

AVISOS IMPORTANTES

1. Responsabilidade do Usuário

O sistema **mCalc 3D** está sendo desenvolvido por profissionais qualificados e especializados. As rotinas do sistema foram testadas simulando inúmeras possibilidades, por um número muito grande de profissionais.

Embora se tenha despendido um enorme esforço na elaboração e na validação dessas rotinas, é possível que sejam detectados problemas em casos ainda não testados.

A **STABILE ENGENHARIA LTDA.** agradecerá a indicação de eventuais erros observados quando da utilização do sistema.

Alerta-se que será da responsabilidade do usuário, além da verificação dos dados introduzidos, a verificação e aceitação dos resultados obtidos.

A proprietária desse sistema - **STABILE ENGENHARIA LTDA.** – seus distribuidores e representantes não poderão ser responsabilizados, a qualquer tempo, pelos resultados obtidos pelo sistema.

2. Condição de Licenciamento e estado de desenvolvimento do sistema

O sistema **mCalc 3D**, a seguir descrito, embora continue em constante desenvolvimento e aperfeiçoamento, está sendo licenciado do jeito em que ele está, não havendo nenhuma promessa formal, implícita ou explícita, de futuras atualizações ou de desenvolvimento de outras rotinas.

3. Proteção contra uso indevido

O sistema **mCalc 3D** está protegido contra uso indevido por meio de um *Rockey*.

Nunca confie nos resultados do cálculo de uma estrutura que tenha sido calculada sem que o *Rockey* tenha sido *plugado*. Certamente, serão obtidos resultados inconsistentes e não confiáveis.

4. Leitura do Manual do Usuário

O sistema **mCalc 3D** está muito bem documentado, com descrição desde sua instalação até a utilização das rotinas de geração, análise e dimensionamento das estruturas.

O **Manual do Usuário** (a referida documentação) foi redigido na forma de um *tutorial*, onde mais do que apresentar os tópicos do sistema, descrevem-se, passo a passo e com rica ilustração, os procedimentos a serem seguidos para se obter bons resultados na utilização desse sistema.

Por isso recomenda-se, **com veemência**, a leitura desse manual.

Certamente as respostas às dúvidas surgidas ou as soluções aos problemas observados na utilização do sistema terão resposta na leitura criteriosa do manual.

Lembrar que: quando tudo estiver perdido e nada parecer funcionar ... é hora de se ler o manual.

5. Manual Único do **mCalc 3D**

Tem-se um manual único para todo o sistema **mCalc 3D**. Dependendo da configuração e módulos licenciados, algumas características/rotinas descritas nesse manual não estarão disponíveis na instalação licenciada.

AGRADECIMENTOS

A **STABLE ENGENHARIA LTDA.** recebeu, desde o início do desenvolvimento desse sistema, a ajuda inestimável e desinteressada de inúmeras pessoas.

De público agradecemos essas valiosas contribuições, sem as quais seria muito mais difícil a elaboração do **mCalc 3D**.

Antecipadamente agradecemos as contribuições que ainda virão.

O aperfeiçoando do **mCalc 3D** é uma consequência inevitável da colaboração de todos, tornando-o uma imbatível ferramenta para projetos de estruturas metálicas.



Produto brasileiro



Desenvolvido no Rio Grande do Sul

... nesta terra que eu amei desde guri ! ...

.....
.....
*Mostremos valor constância
Nessa ímpia e injusta guerra
Sirvam nossas façanhas
De modelo a toda a Terra!
De modelo a toda a Terra!
Sirvam nossas façanhas
De modelo a toda a Terra.*

.....
.....
*Mas não basta pra ser livre
Ser forte, aguerrido ou bravo
Povo que não tem virtude
Acaba por ser escravo!*

(Trecho do Hino Riograndense)

CONTEÚDO

Capítulo 1. Uma Visão Geral

1.1 Introdução	1 -2
1.2 O pacote mCalc 3D	1 -4
1.3 Equipamento Necessário	1 -5
1.4. Instalando o mCalc 3D	1 -5
1.4.1 Problemas ao rodar o mCalc 3D	1 -6
1.5. Iniciando a usar o mCalc 3D	1 -6
1.6. Usando o mCalc 3D	1 -8
1.7. Apresentação Geral do mCalc 3D	1 -8
1.7.1 Módulo Home	1 -9
1.7.2 Módulo Geometria	1 -9
1.7.2.1 Desenhando a estrutura	1 -10
1.7.2.2 Importação de arquivos <i>DXF</i>	1 -10
1.7.2.3 Importação de uma subestrutura	1 -10
1.7.3 Módulo Ações	1 -12
1.7.4 Módulo Análise	1 -12
1.7.5 Módulo Dimensionamento	1 -13
1.7.6 Módulo Ligações	1 -13
1.7.7 Módulo Resultados	1 -13
1.8. Comandos/Recursos gerais do mCalc 3D	1 -14
1.8.1 Métodos de seleção	1 -14
1.8.1.1 Seleção Individual	1 -14
1.8.1.2 Por Retângulo/Janela	1 -14
1.8.1.3 Por Retângulo/Crossing	1 -14
1.8.1.4 Por Polígono	1 -14
1.8.1.5 Por Fence	1 -15
1.8.1.6 Tecla F9	1 -15
1.8.2 Métodos de deseção	1 -15
1.8.3 Ferramentas de precisão	1 -16
1.8.3.1 Nó mais próximo	1 -16
1.8.3.2 Ortho (F8)	1 -16
1.8.4 Comandos Gerais	1 -16
1.8.4.1 Exporta DXF	1 -17
1.8.4.2 Undo e Redo	1 -17
1.8.4.3 Mover tela	1 -17
1.8.4.4 Orbit.....	1 -17
1.8.4.5 Zoom por Janela	1 -17
1.8.4.6 Zoom mais e Zoom menos	1 -17
1.8.4.7 Zoom Enquadrar	1 -17
1.8.4.8 Cópia Propriedades.....	1 -17
1.8.4.9 Cópia Plano.....	1 -18
1.8.4.10 Distância.....	1 -18
1.8.4.11 Selecionar Plano	1 -18
1.8.4.12 Inverter Seleção	1 -18
1.8.4.13 Selecionar Plano	1 -18

4.2.7	Comando Extend.....	4 -7
4.2.8	Comando Interseccionar.....	4 -8
4.2.9	Comando Copiar.....	4 -9
4.2.10	Comando Array.....	4 -10
4.2.11	Comando Espelhar.....	4 -10
4.2.12	Comando Mover Barras.....	4 -11
4.2.13	Comando Offset.....	4 -11
4.2.14	Comando Rotacionar.....	4 -12
4.2.15	Comando Escalar.....	4 -13
4.2.16	Comando Inverter.....	4 -13
4.2.17	Comando Renumerar.....	4 -13
4.2.18	Comando Descontinuidades.....	4 -14
4.2.19	Comando Barra Solta.....	4 -15
4.2.20	Comando Subestrutura.....	4 -16
4.2.21	Comando Alinhar.....	4 -16
4.2.22	Comando Rotacionar Eixos Locais.....	4 -18
4.2.23	Comando Alinhar.....	4 -18
4.2.24	Comando Desbloquear PAV.....	4 -18
4.3	Menu Nós.....	4 -18
4.3.1	Comando Editar.....	4 -19
4.3.2	Comando Coordenada.....	4 -19
4.3.3	Comando Vinculação.....	4 -20
4.3.4	Comando Mover Nós.....	4 -21
4.3.5	Comando Renumerar Nós.....	4 -22
4.3.6	Comando Nós Semi-rígidos.....	4 -22
4.3.7	Comando Numerar.....	4 -24
4.3.8	Comando Texto Nó.....	4 -24
4.4	Menu Eixos.....	4 -25
4.4.1	Comando Novo Eixo.....	4 -25
4.4.2	Comando Renomear.....	4 -26
4.4.3	Comando Renomear Todos.....	4 -27
4.5	Menu Diafragma Rígido.....	4 -28
4.5.1	Comando Adicionar.....	4 -28
4.5.2	Comando Adicionar Barra.....	4 -29
4.5.3	Comando Ponto Médio.....	4 -30
4.6	Edição de Layers.....	4 -31
4.6.1	Aplicando layers às barras.....	4 -32

Capítulo 5. Módulo Prédios

5.1	Introdução	5 -2
5.2	Geração Automática de Pavimentos	5 -3
5.3	Comandos Gerais do Módulo Prédios.....	5 -6
5.3.1	Comando Adicionar Pavimentos	5 -6
5.3.2	Comando Aplicar	5 -6
5.3.3	Comando Excluir Pavimentos	5 -7
5.3.4	Comando Importar DXF	5 -7
5.3.5	Comando Copiar Tipo de Pavimento	5 -7
5.3.6	Comando Propriedades	5 -8
5.3.7	Comando Importar Pavimento do Calc 2D	5 -8

5.3.8 Comando Apagar Tudo	5 -8
5.3.9 Comando Gerador	5 -9
5.4 Gerando Pavimentos.....	5 -9
5.4.1 Ferramentas para Geração de Eixos	5 -9
5.4.2 Ferramentas para Gerar e Editar Vigas	5 -13
5.4.3 Ferramentas para Gerar e Editar Paredes	5 -14
5.4.4 Ferramentas para Gerar e Editar Lajes	5 -15
5.4.5 Ferramentas para Inserir Pilares	5 -16
5.5 Módulo Pilares.	5 -17
5.6 Módulo Vento.	5 -17

Capítulo 6. Módulo Ações

6.1 Introdução	6 -2
6.2 Comando Ação Concentrada	6 -2
6.3 Comando Valor A.C.	6 -3
6.4 Comando Ação Distribuída	6 -3
6.5 Comando Valor A.D.	6 -4
6.6 Comando Copiar Ação	6 -5
6.7 Comando Copiar Estado	6 -5
6.8 Comando Definição dos Estados de Ações	6 -6
6.9 Comando Peso Próprio.....	6 -7
6.10 Comando Editar Cargas Distribuídas	6 -8
6.11 Comando Distribuir	6 -8

Capítulo 7. Módulo Análise

7.1 Análise Linear.....	7 -2
7.2 Análise Não Linear	7 -3
7.2.1 Elemento de Cabo	7 -3
7.3 Combinações de Ações	7 -4
7.4 Envoltória dos Máximos e Mínimos	7 -6

Capítulo 8. Módulo Dimensionamento

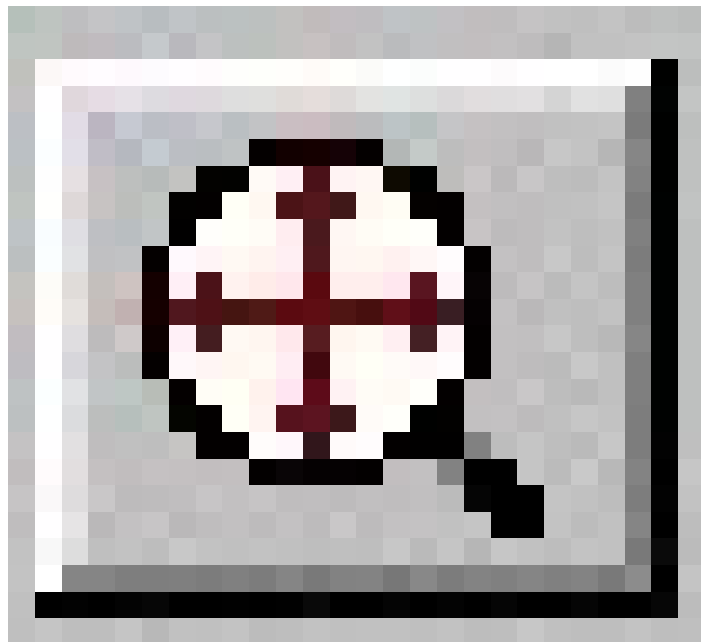
8.1 Introdução	8 -2
8.2 Menu Dimensionar	8 -3
8.2.1 Comando Dimensionar.....	8 -3
8.2.2 Comando Exibir %.....	8 -25
8.2.3 Comando Exibir DIM.....	8 -25
8.2.4 Comando Exibir Cores.....	8 -25
8.2.5 Comando Exibir Seção.....	8 -25
8.2.6 Comando Auto DIM.....	8 -26
8.2.7 Comando Planilha.....	8 -28
8.2.8 Comando Travamento Lateral.....	8 -30
8.2.9 Comando Modificar Aço.....	8 -33
8.2.10 Comando Lista de Material.....	8 -34
8.3 Menu Combinada	8 -34
8.3.1 Comando Combinar Barras.....	8 -35
8.3.2 Comando Exibir Combinadas.....	8 -36
8.4 Menu Grupos	8 -37
8.5 Menu Viga Mista	8 -40

8.5.1 Comando Dimensionar Viga Mista.....	8 -40
8.5.2 Comando Adicionar Viga Mista.....	8 -56
8.5.3 Comando Redefinir Viga Mista.....	8 -58
8.5.4 Comando Exibir Viga Mista.....	8 -59
8.6 Menu Pilar Misto	8 -60
8.6.1 Comando Adicionar Pilar Misto.....	8 -60
8.6.2 Comando Redefinir.....	8 -61
8.6.3 Comando Exibir.....	8 -61
8.6.4 Comando Atualizar.....	8 -62
8.6.5 Comando Renomear.....	8 -62
8.6.6 Comando Dimensionar Pilar Misto.....	8 -62
 Capítulo 9. Módulo Ligações	
9.1 Introdução	9 -2
9.2 Comando Adicionar	9 -2
9.3 Comando Dimensionar Ligação.....	9 -5
9.4 Comando Exibir %.....	9 -8
9.5 Comando Exibir Cores.....	9 -9
 Capítulo 10. Módulo Resultados	
10.1 Introdução	10 -2
10.2 Menu Resultados - Diagramas	10 -3
10.3 Menu Resultados - Análise Linear	10 -9
10.4 Menu Resultados - Dimensionamento	10 -9
10.5 Menu Resultados - Análise Não Linear	10 -12
10.6 Menu Resultados – Planta de Cargas	10 -13
10.7 Menu Resultados – Planilhas	10 -14
10.8 Menu Delta2/Delta1	10 -15
 Anexo A	
A.1 Exemplo 1	A -2
 Anexo B	
B.1 Exemplo 2	B -2

CAPÍTULO 1.



mCalc 3D 5.0 - UMA VISÃO GERAL



CAPÍTULO 1. mCalc 3D 5.0 - UMA VISÃO GERAL

1.1 INTRODUÇÃO

A **STABILE ENGENHARIA LTDA.** é uma empresa projetista de estruturas metálicas, atuando no mercado de Engenharia Estrutural desde OUT/1975, com trabalhos em vários países da América do Sul, tem o orgulho de apresentar o sistema que vai revolucionar a confecção de projetos de estruturas metálicas no mercado nacional: o sistema **mCalc 3D**.

A tônica do **mCalc 3D**, totalmente projetado e desenvolvido pela **STABILE®**, é que esse sistema tem a mesma facilidade de uso que o programa **mCalc** que já é sucesso nacional: fantástica geração automática de estruturas espaciais, um editor gráfico intuitivo, fácil ambiente para declaração de ações, um *solver* muito rápido e um módulo de **Dimensionamento** imbatível.

Lembra-se que esse programa vem suprir uma carência histórica no mercado: a ausência de softwares direcionados para estruturas espaciais de aço que sejam adequados à realidade da cultura da construção metálica nacional.

Esse sistema, desenvolvido por quem projeta estruturas metálicas desde SET/71, é uma poderosa ferramenta na confecção de projetos de Estruturas Metálicas e que é usada, pela **STABILE®**, para a confecção dos projetos estruturais encomendados por nossos clientes.

Essa carência, aliada às solicitações dos clientes em obter respostas ágeis e consistentes, determinou a necessidade da **STABILE®** em desenvolver o sistema **mCalc 3D**.

Programas para análise e dimensionamento de estruturas de barras são muito úteis quando se trabalha com projetos estruturais.

O sistema **mCalc 3D** é um conjunto de rotinas para a geração, análise e dimensionamento de estruturas espaciais.

Citam-se algumas características que foram implementadas no sistema:

- **Módulo GEOMETRIA E AÇÕES (Entrada de Dados)**

1. Editor gráfico realmente 3D interativo com comandos semelhantes aos do AutoCAD;
2. Sistema de *layers* semelhantes ao do AutoCAD, para manipulação de grupos de barras da estrutura;



3. Geração automática de dados de estruturas mais usadas em obras correntes:

- Geometria e propriedades das barras;
- Ações considerando vários estados de ações: peso próprio, ação permanente, sobrecarga, vento transversal e longitudinal e pressão interna;
- Cálculo Automático das ações do Vento;

4. Importação da geometria da estrutura a partir de um desenho gerado no AutoCAD.

• **Módulo de ANÁLISE**

- Pelo método da Rigidez Direta, montagem da matriz de rigidez com reordenação nodal para otimização da semilargura de banda e solução do sistema de equações por Gauss otimizado;
- Análise Não Linear pelo Método Incremental – *simple step*;
- 35 combinações de ações, considerando a ponderação correspondente a cada estado, visando obterem-se as solicitações de cálculo para o dimensionamento.

• **Módulo DIMENSIONAMENTO**

O módulo **Dimensionamento** sistematiza as orientações das normas NBR 14762:2010 para perfis formados a frio e da NBR 8800:2008 para perfis laminados ou soldados.

Ao nível da interação programa-usuário citam-se:

- Dimensionamento paramétrico **totalmente** interativo da estrutura, utilizando-se qualquer combinação dos perfis formados a frio/cantoneiras laminadas/perfis soldados adotados.
- Comando **AutoDimensionar** para dimensionamento automático que dimensiona a estrutura ou um grupo escolhido de barras pelo critério do menor peso.
- Escolha do perfil e suas dimensões no momento do dimensionamento.
- Fácil inclusão e remoção de perfis no banco de dados do programa.
- A cada barra dimensionada o programa informa a *performance* do perfil testado, i.e., a relação entre a solicitação e a resistência do perfil testado, possibilitando, assim, o menor consumo de aço possível da estrutura (fácil otimização da estrutura).



• Módulo LIGAÇÕES

Integração com o software **mCalc LIG 5.0**. Permite que o usuário selecione nós e barras que formam conexões e bases de pilar e dimensione no programa de ligações.

• Módulo RESULTADOS

1. Geração de relatório com dados da geometria, ações e da tabela de envoltória de máximos e mínimos, deslocamentos, solicitações e reações de apoio, para as combinações especificadas.
2. Relatório do Dimensionamento gerando exibindo a tabela de máximos e mínimos com os perfis adotados e *performances* de cada perfil.
3. Desenho da Deformada e dos Diagramas de Solicitações da estrutura para cada combinação de ações.
4. Verificação de flecha máxima. Este comando possibilita visualizar se as flechas foram excedidas conforme o limite determinado pelo usuário nas configurações.
5. Comando Delta 2/Delta 1 que permite avaliar a deslocabilidade da estrutura.

• Integração com outros programas

1. Exportação (DXF) do desenho – com numeração de nós, e/ou barras ou com marcação dos perfis adotados.
2. Exportação SDNF
2. Integração com o programa de estruturas mistas, **mCalc AC 5.0**, as vigas mistas são declaradas no módulo de **Prédios** e dimensionadas no módulo **Dimensionamento** do **mCalc 3D**.

1.2. O PACOTE **mCalc 3D**

O pacote do sistema **mCalc 3D** é composto por:

- Embalagem
- Manual do Usuário
- *Rockey*

Certifique-se que todos esses itens constam na documentação remetida. Em caso de



algum problema contate a **STABLE** e relate o problema.

O sistema **mCalc 3D** é composto por vários módulos:

- **Assistente de Projeto:** para geração automática de estruturas pré-engenheiradas
- **Geometria:** editor gráfico/modelador da estrutura
- **Prédios:** pré-processador para pavimentos metálicos
- **Ações:** editor (*input*) de ações
- **Análise:** módulo de análise da estrutura
- **Dimensionamento:** módulo de dimensionamento paramétrico da estrutura
- **Resultados:** relatórios da *Análise e Dimensionamento e diagramas do esforços*.

1.3. EQUIPAMENTO NECESSÁRIO

Por ter sido desenvolvido no ambiente *Windows* o sistema **mCalc 3D** rodará em qualquer computador que utilize o *Windows XP, Vista, Win 7, 8 ou 10*, entretanto sugere-se instalar o sistema num equipamento razoavelmente rápido (Pentium III ou equivalente) com boa placa de vídeo (mínimo 32MB), monitor de boa resolução (mínimo 800x600 pixels) e sobretudo com memória mínima de 512 MB.

1.4. INSTALANDO O **mCalc 3D**

A instalação do sistema **mCalc 3D** é simples e é conduzida pelo programa instalador:

- Coloca-se o pendriver na entrada USB;
- O programa de instalação rodará automaticamente;
- O instalador sugerirá o nome da pasta onde o programa será instalado. Caberá ao usuário aceitar ou não a sugestão.

Todos os módulos do sistema **mCalc 3D** são protegidos contra uso indevido por meio de um *Rockey*.

Nunca confie nos resultados do cálculo de uma estrutura que tenha sido calculada



sem que o *Rockey* tenha sido *plugado*.

Certamente, serão obtidos resultados inconsistentes e não confiáveis.


1.4.1 Problemas ao rodar o mCalc 3D

Ao rodar o mCalc 3D caso seja exibida uma mensagem de erro - “Ocorreu um erro no mCalc 3D” - ao se entrar no módulo **Análise** deve-se:

- Verificar se o *Rockey* está perfeitamente *plugado*
- Verificar os dados de entrada do modelo
- Verificar se a pasta onde o programa foi instalado (provavelmente: *C:\Arquivos de Programas\Stabile\mCalc3D*) está liberada para gravação

Caso ocorra algum problema na instalação, ou mesmo ao rodar o mCalc 3D entre em contato com a **STABILE** e relate o problema.

1.5. INICIANDO A USAR O mCalc 3D

Após a instalação do programa, para chamar-se o mCalc 3D basta clicar-se sobre o ícone criado pela instalação do programa .

Entretanto, antes de seu uso, sugere-se que seja processada uma personalização do programa. Chamando-se o menu *Exibir Preferências* acessam-se as configurações do mCalc 3D que tem várias opções:



Na aba *Geral*:

Proximidade mínima entre nós, para evitar nós sobrepostos.

Setando esta opção será aplicado o efeito da temperatura em todas as barras da estrutura.

Informar o coeficiente de dilatação térmica e a variação de temperatura.

Salvamento automático a cada intervalo de tempo.

*Configura a integração com os programas **mCalc LIG** e **mCalc AC***

Opções para unidades de força e comprimento.

3D Preferências

Geral Dimensionamento Interface

Unidades
Força: kgf Comprimento: cm

Consistência
Distância mínima entre dois nós 10 mm

Efeito da Temperatura
 Considerar Efeito da Temperatura em todas as barras
 β 0e0 % Coeficiente de dilatação térmica
 ΔT °c Variação da temperatura

Auto Salvar
 Salvar estrutura a cada 5 minutos

Integração
Configurar Integração

OK Cancelar

Na aba *Dimensionamento*:

Definição das cores para cada faixa de performance dos perfis.

Limite para verificação de flechas no módulo Resultados.

Valor máximo para a relação solicitação/resistência no Auto-dimensionamento.

Ángulo máximo entre barra para permitir uma combinada.

Cria um estado para receber o peso próprio das barras de acordo com o perfil selecionado no Dimensionamento.

Caso o usuário desabilite o travamento automático, este deverá ser feito segundo critérios próprios. O Ángulo para considerar outras barras como travamento também ficará inativo.

Opção para travar os pontos de chegada de terças.

3D Preferências

Geral Dimensionamento Interface

Definição das cores para cada percentual do dimensionamento:

0 - 20%	61 - 80%
21 - 40%	81 - 100%
41 - 60%	> 100%

Auto Dimensionar
Valor máximo para Sd/Rd no Auto-Dimens (0 - 1) 0,8

Peso Próprio
 Atualizar Peso Próprio
Nome do estado: Peso-Próprio

Flecha máxima
 $\delta_{m\acute{a}x} = \frac{L}{250}$

Ángulo Combinada
Valor máximo do ángulo para formar combinada 10

Travamentos
 Habilitar travamento automático
 Travar pontos onde chegam terças

Ángulo para travamento automático 80

Delta2/Delta1
Valor mínimo de deslocamento a considerar 1 mm

OK Cancelar



Na aba *Interface*:

Casas após a vírgula, variando de 0 a 4.

Clicando sobre a cor pode-se alterá-la para exibição no ambiente do programa.

Pode-se configurar o tipo e o tamanho da fonte para ser exibida no ambiente do programa

Caso tenha desativado as mensagens de alerta no módulo Geometria, então aqui pode-se reativá-las.

Configuração de eixos – escolhe-se em qual direção será numerado, a outra direção recebe letras.

1.6. USANDO O mCalc3D

Ao se carregar o programa, abre-se um arquivo em branco, no qual será gerado o modelo da estrutura. Este pode ser criado de três formas: utilizando o assistente de projetos, importando um arquivo *DXF* com o desenho unifilar da estrutura ou desenhando-a através das ferramentas gráficas disponíveis no módulo Geometria do mCalc 3D. Como criar estruturas utilizando-se cada uma das maneiras citadas será visto posteriormente.

1.7. APRESENTAÇÃO GERAL DO mCalc 3D

O sistema mCalc 3D é subdividido nos seguintes módulos:

- Home,
- Geometria,



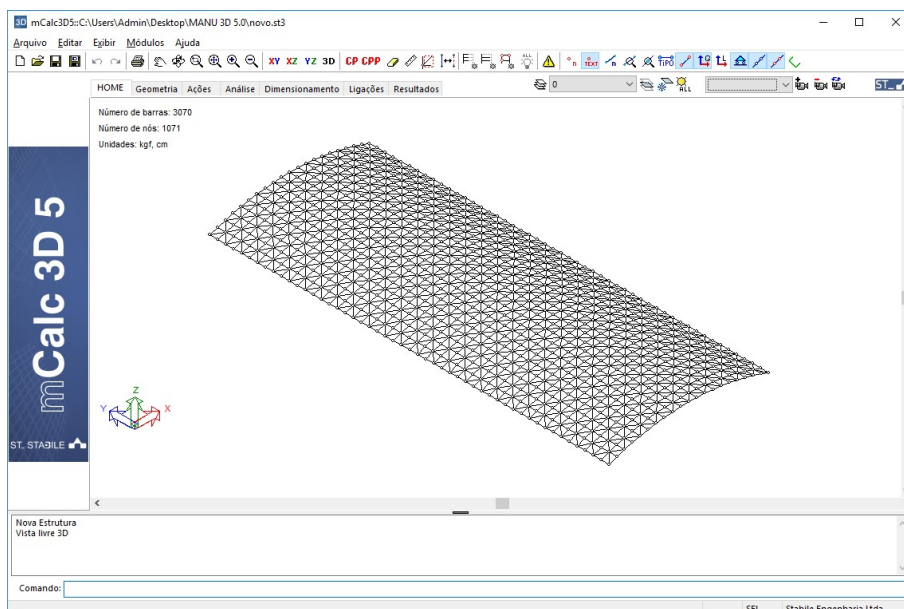
- **Ações,**
- **Análise,**
- **Dimensionamento**
- **Ligações e**
- **Resultados.**

Cada módulo é independente do outro, mas todos estão integrados, entre si, pelo sistema.

Apresentam-se, a seguir, os diversos módulos do **mCalc 3D**:

1.7.1 Módulo HOME

Esse módulo é o de abertura do sistema. Caso se esteja abrindo um arquivo já existente, o módulo **Home** publicará os dados principais da estrutura: número de nós, de barras, e as unidades – de comprimento e de força – adotadas para essa estrutura.



1.7.2 Módulo GEOMETRIA

Esse é o módulo da **Entrada de Dados Geométricos** do **mCalc 3D**, e também onde se encontra o assistente de projeto: quase sempre vai se ter que passar por esse módulo.



Os diversos comandos e recursos da **Geometria** estão descritos no Capítulo 3.

Nesse item apresentam-se as diversas formas de entrada de dados geométricos que o sistema disponibiliza:

1.7.2.1 Desenhando a Estrutura

Usando o editor gráfico do **mCalc 3D** desenha-se estrutura com recursos semelhantes aos dos programas *CAD*.

Há a possibilidade de se editar coordenadas dos nós e conectividades das barras por intermédio de planilhas.

1.7.2.2 Importação de arquivos *DXF*

Desenha-se a estrutura com algum programa que gere arquivos padrão *DXF* tomando os cuidados de usar as ferramentas de precisão, não desenhar linhas sobrepostas, garantir que as linhas concorram no ponto do nó e de gerar o desenho na unidade de comprimento que se vai adotar no cálculo.

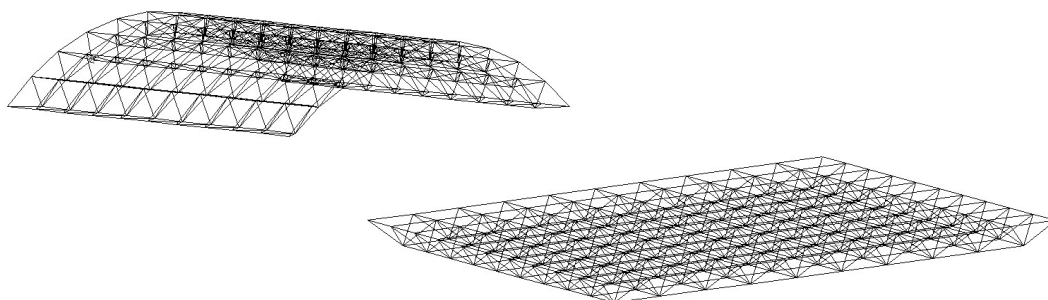
1.7.2.3 Importação de uma subestrutura

Esse recurso é muito poderoso, embora não se constitua, propriamente, numa maneira nova de entrada de dados.

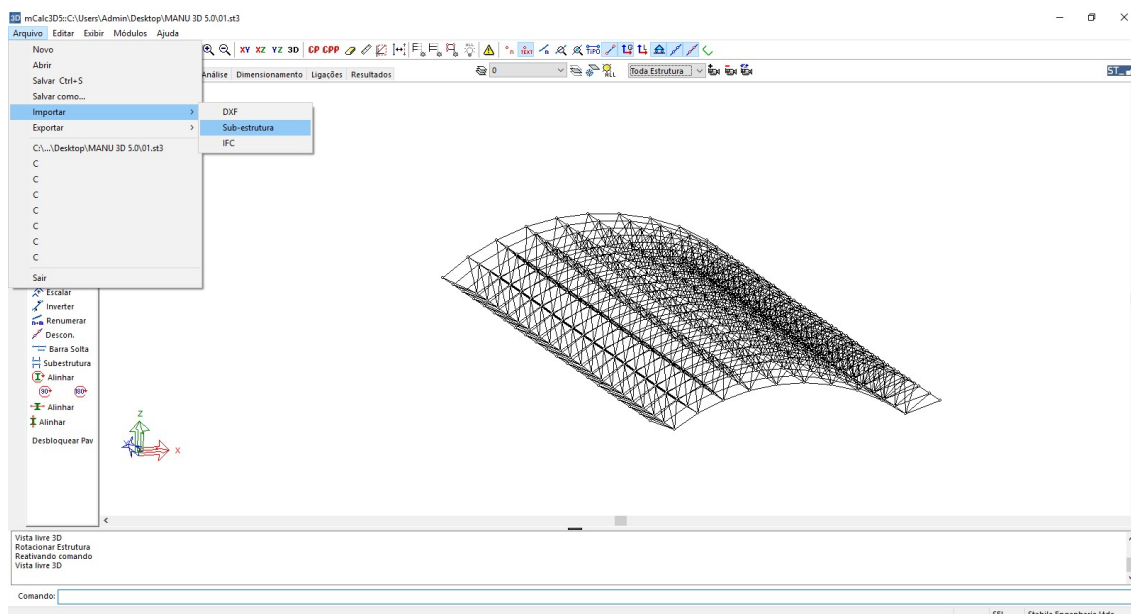
A importação de subestruturas permite que se vá montando/modelando uma estrutura complexa a partir de estruturas mais simples.

Um exemplo é o caso de se modelar uma cobertura em treliça espacial em que o vão central seja arqueado, e os vãos laterais sejam planos.

Utilizando o gerador automático, criam-se dois arquivos, um deles com a estrutura do trecho arqueado e o outro com a estrutura plana, conforme mostram os desenhos abaixo.

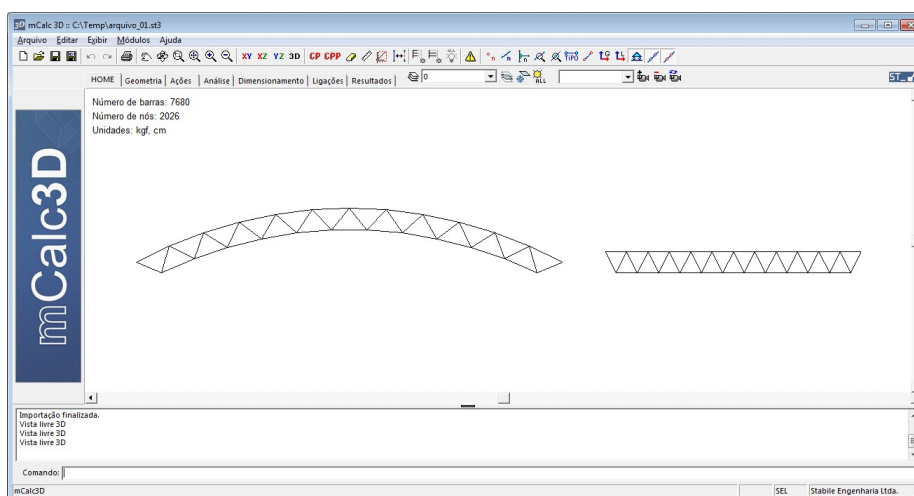


Com uma das duas estruturas carregadas, ativa-se o comando Importa subestrutura no menu Arquivo - Importar.



Será exibida a janela padrão do *Windows* para abertura de arquivos. Declara-se o nome da estrutura (subestrutura) a ser importada.

O **mCalc 3D** colocará o desenho da sub-estrutura importada a direita do desenho da estrutura “principal”, conforme abaixo.



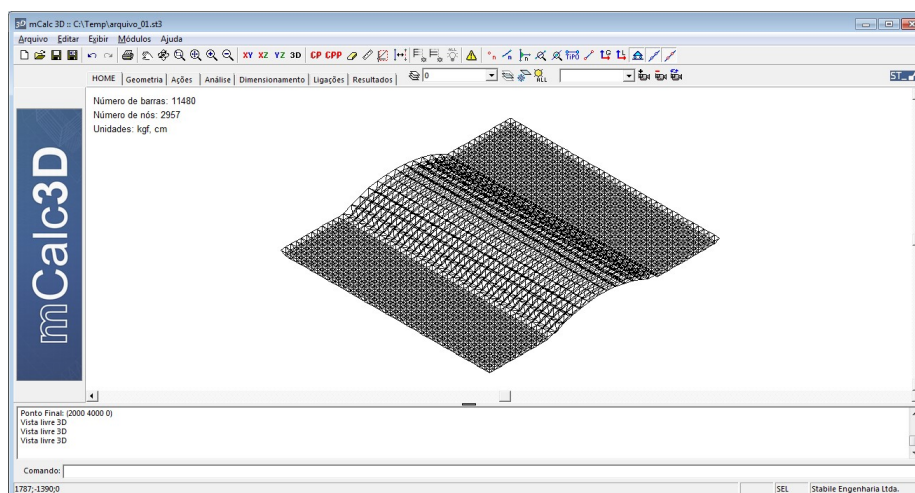
A subestrutura aparecerá na tela e permanecerá selecionada para ser manipulada – mover,



copiar, espelhar.... .

A partir desse momento tem-se liberdade para continuar o trabalho de edição do desenho da maneira usual do **mCalc 3D**.

No caso desse exemplo se deve duplicar o semi-vão plano, espelhando a cópia, e depois mover os trechos planos, posicionando-os da forma desejada com relação ao vão central arqueado.



Observa-se que a importação de subestrutura pode ser substituída se o usuário a partir de um arquivo aberto chamar a geração automática, ter-se-á o mesmo efeito sem a necessidade de criar um novo arquivo.

1.7.3 Módulo AÇÕES

O sistema admite que se declare ações concentradas nos nós e ações distribuídas sobre as barras.

Embora o sistema não aceite ações distribuídas em barras de treliça, através da geração automática o programa concentrará as ações nos nós, e não haverá momentos fletores nem esforços cortantes ao longo dessas barras. Para os demais tipos de barras aceitar-se-á carga do tipo distribuída.

