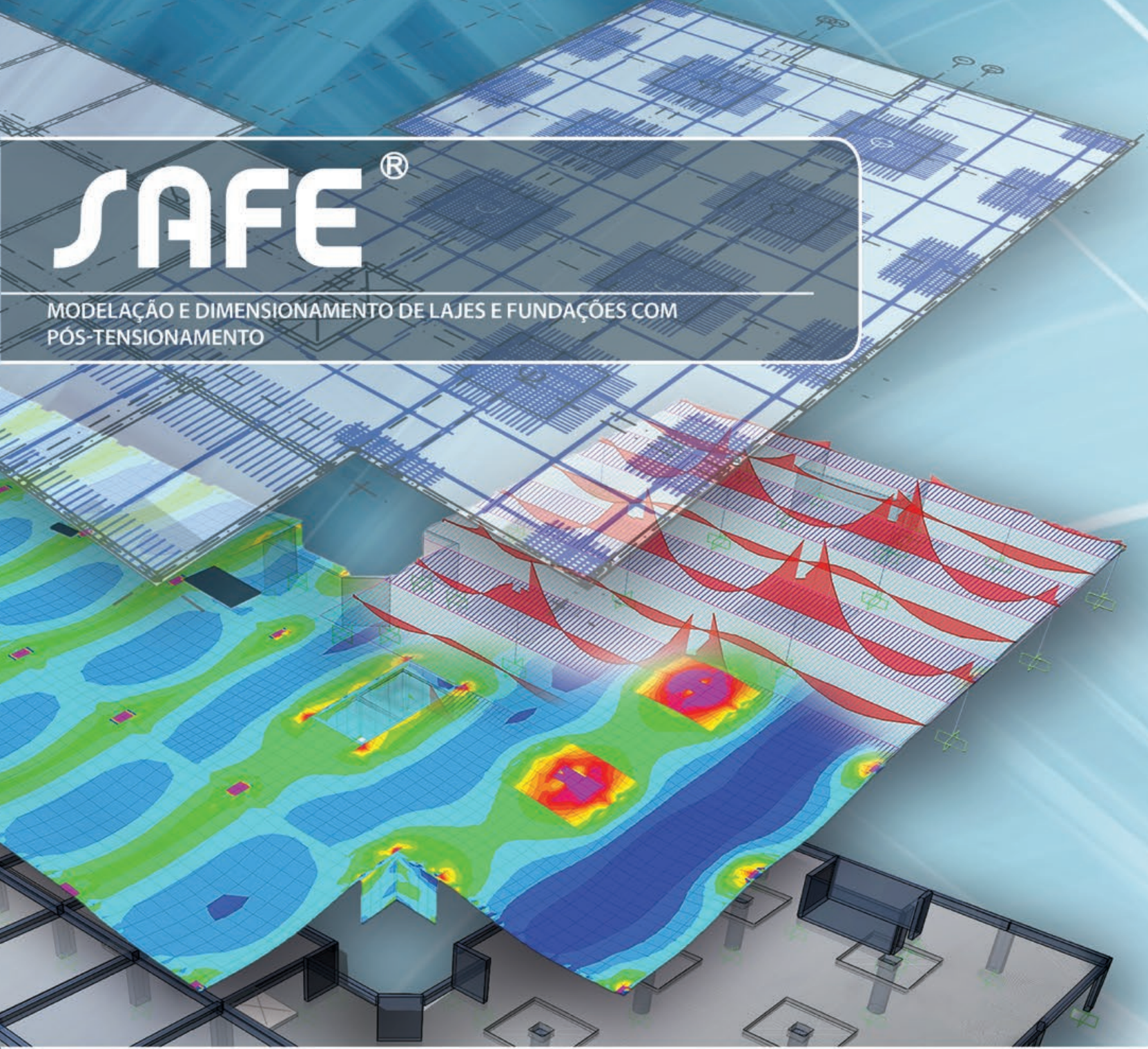




SAFE®

MODELAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE LAJES E FUNDAÇÕES COM
PÓS-TENSIONAMENTO

- MODELAÇÃO, CÁLCULO, VERIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE LAJES E FUNDAÇÕES EM GERAL
- FERRAMENTAS PRODUTIVAS PARA EDIÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO
- SIMULAÇÃO DE SAPATAS, ENSOLEIRAMENTOS, ESTACAS E MACIÇOS DE ESTACAS COM COMPORTAMENTO NÃO LINEAR DE CONTACTO COM O TERRENO
- DIMENSIONAMENTO DE LAJES ATRAVÉS DE ESFORÇOS DE ELEMENTOS FINITOS OU BANDAS DE INTEGRAÇÃO
- CÁLCULO DE DEFORMAÇÃO A LONGO PRAZO E ABERTURA DE FENDAS EM ESTADOS LIMITES DE SERVIÇO

- MODELAÇÃO NÃO LINEAR DO COMPORTAMENTO FENDILHADO DE LAJES E VIGAS DE BETÃO ARMADO INCLUINDO EFEITOS DE FLUÊNCIA E RETRAÇÃO
- VERIFICAÇÃO DE PUNÇOAMENTO
- GERAÇÃO DE DESENHOS COM DEFINIÇÕES GEOMÉTRICAS E ARMADURAS EM LAJES, FUNDAÇÕES E VIGAS
- INTEROPERABILIDADE COM BIM, REVIT, SAP2000 E ETABS
- GERAÇÃO DE MALHAS TOTALMENTE AUTOMÁTICA E CONFIGURÁVEL ATRAVÉS DE MACRO ELEMENTOS

INFORMAÇÃO GERAL

MODELAÇÃO

- Templates para lajes fungiformes, vigadas, nervuradas, aligeiradas, ensoleiramentos, sapatas isoladas ou agrupadas
- Opções de visualização do modelo físico e analítico
- Definição de grelhas através de eixos cartesianos ou cilíndricos
- Geração automática de plantas e alçados
- Ferramentas de desenho produtivas e eficientes
- Cotagem em desenho
- Ferramentas de geração e edição da malha
- Ferramentas para atribuição de excentricidades e conectividade entre nós

COMPONENTES ESTRUTURAIS

- Ensoreiramentos, sapatas, estacas, maciços de encabeçamento de estacas e vigas de fundação
- Pilares, paredes e rampas
- Lajes e bandas de integração
- Pré-esforço em lajes, vigas e fundações
- Molas (Springs)
- Elementos rígidos (Stiffs) para simular elementos verticais de apoio das lajes

AÇÕES

- Ações definidas pelo utilizador (forças, momentos, deslocamentos, temperaturas, tensões e pressões)
- Cargas pontuais, lineares, trapezoidais e de área
- Alternância automática de sobrecargas em lajes
- Ações e perdas nos cabos de pós-tensão

ANÁLISE

- Motor de análise SAP Fire TM (análise modal Eigen e Ritz, e múltiplos solvers de 32 e 64 bits)
- Análises estáticas
- Análises dinâmicas (modal e espectro de resposta)
- Controlo da deformação e mapas de abertura de fendas
- Análises não lineares: comportamento fendilhado, contacto não linear com o terreno (uplift) e efeitos diferidos (fluência e retração)

