmente pelos engenheiros: Evandro P. Duarte (MAC Protensão) e Luiz C. G. Coelho com o apoio da Belgo Mineira.

A palestra, assistida por mais de setenta engenheiros, foi um sucesso. Nessa ocasião, tivemos a oportunidade de mostrar aos presentes as características, as facilidades e os procedimentos operacionais do sistema através da execução de um exemplo prático. Pela TQS participaram: eng. Evandro Porto Duarte, Dr. Luiz Cristovão G. Coelho e eng. Nelson Covas

CURSOS NO PECE

O Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da USP está promovendo novos cursos de atualização e especialização na área de Engenharia de Estruturas – Concreto. Neste primeiro semestre de 99, três novos cursos estão sendo ministrados:

- ES-001** – Tópicos básicos de análise estrutural – 30 h
- ES-002** – Tecnologia de materiais e durabilidade – 30 h
- ES-003** – Concreto protendido – 30 h

Outros cursos estão programados:

- Ações e segurança em estruturas de concreto.
- Conceitos fundamentais para análise estrutural e dimensionamento de vigas de concreto.
- Métodos de dimensionamento e verificação de lajes de concreto.
- Métodos de dimensionamento e verificação de pilares curtos e medianamente esbeltos de concreto.
- Concepção estrutural: técnicas de estruturação e arranjo estrutural.
- Estabilidade global e análise de pilares esbeltos de concreto.
- Técnicas de armar as estruturas de concreto.
- Fundações e elementos estruturais especiais.
- Estruturas pré-moldadas de concreto.
- Exemplo de um projeto completo de edifício.
- Utilização de programas computacionais de cálculo para estruturas de concreto.
- Utilização de programas computacionais de detalhamento e geração de desenhos para estruturas de concreto.

Para maiores informações, consulte o PECE:

<http://www.pece.com.br>
(011)818-5285, (011)818-5287

ABECE

A ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural), entidade de âmbito nacional, sem fins lucrativos, que congrega os profissionais que atuam na área de projetos estruturais, está em franca atividade. A ABECE possui Delegacias Regionais em Belo Horizonte, Campinas(SP), Campo Grande, Curitiba, Manaus, São Paulo e Vitória. Associe-se à ABECE e participe dos grupos de trabalho em São Paulo e na sua região. Para maiores informações, entre em contato diretamente com a ABECE.

Av. Brigadeiro Faria Lima, 1685 - cj. 2D - São Paulo - SP
Cep : 01452-001
Fone: (011) 867-8591
Fax : (011) 813-5719

INTERNET

A TQS está com um "site" na Internet. O endereço é :

<http://www.tqs.com.br>

Conheça um pouco mais sobre a TQS, através do "site" acima. Veja os novos demonstrativos (com as últimas novidades) dos sistemas para projeto estrutural e construção civil.

O endereço do email da TQS mudou. Anote o novo endereço:

tqs@tqs.com.br

TESE DE MESTRADO - USP - EESC

O Departamento de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos possui, em sua biblioteca, inúmeras teses de mestrado e doutorado sobre a área de estruturas, de grande interesse para toda a classe. A nível informativo, relacionamos abaixo uma pesquisa interessante que trata da análise estrutural de edifícios.

Título: Recomendações para Projeto de Edifícios em Alvenaria Estrutural

Autor: Eng. Valdir Oliveira Júnior

Orientador : Prof. Dr.- Libânio Miranda Pinheiro

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de "Mestre em Engenharia - Área: Engenharia de Estruturas". - 1992

Comissão Examinadora:
Prof.-Dr. Libânio Miranda Pinheiro
Prof. Assoc. José Henrique Albiero
Prof.-Dr. José Samuel Giongo

Resumo:

Apresenta-se um estudo sobre edifícios em alvenaria estrutural, executados com blocos vazados de concreto, em seus aspectos: tecnológicos, recomendações de normas, dimensionamento, detalhes construtivos e controle de qualidade.

Pretende-se, com este trabalho, dar condições de um engenheiro, com alguma experiência em estruturas, projetar e construir um pequeno edifício em alvenaria estrutural.

Para exemplificar o procedimento proposto, foi

elaborado, com todos os detalhes, o projeto de um edifício de quatro pavimentos, com dois apartamentos por andar, para fins habitacionais de interesse social.

Para dimensionamento do edifício-exemplo, foram utilizadas as prescrições das normas brasileiras e, quando essas eram insuficientes, das normas americanas.

Sugestões sobre a continuação desta pesquisa e sobre temas afins, também estão inseridas neste trabalho.

TREINAMENTO

Temos dado continuidade ao programa de treinamento de usuários em São Paulo, através de cursos ministrados no Centro de Treinamento TQS.

No mês de dezembro/98, fizemos também o treinamento de usuários na cidade do Recife, através do Curso Intensivo para Engenheiros.

Contando com o comparecimento de inúmeros clientes, pudemos apresentar as novidades incorporadas nos sistemas, executar um projeto completo passando pelas diversas etapas e modelos estruturais, reencontrar os velhos amigos, trocar experiências sobre novos desenvolvimentos, etc.

Registramos aqui os nossos sinceros agradecimentos ao eng. João Nassar, da Nassar Engenharia, que nos auxiliou na organização geral e no atendimento a todos os presentes na reunião.

Pela TQS participaram o Eng^o Luiz Aurélio F.da Silva e o Sr. Marcos Valentim.

No mês de março/99, está programado o treinamento na cidade de Brasília e, no mês de abril/99, será realizado o treinamento no Rio de Janeiro. Compareçam. Ele auxilia o engenheiro na utilização dos sistemas e serve também para aprimorar os modelos de cálculo de solicitações, técnicas de análise, troca de experiências de engenharia, etc.



Treinamento - Recife



CTTqs - São Paulo

PALESTRAS ACADÊMICAS

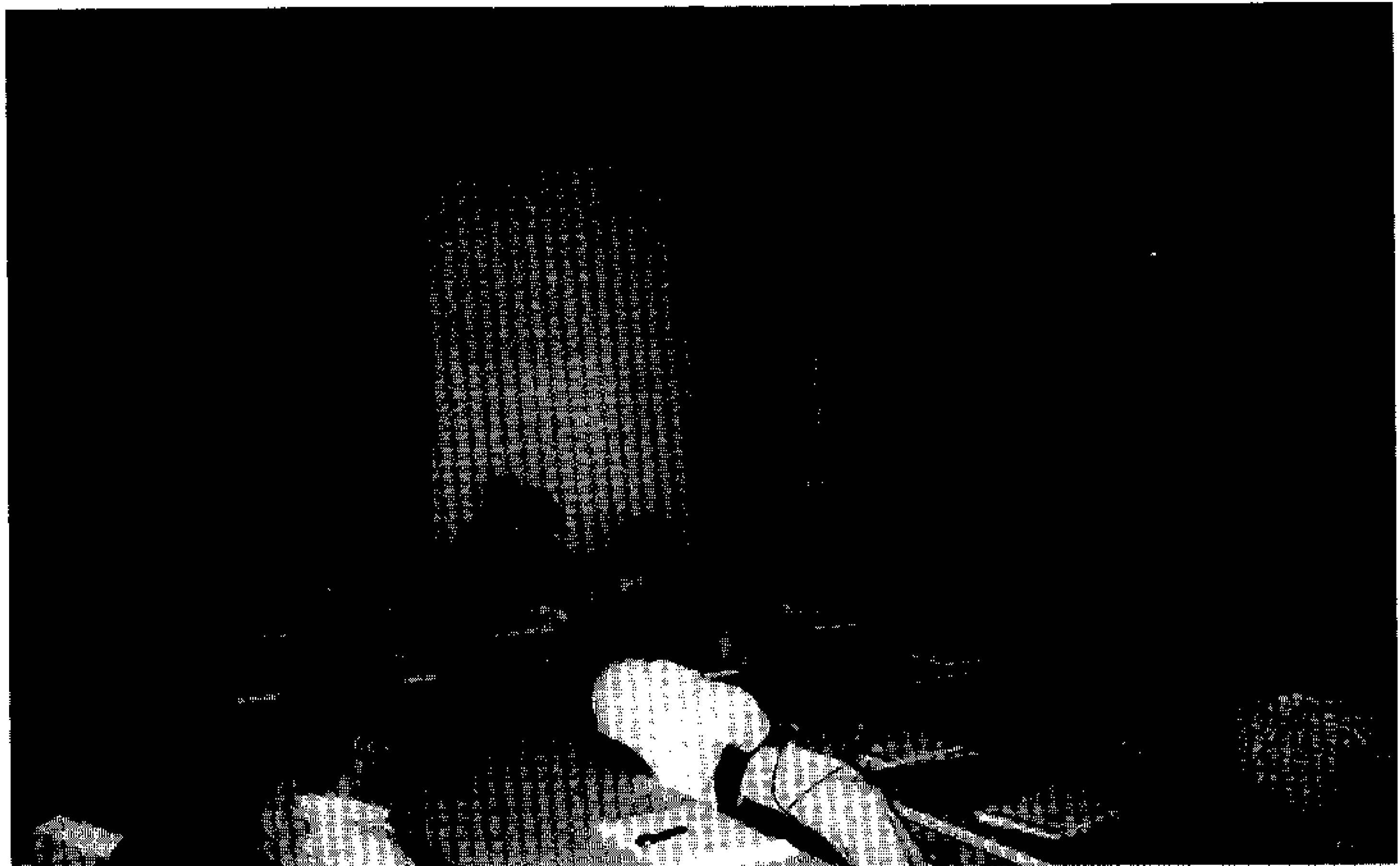
No final do ano de 1998, proferimos palestras sobre a aplicação de sistemas computacionais no projeto estrutural de concreto armado, nas seguintes escolas de engenharia:

Escola de Engenharia de São Carlos – USP

Escola de Engenharia de Barretos

Escola de Engenharia de Santa Maria – UFSM

Essas palestras dirigiram-se mais diretamente aos alunos de graduação destas escolas. Agradecemos a oportunidade concedida pelos professores dessas instituições de ensino pois permitiram que pudéssemos relatar aos participantes alguns conceitos básicos da aplicação de sistemas computacionais, tais como:



Palestra - USP São Carlos

- Sistema computacional não faz projeto automaticamente.
- Todo resultado deve ser analisado e validado.
- Qual é a participação do software no projeto total.
- Características gerais de um software adequado ao projeto
- Integração de informações no projeto estrutural e outros.
- A importância da edição gráfica no projeto estrutural.

NOVOS CLIENTES

É com muita satisfação que anunciamos a adesão de importantes empresas de projeto estrutural aos sistemas Cad/TQS. Nos últimos meses, destacaram-se :