1.7.4 Módulo ANÁLISE

Embora seja muito importante dentro de qualquer sistema, pelo número de operações realizadas e pelos resultados que ele oferece, o módulo de **Análise** pouco interage com o



usuário, limitando-se a solicitar as combinações de ações a serem adotadas.

1.7.5 Módulo DIMENSIONAMENTO

No módulo **Dimensionamento** se estabelece o perfil a ser adotado em determinada(s) barra(s) da estrutura.

Em realidade a determinação das dimensões de um perfil é feita por **verificação**: adota-se um perfil, declaram-se suas dimensões, tipo de aço e orientação e o **mCalc 3D** calcula as resistências desse perfil e as compara com as solicitações da barra que se está dimensionando.

A verificação do perfil é feita, então, da seguinte maneira:

Dados: as solicitações de cálculo, o perfil a ser adotado (forma e dimensões) e os comprimentos de flambagem da barra (**mCalc 3D** “*l_e*” as solicitações de cálculo - resultado da **Análise** - e os comprimentos das barras, ficando por conta do usuário a escolha do perfil e suas dimensões).

Calcular: as resistências de cálculo e comparar com as solicitações de cálculo. As respostas oferecidas pelo **mCalc 3D** são os valores das resistências de cálculo do perfil e os percentuais de *performance* do perfil frente às solicitações.

1.7.6 Módulo LIGAÇÕES

No módulo **LIGAÇÕES** o usuário declara os nós e barras que compõem as conexões. Após criar as ligações, acionando o botão Dimensionar, o software **mCalc LIG** é chamado para dimensionar e detalha-las.

O relatório com as verificações pode ser visualizado e salvo no formato .RTF. E o detalhamento pode ser visualizado e salvo em .dxf.

1.7.7 Módulo RESULTADOS

O módulo **Resultados** publica os relatórios completos da **Análise** e do **Dimensionamento**, além de oferecer o desenho da deformada das diversas combinações de ações. Os relatórios são arquivos tipo texto e podem ser lidos por



qualquer editor de texto: .RES - relatório da **Análise** e .DIM - relatório do **Dimensionamento**.

Os relatórios são oferecidos e publicados pelo módulo **Resultados** em formato .RTF para serem lidos por editores de texto mais sofisticados.

Dentro do próprio **mCalc 3D** os relatórios são apresentados num editor de texto que permite alguma edição e a impressão dos mesmos.

1.8. COMANDOS/RECURSOS GERAIS DO mCalc 3D

O **mCalc 3D** possui alguns comandos que são gerais e que podem ser usados em todos os módulos do sistema.

1.8.1 Métodos de Seleção

O sistema disponibiliza vários métodos de seleção:

1.8.1.1 Seleção individual

Faz-se a seleção individual clicando-se, com o *mouse*, sobre a entidade – nó ou barra.

Essa seleção pode ser aplicada a um conjunto de entidades repetindo-se a seleção: clicando-se com o botão esquerdo do mouse sobre cada entidade.

1.8.1.2 Por Retângulo/Janela

Faz-se a seleção por janela abrindo-se um retângulo, da esquerda para a direita sobre um conjunto de entidades. Nesse método só serão selecionadas as entidades que estiverem integralmente dentro da janela/retângulo.

1.8.1.3 Por Retângulo/“Crossing”

Faz-se a seleção por “*crossing*” abrindo-se um retângulo, da direita para a esquerda sobre um conjunto de entidades.

Nesse método serão selecionadas as entidades que estiverem dentro da janela e as barras que forem cortadas pelo limite da janela, i.e. que estiverem parcialmente dentro do retângulo/janela de seleção.

1.8.1.4 Por Polígono

Pressionando-se a tecla **F9** o **mCalc 3D** troca o tipo de seleção para seleção por polígono



onde é permitido que se desenhe um polígono envolvendo as entidades que se quer selecionar.

O polígono de seleção deverá ser fechado, i.e. o ponto final do polígono deve coincidir com o ponto inicial.

Serão selecionadas as entidades que estiverem integralmente dentro do polígono.

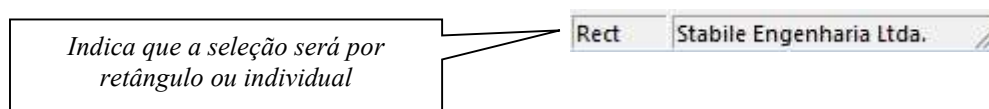
1.8.1.5. Por “Fence”

Pressionando-se, novamente, a tecla **F9** o **mCalc 3D** permite que se faça a seleção por meio de uma linha que corta a entidade selecionada: é a seleção por “fence”. Essa linha de seleção pode ser desenhada, indistintamente, da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda. Serão selecionadas as barras que forem cortadas pela linha.

1.8.1.6. Tecla **F9**

Recapitulando-se o funcionamento da tecla **F9**:

Por *default* os tipos de seleção adotados pelo **mCalc 3D** serão a seleção individual ou por retângulo. A linha de *status* do programa, barra situada no inferior da tela, terá a seguinte aparência:



Pressionando-se a tecla **F9** o tipo de seleção passa a ser *Por Polígono* e na barra de *status* será exibido o seguinte: Polig

Pressionando, novamente, **F9** o tipo de seleção passa a ser *Por Fence* e na barra de *status* será exibido o seguinte: Fence

Pressionando-se, de novo, a tecla **F9** o tipo de seleção volta a ser *Por Retângulo* onde a seleção pode ser também *Individual*.

1.8.2 Métodos de Deseleção

Uma vez que a barra tenha sido selecionada, ao se repetir a seleção, por qualquer método que seja, ela será deselegionada.

Pressionando-se a tecla <Esc> também é possível deselegionar as entidades.



1.8.3 Ferramentas de Precisão

1.8.3.1 Nó mais próximo

Ao se modelar/desenhar uma estrutura, o sistema **mCalc 3D** atrairá, sempre, a extremidade final da barra que estiver sendo desenhada para o nó mais próximo.

1.8.3.2 Ortho (F8)

Um dos recursos de precisão disponíveis é o desenho ortogonal: pressionando-se a tecla **F8** ativa-se o comando **Ortho**, conduzindo o desenho das barras paralelos aos eixos de coordenadas do usuário (UCS) no plano de visualização em que se está trabalhando.

No caso de se ter trocado a posição dos eixos, o editor gráfico do **mCalc 3D** desenhará barras paralelas a essa nova posição de eixos.

1.8.4 Comandos Gerais

No *menu* principal do sistema tem-se o *menu* Arquivo com os seguintes comandos gerais:

Novo: inicia o trabalho com um novo modelo estrutural.

Abrir: inicia o trabalho com um arquivo já existente.

Salvar: salva todos os dados da estrutura.

Salvar Como: salva todos os dados da estrutura num arquivo com outro nome. Essa é uma maneira de copiar dados de uma estrutura.

Importar: permite a importação de arquivos padrão *DXF* e *IFC* e a importação de subestrutura, já descritos nos itens 1.7.2.2 e 1.7.2.3, respectivamente.

Exportar: exporta o desenho da estrutura, utilizando o formato *DXF*, *SDNF* e *IFC*.

Esse comando é amplo e permite a exportação do desenho do **jeito que ele está:**

- caso a estrutura estiver desenhada com nós numerados, será exportado o desenho com numeração de nós;
- caso a estrutura estiver desenhada com barras numeradas, será exportado o desenho com numeração das barras;
- caso a estrutura estiver desenhada com nós e barras numerados, será exportado o desenho com numeração de nós e barras;
- caso a estrutura estiver desenhada exibindo os perfis adotados (no módulo





Dimensionamento) será exportado o desenho com os perfis adotados.


Os outros recursos/comandos gerais do **mCalc 3D** encontram-se na barra de ferramentas localizada abaixo do *menu* principal:





Além dos três primeiros botões à esquerda, que são padrões do *Windows* para inicialização, abertura e gravação de arquivos, já descritos acima, tem-se:


 **1.8.4.1 Exporta DXF:** trata-se de um atalho para o comando de exportação de arquivos no padrão *DXF*, descrito anteriormente, permite imprimir a estrutura com várias opções de impressão.


 **1.8.4.2 Undo e Redo:** desfazer e refazer uma ação respectivamente, comandos padrões dos programas CAD.


 **1.8.4.3 Mover Tela:** movimenta o desenho em relação à janela de visualização. Esse comando pode ser ativado, também, pelo *prompt* do **mCalc 3D** digitando-se **P** e <ENTER>.

 **1.8.4.4 Orbit:** gira o desenho em relação à janela de visualização.

 **1.8.4.5 Zoom por Janela:** aumenta o desenho enquadrando-o à janela aberta pelo usuário.

 **1.8.4.6 Zoom Mais e Zoom Menos:** esse comando, que se assemelha ao *Pan* do AutoCAD, permite que se tenha *Zoom Mais* e *Zoom Menos*.

 **1.8.4.7 Zoom Enquadrar:** enquadra todo o desenho na janela de visualização. Esse comando assemelha-se ao *Zoom Extended* do AutoCAD.

 **1.8.4.8 Cópia Propriedades:** copia as propriedades das barras.


Esse é um comando muito útil, pois ele terá múltipla função:


- No módulo **Geometria** ele copiará as propriedades de uma barra para um conjunto de barras selecionadas: serão copiados o tipo de barra, a constante elástica e as características geométricas.
- No módulo **Ações** serão copiadas as ações distribuídas de uma barra para o conjunto de




barras selecionadas.


- No módulo **Dimensionamento** ele copiará o dimensionamento adotado de uma barra para um conjunto de barras selecionadas. Essa cópia será feita calculando, barra a barra, a *performance* do perfil.


 **1.8.4.9 Cópia Plano:** copia as propriedades, ou ações ou dimensionamento de um plano para outro (somente planos de geometria idênticas).


 **1.8.4.10 Distância:** esta ferramenta informa a distância entre dois pontos. Basta clicar no ícone e selecionar estes dois pontos, então serão informados no *prompt* a distância e as variações de x (dx), y (dy) e z (dz).


```
Distância do ponto: (582.084 1 600)
Até o ponto: (1981.49 1327.5 0)
Distância = 2019.3899, dx = 1399.4077, dy = 1326.4968, dz = -600.0000
```

 **1.8.4.11 Selecionar Plano:** esta ferramenta será útil quando se queira selecionar barras em um plano para aplicar algum comando. Aciona-se o ícone e deverão ser apontadas duas barras que estejam contidas no plano que se queira destacar, confirma-se com o botão direito do mouse ou clicando em <ENTER>. Após a confirmação, o plano estará salientado.

 **1.8.4.12 Inverter Seleção:** este comando seleciona todas as barras ou as deseleciona.

 **1.8.4.13 Selecionar Plano:** esta ferramenta será útil quando queira-se selecionar barras em um plano para aplicar algum comando. Aciona-se o ícone e deverão ser apontadas duas barras que estejam contidas no plano que se queira destacar, confirma-se com o botão direito do mouse ou clicando em <ENTER>. Após a confirmação, o plano estará salientado.

 **1.8.4.14 Esconder porção da estrutura por plano:** o comando permite que o usuário exiba apenas barras contidas em um plano. No *prompt* o programa pedirá que sejam declarados um ponto contido neste plano e o eixo global que é normal a este plano. Por fim, é necessário selecionar um ponto do plano que ficará visível.

 **1.8.4.15 Esconder porção da estrutura por seleção:** corta parte da estrutura selecionada pelo usuário, deixando visível somente a região não selecionada.





1.8.4.16 Esconder porção da estrutura por plano formado por 3 pontos: esconde plano da estrutura a partir da seleção de três pontos que formam este plano.



1.8.4.17 Mostrar tudo: Este comando exhibe novamente o desenho de toda a estrutura após ela ter sido escondida pelos comandos 1.8.4.14 ou 1.8.4.15.



1.8.4.18 Exibe Alertas: é uma ferramenta de verificação da consistência de dados.

Esse comando avisa e identifica os problemas do modelo estrutural, quer se faltam propriedades, quer se existem barras desconectadas ou, ainda, se existem barras sobrepostas.



1.8.4.19 Numera Nós: a qualquer momento (dentro de qualquer módulo) numera os nós.



1.8.4.20 Nomeia Nós: a qualquer momento (dentro de qualquer módulo) exhibe textos nos nós.



1.8.4.21 Numera Barras: a qualquer momento (dentro de qualquer módulo) numera as barras.



1.8.4.22 Numera Ligações: exhibe o número das ligações dentro do módulo Ligações.



1.8.4.23 Localizar e selecionar barra: localiza e seleciona uma determinada barra, para isto basta ativar o comando e digitar o número da barra desejada.



1.8.4.24 Localizar e selecionar nó: localiza e seleciona um determinado nó, para isto basta ativar o comando e digitar o número do nó desejado.



1.8.4.25 Tipo de Estrutura: esta ferramenta será útil para informar ao usuário o tipo de barra na estrutura. Utilizam-se as seguintes siglas:

- PE: Pórtico Espacial;
- TE: Treliza Espacial;
- EC: Elemento de Concreto;
- PV: Elemento gerado pelo Prédios;
- CB: Cabo.



1.8.4.26 Marca Nós: exhibe os nós por intermédio de um pequeno círculo na posição do nó.





1.8.4.27 Eixos Globais: exibe os eixos globais da estrutura.



1.8.4.28 Eixos Locais: exibe os eixos locais de cada barra.



1.8.4.29 Exibe Vinculação: exibe a vinculação adotada na estrutura.



1.8.4.30 Exibir nós Semi-Rígidos: exibe os nós declarados como semi-rígidos por intermédio de um pequeno círculo azul na extremidade da barra.



1.8.4.31 Exibir Descontinuidades: exibe as descontinuidades declaradas para as barras por intermédio de um pequeno círculo vermelho na extremidade da barra.



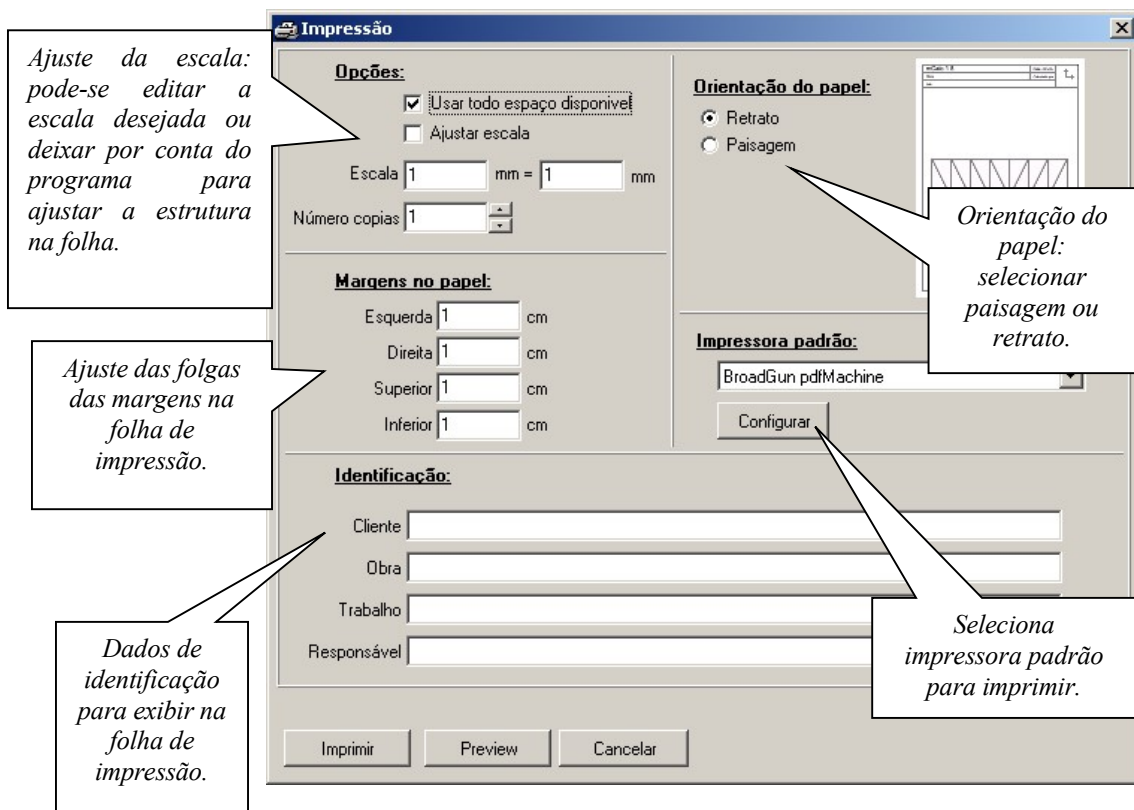
1.8.4.32 Exibir Seção: exibe a seção do perfil junto aos eixos locais das barras.



1.8.4.33 Impressão: esta ferramenta estará ativa em todos os módulos do **mCalc 3D**, sempre serão impressas as barras que o usuário selecionar e a mesma imagem que aparece na tela no momento da seleção, ou seja, se estiver exibindo número de nós e barras, estes serão impressos juntamente com as barras da estrutura. Da mesma forma ocorre no módulo de Dimensionamento com o nome ou *performance* dos perfis nas barras; no módulo Ações com o desenho das cargas e respectivos valores; e ainda, no módulo Resultados com os diagramas e deformadas.


Para imprimir a estrutura, após clicar no ícone da impressão, surgirá uma janela de diálogo para que o usuário configure a página da impressão:

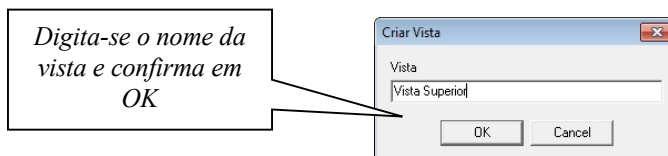




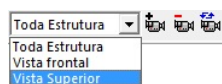
1.8.4.34 Vistas: esta ferramenta permite que o usuário salve vistas da estrutura e as chame quando quiser, em qualquer módulo.



: clicando neste ícone adicionam-se vistas. O usuário deve posicionar na tela a vista da estrutura e clicar neste comando, então aparece a seguinte janela para nomear:



Toda vez que se queira exibir uma vista deve-se clicar sob o nome dela na lista:





: este comando apaga as vistas criadas. Selecciona-se a vista na lista e aciona este botão para excluí-la.



: sobrescreve as vistas – para utilizar este comando deve-se seleccionar a vista que será substituída, posiciona-se a estrutura exibindo a nova vista, posteriormente, aciona-se o comando de sobrescrever vista.

Ainda no menu principal superior, o **mCalc 3D** tem ferramentas para a visualização da estrutura, segundo o sistema de eixos globais:



Essas ferramentas estão disponíveis em todos os módulos do programa.



Mostra a vista da estrutura projetada no plano definido pelos eixos X e Y – vista superior da estrutura.



Mostra a vista da estrutura projetada no plano definido pelos eixos X e Z – vista frontal da estrutura.



Mostra a vista da estrutura projetada no plano definido pelos eixos Y e Z – vista lateral da estrutura.



Mostra a vista em perspectiva do tipo 3D livre.

barrasolta: Este comando serve para identificar se existe alguma barra na estrutura que não esteja conectada. Para ativar este comando, deve-se digitar na barra de status do programa “barrasolta” neste momento o programa seleccionará todas as barras que estiverem conectadas aparecendo em vermelho, logo, se alguma barra não estiver conectada a estrutura, ela não será seleccionada permitindo que o usuário a identifique rapidamente.

1.8.5 Sistema de Coordenadas do **mCalc 3D**

Foram implementados dois sistemas de coordenadas no **mCalc 3D**: retangulares e polares. Para cada um desses sistemas tem-se coordenadas absolutas e relativas.

1.8.5.1 Coordenadas Retangulares

O sistema de coordenadas retangulares indexa as coordenadas dos pontos à origem do sistema (coordenadas $0,0,0$). Assim, as coordenadas de um nó que dista da origem 500



unidades na direção do eixo X , 400 unidades na direção do eixo Y e 250 unidades na direção do eixo Z serão $(500, 400, 250)$ ou seja $X=500$, $Y=400$ e $Z=250$.

1.8.5.2 Coordenadas Absolutas

As coordenadas absolutas são referidas à origem $(0,0,0)$ do sistema global.

1.8.5.3 Coordenadas Relativas

As coordenadas relativas sempre estarão referidas à uma origem temporária que é o último ponto (ou ponto anterior).

Para se usar coordenadas relativas, deve-se, simplesmente, colocar um @ antes das coordenadas do próximo ponto.

O símbolo @ indica para o programa que a origem do próximo ponto é o ponto anterior.

1.8.6 Manual *on line* do mCalc 3D

Além do manual impresso do mCalc 3D, que acompanha o pacote do programa, disponibiliza-se o manual *on line*, que é um grande arquivo em formato .PDF com o mesmo conteúdo do manual.

Para consultar esse manual deve-se ter instalado o programa *Acrobat Reader*. Esse programa, de distribuição gratuita, acompanha a instalação do mCalc 3D.

Para instalá-lo deve-se copiar o conteúdo do sub-diretório *Manual* que está no CD de instalação do mCalc 3D.

Uma vez carregado o *Acrobat Reader*, basta abrir-se os diversos capítulos do manual para visualizá-lo ou imprimi-lo.

O manual *on line* também está disponível para *download* em nosso site - www.stabile.com.br



CAPÍTULO 2.



ASSISTENTE DE PROJETOS

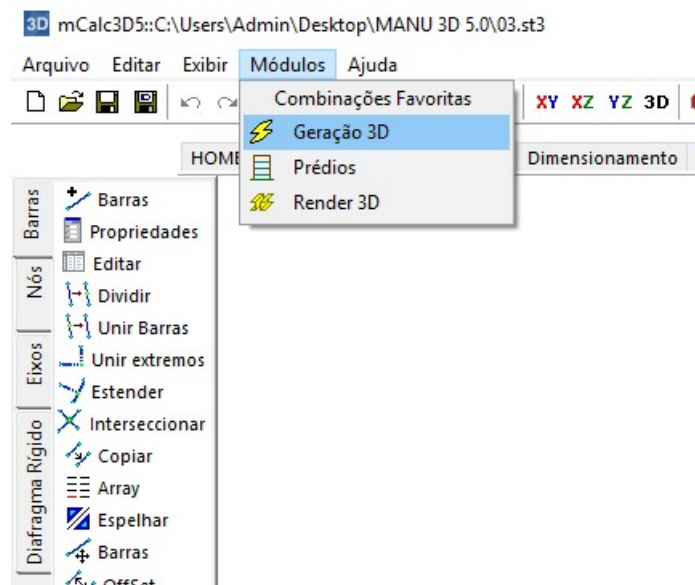


CAPÍTULO 2. – ASSISTENTE DE PROJETOS

Com o objetivo de facilitar o uso do programa **mCalc 3D**, desenvolveu-se um módulo chamado Assistente de Projetos que orienta a Geração Automática de Dados.

Nesse módulo estão incluídas as gerações de geometria (barras, propriedades e vinculação) e de ações que carregam as estruturas mais usuais.

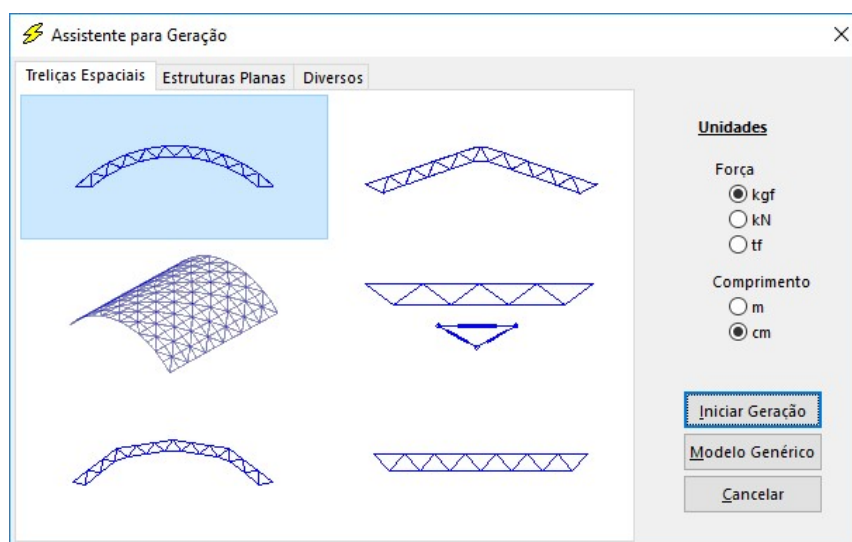
O módulo **Assistente de Projetos** surgirá toda a vez que se abrir um arquivo novo ou no módulo *Geometria* (basta clicar sobre a aba *Geometria*), clicar no Menu Módulos e selecionar o botão de geração:



e clicar em qualquer ponto da área de desenho ou digitar as coordenadas no *prompt* do programa.

O sistema abrirá uma janela apresentando as possibilidades de tipos de estruturas a serem geradas. Nessa janela, encontram-se 3 abas com os tipos de estruturas separadas por grupos. O primeiro grupo apresenta as Treliças espaciais:





2.1 GERANDO TRELIÇAS ESPACIAIS

Têm-se alguns pontos comuns na geração automática dessas treliças:

Os dados geométricos deverão ser informados em **metros** e os dados de ações na unidade de força escolhida na **Configuração**.

A geometria, ações e propriedades geradas terão unidades compatíveis com as escolhidas na configuração.

Os nós serão numerados da esquerda para a direita, ficando os nós pares no Banzo Superior e os ímpares no Banzo Inferior.

As barras serão numeradas da esquerda para a direita, seguindo a seguinte ordem:

1. *Banzo Superior*
2. *Banzo Inferior*
3. *Diagonais*
4. *Montantes*

O primeiro e último nós do banzo inferior serão considerados nós de apoio. Caso esta situação não se verifique em algum modelo de treliça, posteriormente deverá ser corrigido na **Geometria**.

As ações devidas ao vento serão geradas, conforme a NBR 6123:1987, considerando-se duas direções preferenciais: *Vento Transversal* (perpendicular à cumeeira) e *Vento*



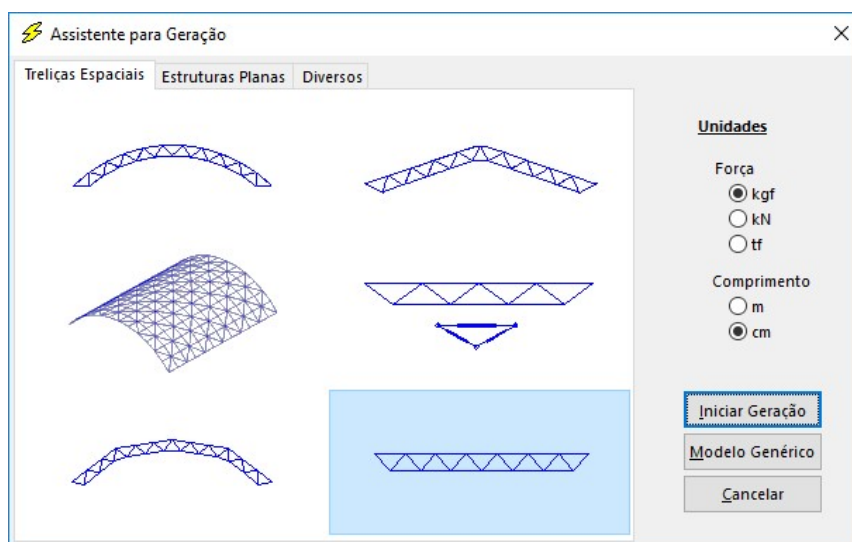
Longitudinal (paralelo à cumeeira), respectivamente formando um ângulo de 90° e 0° de acordo com a referida norma.

As ações serão geradas como ações uniformemente distribuídas sobre as barras do Banzo Superior. Serão gerados 5 ou 6 estados de carga sendo:

- **Estado 1:** *Ação Permanente* (peso próprio + telhas + ...)
- **Estado 2:** *Sobrecarga*
- **Estado 3:** *Vento Transversal*
- **Estado 4:** *Vento Longitudinal*
- **Estado 5:** *Pressão Interna para Vento Transversal*
- **Estado 6:** *Pressão Interna para Vento Longitudinal*

A seguir apresenta-se a informação de dados para uma treliça espacial:

MALHA ESPACIAL PLANA



Uma vez confirmado o tipo de treliça que se quer surgirá uma *janela de diálogo* para informação de dados geométricos:



Dados informados:

Para a geração de geometria:

Largura(X): largura da estrutura, conforme figura ao lado;

Comprimento(Y): comprimento da estrutura, conforme figura;

Altura da Treliça(H): altura entre os banzos inferior e superior;

Número de módulos em X e Y: em metros;

Pé-direito do prédio (para determinação dos coeficientes aerodinâmicos).

Os dados deverão se informados em metros e as coordenadas serão geradas na unidade escolhida na **Configuração**.

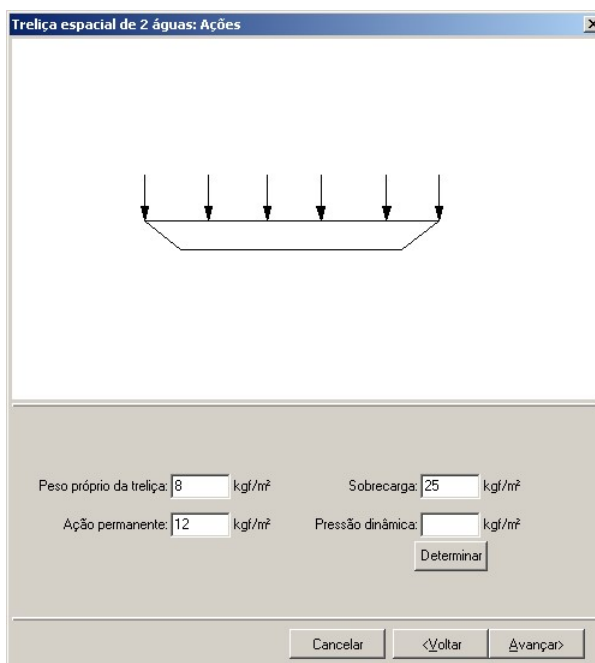
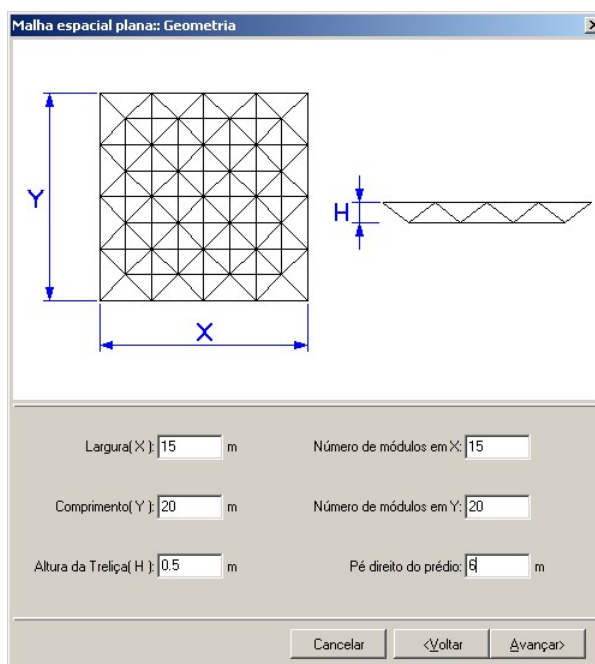
Uma vez que os dados sejam confirmados avança-se para a *janela de diálogo* de informação de ações:

Ação Permanente peso das telhas, do forro ...

Sobrecarga de utilização do telhado (conforme NBR8800 $\geq 25 \text{ kgf/m}^2$)

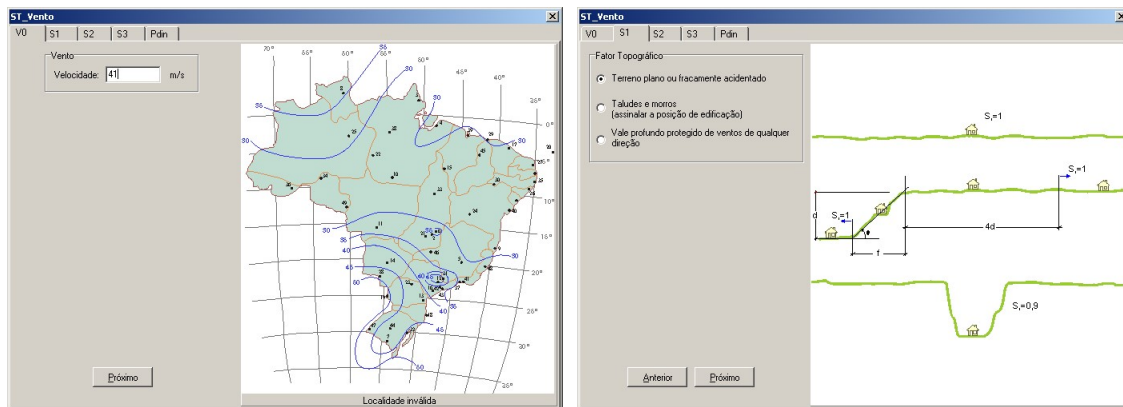
Pressão Dinâmica pressão dinâmica do vento ao longe

Os valores dos 3 primeiros itens deverão ser fornecidos em kgf/m^2 . O programa gerará cargas uniformes, linearizadas sobre as barras do Banzo Superior, na unidade escolhida na **Configuração**.

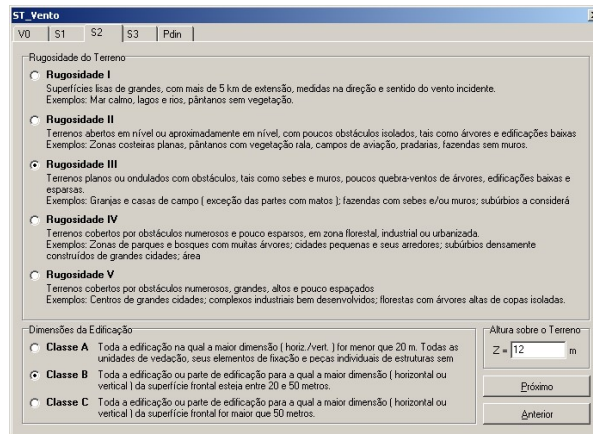


No caso da Pressão Dinâmica é possível determiná-la automaticamente, bastando clicar-se sobre o botão <Determinar> e seguir os passos que se apresenta a seguir:

1. No gráfico das isopletas clica-se sobre o local onde será edificada a estrutura

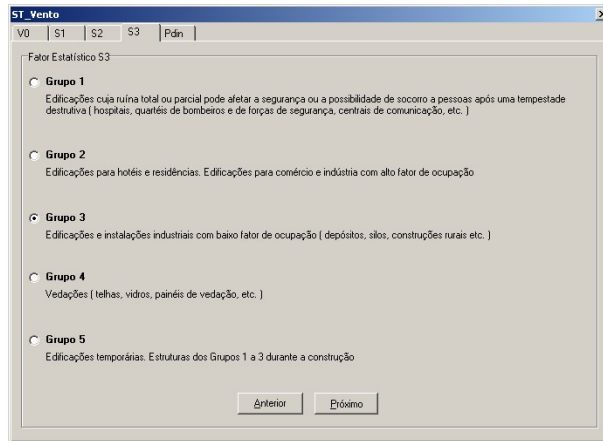


3. Declaram-se a rugosidade do terreno, as dimensões da edificação e a altura acima do terreno que se quer determinar o valor de S2.

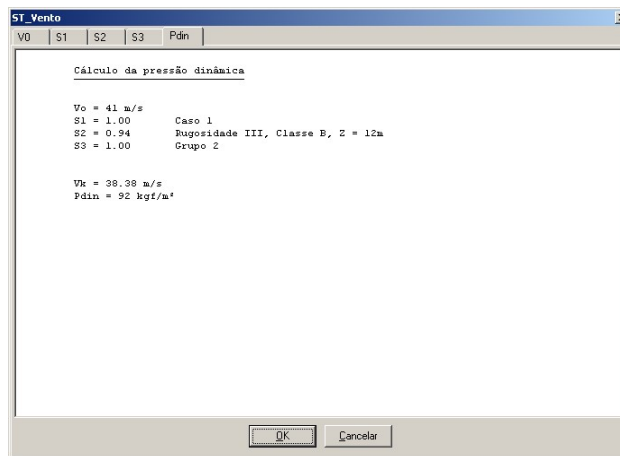


4. Declara-se o grupo ao qual a edificação pertence, determinando S3:





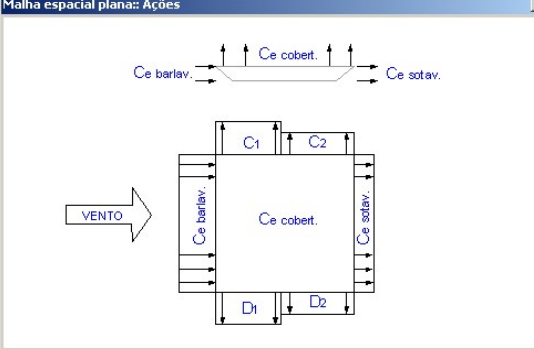
5. Por último, avançando-se, será exibida a Pressão Dinâmica:



A seguir, devem ser declarados os coeficientes aerodinâmicos externos e de pressão interna para vento transversal e longitudinal, e deve-se declarar a área inicial de cada grupo de barras. Essa área serve como valor inicial para o cálculo iterativo. Caso já se saiba a área aproximada das seções transversais das barras, esse valor deve ser declarado, se não, inicia-se as variáveis com uma área qualquer, i.e. 1cm^2 .