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

- Lajes de betão armado e pós-tensionadas
- Dimensionamento de lajes através do método das bandas e método dos elementos finitos
- Vigas de betão armado e pós-tensionadas
- Verificação do punçoamento
- Verificação das tensões nos cabos de pós-tensão
- Normas americanas, britânicas, chinesas, europeias, turcas, canadianas, indianas, entre outras

RESULTADOS

- Deformada elástica e a longo prazo
- Diagramas de esforços em vigas e bandas de integração
- Mapas de tensões e pressões de contacto no terreno
- Reações
- Deslocamentos
- Gráficos e tabelas de resultados
- Animações em vídeos
- Vistas renderizadas

PORMENORIZAÇÃO

- Geração de desenhos com pormenorização integrada a todos os níveis
- Tabelas informativas sobre vigas, lajes e fundações
- Quadro de sapatas
- Cortes (Section cuts) e plantas com representação de armaduras
- Pormenores de armaduras em lajes, vigas e fundações
- Visualização do diagrama com a armadura definida VS armadura necessária
- Cabos de pós-tensão ou número de cabos resultante, com indicação das ancoragens, tensões nas extremidades e excentricidades
- Impressão (papel ou geração de PDF) dos desenhos
- Exportação para formatos DXF ou DWG

FERRAMENTAS

- Relatórios de cálculo

INTEROPERABILIDADE COM OUTROS PROGRAMAS E FORMATOS

- Edição interativa do modelo através do Excel e ficheiros de texto
- Exportação e importação de ficheiros AutoCAD e modelos Revit
- Exportação de relatórios de cálculo para Word

MODELAÇÃO RÁPIDA DE LAJES E FUNDAÇÕES

Escolha de templates com introdução prévia de:

- Sistema de grelhas e coordenadas
- Geometria das lajes, capitéis, fundações e pilares
- Traçado dos cabos de pós-tensão
- Restantes cargas permanentes e sobrecarga em lajes
- Esforços P, Mx, My em fundações
- Módulo de reação do solo

Vários templates para modelação de:

- Lajes fungiformes
- Lajes vigadas
- Lajes aligeiradas
- Lajes nervuradas
- Sapatas isoladas
- Sapatas agrupadas
- Ensoleiramentos

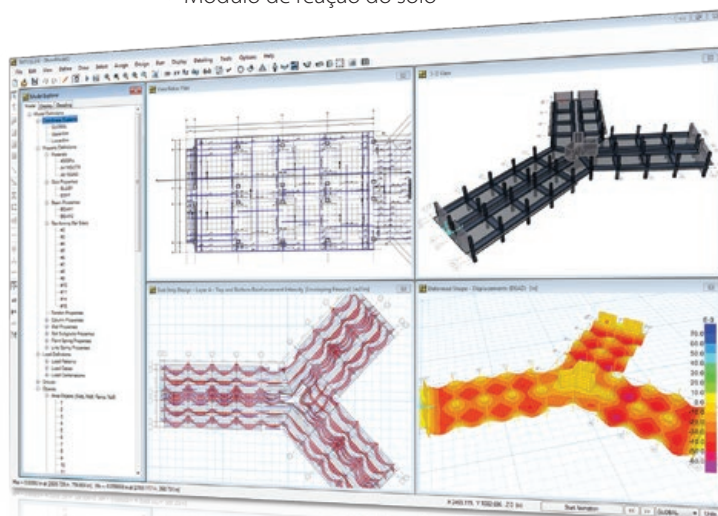
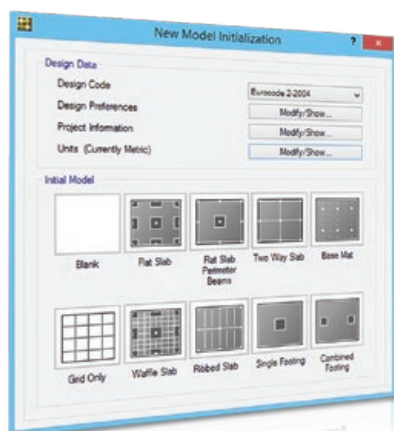


Imagem 1: Templates disponíveis e interface de modelação

FERRAMENTAS INTELIGENTES PARA MODELAÇÃO

- ▶ Comandos semelhantes aos frequentemente utilizados em outros programas de modelação e desenho
- ▶ Detecção automática de intersecções e extensões, paralelismos e perpendicularidades
- ▶ Importação de desenhos em formato DXF/DWG para geração de lajes e fundações
- ▶ Sistema de coordenadas próprias definido em relação a um determinado ponto ou linha
- ▶ Desenho rápido de alçados para qualquer vista escolhida pelo utilizador
- ▶ Opções automáticas para geração da malha de forma a garantir um bom rácio de aspeto
- ▶ Cotagens em desenho referenciadas aos objetos e com atualização automática
- ▶ Atribuição de excentricidades entre o centro geométrico da secção e os nós em cada uma das extremidades para modelação real da estrutura
- ▶ Molas definidas através de pontos, linhas ou áreas, com comportamento à compressão e tração, para simulação das propriedades do solo

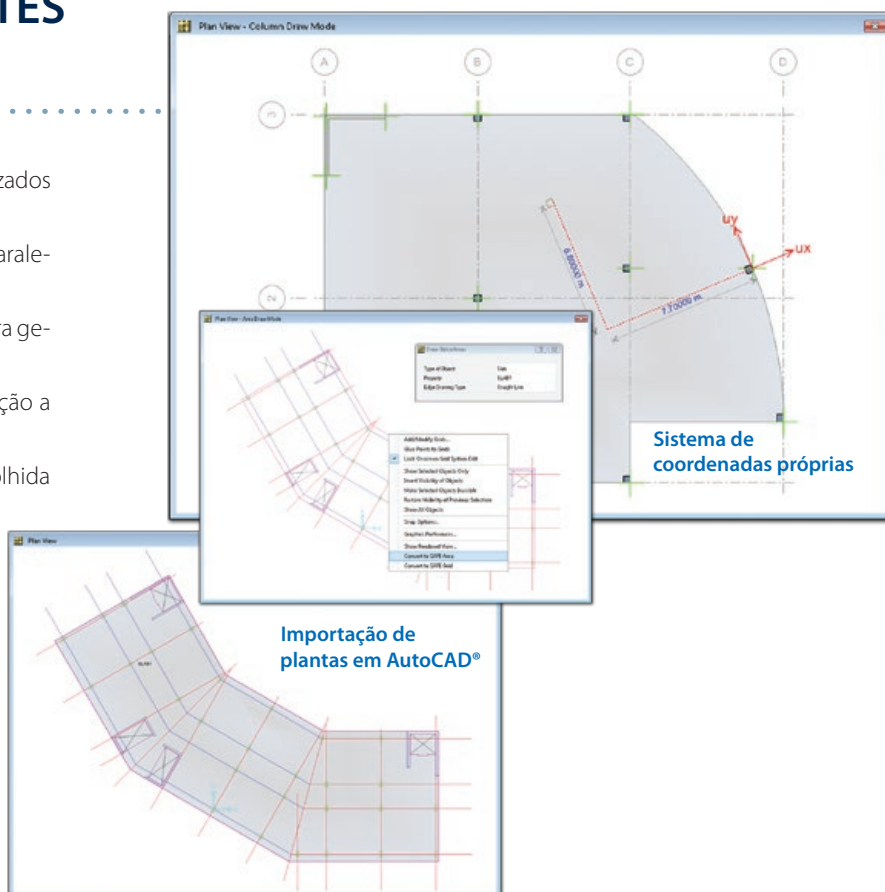


Imagem 2: Ferramentas para modelação

FACILIDADE DE OBTENÇÃO DE ENVOLVENTES ATRAVÉS DE ALTERNÂNCIA DE SOBRECARGAS

- Considera a alternância de sobrecargas de forma simples e prática
- Pode ser definida de forma manual ou gerada automaticamente a partir das bandas de integração definidas no dimensionamento
- Combina automaticamente os resultados máximos e mínimos dos momentos, esforço transversal e reações, obtidos para cada painel de laje
- O dimensionamento e cálculo de armaduras baseiam-se nos valores de esforços máximos, mínimos e envoltentes