- **Leão e Associados – Eng. Estruturas – S.Paulo – SP**
Eng. João Rubens G. Leão
- **Cláudio Puga Eng. de Projetos S/C Ltda. – S.Paulo – SP**
Eng. Cláudio Creazzo Puga
- **Jussara Bacelar Proj. Consult. Eng. Ltda. Salvador - BA**
Enga. Jussara Bacelar de Melo
- **Eng. Moacir Weine Filho – Fortaleza – CE**
- **CESP Cia. Energética de SP – São Paulo – SP**
Eng. Heraldo Duarte
- **Instituto Presbiteriano Mackenzie – São Paulo – SP**
Eng. José A. Silva Gante
- **Universidade Gama Filho – Rio de Janeiro – RJ**
- **Eng. Luís Antonio dos Santos – Tatuí – SP**
- **Enga. Patrícia Nabinger - Curitiba - PR**
- **Enga. Andréa Prado Abreu Reis – Goiânia - GO**
- **Fundação de Apoio a Pesquisa - UFG - Goiânia – GO**
Prof. Edmilson Rocha de Oliveira
- **Eng. Edson H. Mendes Nascimento – Juiz de Fora - MG**
- **RIONOR Construtora Rio Norte Ltda. – Natal – RN**
Eng. Augusto Dias de Araújo
- **CEWAL Eng. S. José dos Campos Ltda. S.J.Campos – SP**
Eng. Walter Castellano Júnior
- **Eng. Washington Luis da Silva Souza – Salvador – BA**
- **Eng. Ronilson Shimabuku – Santos – SP**
- **Enga. Marileia Scherrer Machado – Gov.Valadares - MG**
- **Eng. Carlos André C. Magalhães – Salvador – BA**
- **Eng. Carlos Bráz C. Barbirato – Maceió – AL**
- **Eng. Altamiro D'Abadia Chaves – Goiânia - GO**
- **Eng. Alfredo Carlos Sanches – S.José dos Campos – SP**
- **Hermolin, Neto Produtos Sider. Ltda. – R. Janeiro - RJ**
Eng. Miguel Hermolin
- **Manetoni Central de Serviços S/C Ltda. – Piracicaba – SP**
Eng. José Manoel de Miranda
- **Cia. Nacional do Aço Ind. e Comércio – Porto Alegre – RS**
Eng. Edgar Henrique Echel
- **Eng. Ricardo José Carvalho Silva – Fortaleza - CE**
- **MZM Empr. Imobiliários Ltda. – S.Bernardo Campo – SP**
Eng. Dino Gomide Vezza
- **Porto Belo Construções Ltda. – Taguatinga – DF**
Eng. Salino Brandão
- **Constrex Eng. Sustentável Ltda. – Rondonópolis – MT**
Eng. Marcos A. Ribeiro dos Reis
- **Eng. Luciano Haraldo Ebert – Porto Velho – RO**
- **Eng. Renato Hoff Rocha – Porto Alegre – RS**
- **Enga. Regina Maris Resende – Belo Horizonte – MG**
- **Grecon Grupo Empres. da Constr. Ltda. – Recife - PE**
Eng. Iran Cavalcanti
- **Eng. Gustavo Souza Pereira – Maceió – AL**
- **DOBRAFER Constr. e Comércio Ltda. – São Paulo – SP**
Eng. Gilberto Ulaí
- **CONART Pré-Moldados de Concreto Ltda. – Jundiaí – SP**
Eng. José Carlos C. Mello
- **Proenge Eng. de Projetos e Sistemas Ltda. – S.Luiz – MA**
Eng. Renato Ferreira Cestari
- **Eng. Carlos R. E. dos Santos – Curitiba – PR**
- **Eng. Antonio Donizete Lopes Bob – São Paulo – SP**
- **Eng. Olmar Schneider – Porto Alegre - RS**
- **Eng. Luiz Henrique Lamberti – Rondonópolis – MT**
- **Eng. Luiz Antonio B. Cicolin – Limeira – SP**
- **Eng. Newton Elmor Padoa – Rio de Janeiro – RJ**
- **Eng. Normando Perazzo Barbosa – João Pessoa - PB**

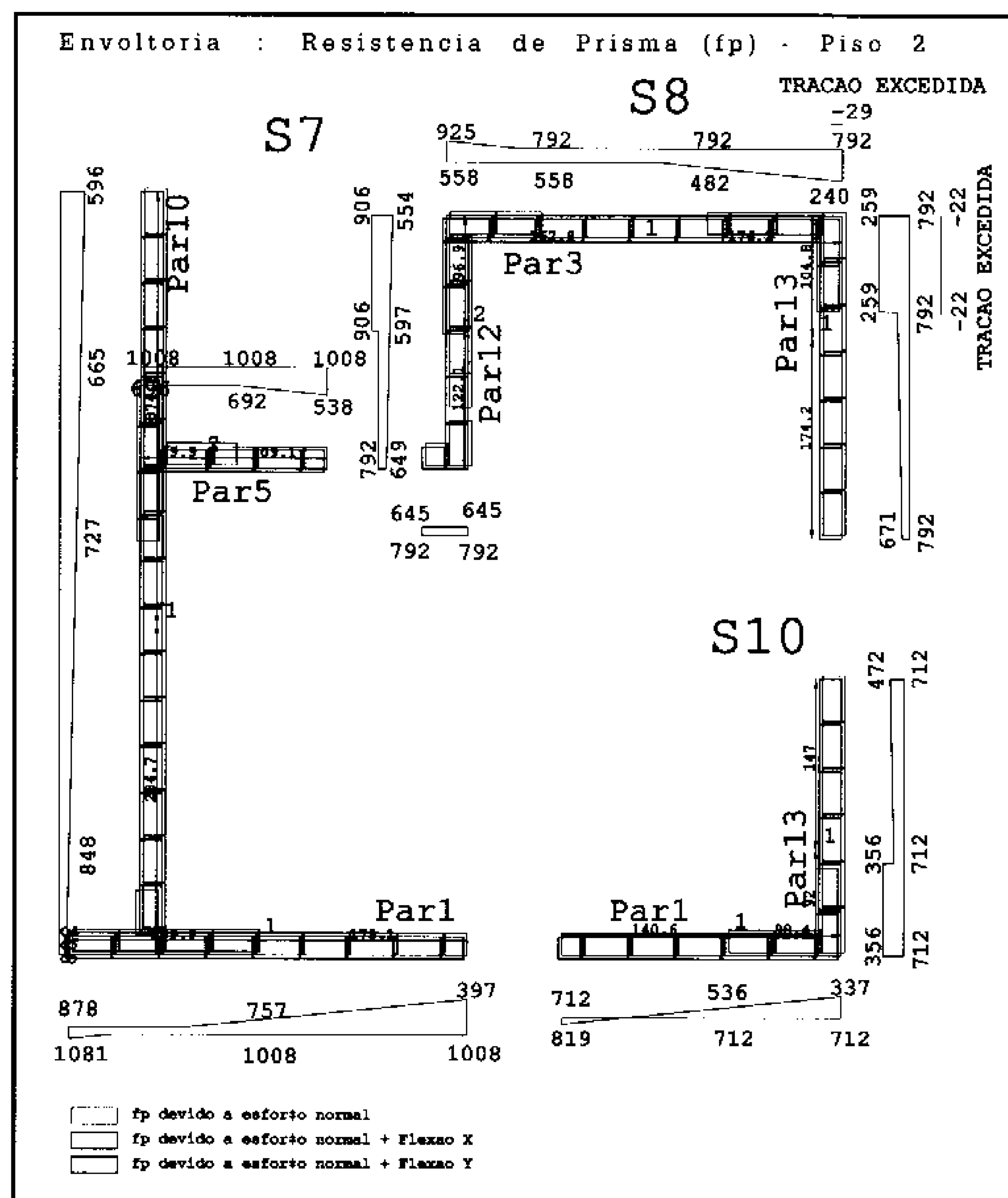


1.) Cad/Alvest

Terminamos a versão inicial do Cad/Alvest. Agora, o sistema já possui documentação, exemplos processados, arquivos de demonstração e auto-treinamento. Já comercializamos e distribuimos diversas cópias do sistema. Alguns clientes especialistas em projeto de alvenaria estrutural estão enviando sugestões para a introdução de melhorias no sistema visando a maior abrangência do Cad/Alvest. Desta forma, continuamos a desenvolvê-lo. A título ilustrativo, apresentamos abaixo um desenho fundamental para o dimensionamento das paredes. É o gráfico da resistência de prisma das paredes de alvenaria: gráfico de "fp".

2.) Grelha Não Linear Física

Estamos iniciando o desenvolvimento de uma implementação no sistema de grelha para o cálculo das solicitações e deslocamentos considerando a não-linearidade física das barras da grelha. Este cálculo é de fundamental importância para a determinação das flechas nos diversos pontos do pavimento. Estaremos considerando a não linearidade física para a flexão (Estádio I e Estádio II) e torção. Em breve, o cálculo da grelha com este procedimento estará disponível aos usuários. Embora esse cálculo seja muito mais refinado do que o atual, ele não tem a finalidade de esgotar o assunto. Entretanto, com este novo modelo e com os parâmetros que governam o processo de cálculo não linear físico, o usuário terá muito mais possibilidades de 'calibrar' o modelo para que as flechas calculadas se aproximem das flechas reais da laje, considerando as deformações das vigas e lajes conjuntamente.



3.) Versão Windows

A TQS sempre priorizou o desenvolvimento de sistemas com novas soluções para engenharia, em detrimento de outras facilidades e *perifumarias* para o usuário. Com a distribuição do sistema CAD/TQS versão 7.0, estável e maduro, e seus novos modelos estruturais, é chegada a hora de dedicar mais tempo ao usuário.

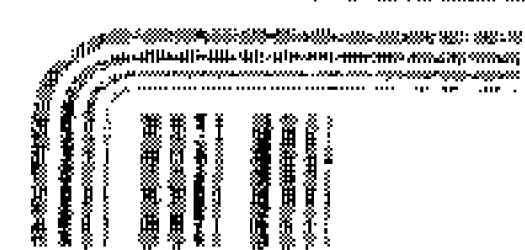
Sistema

MIX

de Análise
Estrutural

- Interface e saídas gráficas, rápido e de fácil operação;
- Análise Estática Linear de: Pórticos Planos Espaciais, Grelhas e Placas;
- Análise Não Linear Geométrica de Pórticos Planos e Espaciais;
- Integrado com Sistemas CAD/TQS.

Pinheiro Medeiros Informática Ltda.
(011) 3061-2517



MAC Sistema Brasileiro de Protensão Ltda.

EMENDAS DE BARRAS DE AÇO

A MAC - Protensão sempre amparando sua participação na construção civil, passa agora a oferecer luvas de emendas de aço doce. Pensadas hidraulicamente, as luvas são fabricadas para emendas de barras de aço de Ø 12,5 mm a Ø 40 mm.



LUVA DE EMENDA

NOTA: 1572

Endereço: Rio de Janeiro - Pça. Mahatma Gandhi, 2 - Sala 720 - Centro - CEP 20031-100
Telefax: (021) 262-5209

Desde o princípio, não foi filosofia da TQS desenvolver uma versão Windows parcial e em etapas. Demoramos para iniciar o desenvolvimento, mas que será produzida será uma única versão, final e definitiva.

Vamos então à versão Windows.

O sistema CAD/TQS para Windows, versão 8.0, substituirá a versão 7.0, a última para DOS. Naturalmente, continuaremos a manter esta versão e corrigir eventuais problemas.

3.1) Filosofia de desenvolvimento

Um dos pontos mais fortes do Windows são as interfaces gráficas. Para tirar o máximo proveito disto, reprojetoamos do zero gerenciadores, editores gráficos, programas de edição de critérios e de dados, que seguem agora o modelo Windows.

Por outro lado, a filosofia geral de operação do sistema, já estável e bem conhecida, foi mantida. Mesmo operando sob o Windows, os usuários atuais da versão DOS não terão dificuldade em assimilar o novo sistema.

A adaptação para o Windows levou-nos também a repensar alguns modelos de dados. Procuramos aperfeiçoar o sistema, eliminando redundâncias e aumentando o compartilhamento de informações dentro e fora do projeto. Com um novo modelo operacional sob o Windows, a maior parte dos sistemas CAD/TQS aumentou sua capacidade de processamento.

3.2) Dados e compatibilidade

Estendemos todos os dados do sistema à dupla precisão, eliminando principalmente os problemas de geometria em plantas de formas locadas com coordenadas topográficas.

