Lajes Nervuradas - GL x GNL

Dúvida enviada à Comunidade TQS

Estudo de caso de um pavimento com lajes nervuradas

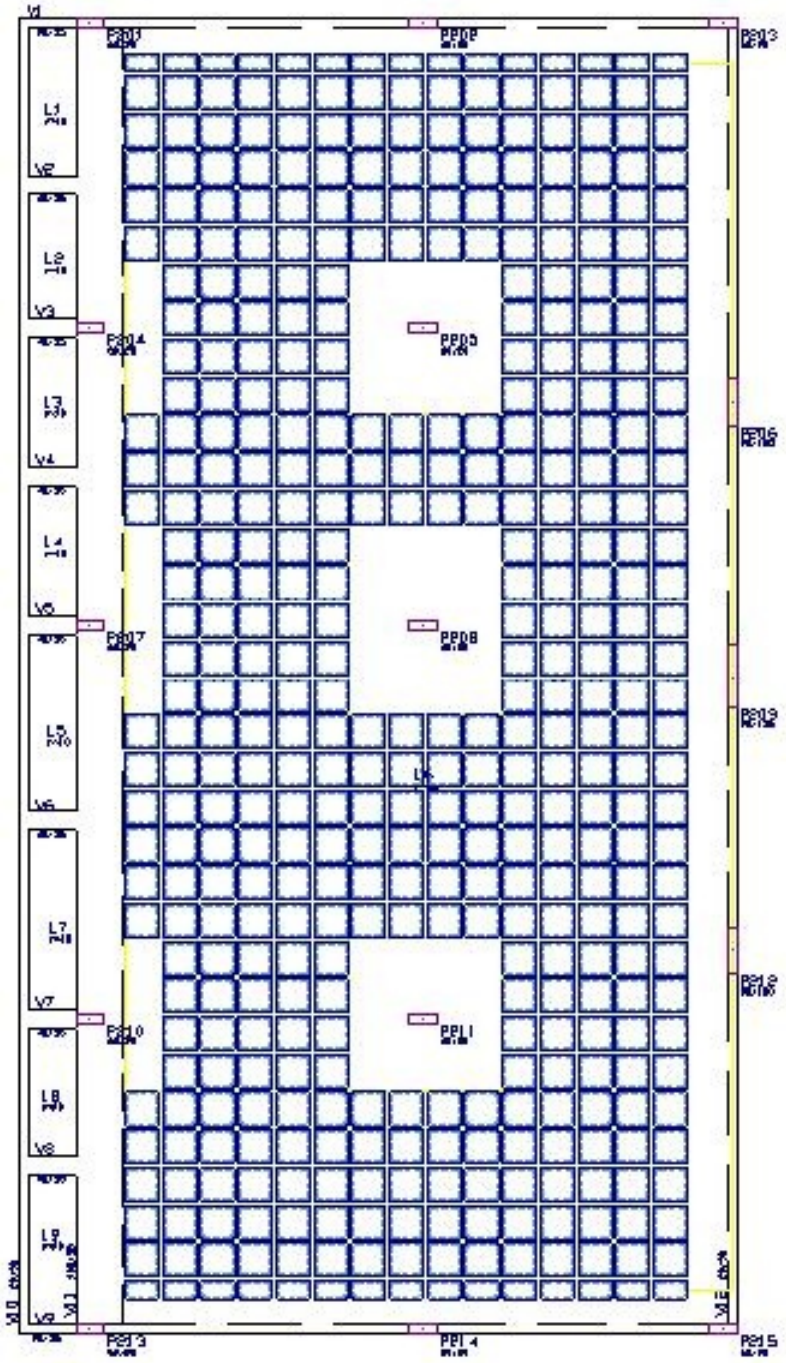
Resposta

O pavimento é bem simples, com 3 pilares internos, apoiando a lajes em capitéis.

