

Roteiro Aula Prática



ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO I

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

NOME DA DISCIPLINA: ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO I

Unidade: U2_VIGAS_DE_SEÇÃO_RETANGULAR

Aula: A2_ARMADURAS_EM_VIGAS

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

- Iniciar modelagem da estrutura no modelador estrutural TQS
- Avaliar considerações de cargas e cálculo do projeto
- Processar e Analisar a Estrutura

SOLUÇÃO DIGITAL:

AUTOCAD E TQS

- O AutoCad é um software de desenho muito utilizado na engenharia para elaboração de desenhos técnicos e projetos.
- O TQS é um software para cálculo estrutural e edição de projetos de edifícios em concreto Armado no contexto brasileiro..
- Ele não deve ser acessado por celular ou tablet.

Link p/ acesso a versão educacional autocad: <https://www.autodesk.com.br/education/edu-software/overview>

Link p/ acesso versão educacional/treinamento TQS (necessário criar uma conta):
<https://www.tqs.com.br/systems/educational>

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

LANÇAMENTO DE UMA ESTRUTURA NO MODELADOR ESTRUTURAL-TQS

Atividade proposta:

Nesta atividade o aluno deverá modelar uma estrutura para uma arquitetura básica para realização de um projeto estrutural. Para tanto será fornecida uma arquitetura base para realização da atividade, conforme link a seguir:

Link de planta baixa arquitetônica para realização da atividade:
(https://1drv.ms/f/s!An_xtHC_tMXUj8cl-3fzAJApV4AoOQ?e=ZtL085)

Procedimentos para a realização da atividade:

A Figura 1 mostra a primeira planta do térreo.

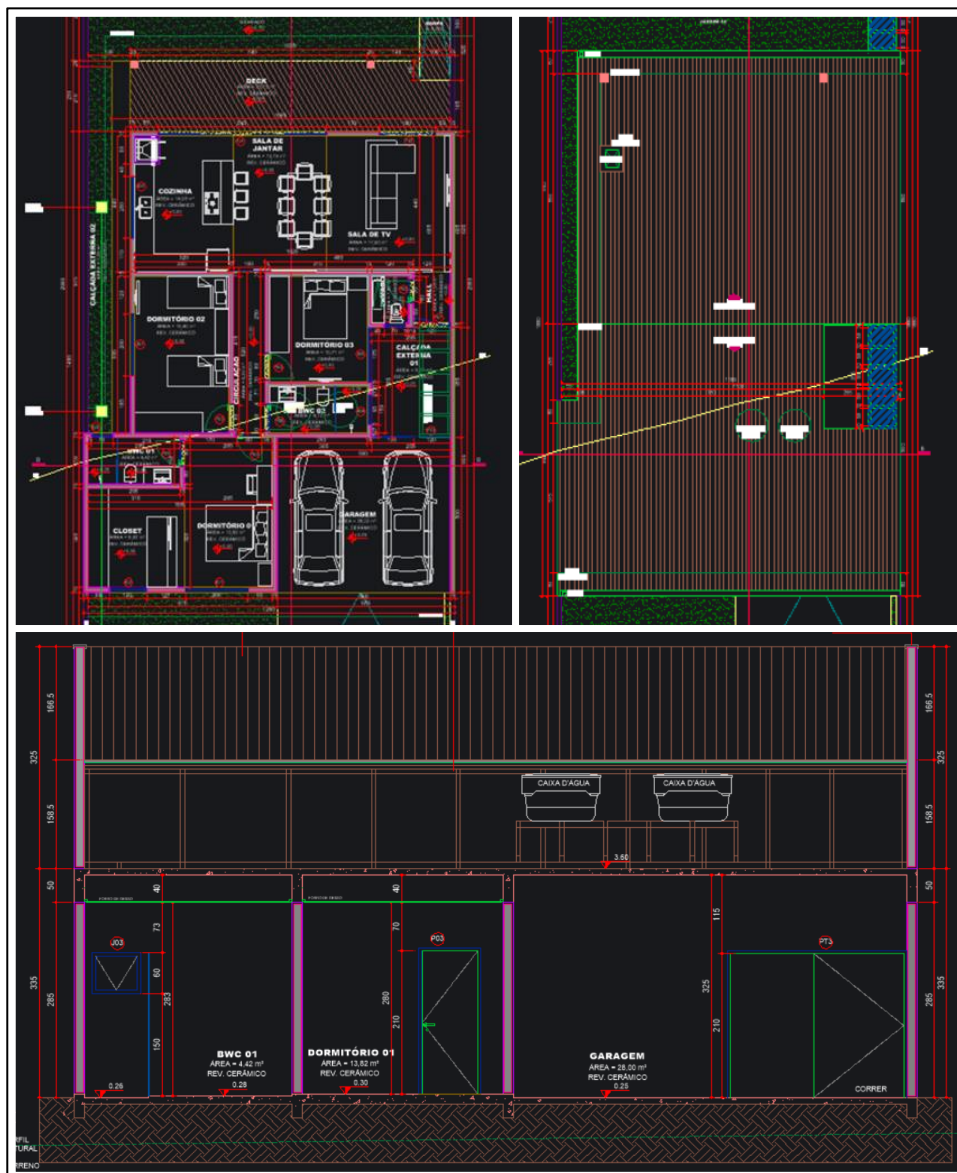


Figura 1 – Arquitetura e pavimentos criados TQS

O arquivo de AutoCad será a base de desenho para modelar a estrutura em concreto armado no TQS. É necessário salvar o dwg em arquivos diferentes, sendo um arquivo para cada pavimento. Lembre-se de remover informações que não são importantes para o projeto estrutural, para que não fique muito poluída a visualização. Após essa operação abrir cada arquivo de pavimento no AutoCad e mover o pavimento para o ponto 0,0; utilizando um ponto em comum nos pavimentos para mover.

Utilize o comando “m + selecionar ponto em comum para todos os pavimentos + #0,0”. Isso fará com que, quando importar o dwg para o TQS, os arquivos fiquem sobrepostos, podendo modelar o edifício.

Após todos os pavimentos movidos para o ponto 0,0 em arquivos separados no autocad, abra o software TQS. Clique em novo edifício (Figura 2) e insira um nome do novo trabalho. Na guia Gerais coloque um título para o projeto, adicione o nome do cliente e demais detalhes interessantes.

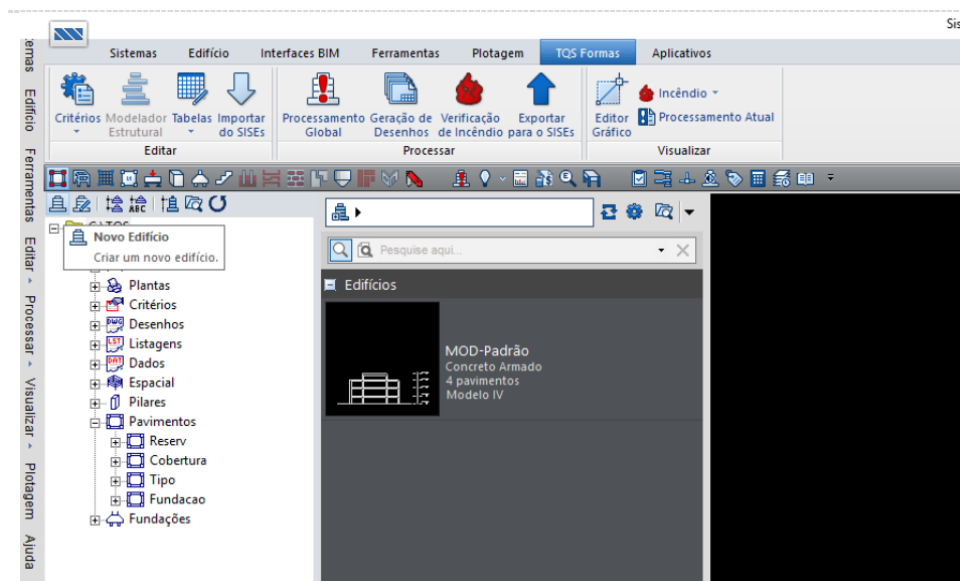


Figura 2 – Interface de inserção de informações de projeto

-Na aba Modelo, deixe a opção “A estrutura se comporta como um corpo único, sem juntas ou torres separadas” selecionada. Isso fará com que os pórticos não trabalhem separados uns dos outros.

-Na aba Pavimentos, deverá ser criado os pavimentos do projeto. No caso do exemplo, o edifício possui térreo e pavimento superior, Lembre-se de considerar o piso osso e o acabado. No TQS criam-se os pavimentos nessa ordem (Figura 3):

- Fundação; pé-direito 0; classe: Fundação
- Terreo; pé-direito 0,25 (sugestão); classe Primeiro;
- Cobertura; pé-direito 3,30 (sugestão); classe: Cobertura;

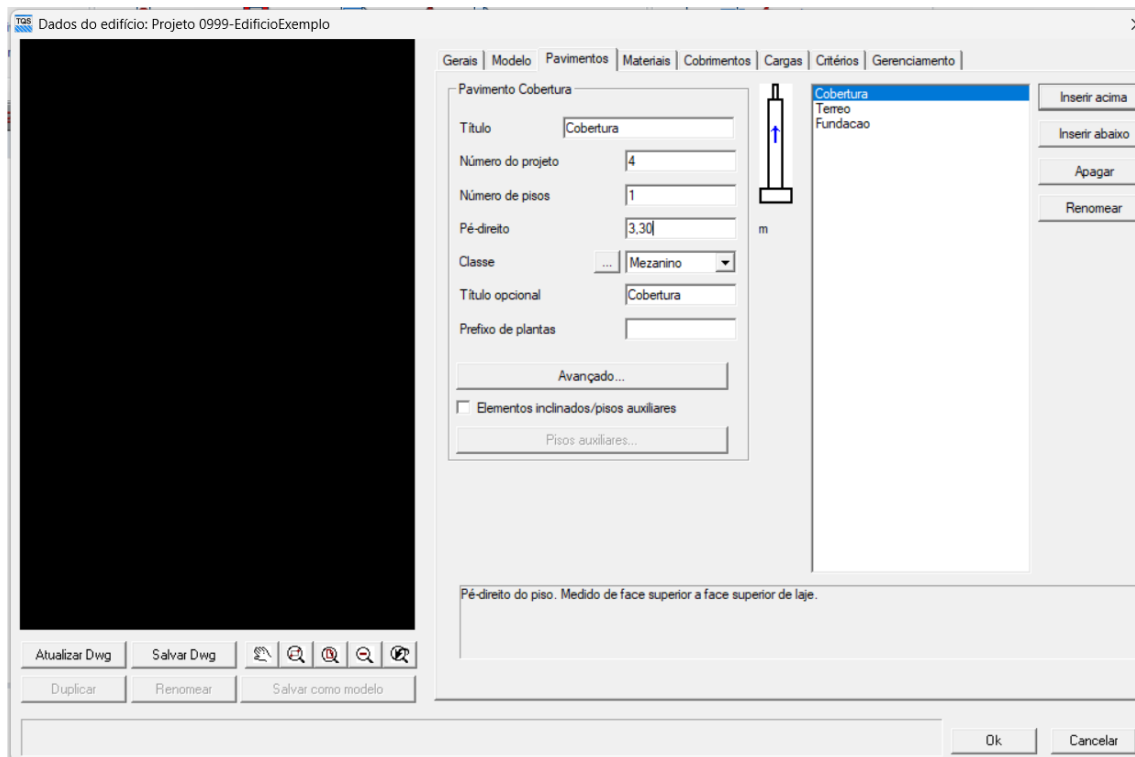


Figura 3 – Interface de dados do edifício

Na aba Materiais (Figura 4), selecione a classe do concreto e a classe de agressividade ambiental.

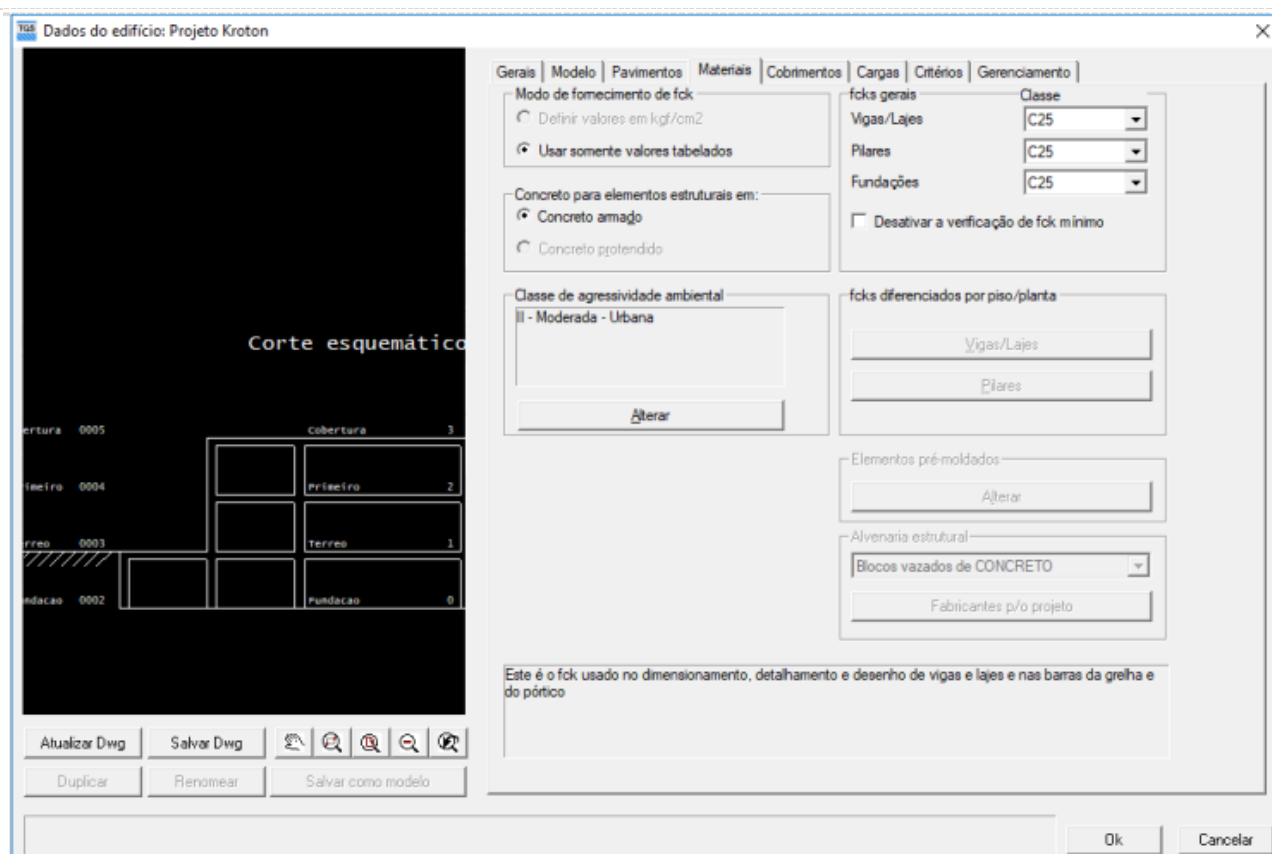
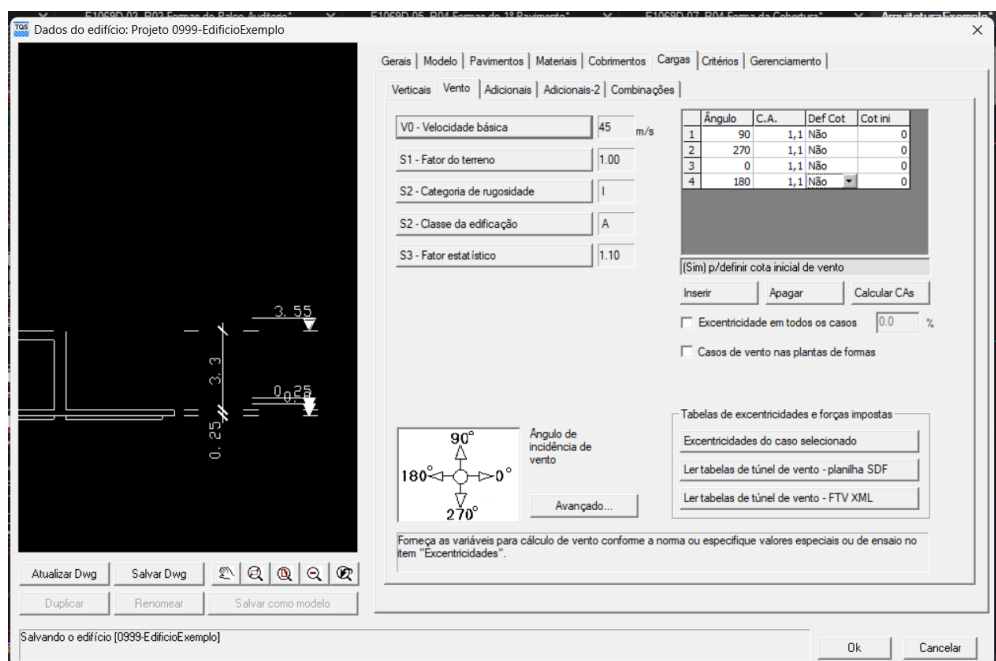


Figura 4 – Inserção de classe de agressividade ambiental

Na aba de cargas defina os coeficientes de arrasto do vento, e demais fatores para estimativa da pressão dinâmica do vento. O cálculo destes valores deve seguir as normas brasileiras e seu cálculo não será abordado aqui. Para fins de exemplo use os valores da figura a seguir:



-A guia Cobrimentos não precisa ser alterada pois é preenchida automaticamente pelo software;

-Na aba interna "Adicionais", não iremos gerar nenhuma carga adicional, já que estamos trabalhando com um exemplo simples. Aqui poderíamos lançar cargas de máquinas, empuxo, retração, desaprumo, etc., que seriam combinadas automaticamente com as demais cargas geradas pelo TQS®.