Se por um lado, alguns problemas relativos à precisão foram resolvidos, por outro lado, os arquivos de trabalho mudaram de formato em relação a versão DOS. Haverá necessidade de

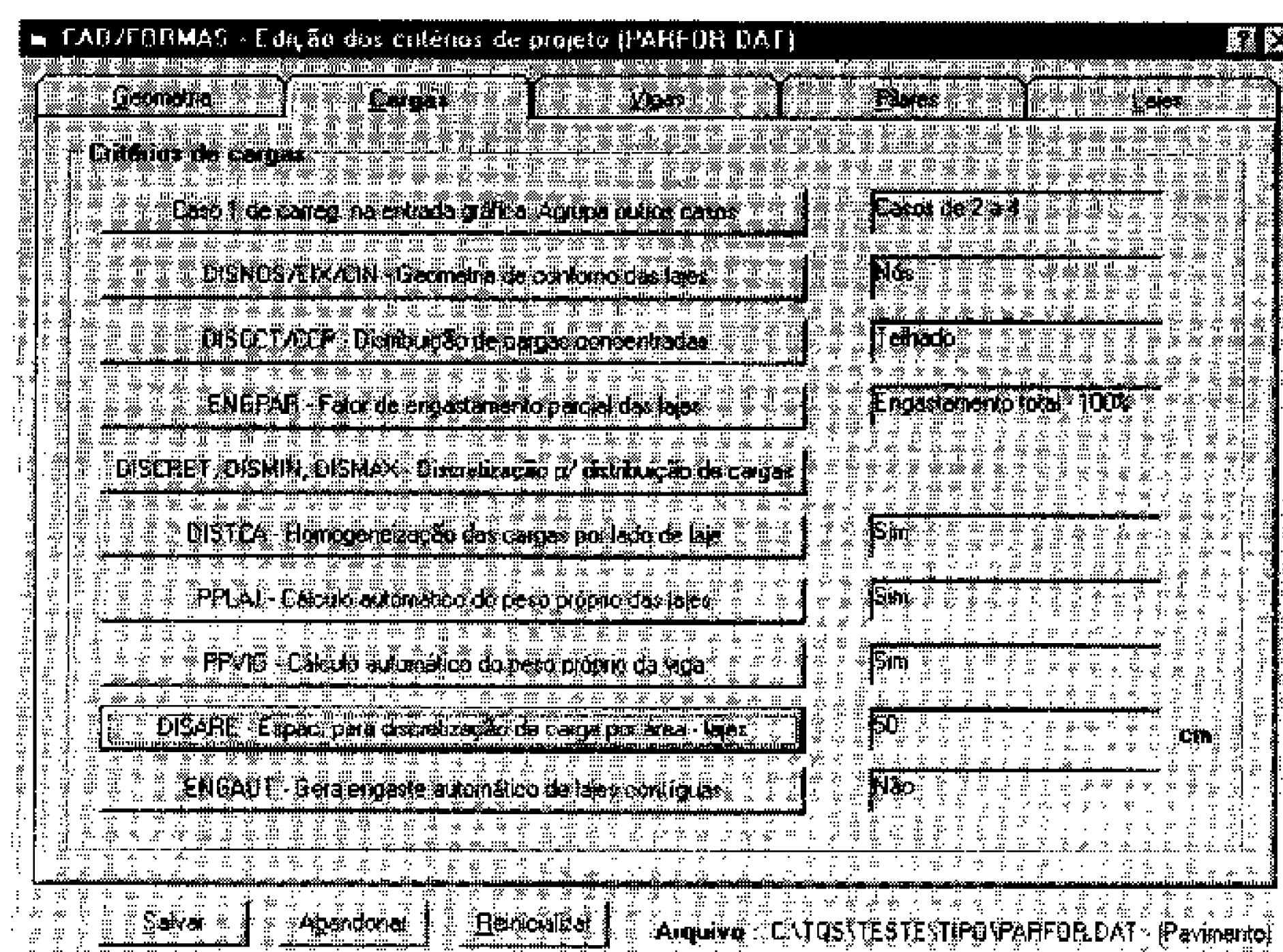
reprocessar sob o Windows projetos processados anteriormente na versão DOS. O próprio sistema é capaz de avisar a necessidade de reprocessamento ao abrir um novo projeto.

Todos os arquivos de dados de entrada dos diversos sistemas, incluindo desenhos, foram mantidos e continuam compatíveis. Mesmo as primeiras plantas de formas, codificadas no início de 1988 podem ser processadas na versão Windows.

3.3) Arquivos de critérios

A definição de critérios de projeto é a primeira e mais importante atividade do engenheiro ao iniciar o uso dos sistemas CAD/TQS. Depois de uma definição inicial, os critérios são alterados com menor frequência, mas, mesmo assim, o engenheiro sempre tem plena consciência dos critérios em vigor, seja através do exame das listagens ou da edição dos critérios.

Os diversos programas de edição de critérios foram reorganizados segundo uma estrutura hierárquica. Nos primeiros níveis, o usuário verifica os critérios em uso e seu valor:



SOFTWARES PARA INSTALAÇÕES

CAD/Hidro

- Água fria, quente, esgoto, água pluviais e incêndio.
- Criação de legenda das conexões.
- Dimensionamento de água fria.
- Lista de material considerando repetições.
- Inclusão/Exclusão de desenhos na biblioteca.
- Desenho de planta baixa normal e isométrica.

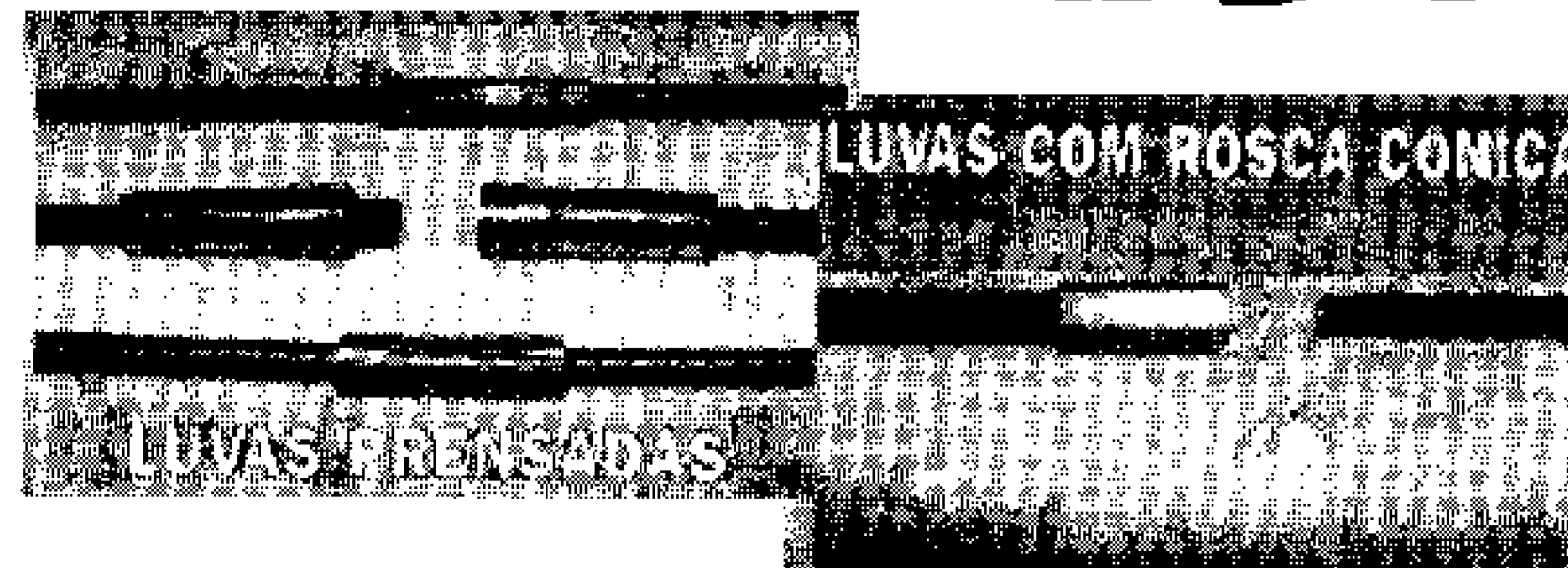
CAD/Elet

- Detalhamento com legenda automática.
- Definição automática de circuitos.
- Geração automática do diagrama unifilar/geral.
- Geração automática do quadro de cargas.
- Dimensionamento e lista de material.

VIPtec
Informática

SOLICITE DEMO
CG Engenharia Ltda.
Rua Presidente John Kennedy, 103-fundos
BLUMENAU-SC Fone/fax:(047) 322-3822

EMENDAS DE BARRAS DE AÇO PROTENDE

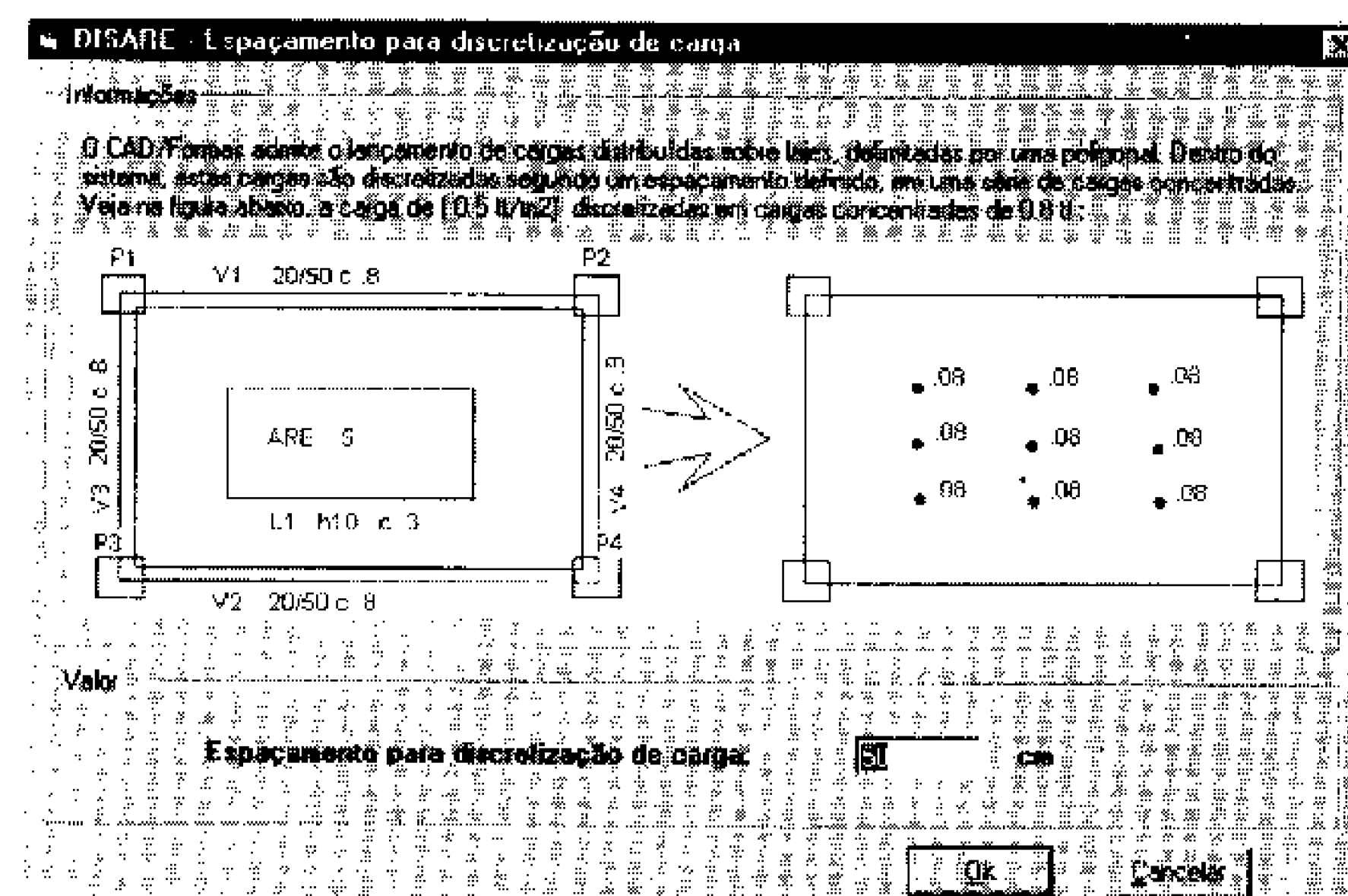


Aço para concreto protendido
RB-190, em bobinas ou cortado
nas dimensões do projeto

Ancoragens e bainhas metálicas
Aparelhos de apoio mecânico
tipo Vasoflon e Cernoflon

SÃO PAULO - Rua Bela Nápoles, 97 - CEP 05085-080
Tel: (011) 261-6111 - Fax: (011) 261-7840
E-mail: protende@sanet.com.br

Ao selecionar um critério, por exemplo "DISARE", uma nova tela, ilustrativa, permitirá alterar o seu valor:

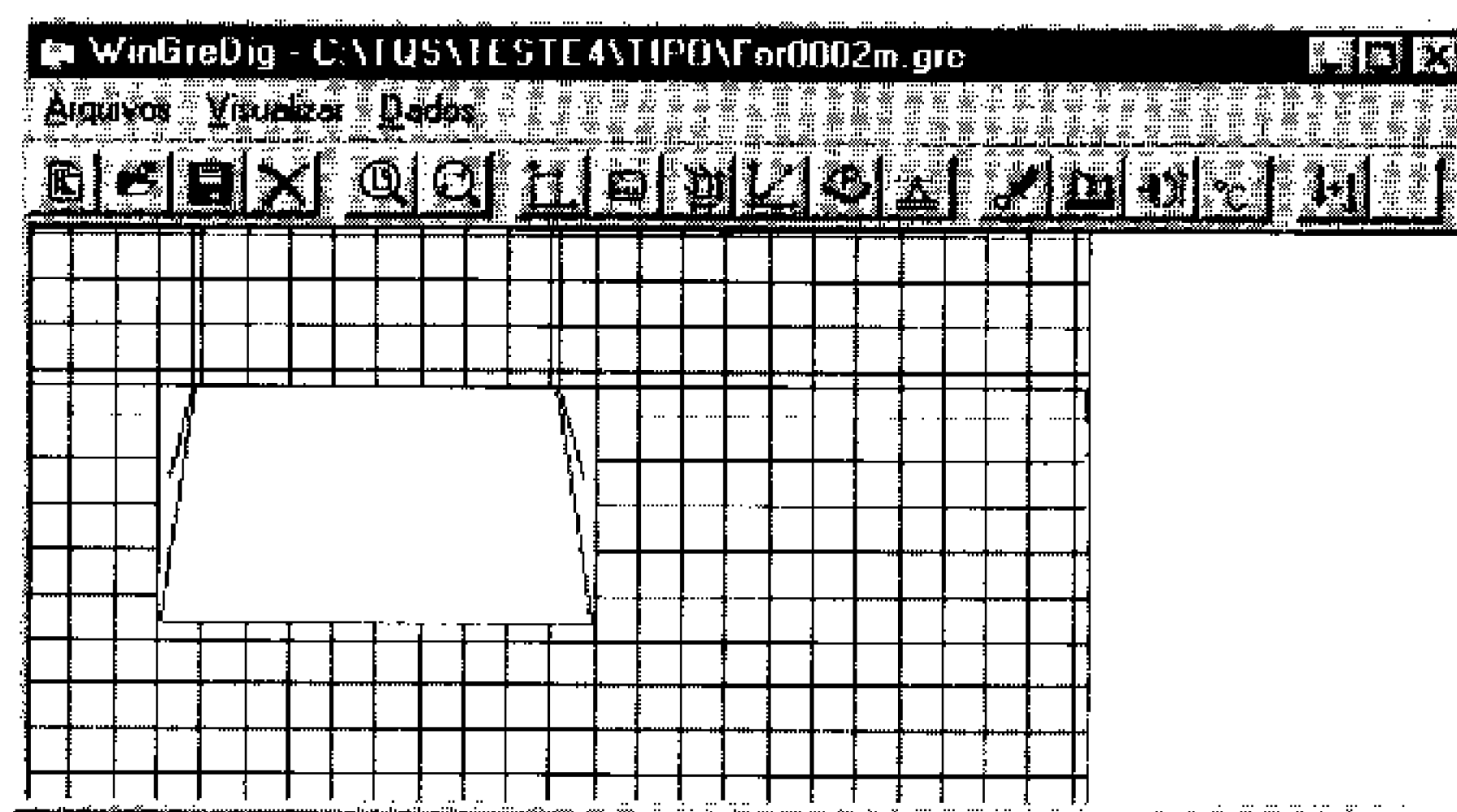


3.4) Critérios associados a pavimento

Todos os critérios associados a pavimentos, tais como critérios de vigas, plantas de formas, grelhas, etc, são agora copiados na criação do edifício e partilhados automaticamente por todos os pavimentos. Se o engenheiro desejar, uma cópia separada pode ser feita especificamente para que um determinado pavimento seja processado com critérios diferentes dos demais.

3.5) Arquivos de dados

Embora a maior parte dos arquivos de dados de cada sub-sistema seja gerada automaticamente a partir dos dados do edifício, sempre foi permitida a alteração destes arquivos, para melhor adequação do modelo estrutural. Sob o Windows, todos os programas de edição de dados mostrarão graficamente o objeto editado. Veja o exemplo de uma tela de edição de dados de grelha:

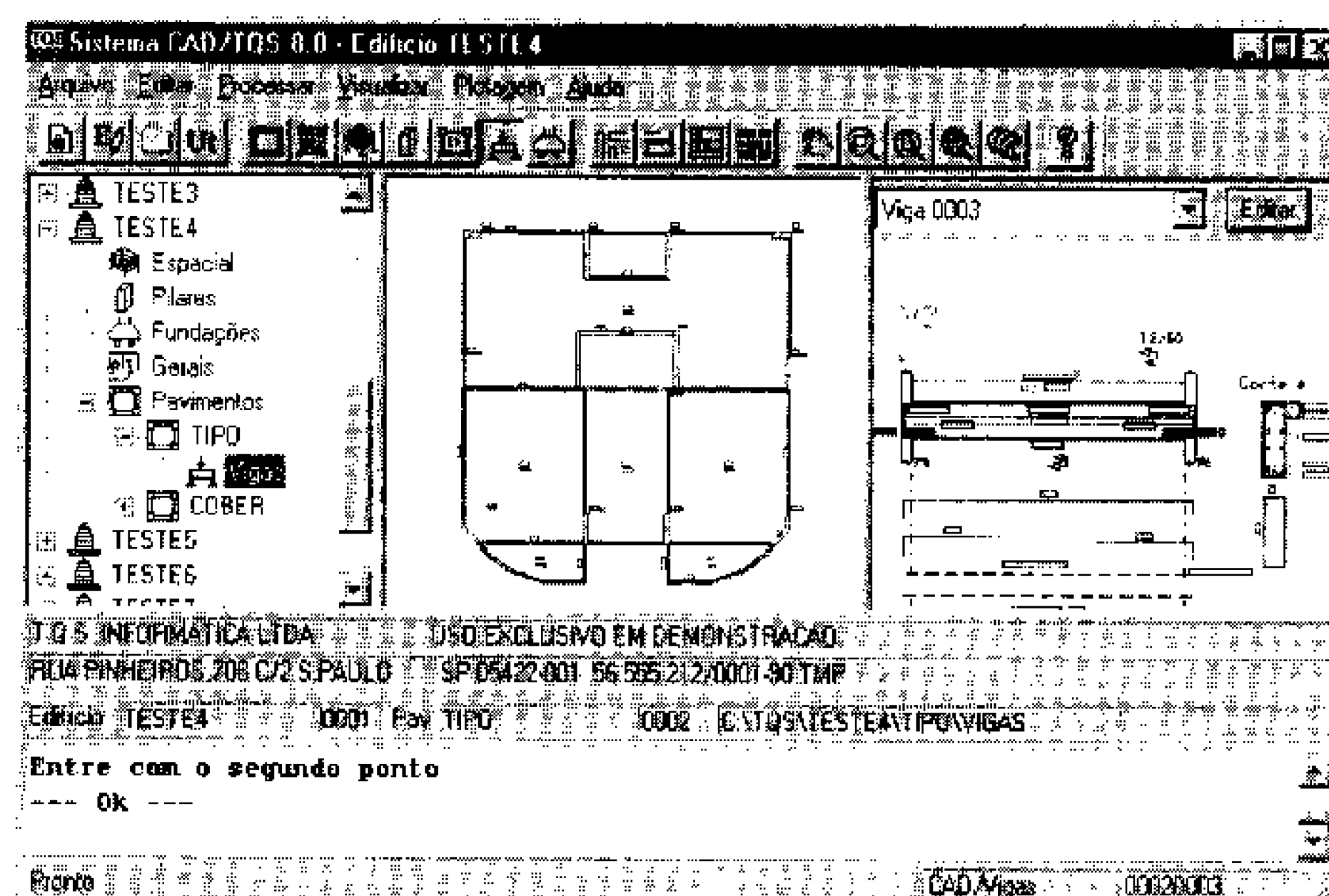


3.6) Separação da área de suporte

Os chamados *arquivos de suporte*, arquivos de dados globais e arquivos de critérios copiados na criação do edifício agora têm localização própria, separada dos programas. Em um escritório de projeto com estações de trabalho ligadas em rede, todas as estações podem usar os mesmos arquivos de suporte localizados na rede, mesmo para processamentos locais, garantindo homogeneidade de critérios entre os projetistas.

3.7) Gerenciador

O gerenciador foi completamente repensado, e agora, em vez de um gerenciador para cada sub-sistema, temos um único gerenciador capaz de processar todos os tipos de elementos estruturais. Os principais elementos desse novo gerenciador, além da barra de menu, são a barra de ferramentas e as 3 janelas principais:



Na janela esquerda, temos um típico controle de árvore do Windows, onde estão representados hierarquicamente edifícios, pavimentos, pilares, fundações, etc. Através dessa janela, é possível, quase instantaneamente, mudar o pavimento ou elemento estrutural em processamento, ou mesmo de edifício. A versão Windows permite manter múltiplas árvores de edifícios (além da tradicional C:\TQS), tanto localmente quanto na rede.

Na janela central, temos a representação esquemática de um pavimento processado. E à direita, um elemento estrutural, conforme o pavimento e sistema. À medida que o engenheiro navega através do edifício, os desenhos relativos ao contexto atual são mostrados, podendo ser editados ao toque de um botão. Tanto no sistema de vigas quanto no de pilares, a seleção de um elemento estrutural em planta na janela central, faz com que esse elemento seja imediatamente mostrado na janela à direita.

No ambiente de multiprocessamento do Windows, você pode acionar mais de uma tarefa ao mesmo tempo no gerenciador, ou carregar cópias diferentes do gerenciador e processar projetos diferentes em cada um deles.

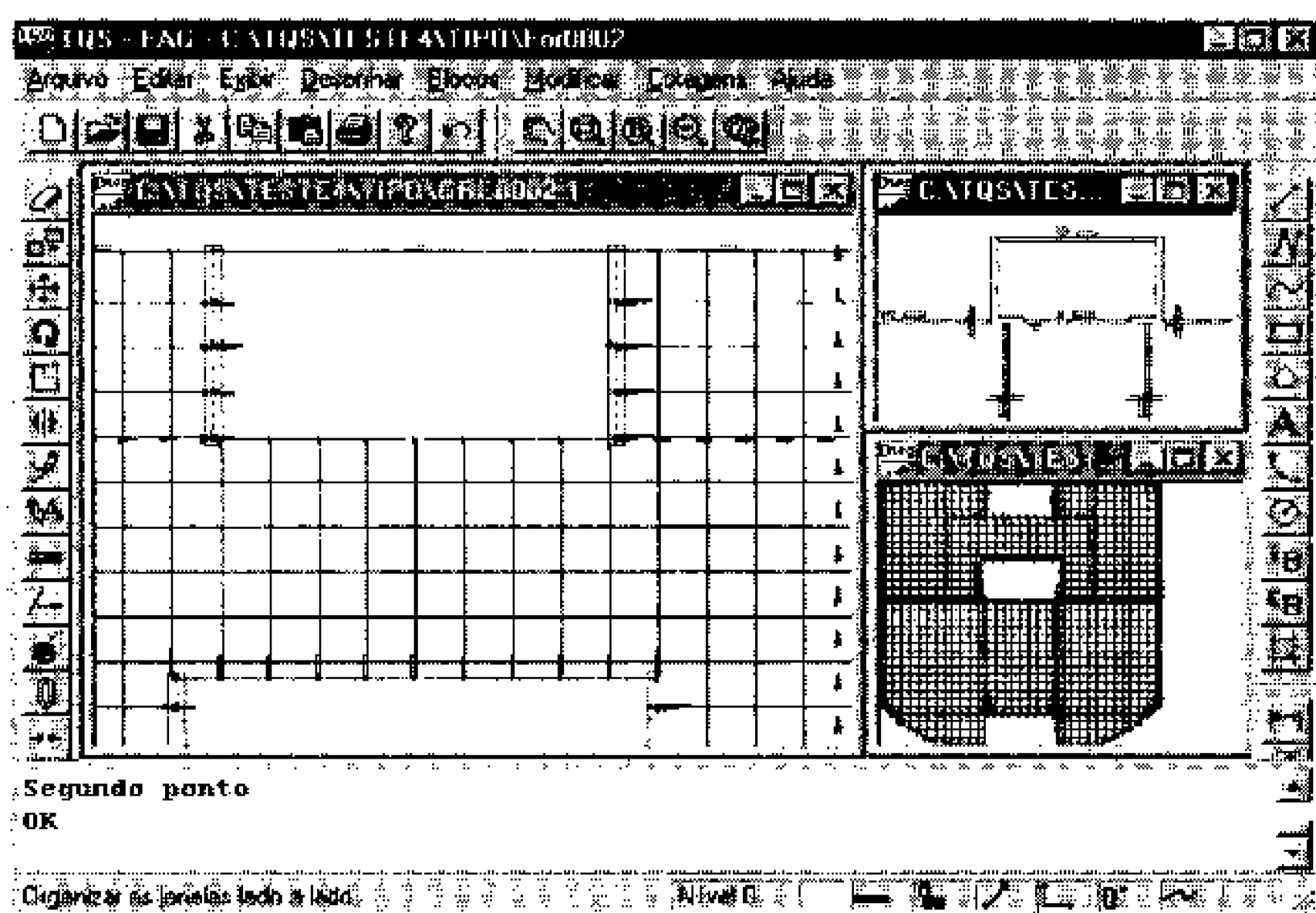
3.8) Dados e Critérios de desenho

Sem perda de compatibilidade, os arquivos de desenho .DWG foram estendidos, e contêm agora informações que antes eram armazenadas nos .PAD. Cada desenho conhece sua própria escala e sistema aplicativo, entre outras informações. O editor gráfico pode escolher sozinho o menu adequado ao tipo de desenho escolhido. Na versão DOS, isto era conseguido através da chamada de edição gráfica em 10 sistemas diferentes.