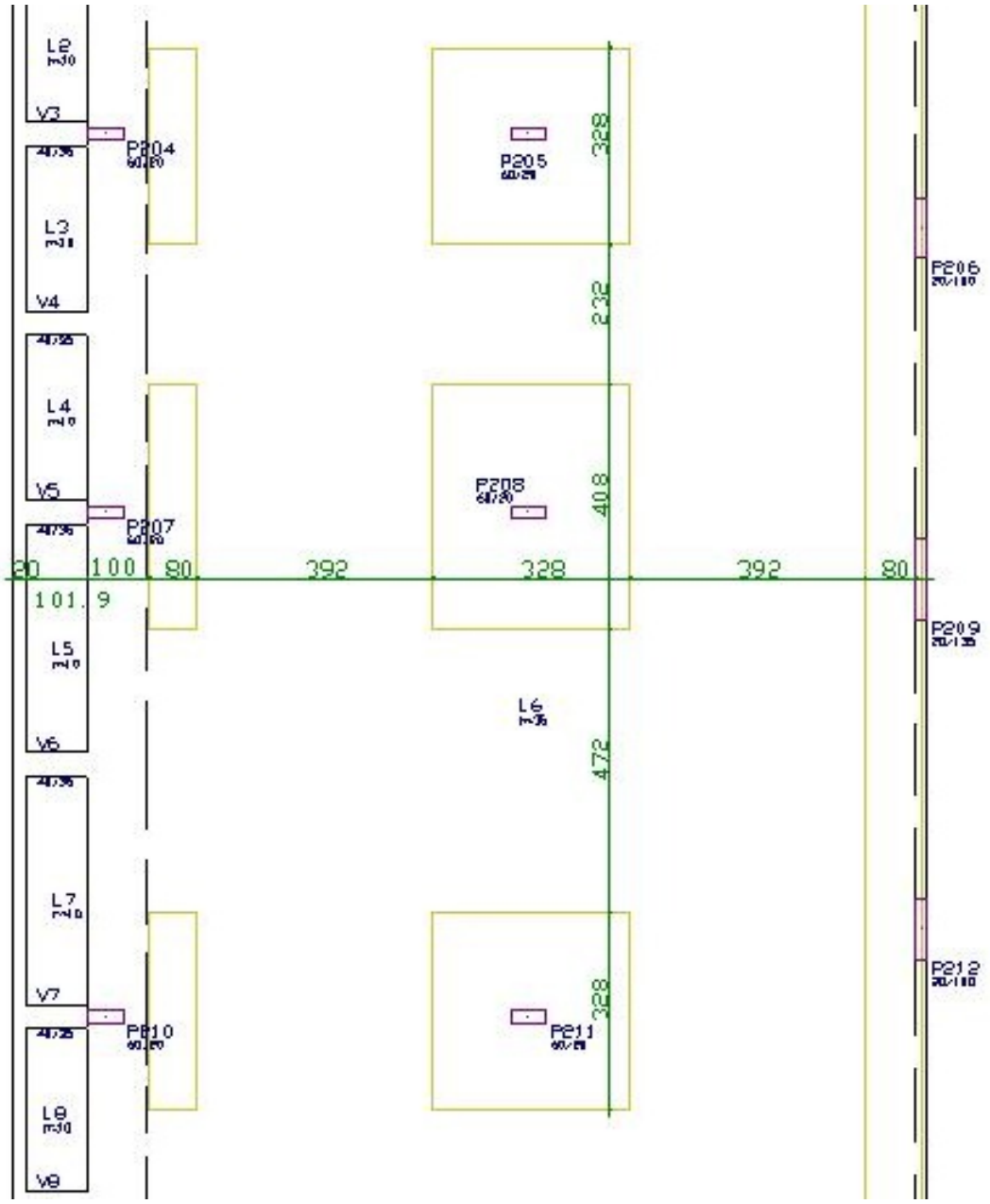
A laje é nervurada, sendo as nervuras com altura total de 35cm (25 das nervuras e capa de 10 cm), 80 cm entre eixos, largura inferior das nervuras de 8 cm e superior de 18 cm.

As cargas distribuídas consideradas foram: g = 8 kN/m² e q= 4 kN/m², além do peso próprio. Esta elevada carga adotada se deve ao fato de ser um pavimento térreo com jardins.