Malha espacial plana: Ações



Coefficientes aerodinâmicos para vento transversal($\alpha=90^\circ$)

Coef. ext. barlavento: Coef. pressão interna:

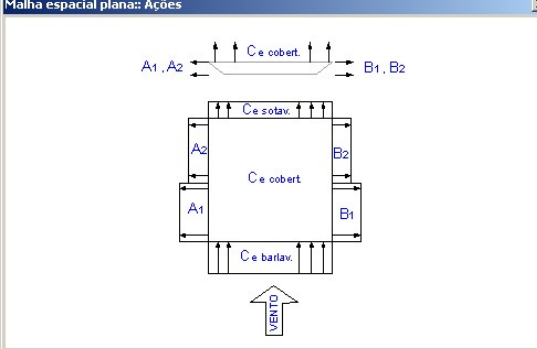
Coef. ext. cobertura: Coef. C1, D1:

Coef. ext. sotavento: Coef. C2, D2:

Pressione ESPAÇO para auto completar valores da norma.

Cancelar < Voltar Avançar

Malha espacial plana: Ações



Coefficientes aerodinâmicos para vento longitudinal($\alpha=0^\circ$)

Coef. ext. barlavento: Cpi:

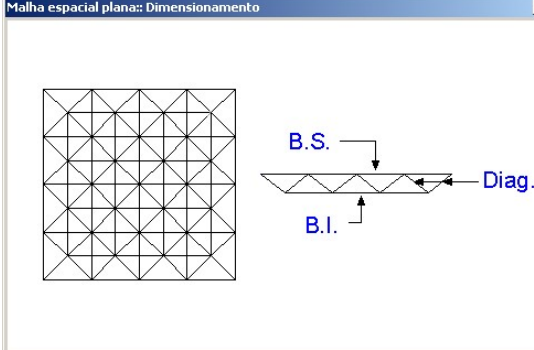
Coef. ext. cobertura: Coef. C1, D1:

Coef. ext. sotavento: Coef. C2, D2:

Pressione ESPAÇO para auto completar valores da norma.

Cancelar < Voltar Avançar

Malha espacial plana: Dimensionamento



Área

Banzo Superior: cm²

Banzo Inferior: cm²

Diagonais: cm²

Módulo de elasticidade

E: kgf/cm²

Cancelar < Voltar Concluir

Serão gerados 9 estados de cargas, na seguinte ordem:

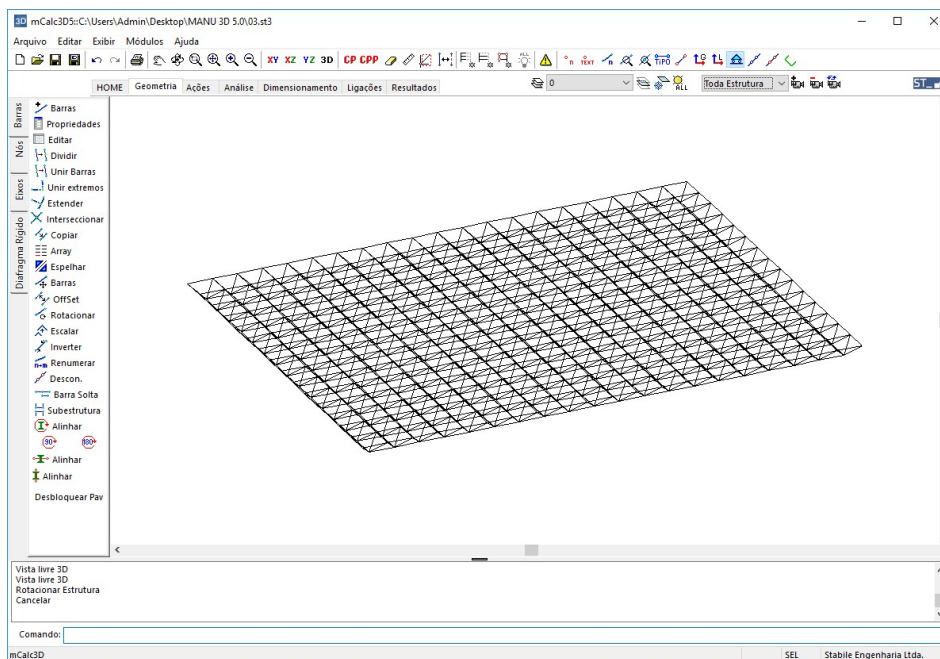
- 1º estado: Peso próprio da estrutura
- 2º estado: Ação permanente
- 3º estado: Sobrecarga de utilização
- 4º estado: Vento Transversal esquerdo
- 5º estado: Vento Transversal direito



- 6º estado: Vento Longitudinal de frente
- 7º estado: Vento Longitudinal de fundos
- 8º estado: Pressão interna para vento transversal
- 9º estado: Pressão interna para vento longitudinal

Ao concluir a geração, o **mCalc 3D** apresenta o modelo geométrico e os diversos estados de ações criados. A partir daí, a estrutura está pronta para ser analisada, ou para ser modificada pelo usuário, caso alguma edição se faça necessária.

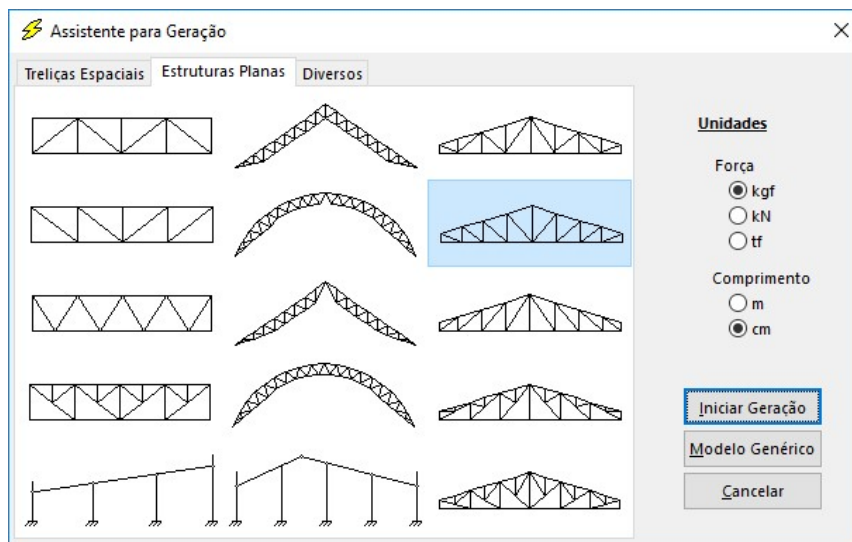
O procedimento para a geração automática dos outros tipos estruturais disponíveis são semelhantes ao descrito acima. Basta preencher os dados pedidos pelo programa.



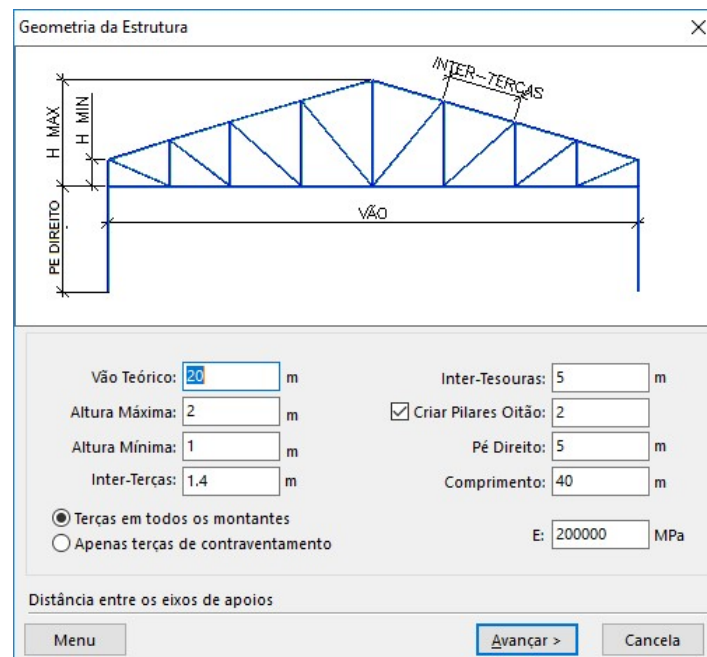
2.2 ESTRUTURA ESPACIAL A PARTIR DE UMA PLANA

Estão disponíveis 15 tipos de estruturas planas, a partir destas é possível gerar estruturas espaciais.





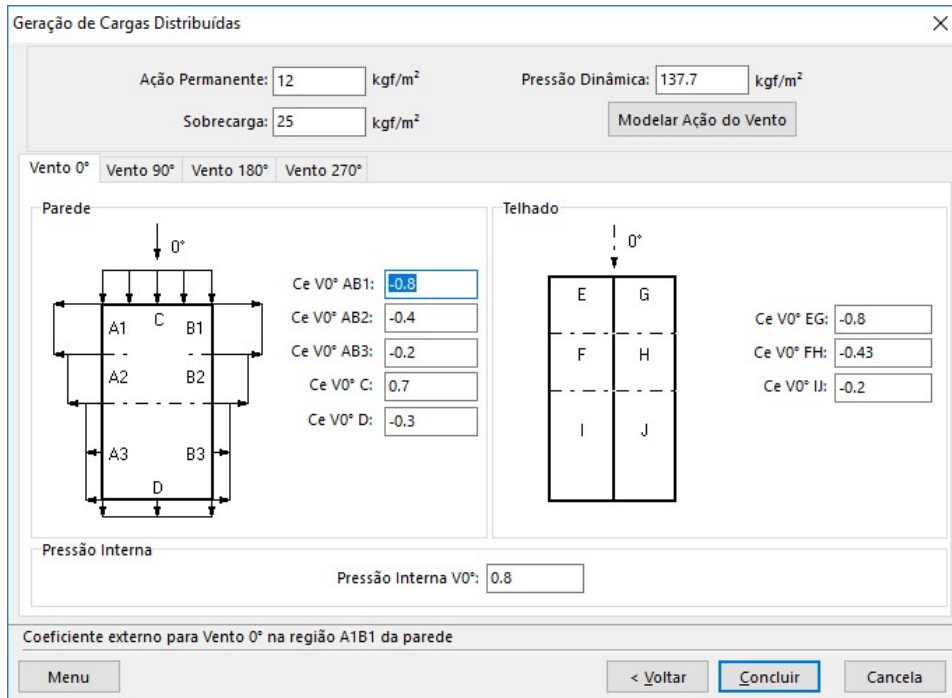
Deverão ser fornecidos os dados geométricos da estrutura plana, e a partir do *Pé Direito* será estabelecida a altura dos pilares. A distância entre cada um dos pórticos será dada pelo valor inserido em *Inter-Tesouras* que serão distribuídas ao longo do *Comprimento do prédio*.



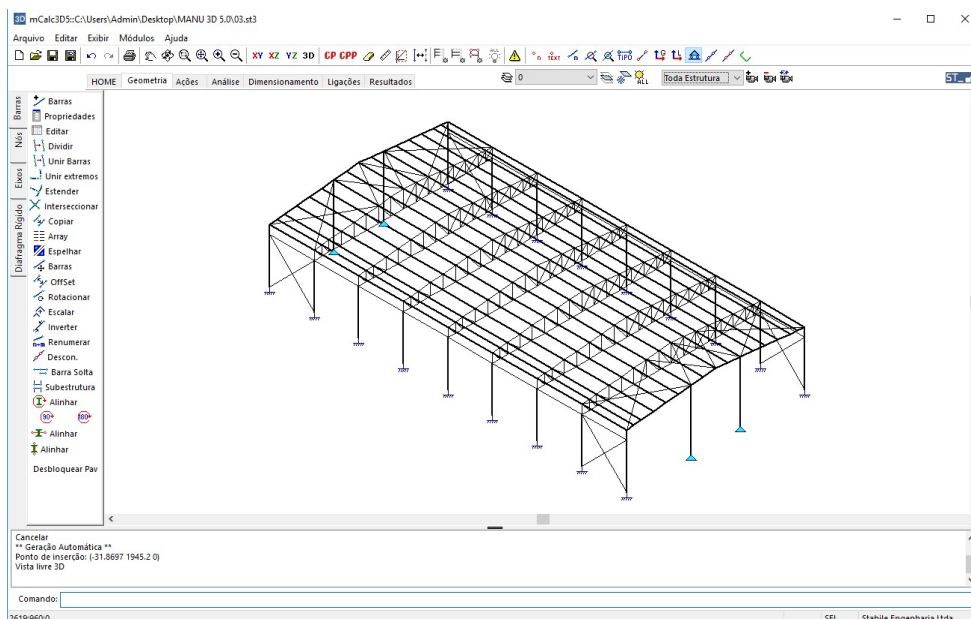
Na geração de cargas distribuídas devidas a ação do vento, a Pressão Dinâmica e os coeficientes de pressão interna e externa serão calculados automaticamente pelo módulo



ST_Vento (ver capítulo 3).

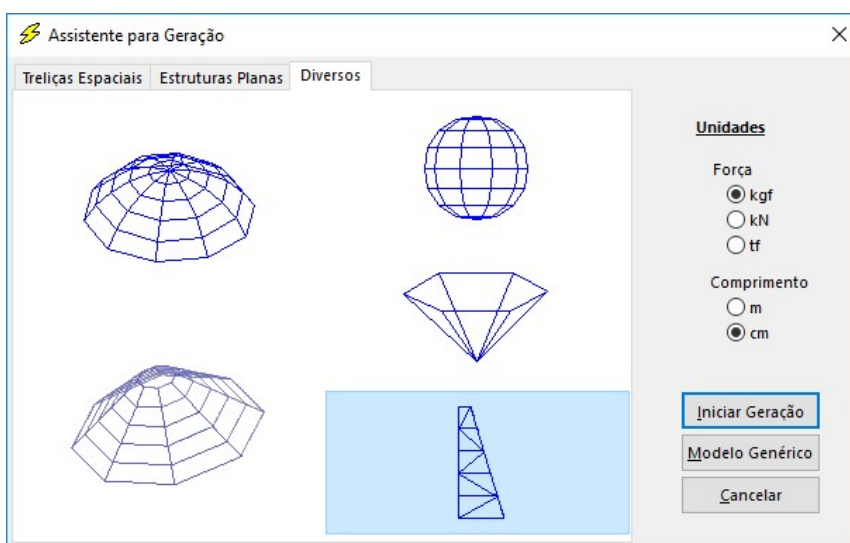


Após inserção de todos estes dados basta clicar no botão CONCLUIR e a estrutura gerada via Assistente de Projetos será reproduzida no ambiente do **mCalc 3D**:

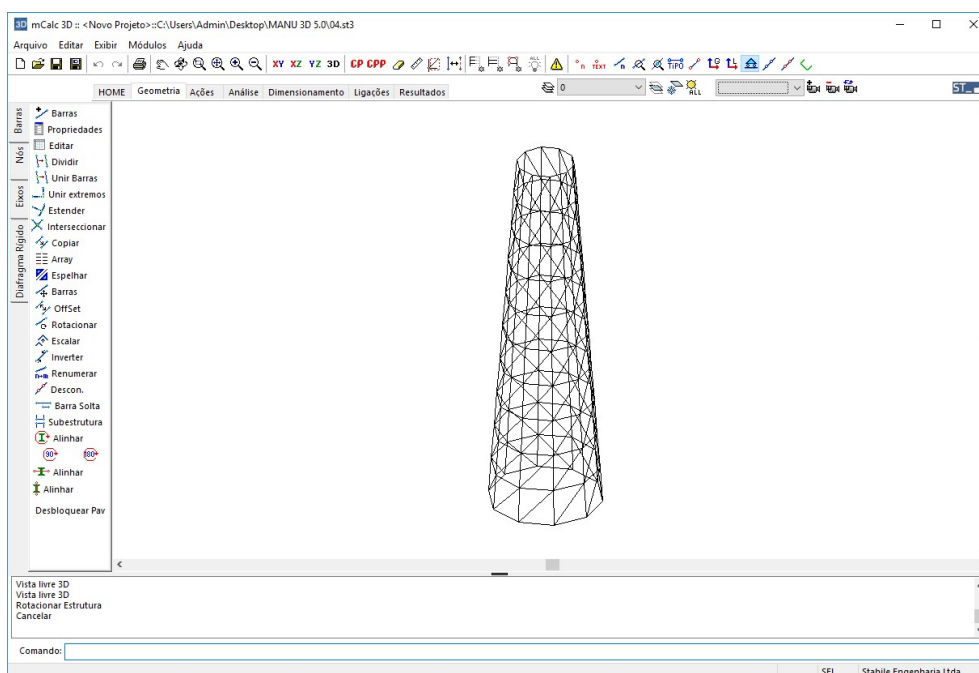


2.3 ESTRUTURAS DIVERSAS

Além das treliças espaciais e das estruturas planas também tem disponível no Assistente de Projetos estruturas do tipo: semi-esfera, esfera, pirâmide, pilar treliçado e cone.



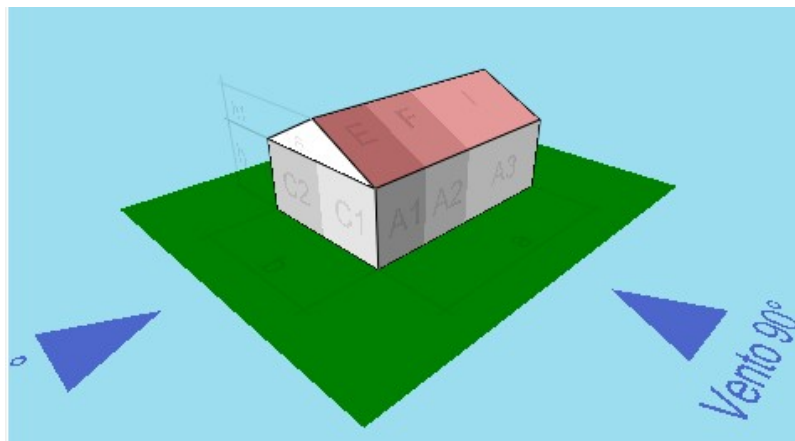
Nestes modelos haverá apenas a geração da geometria e não do carregamento.



CAPÍTULO 3.



MÓDULO ST_VENTO



CAPÍTULO 3 – ST_VENTO: AÇÃO DO VENTO EM EDIFICAÇÕES

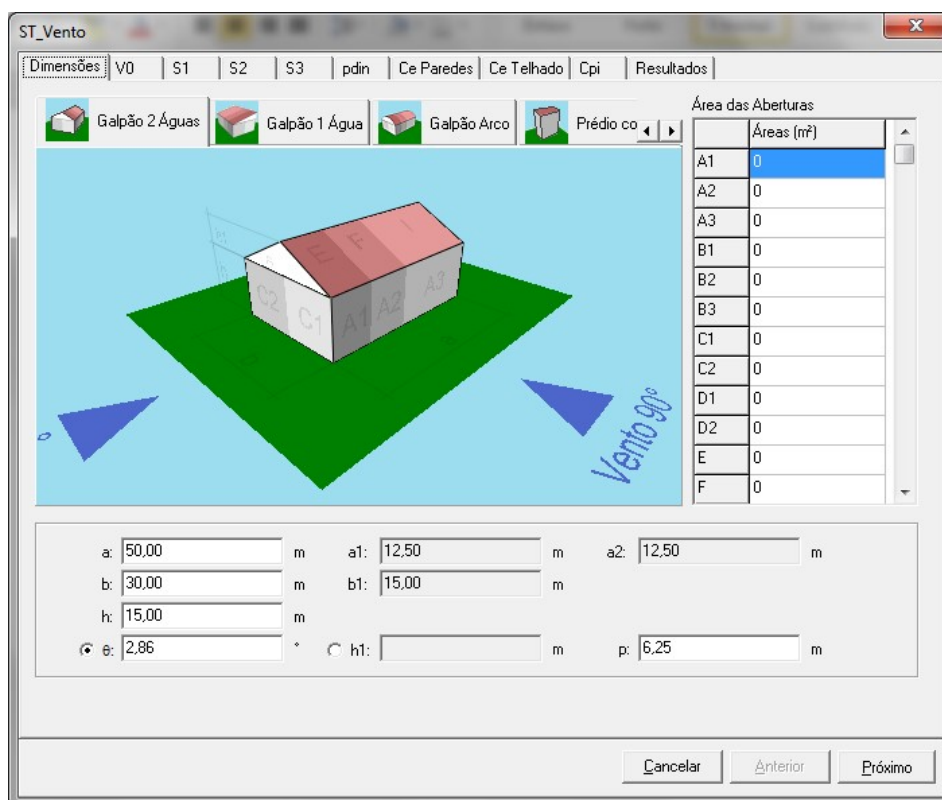
3.1 INTRODUÇÃO

O **ST_Vento** é um módulo que baseado nas dimensões da edificação bem como nas áreas de aberturas, calcula os coeficientes de pressão, externos e internos, a pressão dinâmica do vento e distribui na estrutura conforme os procedimentos **NBR 6123:1988**: Forças devido ao vento em Edificações

3.2. ST_Vento

Para as estruturas planas do mCalc 3D e Modelador de Prédios é possível determinar a ação do vento através do módulo **ST_Vento**.

Ao clicar no botão **Determinar** no campo da Pressão Dinâmica, automaticamente carrega-se o módulo **ST_Vento** que importa as dimensões da edificação, as quais foram declaradas pelo usuário na etapa da Geometria.



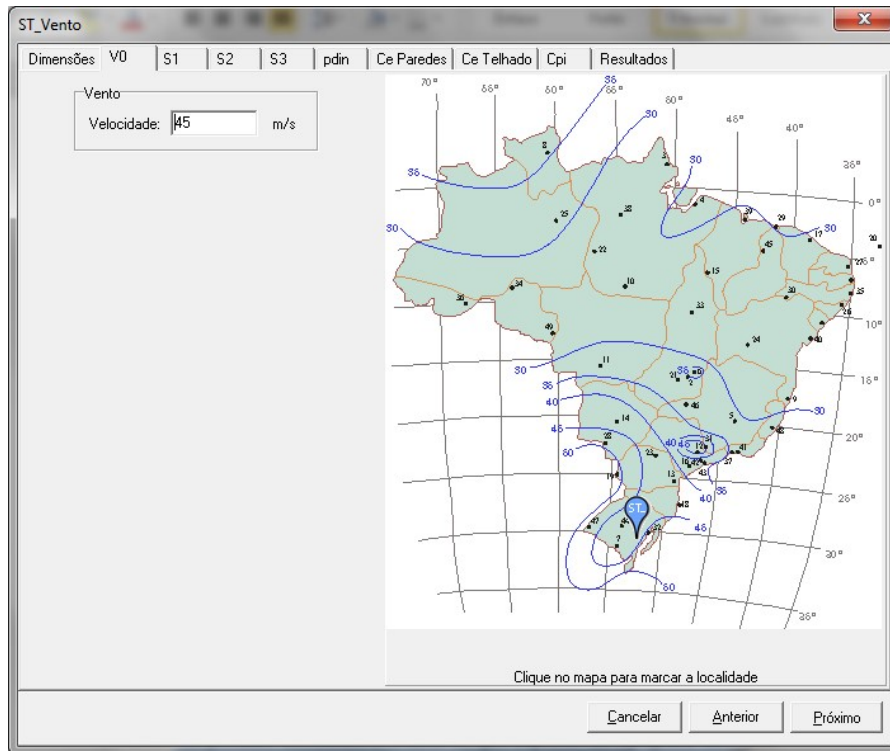
As dimensões a , b , h , θ , e p são destacadas no desenho clicando-se sobre o campo correspondente.

Ainda nesta janela deverão ser editadas as áreas das aberturas para determinação dos coeficientes de pressão interna. Da mesma forma, as regiões A1, A2,... são destacadas no desenho quando clica-se com o mouse sobre elas.

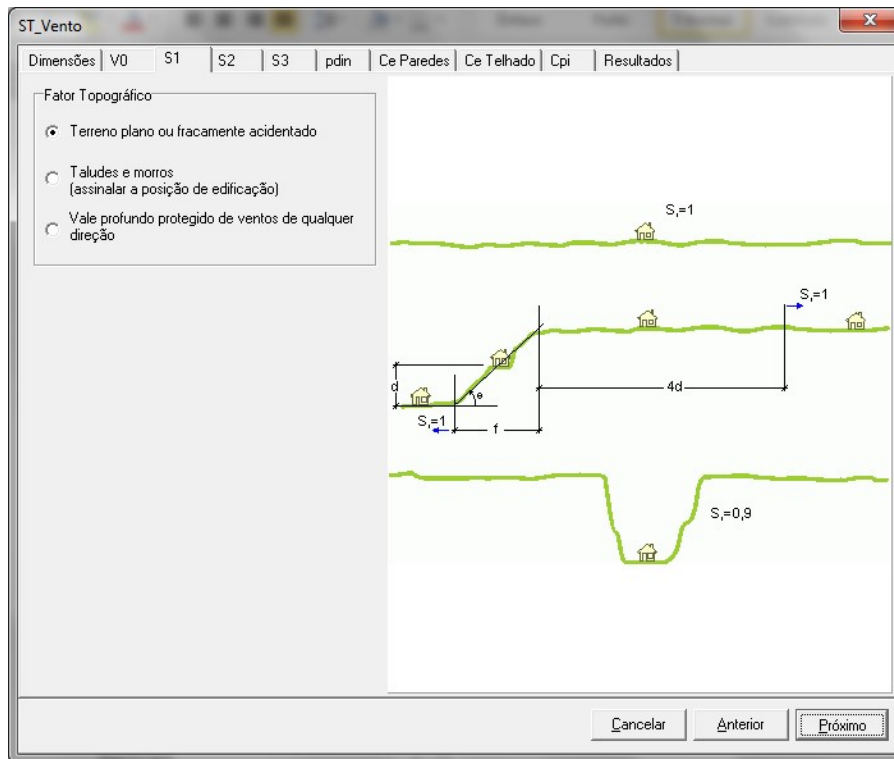


A próxima etapa a ser preenchida no módulo de vento do **ST_Vento** é a obtenção da velocidade básica do vento (V_0).

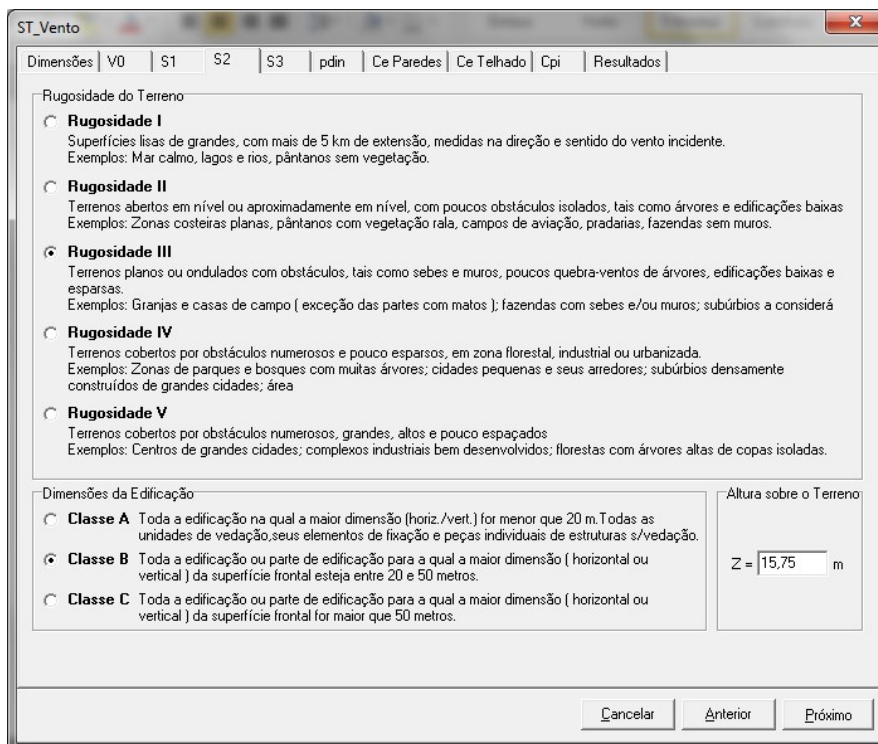
Clica-se sobre o mapa das isopletas indicando a região onde está a edificação a ser projetada.



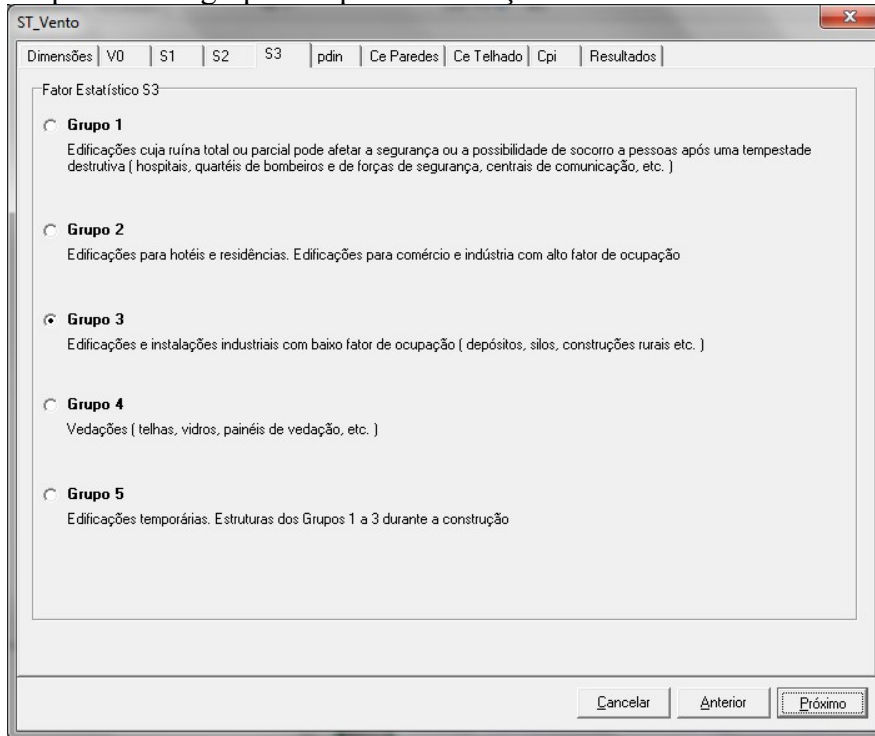
Clicando em próximo determina-se o fator S1 que depende da topografia da região.



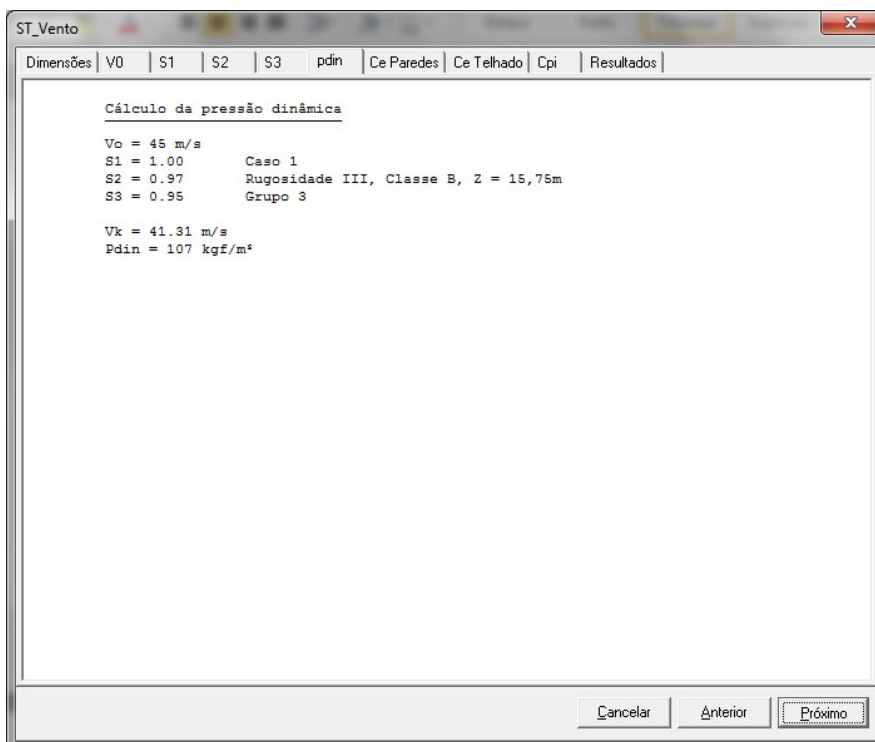
O próximo fator a determinar é o S2 que depende da rugosidade do terreno, da altura da edificação e de suas dimensões em planta:



O fator S3 dependerá do grupo em qual a edificação se encaixa:

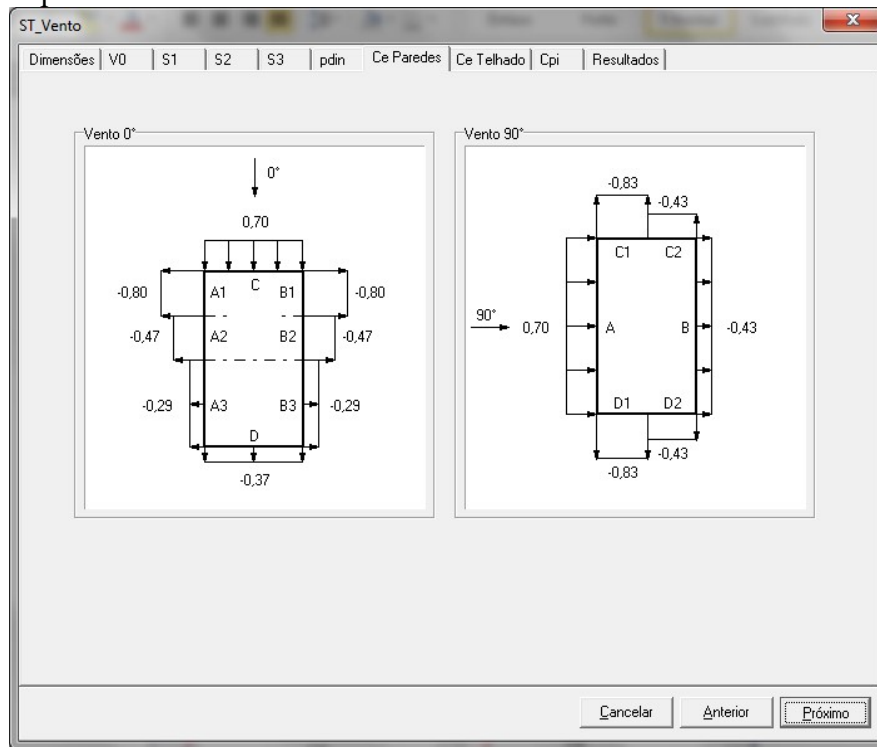


A partir da velocidade básica do vento e dos fatores S1, S2 e S3 é determinada a velocidade característica do vento (V_k) e finalmente a pressão dinâmica (p_{din}).