Critérios de desenho, de uma maneira geral, foram separados de outros critérios de projeto, sendo editados de maneira equivalente nos diversos tipos de desenho gerados pelo sistema. A seleção de cores foi removida das sementes de desenho e, agora, pode ser feita diretamente dentro do editor gráfico, sendo salva em arquivos texto, tanto no contexto local quanto global.

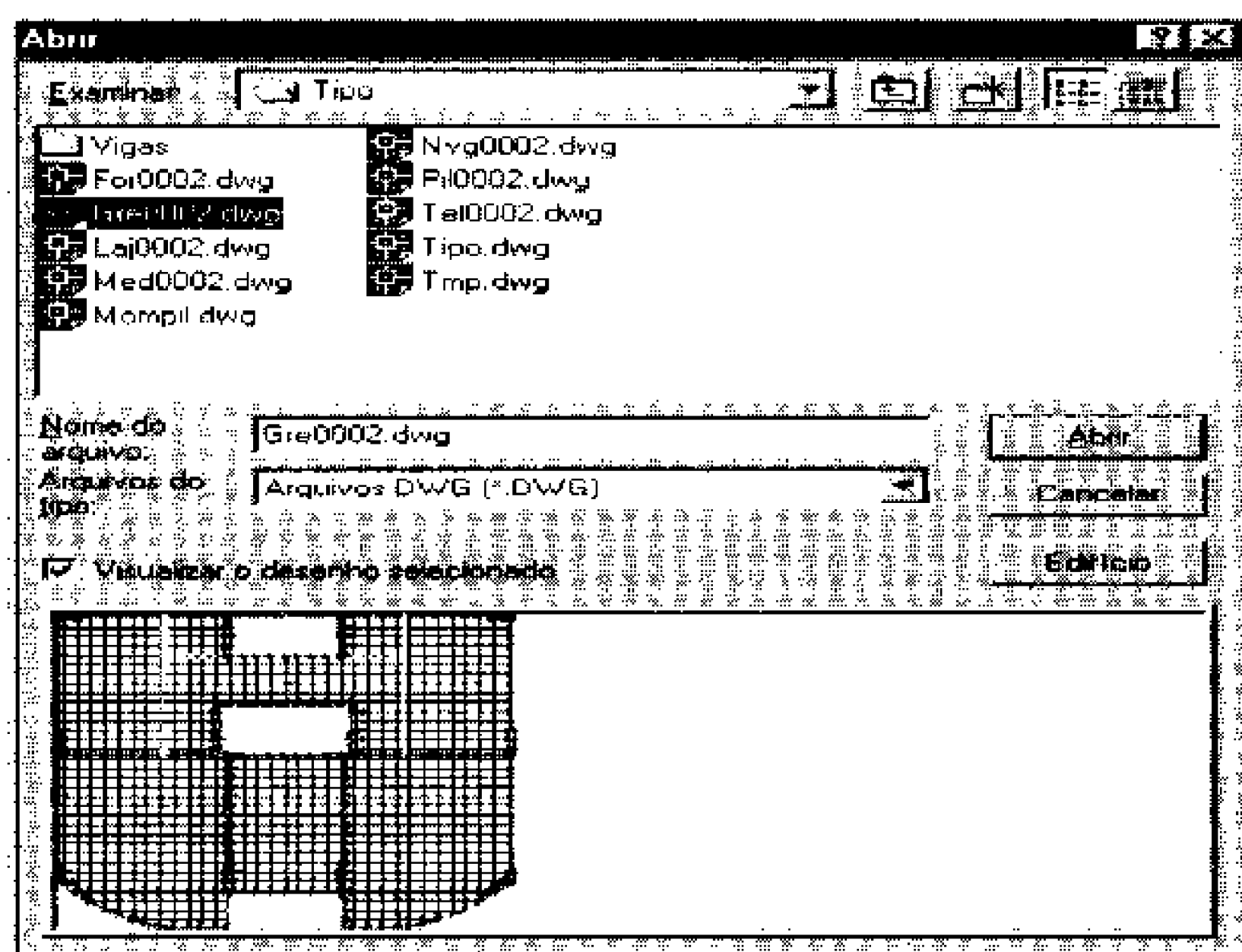
3.9) Editores Gráficos

Atenção especial foi dada aos editores gráficos, um dos programas de maior uso entre os projetistas. Os editores gráficos agora seguem o chamado padrão *MDI* do Windows, que permite edição simultânea de múltiplos desenhos, cada desenho com múltiplas janelas:



Este recurso pode ser melhor utilizado em monitores maiores ou até mesmo em configurações de dois monitores, disponíveis no Windows 98.

O EAG dispõe agora dos típicos elementos de interface do Windows, tais como barras de menus com todos os comandos, barras de ferramentas flutuantes e que podem ser estacionadas nas bordas da janela principal, barra de status e área de mensagens. As principais janelas de diálogo ganharam recursos visuais, tais como a janela de seleção de blocos para inserção, os parâmetros de cotagem, e até mesmo a janela padrão de abertura de arquivos, que inclui visualização prévia de desenhos:



Além das tradicionais formas de copiar elementos entre desenhos diferentes, como os comandos de misturar e de leitura/gravação de blocos, é possível também fazer transferências pelo mecanismo padrão do Windows, de recortar/copiar/colar através de área de transferência (Clipboard). Você pode fazer essas operações entre desenhos abertos dentro de uma sessão gráfica, ou entre desenhos de diferentes cópias do editor carregadas na memória. Os desenhos copiados para a área de transferência podem também ser colados em outros aplicativos Windows que interpretam o formato *Windows Metafile*, tais como o Word e o Paint.

Outros recursos importantes implantados incluem as operações de arrasto e linha elástica com ajuste automático de escala entre janelas diferentes e durante os comandos transparentes de janela, e a possibilidade de desfazer todas as operações de desenho até o início da sessão gráfica (*Undo*).

Para acelerar o desenvolvimento dos aplicativos para o editor, criamos um sistema de menus programáveis, onde o editor básico liga-se dinamicamente com os programas aplicativos, conforme o menu escolhido. Menus e aceleradores de teclado podem ser modificados através de arquivos texto. Os aceleradores de teclado, em particular as teclas <Fn>, foram programados com as mesmas funções do EAG para DOS. Isto permitiu que a nossa própria equipe de suporte começasse a usar o editor gráfico em produção, sem qualquer treinamento prévio.

3.10) O que esperar da nova versão

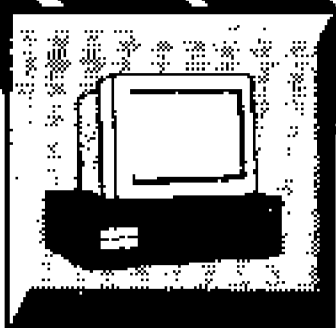
Nosso objetivo é oferecer aos usuários CAD/TQS todos os recursos da versão atual, com as principais facilidades do Windows. Os sistemas CAD/TQS 8.0 para Windows deverão permitir uma migração suave e sem traumas para este novo ambiente. Continuaremos o assunto na próxima edição.

Porque você deve adquirir a versão DOS agora:

- Na atualização para a versão Windows, você terá direito a um desconto substancial no preço da atualização (50% ou progressivo de acordo com a data de aquisição).
- Até a chegada da versão Windows, você aprenderá toda a parte de ENGENHARIA (conceitos, critérios de projeto, modelos estruturais etc.) e parte das funções operacionais (editor gráfico, fluxo de informações, critérios etc.), que continuarão inteiramente válidas para a versão Windows.

Porque você deve atualizar a versão 7 dos sistemas Cad/TQS “agora”, e não esperar pela versão Windows:

- Conforme a atual política de atualização de sistemas, o preço da versão Windows não englobará o preço das atualizações anteriores (versão 7; 6; etc.), mas aqueles que já adquiriram a versão 7, terão um crédito de 30% do valor pago nesta aquisição para a mudança para a versão Windows.
- Quanto antes for realizada a atualização, você poderá usufruir dos benefícios dos novos recursos implementados (novos modelos, maior abrangência, maior produtividade, etc.).



MÓDULO TQS PARA ANÁLISE NÃO-LINEAR GEOMÉTRICA DE PÓRTICOS ESPACIAIS

Autor: Sérgio Ricardo Pinheiro Medeiros *

1. Introdução

Na análise estrutural estática, nem sempre a relação forças aplicadas versus deslocamentos da estrutura pode ser considerada como linear. Tal fato pode ser decorrente das propriedades do material da estrutura e/ou da diferença existente entre as suas configurações indeformada e deformada. Deste modo, os problemas estruturais estáticos podem ser enquadrados em uma das seguintes categorias:

- I. fisicamente e geometricamente lineares;
- II. fisicamente não-lineares e geometricamente lineares;
- III. fisicamente lineares e geometricamente não-lineares;
- IV. fisicamente e geometricamente não-lineares.

A maior parte dos problemas estruturais encontrados na Engenharia Civil é tratada como pertencente à primeira categoria acima. No entanto, em alguns casos práticos, como os dos edifícios altos e esbeltos sujeitos a cargas laterais devidas ao vento, os efeitos decorrentes da não-linearidade geométrica são importantes e deveriam ser considerados.

Para tratar esses casos, a TQS implementou no seu sistema um módulo para análise elástica não linear geométrica (NLG) de pórticos espaciais constituídos de barras prismáticas (eixo reto e seção constante) de material elástico linear.

O objetivo deste artigo é apresentar os principais aspectos do módulo NLG MIX-TQS, situando-o dentro do panorama geral da análise não-linear geométrica. Nas seções seguintes, será apresentado um breve resumo da teoria que fundamenta a implementação do novo módulo e que define seu domínio de aplicação. Para um maior aprofundamento nessa teoria, sugere-se, por exemplo, a leitura da bibliografia listada no final desse artigo. Serão também apresentados alguns exemplos que ilustram a importância do uso do módulo em alguns casos do dia a dia da engenharia estrutural.