A planta de Formas apresenta um pavimento ótimo para estudos, com 3 pilares internos apoiando a laje em capitéis maciços:



Nas laterais, às vigas tem a mesma altura da laje. A inércia a torção foi considerada na viga V11, vertical a esquerda da planta. Os vãos e dimensões do capitel do pilar P208 podem ser observados abaixo.



O pavimento apresentou um bom comportamento estrutural no meu processamento, restando apenas diluir a dúvida sobre as armaduras negativas encontradas.

Recebi o pavimento, tentei algumas modificações no lançamento no Modelador estrutural e continuei encontrando o mesmo resultado encontrado anterior do Leonardo.

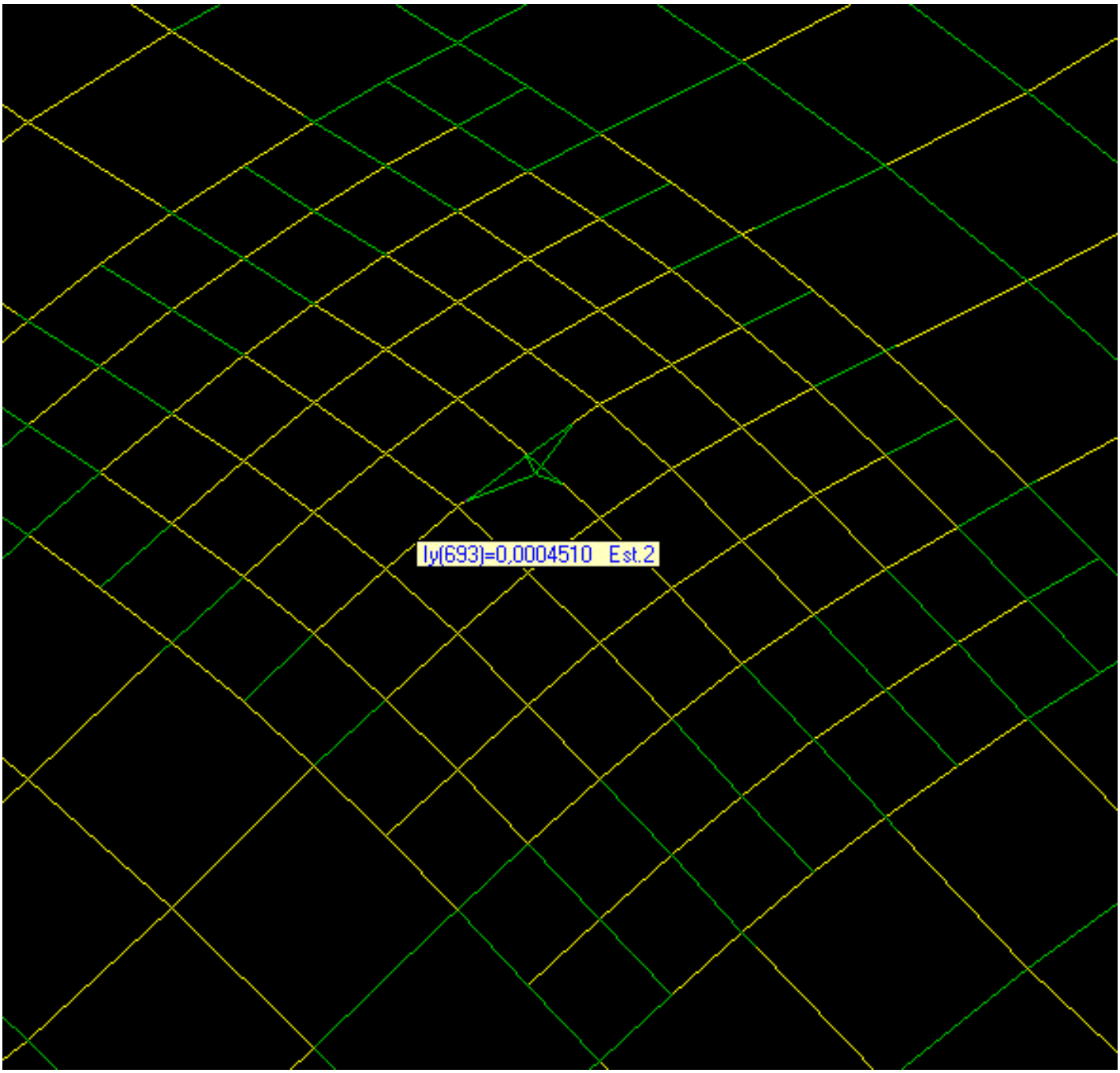
Percebi que o Leonardo utilizou pequenos coeficientes de redução de inércia a flexão nos capitéis centrais (1/1.2 = 0.83 da inércia integral). Utilizando esta consideração obtive armaduras bem distribuídas em todo o capitel, ainda com momentos fletores variando entre –15.5 tfm/m (As = 18.12 cm²/m) e –23.28 tfm/m (As = 28.45 cm²/m), donde resultavam armaduras variando entre Ø 16 C/10 e Ø 20 C/10.