-Na aba interna "Combinações", devido ao modelo estrutural adotado ("IV – Modelo integrado e flexibilizado de pórtico espacial"), o TQS® irá gerar automaticamente os casos de carregamentos e combinações para os quais o Pórtico Espacial será processado, portanto não será necessária qualquer alteração.

-Com o software TQS aberto, entre no projeto da disciplina, clique em pavimentos, selecione o pavimento que deseja lançar a estrutura e clique duas vezes no modelador estrutura. Para iniciar o modelador, a planta arquitetônica deve estar visível (Figura 5).

- Insira a arquitetura como referencia com o respectivo pavimento associado.

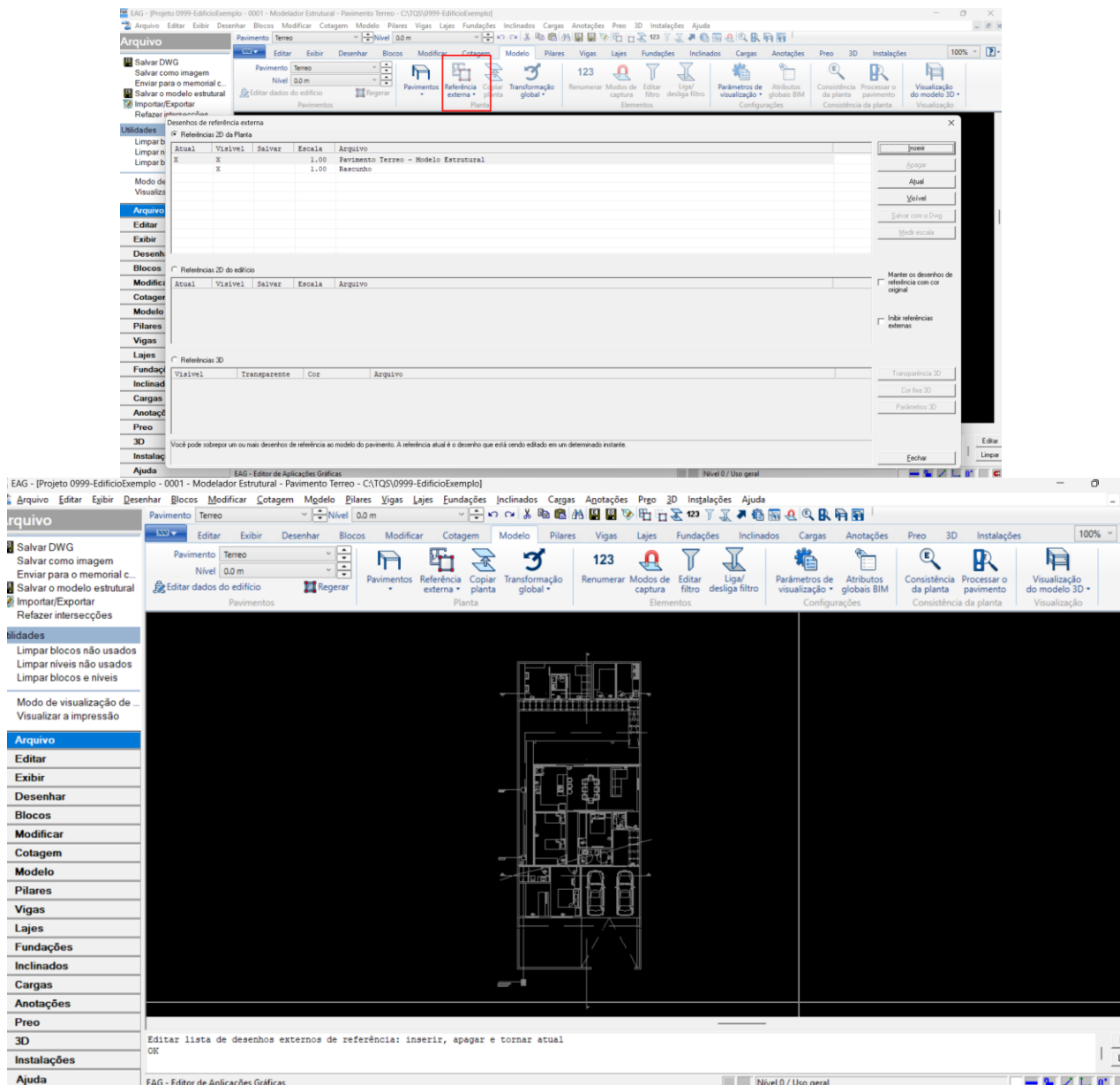


Figura 5 – Referências Externas no Modelador de estrutura

-Antes de iniciarmos o lançamento estrutural vamos alterar o modo como o Modelador Estrutural faz a captura automática de elementos. Para ligar ou desligar a captura automática, basta clicar no ícone "Captura Ligado/Desligado" na barra de status no canto inferior direito, conforme indicado na Figura 6

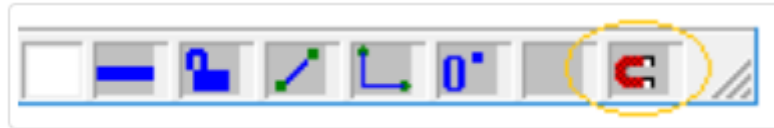


Figura 6 – Captura automática modelador estrutural

-Vamos iniciar o lançamento dos pilares. Selecione a aba pilares e clique em dados atuais (Figura 7). Certifique-se que esteja trabalhando no pavimento correto olhando o canto superior esquerdo na linha "Pavimentos". Na aba seção, defina a geometria do pilar e clique em inserir (Figura 8). Após definida a seção clique em inserir. A caixa de edição se fechará e você poderá inserir o pilar. Digite F2 no teclado para alterar o ponto de fixação do pilar no mouse, selecione o canto do desenho arquitetônico e insira o pilar (Figura 9). Repita o processo para todos os pilares (Figura 9). Caso os pilares estejam com números fora de ordem, localize o botão "123" na parte superior do TQS e clique em renumerar pilares.

Obs: na última aba "Plantas e seções" é possível escolher onde o pilar nasce e morre.

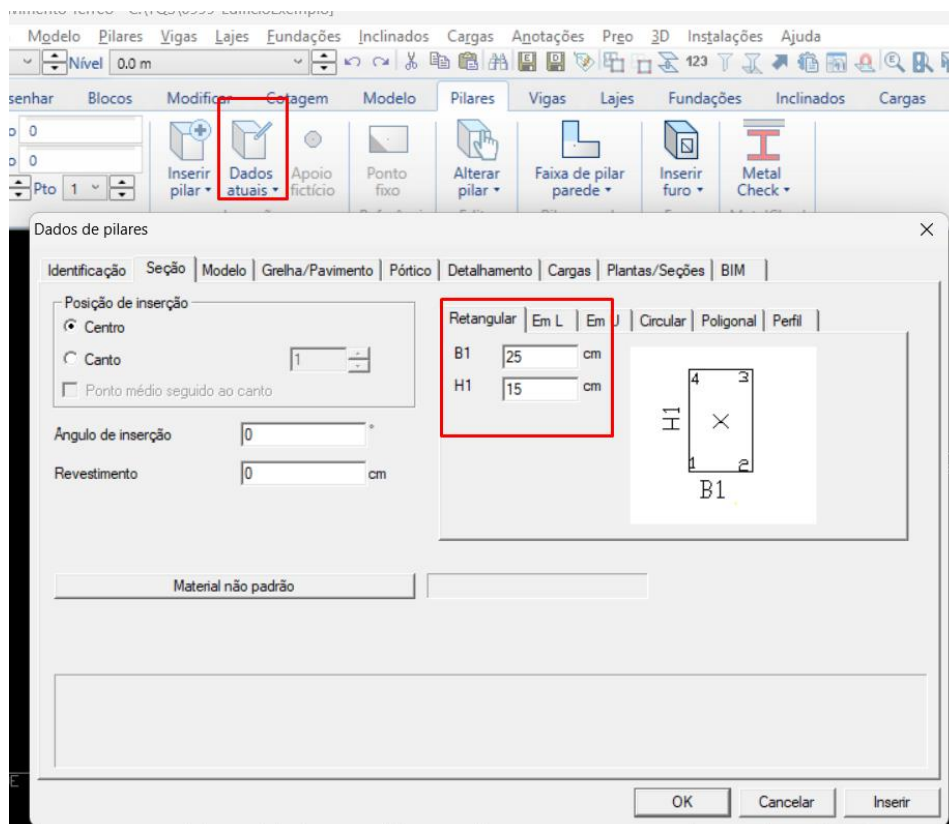


Figura 7 – Dados de pilares

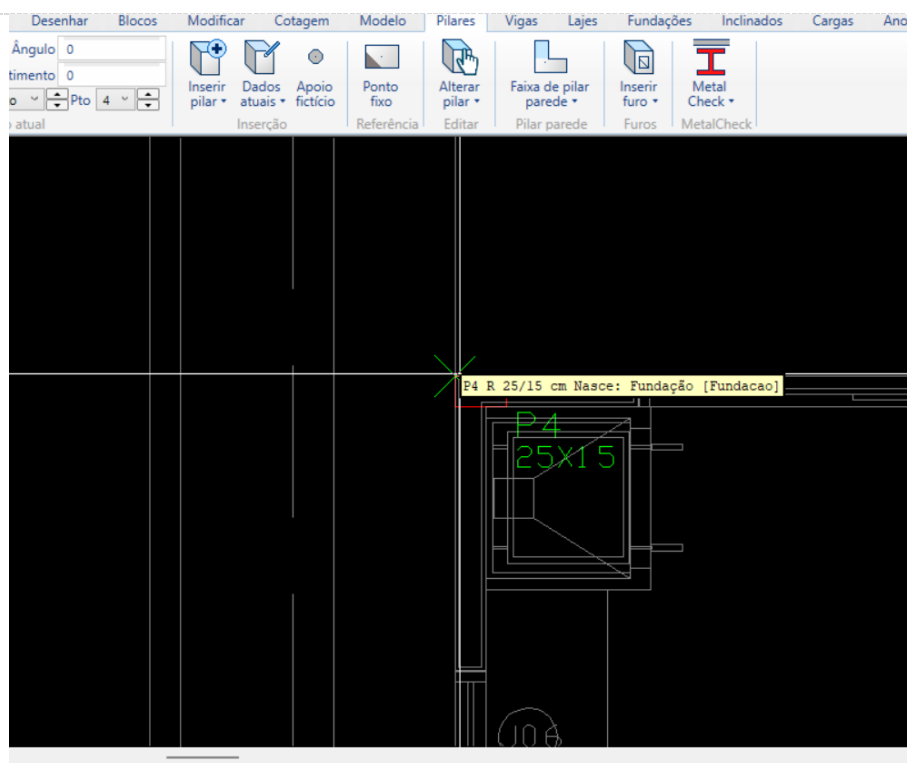


Figura 8 – Seção dos pilares

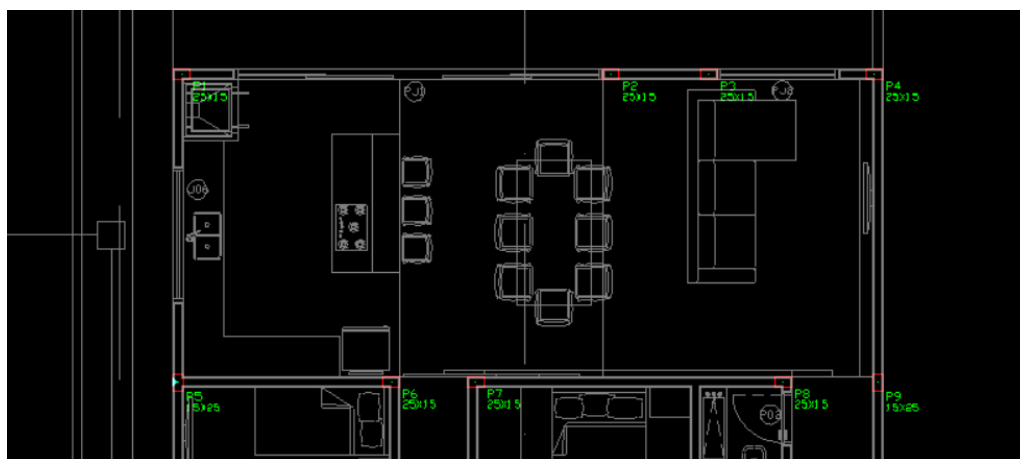


Figura 9 – Pilares inseridos

-O processo de lançamento das vigas é semelhante aos pilares. Para as vigas, selecione a aba de “Vigas” e clique em dados atuais. Na aba Seção/Carga, defina a seção geométrica conforme Figura 10. Após definida a seção, clique em “Carga distribuída em todos os vão” para definir a carga de parede em cada viga. A carga é definida pela espessura da parede, multiplicado pelo pé direito e peso específico do elemento de alvenaria usado.

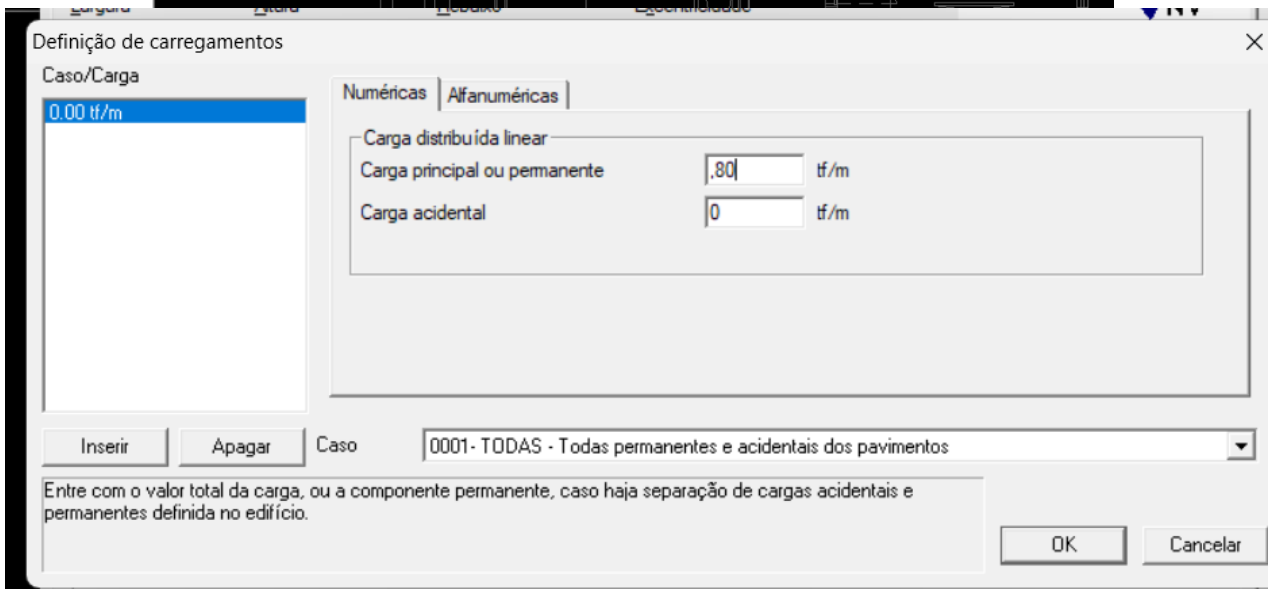
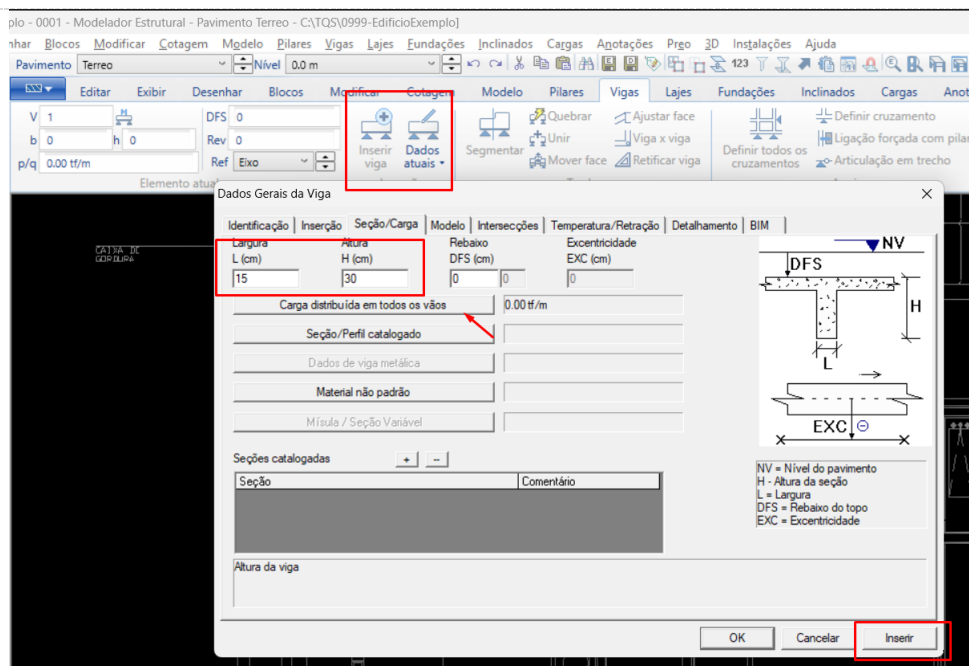


Figura 10 – Dados gerais da viga – definição de carregamentos

As vigas são sempre inseridas da esquerda para a direita e de baixo para cima, conforme Figura 11. Clique no canto do pilar P1, aperte F2 se necessário para centralizar a viga com o desenho, e clique na outra extremidade do pilar P2 e aperte enter. Note que existem encontros das vigas, Esses encontros devem ser corretamente definidos no TQS para que ele possa calcular corretamente o pórtico. Clique em definir cruzamento. Depois clique no cruzamento de vigas e selecione a viga que receberá o carregamento de apoio. (Figura 12).