* Eng. Civil, mestre COPPE-UFRJ, doutor Poli-USP, responsável pelo Sistema MIX e colaborador da TQS Informática

2. O problema da flexão de barras prismáticas elásticas lineares - hipótese Navier-Bernoulli

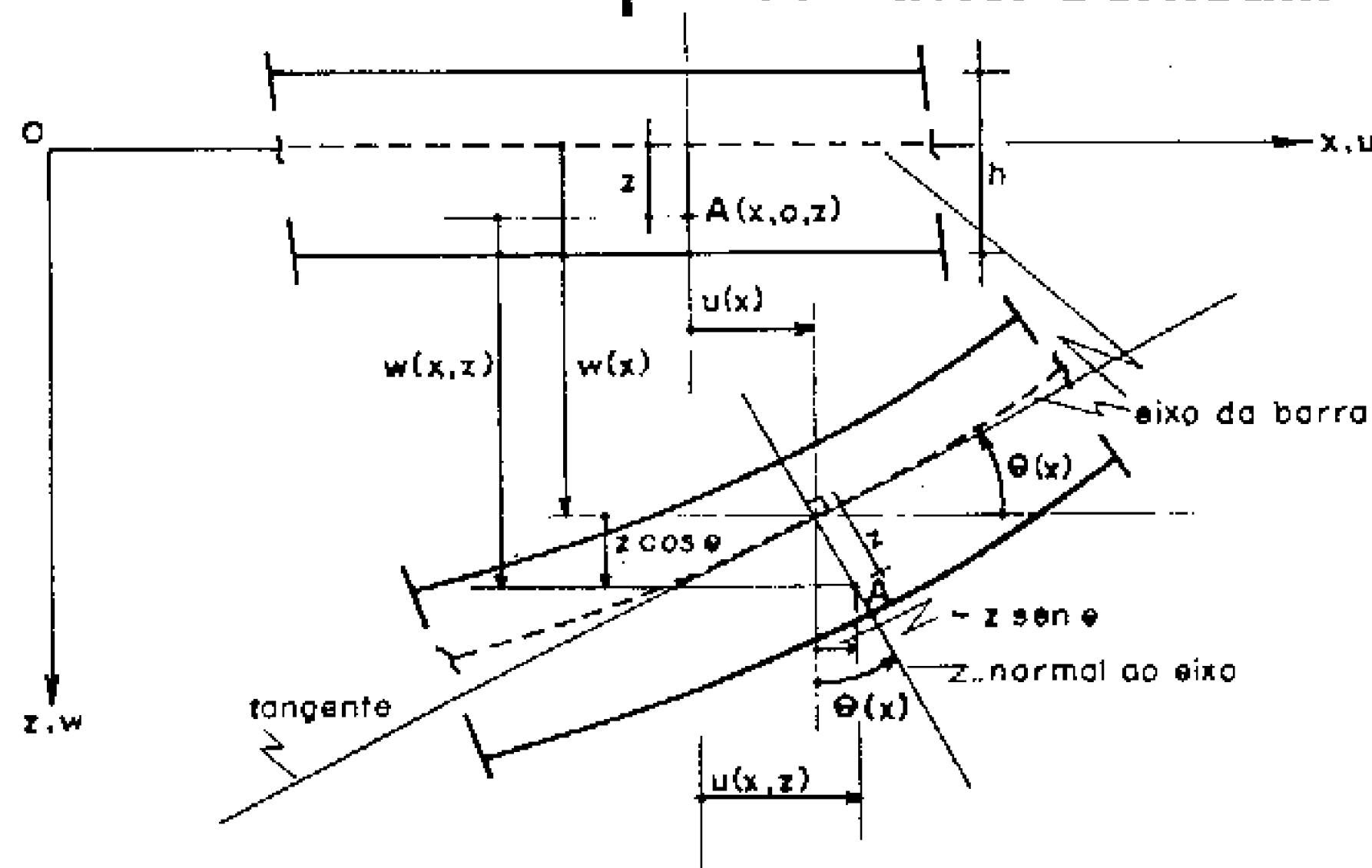


Figura 2.1- Deslocamentos com base na hipótese de Navier-Bernoulli

A hipótese cinemática usada no módulo NLG de pórticos espaciais para a análise do problema estrutural da flexão composta de barras prismáticas é a de Navier-Bernoulli. Em tal hipótese, admite-se que seções planas normais ao eixo da barra antes da deformação permanecem planas e normais ao eixo após a deformação. Através da adoção dessa hipótese, os deslocamentos da barra podem ser descritos a partir apenas dos deslocamentos do seu eixo. A figura 2.1 ilustra o campo de deslocamentos correspondente a essa hipótese para uma barra sujeita a flexão no seu plano principal xz.

A outra hipótese adotada no módulo, a de que o material da barra é elástico linear, implica trabalhar dentro do domínio das pequenas deformações (deformações específicas e distorções pequenas em relação a unidade). Na verdade, tal fato é que torna possível a adoção da hipótese de Navier-Bernoulli, mesmo no caso de flexão com grandes rotações (ângulo θ na figura 2.1), como, por exemplo, a flexão com forte curvatura de uma haste de aço extremamente delgada.

No caso mais geral de flexão, o eixo da barra pode estar submetido a grandes rotações que provocam efeitos não-lineares na resposta estrutural. Conseqüentemente, o caso geral de flexão de barras com material elástico linear enquadra-se na categoria III acima descrita. Alguns autores denominam essa teoria como de 3ª ordem [1].

Dependendo da ordem de grandeza das rotações, pode-se definir 2 casos particulares de flexão: a flexão com rotações moderadas (rotação da ordem de grandeza da raiz quadrada da deformação específica) e a flexão com pequenas rotações (ordem de grandeza da deformação). Obviamente, tais situações são casos particulares da flexão geral, podendo-se deduzi-las a partir da formulação geral através de simplificações compatíveis com a menor ordem de grandeza assumida para as rotações.

A restrição de que a barra está submetida a rotações moderadas não elimina a não-linearidade na resposta estrutural. Assim, esse caso de flexão de barras com material elástico linear também se enquadra na categoria III. Essa teoria também é conhecida como de 2ª ordem.

No caso de flexão de barras de material elástico linear com pequenas rotações, as configurações indeformada e deformada da barra podem ser confundidas e a resposta da estrutura é linear, enquadrando-se na categoria I dos problemas estruturais. Essa teoria também é conhecida como de 1ª ordem.

O tratamento do caso geral da flexão (grandes rotações) em pórticos espaciais é muito complexo. Tal complexidade deve-se principalmente ao fato de que rotações finitas no espaço 3D não podem ser tratadas como vetores. Existem 2 abordagens para esse problema. Na primeira, é necessária a redefinição dos conceitos de momento e rotação [2]. Já na segunda, aplica-se o carregamento na estrutura em pequenos incrementos, atualizando-se em seguida as coordenadas da estrutura. Os incrementos devem ser de tal forma que as rotações ocorridas entre duas configurações sucessivas sejam pequenas e possam ser tratadas como vetores [3].

No módulo NLG MIX-TQS a teoria implementada foi a das rotações moderadas. Nessa teoria, a ordem de grandeza

das rotações ainda é pequena comparada à unidade, tornando-se possível tratá-las vetorialmente e considerar as flexões nos dois planos principais da seção da barra como desacopladas. Deste modo, as flexões nos planos principais xy e xz são tratadas independentemente, e seus efeitos superpostos e complementados pelo da torção.

3. Formulação das Equações de Equilíbrio dos Problemas NL Geométrico com Materiais Elásticos Lineares

A seguir é apresentado um resumo do procedimento descrito na referência [4] para dedução das equações de equilíbrio para estruturas sujeitas a pequenas deformações e em regime elástico linear. Nessa dedução, usam-se o princípio de minimização da energia potencial total e o método dos elementos finitos como ferramenta de discretização.

Nas expressões seguintes $\boldsymbol{\varepsilon}$ representa o vetor que descreve o estado de deformação e $\boldsymbol{\sigma}$, o correspondente vetor energeticamente conjugado que descreve o estado tensional.

Do mesmo modo, $\mathbf{u}$ representa o campo de deslocamento e $\mathbf{F}$ o correspondente campo de força.

Considerando-se a hipótese da linearidade do material e admitindo-se que as forças aplicadas são independentes da deformação, a energia total é expressa por

$$\pi = \frac{1}{2} \int_V \boldsymbol{\varepsilon}^T E \boldsymbol{\varepsilon} dv - \int_V \mathbf{u}^T \mathbf{F} dv - \int_S \mathbf{u}^T \mathbf{F}_s ds \quad 3.1$$

onde V e S são o volume e a superfície da estrutura na configuração indeformada, respectivamente. $\mathbf{F}_s$ representa as forças de superfícies prescritas em S .

No equilíbrio estático, o funcional π é estacionário, logo

$$\delta\pi = \int_V (\delta\boldsymbol{\varepsilon}^T E \boldsymbol{\varepsilon} - \delta\mathbf{u}^T \mathbf{F}) dv - \int_S \delta\mathbf{u}^T \mathbf{F}_s ds = 0 \quad 3.2$$

O estabelecimento da expressão 3.2 em termos dos deslocamentos nodais $\mathbf{r}$ requer a introdução das relações deformação-deslocamento. No método dos elementos finitos, tais relações podem ser escritas com

$$\boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{r}) = \boldsymbol{\varepsilon}_L(\mathbf{r}) + \boldsymbol{\varepsilon}_N(\mathbf{r}). \quad 3.3$$

com

$$\boldsymbol{\varepsilon}_L(\mathbf{r}) = \mathbf{B}^0 \mathbf{r} \quad \text{e} \quad \boldsymbol{\varepsilon}_N(\mathbf{r}) = \mathbf{B}^1(\mathbf{r}) \quad 3.4$$

onde $\mathbf{B}^0$ é função apenas das funções de forma ϕ e $\mathbf{B}^1$ é função de ϕ e $\mathbf{r}$.

Fazendo-se a variação do vetor deformação e executando-se algumas operações algébricas, descritas em [2], chega-se às seguintes relações não-lineares força-deslocamentos:

onde

$$\mathbf{K}_e = \int_V \mathbf{B}^{0T} E \mathbf{B}^0 dv$$

$$\mathbf{K}_g = 2 \left(\int_V \mathbf{B}^{1T}(\mathbf{r}) E [\mathbf{B}^0 + \mathbf{B}^1(\mathbf{r})] dv \right) \mathbf{r} \quad 3.6$$

$$\mathbf{K}_l = \int_V \mathbf{B}^{0T} E \mathbf{B}^1 \mathbf{r} dv$$

$$\mathbf{R} = \int_V \boldsymbol{\phi}^T \mathbf{F} dv + \int_S \boldsymbol{\phi}^T \mathbf{F}_s ds$$

e $\mathbf{K}_s$ é a matriz secante que relaciona as forças aplicadas aos deslocamentos.

4. A implementação computacional MIX-TQS para análise não linear de pórticos

As expressões 3.5 e 3.6 foram deduzidas dentro da teoria geral das estruturas com material elástico linear. As matrizes de rigidez secante utilizadas no módulo NLG MIX-TQS são determinadas particularizando-se tais expressões para o caso de uma barra de eixo reto e seção constante sujeita às condições impostas pelas hipóteses da teoria de segunda ordem de rotações moderadas, comentadas na seção 2 deste trabalho. Para o leitor interessado, as matrizes implementadas no módulo estão explicitadas na referência [5].

Através da expressão 3.5 constata-se que, nos problemas estruturais pertencentes a categoria III, a matriz de rigidez da estrutura passa a ser representada pela soma das 3 parcelas, $\mathbf{K}_e$, $\mathbf{K}_g$ e $\mathbf{K}_l$, onde $\mathbf{K}_e$ é a clássica matriz de rigidez elástica linear.

No caso de estrutura formadas por barras prismáticas sujeitas a rotações moderadas $\mathbf{K}_g$ é a matriz de rigidez geométrica que leva em consideração a interação entre a força axial e o momento fletor na barra, como ilustrado na figura abaixo.

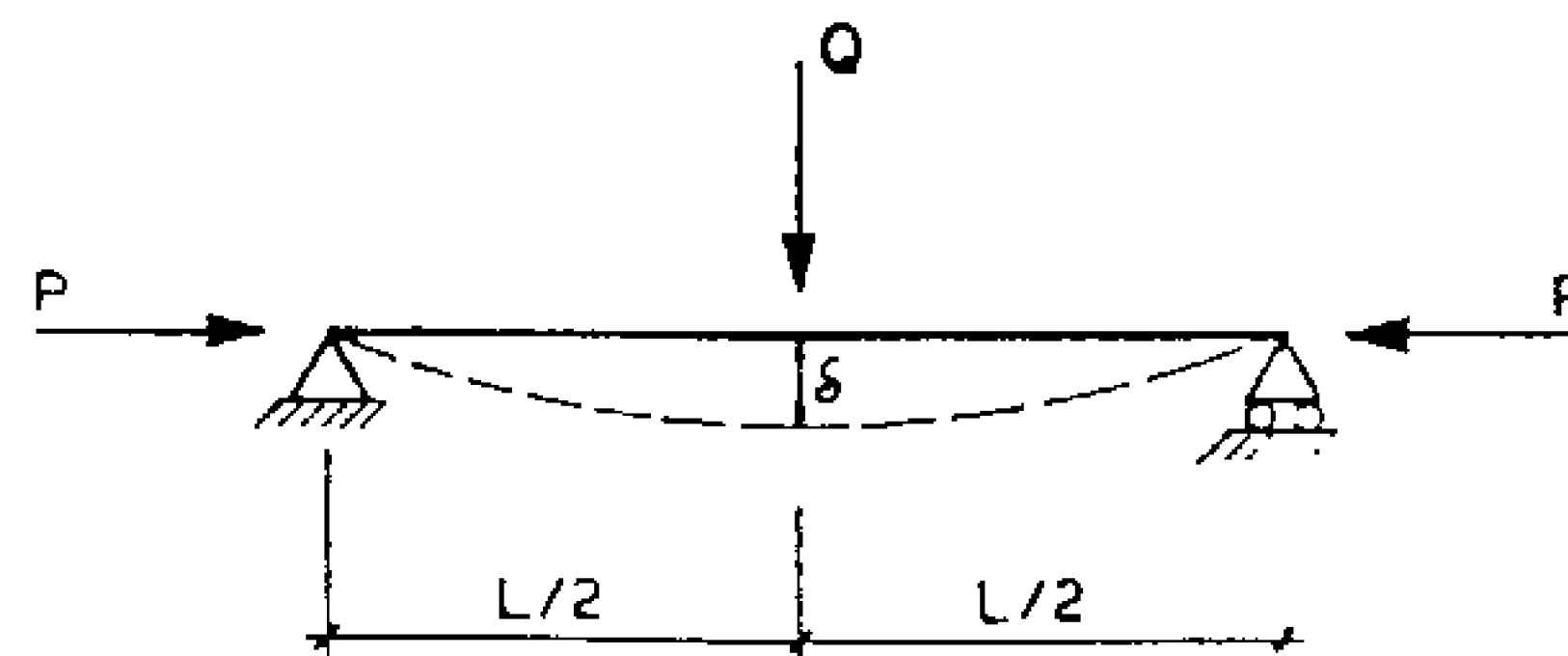


Figura 4.1 - Viga biapoitada com carga axial

Já $\mathbf{K}_l$ expressa as forças axiais decorrentes dos deslocamentos nodais perpendiculares ao eixo da barra. A figura a seguir representa um caso onde esse efeito de segunda ordem é importante. Realizando-se uma análise não-linear geométrica desse exemplo, obtém-se como resultado uma força normal não nula atuando na barra. Tal força não pode ser detectada na análise linear.