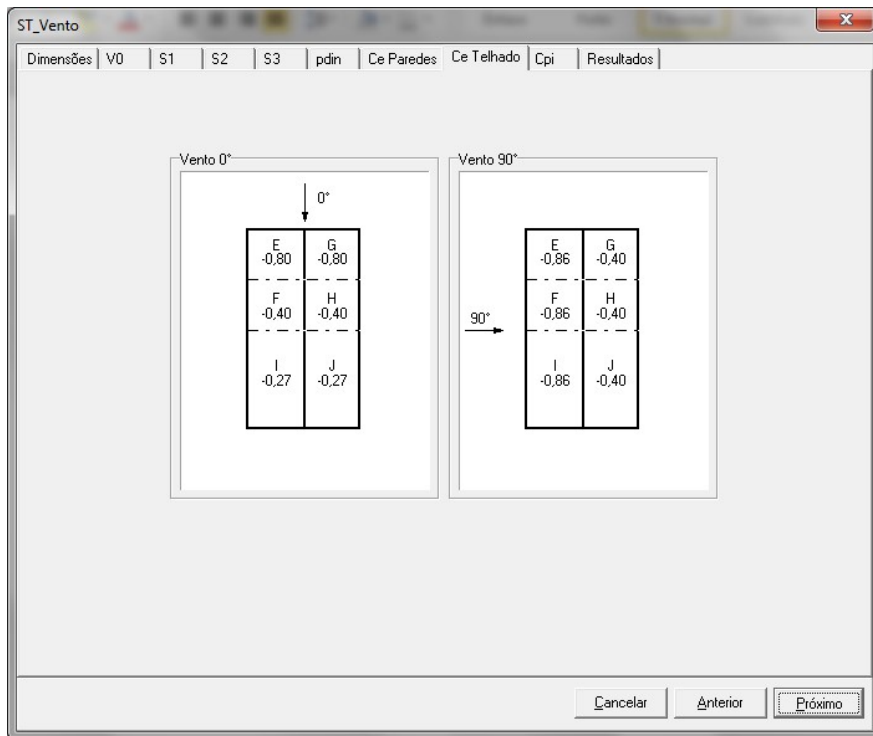
Em seguida, são apresentados os coeficientes de forma externos das paredes e dos telhados.

No caso de terças de fechamento lateral os valores de C_e 90° e C_e 0° serão obtidos a partir de C_e paredes:



Quando a terça for de cobertura os coeficientes C_e 90° e C_e 0° serão obtidos a partir de C_e telhado:





Os coeficientes de pressão interna são determinados na aba Cpi:



ST_Vento

Dimensões | V0 | S1 | S2 | S3 | pdin | Ce Paredes | Ce Telhado | Cpi | Resultados

Coeficiente de Pressão Interna

Duas faces opostas igualmente permeáveis; as outras faces impermeáveis:
- vento perpendicular a uma face permeável: Cpi = +0,2
- vento perpendicular a uma face impermeável: Cpi = -0,3

Quatro faces igualmente permeáveis:
Cpi = -0,3 ou 0 (considerar o valor mais nocivo):

Abertura dominante em uma face; as outras faces de igual permeabilidade:

Abertura dominante na face de barlavento: Cpi = 0,10 ou Cpi = 0,10

Abertura dominante na face de sotavento: Cpi = 0,70 ou Cpi = 0,70

Abertura dominante em uma face paralela ao vento

Abertura dominante não situada em zona de alta sucção externa: Cpi = -0,80 ou Cpi = -0,83

Abertura dominante situada em zona de alta sucção externa: Cpi = -0,40 ou Cpi = -0,40

Edificações efetivamente estanques e com janelas fixas que tenham uma probabilidade desprezável de serem atingidas por acidente: Cpi = -0,2 ou 0

Relação entre a área das aberturas e a área total da face:

- vento a 0°: Cpi = 0,17
- vento a 90°: Cpi = -0,63

Valores definidos pelo usuário:

Cpi 0°: Cpi 90°:

Coefficientes para determinados casos de aberturas periféricas.

Calcula os coeficientes a partir das áreas de abertura declaradas na primeira aba do módulo de vento.

Valores declarados pelo usuário.

Estes resultados podem ser salvos em formato rtf e também podem ser impressos direto desta aba do módulo ST_Vento. Também será exibido este relatório anexado ao relatório de dimensionamento da terça do ST_Vento.

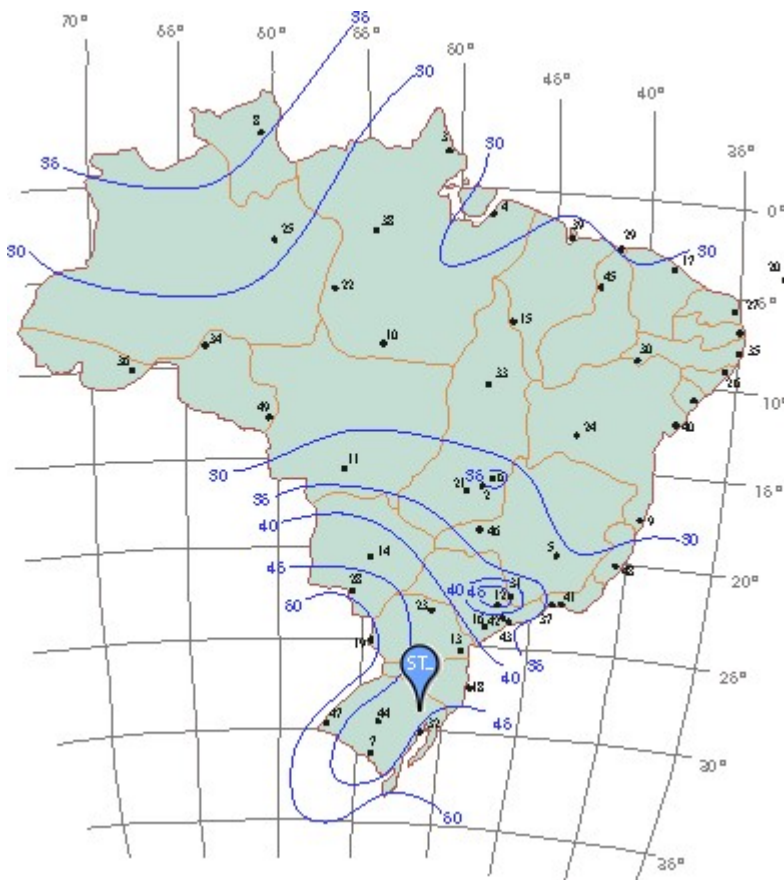


3. AÇÃO DO VENTO NA EDIFICAÇÃO

Conforme NBR 6123:1988

3.1. DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DINÂMICA DO VENTO

3.1.1. Velocidade básica do vento



$V_o = 45 \text{ m/s}$

3.1.2. Fator topográfico S_1

$S_1 = 1,00$ Terreno plano ou fracamente acidentado

3.1.3. Fator que relaciona rugosidade, dimensões da edificação e altura sobre o terreno S_2

Rugosidade do terreno: categoria III
Dimensões da edificação: classe B
 $Z = 15,75 \text{ m}$ Altura acima do terreno
 $S_2 = 0,97$

3.1.4. Fator estatístico S_3



Edificação Grupo 3

$$S_3 = 0,95$$

3.1.5. Pressão dinâmica

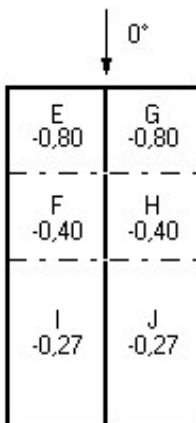
$V_0 = 45 \text{ m/s}$ Velocidade básica do vento

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 = 41,31 \text{ m/s} \quad \text{Velocidade característica do vento}$$

$$q = 0,613 \cdot V_k^2 = 106,63 \text{ kgf/m}^2$$

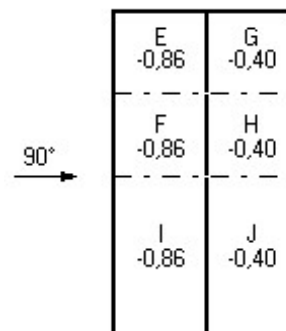
3.2. COEFICIENTES DE FORMA EXTERNO PARA TELHADOS COM DUAS ÁGUAS EM EDIFICAÇÕES DE PLANTA RETANGULAR

Vento a 0°



E -0,80	G -0,80
F -0,40	H -0,40
I -0,27	J -0,27

Vento a 90°



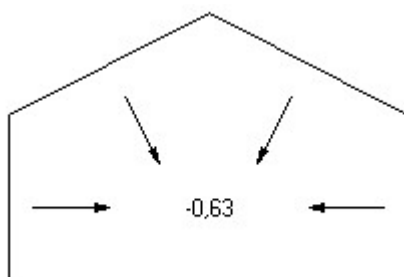
E -0,86	G -0,40
F -0,86	H -0,40
I -0,86	J -0,40

3.3. COEFICIENTES DE PRESSÃO INTERNA

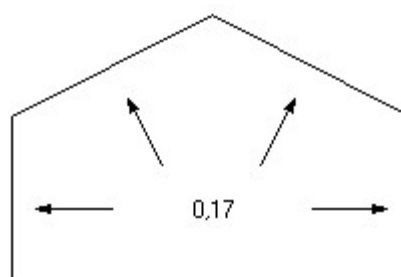
Relação entre a área das aberturas e a área total da face:

- vento a 0° : $C_{pi} = 0,17$
- vento a 90° : $C_{pi} = -0,63$

Vento a 0°



Vento a 90°



Clicando em Concluir volta-se para a janela de Carregamentos com os dados pressão dinâmica e coeficientes de vento preenchidos, conforme o que foi determinado no ST_Vento.



O Módulo **ST_Vento** aparece sempre que precisa-se determinar a Ação do Vento nas edificações.

No campo Pressão Dinâmica, ao clicar-se em **Determinar**, carrega-se **ST_Vento**.

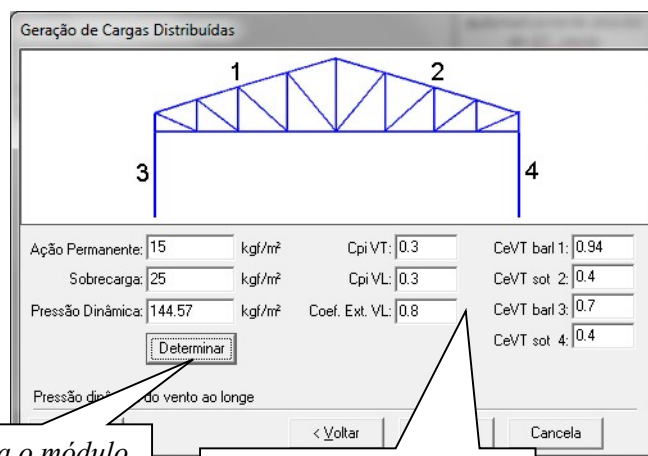
Tem-se os seguintes casos:

No Modulador de Prédios:



*Carrega o módulo
ST_Vento*

No Ambiente de Geração:



*Carrega o módulo
ST_Vento*

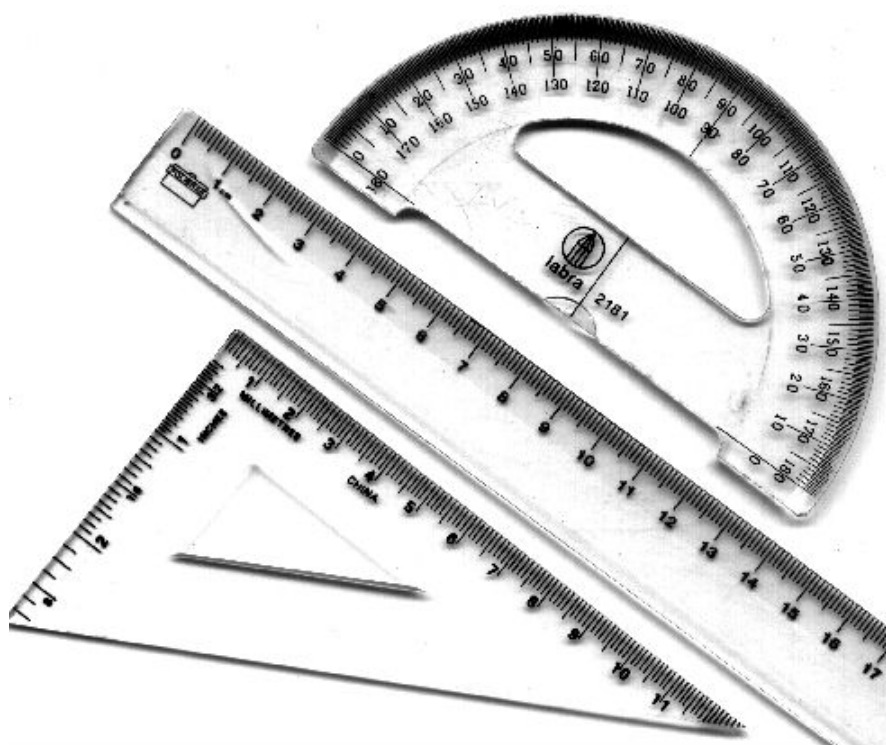
*Resultados inseridos
automaticamente
através do ST_Vento*



CAPÍTULO 4.



MÓDULO DA GEOMETRIA



CAPÍTULO 4. MÓDULO GEOMETRIA

4.1. Introdução

O módulo **Geometria** é utilizado para desenhar a estrutura, editar algum dado ou manipular a estrutura.

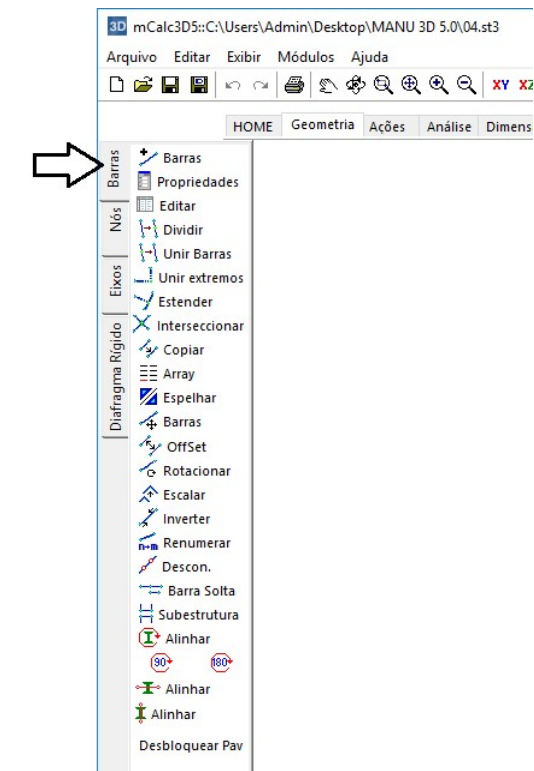
Para acessar esse módulo clica-se sobre a *aba Geometria* com o botão esquerdo do *mouse*, sendo exibidos os recursos/comandos desse módulo.

Os recursos estão disponibilizados em quatro menus: barras, nós, eixos e diafragma rígido.

Exploram-se, a seguir, os comandos de cada menu.

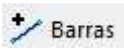
4.2. Menu Barras

Neste menu estão os comandos referentes a operações com as barras:



4.2.1 Comando BARRAS

Para introduzir barras na estrutura.

Após clicar-se sobre o botão  seleciona-se o ponto inicial e o ponto final da barra.

A informação pode ser via clique do *mouse* ou por coordenadas cartesianas globais ou relativas ao último ponto.

4.2.2 Comando PROPRIEDADES

Será utilizado para fornecer as propriedades uma barra ou um conjunto de barras já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão .

No *prompt* do programa será exibida uma solicitação: **Selecione barras para exibir as Propriedades.**

Seleciona(m)-se a(s) barra(s) que terão as propriedades editadas com o botão esquerdo do *mouse*.

Todas as barras selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Aparecerá a janela com as propriedades da barra que podem ser inseridas ou alteradas.

Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do *mouse* ou então a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará permitindo fornecer as propriedades.

Para editar as propriedades das barras selecionadas, basta digitar o valor desejado nos *edit-boxes* correspondentes.



Os campos referentes às propriedades estarão habilitados para serem preenchidos, segundo tabela a seguir:

Tipo de Estrutura	E	Área	Ix	Iy	Iz	v	G
Treliça Espacial	sim	sim	não	não	não	não	não
Pórtico Espacial	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Elemento de Concreto	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Cabo	sim	sim	não	não	não	não	não

Esses valores devem, obrigatoriamente, ser diferentes de zero. Após o dimensionamento, o **mCalc 3D** atualiza as propriedades das barras, adotando então o valor exato da área da seção de cada barra.

4.2.3 Comando EDITAR

O sistema **mCalc 3D** publica, em forma de planilha, permitindo edição de:

- *Conetividade de barras*: podem-se alterar as conetividades das barras;
- *Propriedades das barras*: edita propriedades das barras.

Dentro da planilha o **mCalc 3D** oferece, também, alguns recursos de visualização que




são dados por:

<F4> **Localizar**: clicando-se com o *mouse* numa célula de uma determinada barra, pressionando-se <F4> a barra será salientada com uma linha colorida espessa e colocada em evidência.

<F5> **Salientar**: clicando-se com o *mouse* numa célula de uma determinada barra, pressionando-se <F5> a barra será salientada com uma linha colorida espessa.

4.2.4 Comando DIVIDIR

Será utilizado para dividir uma barra ou um conjunto de barras já existentes em *N* tamanhos iguais.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do *mouse*.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para dividir**

Seleciona(m)-se a(s) barra(s) a serem divididas com o botão esquerdo do *mouse*. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: **Dividir em N partes**.


Será necessário digitar o número de quantas partes se deseja dividir a barra. Para confirmar pressione-se na tecla <ENTER>.

Esse comando ficará ativo até que se pressione a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará dividindo as barras selecionadas.

4.2.5 Comando UNIR BARRAS

Será utilizado quando se deseja unir duas barras já existentes que sejam colineares.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do *mouse*.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para Unir**.

Selecionam-se as barras a serem unidas com o botão esquerdo do *mouse*. As barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla



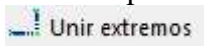
<ENTER>.

Esse comando ficará ativo até que se pressione a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará unindo as barras selecionadas.

O mCalc 3D só unirá barras que sejam co-lineares, por isso no caso de que não haja resposta do comando, verifique se as barras a serem unidas são, efetivamente, co-lineares.

4.2.6 Comando UNIR EXTREMOS

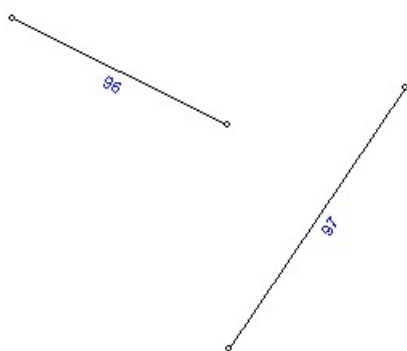
Será utilizado para prolongar uma ou duas barra até sua interseção, recortando as partes que *excedem* o nó criado. Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **“Selecione 2 barras para prolongar até a interseção”**

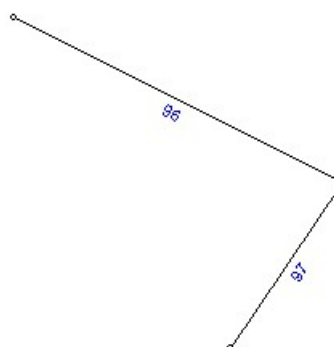
Seleciona-se a(s) barra(s) a serem prolongadas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando a tecla <ENTER>.

Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.

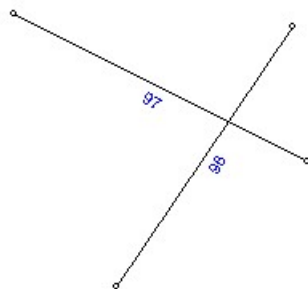


ANTES DO COMANDO

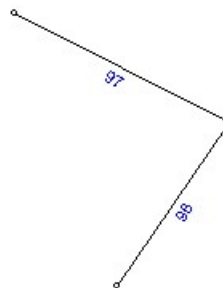


DEPOIS DO COMANDO






ANTES DO COMANDO



DEPOIS DO COMANDO

4.2.7 Comando EXTEND

Será utilizado para criar nó entre duas barras próximas que não se interceptam, unindo-as e criando-se um nó na interseção.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Estender com o botão esquerdo do mouse.

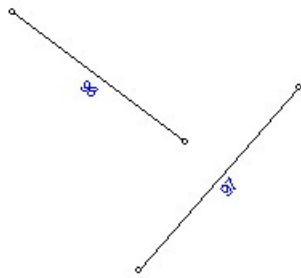
No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione 2 barras para criar nó na interseção**

Seleciona-se a(s) barra(s) a serem criadas o nó na interseção com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho. Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

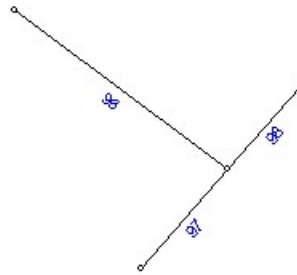
Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará criando o nó na interseção das barras selecionadas.

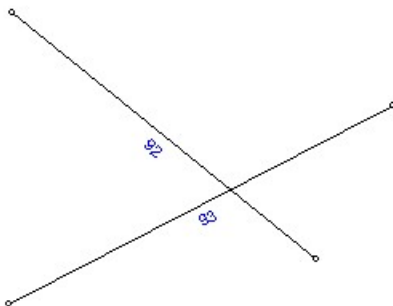




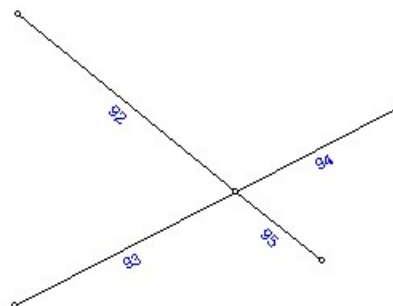
ANTES DO COMANDO



DEPOIS DO COMANDO



ANTES DO COMANDO



DEPOIS DO COMANDO

4.2.8 Comando INTERSECCIONAR

Será utilizado para criar um nó na interseção de duas barra que se interceptam ou que sejam concorrentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **“Selecione 2 barras para criar interseção”**

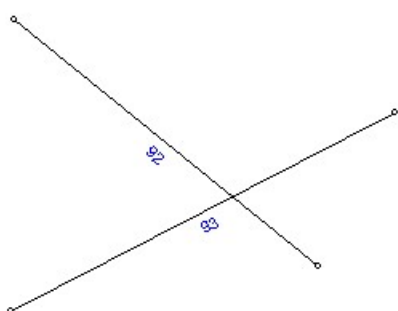
Seleciona(m)-se a(s) barra(s) a serem criada a interseção com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a operação com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

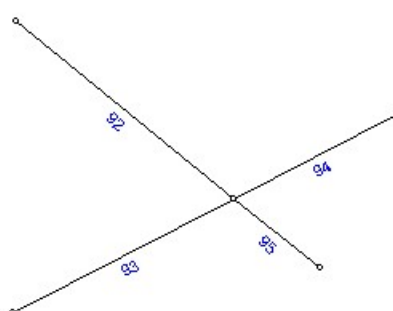


Esse comando ficará ativo até que seja pressionada a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará criando a interseção das barras selecionadas.




ANTES DO COMANDO



DEPOIS DO COMANDO

4.2.9 Comando COPIAR

Será utilizado para copiar uma barra ou um conjunto de barras já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Copiar com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para copiar**

Seleciona-se a(s) barra(s) a serem copiadas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: **Ponto Base**

Com o botão esquerdo do mouse clica-se no ponto que se quer que seja base.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: **Ponto Final**

A indicação dos pontos inicial e final pode ser feita clicando-se o ponto desejado ou pode ser feita através de coordenadas globais ou relativas ao ponto anterior, por exemplo, 200,0,0 (coordenadas globais) ou @350,150,200 (coordenadas relativas) ou ainda por coordenadas polares @200<45.

Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do mouse ou se pressione a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará copiando as barras selecionadas para o ponto que se indicar.



4.2.10 Comando *ARRAY*

Será utilizado o comando *ARRAY* para copiar uma ou um conjunto de barras em lote.

Ativa-se o comando clicando sobre o botão  Array .

No *prompt* do programa surge a instrução: **Selecione barras para cópia em lote**

Após a seleção e a confirmação, o *prompt* pergunta: **Array Retangular ou polar (<R>/P)**

Caso se escolha array retangular (R e <Enter>), declaram-se: **Número de Linhas e Número de colunas**. Declaram-se: **Distância entre as Linhas e Distância entre as Colunas**


Caso as distâncias declaradas sejam positivas as cópias serão feitas no primeiro quadrante.

Caso se escolha array polar (P e <Enter>), declaram-se: **o ponto central** (pólo) das cópias múltiplas, o **número de itens** e o **ângulo a ser preenchido**.

O comando Array cria as cópias no plano XY global.

4.2.11 Comando ESPELHAR

Será utilizado para espelhar uma estrutura.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Espelhar com o botão esquerdo do *mouse*.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para espelhar**

Seleciona-se a(s) barra(s) a serem espelhadas com o botão esquerdo do *mouse*. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: **Ponto Base**

Com o botão esquerdo do *mouse* clica-se no ponto que se quer que seja base.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: **Ponto Final**

A indicação do Ponto Final pode ser feita clicando-se o ponto desejado ou pode ser feita através de coordenadas relativas ao ponto anterior, por exemplo, @200,0,0 ou por coordenadas polares @200<45.

Ao confirmar o segundo ponto de referência, o *prompt* do programa exibirá: **Deseja apagar as barras originais (S/<N>)**. Caso se digite S e <Enter>, as barras originais serão excluídas do desenho.



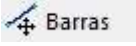
Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará espelhando as barras selecionadas em relação ao plano que se indicar.

Esse comando permite espelhar a estrutura com referência em um plano definido pelos pontos inicial e final e pelo eixo Z global.

4.2.12 Comando **MOVER BARRAS**

Será utilizado para mover uma barra ou um conjunto de barras já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para mover**

Seleciona-se a(s) barra(s) a serem movidas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: **Ponto Base**

Com o botão esquerdo do mouse clica-se no ponto que se quer que seja base.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: **Ponto Final**


A indicação do Ponto Final pode ser feita clicando-se o ponto desejado ou pode ser feita através de coordenadas relativas ao ponto anterior, por exemplo, @200,0,0 ou por coordenadas polares @200<45.

Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará movendo as barras selecionadas para o ponto que se indicar.

4.2.13 Comando **OFFSET**

Será utilizado para copiar uma barra já existente.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione uma barra para copiar por offset**



Seleciona-se a barra a ser movida com o botão esquerdo do mouse. A barra selecionada ficará desenhada em vermelho.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: **Distância**


Deve ser declarada a distância que se quer da barra original e clicar em ENTER.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação, a direção para a qual será copiada a barra: **XG (eixo x global), YG (eixo y global), ZG (eixo z global), YL (eixo y local) ou ZL (eixo z local)**

Após indicação do eixo para a cópia, será solicitado que indique-se um lado da barra para qual será aplicada a nova barra. Para isto, deverá clicar-se na tela o lado desejado para a cópia.

4.2.14 Comando ROTACIONAR

Será utilizado para rotacionar uma barra ou um conjunto de barras já existentes por um determinado ângulo de inclinação.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Rotacionar com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para rotacionar**

Seleciona-se as barras a serem rotacionadas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: **Ponto Base**

Com o botão esquerdo do mouse clica-se no ponto que se quer que seja base.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: **Ponto Final**

A indicação do Ponto Final pode ser feita clicando-se o ponto desejado.

Caso se queira rotar com um ângulo determinado deve-se, ao invés de clicar sobre um ponto final, digitar-se **@I<Ângulo>**.

O ângulo de rotação será medido a partir do eixo X, e a estrutura será rotada em torno do eixo Z.

Se **Ângulo** for declarado > 0 a rotação será no sentido anti-horário.

Se **Ângulo** for declarado < 0 a rotação será no sentido horário.

Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do mouse ou se pressione a tecla <esc>.


Enquanto o comando estiver ativo ele continuará rotacionando as barras selecionadas



para o ponto que se indicar.

4.2.15 Comando ESCALAR

Será utilizado para escalar uma barra ou um conjunto de barras já existentes. O comando pode ser usado para aumentar ou diminuir o desenho da estrutura.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Escalar com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para escalar**

Selecionam-se as barras a serem escaladas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: **Ponto Base**


Com o botão esquerdo do mouse clica-se no ponto que se quer que seja base.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: **Fator de escala**

Digita-se o valor do fator de escala, ou seja, o fator de multiplicação para as dimensões da estrutura.

4.2.16 Comando INVERTER

Será utilizado para inverter o sentido dos eixos de coordenadas locais de uma barra ou um conjunto de barras.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Inverter com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para inverter**

Selecionam-se as barras a serem invertidas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

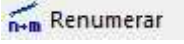
Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do mouse ou se pressione a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará invertendo as barras selecionadas.

4.2.17 Comando RENUMERAR

Será utilizado para renumerar barras. Algumas vezes é interessante ao projetista ter um grupo de barras com números (nomes) ordenados. Para isso se criou essa ferramenta.



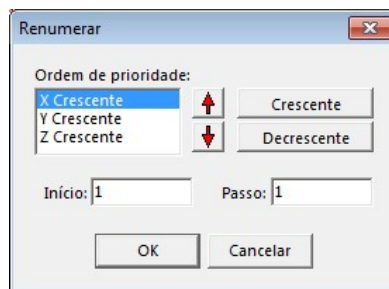
Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do *mouse*.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para renumerar**

Selecionam-se as barras a serem renumeradas com o botão esquerdo do *mouse*. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito do *mouse* ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Surgirá a seguinte *Janela de Diálogo*:



Deve-se declarar o *Início* – o novo número da primeira barra selecionada – e o *Passo* a diferença entre números de duas barras consecutivas.

Deve-se declarar, também, a prioridade para o sentido de renumeração. O exemplo acima renumera com passo crescente primeiro as barras na direção de X, depois Y e finalmente Z, da barra mais próxima para a mais distante da barra de referência.

É possível, no uso do comando **Renumerar**, a utilização de passo negativo (decrementos).

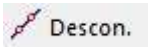
4.2.18 Comando DESCONTINUIDADES

Este comando permite que sejam alteradas as descontinuidades nos extremos das barras. Estes tipos especiais de vinculação dizem respeito às solicitações nos extremos destas peças e são permitidas de acordo com o tipo de estrutura em se queira empregá-las, conforme tabela a seguir:

Tipo de Estrutura	Translação x	Translação y	Translação z	Giro x	Giro y	Giro z
Elemento de Concreto	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Pórtico Espacial	sim	sim	sim	sim	sim	sim



É importante observar que se todos os extremos de todas as barras conectadas a um nó tiverem uma mesma descontinuidade, ter-se-á um problema de singularidade na matriz de rigidez global. Assim, para rotular um nó, ao qual concorrem n barras, deve-se articular $n-1$ barras.

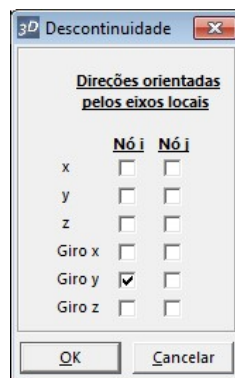
Para usar esta ferramenta basta clicar sob o botão  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para inserir descontinuidades**

Selecionam-se as barras com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito do mouse ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Surgirá a seguinte *Janela de Diálogo*:



Nesta janela deverão ser marcadas as descontinuidades nos nós inicial e final das barras selecionadas.

Após a confirmação clicando-se sob o botão OK, as barras nas quais foram aplicadas as descontinuidades aparecerão com um círculo em vermelho nas extremidades:

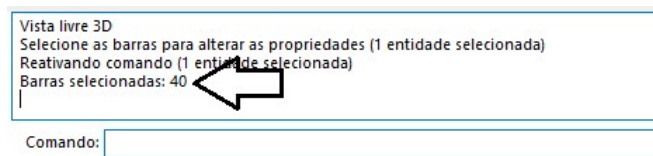


4.2.19 Comando BARRA SOLTA

Acionando o comando Barra Solta o programa seleciona as barras que estão desconectadas do modelo principal e indica na barra de comandos a quantidade de

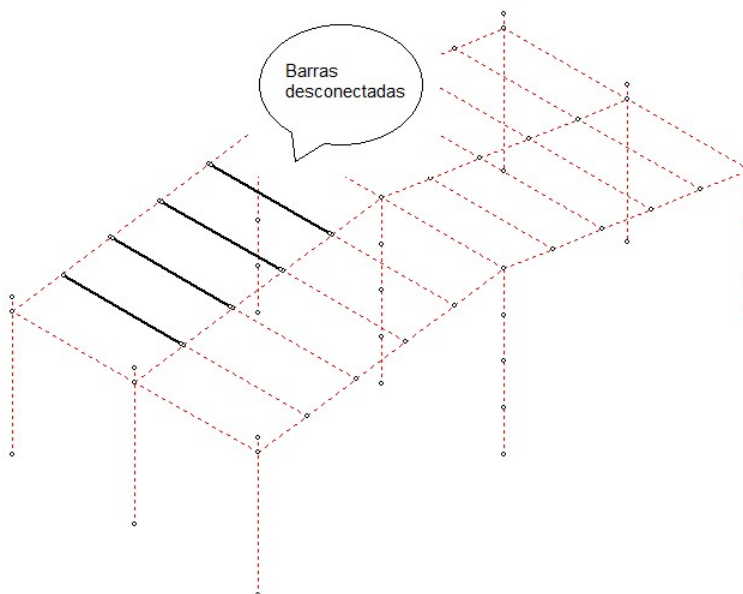


barras soltas da estrutura:




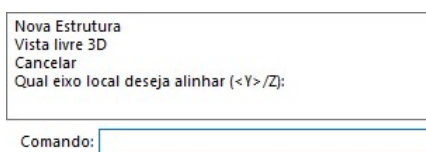
4.2.20 Comando SUBESTRUTURA

Neste comando é possível detectar se a estrutura principal tem barras desconectadas. Seleciona-se uma barra do modelo e após confirmação todas as barras conectadas ficam selecionadas. As barras desconectadas não são selecionadas:

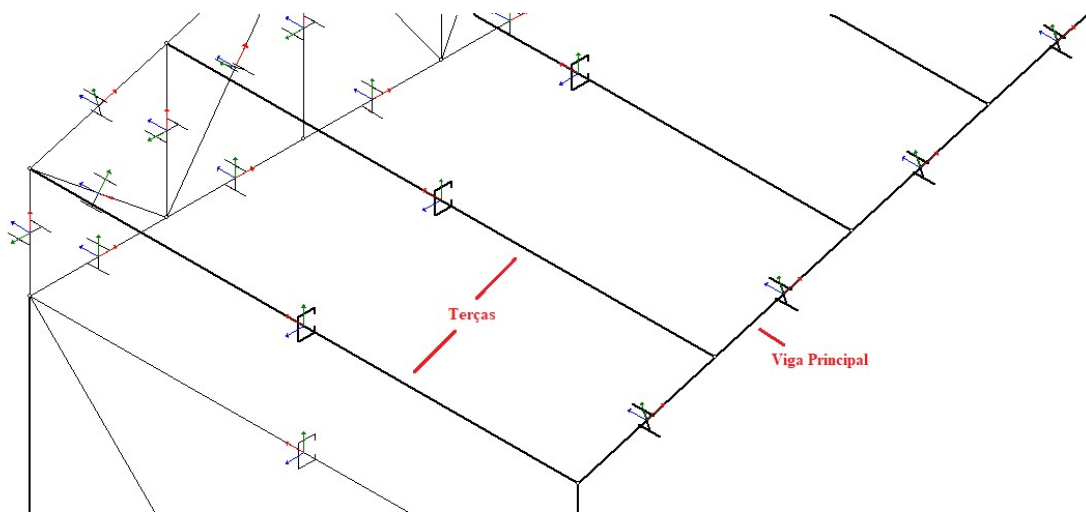


4.2.21 Comando ALINHAR

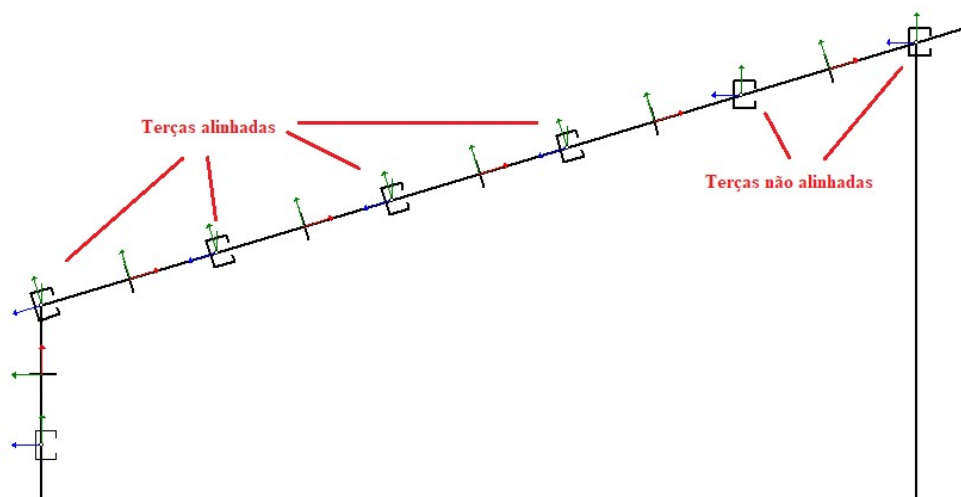
Este comando permite alinhar os eixos locais y e z das barras. Clicando sobre o botão  Alinhar na barra de comandos pede-se para declarar qual eixo local se quer alinhar:





Então declara-se y ou z. Este comando é útil para alinhar terças, por exemplo, na figura a seguir pretende-se alinhar as terças conforme a inclinação da viga principal:



Usando o comando, pede-se para alinhar no eixo y, e selecionam-se as terças para alinhar os eixos. Em seguida é solicitado o ponto base e o ponto final, selecionam-se dois pontos sobre a viga na direção que se queira o eixo y local das terças:




4.2.22 Comando ROTACIONAR EIXOS LOCAIS

Clicando em   rotacionam-se os eixos locais das barras em 90° ou 180° .