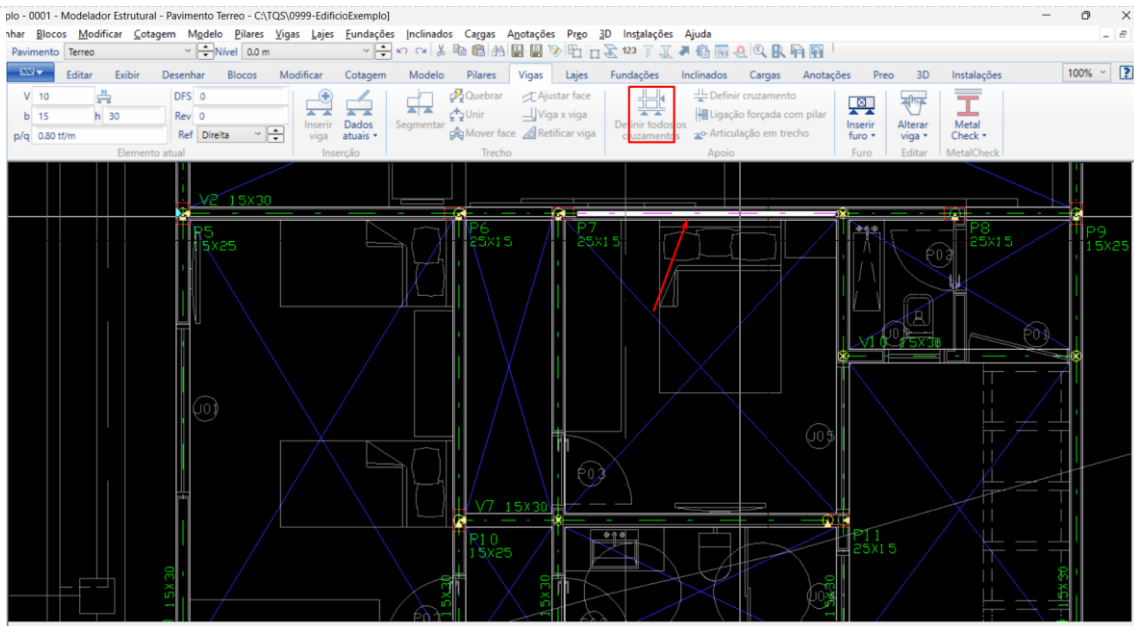


Figura 11 – Definir cruzamento de vigas

O esquema final, com todas as vigas lançadas e cruzamentos entre vigas definidos deve ser de acordo com a Figura 14.



Figura 12 – Esquema final com todas as vigas lançadas

Esse é o procedimento para o lançamento das vigas e pilares de um pavimento. Caso o projeto tenha mais de um pavimento, troque o pavimento que está analisando no canto superior esquerdo e repita o processo.

-Com o software TQS aberto, entre no projeto da disciplina, clique em pavimentos, selecione o pavimento que deseja lançar a estrutura e clique duas vezes no modelador estrutura. O lançamento das vigas e pilares deve estar pronto conforme aula anterior (Figura 1), restando apenas o lançamento das lajes. Você pode copiar as vigas para o pavimento superior também através do comando copiar planta em modelo.

-Para iniciar o lançamento das lajes, clique na aba “Lajes” e em seguida “Dados atuais”. Na aba “Seção/Carga”, insira a espessura da laje maciça, conforme Figura 15

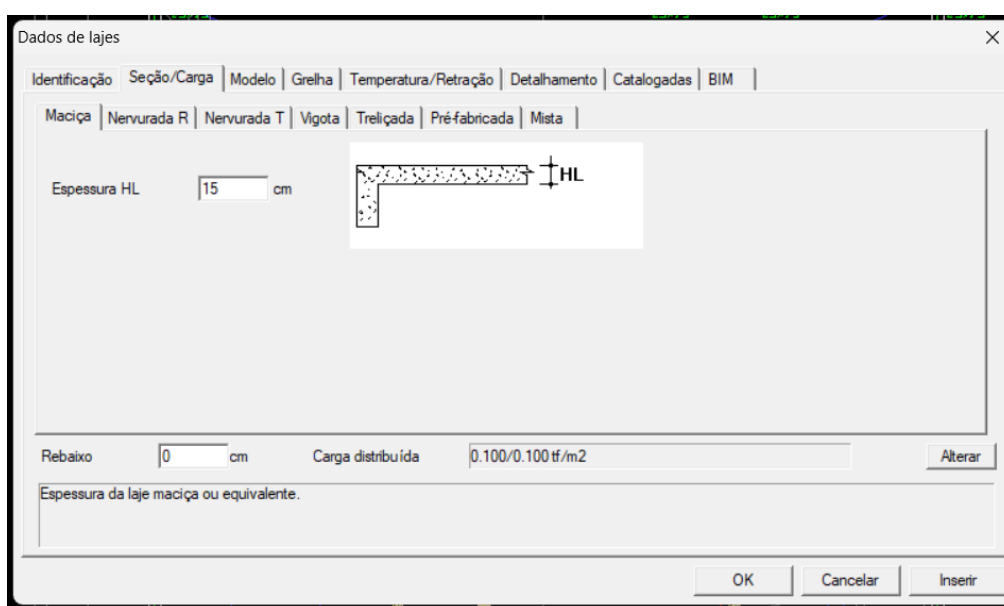


Figura 15 – Dados de lajes

-Clique no botão “Alterar” e depois em “alfanuméricas” para definir a carga de uso na laje (Figura 16).

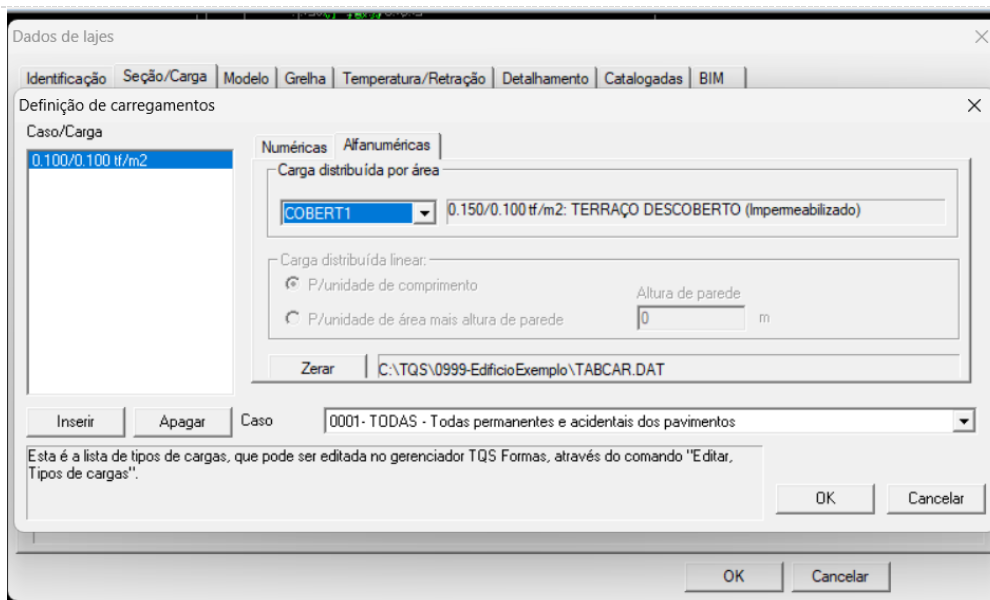


Figura 16 – Dados de lajes

-Após definida a carga, clique em inserir laje. O “X” em azul no modelador estrutural mostra que existe um vazio entre vigas e pilares, onde pode ser inserida uma laje. Clique no centro do “X”, digite 0 para laje com direção principal a 0° da linha horizontal e aperte enter. Ou digite 90 para laje com direção principal a 90° da linha horizontal e aperte enter. A Figura 17 mostra o esquema final com as lajes L1 e L2 inseridas.

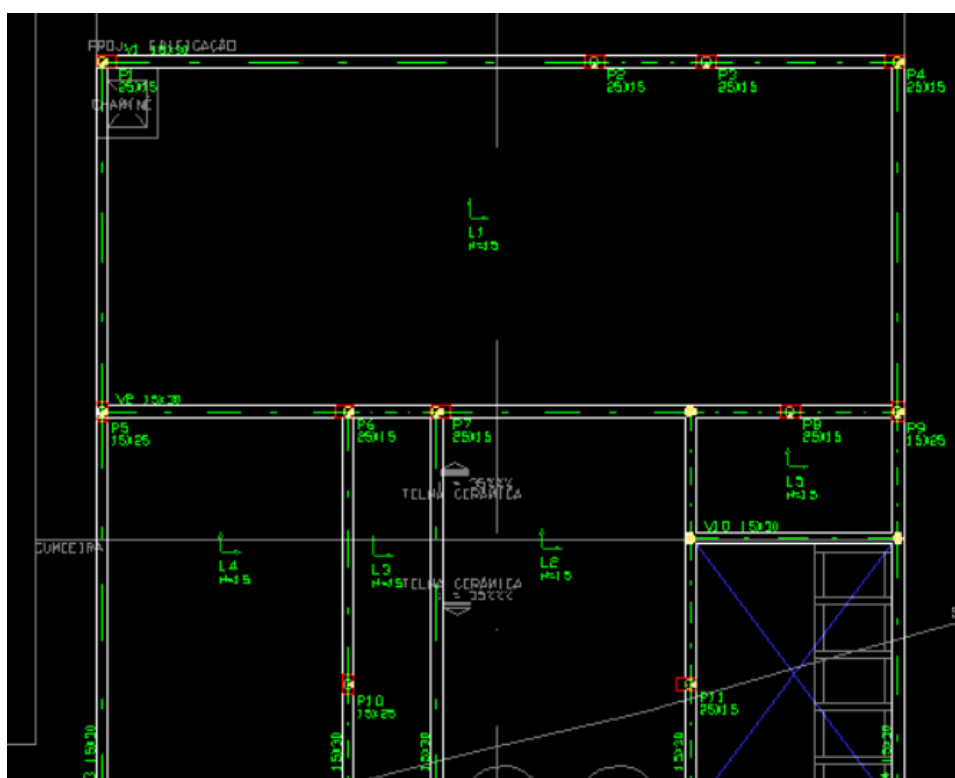


Figura 17 – Esquema com lajes inseridas

-Repita este processo até lançamento completo da estrutura, lançando suas vigas e lajes. Na região da escada, lançaremos apenas uma carga distribuída, que representará a escada para fins de análise.

-Na aba de ferramentas, clique em “3D” e depois em “Visualização do modelo 3D”. Selecione todos os pavimentos (no exemplo, da fundação até cobertura) e clique em “OK”(Figura 18). O TQS irá gerar um desenho 3D para visualizar a estrutura montada (Figura 19).