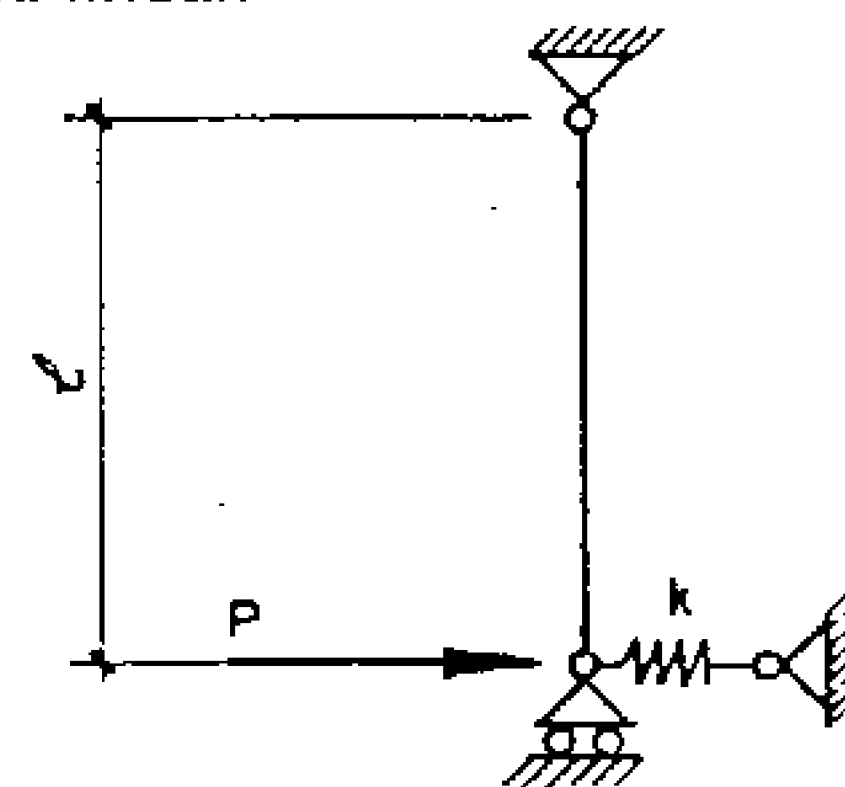


Figura 4.2 - Sistema simples de mola treliça

No módulo implementado, é possível adotar-se na análise não linear:

$$K_s = K_e + K_g + K_l \text{ ou } K_s = K_e + K_g.$$

5. Método Empregado na solução do Sistema de Equações Não-Lineares

O sistema de equações expresso em 3.5 é não-linear. Para resolvê-lo, foi implementado no MIX o método de Newton-Raphson modificado, usando-se a matriz de rigidez elástica com matriz secante e considerando-se o vetor força em apenas um incremento.

6. Limitações do Módulo Não-Linear Geométrico MIX-TQS

A utilização do módulo só é possível nos casos enquadrados dentro do escopo da teoria de flexão de barras prismáticas de materiais elásticos-lineares sujeitas a rotações moderadas.

O módulo também não converge em situações de equilíbrio pós-crítico ou quando a matriz de rigidez elástica linear da estrutura for singular, por exemplo, no caso de hipostaticidade.

Existem situações onde a contribuição de K_l tende a enrijecer fortemente a estrutura. Em tais casos, embora a estrutura possa ser estável, o algoritmo de solução (solver) pode mostrar-se ineficiente na determinação da resposta da estrutura.

7. Operação do Módulo

O módulo NLG MIX-TQS é rápido e pode ser facilmente utilizado. Com relação aos dados da análise linear, é necessário que sejam fornecidas ao programa apenas as 4 seguintes informações:

Número máximo de iterações: a análise não-linear geométrica implementada no MIX-TQS envolve um processo iterativo. É necessário que se defina o número máximo de iterações que o programa deve executar sem que se observe a convergência na análise.

Tolerância relativa: parâmetro utilizado pelo programa para verificação da convergência da análise. A convergência na análise será alcançada quando:

$$\frac{|U_i - U_{i-1}|_2}{|U_i|_2} < \text{tolerância relativa}$$

onde U_i é o vetor deslocamento da i-ésima iteração e $|U_i|_2$ sua norma euclidiana.

Fator para multiplicação dos resultados após a análise: fator a ser aplicado aos resultados (deslocamentos esforços e reações) obtidos na análise não-linear geométrica.

Consideração ou não da matriz K_l na análise não linear: deve-se indicar se a parcela K_l da matriz de rigidez secante deve ser ou não considerada na análise não linear geométrica.

Todos os campos relativos às informações acima têm default que são assumidos automaticamente pelo programa se o usuário não tiver alguma objeção.

8. Exemplos

Com o objetivo de mostrar a aplicação do módulo e comparar os seus resultados aos do método de majoração das cargas horizontais γ_z , proposto por França e Vasconcelos[6], são apresentados 4 exemplos.

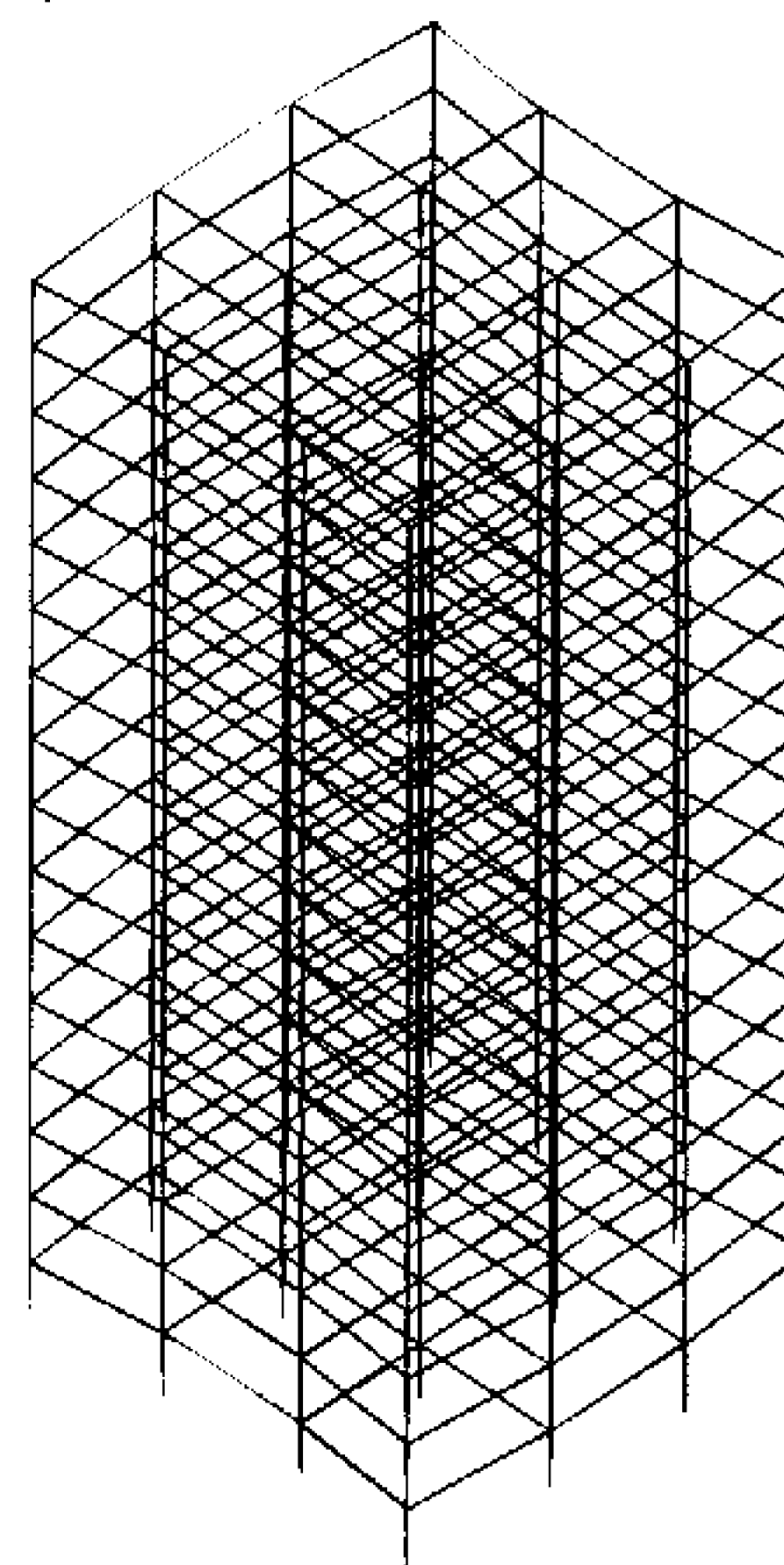


Figura 8.1

O primeiro exemplo é o pórtico com 16 pavimentos tipos, mostrado na figura acima, submetido simultaneamente à ação de cargas vertical e lateral. O segundo, terceiro e quarto exemplos são construídos a partir do primeiro aumentando-se o número de pavimentos tipos para 23, 30 e 40, respectivamente.

Para simplificar a análise, nesses exemplos, todos os pavimentos, inclusive o da cobertura, são iguais e as inércias dos pilares são constantes ao longo da sua altura.

A carga lateral é gerada automaticamente pelo sistema TQS e representa o vento na direção X incidindo perpendicularmente em uma das faces do edifício. Para essa direção, os valores do parâmetro de majoração γ_z , para cada um desses exemplos é igual a 1,12, 1,20, 1,30 e 1,41, respectivamente.

A análise do pórtico com 40 pavimentos e gama igual a 1,41 está fora do escopo do processo de majoração γ_z , mas é apresentada apenas para efeito de ilustração.

Na tabela abaixo, são apresentados para cada um dos casos o deslocamento lateral no topo do pórtico (ver nó indicado na figura 8.1) obtido através da análise linear (1ª ordem) e da análise não-linear geométrica (NLG). Na tabela também é listado o valor do deslocamento obtido através de uma análise linear considerando-se a majoração das cargas laterais pelo parâmetro γ_z .

Gama z	desloc. linear	desloc. NLG	desloc. método γ_z
1,12	4,8	5,4	5,3
1,20	11,5	14,1	13,9
1,30	22,0	29,4	28,6
1,41	34,3	50,2	48,4

Tabela 8.1 - Deslocamentos (cm) na direção X no topo dos pórticos

Verifica-se, na tabela acima, que o processo de majoração produz resultados bem próximos dos da análise NLG. A concordância entre os resultados é maior para os gamas mais próximos de 1,0. Observa-se que mesmo no exemplo com $\gamma_z = 1,41$, que é maior que o limite $\gamma_z = 1,30$ recomendado para emprego do processo, o deslocamento no topo do edifício obtido através desse processo difere menos do que 5% do obtido através da análise NLG.

Na tabela 8.2 são apresentados para cada um dos casos o momento na base de um dos pilares do pórtico (ver nó indicado na figura 8.1) obtidos através da análise linear (1ª ordem), da análise não-linear geométrica (NLG) e considerando-se a majoração das cargas laterais pelo parâmetro γ_z .