4.2.23 Comando ALINHAR


Os comandos de Alinhar funcionam da mesma forma que o comando citado no item 4.2.21. A única diferença é que estes são específicos para os eixos y local ou z local.

 Alinhar : alinha conforme eixo local y

 Alinhar : alinha conforme eixo local z

4.2.24 Comando DESBLOQUEAR PAV

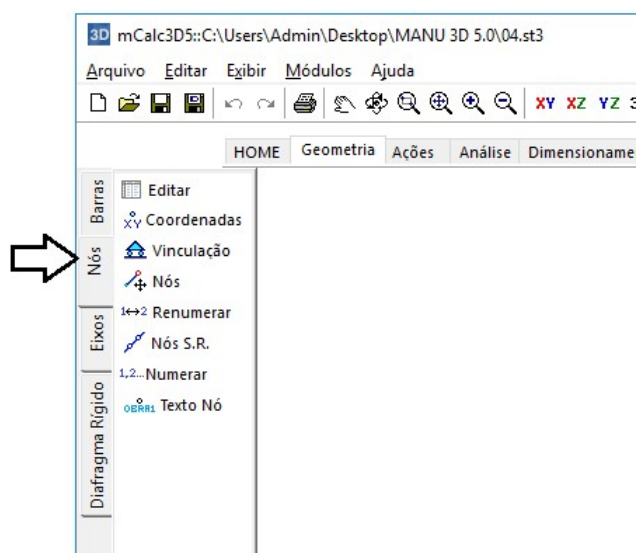
As barras geradas no módulo Predios vão travadas para o ambiente 3D e são do tipo PV e não podem ser editadas/apagadas no ambiente 3D. Faz-se isso para que a distribuição de carregamento das lajes sobre as vigas, lançada no Prédios, não fique incoerente caso o usuário modifique a geometria do modelo.

Mas caso o usuário queira editar poderá usar o comando desbloquear clicando em  Desbloquear. Fazendo isso as barras que eram PV tornam-se PE (pórtico espacial) e poderão ser editadas como uma barra qualquer lançada no 3D.


4.3. Menu Nós

Neste menu estão os comandos referentes a operações com os nós:





4.3.1 Comando EDITAR

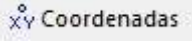
Este comando permite editar as coordenadas dos nós. Clicando sob o botão , abrirá uma planilha com as coordenadas x, y e z de todos os nós da estrutura:

Clicando sob um nó nesta planilha é possível localizá-lo na estrutura acionando a tecla <F4> ou salientá-lo através da tecla <F5>. Além disso, pode-se editar as coordenadas salientando a célula do respectivo nó e declarando a nova posição. Confirma-se clicando em APLICAR.

Coordenadas dos Nós			
Nó	X	Y	Z
125	599.96	3000	559.96
126	399.98	3000	539.96
127	199.99	3000	519.96
128	1200	3000	579.96
129	1400	3000	559.96
130	1600	3000	539.96
131	1800	3000	519.96
132	0	3000	0
133	0	3000	201
134	0	3000	402
135	1000	3000	0
136	1000	3000	201
137	1000	3000	402
138	2000	3000	0
139	2000	3000	201
140	2000	3000	402
141	0	3500	500
142	1000	3500	600

4.3.2 Comando COORDENADAS

Será utilizado para informação ou edição da(s) coordenada(s) de algum nó já existente.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.



No *prompt* do programa será exibida uma solicitação: **Selecione nós para Editar.** Selecciona(m)-se o(s) nó(s) a serem alterados ou verificados com o botão esquerdo do *mouse*. Todos os nós que forem selecionados ficarão desenhados com um círculo maior. Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>. Aparecerá a janela com as coordenadas dos nós que podem ser inseridas ou alteradas, conforme a figura:




Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará permitindo fornecer as coordenadas dos nós.

4.3.3 Comando VINCULAÇÃO

As direções restringidas dos nós vinculados – vinculação – serão declaradas no sistema global de coordenadas da estrutura.

Será utilizado para a colocação do(s) vínculo(s) de estruturas já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Vinculação  Vinculação com o botão esquerdo do mouse.

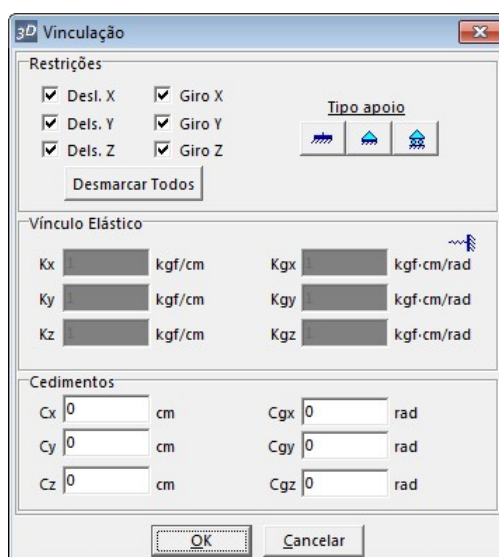
No *prompt* do programa será exibida uma mensagem: **Selecione nós para Editar Vínculos.**

Selecciona-se o(s) nó(s) a serem editados a vinculação com o botão esquerdo do mouse. Todos os nós que forem selecionados ficarão desenhados com um círculo maior.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

A seguir surgirá a janela onde será declarada a opção de restrição desejada, e após aplica-se com o botão <OK>, conforme a figura:





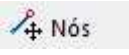
Para utilizar vínculos elásticos, deve-se declarar o valor da constante elástica (k) em cada uma das direções com movimento restringido, permanecendo os demais valores zerados. O mesmo pode ser feito caso os apoios possam ceder.

Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará vinculando a estrutura no ponto que se indicar.

4.3.4 Comando MOVER NÓS

Será utilizado para esticar um nó de barras já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione nós para mover**

Seleciona-se o(s) nó(s) a serem movidos com o botão esquerdo do mouse. Todos os nós que forem selecionadas ficarão desenhadas com um círculo maior.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: **Ponto Base**

Com o botão esquerdo do mouse clica-se no ponto que se quer que seja base.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: **Ponto Final**




A indicação do Ponto Final pode ser feita clicando-se o ponto desejado ou pode ser feita através de coordenadas relativas ao ponto anterior, por exemplo, @200,0,0 ou por coordenadas polares @200<45.

Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará movendo os nós selecionados para o ponto que se indicar.

4.3.5 Comando RENUMERAR NÓS

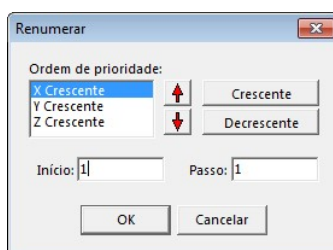
Será utilizado para renumerar nós. Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  **Renumerar** com o botão esquerdo do *mouse*.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione nós para renumerar**

Selecionam-se os nós com o botão esquerdo do mouse. Todos os nós que forem selecionados ficarão desenhados em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito do mouse ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Surgirá a seguinte *Janela de Diálogo*:



Deve-se declarar o *Início* – o novo número do primeiro nó selecionado – e o *Passo* a diferença entre números de dois nós consecutivos.

Deve-se declarar, também, a prioridade para o sentido de renumeração. O exemplo acima renumera com passo crescente primeiro os nós na direção de X, depois Y e finalmente Z, do nó mais próximo para o mais distante do nó de referência.

4.3.6 Comando NÓS SEMIRRÍGIDOS

Este comando permite que seja alterada a rigidez dos nós. Gerando para as barras que possuem estes nós, matrizes de rigidez modificadas em relação às matrizes convencionais.




Como fonte de consulta para obtenção das matrizes modificadas foram utilizados os seguintes trabalhos:

- Mello, Wagner Luiz de; Requena, João Alberto Venegas. (1999): Análise de instabilidade de barras planas considerando as ligações semi-rígidas. Faculdade de Engenharia Civil - Departamento de Estruturas - Unicamp, Brasil.

- Monforton, G. R.; Wu, T. S.. Matrix Analysis of semi-rigidly Connected Frames. In: Journal of the Structural Division – Proceedings of the American Society of Civil Engineers, p. 12 -42, 1963.

- Pinheiro, Leonardo; Silveira, Ricardo A. M.. Computational Procedures for Nonlinear Analysis of Frames with Semi-Rigid Connections. Civil Engineering Program. Federal University of Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ – Brazil. Civil Engineering Graduate Program – PROPEC – Departament of Civil Engineering - Federal University of Ouro Preto – Brazil.

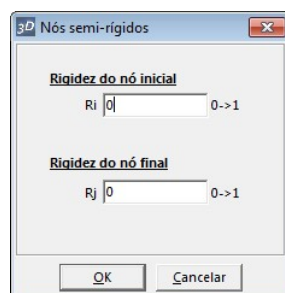
Para usar esta ferramenta o usuário deverá clicar com o botão esquerdo do mouse no botão  Nós S.R.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para inserir nós semi-rígidos**

Selecionam-se as barras com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito do mouse ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Surgirá a seguinte *Janela de Diálogo*:



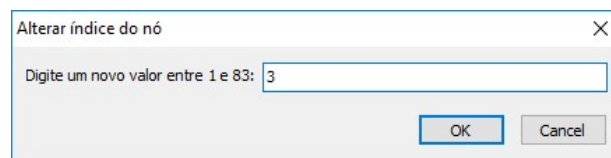
Assim declarar-se-ão as rigidezes nos nós inicial e, ou, final de determinada(s) barra(s). Este valor deve estar no intervalo entre ZERO e UM.

Após a confirmação clicando-se sob o botão OK, as barras nas quais foram aplicados os nós semi-rígidos aparecerão com um círculo em azul nas extremidades:




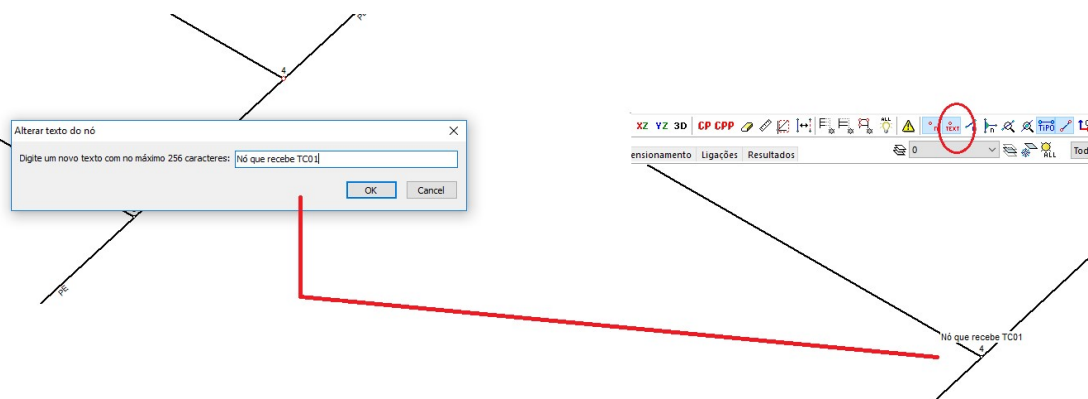
4.3.7 Comando NUMERAR

Este comando ^{1,2...} Numerar permite que seja alterado o índice do nó. Abre uma janela para que o usuário declare o número que determinado nó irá receber:



4.3.8 Comando TEXTO NÓ

Clicando no ícone  Texto Nó surgirá uma janela para que o usuário insira alguma nota/observação sobre determinado nó na estrutura:

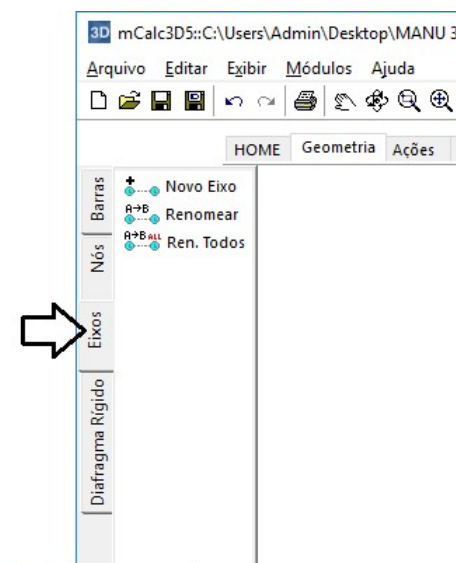


Observando que para exibir o texto deverá estar ativa a opção no menu superior.




4.4. Menu Eixos

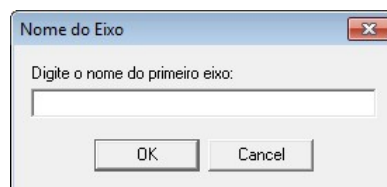
Neste menu estão os comandos referentes a operações com eixos:



4.4.1 Comando NOVO EIXO

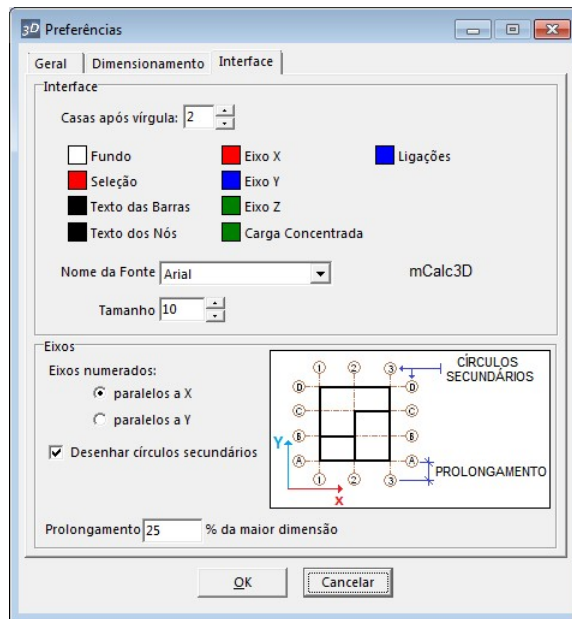
Este comando permite a criação de eixos. Clicando em  Novo Eixo surgirá no *prompt* do programa uma ordem: **Selecione a direção do eixo X ou Y**

Após declarar a direção será necessário informar o ponto base para começar a inserção dos eixos. Com o botão esquerdo do *mouse* clica-se no nó para criar o primeiro eixo, então aparecerá a seguinte janela:

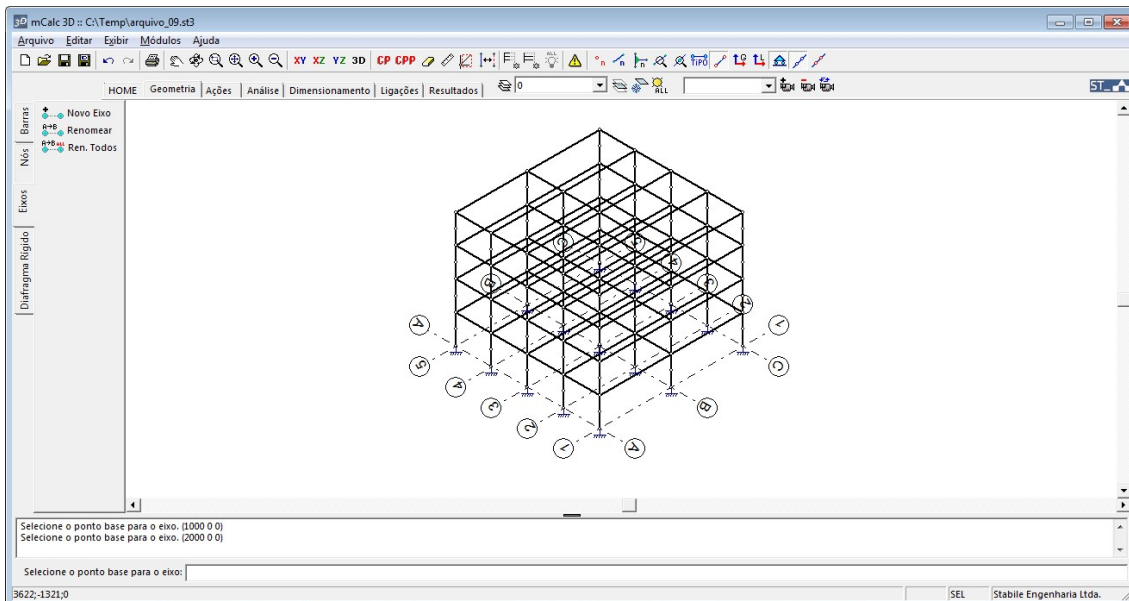


O nome do eixo deve ser informado por letras ou números, conforme for a direção declarada. No menu Exibir>Preferências>Interface deve-se declarar em qual direção serão numerados os eixos, consequentemente, a outra direção será nomeada por letras:






Depois de inserir o ponto base para a inserção dos eixos clica-se nos demais eixos da direção escolhida e serão desenhados na ordem 1,2,3,... ou A,B,C,....

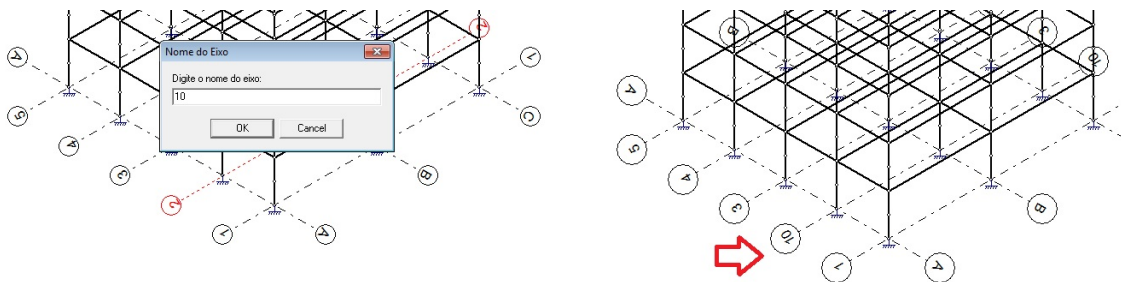


4.4.2 Comando RENOMEAR


Este comando permite editar o nome de um eixo existente. Clicando em  Renomear surgirá no *prompt* do programa uma ordem: **Selecione 1 eixo para renomear**



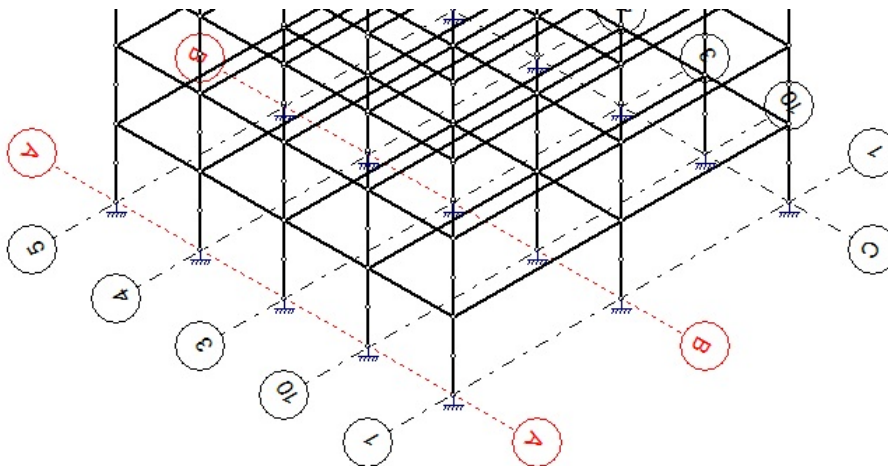
Seleciona-se o eixo com o botão esquerdo do *mouse* e aparecerá uma janela para declarar o novo nome do eixo:



4.4.3 Comando **RENOMEAR TODOS**

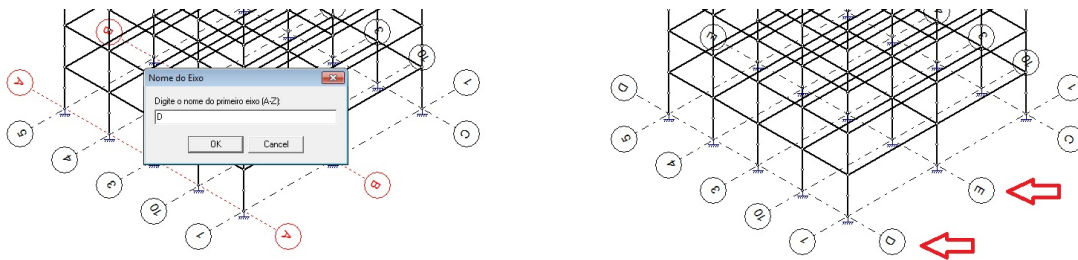
Este comando deverá ser acionado para renomear eixos de uma mesma direção. Clicando em  **Ren. Todos** surgirá no *prompt* do programa uma ordem: **Selecione a direção do eixo X ou Y**

Depois de declarar a direção deverão ser selecionados, com o botão esquerdo do mouse, os eixos que se quer renomear. No caso abaixo foi escolhida a direção Y e os eixos selecionados foram A e B:



Confirmando a seleção aparecerá a janela para inserir o novo nome dos eixos. Estes nomes serão inseridos na seqüência, por ordem de seleção:

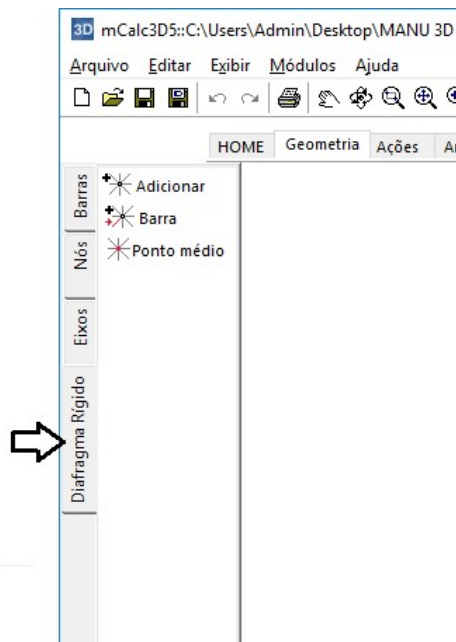





4.5. Menu Diafragma Rígido

As barras de diafragma rígido simulam a rigidez das lajes em pavimentos. Estes elementos, de elevada rigidez, transmitem às paredes de contraventamento esforços originados de ações laterais.

Neste menu estão os comandos referentes às ferramentas para manipular diafragmas rígidos:

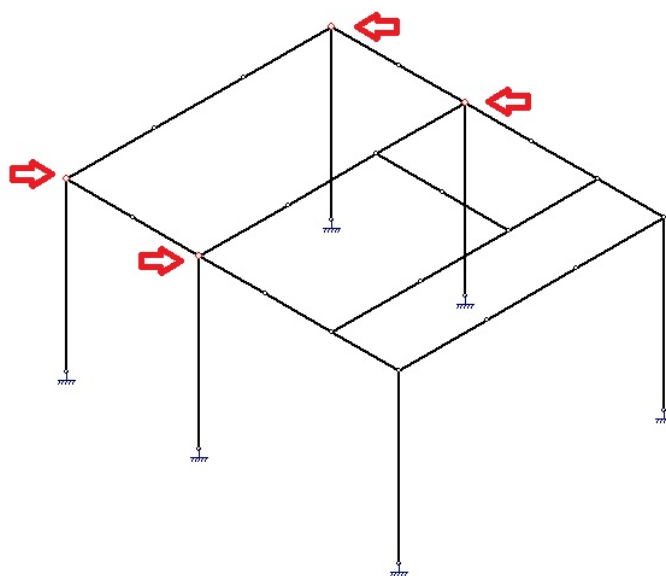


4.5.1 Comando ADICIONAR

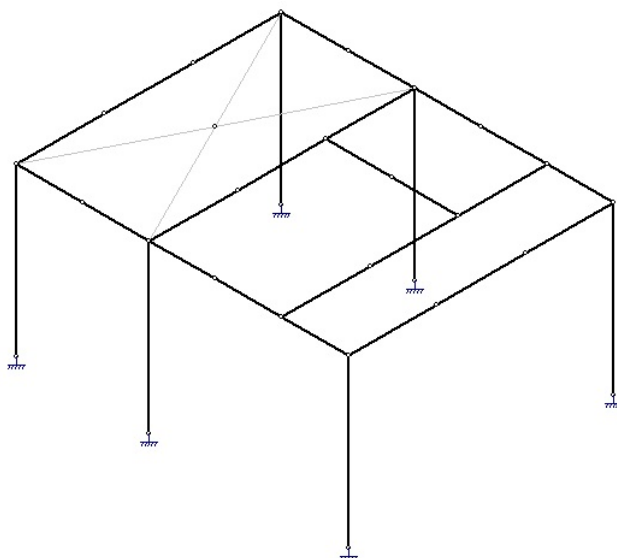
Acionando este comando criam-se as barras para compor o diafragma. Clicando em  Adicionar surgirá no *prompt* do programa uma ordem: **Selecione os nós do diafragma rígido**




Então deverão ser selecionados com o botão esquerdo do *mouse* os nós para compor esta estrutura:



Após selecionar os nós confirma-se a seleção com o botão direito do mouse e as barras do diafragma serão desenhadas, unidas pelo centro de massa da configuração:

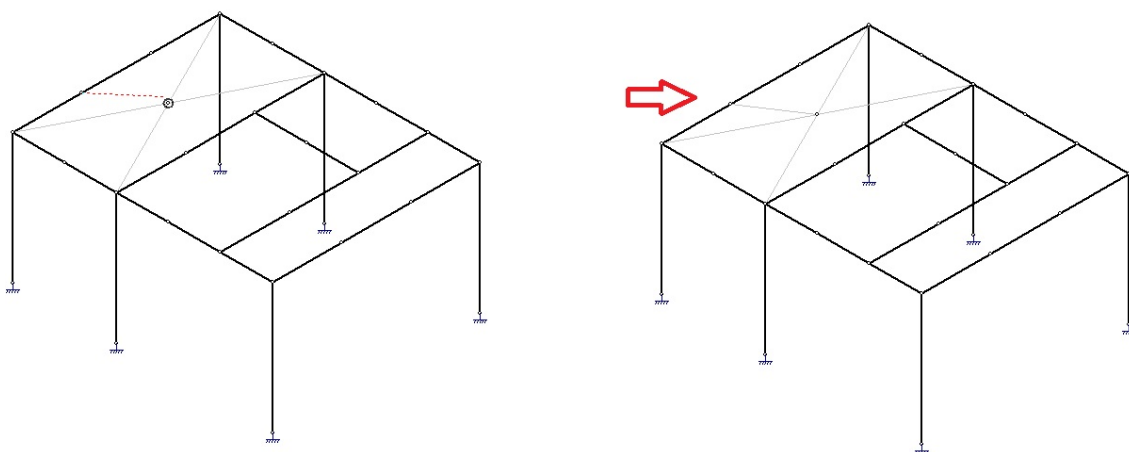


4.5.2 Comando ADICIONAR BARRA


Este comando possibilita adicionar barras a um diafragma já constituído. Clica-se no botão  Barra então seleciona-se um nó com o botão esquerdo do *mouse* e em



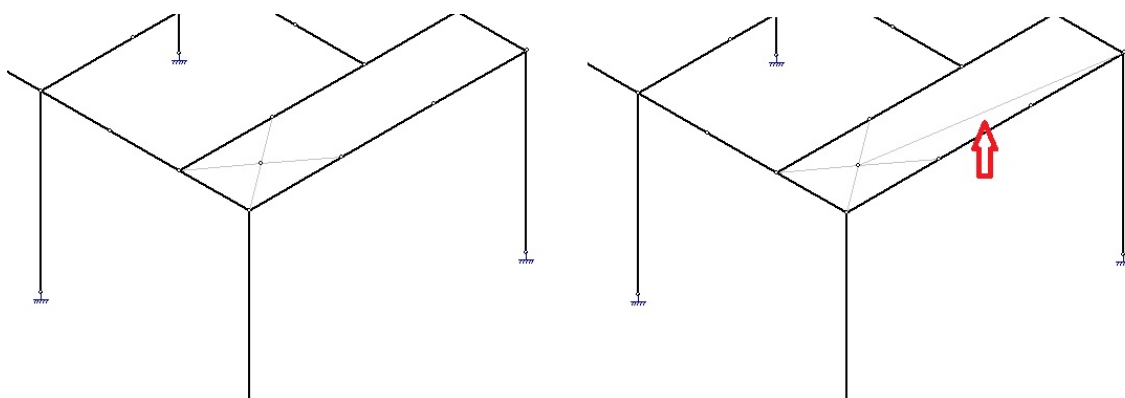
seguida deve ser clicado no centro do diafragma para completar a inserção deste elemento:



4.5.3 Comando PONTO MÉDIO

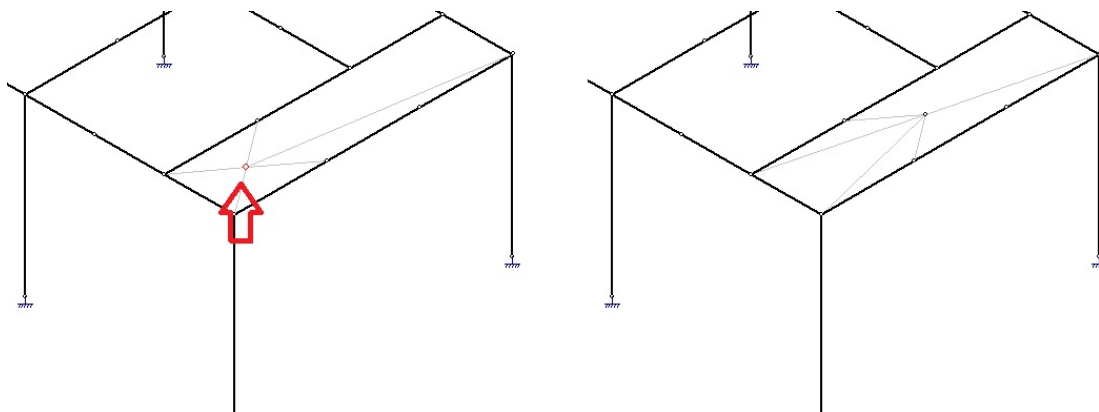
Este comando recalcula o centro do diafragma alterado por inserção ou exclusão de alguma barra. Clica-se no botão  Ponto médio então seleciona-se um nó com o botão esquerdo do *mouse* o antigo centro do diafragma e confirma-se a seleção com o botão direito, dessa forma, o centro é recalculado.

Na situação a seguir, primeiramente, foram seleccionados 4 nós para inserção do diafragma rígido, em seguida, adicionou-se uma barra:




Com esta nova configuração de barras tem-se um novo centro que deverá ser recalculado através do comando Ponto Médio. Clicando no referido botão com o botão esquerdo do mouse e a seguir confirmando com o direito obtem-se o novo centro:

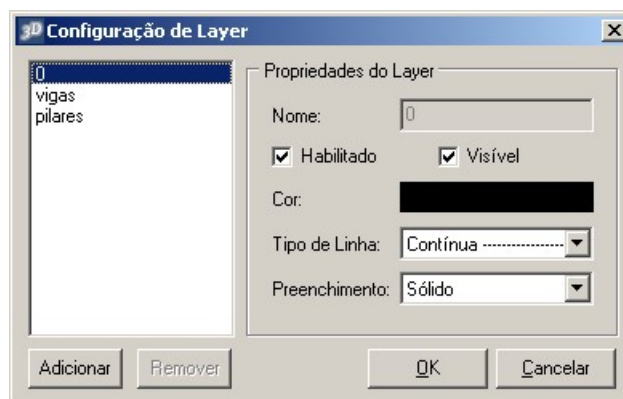




4.6. Edição de *Layers*

Para facilitar o trabalho de edição/manipulação da estrutura, o **mCalc 3D** permite que se crie diferentes *layers*, que podem ser aplicados aos elementos estruturais, tornando mais simples a sua identificação e seleção.

Clica-se sobre o botão  para abrir a janela de edição de *layers*.



Para acrescentar novos *layers*, clica-se sobre o botão *Adicionar*. Deve-se então digitar um nome para o novo *layer*, escolher sua cor, estilo de linha e preenchimento. Podem-se adicionar quantos *layers* forem necessários.

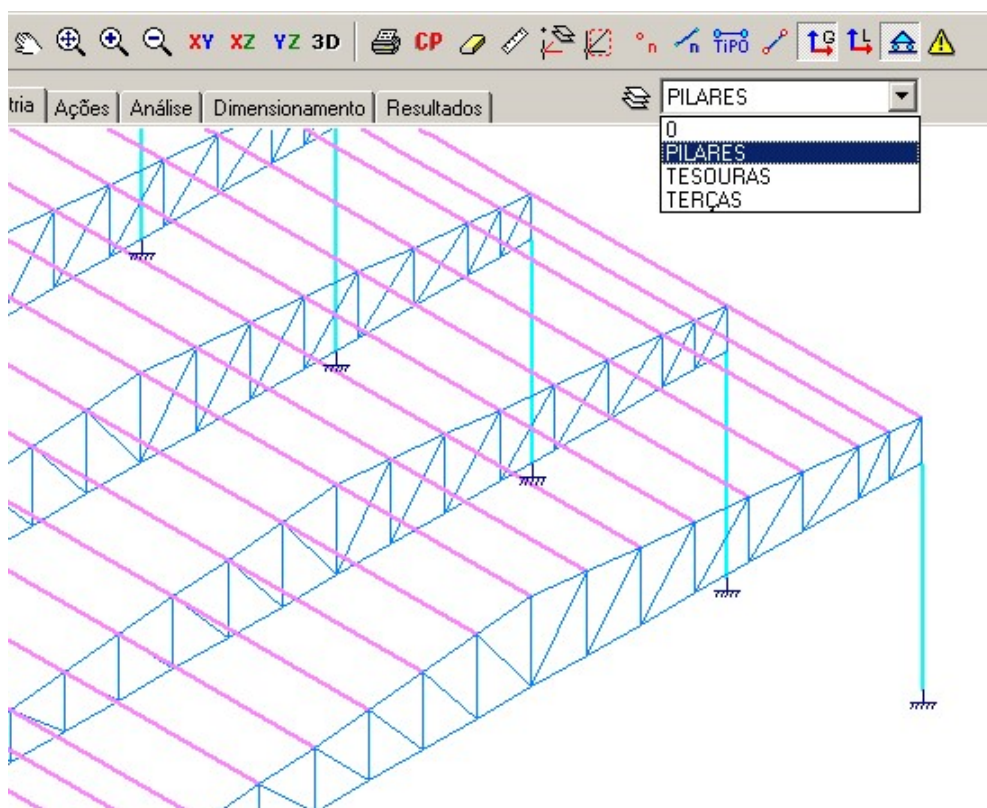
Para remover um *layer*, basta seleccioná-lo com um clique de mouse e clicar sobre o botão *Remover*. O *layer 0* é o *layer* padrão, e não pode ser editado ou removido.

Para tornar um *layer* invisível, deve-se desmarcar a caixa correspondente na janela de configurações. Desmarcando a opção *Habilitado*, as barras desenhadas com esse *layer* permanecerão visíveis, mas não poderão ser seleccionadas para edição.



4.6.1 Aplicando *Layers* às barras

Após a criação de novos *layers*, pode-se aplicá-los a barras já existentes. Clicando na caixa de seleção de *layers*, seleciona-se o *layer* a ser aplicado, em seguida, selecionam-se as barras onde se deseja aplicar o *layer* e confirma-se com a tecla <ENTER>.