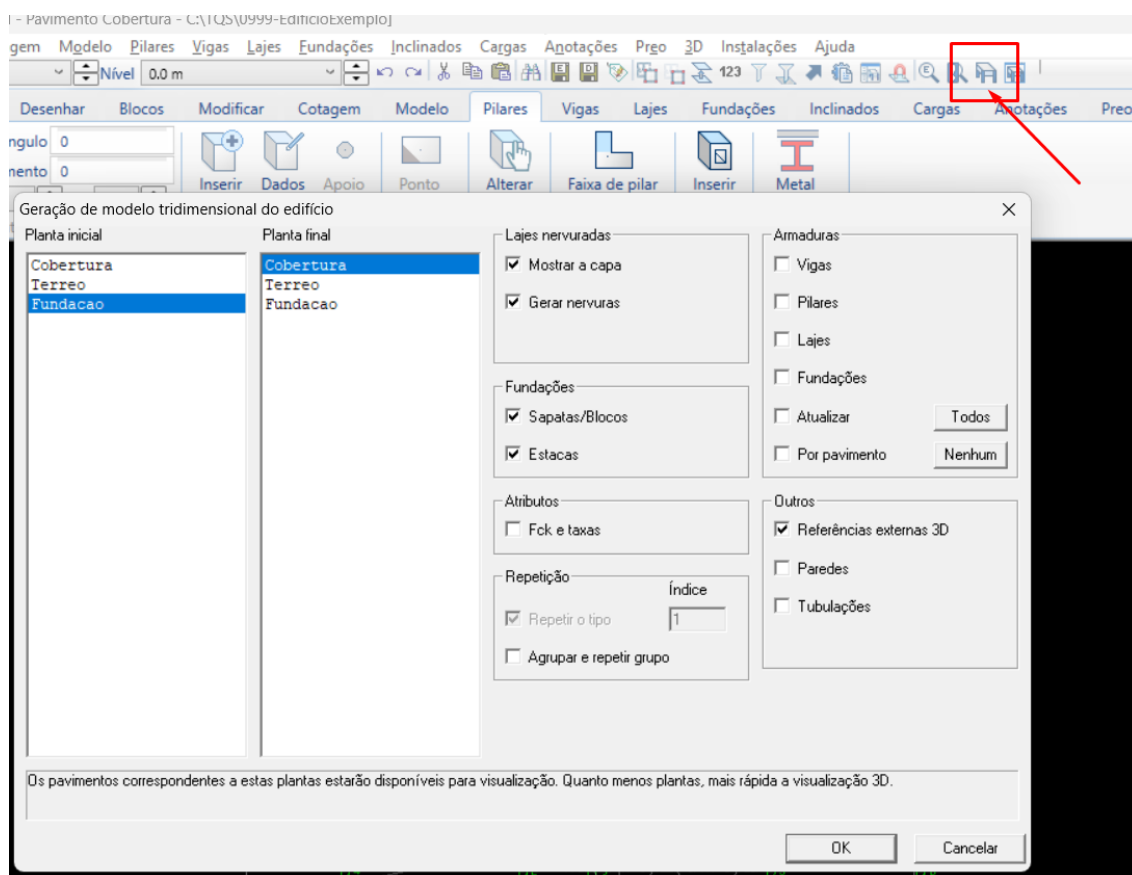


Figura 18 – Geração de modelo tridimensional do edifício

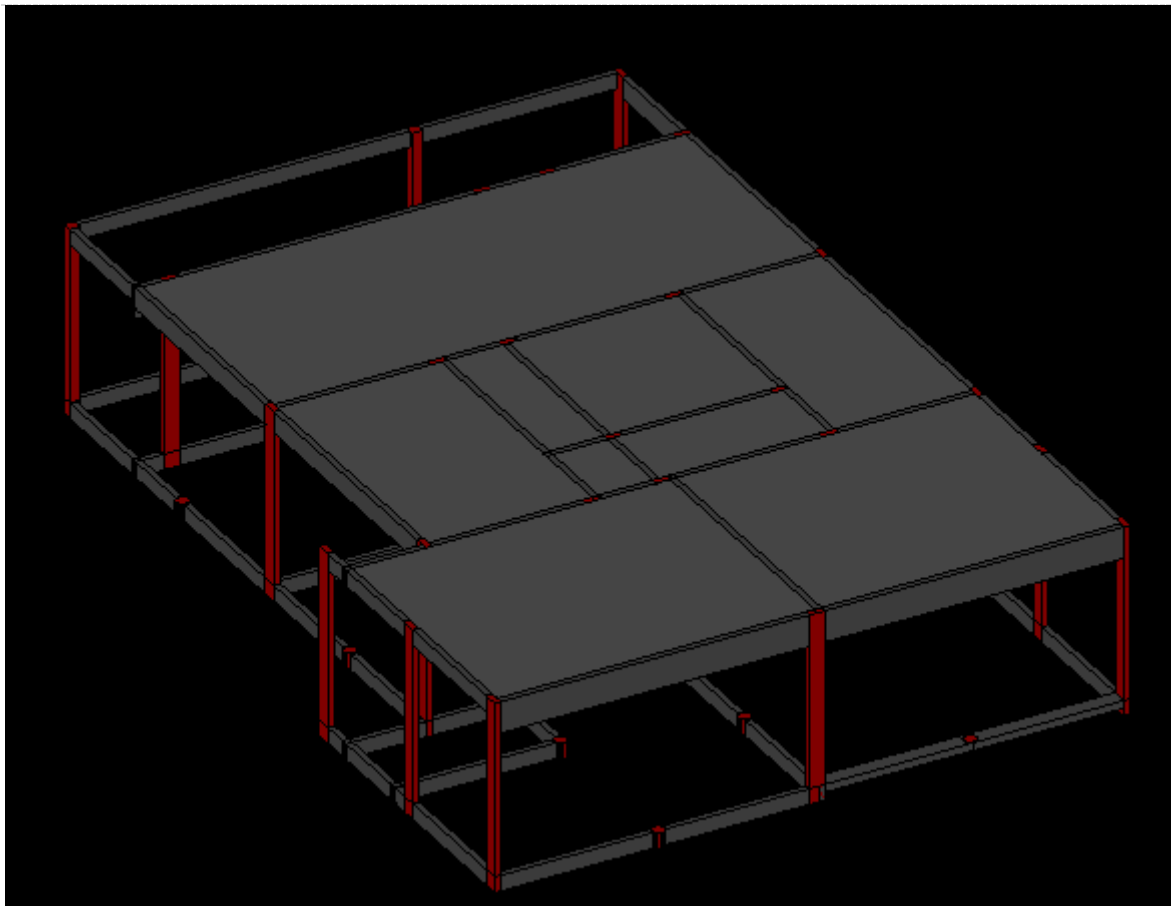


Figura 19 – Modelo tridimensional gerado

-Para esse pequeno projeto, não será lançado os elementos de fundação, pois não fazem parte do foco desta disciplina.

-Após a visualização da estrutura em 3D, clique em “Consistência da planta” (Figura 20). Esse comando acusa erros comuns de lançamento da estrutura. Caso ele alerte algum erro, procure solucionar.

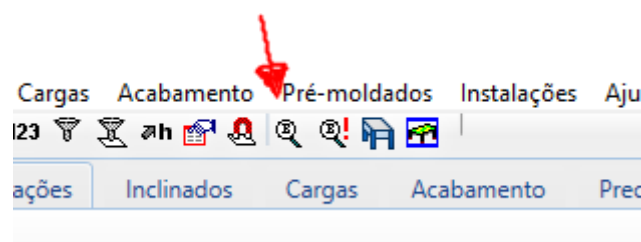


Figura 20 – Consistência de planta

-Após o lançamento de toda a estrutura, é hora de realizar o processo global do edifício. Na tela inicial do TQS, clique em “Processamento global” (Figura 21) e selecione para processar as lajes, vigas e pilares (lembre-se de não processar as fundações pois não foram lançadas). A Figura 22 mostra os comandos clicados para serem processados.

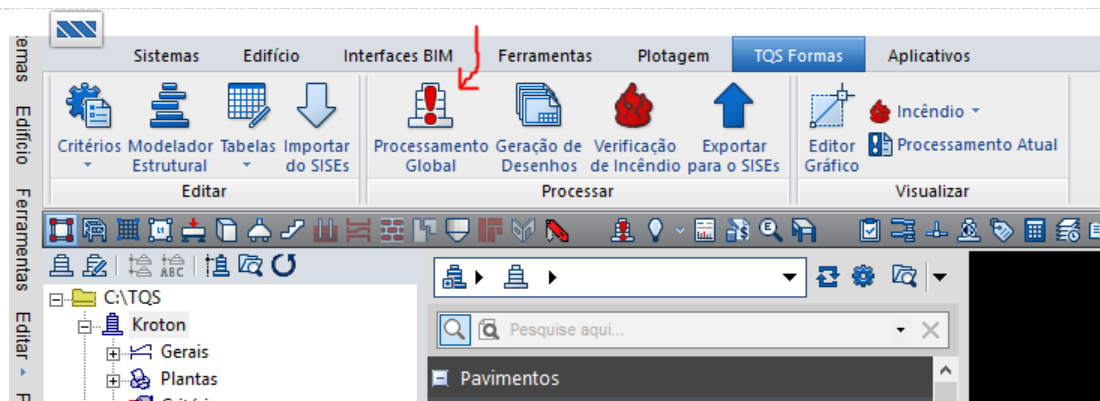


Figura 21 – Processamento global da estrutura

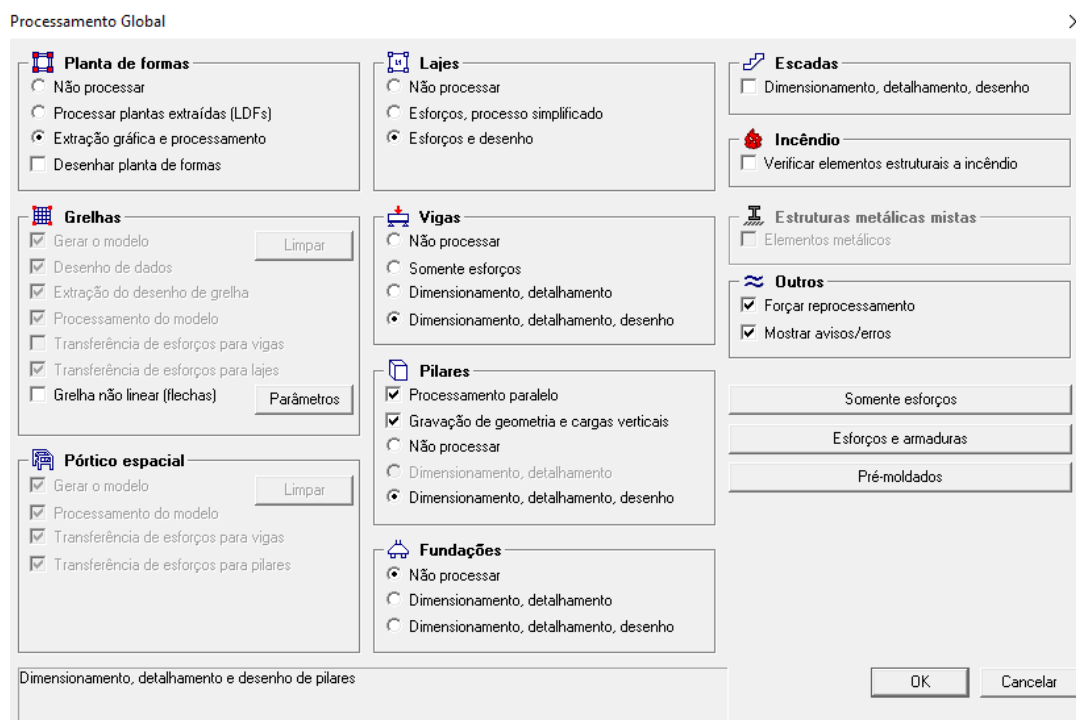
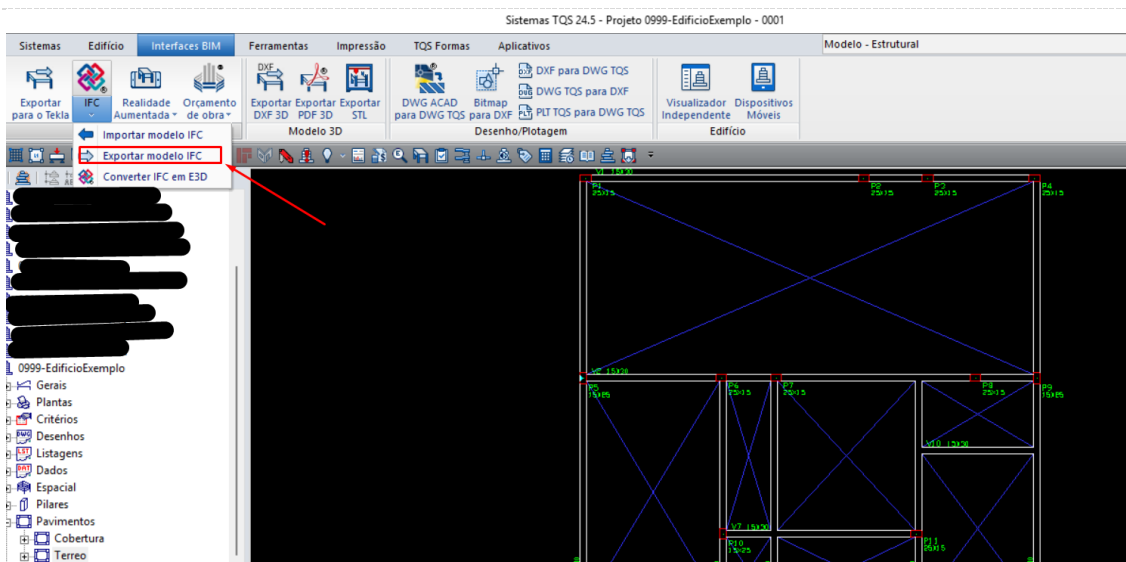


Figura 22 – Comando a serem selecionados para o processamento global

- Após o processamento global (pode levar alguns minutos), o TQS resulta em uma lista de erros. Sugere-se que o professor abra junto com os alunos os erros graves e reflita sobre quais seriam as possíveis soluções estruturais para esses erros.

- Após a análise dos erros identificados no modelo estrutural ou nos elementos detalhados, pode ser necessário realizar ajustes em diversas dimensões ou propriedades dos elementos propostos. Esses ajustes visam atender aos critérios normativos, garantir o desempenho estrutural e otimizar o projeto.

- Posteriormente, você pode gerar um modelo IFC da estrutura que modelou, embora o ideal seria fazê-lo apenas após todos os elementos terem sido dimensionados corretamente. Siga os passos: 1) No Gerenciador TQS, vá à aba Interfaces BIM e clique em Exportar para IFC; 2) Configure os critérios na janela de exportação, ajustando detalhes como discretização de elementos curvos; 3) Escolha o local para salvar e clique em Exportar.



Avaliando os resultados:

Foram inseridas as referências externas corretamente?

As estruturas foram lançadas corretamente?

As cargas representam o uso e realidade do edifício?

Foi realizado o processamento das formas?

Foi realizado o processamento global da estrutura?

Os diagramas de esforços estão condizentes com o comportamento estrutural?

Checklist:

- ✓ Salvar o DWG de cada pavimento como arquivos separados.
- ✓ Remover informações desnecessárias para o projeto estrutural.
- ✓ Mover os pavimentos para o ponto 0,0 usando um ponto comum.
- ✓ Criar um novo projeto, preenchendo nome, cliente e informações gerais.
- ✓ Configurar os pavimentos (fundação, térreo, cobertura) com pé-direito adequado.
- ✓ Selecionar classe de concreto e agressividade ambiental.
- ✓ Definir coeficientes de cargas de vento (usar valores de exemplo, se necessário).
- ✓ Pilares: Inserir pilares nos pontos definidos da planta arquitetônica. Renumerar se necessário.
- ✓ Vigas: Inserir vigas conectando os pilares. Definir cruzamentos corretamente.
- ✓ Lajes: Preencher os vãos entre vigas e pilares com lajes adequadas. Configurar espessuras e cargas.
- ✓ Gerar visualização 3D da estrutura.
- ✓ Executar a verificação de consistência para identificar erros de modelagem.

- ✓ Realizar o processamento global (exceto fundações).
- ✓ Revisar e discutir possíveis erros identificados.
- ✓ Ajustes Finais e Exportação

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final da aula prática o aluno deverá estar familiarizado com a interface do TQS. Ainda, ele deve ter um projeto iniciado com todos os pilares e vigas lançadas.

Ao final da aula prática o aluno deverá estar familiarizado com a interface do TQS. Ainda, ele deve ter um projeto com lajes, vigas e pilares lançados, pronto para realizar o processamento global, sem inconsistência na planta.

Resultados de Aprendizagem:

Como resultados dessa prática, será possível compreender o uso e a funcionalidade da interface do TQS para o desenvolvimento de projetos estruturais. O resultado esperado é um projeto estrutural inicial contendo lajes, vigas e pilares devidamente lançados, pronto para o processamento global. Em termos práticos, essa atividade permitirá ao aluno identificar inconsistências no modelo e compreender as etapas iniciais do processo de análise e dimensionamento estrutural, essenciais para o desenvolvimento de projetos de engenharia com precisão e eficiência.

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

NOME DA DISCIPLINA: ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO I

Unidade: U2_VIGAS_DE_SEÇÃO_RETANGULAR

Aula: A3_ DIMENSIONAMENTO_DE_ARMADURA_SIMPLES

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

- Dimensionar e detalhar vigas de concreto armado para armadura simples

SOLUÇÃO DIGITAL:

AUTOCAD E TQS

- O AutoCad é um software de desenho muito utilizado na engenharia para elaboração de desenhos técnicos e projetos.
- O TQS é um software para cálculo estrutural e edição de projetos de edifícios em concreto Armado no contexto brasileiro..
- Ele não deve ser acessado por celular ou tablet.

Link p/ acesso a versão educacional autocad: <https://www.autodesk.com.br/education/edu-software/overview>

Link p/ acesso versão educacional/treinamento TQS (necessário criar uma conta):
<https://www.tqs.com.br/systems/educational>

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

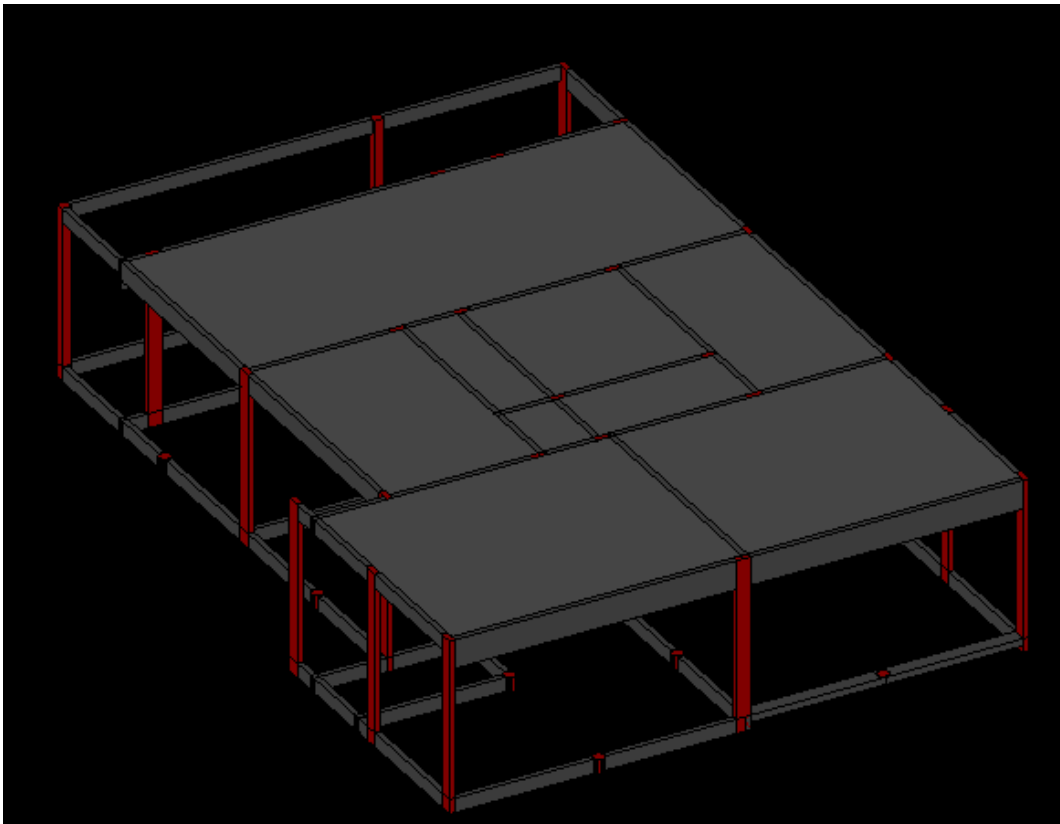
DETALHAMENTO DE ARMADURAS SIMPLES PARA VIGAS SUBMETIDAS À FLEXÃO

Atividade proposta:

Nesta atividade o aluno deverá continuar a estrutura que estava modelando a fim de fazer o dimensionamento de vigas à flexão, escolher um arranjo de armadura e fazer os desenhos finais de uma viga com armadura simples.