Resta testar o que aconteceria se fosse adotada uma armadura média Ø 20 C/15 (ou Ø 20 C/12.5), para resistir a momentos de –18.0 tfm/m.

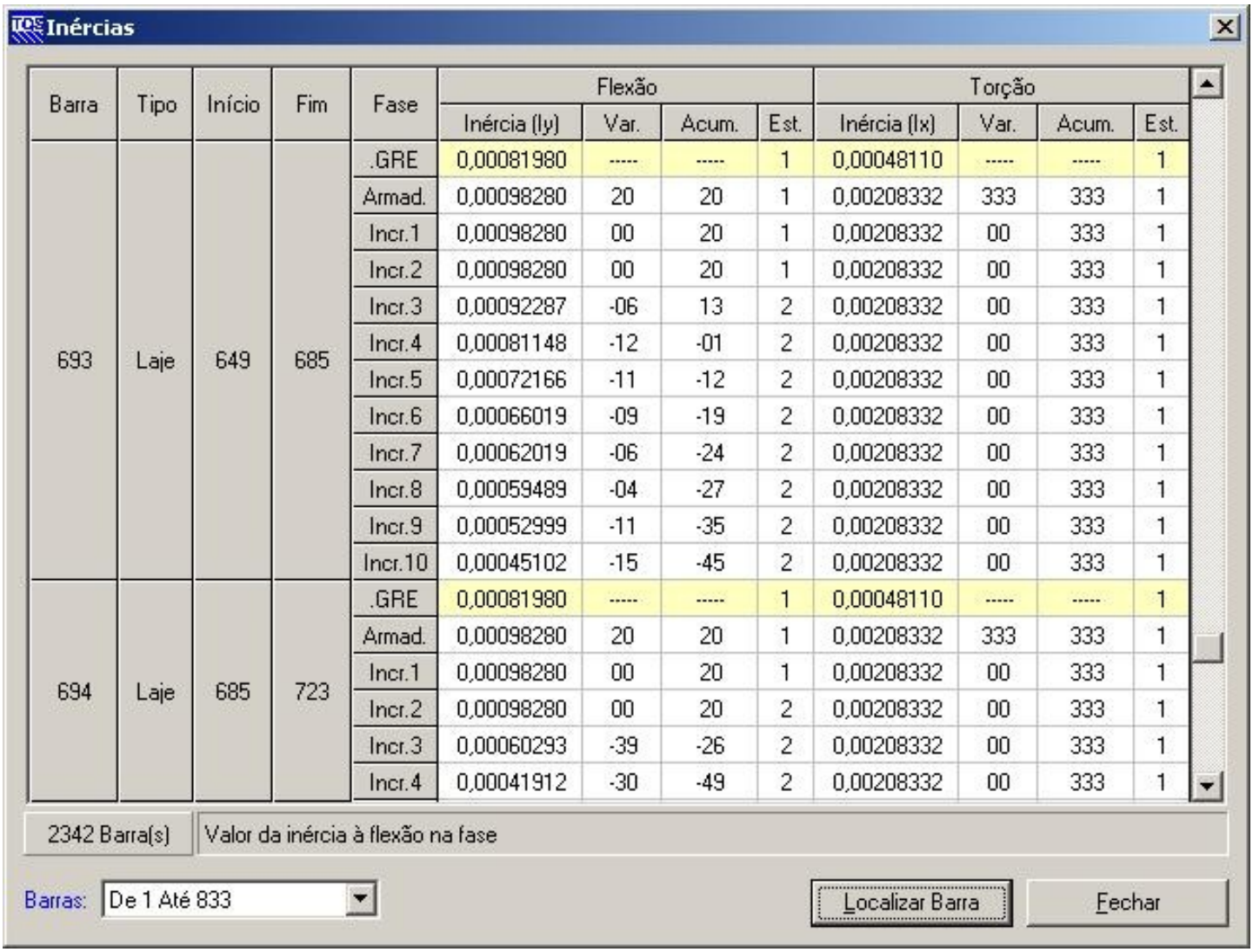
Na versão 10, temos um novo recurso interessante, que a ANALISE NÃO LINEAR com as armaduras de lajes definidas no Editor de Esforças e armaduras de Lajes.