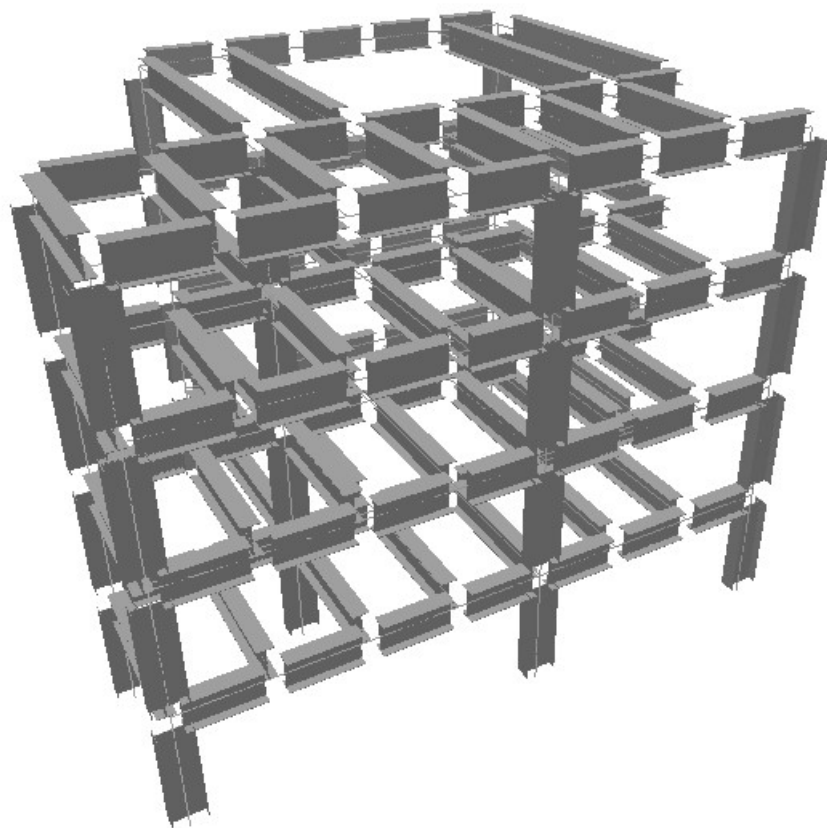
Novas barras serão criadas no *layer* ativo. Para trocar o *layer* ativo, basta clicar sobre o nome do *layer* na caixa de seleção e confirmar teclando <ENTER>.



CAPÍTULO 5.



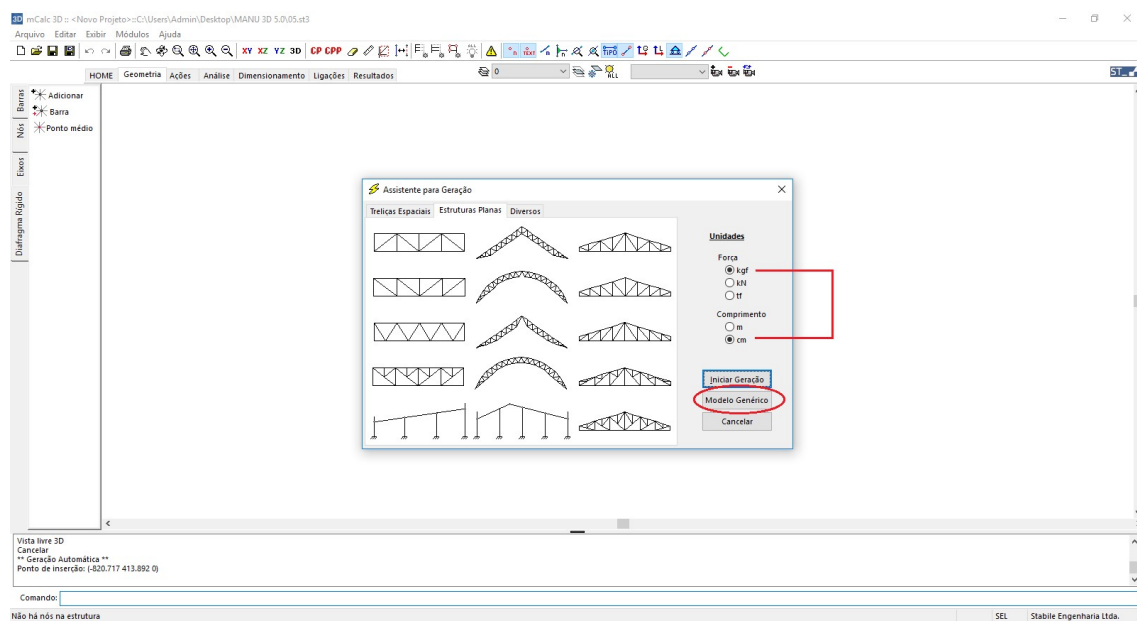
MÓDULO PRÉDIOS



CAPÍTULO 5. MÓDULO PRÉDIOS

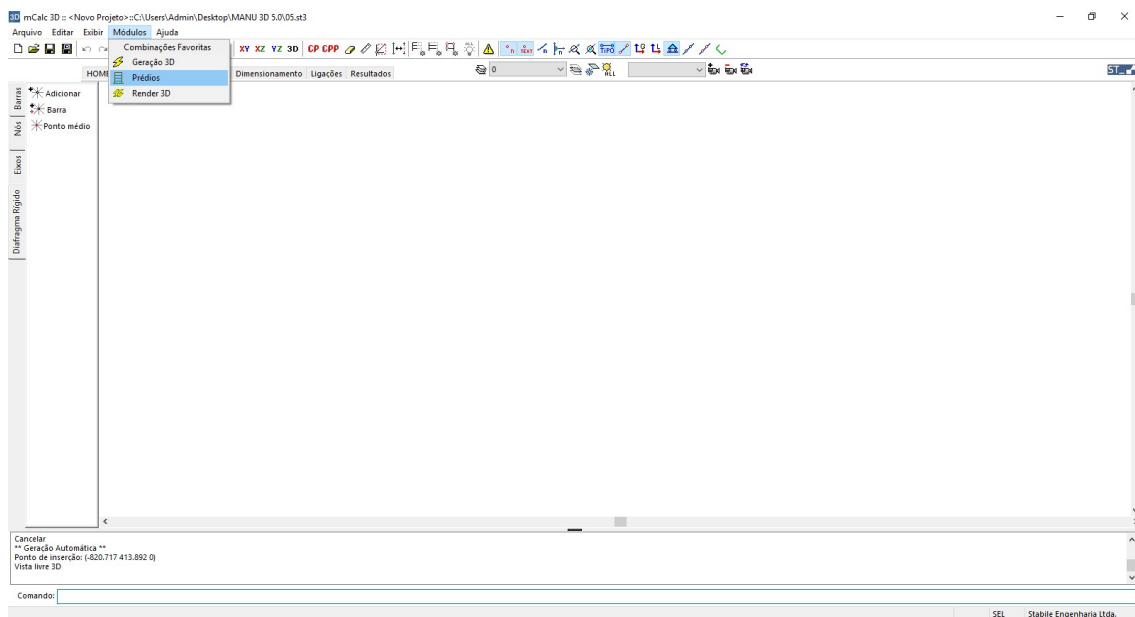
5.1. Introdução

O módulo de prédios do **mCalc 3D** é um pré-processador para pavimentos metálicos. Para iniciar a modelagem do prédio deve-se escolher a opção *Modelo Genérico* no assistente de projetos, da mesma forma, devem-se selecionar as unidades de força e comprimento com as quais irá se trabalhar.



Após será apresentada uma tela em branco, na aba “HOME”. Clica-se na aba “GEOMETRIA” e escolhe-se a opção “MÓDULOS” e seleciona-se o módulo de PRÉDIOS:



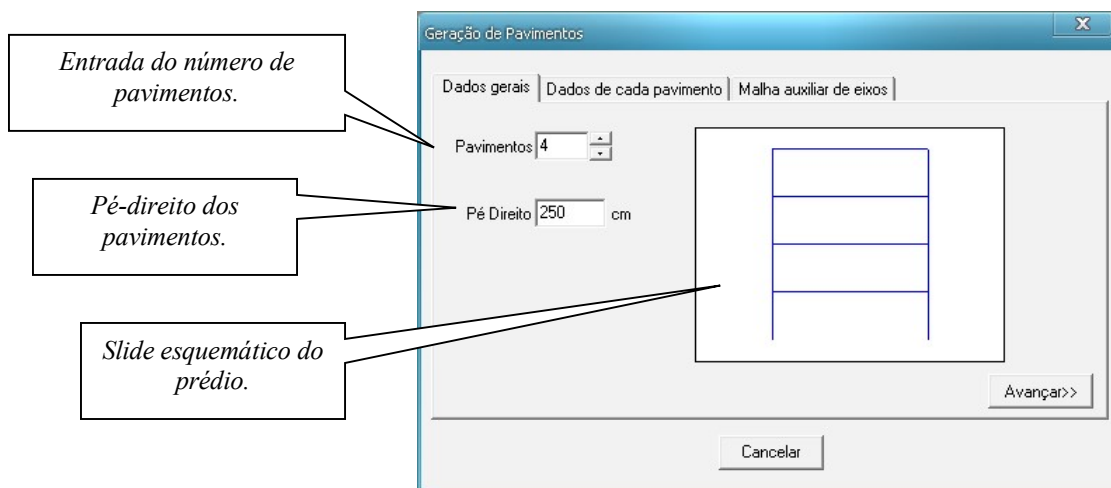


Assim que abre o módulo de prédios é exibida uma janela de Geração de Pavimentos. Esta ferramenta irá auxiliar o usuário a definir a geometria dos pavimentos, caso o usuário não desejar utilizá-la basta fechá-la e compor a geometria de cada pavimento do prédio a partir da janela principal do módulo.

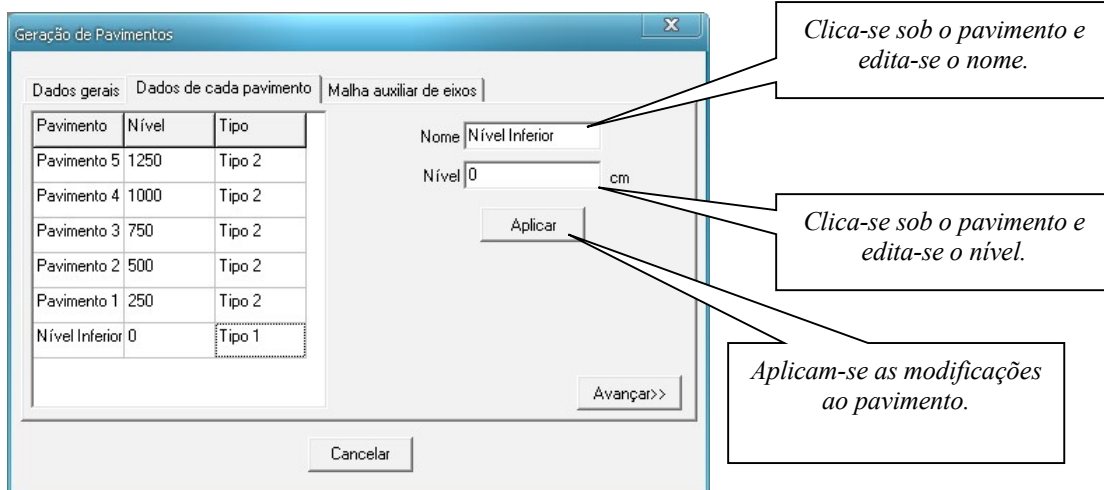
5.2 GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE PAVIMENTOS

A geração automática de pavimentos é composta por três abas. Na primeira aba são definidos os dados gerais do prédio, ou seja, o número de pavimentos e o pé-direito entre eles.



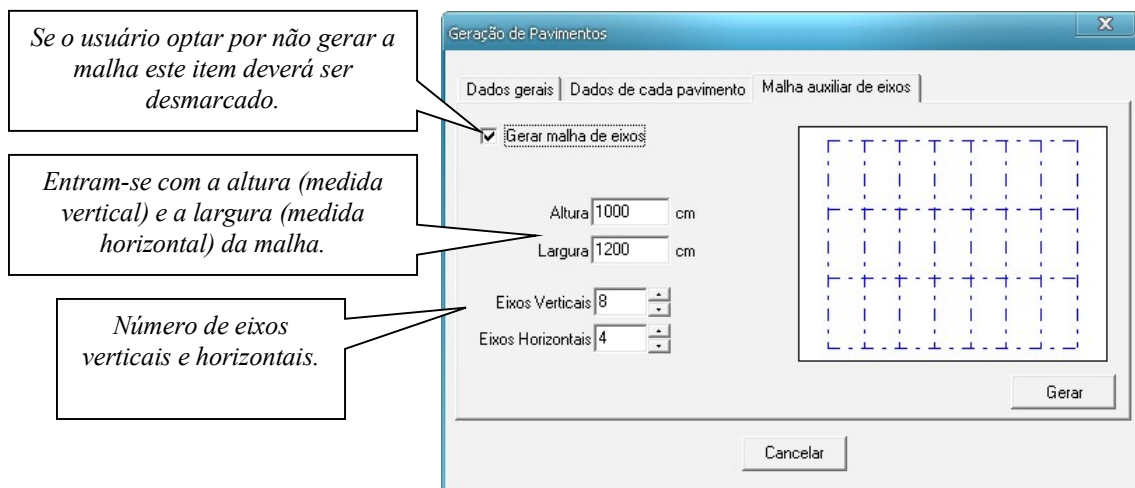


Na aba referente aos dados de cada pavimentos podem ser editados o nome do pavimento e o nível.

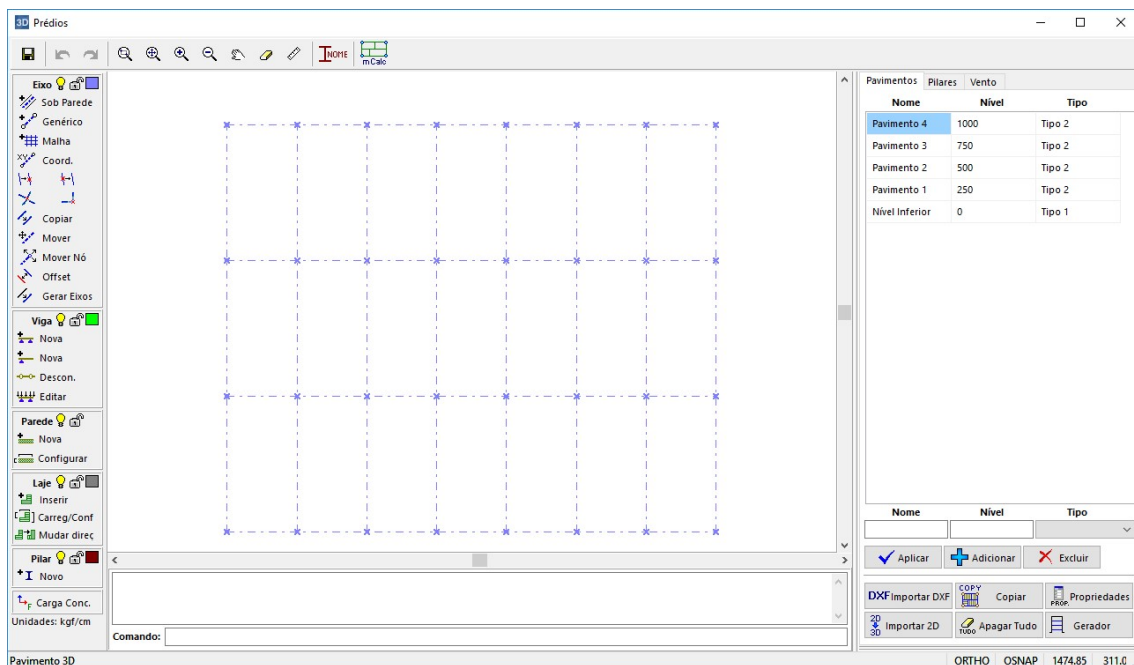


Na aba referente à malha auxiliar de eixos permite que seja gerada a geometria auxiliar para posteriormente inserção de vigas e pilares.





Após inserir os dados da Geração de Pavimentos clica-se no botão GERAR. Então as malhas dos pavimentos e demais dados serão apresentados na janela principal do módulo de Prédios.



No canto superior direito desta janela observam-se 3 módulos: Pavimentos, Pilares e Vento. Cada módulo e seus comandos serão descritos a seguir.



5.3 COMANDOS GERAIS DO MÓDULO PRÉDIOS

Os comandos da janela principal do módulo Prédios são aplicados aos pavimentos gerados. Estes estão listados no lado direito da tela. Sempre que se for aplicar algum comando deve-se, primeiramente, selecionar o pavimento ou o tipo de pavimento no qual se quer utilizar o comando.

Nome	Nível	Tipo
Pavimento 4	1000	Tipo 2
Pavimento 3	750	Tipo 2
Pavimento 2	500	Tipo 2
Pavimento 1	250	Tipo 2
Nível Inferior	0	Tipo 1

Nome dos pavimentos.

Tipos de pavimentos.

Nível de cada pavimento.

Logo abaixo da lista de pavimentos existem alguns comandos que são aplicados sob esta lista.

As ações/comandos serão aplicados ao pavimento cujo nome aparece em destaque neste campo.

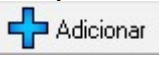
Nome	Nível	Tipo
Pavimento 1	250	Tipo 2

✓ Aplicar + Adicionar ✗ Excluir


DXF Importar DXF COPY Copiar PROP. Propriedades

2D Importar 2D 3D Apagar Tudo Gerador

5.3.1 Comando Adicionar pavimentos

Para adicionar novos pavimentos à lista deve-se preencher o nome do pavimento e o tipo ao qual ele pertence. Ele pode ser adicionado com um tipo já existente, ou se ele for de outro tipo seleciona-se a opção Novo Tipo. Após preencher os dados clica-se sob o botão  e então este novo pavimento estará adicionado à lista.

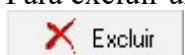
5.3.2 Comando Aplicar

Utiliza-se o comando Aplicar para editar dados dos pavimentos já existentes, por exemplo no caso de se querer editar o nome de um pavimento deve-se selecioná-lo na lista e alterar o nome, depois disso clica-se no botão  e nome será modificado. Da mesma forma procede-se para editar o nível ou o tipo de pavimento.

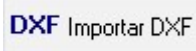


5.3.3 Comando Excluir pavimentos

Para excluir um pavimento da lista basta clicar sob ele e depois acionar o botão



5.3.4 Comando Importar DXF

Para criar um tipo de pavimento a partir de um arquivo dxf deve-se criar o pavimento e selecionar um tipo para ele, feito isso clica-se no botão . Então surgirá uma janela através da qual indicará o caminho onde está salvo o arquivo DXF que se deseja importar para o pavimento. Seleciona-se o arquivo e clica-se em ABRIR.

Na barra de comandos será solicitado o ponto base para inserir o pavimento:


Ponto base:

Após declarar o ponto base, será solicitado o fator de multiplicação do DXF:

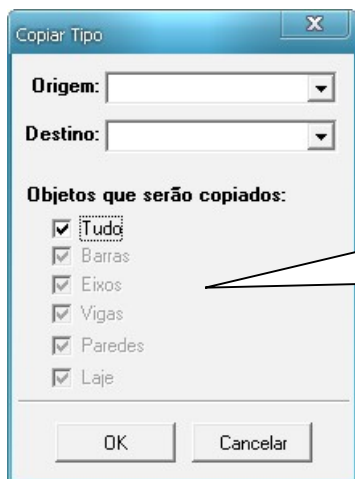
Fator de multiplicação:

O fator de multiplicação serve para compatibilizar as unidades de comprimento do desenho em DXF com as unidades com que se está trabalhando no módulo de Prédios. No caso do DXF estar na mesma unidade que o arquivo do Prédios, então o fator deverá ser um.

5.3.5 Comando Copiar Tipo de Pavimento


Caso se tenham pavimentos de tipos diferentes é possível copiar a geometria de um pavimento para outro. Clicando sob o botão  surgirá uma janela na qual deverá selecionar o tipo de pavimento de qual quer se copiar as propriedades (origem) e também o tipo de pavimento que receberá estas propriedades.






Marcando a opção “Tudo” todas as propriedades e geometria de um tipo de pavimentos serão copiadas para outro. Desmarcando este item pode-se selecionar apenas o que se quer copiar de um tipo para outro.


5.3.6 Comando Propriedades

Através do botão  podem ser editadas as propriedades das barras. A princípio estão configurados os valores do módulo de elasticidade (E) e o módulo de elasticidade transversal (G) conforme a NBR 8800:2008 e as inércias e área com valores unitários já que não se sabe, por enquanto, os perfis que compõem vigas e pilares.

5.3.7 Comando Importar Pavimento do mCalc 2D


Para importar modelos de pavimentos gerados no mCalc 2D basta clicar no botão  então abrirá uma janela para que o usuário indique o caminho onde está salvo o arquivo .em que será importado para o mCalc 3D

5.3.8 Comando Apagar Tudo

Clicando no botão  o usuário poderá apagar todos os pavimentos gerados, caso ele confirme que deseja excluí-los.



5.3.9 Comando Gerador

Clicando no botão  será chamado novamente o gerador de pavimentos, o mesmo descrito no item 4.1.

5.4 GERANDO PAVIMENTOS

O módulo de pavimentos do **mCalc 3D** tem função de pré processador para Pavimento Metálicos.

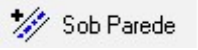
Com ele se poderá criar um modelo de pavimento, a partir da planta baixa do projeto arquitetônico, ou a partir da geração de uma malha de eixos.

O funcionamento desse módulo é simples, e pode ser resumido da seguinte forma:

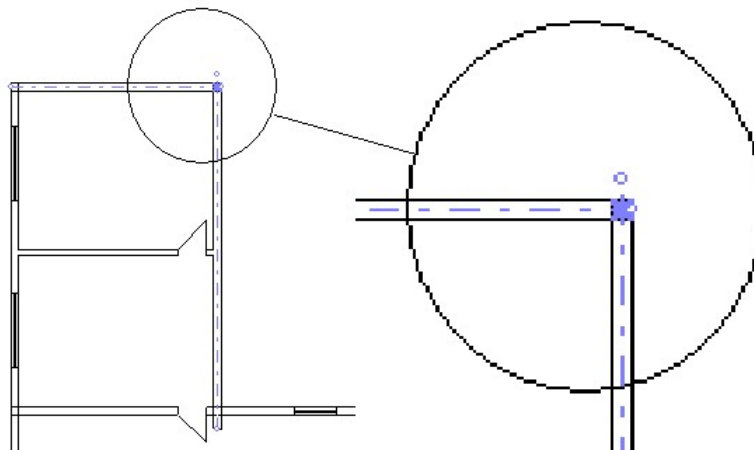
Operação

1. Geram-se eixos de referência sob as paredes de um projeto arquitetônico, ou gera-se uma malha de eixos.
2. Criam-se vigas nos eixos de referência
3. Criam-se “lajes” nas regiões formadas entre as vigas.
4. Declaram-se as ações distribuídas nas “lajes”
5. Criam-se paredes associadas às vigas.
6. Declaram-se as ações das paredes.
7. Declaram-se pilares (apoios) das vigas

5.4.1 Ferramentas para geração de eixos

 : este comando tem a função de criar eixo sob paredes. Clicando neste botão na barra de comandos será solicitado que se selecionem duas linhas, no caso as faces da parede. Selecionam-se as linhas com o botão esquerdo do mouse e depois se confirma a seleção com o botão direito, então o eixo será gerado na linha média da parede.





Eixos gerados sob paredes

+ Genérico : este comando cria eixos genéricos de ponto a ponto. Clica-se no botão e será solicitado na barra de comandos o ponto inicial e final do eixo.

+ Malha : este comando permite criar malhas. Clica-se neste botão e deve-se informar na barra de comandos, inicialmente, o ponto de origem, ou seja, o ponto inicial da malha (coordenadas x e y).

Ponto de origem:

Depois será solicitado que se informe a largura e altura da malha; deve-se digitar: largura, altura (sendo a largura a distância em x e a altura em y).

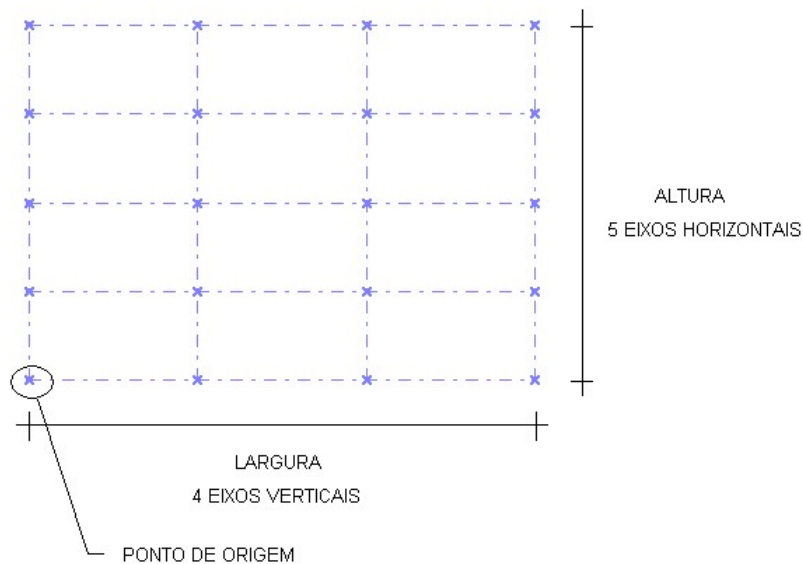
Largura e altura:

Finalmente, deve-se declarar o número de eixos na vertical e na horizontal.

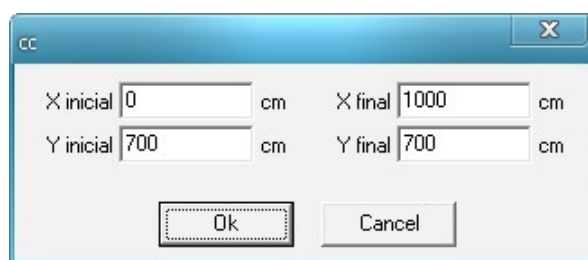
Número de eixos na vertical e na horizontal:

Após declarar estes dados, a malha será gerada:





Coord.: este comando edita as coordenadas dos eixos. Seleciona-se o eixo, com o botão esquerdo do mouse, que se deseja editar as coordenadas, confirmando a seleção com o botão direito do mouse surgirá uma janela com as coordenadas iniciais e finais do eixo. Pode-se modificar estas coordenadas inserindo novos valores.



Divide: comando divide eixos. Seleciona-se o eixo que se quer dividir com o botão esquerdo do mouse, confirma-se a seleção com o botão direito. Então na barra de comandos deve-se digitar em quantas partes se quer que o eixo seja dividido.




Join: comando unir eixos colineares. Selecionam-se, com o botão esquerdo do mouse, os eixos colineares que se quer unir. Confirmando a seleção com o botão direito os eixos serão unidos.





Cut: comando corta eixo na interseção. Selecionam-se os eixos que se interceptam com o





botão esquerdo do mouse. Depois se confirma a seleção com o botão direito.


 : comando prolonga eixos até a interseção. Selecionam-se os eixos com o botão esquerdo do mouse. Confirmando a seleção com o botão direito, os eixos serão prolongados até que se interceptem.

 Copiar : comando copiar eixos. Seleciona-se o eixo que se quer copiar com o botão esquerdo do mouse, após confirmar a seleção com o botão direito, será solicitada na barra de comandos que se selecione o ponto base para copiar. Clica-se no ponto inicial com o botão esquerdo do mouse, então o próximo ponto solicitado será o ponto final, ou seja, o ponto onde se quer colar a barra copiada. Para encerrar o comando confirma-se com o botão direito do mouse.

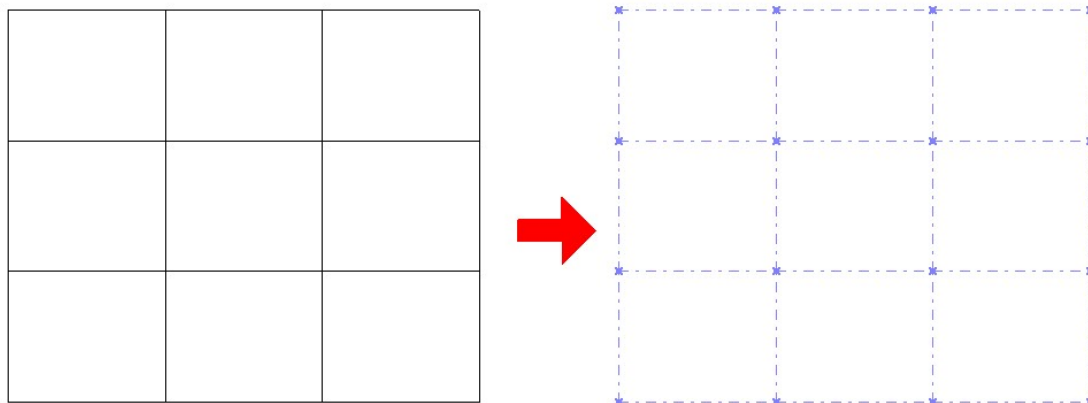
 Mover : comando mover eixos. Com o botão esquerdo do mouse seleciona-se o eixo que se quer mover. Confirmando a seleção com o botão direito, deve-se declarar o ponto base para movê-la, clica-se no ponto com o botão esquerdo e depois no ponto final. Encerra-se o comando com o botão direito do mouse.

 Mover Nó : comando mover extremidade do eixo. Seleciona-se, com o botão esquerdo do mouse, o eixo que se deseja mover a extremidade e confirma a seleção com o botão direito. Na barra de comandos será solicitado que se clique próximo a extremidade do eixo que se quer mover. Deve-se clicar com o botão esquerdo do mouse e nessa extremidade e depois no ponto final, para onde a extremidade será movida. Encerra-se o comando clicando com o botão direito do mouse.


 Offset : comando OFFSET. Será utilizado para copiar um eixo paralelo a si próprio com uma distância definida. Clica-se no botão e na barra de comandos deve-se definir a distância que se quer da barra original. Depois deve-se selecionar o eixo com o botão esquerdo e confirmar com o direito. Finalmente declara-se, clicando com o botão esquerdo na tela, a direção que se quer copiar.


 Gerar Eixos : comando gerar eixos. Este comando será utilizado para transformar linhas em eixos. Estas linhas podem ser trazidas de algum arquivo DXF ou importadas do **mCalc 2D**. Clica-se no botão e todas as linhas transformam-se em eixos:







5.4.2 Ferramentas para gerar e editar vigas

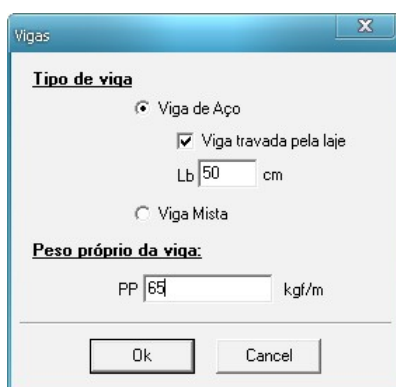
 Nova : comando criar viga a partir de 2 intersecções. Para se criar vigas basta clicar próximo de duas intersecções de eixos colineares. Ao se clicar próximo da primeira intersecção ela trocará de cor, ficando vermelha.

 Nova : comando criar viga a partir de 1 intersecção e 1 eixo. Para se criar vigas basta clicar próximo de uma intersecção e um eixo. Ao se clicar próximo da intersecção ela trocará de cor, ficando vermelha.


 Descon. : comando criar descontinuidade. Este comando deverá ser aplicado quando houver a necessidade de usar uma descontinuidade (rótula) na direção do giro em relação ao eixo y. Para aplicar a descontinuidade basta selecionar a barra com o botão esquerdo do mouse e confirma a seleção com o direito, na barra de comandos será solicitado que clique próximo ao(s) extremo(s) da viga que terá a(s) descontinuidade(s), então surgirá um círculo em vermelho indicando a descontinuidade. Para encerrar o comando clica-se com o botão direito do mouse.


 Editar : comando editar vigas. Neste comando deve-se declarar se a viga é mista ou é viga de aço. Para ambos os tipos de vigas entra-se com o peso próprio, caso a viga seja de aço e travada pela laje, então, adicionalmente, declara-se o comprimento travado.

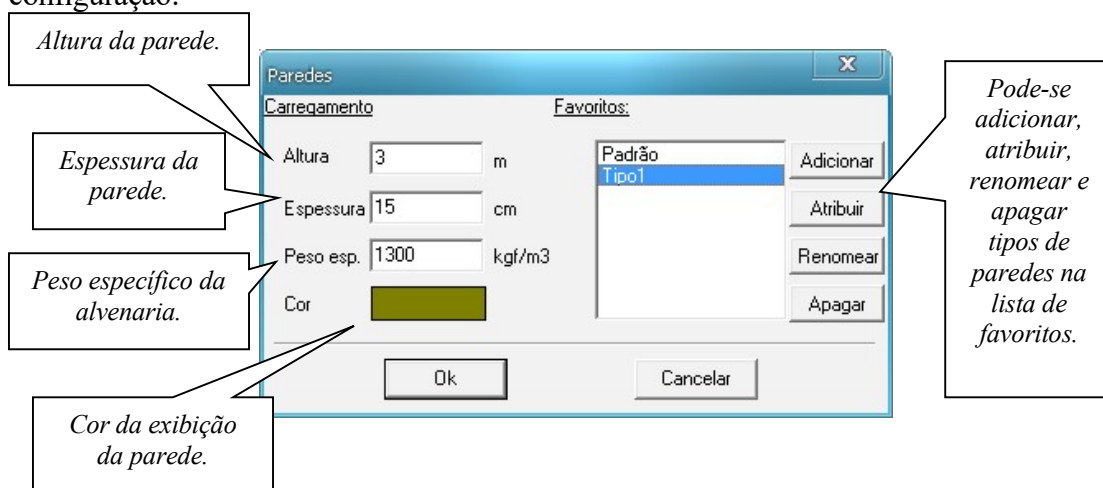




5.4.3. Ferramentas para gerar e editar paredes

 **Nova** : comando criar parede. Para criar paredes basta selecionar as vigas sob as quais se deseja criar paredes com o botão esquerdo do mouse, confirmando a seleção com o botão direito.


 **Configurar** : comando configurar paredes. Selecionam-se as paredes a configurar com o botão esquerdo do mouse, confirmando com o direito aparecerá uma janela de configuração:

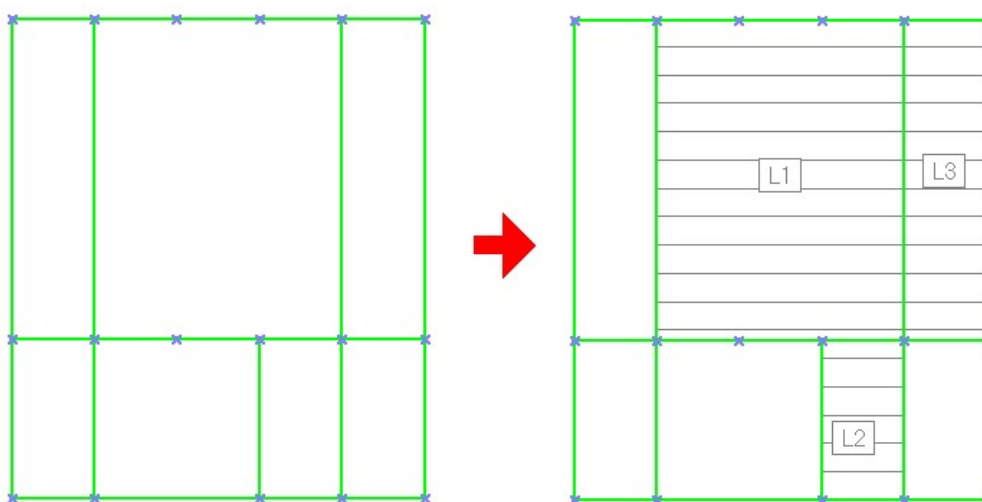



Confirma-se a configuração das paredes clicando no botão OK.



5.4.4. Ferramentas para gerar e editar lajes

 **Inserir** : comando inserir lajes. Para inserir lajes basta clicar na região delimitada por vigas com o botão esquerdo do mouse. As lajes serão numeradas na ordem em que foram criadas.