Procedimentos para a realização da atividade:

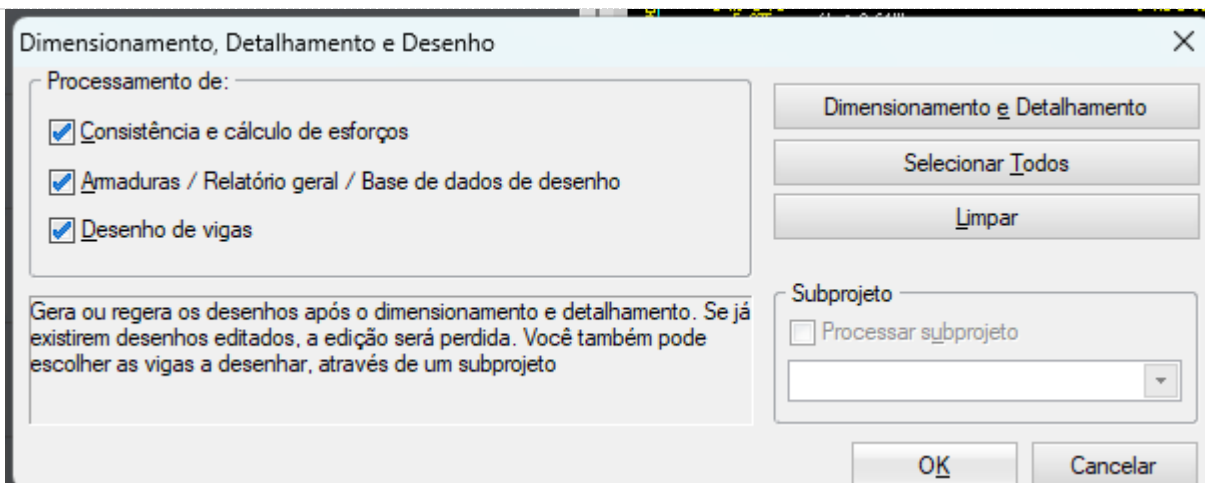
Para tanto, continuaremos com o edifício referente à última aula. Embora seja uma edificação simples, vamos dimensionar as vigas da mesma. Lembre-se de que você já deve ter a estrutura processada sem erros de modelagem.



Para tanto, abra o pavimento da cobertura/Laje e selecione a aba de vigas.



Selecione o dimensionamento das mesmas, marcando as caixas de “Consistência e cálculo dos esforços” “Armaduras/Relatório geral/Base de dados de desenho” “Desenho de vigas”. Na sequência o programa deverá processar e desenhar as vigas conforme critérios de projeto estabelecidos.

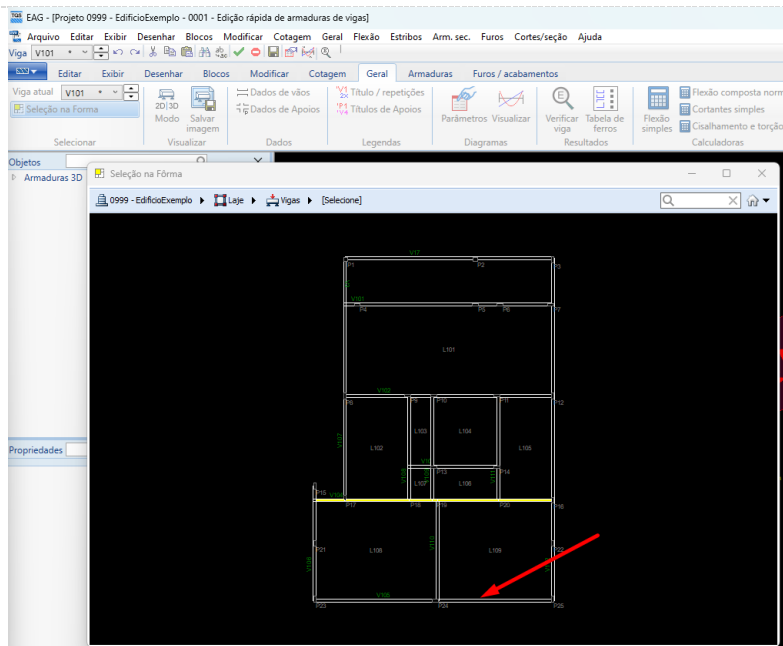


Na sequência o programa deve desenhar e detalhar todas vigas. Abra o relatório e analise as vigas, podemos ver as dimensões delas e suas respectivas taxas geométricas. Assim é possível visualizar quais são as vigas mais críticas.

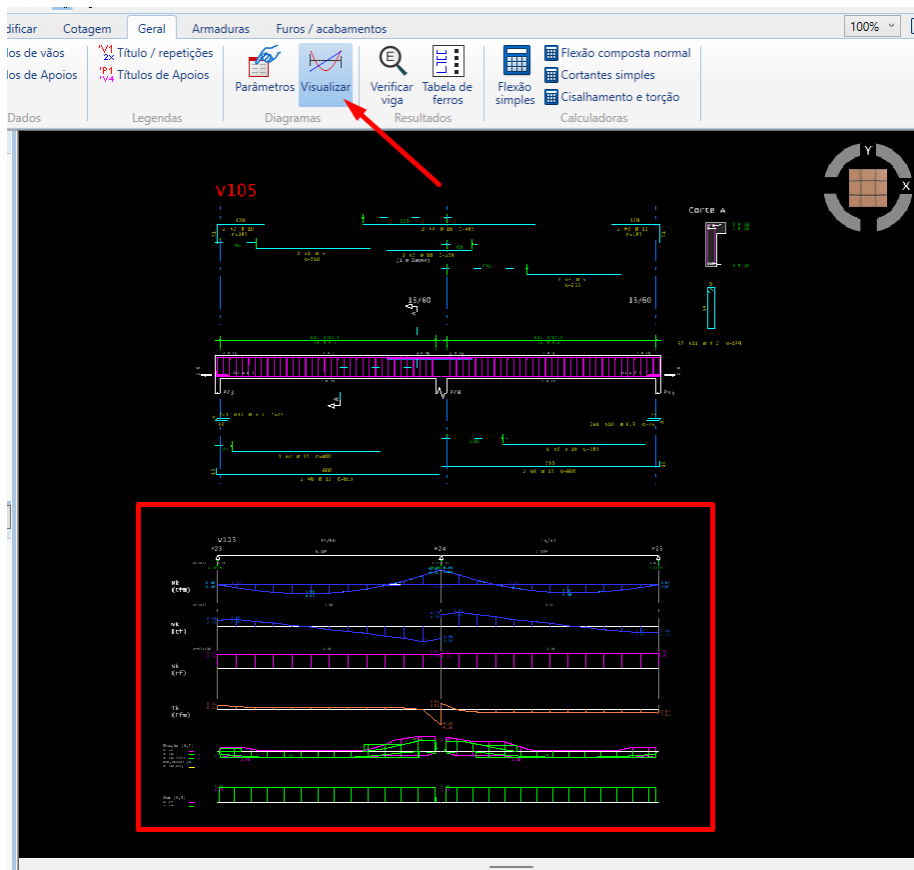
| Viga | L (cm) | Vãos | Seção (cm) | H/L (%) | ρ_s (%) | ρ_{sw} (%) | Taxa de aço (kgf/m ³) | Torção | Parede |
|------|---------------|------|------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------------------------|--------|--------|
| V101 | 67 a 588.1 | 4 | 12X60 | 10.2 a 89.55 | 0.38 a 0.78 | 0.19 a 0.19 | 58.1 | Sim | Sim |
| V102 | 121 a 305 | 4 | 12X30 | 9.84 a 24.79 | 0.44 a 0.93 | 0.41 a 1.49 | 97.7 | Sim | - |
| V103 | 133 a 306 | 2 | 12X40 | 13.07 a 30.08 | 0.54 a 0.82 | 0.29 a 0.29 | 79.5 | Sim | - |
| V104 | 121 a 305 | 5 | 12X30 | 9.84 a 24.79 | 0.44 a 0.93 | 0.41 a 1.66 | 87.1 | Sim | - |
| V105 | 584 a 601 | 2 | 12X60 | 9.98 a 10.27 | 0.38 a 0.9 | 0.19 a 0.24 | 60.9 | Sim | - |
| V106 | 264.5 a 273.5 | 2 | 12X30 | 10.97 a 11.34 | 0.28 a 0.56 | 0.41 a 0.41 | 62.4 | Sim | - |
| V107 | 451.8 a 505 | 2 | 12X40 | 7.92 a 8.85 | 0.27 a 0.7 | 0.29 a 0.29 | 49.9 | Sim | - |
| V108 | 165 a 354.9 | 2 | 12X30 | 8.45 a 18.18 | 0.45 a 0.87 | 0.41 a 0.5 | 67.1 | Sim | - |
| V109 | 165 a 354.9 | 2 | 12X30 | 8.45 a 18.18 | 0.45 a 1.27 | 0.41 a 0.59 | 81.2 | Sim | - |
| V110 | 500 a 500 | 1 | 12X30 | 6 a 6 | 0.49 a 0.7 | 0.41 a 1.51 | 95.3 | Sim | - |
| V111 | 165 a 354.9 | 2 | 12X30 | 8.45 a 18.18 | 0.43 a 1.06 | 0.41 a 1.12 | 81.7 | Sim | - |
| V112 | 208.5 a 514 | 5 | 12X40 | 7.78 a 19.18 | 0.21 a 0.7 | 0.29 a 0.29 | 48.6 | Sim | - |

L: Comprimento dos vãos das vigas
 H/L: Relação entre altura e comprimento dos vãos das vigas
 ρ_s : Taxa geométrica de armadura longitudinal. Obtida em diversas seções ao longo do vão, não considera a armadura lateral.
 ρ_{sw} : Taxa geométrica de armadura transversal. Obtida nas faixas existentes no vão
 Taxa de aço: Massa de aço por volume de concreto
 Taxa média de aço = 60.5 kgf/m³

Na sequência abra a Edição rápida de armaduras. Escolha a seleção de vigas pela forma, e selecione a viga V105 de seção 15X60.



Selecione a ferramenta de visualização de diagramas e observe o diagrama de momento fletor máximo positivo e máximo negativo:



Na sequência, abra a calculadora de flexão simples, e preencha os esforços e seção conforme o exemplo, peça o cálculo da armadura para a calculadora e compare com o resultado mostrado pelo software. Vamos usar 6,85 tfm para momento fletor negativo e 4,00 tfm para momento fletor

positivo. Lembre-se de que usamos a altura útil descontando a posição da armadura da altura da viga ($60-4=56$).

Calculo de momento fletor resistente / área de armadura em seção retangular/T

Norma: ABNT NBR 6118:2014

Geometria / Seção: Retangular

$b_w = 15$ cm
 $d = 56$ cm

Esforço solicitante (tfm):
 $M_{Sd} = 9.59$ tf, $M_{Sk} = 6.85$ tf, $\gamma_f = 1.4$

Armaduras:
 $A_s = 4.25$ cm²
 $A_s' = 0.00$ cm²

Armadura mínima
Armadura dupla

Flexão simples

Resultados

$A_s = 4.25$ cm²
 $A_s' = 0.00$ cm²
 $x = 10.1$ cm
 $\beta_x = x/d = 0.18$

Equilíbrio

Alongamento: 2.2‰
Encurtamento: 10.0‰

$d = 56$ cm
 $x = 10.1$ cm
 $0.80x = 8.08$ cm
 $0.85fcd$
 18.46 tf

Deformação/Domínios

Alongamento: 2.2‰
Encurtamento: 3.5‰

$d' = 4$ cm

Calculo de momento fletor resistente / área de armadura em seção retangular/T

Norma: ABNT NBR 6118:2014

Geometria / Seção: Retangular

$b_w = 15$ cm
 $d = 56$ cm

Esforço solicitante (tfm):
 $M_{Sd} = 5.60$ tf, $M_{Sk} = 4.00$ tf, $\gamma_f = 1.4$

Armaduras:
 $A_s = 2.40$ cm²
 $A_s' = 0.00$ cm²

Armadura mínima
Armadura dupla

Flexão simples

Resultados

$A_s = 2.40$ cm²
 $A_s' = 0.00$ cm²
 $x = 5.7$ cm
 $\beta_x = x/d = 0.10$

Equilíbrio

Alongamento: 1.1‰
Encurtamento: 10.0‰

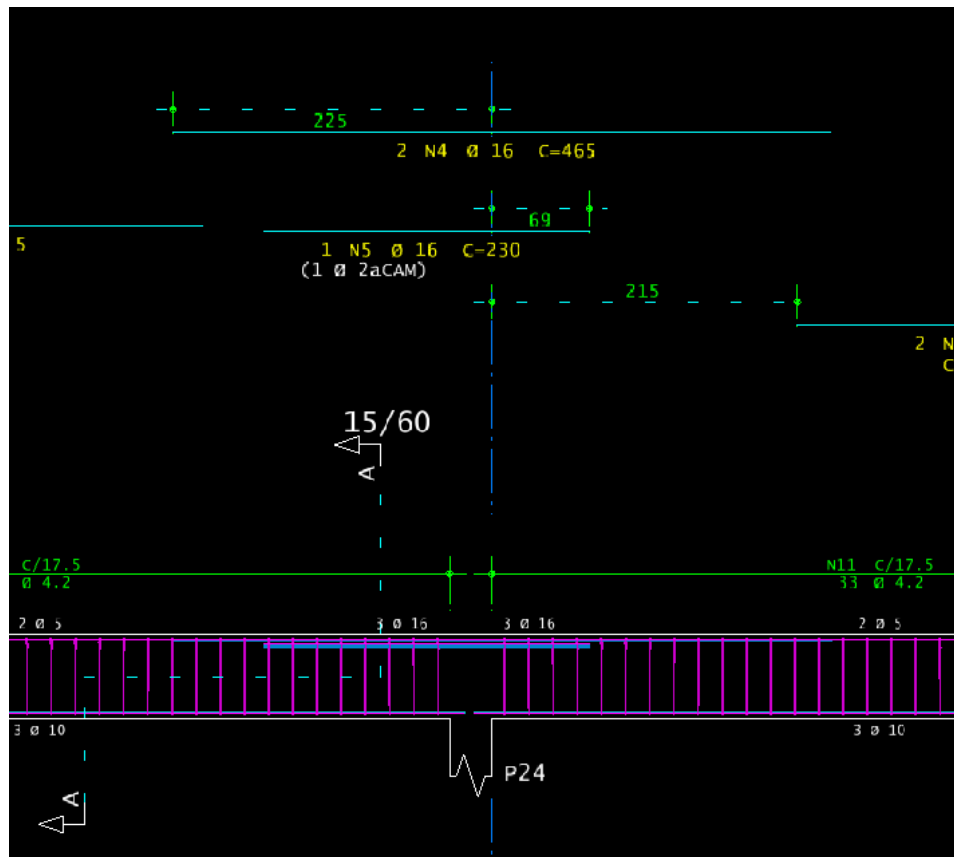
$d = 56$ cm
 $x = 5.7$ cm
 $0.80x = 4.56$ cm
 $0.85fcd$
 10.43 tf

Deformação/Domínios

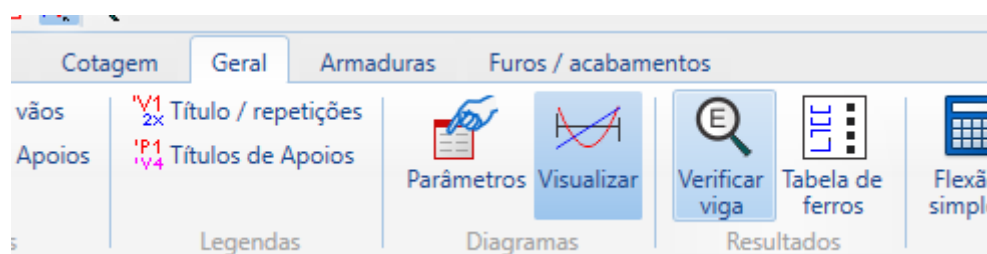
Alongamento: 1.1‰
Encurtamento: 3.5‰

$d' = 4$ cm

Observe atentamente a calculadora do TQS e compare-a com os resultados e cálculos apresentados em sala de aula. Compare também com as armaduras mínimas e critérios normativos. Perceba que no nosso exemplo, 6,85 tfm representa uma armadura de 4,25 cm² e que o programa armou com um arranjo de 3Ø16,0=6,0cm², e que podemos otimizar. Por exemplo, podemos usa um arranjo de 2Ø12,5+2Ø12,5=4,90cm².