Parti então para uma “retro-análise” do pavimento, onde o objetivo era o de obter as inércias reais na região dos capitéis, o que possibilitaria a avaliação do funcionamento do pavimento com armaduras menores que as adotadas em regime quase que perfeitamente elástico, que foi a consideração adotada em projeto.

Vejamos então quais as barras do modelo que se mantiveram no estádio I (momento atuante menor que o de fissuração - cor verde) e quais passaram ao estádio II (cor amarela).



Praticamente todas as barras do capitel passaram ao estádio II, sendo que a variação de inércia da barra 693 salientada acima pode ser observada na tabela abaixo, onde são mostradas as variações ao longo do crescimento da solicitação:



Reparem que a inércia a torção se manteve integral.

A questão toda fica por conta da variação de inércia a flexão.

É IMPORTANTE citar de que todas as observações feitas aqui não podem ser generalizadas. As questões são especificas para este pavimento, com este carregamento, com estas dimensões nos capitéis, para o alto grau de solicitação apresentado.

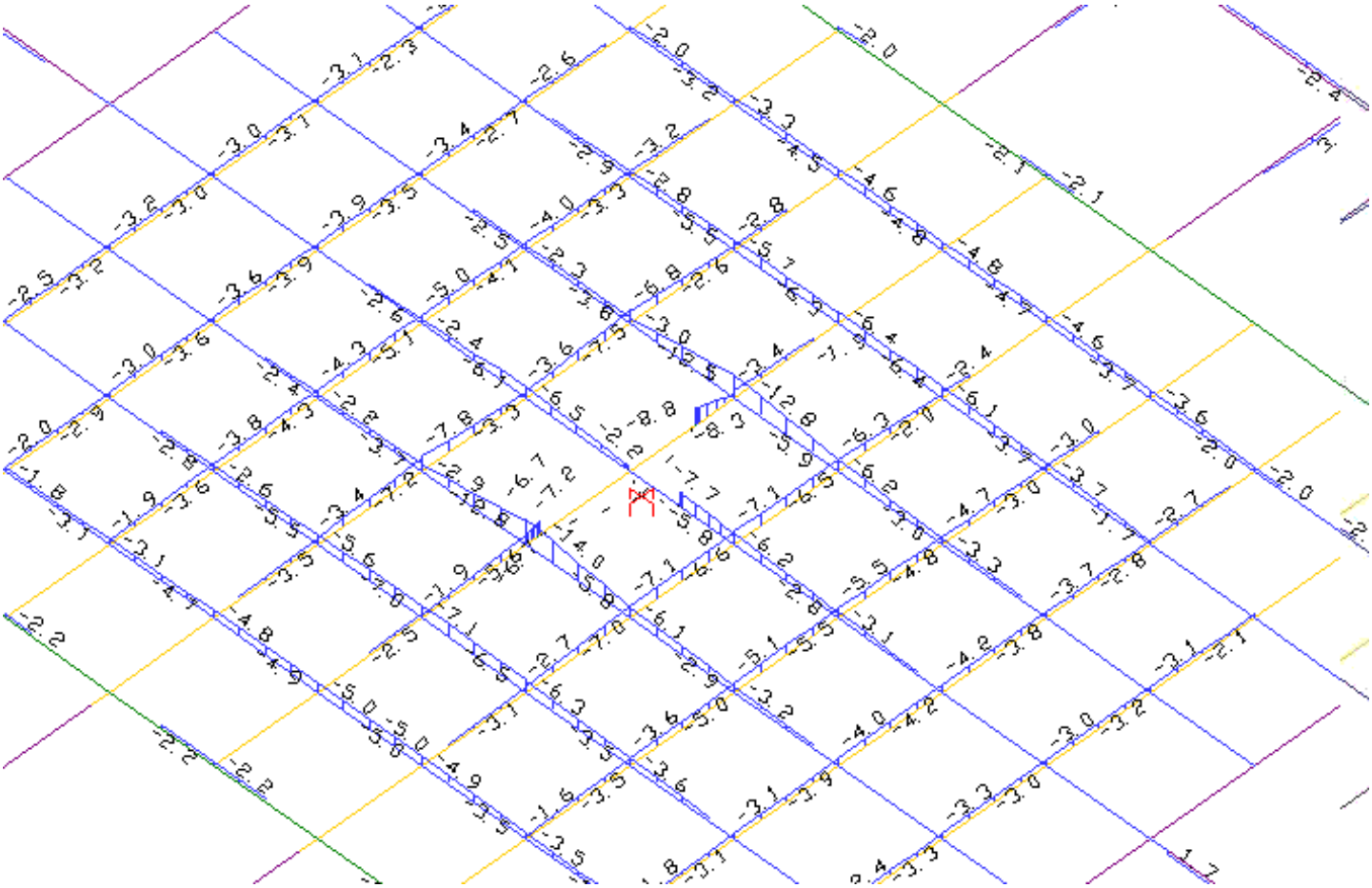
No projeto original a inércia a flexão das barras considerada foi quase a integral, utilizando um redutor de flexão = 1,2, o que reduzir a inércia a 0,83 da integral (1/1,2).

No processamento linear que efetuei considerei 0,625 da inércia (1/1.6) e o resultado do processamento não linear mostra que a inércia das barras caiu a 0,27 da inércia integral. Anotei as inércias finais das barras que estão paralelas a barras 693:

BARRA	INÉRCIA
613	0,0003950
653	0,0003651
673	0,0003994
693	0,0004510
718	0,0003921

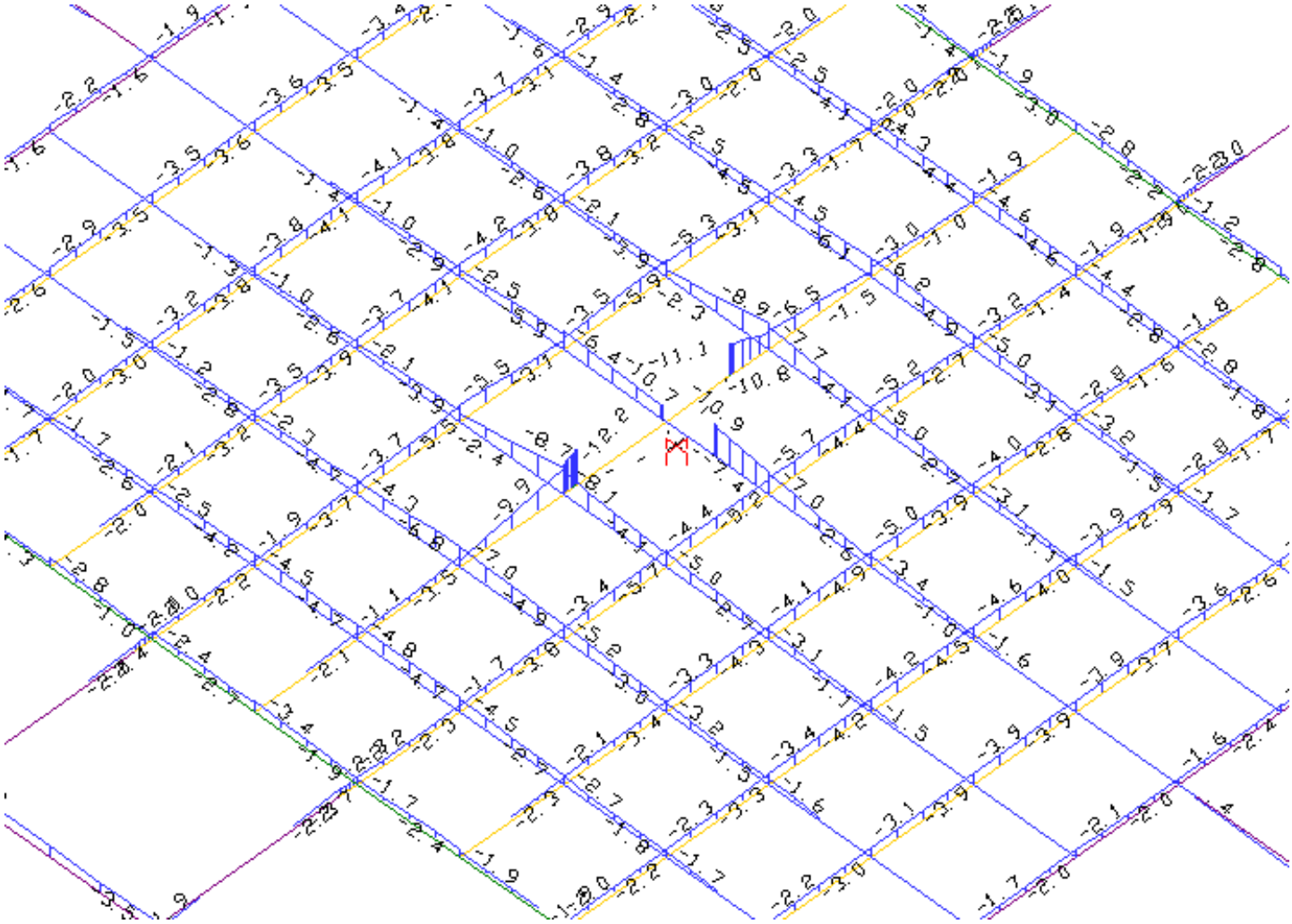
737	0,0003690
756	0,0004351
775	0,0004630

A Seção das barras tem b=0,413 e h=0,35 m. Apesar destas quedas de inércia no capitel os momentos atuantes não reduziram muito, mas a redistrubuição pode ser notada nos dois desenhos abaixo, sendo que o primeiro é o obtido do processamento linear com considerações simplificadas de plastificação para as inércias a flexão (1/ 1,6) e a torção (1/6).



Observem os esforços nas barras verticais próximas ao apoio, onde os momentos são de (-)14 e (-) 12.8 tfm.

Agora observem os novos esforços obtidos na análise não linear e vejam como os momentos nestas barras caíram para (-)8.7 e (-) 8.9 tfm:



Isto com a armadura imposta de Ø 20 C/15 (ou Ø 20 C/12.5).

É bom lembrar que os esforços não vão reduzir muito com a queda de inércia. Apenas se ocorressem rupturas plásticas as redistribuições seriam mais acentuadas.

Porém, as deformações crescem com a diminuição das inércias. Este é bom motivo para abusarmos no grau de plastificação em nossos modelos.

Quanto a este modelo, caro amigo Leonardo, eu armaria com a redução de inércia de 40% (redutor de 1.6) chegando a no máximo 50% (redutor 2).

Com isto podemos considerar que a armadura adotada no seu projeto é satisfatória.

Um abraço a todos,

Luiz Aurélio

TQS Informática Ltda.