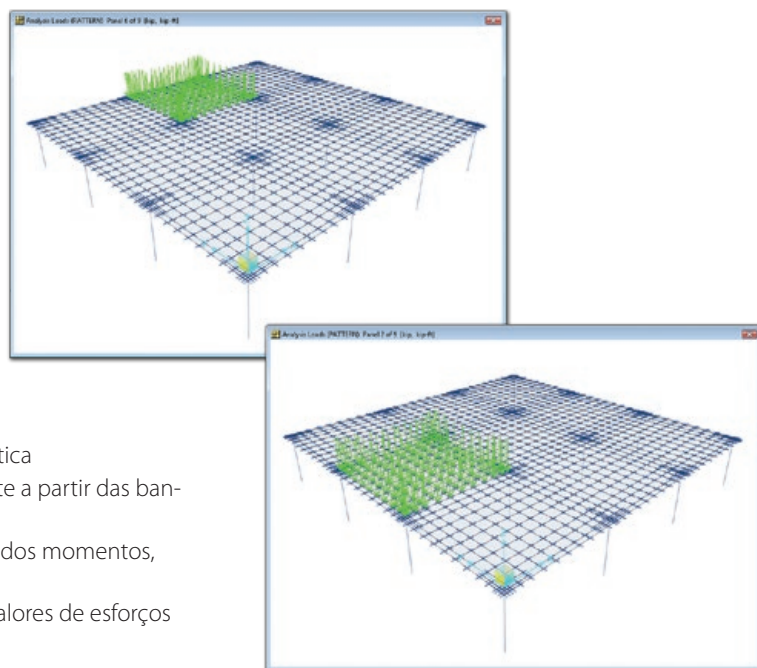


Imagem 3: Alternância de sobrecarga automática em laje

MÁXIMA PRODUTIVIDADE NO DIMENSIONAMENTO DE LAJES, VIGAS E FUNDAÇÕES PÓS-TENSIONADAS



Imagem 4: Edição do traçado e perdas nos cabos

- Permite configurar os cabos de pós-tensão de forma manual ou automática, definindo:
 - o tipo de aço e área dos cordões
 - o número de cordões por cabo
 - o tipo de cabos: aderentes e não aderentes
 - a percentagem máxima e mínima para o balanceamento das cargas permanentes

- o nível máximo e mínimo de pré-compressão nos cabos
- a largura das bandas de integração para os cabos concentrados sobre os pilares
- o espaçamento entre cabos
- Introdução da tensão de puxe em cada extremidade dos cabos
- Editor de traçado dos cabos intuitivo, permitindo configurar geometrias, excentricidades e traçados
- Inúmeros traçados lineares e parabólicos pré-definidos
- Traçados automáticos para otimização do estado de pré-compressão na laje e balanceamento das cargas permanentes
- Total flexibilidade para definir as perdas nos cabos, possibilitando quantificar as perdas iniciais e diferidas:
 - através de uma percentagem estimada pelo utilizador
 - impondo um valor limite para as tensões máximas nos cabos
 - especificando em detalhe as perdas iniciais no cálculo:
 - Atrito
 - Reentrada de cunhas
 - Deformação instantânea do betão
 - especificando em detalhe as perdas diferidas no cálculo:
 - Fluência do betão
 - Retração do betão
 - Relaxação das armaduras
- Visualização das tensões ao longo dos cabos através:
 - das bandas de integração para valores de tensões positivas e negativas
 - dos elementos finitos para as fibras superiores e inferiores
- Verificação das tensões em 3 fases distintas de forma automática ou manual:
 - no momento da aplicação da força de puxe
 - após as perdas iniciais
 - a longo prazo

INTEGRAÇÃO AUTOMÁTICA E ARBITRÁRIA DE ESFORÇOS EM LAJES E FUNDAÇÕES

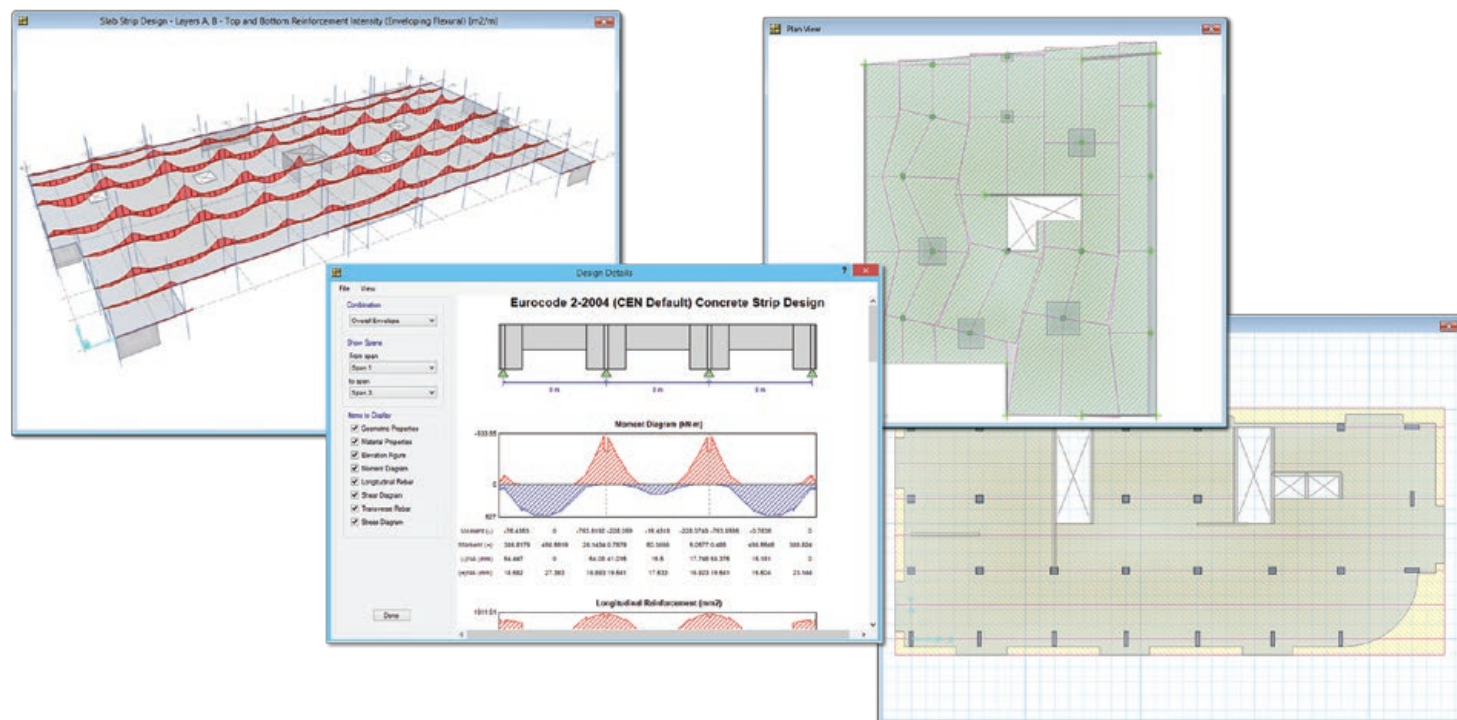


Imagem 5: Esforços nas bandas de integração e relatório de cálculo

A obtenção de esforços em lajes e fundações pode ser realizada através do:

- › método dos elementos finitos (MEF)
- › método das bandas de integração de esforços:
 - em que cada banda é analisada de forma independente
 - em que se altera a rigidez relativa entre o pilar e a laje para simular o comportamento bidirecional

O método das bandas de integração de esforços permite:

- › aumentar a produtividade e eficiência no dimensionamento de lajes e fundações
- › integrar os esforços (M, V, N, T) em lajes e fundações com extrema facilidade e rapidez
- › definir bandas de integração com qualquer geometria:
 - ortogonais
 - não-ortogonais
 - multi-segmentadas
 - variáveis
- › definir bandas centrais e sobre os pilares com largura:
 - automática (a partir de larguras de influência), muito úteis no pré-dimensionamento rápido de estruturas
 - manual, para geometrias mais complexas
- › visualizar facilmente a largura das bandas longitudinais e transversais no modelo

- › otimizar a largura das bandas e o respetivo cálculo das armaduras
- › calcular automaticamente as quantidades de armadura longitudinais e de esforço transverso nas bandas longitudinais e transversais, de acordo com as preferências de dimensionamento
- › estabelecer valores de armaduras mínimas para uma ou duas direções, de acordo com vários códigos internacionais
- › consultar a envolvente de armaduras ao longo das bandas de integração
- › visualizar as quantidades de armadura nas bandas através de:
 - valores de armadura por metro (cm²/m)
 - valores totais resultantes (cm²)
 - diâmetros e espaçamentos

Dimensionamento automático de acordo com os regulamentos:

- Europeus (Eurocódigo 2-2004)
- Italianos (NTC 2008)
- Americanos (ACI 318 e AS 3600)
- Britânicos (BS 8110)
- Chineses (Chine 2010)
- Hong Kong CoP 2013
- Canadianos (CSA A23.3-04)
- Indianos (IS 456-2000)
- Neo-zelandeses (NZS 3101-06)
- Singapore CoP 65
- Turcas (TS 500-2000)

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DE BETÃO ARMADO E PÓS-TENSIONADAS