Vamos substituir esse arranjo, na aba armaduras, no grupo de flexão, procure por editar e altere N4 e N5 para 2Ø12,5. Você poderia também poderia esticar os ferros para padronizá-los e ou pensar em outros arranjos ainda mais otimizados. Observe também que os cortes devem ser atualizados. Na sequencia vamos verificar a viga. Selecione “verificar a viga” na aba geral.



Na sequencia você pode observar a verificação da viga tramo a tramo. Observe que a razão Sd/Rd fica menor do que 1,0, indicando que a seção nova resiste.

Geometria



Flexão composta normal

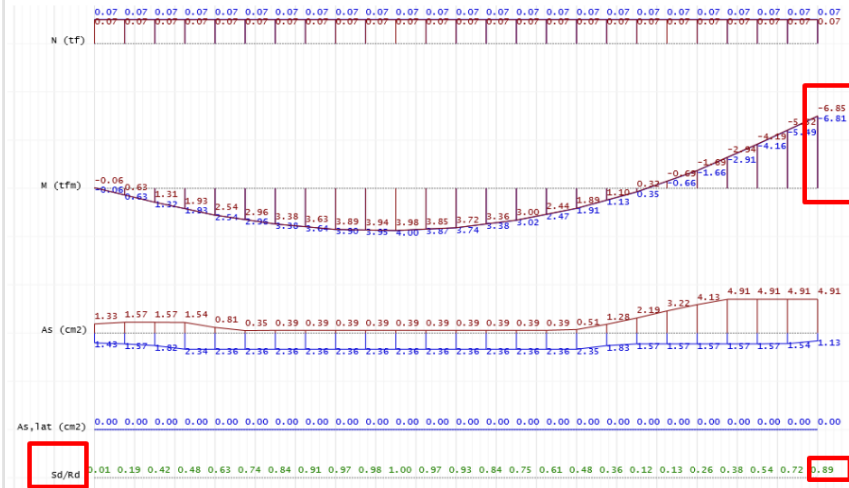
N: envoltórias mínima e máxima da força normal, (+) Compressão

M: envoltórias mínima e máxima do momento fletor

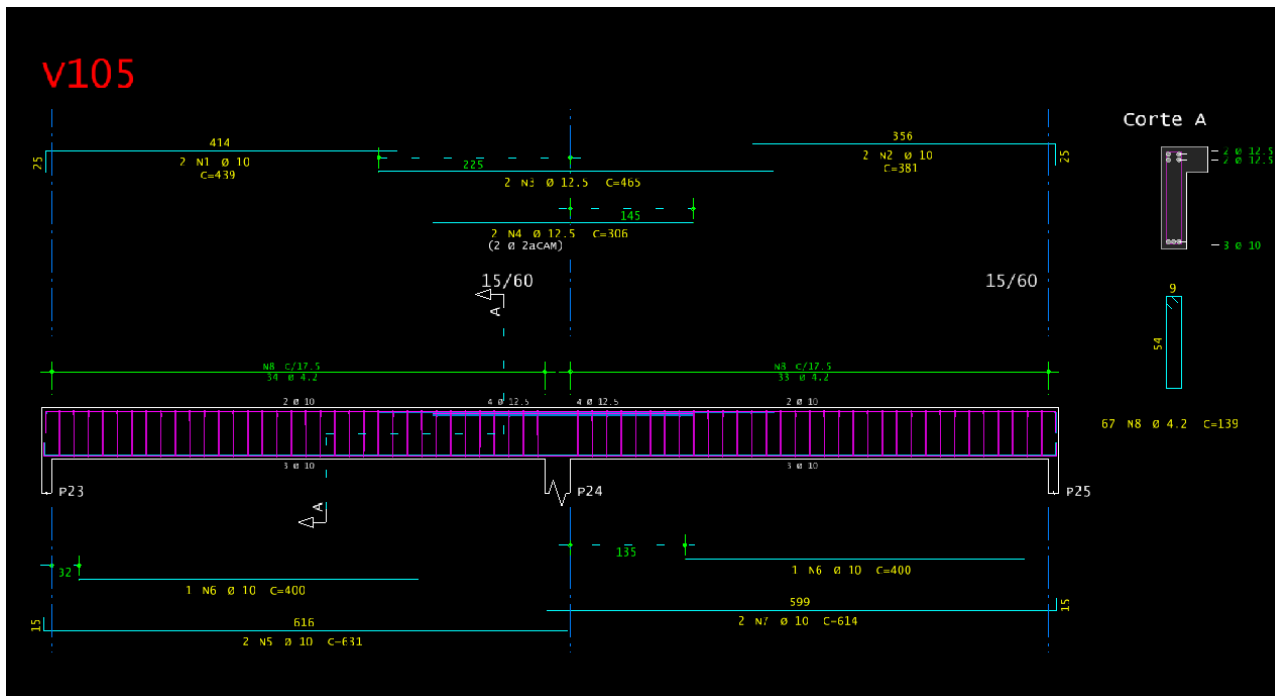
As: armaduras longitudinais superior e inferior de flexão

As,lat: armadura lateral

Passou: resultado da verificação, (OK) ou (Não) ou (D4) Domínio 4: ruptura frágil



Na sequencia você pode organizar e padronizar os ferros, buscando deixá-los de maneira a otimizar o trabalho da obra. Lembre se que o programa procura cortar o ferro de maneira a consumir menos ferro, mas nem sempre isto significa que será mais economico, já que pode trazer mais trabalho à obra.



Repita esse processo para demais vigas até finalizar o pavimento.

Avaliando os resultados:

1. As vigas foram dimensionadas corretamente?
2. O arranjo escolhido pelo TQS pode ser otimizado?
3. Os novos arranjos escolhidos passam na verificação de vigas do TQS?

Checklist:

- ✓ Abrir o projeto da última aula com a estrutura já processada e sem erros.
- ✓ Selecionar o pavimento da cobertura/laje e acessar a aba de vigas.
- ✓ Processar: ativar consistência, cálculo de esforços, armaduras e desenhos.
- ✓ Analisar o relatório para identificar vigas críticas e suas taxas geométricas.
- ✓ Selecionar a viga V105 e visualizar diagramas de momento fletor.
- ✓ Preencher os esforços na calculadora de flexão e calcular a armadura necessária.
- ✓ Comparar resultados e propor um arranjo otimizado de armadura.
- ✓ Substituir e otimizar os arranjos na aba de armaduras.
- ✓ Verificar a viga tramo a tramo para confirmar a segurança ($Sd/Rd < 1$).
- ✓ Ajustar e padronizar os cortes de armadura, buscando eficiência prática.
- ✓ Repetir o processo para as demais vigas do pavimento.
- ✓ Conferir e salvar os desenhos detalhados de todas as vigas.

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final da aula prática o aluno deverá estar familiarizado com a interface de vigas do TQS. Deverá ter vigas detalhadas e prontas para montagem de prancha.

O aluno deverá apresentar um relatório com imagens ou vídeos mostrando que fez a modelagem e processamento da estrutura. Ao fim, deverá fornecer imagens mostrando que a estrutura fora modelada corretamente e bem como os arquivos do edifício. O aluno deverá fornecer os arquivos dwg das vigas detalhadas, mostrando os arranjos modificados.

Resultados de Aprendizagem:

Ao final desta aula prática, o aluno deverá ser capaz de:

Dimensionar vigas de concreto armado à flexão, utilizando critérios normativos e ferramentas do TQS. Interpretar diagramas de esforços e taxas geométricas, identificando vigas críticas. Otimizar arranjos de armadura, propondo alternativas que atendam aos requisitos estruturais e facilitem a

execução na obra. Verificar a segurança das seções dimensionadas. Produzir desenhos detalhados de vigas, com armaduras adequadas e cortes padronizados.

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

NOME DA DISCIPLINA: ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO I

Unidade: U2_VIGAS_DE_SEÇÃO_RETANGULAR

Aula: A4_ DIMENSIONAMENTO_DE_ARMADURA DUPLA

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

- Dimensionar e detalhar vigas de concreto armado para armadura dupla

SOLUÇÃO DIGITAL:

AUTOCAD E TQS

- O AutoCad é um software de desenho muito utilizado na engenharia para elaboração de desenhos técnicos e projetos.
- O TQS é um software para cálculo estrutural e edição de projetos de edifícios em concreto Armado no contexto brasileiro..
- Ele não deve ser acessado por celular ou tablet.

Link p/ acesso a versão educacional autocad: <https://www.autodesk.com.br/education/edu-software/overview>

Link p/ acesso versão educacional/treinamento TQS (necessário criar uma conta):

<https://www.tqs.com.br/systems/educational>

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

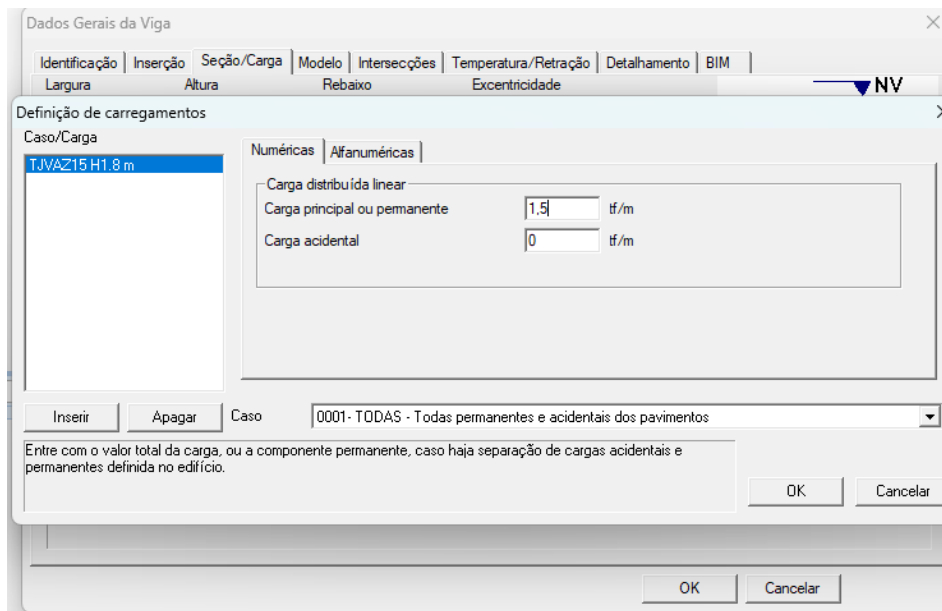
DETALHAMENTO DE ARMADURAS DUPLAS EM VIGAS SUBMETIDAS À FLEXÃO.

Atividade proposta:

Nesta atividade o aluno deverá continuar a estrutura que estava modelando a fim de fazer o dimensionamento de vigas à flexão, escolher um arranjo de armadura e fazer os desenhos finais de uma viga com armadura dupla.

Procedimentos para a realização da atividade:

Para tanto vamos imaginar que a V105, por algum critério de arquitetura, precisasse ter sua seção reduzida à 45cm e que, simultaneamente, tivesse uma carga linear de $q=1,5\text{tf/m}$. Faça as alterações no modelador estrutural e reprocessse a estrutura.



Com o reprocessamento, o moento negativo de 6,85 tfm passou para 10,51 tfm, sendo assim, vamos reavaliar a viga. Inserindo estes valores na calculadora de flexão:



Repare que no relatório da calculadora do TQS, o valor de x/d atinge o limite de 0,45. Além disso, o programa indica 11,0 tf de compressão complementares ao concreto que corresponde a uma A_s' de 2,53cm²

Calculo de momento fletor resistente / área de armadura em seção retangular/T

b_{nv} 15 cm
 d 40 cm

Esforço solicitante (tfm)
 $M_{sd} = M_{Gk} \times \gamma_f$
 14.71 = 10.51 x 1.4

Armaduras
 $M_{sd} \rightarrow A_s$
 $A_s = 10.07 \text{ cm}^2$
 $A_s' = 2.53 \text{ cm}^2$
 $x = 18 \text{ cm}$
 $\beta_x = x/d = 0.45 (= \beta_{xLim})$

Armadura mínima
 A_{smin} NBR 6118
 Seção Retangular(h)
 $f_{tk,sup}$ NBR 6118
 h d + 4 cm
 Viga Laje

Armadura dupla
 β_{xLim} 0.45
 c 2.5 cm
 d' d' 4 cm

Flexão simples

Resultados

$A_s = 10.07 \text{ cm}^2$
 $A_s' = 2.53 \text{ cm}^2$
 $x = 18 \text{ cm}$
 $\beta_x = x/d = 0.45 (= \beta_{xLim})$

Equilíbrio

Deformação/Domínios

Neste detalhamento, podemos otimizar as armaduras negativas para 2Ø20+2Ø16 (10,30cm²) e o arnajo de armaduras positivas (compressão para o momento positivo), pode ser 2Ø12,5 (2,45cm²). Porem no caso das armaduras postivas, o momento positivo é o caso mais crítico, que corresponde a 5,93 tfm equivalente à 3Ø16,0.



Calculo de momento fletor resistente / área de armadura em seção retangular/T

Norma: ABNT NBR 6118:2014

▼ Materiais

f_{ck} : 25 MPa

Geometria / Seção

b_w : 15 cm

d : 40 cm

Esforço solicitante (tfm)

$M_{Sd} = M_{Sk} \times \gamma_f$

8.30 = 5.93 x 1.4

$M_{Sd} \rightarrow A_s$

Armaduras


A_s : 5.49 cm² 3 \varnothing 16 mm

A_s' : \varnothing 10 mm c/ 0 cm 0.00 cm²

$M_{Rd} \leftarrow A_s$

Armadura mínima

A_{smin} : NBR 6118

Seção:  Retangular(h)

$f_{ctk,sup}$: 3 MPa NBR 6118

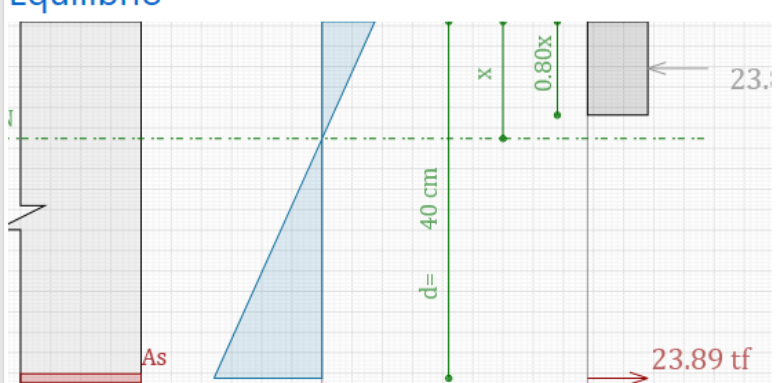
h : 44 cm d + 4 cm

Flexão simples

Resultados


$A_s = 5.49 \text{ cm}^2$
 $A_s' = 0.00 \text{ cm}^2$
 $x = 13.1 \text{ cm}$
 $\beta_x = x/d = 0.33$

Equilíbrio



$d = 40 \text{ cm}$
 $x = 13.1 \text{ cm}$
 $0.80x$
 23.1
 23.89 tf

Deformação/Domínios



Alongamento Encurtamento

3.50‰
 2
 $d' = 4 \text{ cm}$
 B

Avaliando os resultados:

1. As vigas foram dimensionadas corretamente?
2. Houve necessidade de armadura dupla? Como verificar a armadura dupla?
3. O arranjo escolhido pelo TQS pode ser otimizado?
4. Os novos arranjos escolhidos passam na verificação de vigas do TQS?

Checklist:

- ✓ Abrir o projeto da última aula com a estrutura já processada e sem erros.
- ✓ Selecionar o pavimento da cobertura/laje e acessar a aba de vigas.
- ✓ Ajustar a seção da viga V105 para 45 cm no modelador estrutural.
- ✓ Inserir a carga linear de 1,5 tf/m e reprocessar a estrutura.
- ✓ Avaliar o relatório do TQS e identificar o momento fletor crítico (positivo e negativo).
- ✓ Inserir os valores na calculadora de flexão e calcular a armadura necessária para compressão e tração.
- ✓ Verificar a necessidade de armadura dupla e calcular a A_s' (armadura de compressão).