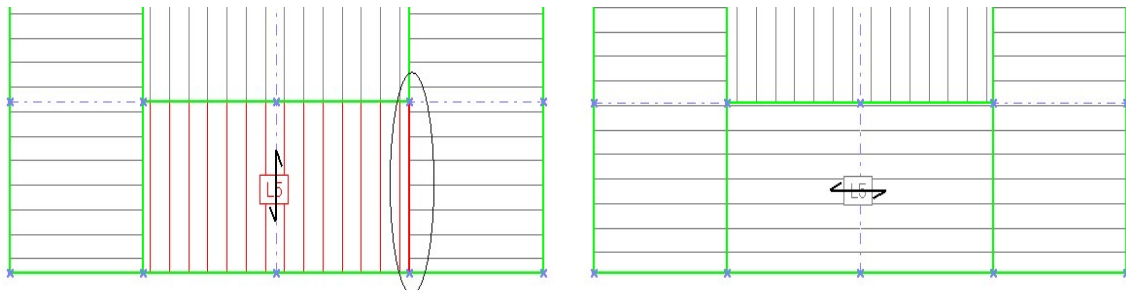
 **Carreg/Conf** : comando carregar e configurar lajes. Para carregar e configurar a laje deve-se selecionar a laje com o botão esquerdo do mouse, confirmando a seleção com o botão direito surgirá uma janela para inserir os dados daquela laje selecionada:

Laje/Carregamento	
Dados gerais:	Armar em:
Espessura <input type="text" value="12"/> cm	<input checked="" type="radio"/> 1 Direção <input type="radio"/> 2 Direções
Ações:	Peso Específico:
PP Laje <input type="text" value="300"/> kgf/m ²	<input type="radio"/> Moldada "In Loco" <input type="text" value="0"/> kgf/m ²
Revest sup <input type="text" value="80"/> kgf/m ²	<input type="radio"/> Steel Deck <input type="text" value="0"/> kgf/m ²
Revest inf <input type="text" value="70"/> kgf/m ²	<input type="radio"/> Pré Moldada <input type="text" value="0"/> kgf/m ²
Sobrecarga <input type="text" value="400"/> kgf/m ²	<input checked="" type="radio"/> Piso Genérico <input type="text" value="2500"/> kgf/m ²
SC Lanc. <input type="text" value="100"/> kgf/m ²	
Extra <input type="text" value="20"/> kgf/m ²	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

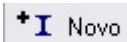




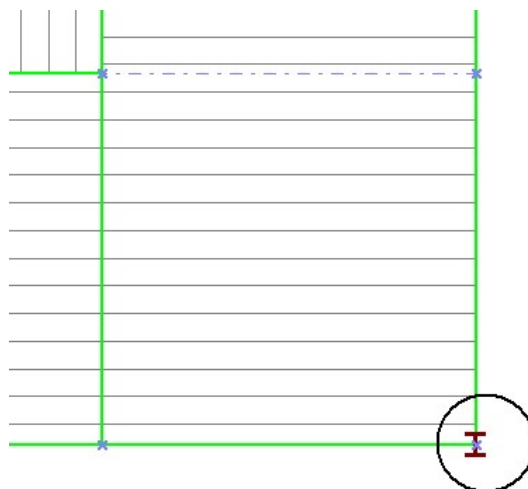
Mudar direc: comando mudar direção de armação da laje. Quando as lajes estiverem armadas em uma direção é possível trocar esta direção através deste comando. Seleciona-se a laje com o botão esquerdo do mouse e confirma-se a seleção com o botão direito. Será solicitada na barra de comandos que selecione uma viga de referência que será perpendicular a nova direção. Selecionando a viga com o botão esquerdo e confirmando com o direito o sentido da armação será trocado.



5.4.5. Ferramentas para inserir pilares



Novo: comando inserir pilares. Para inserir pilar basta clicar no nó com o botão esquerdo do mouse, confirmando a seleção com o botão direito aparecerá a figura representando o pilar.



5.5 MÓDULO PILARES

No módulo Pilares o usuário deverá indicar em quais pavimentos inicia e termina os pilares.

The screenshot shows the 'Pilares' module interface. At the top, there are tabs for 'Pavimentos', 'Pilares', and 'Vento'. Below the tabs is a table with the following columns: 'Nome', 'Pav. Inicial', and 'Pav. Final'. The table contains 8 rows of pillar data:

Nome	Pav. Inicial	Pav. Final
P 1	Nível Inferior	Pavimento 4
P 2	Pavimento 4	Pavimento 4
P 3	Pavimento 4	Pavimento 4
P 4	Pavimento 4	Pavimento 4
P 5	Pavimento 4	Pavimento 4
P 6	Pavimento 4	Pavimento 4
P 7	Pavimento 4	Pavimento 4
P 8	Pavimento 4	Pavimento 4

Callouts provide additional information:

- 'Nome dos pilares' points to the 'Nome' column.
- 'Pavimento inicial do pilar' points to the 'Pav. Inicial' column.
- 'Pavimento final do pilar' points to the 'Pav. Final' column.
- 'Clica com o mouse no pilar e seleciona aqui o pavimento no qual ele inicia.' points to the 'Pav. Inicial' dropdown menu.
- 'Clica com o mouse no pilar e seleciona aqui o pavimento no qual ele termina.' points to the 'Pav. Final' dropdown menu.

At the bottom of the interface, there is a control panel with an 'Aplicar' button (checked) and two dropdown menus for 'Pav. Inicial' (set to 'Nível Inferior') and 'Pav. Final' (set to 'Pavimento 4').

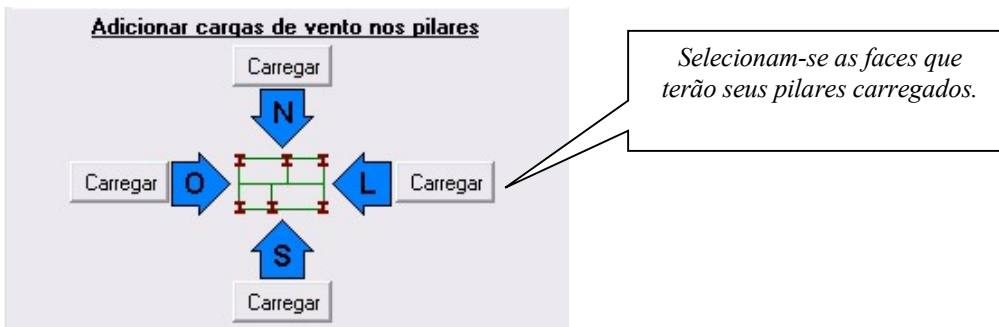
Para copiar de um pilar para outro o início e fim pode-se clicar na tecla F3.

5.6 MÓDULO VENTO

No módulo Pilares o usuário deverá declarar os dados do vento para carregar os pilares.

The screenshot shows the 'Pressão Dinâmica' module interface. It features a text input field labeled 'Pdin' with the value '55' and the unit 'kgf/m²'. Below the input field is a 'Determinar' button. A callout box points to the 'Determinar' button with the text: 'Determinar a pressão dinâmica do vento'.





Clica-se no botão CARREGAR e na barra de comando é solicitado que se selecionem os pilares da face em questão. Selecionam-se os pilares com o botão esquerdo do mouse e confirma-se com o botão direito. Em seguida será pedido que se selecionem os pilares da face que serão carregados.

Depois de selecionar os pilares carregados em cada face as larguras de influência são calculadas automaticamente. Estes valores podem ser editados pelo usuário.

Pilar	Larg. Inf. S-N	Larg. Inf. O-L
P 1	500	---
P 2	1000	---
P 3	---	---
P 4	500	500
P 5	---	500

Aplicar Cancelar

Para finalizar os dados do carregamento nos pilares deve-se declarar os coeficientes de arrasto para o vento longitudinal e transversal. Estes coeficientes são calculados automaticamente depois que o usuário determina se o vento é de baixa ou alta turbulência. Estes coeficiente podem ser editados.

Coeficiente de arrasto

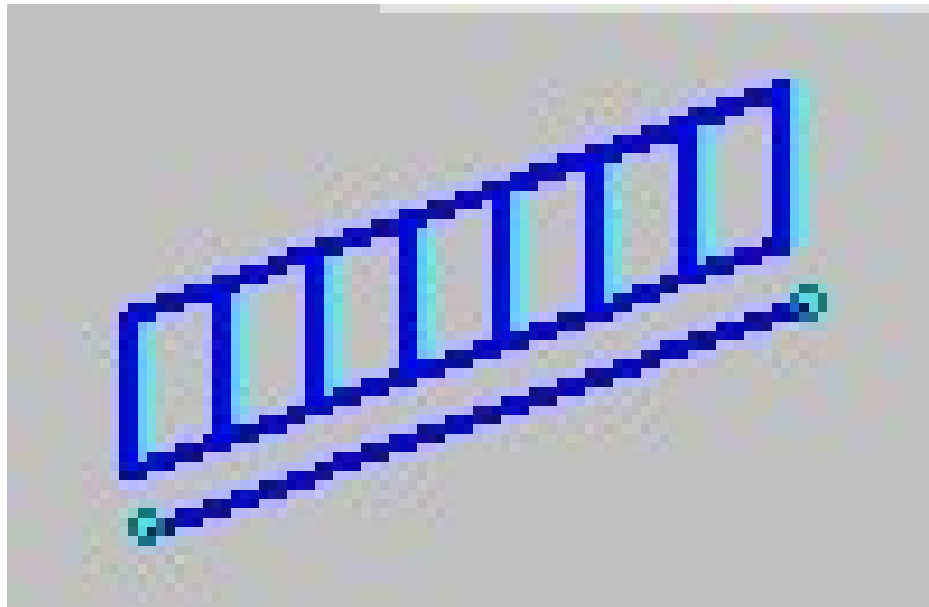
Região de Alta Turbulência Região de Baixa Turbulência



CAPÍTULO 6.



MÓDULO AÇÕES



CAPÍTULO 6. MÓDULO AÇÕES

6.1. Introdução

Para o **mCalc 3D** as ações são as forças externas aplicadas à estrutura.

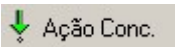
Com o **mCalc 3D** podem-se definir infinitos estados de ações distintas, que poderão ser combinados, livremente, no módulo **Análise**.

Em cada estado de ações, a estrutura poderá ser carregada com **Ações Concentradas** nos nós ou **Ações Distribuídas** nas barras. As ações concentradas devem ser declaradas no sistema de eixos global da estrutura, enquanto as ações distribuídas podem ser declaradas no sistema de eixos local de cada barra ou no sistema de eixos global da estrutura.

Para tal, é necessário clicar na opção **Ações** com o botão esquerdo do mouse, aparecendo na tela as diversas opções oferecidas por esse módulo.

6.2. Comando AÇÃO CONCENTRADA

Será utilizado para adicionar as ações concentradas no(s) nó(s) correspondentes já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Ação Concentrada  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Ação concentrada**

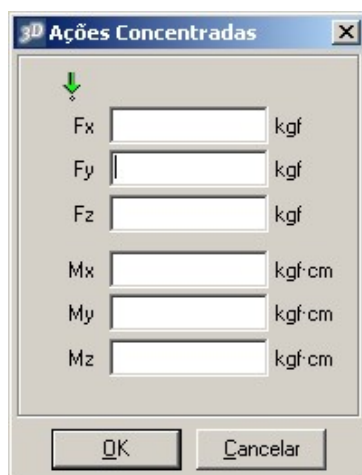
Seleciona-se o(s) nó(s) a serem carregados com as ações concentradas com o botão esquerdo do mouse. Todos os nós que forem selecionados ficarão desenhadas com um círculo vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Aparecerá uma *janela de diálogo* onde se deve informar o valor e sentido das forças F_x , F_y e F_z , além dos momentos em torno dos eixos x , y e z .


Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>.





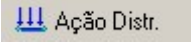
Enquanto o comando estiver ativo ele continuará permitindo que se coloquem as ações concentradas no(s) nó(s) selecionados.

6.3. Comando VALOR A.C. (valor da Ação Concentrada)

Clicando-se sobre o botão  o programa exibirá o valor (em módulo) das ações concentradas.

6.4. Comando AÇÃO DISTRIBUÍDA

Será utilizado para adicionar as ações distribuídas na(s) barra(s) correspondentes já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Ação Distribuída  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras**

Seleciona-se a(s) barra(s) a serem carregadas com as ações distribuídas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Aparecerá uma *janela de diálogo* onde se deve informar o tipo de carregamento, o eixo de



orientação, a forma e o valor do carregamento.



Em relação ao tipo de carregamento estão disponíveis forças e momentos.

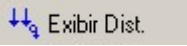
As forças distribuídas podem ser orientadas nos eixos locais Y e Z das barras, ou segundo orientação global X, Y ou Z. E ainda, está disponível força gravitacional (distribuída em relação ao eixo Z global).

Para carregar as barras com momento torsor distribuído ao longo delas deverá ser setada a opção de carregamento tipo momento na janela de ações distribuídas. Este tipo de carregamento estará atuando em torno do eixo X local da barra.

As formas de carregamento para as forças distribuídas podem ser uniformemente distribuída ou não. No caso de caso carregamento uniforme será solicitado um valor Q em unidades de força/comprimento. Já no caso de cargas distribuídas não uniforme será solicitado que o usuário forneça um valor inicial, $Q_{inicial}$, e um valor final, Q_{final} .

Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>.

6.5. Comando VALOR A.D. (valor da Ação Distribuída)

Clicando-se sobre o botão  Exibir Dist. o programa exibirá o valor (em módulo) das ações distribuídas.



6.6. Comando COPIAR AÇÃO

Uma ferramenta muito útil desse módulo é a ferramenta .

A exemplo dos módulos *Geometria e Dimensionamento*, no módulo AÇÕES com essa ferramenta copiam-se propriedades de uma barra para outra(s). Nesse módulo, como a propriedade de uma barra é uma ação, será possível copiar essa ação para outra barra qualquer.

Para copiar uma ação de um nó para outro ou de uma barra para outra basta:

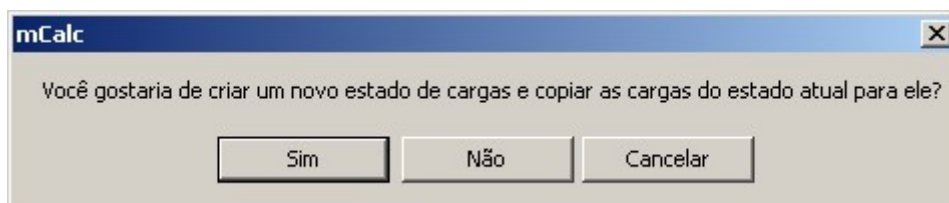
- ativar o comando, clicando-se sobre o botão <CP>
- selecionar o nó ou barra que se quer copiar a ação
- selecionar o(s) nó(s) ou barra(s) que se quer aplicar (colar) a ação.

6.7. Comando COPIAR ESTADO

Pode-se copiar um estado de ações (inteiro) para se criar outro estado ou se sobrepor um estado de ações sobre um estado já criado.

Para se copiar um estado de ações deve-se estar nesse estado e ativar o comando **Copiar Estado**.

Surgirá a mensagem:



Clicando em *Sim*, um novo estado de cargas, idêntico ao original, será criado. Clicando em *Não*, deve-se apontar um estado existente que terá seu carregamento sobreposto pelo do estado copiado.



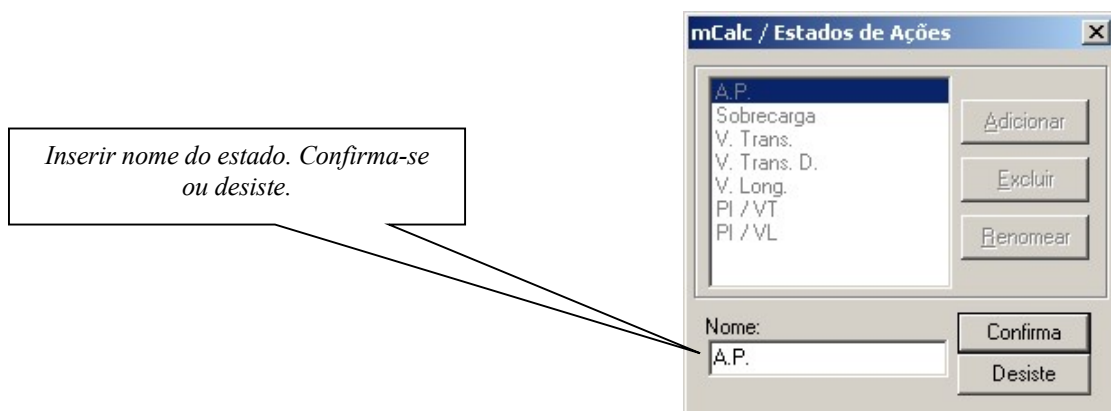
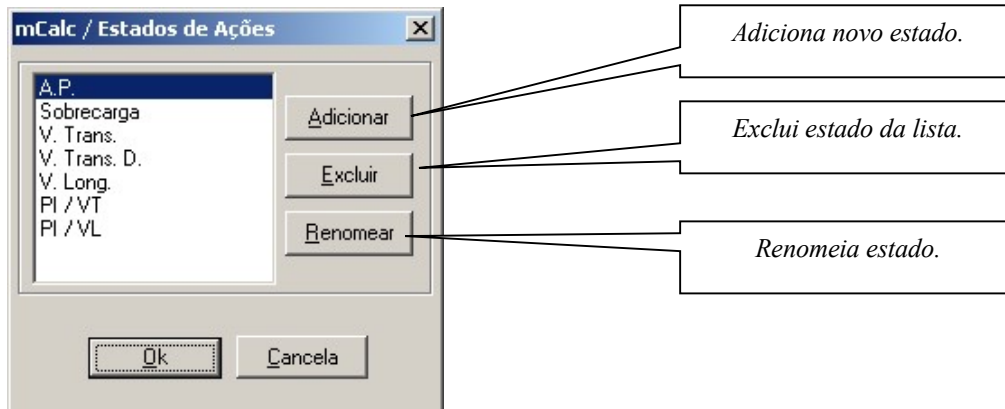
6.8. Comando DEFINIÇÃO DO ESTADO DE AÇÕES

Será utilizado para se editar os diversos estados de ações.

Para adicionar, excluir, renomear ou excluir estados de ações, clica-se duas vezes com o botão esquerdo do *mouse* sobre o nome de um dos estados existentes.

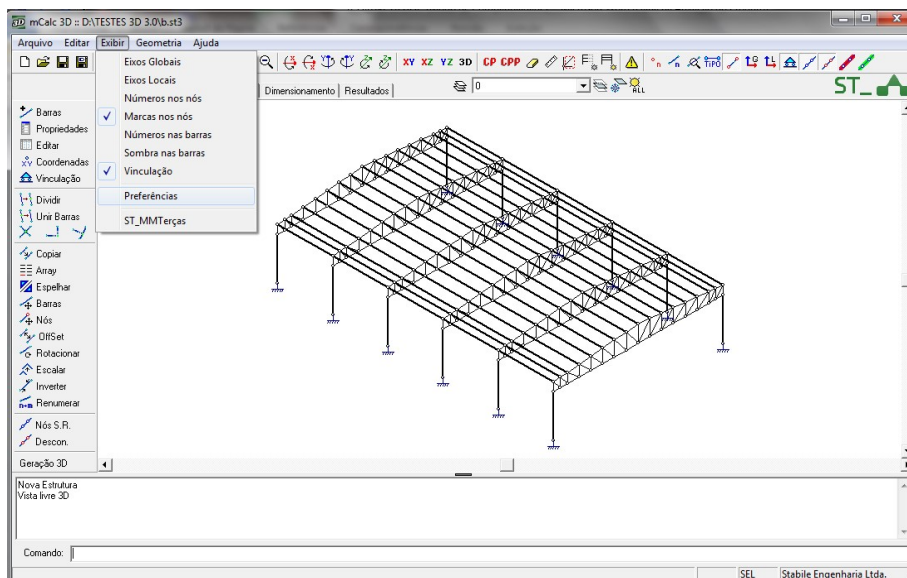


Na janela que se abre, conforme figuras abaixo, pode-se criar e nomear quantos estados forem necessários para o carregamento da estrutura.

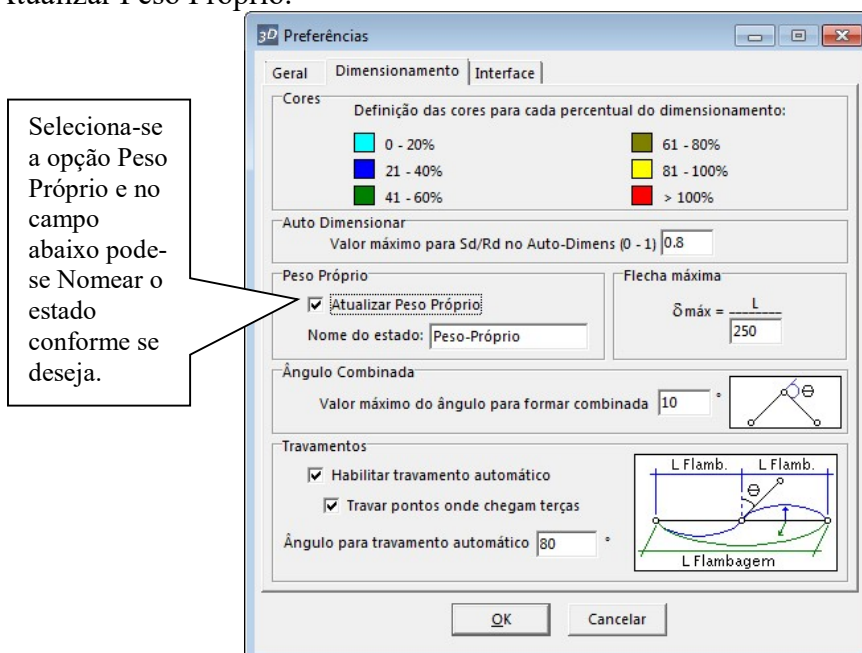


6.9. Comando PESO PRÓPRIO


O Peso Próprio da estrutura poderá ser habilitado caso deseje o usuário. Para habilitar este recurso deve-se selecionar o menu **Exibir – Preferências**.

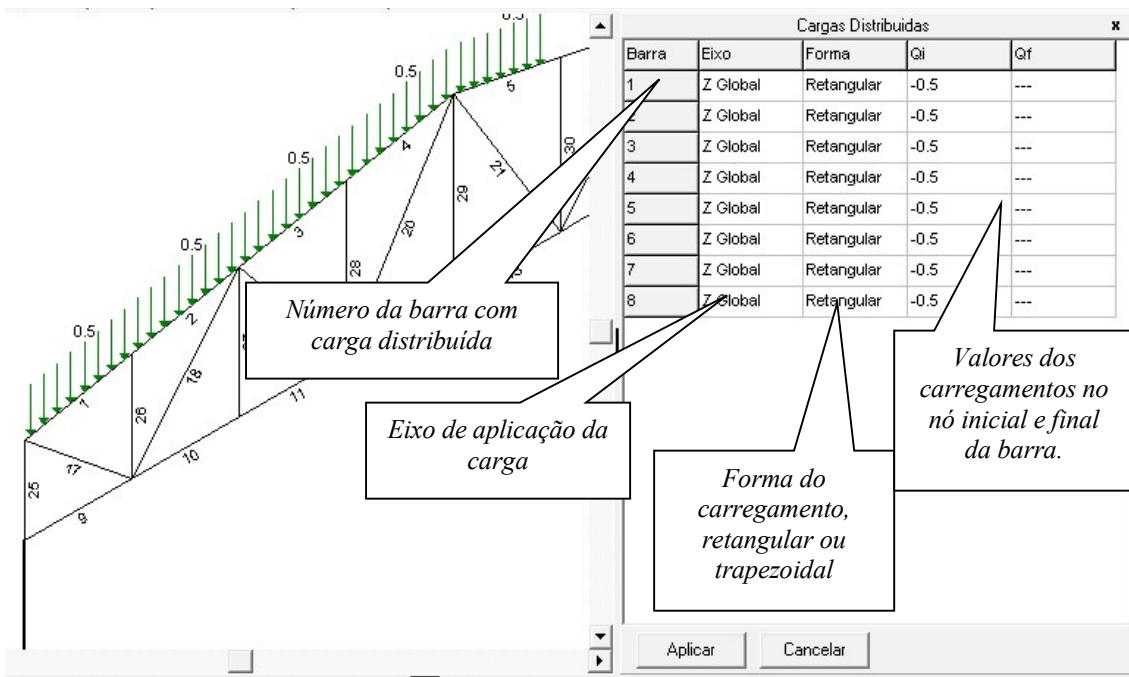


Na janela de Preferências deve-se clicar na aba Dimensionamento e marcar a opção Atualizar Peso Próprio.



6.10. Comando EDITAR CARGAS DISTRIBUÍDAS


Acionando o botão  Editar aparecerá no canto direito da tela uma planilha que permitirá ao usuário editar o valor das cargas distribuídas na estrutura:



Barra	Eixo	Forma	Qi	Qf
1	Z Global	Retangular	-0.5	---
2	Z Global	Retangular	-0.5	---
3	Z Global	Retangular	-0.5	---
4	Z Global	Retangular	-0.5	---
5	Z Global	Retangular	-0.5	---
6	Z Global	Retangular	-0.5	---
7	Z Global	Retangular	-0.5	---
8	Z Global	Retangular	-0.5	---

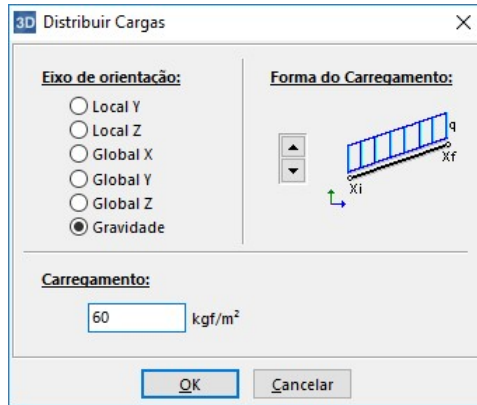
Após editar os valores das cargas clica-se no botão APLICAR para confirmar a edição, ou no botão CANCELAR para manter o carregamento e não assumir as modificações.

6.11. Comando DISTRIBUIR

Acionando o botão  Distribuir é possível declarar um carregamento por área e o programa faz a distribuição linear do carregamento nas barras.

Selecionam-se as barras e então aparecerá a janela para informar a orientação do carregamento e o valor:





CAPÍTULO 7.



MÓDULO ANÁLISE

$$P = K U$$

mCalc3D / Análise

Combinções de Ações

- Combinção 1
- Combinção 2
- Combinção 3
- Combinção 4

Adicionar Excluir Atualizar Favoritos

Estados de Ações	E.L.U.	Fator de Combinação	E.L.S.
<input checked="" type="checkbox"/> P.P.	γ 1.4	ψ_0 1.0	$\psi_{1,2}$ 1.0
<input checked="" type="checkbox"/> A.P.	γ 1.4	ψ_0 1.0	$\psi_{1,2}$ 1.0
<input checked="" type="checkbox"/> S.C.	γ 1.5	ψ_0 1.0	$\psi_{1,2}$ 1.0
<input type="checkbox"/> V. Trans.	γ 1.0	ψ_0 1.0	$\psi_{1,2}$ 1.0
<input type="checkbox"/> V. Trans. D.	γ 1.0	ψ_0 1.0	$\psi_{1,2}$ 1.0
<input type="checkbox"/> V. Long.	γ 1.0	ψ_0 1.0	$\psi_{1,2}$ 1.0
<input type="checkbox"/> PI / VT	γ 1.0	ψ_0 1.0	$\psi_{1,2}$ 1.0
<input type="checkbox"/> PI / VL	γ 1.0	ψ_0 1.0	$\psi_{1,2}$ 1.0

Opções para análise de 2º ordem

Habilitar execução da análise de 2º ordem

Avaliar apenas efeitos dos elementos de tipo Cabo

Número máximo de ciclos para convergência: []

Critério de convergência: []

Aplicar: E= [] *E

Efeito da temperatura

Víncular Efeito da Temperatura ao estado: []

Outras opções

Salvar Reordenamento da estrutura

Envoltória Cancelar

CAPÍTULO 7. MÓDULO ANÁLISE

7.1. ANÁLISE LINEAR

A análise do sistema **mCalc 3D** - análise elástica-linear - é feita pelo *Método da Rigidez Direta*, que é uma sistematização do *Método dos Deslocamentos*.

Ao se estudar uma estrutura pelo Método da Rigidez, assim como em qualquer outro problema da Elasticidade Linear, três conjuntos de equações devem ser satisfeitos:

1. Equações de Equilíbrio
2. Equações de Compatibilidade
3. Equações Constitutivas

As *Equações de Compatibilidade* relacionam as deformações com os deslocamentos nodais. Introduzindo estas relações nas *Equações Constitutivas* relacionam-se as forças nos extremos das barras com os deslocamentos nodais. Introduzindo-se estas últimas nas *Equações de Equilíbrio*, obtém-se um conjunto de equações que relacionam forças com deslocamentos nodais.

Esse conjunto de equações pode ser considerado como o sistema de equações de equilíbrio da estrutura expressa em função dos deslocamentos. A solução desse sistema - objetivo de um programa de análise - fornece os valores das incógnitas do problema: deslocamentos nodais. De posse dos deslocamentos, pode-se obter as solicitações no extremo das barras, bem como as reações nodais.

Na análise de uma estrutura pelo *Método da Rigidez* têm-se, basicamente, seis etapas:

1ª Etapa: *Identificação Estrutural*:

- Coordenadas nodais
- Conetividades dos elementos
- Propriedades Geométricas das seções
- Constantes elásticas do material
- Especificação dos vínculos
- Descrição das ações



A etapa de Identificação Estrutural, denominada nesse sistema módulo **Geometria**, foi descrita no **Capítulo 3**.

2ª Etapa: *Cálculo da matriz de rigidez do elemento e do vetor das ações nodais equivalentes.*

3ª Etapa: *Montagem da matriz de rigidez da estrutura e do vetor de ações da estrutura (matriz global e vetor de ações global).*

4ª Etapa: *Introdução das condições de contorno (vinculação).*

5ª Etapa: *Solução do sistema de equações.*

6ª Etapa: *Cálculo das solicitações nos extremos das barras e das reações nodais.*

As etapas 2 até 6 são procedidas pelo módulo **Análise** do sistema **mCalc 3D**.

Ao se selecionar esse módulo o sistema, automaticamente, inicia o processo de análise, que não interage com o usuário.

7.2. ANÁLISE NÃO LINEAR

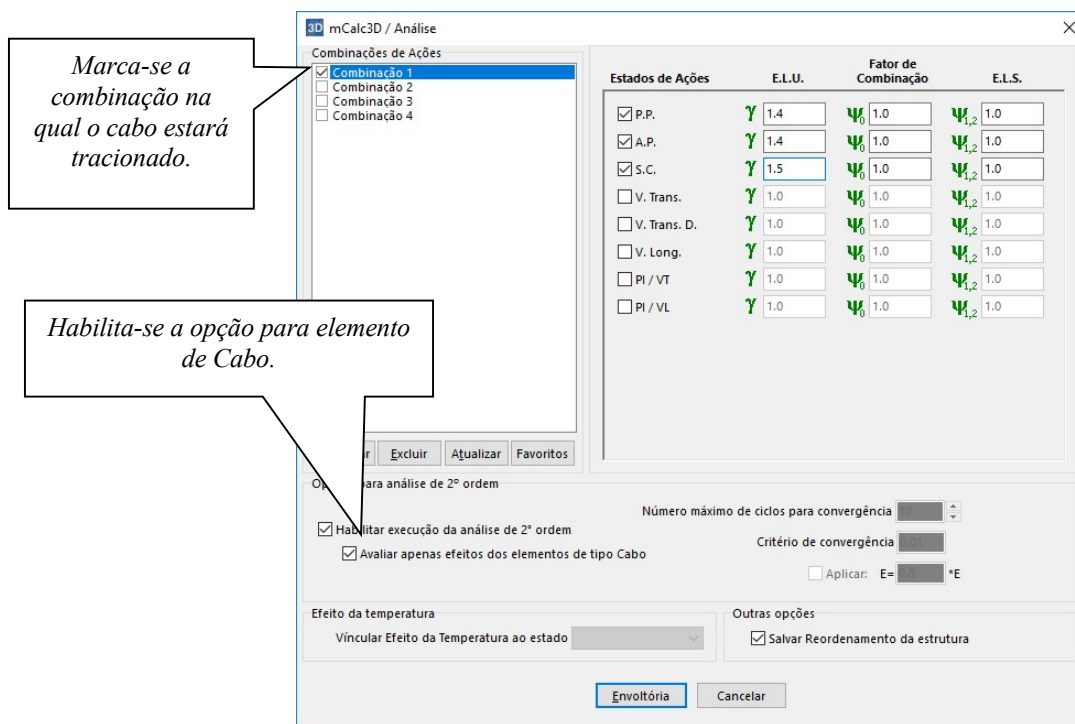
A análise não linear do **mCalc 3D** é feita pelo Método Incremental, *simple step*, que consiste em dividir as cargas e aplicá-las progressivamente.

Durante a montagem da matriz de rigidez das barras é inserida a matriz geométrica que é montada utilizando a solicitação do passo anterior (ciclo da análise). O primeiro ciclo não tem solicitações (análise linear).

7.2.1 Elemento de Cabo

Para considerar o elemento de cabo deve-se marcar a combinação na qual este estará tracionado como análise de segunda ordem na janela de análise. Para fazer isto deverá ser marcada a opção “Avaliar apenas efeitos dos elementos de tipo Cabo” na janela de Análise:





Obs.:

- 1) Para grandes deformações sugere-se que marque a opção “Atualizar geometria durante iterações”;
- 2) Para prédios de média ou alta deslocabilidade deve-se aplicar a redução da rigidez, habilitando $E = 0,8 * E$;
- 3) Bibliografia *Matrix Structural Analysis – William McGuire (Chapter 8)*.

7.3. COMBINAÇÕES DE AÇÕES

Após de passar pelas 5 etapas, o sistema aguardará que se indique as combinações de ações que o cálculo dessa estrutura requer, i.e., no módulo de **Ações** declararam-se os estados de ações que atuam na estrutura.

Nessa fase, existe a possibilidade de combinar (ponderar e somar) um estado com outro, com o intuito de reproduzir um carregamento real na estrutura. Por exemplo: imagine-se uma estrutura submetida a 2 estados de ações: Ação Permanente (AP) e Vento. Não interessa, para o dimensionamento dessa estrutura, conhecer-se só os resultados da ação

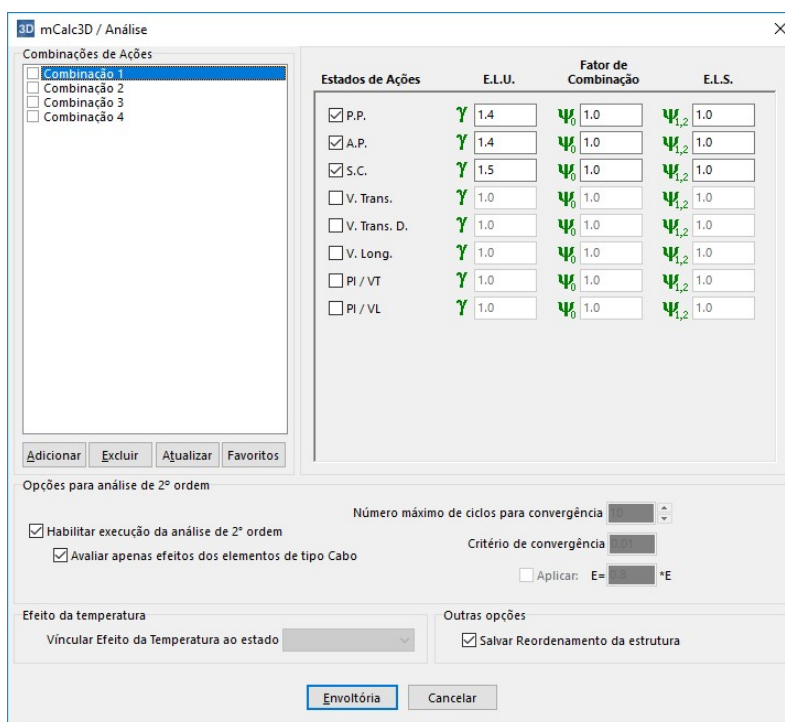


AP ou da ação Vento.

O estado de ação Vento **nunca** ocorrerá sozinho, pois ele sempre atuará, na estrutura, junto com o estado AP. E para se ter resultados compatíveis com o que ocorrerá na realidade, deve-se somar os resultados da ação do Vento com os da ação do AP.

Essa é a filosofia da etapa Combinação de Ações: permitir que se combine qualquer ação com outra somando, no máximo, até o número de estados de ações em cada combinação. Não existe limitação quanto ao número de combinações a serem criadas.

As combinações de ações deverão ser declaradas na *janela de diálogo* que segue:



Para compor-se uma combinação de ações selecionam-se os estados de ações, e, depois, declaram-se os valores dos respectivos Coeficiente de Ponderação e Fatores de Combinação. Após ter-se apontado os estados de ações pressiona-se no botão *Adicionar* para colocar a combinação na lista de combinações dessa estrutura.

Na primeira coluna, declaram-se os coeficientes de ponderação para dimensionamento (estados limites últimos).

Na segunda coluna, declaram-se os fatores de combinação para os estados selecionados.

Na terceira coluna, declaram-se os coeficientes de ponderação para os estados limites de



serviço.

Caso deseje-se verificar/editar as combinações, clica-se sobre as diversas combinações existentes. Se houver algum valor para alterar, coloque o valor correto que será alterado e clica-se com o botão esquerdo do mouse sobre <Atualizar>.