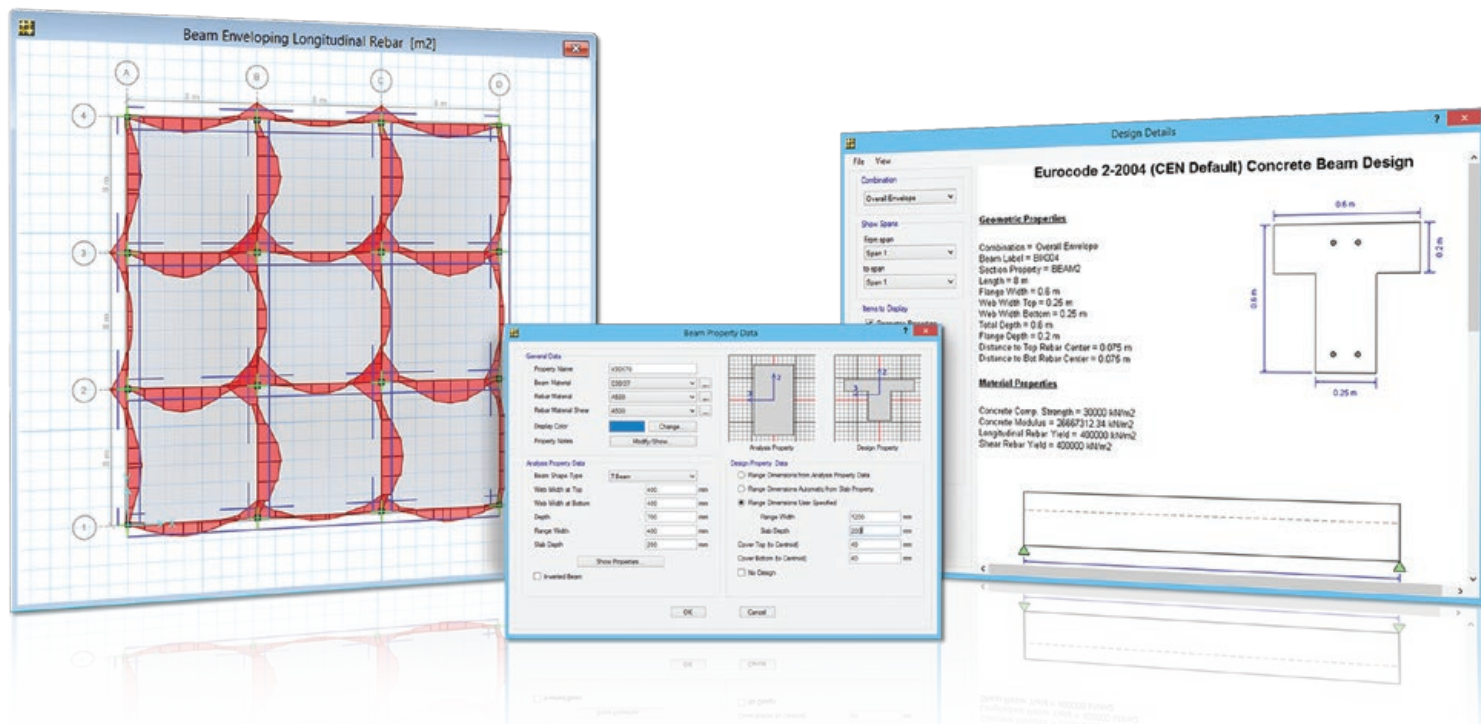


Imagem 6: Dimensionamento automático de vigas de betão armado

- ▶ É possível considerar secções:
 - retangulares
 - circulares
 - em forma de T e L com possibilidade de invertê-las
 - genéricas
- ▶ Possibilidade de escolher secções de vigas diferentes para a análise e dimensionamento, permitindo:
 - considerar a contribuição da laje no dimensionamento e cálculo de armaduras da viga de forma automática (a partir das propriedades da laje), ou de forma manual
 - diferenciar o modelo de análise do modelo utilizado no dimensionamento sem precisar de definir duas secções ou dois modelos distintos
 - considerar um modelo para a análise de deformadas diferente do modelo para o dimensionamento
- ▶ Visualização ao longo da viga e de forma rebatida no plano da laje:
 - dos momentos fletores, esforço transversal, esforço axial e torsão
 - das tensões normais e de corte
 - das quantidades de armadura à flexão
 - das quantidades de armadura devido ao esforço transversal e torsão
- ▶ Possibilidade de visualizar as quantidades totais de armaduras longitudinais e estribos ao longo da viga
- ▶ Definir valores de armaduras mínimas de acordo com vários códigos internacionais
- ▶ Numa primeira iteração, é desprezado o contributo da armadura de compressão, mas se o resultado não for adequado, será calculada a armadura de compressão necessária
- ▶ Geração de relatórios de cálculo detalhados com envolventes de esforços e armaduras
- ▶ Possibilidade de adicionar a pós-tensão em vigas genéricas
- ▶ Dimensionamento automático de acordo com os regulamentos:
 - Europeus (Eurocódigo 2-2004)
 - Italianos (NTC 2008)
 - Americanos (ACI 318 e AS 3600)
 - Britânicos (BS 8110)
 - Chineses (Chinese 2010)
 - Hong Kong CoP 2013
 - Canadianos (CSA A23.3-04)
 - Indianos (IS 456-2000)
 - Neo-zelandeses (NZS 3101-06)
 - Singapore CoP 65
 - Turcas (TS 500-2000)

PROCEDIMENTO PRÁTICO PARA VERIFICAÇÃO DO PUNÇOAMENTO

- ▶ Verificação em cada pilar ou carga pontual através do Eurocódigo 2 e outros regulamentos
- ▶ Determinação automática do perímetro de controlo à distância de 2d para:
 - pilares interiores
 - pilares de canto
 - pilares de bordo
 - considerando a existência de aberturas
- ▶ Verificação das propriedades da laje para determinação da altura útil a utilizar
- ▶ Determinação dos rácios de armaduras de tração através das necessidades de armaduras calculadas
- ▶ Determinação da resistência ao punçoamento da laje
- ▶ Determinação da tensão máxima de punçoamento
- ▶ Verificação da necessidade de armadura de punçoamento e respetivo cálculo:
 - Estribos com configuração ortogonal e radial
 - Conectores específicos para resistência ao punçoamento
- ▶ Verificação da tensão máxima nas faces do pilar
- ▶ Verificação do punçoamento em torno dos capitéis efetuada de forma análoga à verificação em torno dos pilares ou outras forças concentradas
- ▶ Possibilidade de definir manualmente o perímetro de controlo, altura útil da laje, aberturas na laje, e armaduras de punçoamento
- ▶ Relatórios de cálculo detalhados

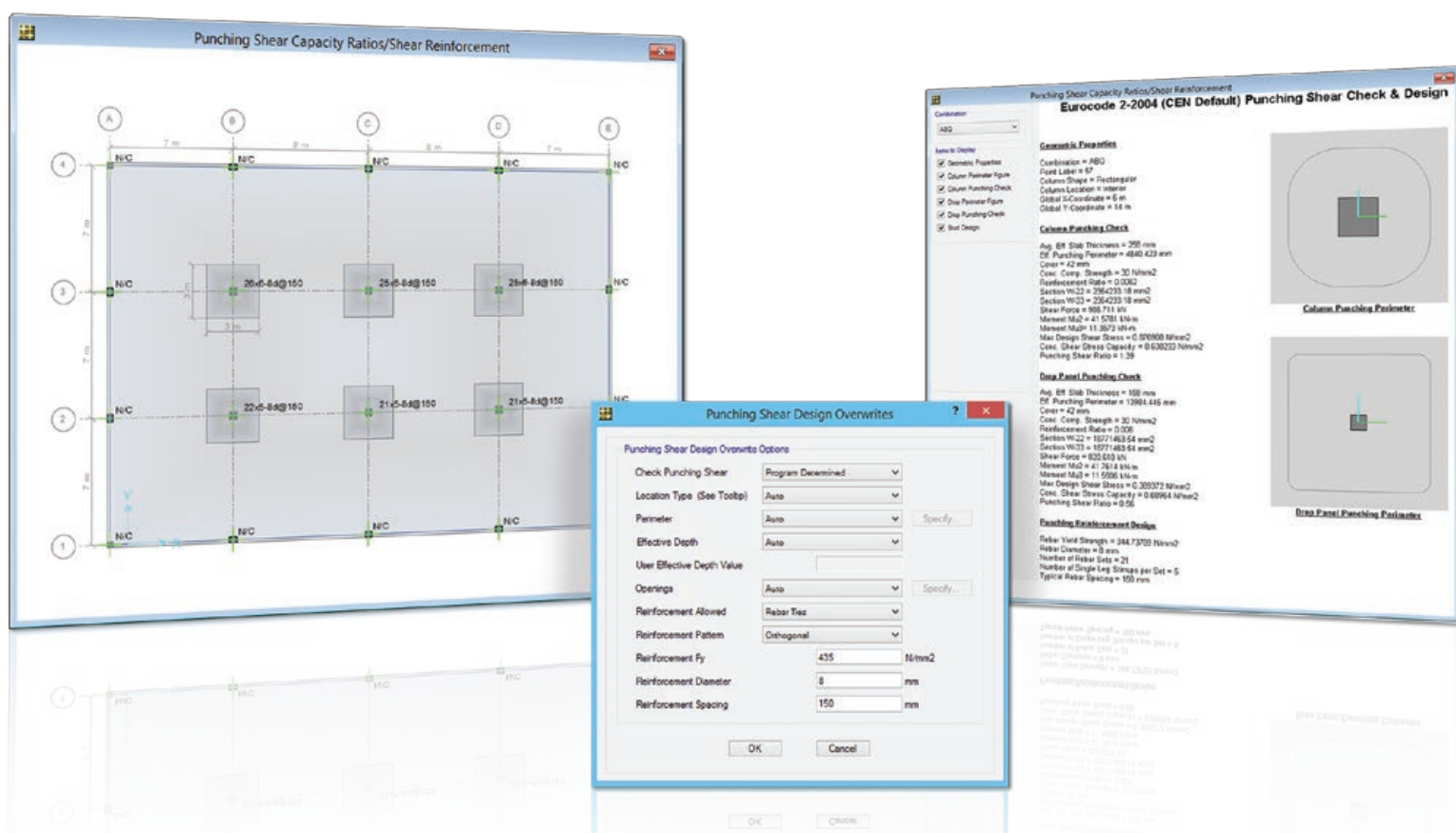


Imagem 7: Verificação do punçoamento no capitel e laje

FUNCIONALIDADES ESPECÍFICAS PARA O DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES

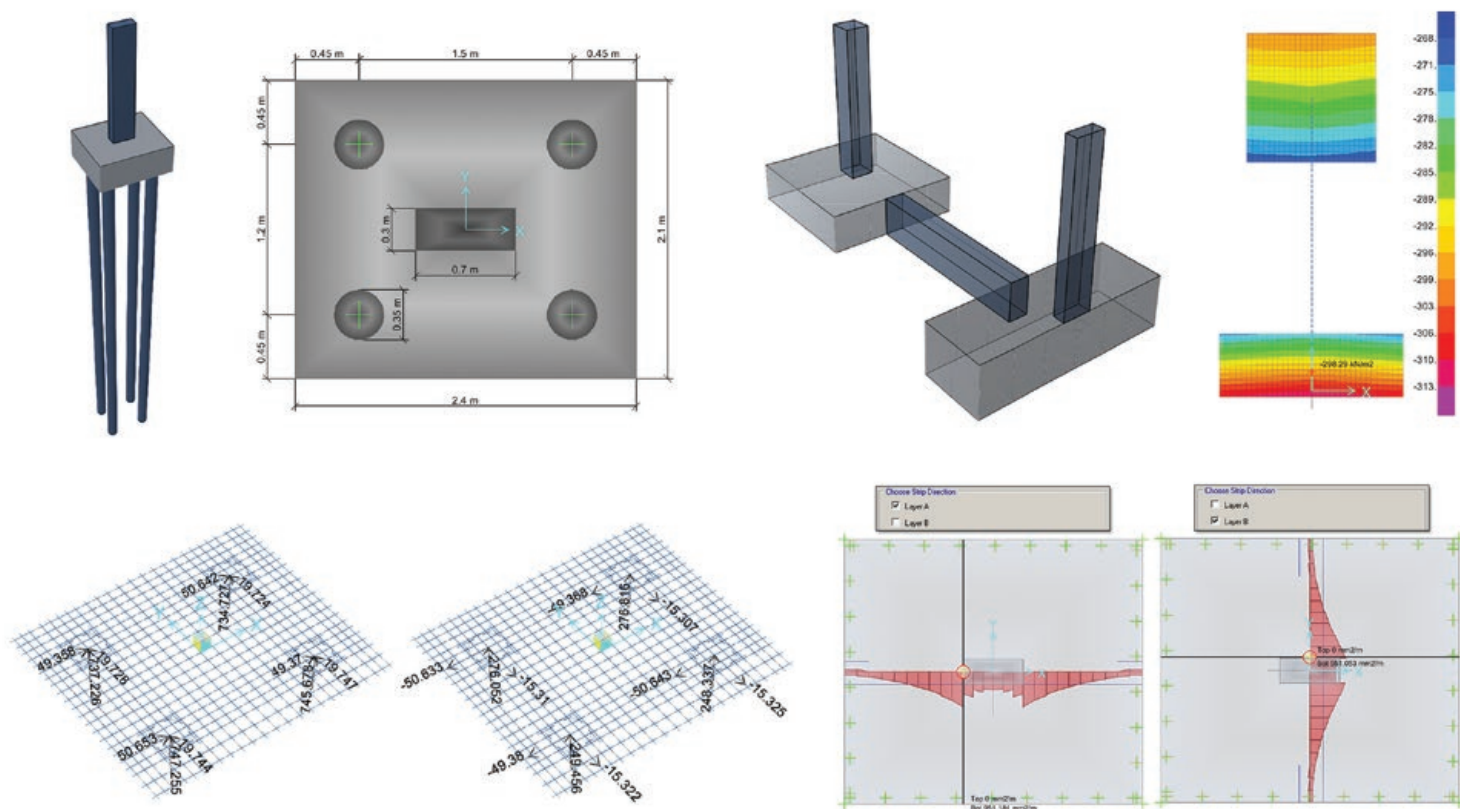


Imagem 8: Dimensionamento de fundações

- ▶ Propriedades especiais para modelação e dimensionamento dos seguintes elementos:
 - sapatas isoladas ou agrupadas
 - vigas de fundação
 - ensoleiramentos
 - estacas
 - maciços de encabeçamento de estacas
- ▶ Propriedade específica para simular os pilares ou paredes através de zonas rígidas (stiffs):
 - impede a deformação das sapatas, ensoleiramentos ou maciços de estacas nas áreas de intersecção com pilares ou paredes, mas sem contribuir para o dimensionamento
 - pode ser criado automaticamente quando se utilizam templates para iniciar a modelação
 - pode ser definido e desenhado manualmente em torno dos nós correspondentes
- ▶ Determinação das propriedades do solo através:
 - do módulo de reação
 - de molas de terreno com rigidez variável
- ▶ Visualização eficaz dos mapas de tensões no terreno e assentamentos:
 - validação imediata da existência de pressões positivas (trações) no terreno
- criação automática de casos de análise com molas não-lineares só de compressão, para evitar a geração de pressões positivas
- cálculo imediato da redistribuição de tensões nas fundações após adaptações da sua geometria
- ▶ Inclusão da fendilhação, fluência e retração do betão no dimensionamento de fundações através de análises não lineares
- ▶ Dimensionamento rigoroso de fundações tendo em conta:
 - os vários regulamentos europeus (Eurocódigo 2), americanos, britânicos, turcos, chineses, entre outros
 - as bandas de integração de esforços, semelhantes às utilizadas em lajes
 - o cálculo automático de armaduras superiores e inferiores de acordo com as preferências de dimensionamento
 - a definição de valores de armaduras mínimas para uma ou duas direções
 - a consulta da envolvente de armaduras ao longo das bandas de integração
 - a verificação do punçoamento
- ▶ Possibilidade de adicionar cabos de pós-tensão em sapatas e ensoleiramentos

VERIFICAÇÕES EM ESTADO LIMITE DE SERVIÇO PARA LAJES E FUNDAÇÕES

Controlo da fendilhação:

- ▶ cálculo da largura de fendas segundo a metodologia da secção 7.3.4 do Eurocódigo 2
- ▶ visualização de mapas de abertura de fendas nas faces inferior e superior

Controlo da deformação:

- ▶ processo iterativo para determinar o rácio de modificação da rigidez à flexão para cada elemento finito:
 - cálculo do momento baseado na análise elástica
 - determinação das armaduras de tração calculadas pelo SAFE ou introduzidas pelo utilizador
 - cálculo do momento de fendilhação
 - cálculo do coeficiente de distribuição
 - determinação das curvaturas para o estado não fendilhado e totalmente fendilhado
 - cálculo da curvatura para o momento aplicado

- cálculo do modificador de rigidez à flexão
- cálculo do deslocamento utilizando o modificador
- execução de iterações até que a alteração do máximo deslocamento seja suficientemente pequena ou até que se atinja o limite máximo de iterações

- ▶ Podem ser criados casos de análise não-linear para o cálculo das deformações a longo prazo, incluindo:

- fendilhação
- fluência
- retração

- ▶ Escolha da armadura a considerar nas análises não-lineares de fendilhação tendo em conta:

- a introdução específica pelo utilizador
- a área de armadura calculada automaticamente em Estado Limite Último
- duas malhas uniformes definidas pelo utilizador para as faces superior e inferior da laje
- a definição de percentagens mínimas de armadura