- ✓ Ajustar o arranjo de armaduras negativas para $2\text{Ø}20 + 2\text{Ø}16$ ($10,30 \text{ cm}^2$).
- ✓ Ajustar o arranjo de armaduras positivas para $3\text{Ø}16,0$ (momento positivo crítico).
- ✓ Substituir e otimizar os arranjos na aba de armaduras do TQS.
- ✓ Verificar a viga tramo a tramo, confirmando a segurança ($S_d/R_d < 1$).
- ✓ Avaliar a eficiência do arranjo escolhido e considerar ajustes para otimizar cortes e facilitar a execução.
- ✓ Repetir o processo para demais vigas que necessitem de armaduras duplas.
- ✓ Salvar os desenhos detalhados das vigas, com todas as armaduras (simples e duplas) ajustadas e otimizadas.

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final da aula prática o aluno deverá estar familiarizado com a interface de vigas do TQS. Deverá ter vigas detalhadas e prontas para montagem de prancha. O aluno deverá apresentar um relatório com imagens ou vídeos mostrando que fez a modelagem e processamento da estrutura. Ao fim, deverá fornecer imagens mostrando que a estrutura fora modelada corretamente e bem como os arquivos do edifício. O aluno deverá fornecer os arquivos dwg das vigas detalhadas, mostrando os arranjos modificados.

Resultados de Aprendizagem:

Ao final desta aula prática, o aluno deverá ser capaz de:

Identificar a necessidade de armadura dupla em vigas submetidas à flexão e interpretar os critérios normativos associados. Dimensionar armaduras duplas para vigas com seções reduzidas e carregamentos elevados. Otimizar os arranjos de armaduras (positivas e negativas) de acordo com os resultados do software e os cálculos manuais. Verificar a segurança e o desempenho das armaduras propostas por meio da análise detalhada no TQS. Elaborar desenhos finais das vigas com armaduras simples e duplas, considerando eficiência e facilidade de execução na obra.

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

NOME DA DISCIPLINA: ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO I

Unidade: U4_ LAJES_DE_CONCRETO_ARMADO

Aula: A4_ DIMENSIONAMENTO_DAS_LAJES_MACIÇAS

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

- Dimensionar e detalhar lajes de concreto armado.

SOLUÇÃO DIGITAL:

AUTOCAD E TQS

- O AutoCad é um software de desenho muito utilizado na engenharia para elaboração de desenhos técnicos e projetos.
- O TQS é um software para cálculo estrutural e edição de projetos de edifícios em concreto Armado no contexto brasileiro..
- Ele não deve ser acessado por celular ou tablet.

Link p/ acesso a versão educacional autocad: <https://www.autodesk.com.br/education/edu-software/overview>

Link p/ acesso versão educacional/treinamento TQS (necessário criar uma conta):

<https://www.tqs.com.br/systems/educational>

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

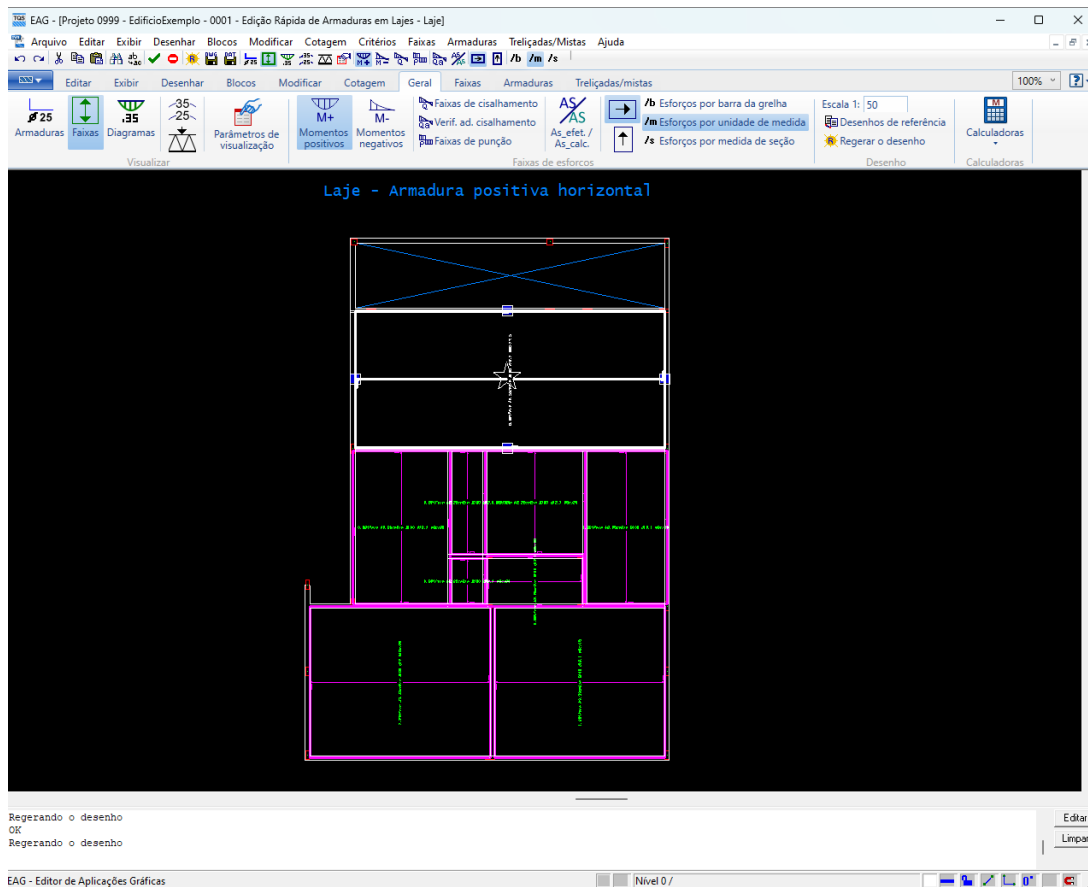
DETALHAMENTO DE LAJES MACIÇAS A FLEXÃO.

Atividade proposta:

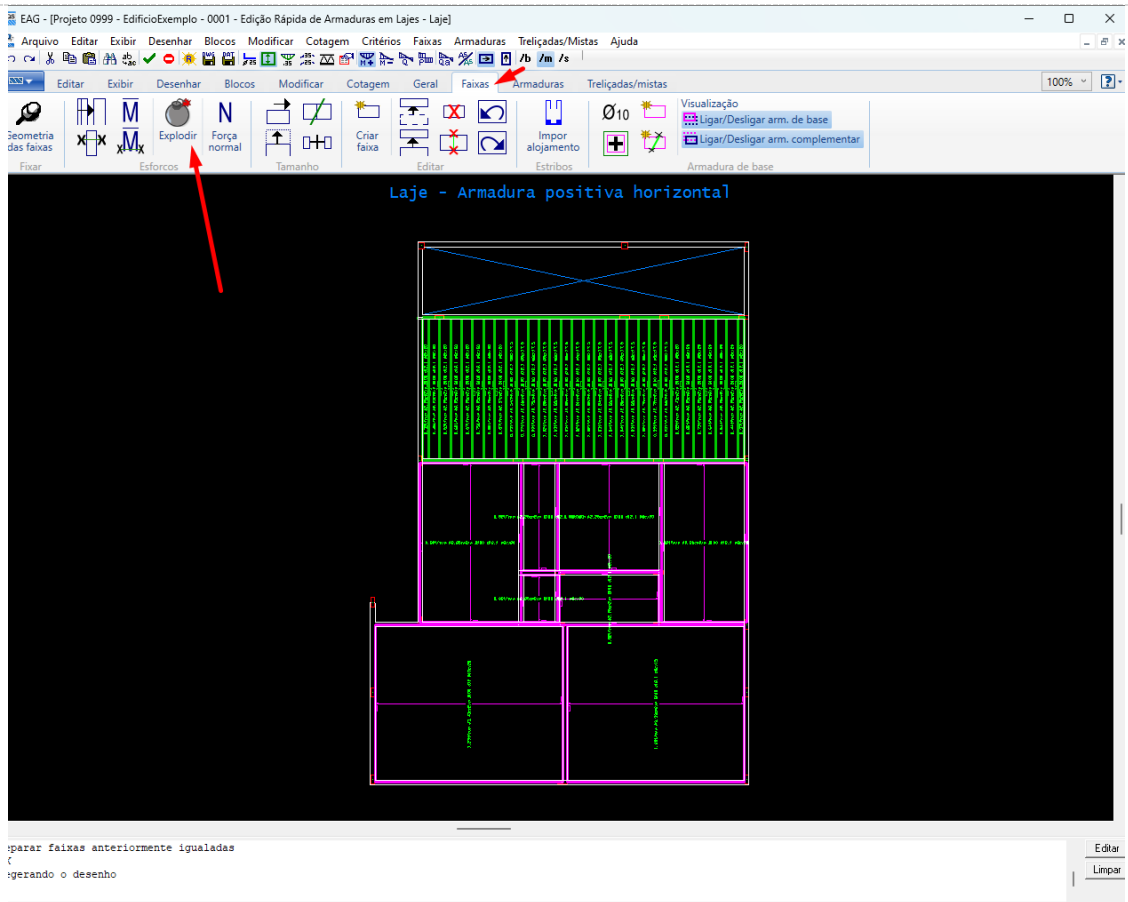
Nesta atividade o aluno deverá continuar a estrutura que estava modelando a fim de fazer o dimensionamento de lajes maciças à flexão. A proposta é que se detalhe armaduras positivas e negativas de alguns panos de laje.

Procedimentos para a realização da atividade:

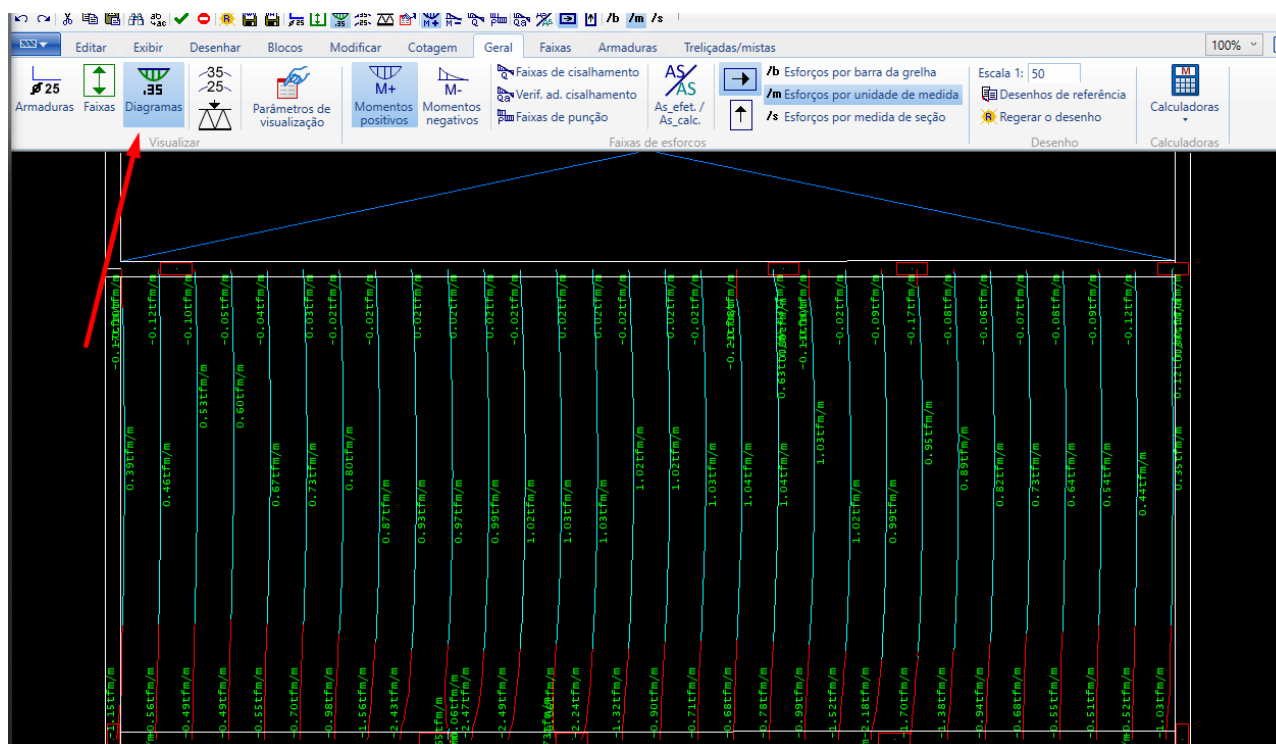
No pavimento, procure pelo subsistema de lajes e selecione a edição rápida de armaduras. Com a edição rápida, selecione as faixas. Dependendo dos critérios do TQS, as faixas podem estar separadas.



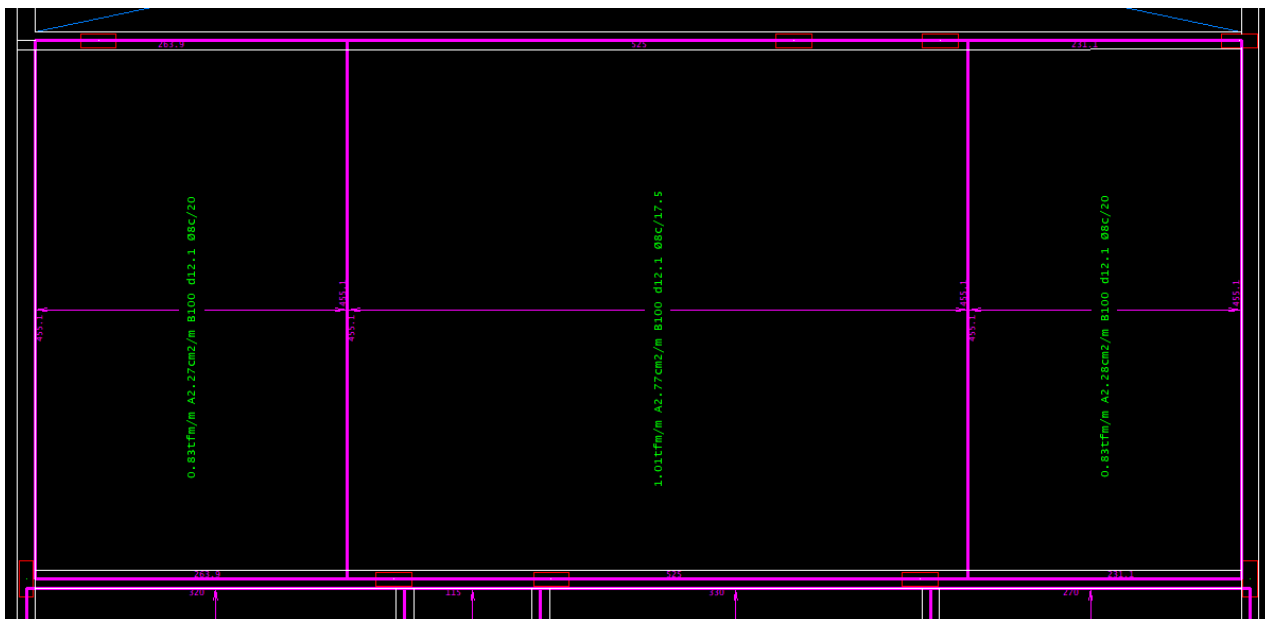
Selecione uma das faixas, e na aba faixa, clique em explodir.



Você deve obter uma série de faixas e divisões pequenas que representam trechos das lajes, deve observar os esforços, a area de aço calculada, o d considerado no cálculo e o arranjo final adotado. Você pode visualizar estes esforços por barra do modelo através da seleção:

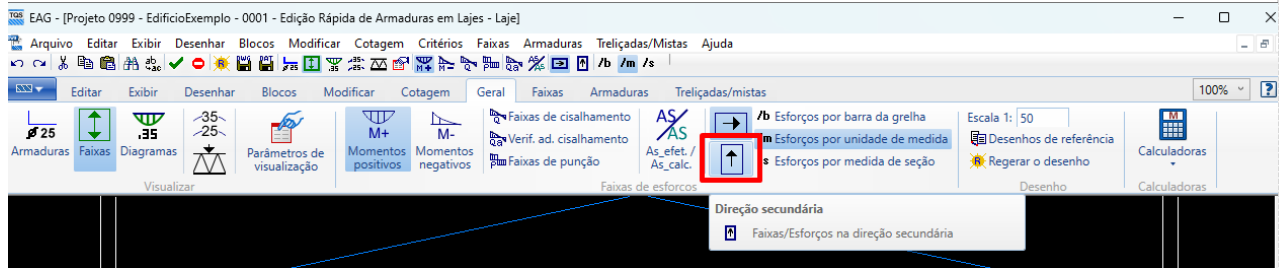


Agora selecione o ícone de média ponderada e estabeleça a média dos maiores valores (ao centro da laje) e dos menores, nas bordas.