Gama z	momento linear	momento NLG	momento método γ_z
1,12	109,2	120,1	121,8
1,20	174,4	204,5	209,3
1,30	244,1	307,7	317,7
1,41	306,6	415,6	432,3

Tabela 8.2 - Momento (tf.m) na base de um dos pilares

Verifica-se na tabela acima, praticamente, o mesmo comportamento do caso do deslocamento lateral no topo dos pórticos.

Finalmente, na tabela 8.3 é apresentada para cada um dos casos a reação horizontal na base de um dos pilares do pórtico.

Gama z	reação linear	reação NLG	reação método γ_z
1,12	19,5	20,1	21,6
1,20	29,7	31,3	35,5
1,30	40,6	43,7	52,6
1,41	50,4	55,4	70,7

Tabela 8.3 - Reação horizontal (tf) na base de um dos pilares

Observa-se, na tabela 8.3, que o processo de majoração γ_z superestima as reações horizontais.

Deve-se salientar que, mesmo no exemplo com $\gamma_z = 1,41$, onde os valores obtidos na análise não-linear para o deslocamento horizontal no topo e o momento no apoio são cerca de 50% maiores do que os lineares, as rotações nodais não ultrapassaram em valor absoluto a 0.01 rad ou seja 0,57°.

9. Comentários Finais

No caso da análise de edifícios altos sujeitos a cargas laterais, a flecha no topo deve ser verificada para várias combinações de carregamentos. A limitação de tais flechas no topo do edifício enrijece a estrutura de tal forma que, na prática, assegura que as suas rotações nessas análises sejam pequenas ou moderadas (relativamente a unidade).

Por exemplo, a referência [3] menciona que, nos casos práticos de edifícios altos sujeitos a cargas laterais, as rotações dificilmente ultrapassam o valor de 1,5° (0,0262 rad). Podendo-se enquadrar, portanto, a maioria de tais análises dentro do escopo da teoria das rotações moderadas. Justifica-se, des-

te modo, a adoção dessa teoria no módulo NLG MIX-TQS para pórticos espaciais.

Ainda na referência [3], são utilizados vários exemplos de pórticos planos e espaciais para se comparar os resultados obtidos através da análise NLG, do P-Δ e de alguns processos de majoração das forças horizontais [6,7]. A conclusão dessa comparação é transcrita a seguir:

“De um modo geral, deve-se optar pela aplicação de modelos que permitam a análise NLG, que representam melhor o comportamento da estrutura em segunda ordem, são mais gerais e evitam as imprecisões características dos processos aproximados. Cabe lembrar que, mesmo os processos de majoração das ações horizontais, em geral mais eficientes que o processo P-Δ, só devem ser utilizados quando os pórticos forem muito rígidos.”

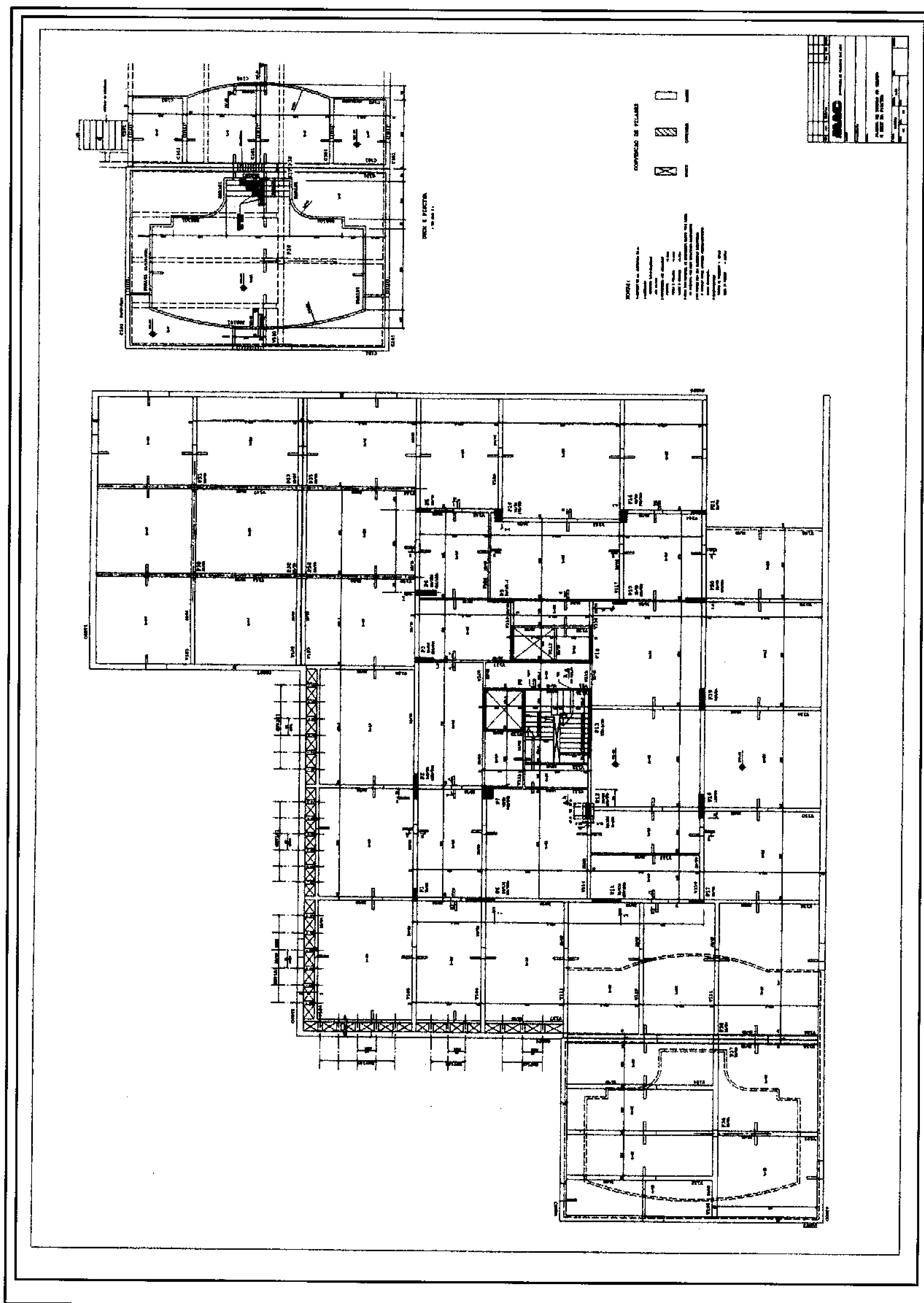
Finalmente, deve-se observar que o Prof. Vasconcelos [6] alerta que o seu método não deve ser empregado na análise de estruturas com pilares que apresentem grandes variações de inércias, como, por exemplo, no caso de algumas transições e de pilares nascendo em pilar parede.

Bibliografia

- [1] L.F.T. Garcia, *Uma Formulação Geral para Flexão Simétrica de Barras Prismáticas de Material Linearmente Elástico*, RBE vol.2/n.1, 1984, pp 65-87
- [2] J.H. Argyris, P.C. Dunne, D.W. Scharpf, *On Large Displacement-Small Strain Analysis of Structures with Rotationl Degrees of Freedom*, Comput. Meths. Appl. Mech. Engr., 14, 401-451, 1978
- [3] Márcio R.S. Corra, *Aperfeiçoamento de modelos usualmente empregados no projetos de sistemas estruturais de edifício*, Tese de Doutorado USP São Carlos
- [4] D.A. Nagy e M. König, *Geometrically nonlinear finite element behaviour using buckling mode superposition*, Computer methods in applied mechanics and engineering vol. 19, 1979 pp 447-484
- [5] Sérgio R.P. Medeiros e Ricardo L.S. França, *Um programa para análise não linear geométrica em microcomputadores*, Simposio EPUSP sobre estruturas de concreto, 1989, adendo aos anais
- [6] *Avaliação Prática dos Efeitos de 2ª Ordem em Edifícios altos*. Rio Colloquium on the CEB-FIP Model Code 90, 1991
- [7] H. Beck, G. König, *Criteria for Judging the Stiffness of Framed Structures*, IABSE Symposium, London Proceedings, 37-45

Desenho realizado com o sistema Cad/Formas

Autoria: MAC Engenharia de Projetos S/C Ltda.



**TQS Informa**

Representantes TQS

MINAS GERAIS

Engedata
ENG^a e INFORMÁTICA
LTDA.
Eng. FERNANDO KELLES
 R. Santa Catarina, 1627 -
 SI 905
 Belo Horizonte / MG
 CEP: 30170-081
 Fone: (031) 275-3593
 Fax: (031) 275-3593

RIO GRANDE DO SUL

Sr. LUIS OTAVIO BAGGIO
LIVI
 Av. Iguaçu, 520 - Apto.201
 Porto Alegre/RS
 CEP: 90470-430
 Fone: (051) 968-4216

PARANÁ

Eng^o YASSUNORI HAYASHI
 R. Raquel Prado, 872
 Curitiba/PR
 CEP: 80520-290
 Fone: (041) 338-3544
 Fax: (041) 335-4319

GOIÁS

GLOBAL INFORMÁTICA E
CONSULTORIA LTDA.
Eng^o JACQUES VALADARES
 R. Igaçaba, Qd 88
 Lt. 02 - Jd. Luz
 Aparecida de Goiânia - GO
 CEP 74915-120
 Fone: (062) 280-7715
 Fax: (062) 280-7715
 e-mail: global@cultura.com.br

RIO DE JANEIRO

CAD Proj. Estrut. Ltda.
Eng^o EDUARDO NUNES
FERNANDES
 R. Almirante Barroso, 63 -
 SI 1913/1914
 Rio de Janeiro/RJ
 CEP: 20031-0031
 Fone: (021) 240-3678
 Fax: (021) 262-7427

SÃO PAULO

TQS INFORMÁTICA LTDA
 Rua dos Pinheiros, 706 -c/2
 São Paulo /SP
 Fone: (011) 883-2722
 Fax: (011) 883-2798
 e-mail: tqslinfo@originet.com.br

TQS News

Diretoria

Eng. Nelson Covas
 Eng. Abram Belk

Editor Responsável

Eng. Nelson Covas

Jornalista

Mariuzza Rodrigues

Editoração Eletrônica e **Impressão**

Gráfica O Expresso

Tiragem desta edição
 6.500

TQS News é uma
 publicação da

TQS Informática Ltda

Rua dos Pinheiros, 706 -
 c/2 - 05422-001 - Pi-
 nheiros - São Paulo-SP

Fone:

(011) 883-2722

Fax:

(011) 883-2798

Modem:

(011) 3064-9412

E-mail: tqslinfo@tqs.com.br

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

Todos os produtos men-
 cionados nesse jornal são
 marcas registradas dos
 respectivos fabricantes.



Produtos TQS

CAD/Formas: Lançamento de plantas de formas de concreto armado de edificações através de entrada gráfica de dados geométricos e carregamentos. Análise de solicitações por modelo de grelha, elementos finitos de placa e pórtico espacial. Cálculo de estabilidade global. Integração com sistema de vigas, pilares e lajes.

CAD/Vigas: Cálculo de esforços solicitantes, dimensionamento, detalhamento e desenho de armaduras para vigas contínuas de concreto armado.

CAD/Pilar: Cálculo de esforços solicitantes, dimensionamento, detalhamento e desenho de armaduras para pilares de concreto armado.

CAD/Lajes: Cálculo de esforços solicitantes, dimensionamento, detalhamento e desenho de armaduras para lajes convencionais, planas, nervuradas de concreto armado protendido.

CAD/Fundações: Dimensionamento, detalhamento e desenho de sapatas e blocos de concreto armado.

CAD/AGC & DP: Linguagem de desenho paramétrico e editor gráfico para desenho de armação genérica em concreto armado aplicado a estruturas especiais (pontes, barragens, silos, galerias, pré-moldados, etc.)

CAD/Alvest: Cálculo de esforços solicitantes, dimensionantes (cálculo de tp), detalhamento e desenho de edifícios de alvenaria estrutural.

CORBAR: 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.

CAD/Madeira: Projeto executivo de formas de madeira constituído por vigas, pilares e lajes de concreto e escoramentos.

VPROT: Cálculo de solicitações (trem-tipo), lançamento de cabos, perda, verificação de tensões, dimensionamento e desenho de cabos em vigas contínuas protendidas.