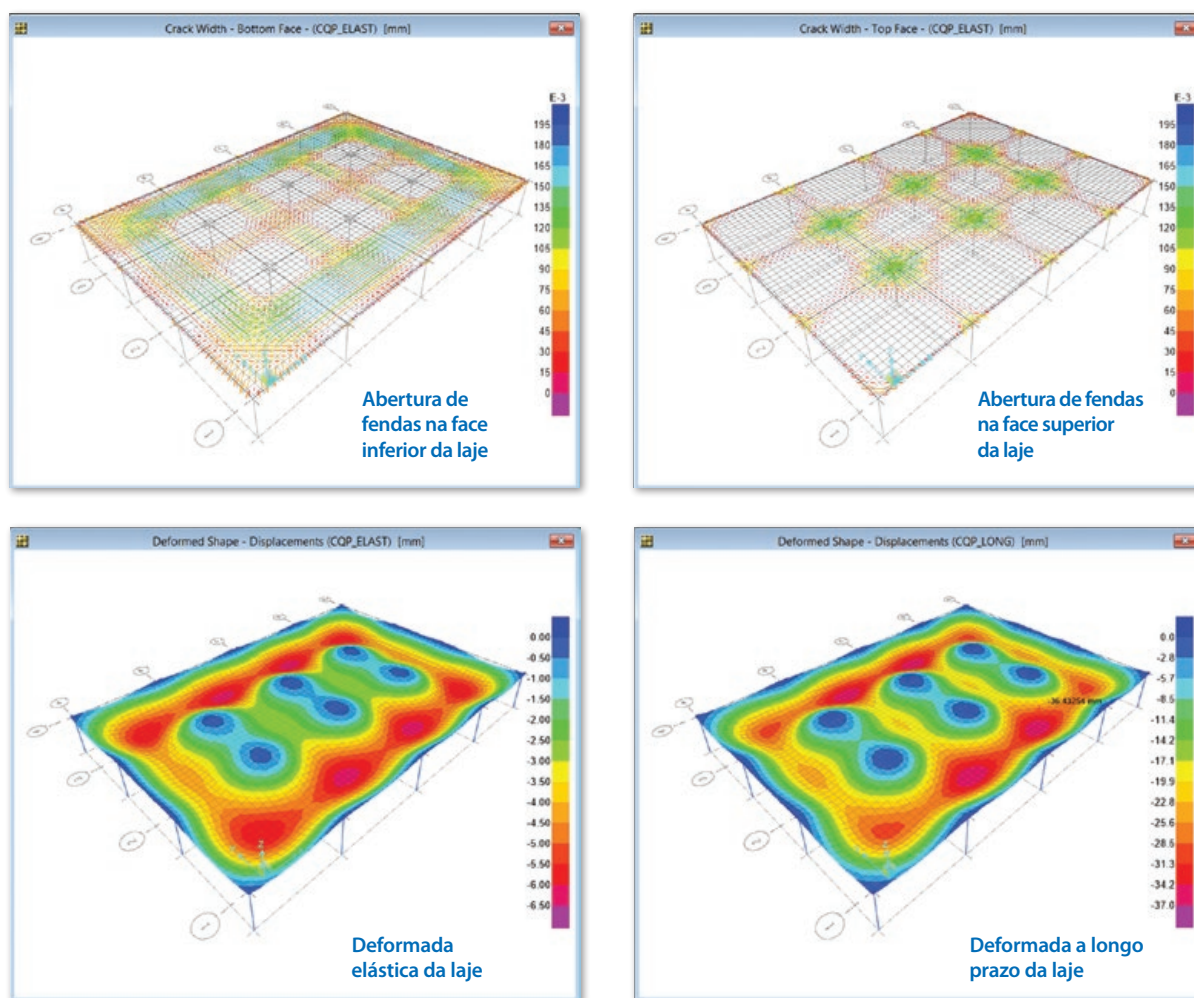


Imagem 9: Verificações para Estado Limite de Serviço

INTEROPERABILIDADE COM OUTROS PROGRAMAS

ETABS® e SAP2000®:

- › Importação de secções, geometrias, carregamentos e reações
- › Bastante produtivo na importação de reações ao nível das fundações, provenientes de modelos ETABS e SAP2000, para posterior modelação e dimensionamento no SAFE
- › Opções de exportação do ETABS e SAP2000 para o SAFE que permitem:
 - exportar apenas as cargas do piso
 - exportar as cargas do piso juntamente com a(s) do(s) piso(s) acima deste
 - exportar as cargas do piso e distorções nos pilares e paredes, para garantir a importação das cargas laterais devidas ao sismo, vento, entre outras, para o SAFE

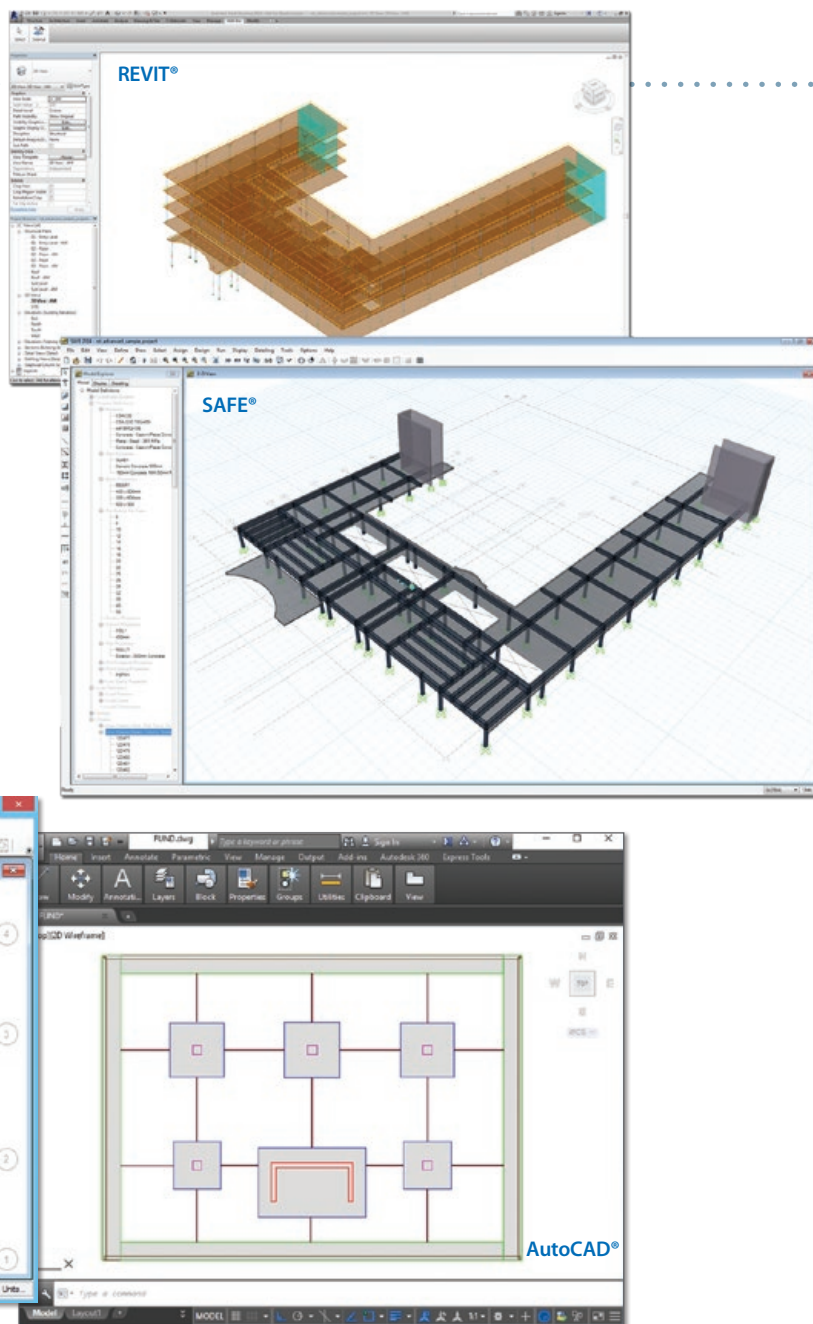


Imagem 10: Interoperabilidade com outros programas

Revit Structure®:

- › Exportação de um modelo do Revit Structure para criar um novo modelo no SAFE
- › Exportação de um modelo do Revit Structure para atualizar um modelo existente no SAFE
- › Importação de um modelo SAFE para criar um novo modelo no Revit Structure
- › Importação de um modelo SAFE para atualizar um modelo existente no Revit Structure

AutoCAD®:

- › Modelação estrutural extremamente rápida a partir de desenhos DXF ou DWG
- › Desenho rápido de lajes, vigas, vigas de fundação, muros, paredes, sapatas e ensoleiramentos através dos layers desenhados em plantas DXF/DWG com a definição geométrica da estrutura
- › Exportação de ficheiros para AutoCAD em formato DXF/DWG

PORMENORIZAÇÃO DE ESTRUTURAS

- Desenhos de armaduras e pormenores:
 - plantas de armaduras inferiores e superiores em lajes vigadas fungiformes e aligeiradas
 - cortes estruturais pormenorizados para lajes, vigas e ensoleiramentos
 - planta de fundações com numeração de sapatas
 - traçado dos cabos de pré-esforço com indicação de ancoragens, tensões nas extremidades e excentricidades
- Geração de pormenORIZAÇÕES incorporadas a todos os níveis:
 - atualização automática dos desenhos quando se efetuam alterações no modelo e dimensionamento
 - controlo de diâmetros de armaduras e respetivos espaçamentos
 - importação de legendas personalizadas a partir de ficheiros DXF
 - fácil personalização do tamanho e tipo de letras, cotas e localização da informação
 - impressão em papel ou geração de PDF dos desenhos
 - exportação de desenhos para formatos DXF ou DWG
- Tabelas e gráficos informativos para vigas, lajes e fundações:
 - quadro de sapatas e vigas com geometria e armaduras
 - quadro com medições de armaduras
 - gráficos de armadura definida VS armadura necessária

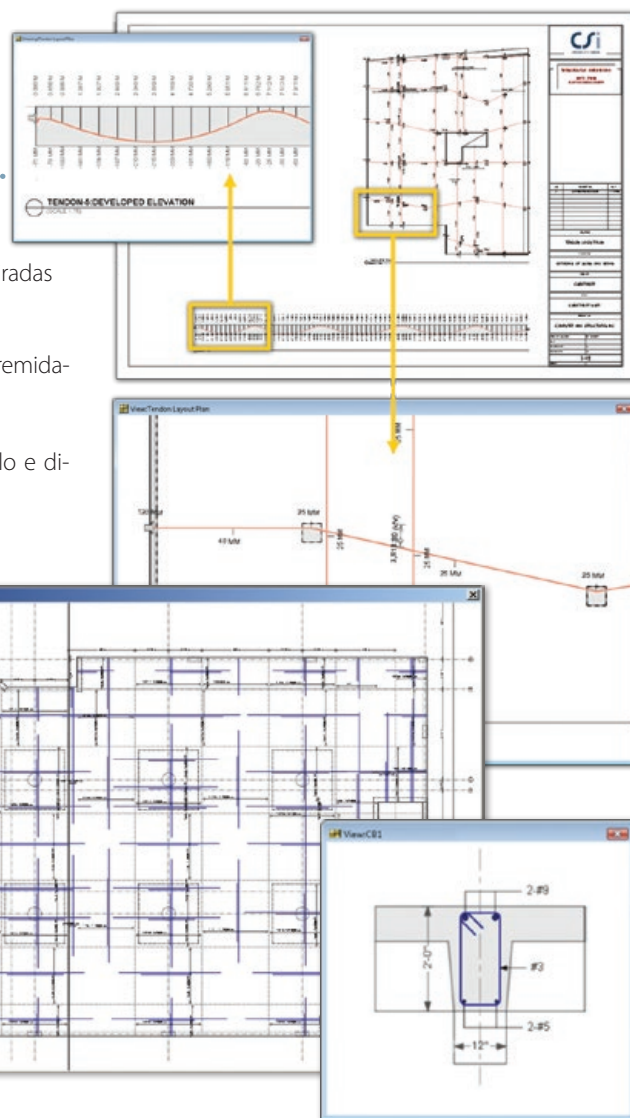


Imagem 11: Pormenorização de armaduras e traçado dos cabos em lajes pós-tensionadas

EDIÇÃO INTERATIVA DO MODELO ATRAVÉS DO EXCEL

- Edição da geometria, carregamentos e combinações de ações através de tabelas do Microsoft Excel e Microsoft Access
- É possível criar e modificar um modelo através do Excel, e em seguida exportar os resultados de dimensionamento do SAFE para o Excel, para aí serem processados
- Simplicidade na implementação de alterações em modelos SAFE através da importação de tabelas Excel
- Criação de folhas de cálculo personalizadas em Excel que funcionem como pré ou pós processadores
- Criação de algoritmos personalizados para implementação de verificações de projeto mais específicas
- Possibilidade de automatizar e configurar várias definições de carregamentos específicos para aplicar a fundações e lajes

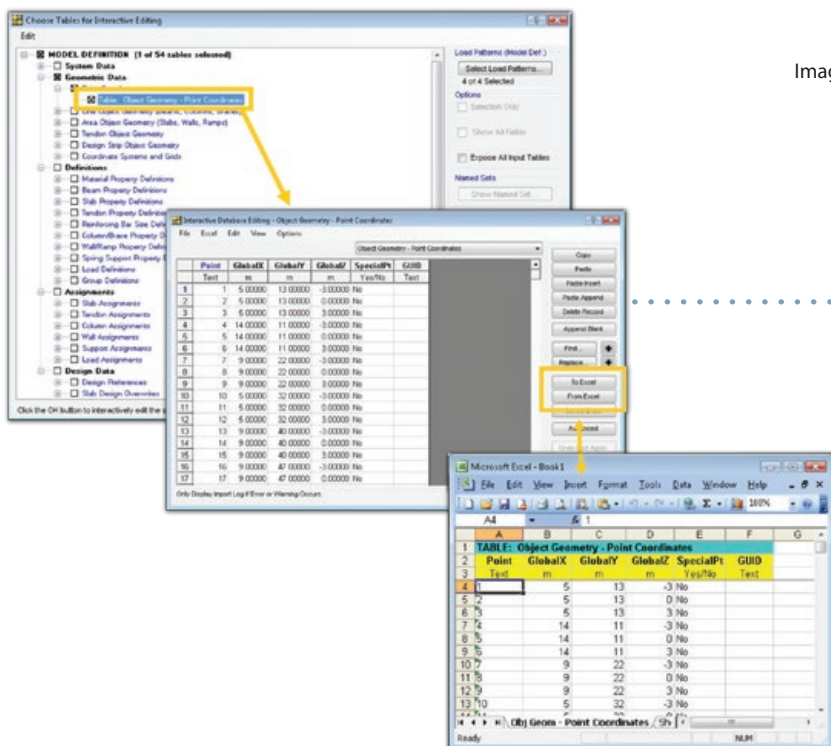


Imagem 12: Edição da geometria do modelo através de ficheiros Excel



www.csiportugal.com

geral@csiportugal.com

vendas@csiportugal.com