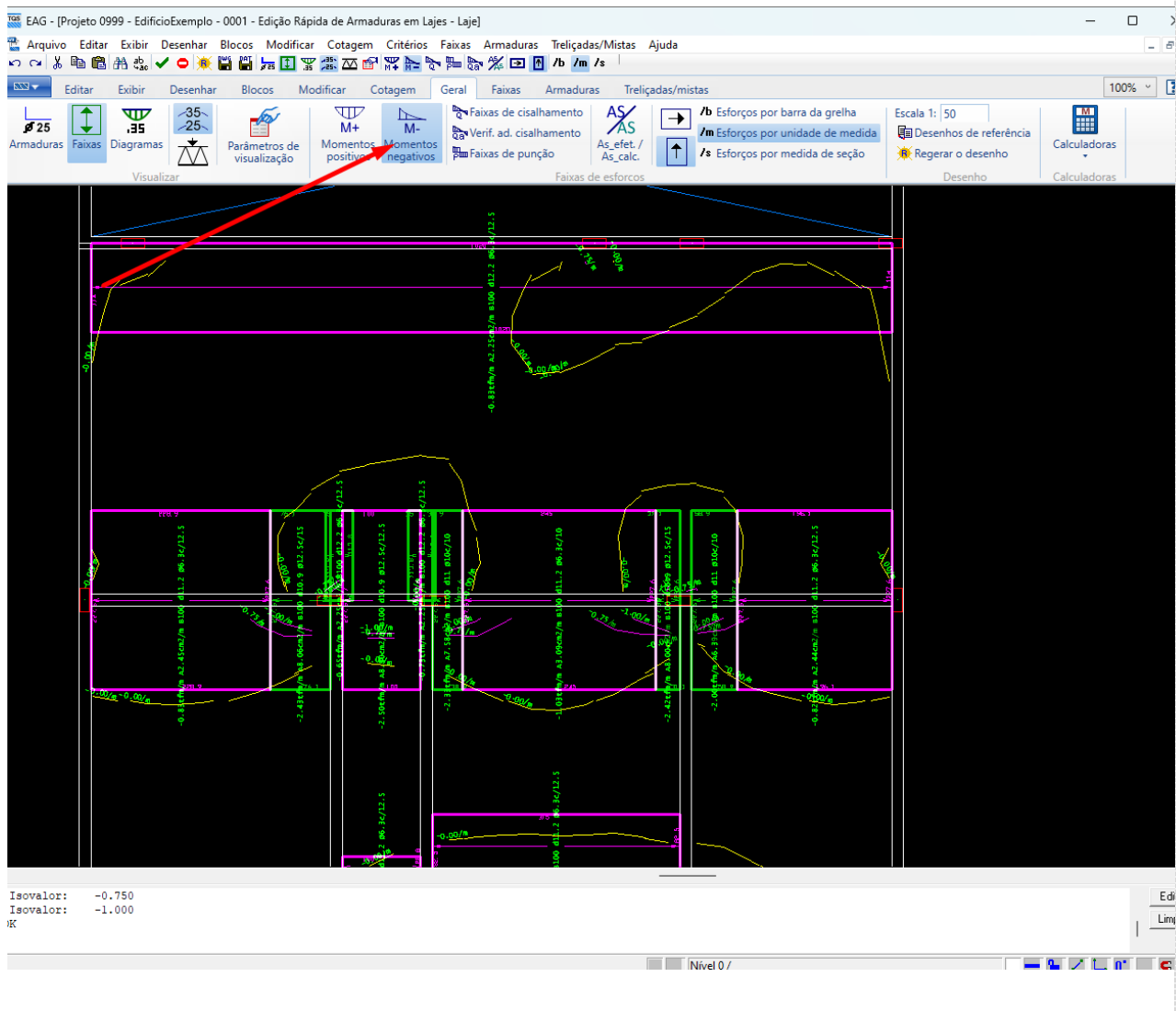


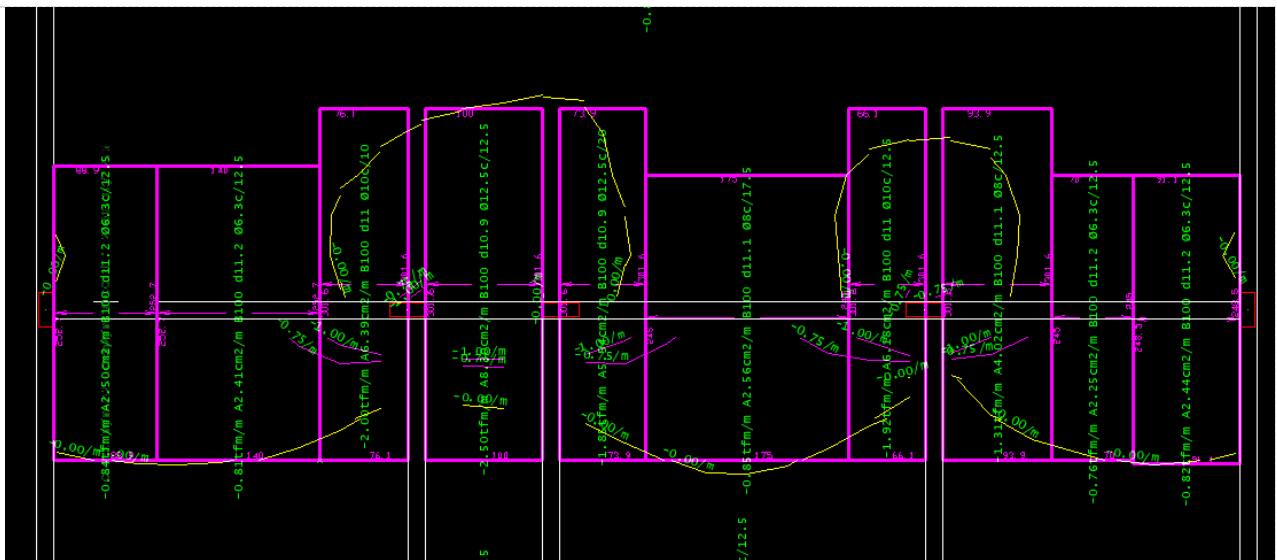
Selecione a faixa central, dois cliques ou F6. Ali você pode observar os critérios usados no cálculo dos arranjos para esta faixa em questão. Apenas pontuando, os momentos que aparecem na faixa, não referem-se ao solicitante, mas sim ao resistente pelo arranjo adotado. Da mesma forma o momento mínimo, refere-se ao momento que a armadura mínima suporta. Se você selecionar outros arranjos, os valores do momento serão alterados.

Adotado o arranjo mais apropriado, mude a direção e faça o detalhamento no sentido horizontal.



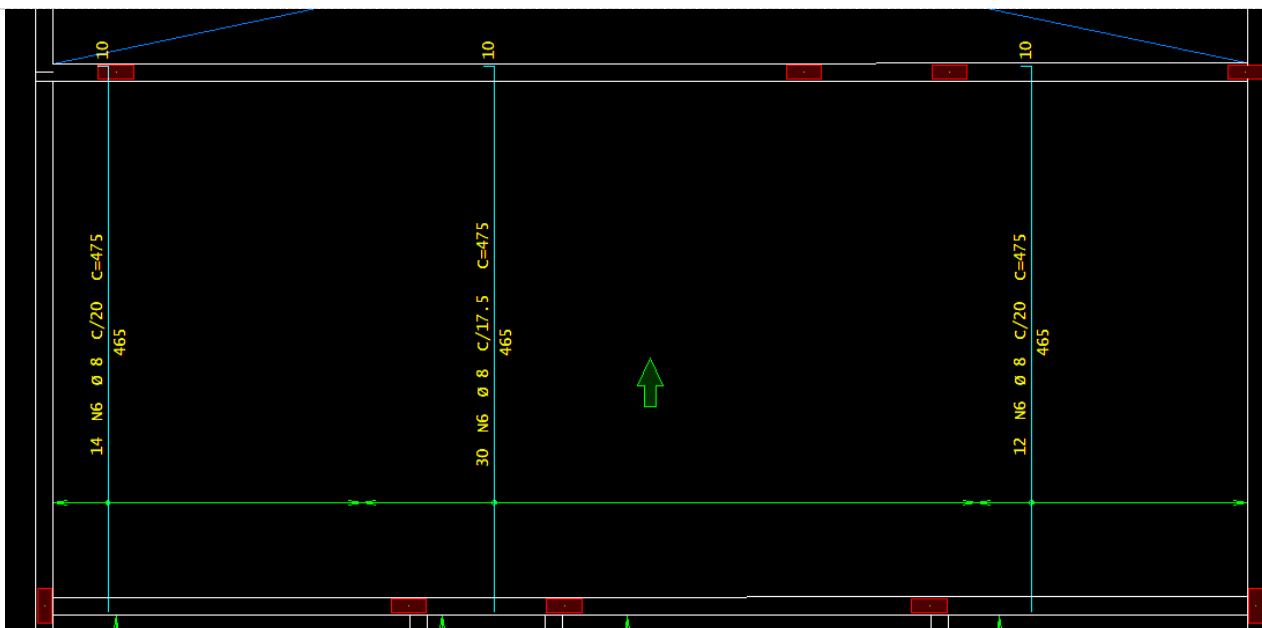
Na sequencia vamos as aramaduras negativas. Junte as faixas de esforços parecidos.



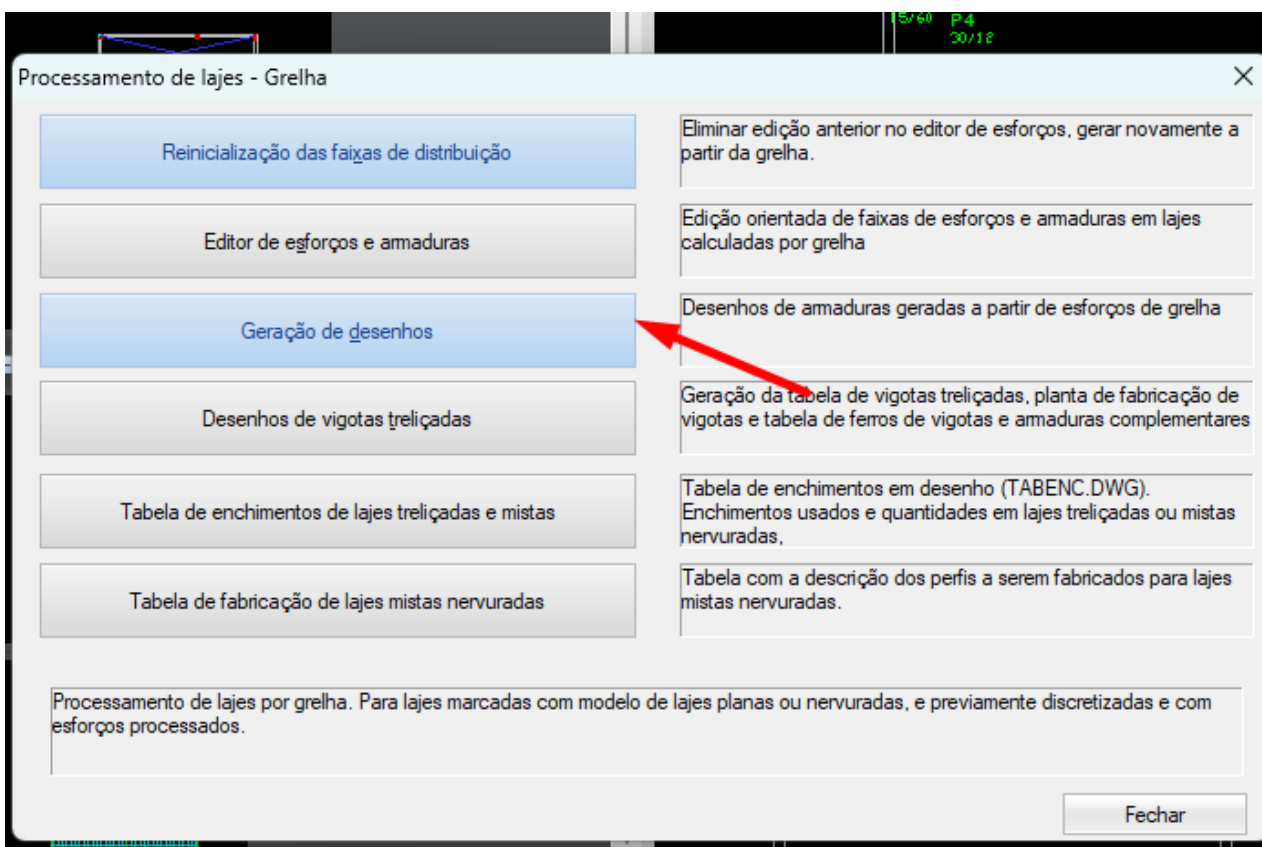


Você também pode fazer as conferências nos calculadores de flexão, como a da viga. Na aba geral, no grupo calculadores, selecione “flexão” e insira os dados conforme as propriedades da faixa. Em função dos esforços, é possível otimizar os arranjos adotados.

Posteriormente, você pode gerar as armaduras e fazer ajustes de desenho e representação delas.



Posteriormente, no âmbito do gerenciador de edifícios, é possível gerar os desenhos conforme as edições feitas na edição rápida e proceder a ajustes de desenho.



Avaliando os resultados:

1. As lajes foram dimensionadas corretamente?
2. Houve necessidade de armadura dupla?
3. O arranjo escolhido pelo TQS pode ser otimizado?

4. Os novos arranjos escolhidos passam na verificação de vigas do TQS?

5. Elaborou os desenhos das armaduras de lajes?

Checklist:

- ✓ Abrir o projeto estrutural já processado, com foco no pavimento que contém as lajes.
- ✓ Acessar o subsistema de lajes no TQS.
- ✓ Selecionar as faixas de lajes na aba de edição rápida.
- ✓ Explodir uma das faixas para obter divisões detalhadas (pequenos trechos).
- ✓ Analisar esforços, áreas de aço, altura útil (d) e arranjos de armaduras propostos.
- ✓ Aplicar a ferramenta de média ponderada para identificar valores médios máximos (centro da laje) e mínimos (bordas).
- ✓ Examinar os critérios de cálculo para faixas selecionadas, verificando momentos resistentes e armaduras mínimas.
- ✓ Exibir linhas de isovalores com intervalos de esforço (e.g., 0,001 tfm/m, 0,75 tfm/m e 1,00 tfm/m).
- ✓ Analisar o comportamento estrutural e esforços nas regiões da laje, avaliando a adequação dos arranjos de armadura.
- ✓ Adotar arranjos apropriados e ajustar as direções para detalhamento horizontal.
- ✓ Agrupar faixas com esforços similares para definir armaduras negativas otimizadas.
- ✓ Usar a calculadora de flexão para verificar os dados das faixas e otimizar arranjos.
- ✓ Ajustar os arranjos de armaduras, assegurando que estejam dimensionados corretamente e em conformidade normativa.
- ✓ Gerar desenhos detalhados das armaduras de lajes no gerenciador de edifícios.
- ✓ Realizar ajustes de desenho e representação para garantir clareza e execução prática.
- ✓ Revisar os desenhos finais e salvar as edições concluídas.
- ✓ Repetir o processo para demais lajes do pavimento, garantindo consistência nos critérios adotados..

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final da aula prática o aluno deverá estar familiarizado com a interface de lajes do TQS. Deverá ter lajes detalhadas e prontas para montagem de prancha.

O aluno deverá apresentar um relatório com imagens ou vídeos mostrando que fez a modelagem e processamento da estrutura. Ao fim, deverá fornecer imagens mostrando que a estrutura fora modelada corretamente e bem como os arquivos do edifício. O aluno deverá fornecer os arquivos dwg das lajes detalhadas, mostrando os arranjos modificados.

Resultados de Aprendizagem:

Ao final desta aula prática, o aluno deverá ser capaz de:

Identificar e dimensionar armaduras positivas e negativas para lajes maciças à flexão. Analisar esforços, áreas de aço e critérios de cálculo aplicados pelo TQS para faixas específicas de lajes. Avaliar e otimizar os arranjos de armaduras baseando-se nos resultados obtidos. Interpretar os esforços em lajes por meio de linhas de isovalores e médias ponderadas, entendendo o comportamento estrutural da laje. Elaborar desenhos detalhados das armaduras de lajes e realizar ajustes necessários para sua representação prática.