Caso o usuário tenha declarado no módulo Geometria que será considerado o efeito da temperatura então ele deverá escolher a qual estado irá ser vinculado este efeito. Dessa forma, o carregamento devido a temperatura se somará ao estado selecionado.

Os Coeficientes de Ponderação e Fator de Combinação informados permitem que se atenda, ao analisar a estrutura, a **NBR 8681:1987- Norma de Ações e Segurança**, possibilitando que cada estado, numa combinação, tenha as forças com a ponderação necessária.

Deverão ser consultados os coeficientes e fatores nas normas de perfis formados a frio e na de projeto de estruturas de aço, tanto para dimensionamento quanto para determinação de flechas.

O **mCalc 3D** permite que se crie quantas combinações se queira.

7.4. ENVOLTÓRIA DOS MÁXIMOS E MÍNIMOS

Concluída a informação das Combinações de Ações clica-se sob o botão  para criar, automaticamente, a **Envoltória de Máximos e Mínimos** que vem a ser a compilação, numa tabela, dos resultados máximos e mínimos de cada combinação de ações nó por nó e barra por barra.



CAPÍTULO 8.



MÓDULO DIMENSIONAMENTO

ST_Stabile :: mCalc_Perfis

Arquivo Editar Ajuda

Perfil **I** PS (I Soldado)

Dimensões

b_w 300 mm
 b_f 170 mm
 t_f 8 mm
 t_w 4.8 mm

ly, lz, ...

PS 300 x 170 x 8 x 4.8

Perfis Favoritos:

b _w	b _f	t _f	t _w
250	170	9.5	4.8
300	170	8	4.8
500	240	16	6.4
500	200	16	6.4
500	240	16	8

Adiciona Remove Selecciona

Solicitações de Cálculo (kgf e cm)

N_{c,sd} 203,56 V_{y,sd} -0,62 M_{y,sd} -131377,81 C_b 1,74
 N_{t,sd} 0 V_{z,sd} 779,17 M_{z,sd} 86,43 C_{my} 0,6
 C_{mz} 0,58

Comprimentos da Barra (cm)

K₁L₁ 202,2 K₂L₂ 202,2 λ_y 15,77 Travej. L/ Aço ASTM A36 Selecionar
 K_yL_y 202,2 L_b 202,2 λ_z 50,47 Z f_y 250 MPa f_u 400 MPa

Resistências de Cálculo

N_{c,Rd} 75504,43 Sd/Rd = 0 V_{y,Rd} 24665,45 Sd/Rd = 0
 N_{t,Rd} 92800 Sd/Rd = 0 V_{z,Rd} 19636,36 Sd/Rd = 0,04
 M_{y,Rd} 1122516,36 Sd/Rd = 0,117 M_{z,Rd} 266445,09 Sd/Rd = 0

$$\frac{N_{c,sd}}{2 \cdot N_{cRd}} + \left(\frac{M_{y,sd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{z,sd}}{M_{zRd}} \right) = 0,117$$

$$\frac{N_{c,sd}}{2 \cdot N_{cRd}} + \left(\frac{M_{y,sd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{z,sd}}{M_{zRd}} \right) = 0,119$$

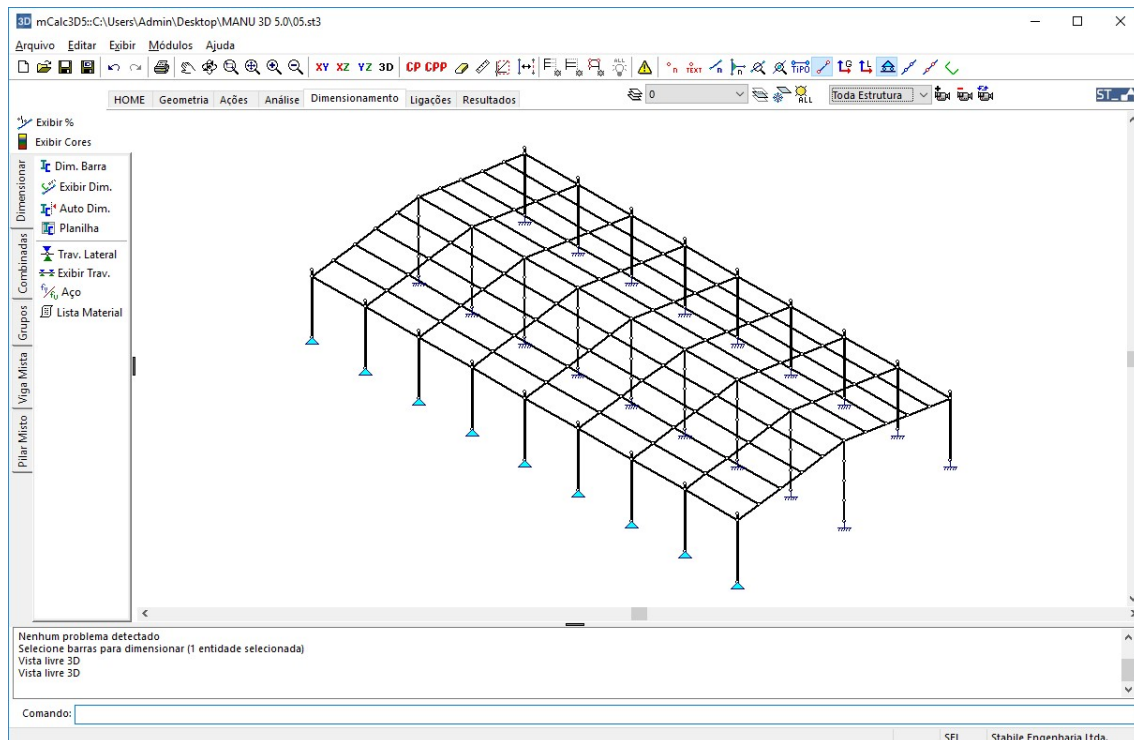
Calcular Relatório Configuração Aplicar Sair

CAPÍTULO 8. MÓDULO DIMENSIONAMENTO

8.1 INTRODUÇÃO

Somente após se ser analisado a estrutura pode-se acessar o módulo **Dimensionamento**.

Ao se entrar nesse módulo, será exibido o ambiente apresentado abaixo:



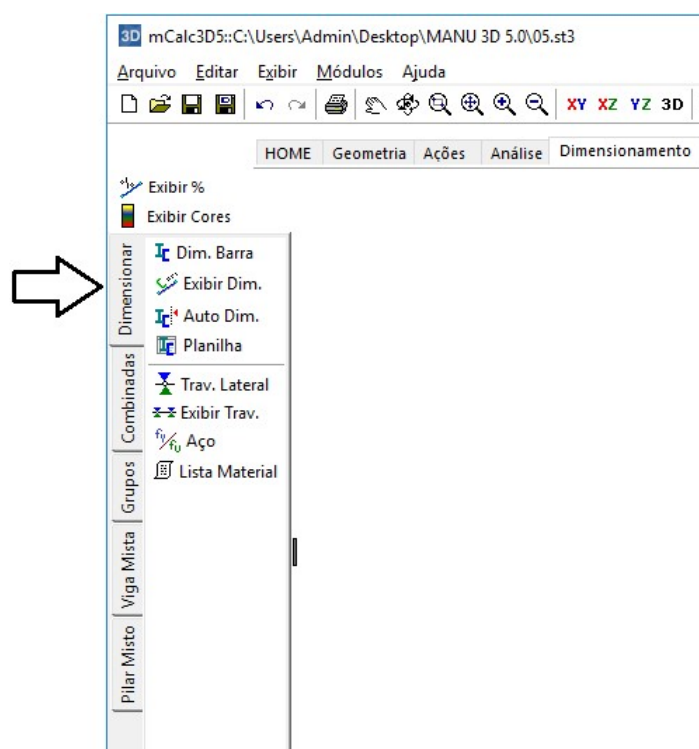
O módulo **Dimensionamento** possui alguns comandos exclusivos, que podem ser visualizados/acessados no menu vertical, à esquerda do ambiente de dimensionamento.

Estes comandos estão divididos nos menus: Dimensionar, Combinadas, Grupos, Viga Mista e Pilar Misto.



8.2 Menu DIMENSIONAR

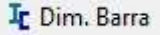
Neste menu estão os comandos referentes ao dimensionamento de barras em geral.



8.2.1 Comando DIMENSIONAR

Em realidade, procede uma verificação de barras (uma ou um conjunto), i.e. declaram-se o tipo de perfil a adotar e suas dimensões e o módulo **Dimensionamento** calculará as resistências de cálculo desse perfil e comparará esses resultados com as solicitações de cálculo, vindas da **Análise**.

Esse procedimento, embora seja o de verificação, é, por muitos conhecido como dimensionamento paramétrico, ou simplesmente **dimensionamento** de uma barra ou um conjunto de barras.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do *mouse*.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para**



dimensionar

Selecionam-se as barras a serem dimensionadas (as barras selecionadas ficarão desenhadas em vermelho). Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando a tecla <ENTER>.

Na tela surgirá a janela de diálogo do **Dimensionamento**. Nessa janela será escolhido o tipo de perfil e suas dimensões.

The screenshot shows the 'mCalc_Perfis' software window. The 'Perfil' dropdown is set to 'I (Lam.) da Açominas'. The 'Dimensões' section shows: $b_w = 203$ mm, $b_f = 102$ mm, $t_f = 6,5$ mm, and $t_w = 5,8$ mm. A diagram of the I-profile is shown with these dimensions. The 'Solicitações de Cálculo (kgf e cm)' section contains: $N_{c,sd} = 336,5$, $V_{y,sd} = 1,53$, $M_{y,sd} = 57947,29$, $C_b = 1,52$, $N_{t,sd} = 0$, $V_{z,sd} = 467,31$, $M_{z,sd} = -213,65$, $C_{m1} = 0,59$, and $C_{m2} = 0,58$. The 'Comprimentos da Barra (cm)' section shows: $K_{tL} = 202,2$, $K_{zLz} = 202,2$, $\lambda_y = 24,69$, $\lambda_z = 94,49$, $L_b = 202,2$, $L_z =$ (empty), $f_y = 250$ MPa, and $f_u = 400$ MPa. The 'Resistências de Cálculo' section shows: $N_{c,Rd} = 35690,63$, $N_{t,Rd} = 57045,45$, $M_{y,Rd} = 415055,68$, $V_{y,Rd} = 12024,41$, $V_{z,Rd} = 16055,45$, and $M_{z,Rd} = 80479,32$. Two interaction equations are displayed: $\frac{N_{t,sd}}{2 \cdot N_{t,Rd}} + \left(\frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,sd}}{M_{z,Rd}} \right) = 0,142$ and $\frac{N_{c,sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,sd}}{M_{z,Rd}} \right) = 0,147$. The 'Perfis Favoritos' list includes 'W 200 19.3'. Buttons at the bottom include 'Calcular', 'Relatório', 'Configuração', 'Aplicar', and 'Sair'.

Antes de iniciar o dimensionamento, recomenda-se que sejam setadas as configurações.

Para ajustar as configurações deve-se clicar no botão **Configuração** dessa forma serão padronizadas as principais características para os cálculos que serão executados para fazer as verificações nas peças.

Clicando neste botão abrirá uma janela com dois índices: Unidades e Coeficientes com o seguinte aspecto:

Os campos referentes às unidades estarão desabilitados, pois serão as mesmas unidades que se está trabalhando no ambiente do **mCalc 3D**.

A precisão para exibição dos resultados no relatório poderá ser de até 5 casas decimais.



Configurações
Unidades e Coeficientes

Unidade de Comprimento: m cm mm

Unidade de Força: kgf kN tf

Precisão dos valores no relatório: 0 0.0 0.00 0.000 0.0000 0.00000

PFF = × t_w

Área Líquida: $A_n =$ % A

Aço Padrão:

f_y MPa f_u

Esbeltez: Limite à tração: Limite à compressão:

Módulo de Elasticidade do aço: E MPa

Deverá ser selecionado o raio interno de dobra para os perfis formados a frio, expresso em função da espessura do perfil. É declarado como default sendo iguais

Fator de redução da área bruta da seção. A área efetiva da barra será considerada no cálculo da resistência à tração do perfil. O % inserido neste campo será o quão irá reduzir a área bruta calculada após a seleção do perfil.

Selecionar Aço Padrão para ser sempre auto completado quando abrir um novo arquivo.

Limites de esbeltez para tração e compressão. Definidos como padrão 300 e 200, respectivamente. De acordo com as normas de projeto. Podendo ser alterados.

No ambiente da janela principal do programa existem alguns botões para execução e seleção de valores para posterior verificação.
O primeiro procedimento é a seleção do perfil.
Estão disponíveis perfis laminados, soldados e perfis formados a frio verificados segundo procedimentos de cálculo das normas da NBR 8800:2008 e NBR 14762:2001.



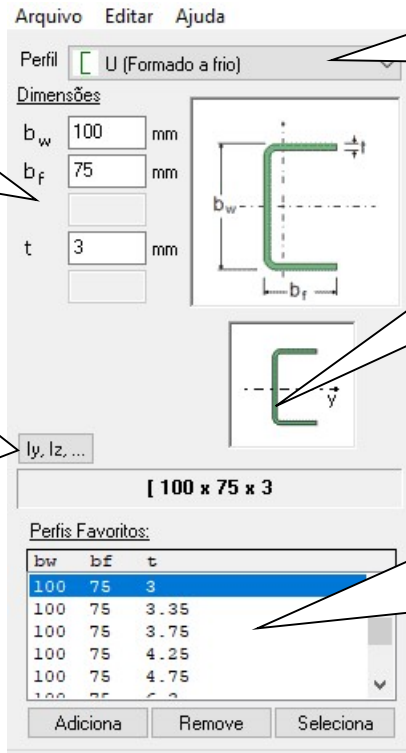
No caso de perfis formados a frio ou soldados, estes campos estarão habilitados para editar as dimensões.

Este botão, quando acionado, exibe as propriedades geométricas do perfil selecionado.

Seleciona-se o perfil entre 54 opções.

Orientar o perfil conforme ele será empregado na estrutura.

Banco de dados de perfis. Podendo ser adicionado ou removido, caso o perfil seja formado a frio ou soldado.



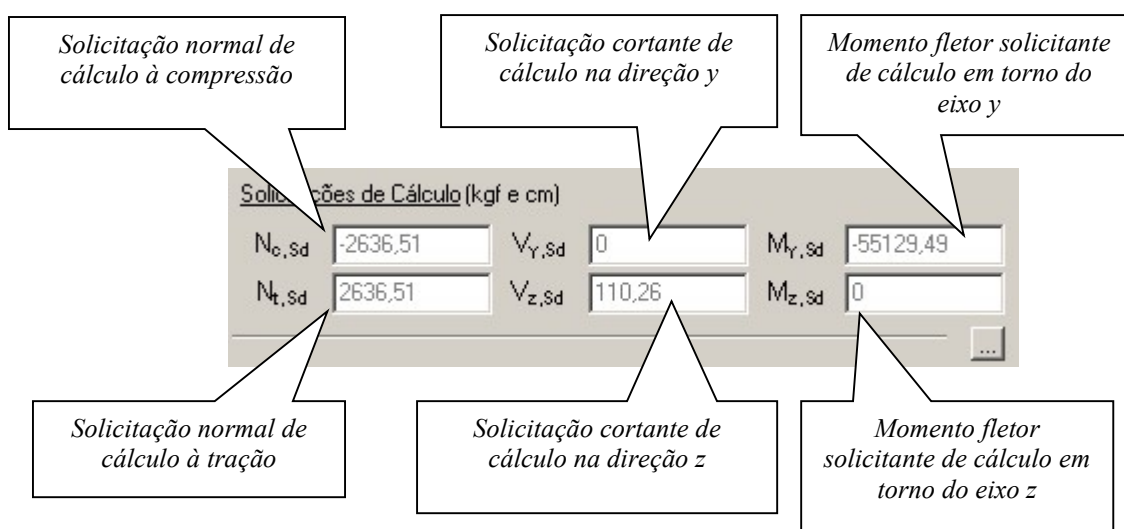
Propriedades geométricas do perfil simples.

Propriedades geométricas do perfil composto.

Perfil Simples		Perfil Composto	
I_y :	87,119 cm ⁴	I_y :	174,238 cm ⁴
I_z :	14,025 cm ⁴	I_z :	217,666 cm ⁴
y_g :	1,4 cm	y_g :	0
z_g :	5 cm	z_g :	0
Área:	5,64 cm ²	Área:	11,28 cm ²
I_t :	-	I_t :	0,349 cm ⁴
C_w :	-	C_w :	9850,252 cm ⁶
y_0 :	-	y_0 :	0 cm
z_0 :	-	z_0 :	0 cm
Peso:	4,427 kgf/m	Peso:	8,855 kgf/m
r_y :	3,93 cm	r_y :	3,93 cm
r_z :	1,577 cm	r_z :	4,393 cm



As solicitações de cálculo serão preenchidas pelo próprio **mCalc 3D** que as preencherá com os dados obtidos pela análise e não poderão ser editadas pelo usuário.



Os valores exibidos são os valores que resultaram no maior valor nas equações de interação. Os valores obtidos em cada combinação poderão ser visualizados clicando-se sob o botão **...**. Então abrirá uma janela, conforme figura abaixo:

Combinação	NcSd	NtSd	VySd	VzSd	MySd	MzSd	Sd/Rd
1	0,00	2636,51	0,00	-12,35	6172,59	0,00	0,07
2	-2422,57	0,00	0,00	110,26	-55129,49	0,00	0,57
3	-1711,17	0,00	0,00	-91,13	45566,58	0,00	0,45
4	-1485,30	0,00	0,00	6,61	-3304,89	0,00	0,16

Neste caso as solicitações que apareceram na janela de entrada de dados são os referentes à combinação 2, pois resultou no maior valor de equação de interação.

Os comprimentos também serão preenchidos pelo programa.



Comprim. da Barra (cm)

$K_t L_t$ $K_z L_z$ λ_y Travej. L/

$K_y L_y$ Lb λ_z

Comprim. efetivo de flambagem por torção

Comprim. efetivo de flambagem por flexão em torno do eixo z.

Travejamento habilitado para perfis compostos

Comprim. efetivo de flambagem por flexão em torno do eixo y

Comprim. destravado.

Eslotez das barras, em relação aos comprimentos y e z. Estes campos estarão sempre desabilitados, pois o programa calcula automaticamente através dos comprimentos de flambagem e os raios de giração.

SELEÇÃO DO TIPO DE AÇO: quando acionado o botão **Selecionar** abrirá uma janela com uma lista de aços a serem escolhidos:

Tabela de Aços

Aço	f_y (MPa)	f_u (MPa)	Espessuras Disponíveis (mm)	Características
ASTM A36	250	400	2,0 - 150	Estrutural
ASTM A570 GR36	250	365	2,0 - 5,84	Estrutural
COS-AR-COR 400	250	380	2,0 - 100	Aço Patinável
A572-GR42	290	415	19 - 19	Estrutural
COS-CIVIL 300	300	400	150 - 150	Estrutural Especial
USI-SAC-300	300	400	12,7 - 12,7	Aço Patinável
COS-AR-COR 400 E	300	380	12,7 - 12,7	Aço Patinável
CSN-COR 420	300	420	6,3 - 6,3	Aço Patinável
COS-CIVIL 350	350	490	50,8 - 50,8	Estrutural Especial
ASTM A570 GR50	345	450	5,84 - 5,84	Estrutural
USI-SAC-350	350	485	12,7 - 12,7	Aço Patinável
A588	345	485	19 - 19	Estrutural
USI-LN 380	380	490	12,7 - 12,7	Estrutural Especial
COS-AR-COR 500	375	490	50,8 - 50,8	Aço Patinável
USER	-	-	-	Definido pelo u

f_y 250 f_u 400

OK Cancelar

Seleciona-se o tipo de aço para obter as tensões f_y e f_u .

Caso o usuário queira editar valores para f_y e f_u , basta preenchê-los nos respectivos campos. Observando que deverão ser declarados valores em unidades de MPa.



Na janela do programa ficarão exibidos o aço que foi selecionado e as tensões de escoamento e ruptura do aço.

Aço	ASTM A36	Selecionar
f_y	250 MPa	f_u 400 MPa

FATORES DE MODIFICAÇÃO DO MOMENTO: para determinar o momento fletor resistente de cálculo para o estado limite de flambagem lateral com torção (FLT). O **mCalc 3D** calcula estes fatores considerando o comprimento da barra e a distância entre travamentos. Mas se usuário quiser ele poderá editá-los.

C_b	1	OK
C_{mx}	1	OK
C_{my}	1	

Quando forem selecionados perfis laminados ou soldados, deverá ser determinado apenas o coeficiente C_b , editando o valor neste campo ou clicando neste botão C_b 1 aparecerá uma janela para que sejam declarados os momentos solicitantes necessários para o cálculo do fator C_b :

The diagram shows a beam of length L_b divided into four equal segments of length $L_b/4$. The moments at these points are labeled M_a , M_b , M_c , and M_{MAX} . A blue curve represents the lateral deflection, labeled 'Contenção Lateral'. Below the diagram is a dialog box titled 'Momentos' with input fields for M_{max} , M_a , M_b , and M_c , and buttons for 'OK' and 'Cancelar'.

Callouts from the dialog box to the diagram:

- Momentos** (Title): Momento máximo solicitante de cálculo, em módulo, no comprimento L_b .
- M_{max}** : Momento máximo solicitante de cálculo, em módulo, na seção situada a um quarto do comprimento destravado.
- M_b** : Momento máximo solicitante de cálculo, em módulo, na seção central do comprimento destravado.
- M_c** : Momento máximo solicitante de cálculo, em módulo, na seção situada a três quartos do comprimento destravado.

Para elementos de viga-coluna e perfis formados a frio, será necessário determinar, adicionalmente, os coeficientes C_{my} e C_{mz} , que são os coeficientes de equivalência de momento da flexão composta, em relação aos eixos y e z.



Cmy 0,6
Cmz 0,6

Clicando neste botão abrirá uma janela para que sejam determinados estes coeficientes:

Quando for selecionado este tipo de barra, os momentos M_1 e M_2 deverão ser informados.

Os momentos com o índice 1 subscrito referem-se ao menor momento em módulo e o índice 2 indica o maior momento.

Valores dos coeficientes calculados

A relação (M_1/M_2) será positiva quando os momentos provocarem curvatura reversa.



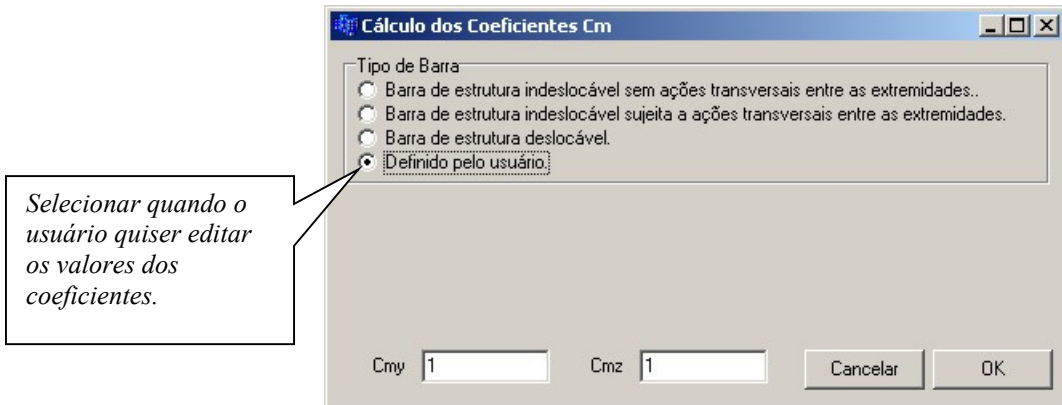
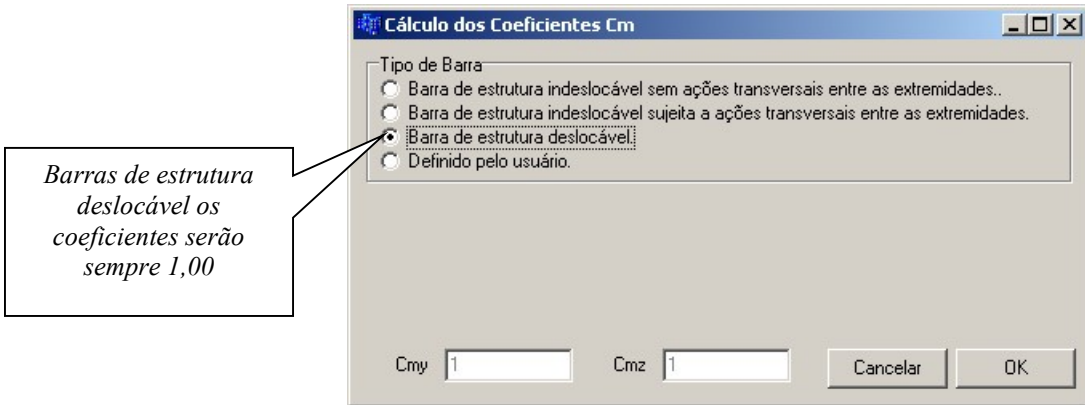
A relação (M_1/M_2) será negativa quando os momentos provocarem curvatura simples.



Quando for selecionado este tipo de barra, os valores dos coeficientes vão variar de acordo com a fixação das extremidades.

Para barras com as extremidades engastadas os coeficientes serão 0,85. Caso contrário serão 1,00.





RESISTÊNCIAS DE CÁLCULO: após serem fornecidos todos os dados da janela principal basta clicar em **Calcular** quando serão exibidas as respostas do programa:

Resistências de Cálculo

$N_{c,Rd}$ 6899,67	Sd/Rd = 0,334	$V_{y,Rd}$ 4346,59	Sd/Rd = 0
$N_{t,Rd}$ 20028,41	Sd/Rd = 0	$V_{z,Rd}$ 6903,41	Sd/Rd = 0,053
$M_{y,Rd}$ 78462,84	Sd/Rd = 0,585	$M_{z,Rd}$ 11511,9	Sd/Rd = 0

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} = 0,918$$

$$\frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,585$$

Buttons: Calcular, Relatório, Configuração, Aplicar, Aplicar a Todos, Sair



Onde:

- $N_{c,Rd}$: Força normal resistente de cálculo à compressão
- $N_{t,Rd}$: Força normal resistente de cálculo à tração
- $M_{y,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo em torno do eixo y
- $V_{y,Rd}$: Força cortante resistente de cálculo em y
- $V_{z,Rd}$: Força cortante resistente de cálculo em z
- $M_{z,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo em torno do eixo z

Na janela principal do programa, após o cálculo, também poderão ser visualizadas as equações de interação que vão ser diferentes dependendo do tipo de perfil selecionado.

Resistências de Cálculo					
$N_{c,Rd}$	22721,6	Sd/Rd = 0,22	$V_{x,Rd}$	8561,45	Sd/Rd = 0,584
$N_{t,Rd}$	27360	Sd/Rd = 0,11	$V_{y,Rd}$	3298,91	Sd/Rd = 0,303
$M_{x,Rd}$	118216,17	Sd/Rd = 0,085	$M_{y,Rd}$	20623,04	Sd/Rd = 0,272

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{C_{mx} \cdot M_{xSd}}{M_{xRd} \left(1 - \frac{N_{cSd}}{N_{ex}}\right)} + \frac{C_{my} \cdot M_{ySd}}{M_{yRd} \left(1 - \frac{N_{cSd}}{N_{ey}}\right)} = 0,538$$

$$\frac{N_{cSd}}{N_{oRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,539$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,466$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,247$$

Equações de interação para perfis formados a frio

Resistências de Cálculo					
$N_{c,Rd}$	17363,84	Sd/Rd = 0,288	$V_{x,Rd}$	9600,79	Sd/Rd = 0,125
$N_{t,Rd}$	31136,36	Sd/Rd = 0,225	$V_{y,Rd}$	8938,64	Sd/Rd = 0,145
$M_{x,Rd}$	97049,5	Sd/Rd = 0,113	$M_{y,Rd}$	14701,7	Sd/Rd = 0,612

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} \right) = 0,87$$

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} \right) = 0,933$$

Equações de interação para perfis laminados ou soldados

Relatório

: o botão do relatório poderá ser acionado após os cálculos serem efetuados. Neste estarão discriminadas as equações principais utilizadas para a determinação de cada força ou momento resistente de cálculo.

Para salvar o relatório em padrão RTF basta clicar em ARQUIVO e SALVAR, indicando o local.

Pode-se aplicar esse perfil à primeira barra selecionada pressionando **Aplicar** ou aplicar o perfil a todas as barras selecionadas pressionando **Aplicar a Todos**.



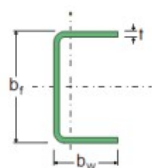
Esse comando ficará ativo até que se pressione a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará dimensionando as barras selecionadas.

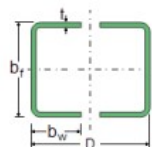
Perfis disponíveis:

A verificação dos perfis formados a frio será baseada nos procedimentos prescritos pela NBR 14762:2010.

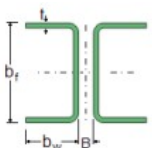
Estão disponíveis 19 perfis formados a frio:



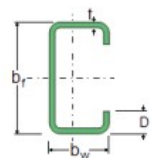
U formado a frio



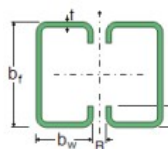
2 U (FF) opostos pelas mesas



2 U(FF) opostos pelas almas

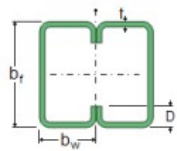


U formado a frio enrijecido

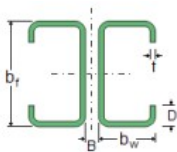


2 U (FF) enrijecidos

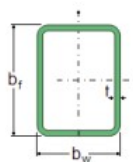




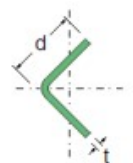
Caixa (FF)



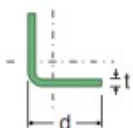
I (FF) enrijecido



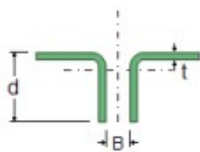
Box (FF)



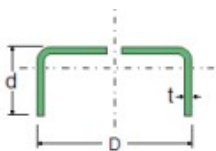
Cantoneira (FF)



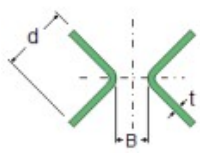
Cantoneira (FF)



2 Cantoneiras (FF) opostas pelas abas

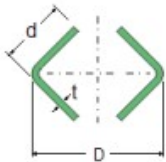


2 Cantoneiras (FF) opostas pelas mesas

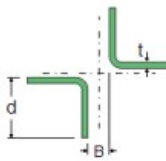


2 Cantoneiras (FF) opostas pelos vértices

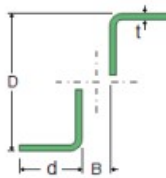




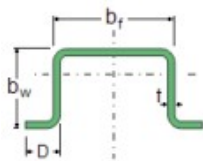
2 Cantoneiras (FF) em caixa



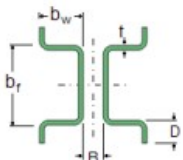
2 Cantoneiras (FF) em cruz



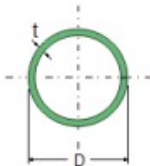
2 Cantoneiras (FF) em Z



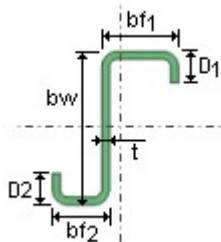
Cartola (FF)



I cartola (FF)

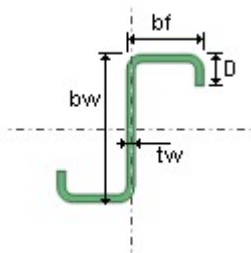


Tubo circular (FF)

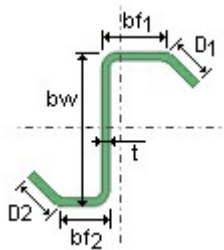


Z de abas desiguais (FF)

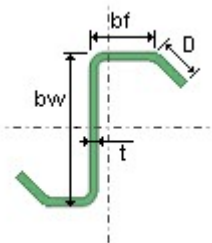




Z de abas iguais (FF)



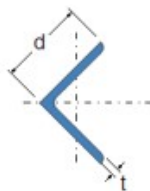
Z de abas inclinadas (FF)



Z de abas iguais 45° (FF)

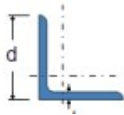
O dimensionamento dos perfis vai ser dado de acordo com a norma a qual ele se adequou. No caso de selecionar perfis laminados ou soldados, será baseado nos procedimentos de cálculo da NBR 8800:2008.

Estão disponíveis 23 perfis entre laminados e soldados:

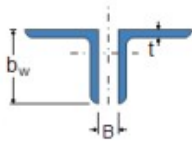


Cantoneira laminada

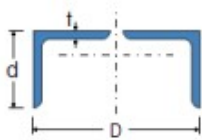




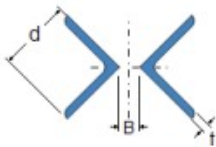
Cantoneira laminada



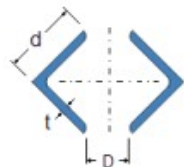
2 (2LLM) Cantoneiras laminadas opostas pelas abas



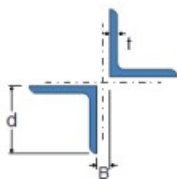
2 (LLM) Cantoneiras laminadas opostas pelas mesas



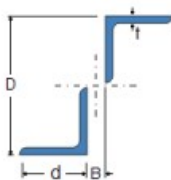
2 (VVLM) Cantoneiras laminadas opostas pelos vértices



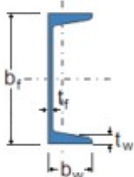
2 (LVLM) Cantoneiras laminadas em caixa



2 (LXLM) Cantoneiras laminadas em cruz

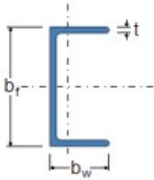


2 (LXLM) Cantoneiras laminadas em Z

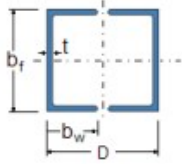


U laminado (ULAM)

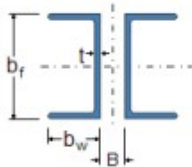




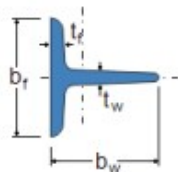
U laminado de abas paralelas (UAP)



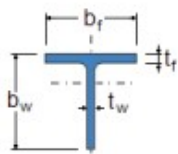
2U laminado de abas paralelas opostos pelas mesas



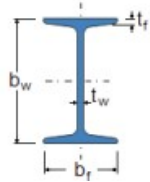
2 U laminado de abas paralelas opostos pelas almas



Tee laminado (TEE)



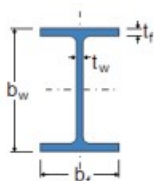
Tee laminado-metade do açominas (TW)



I laminado (ILAM)

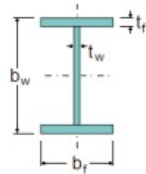


Redondo (RED)

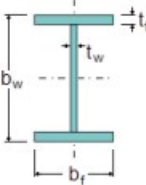


I açominas (W)

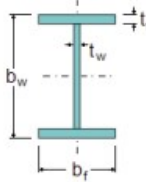




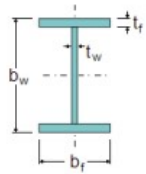
I soldado (PS)



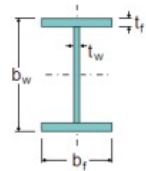
I coluna soldada (CS)



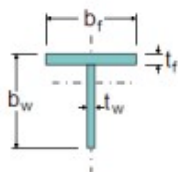
I viga soldada (VS)



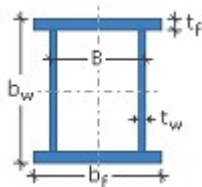
I viga eletro-soldada (VSE)



I coluna-viga soldada (CVS)

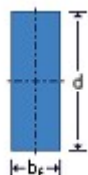


T soldado (TS)

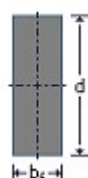


Caixão (PC)

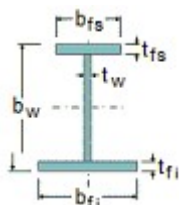




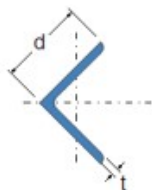
Retangular (RET)



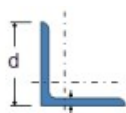
Elemento de Concreto (EC)



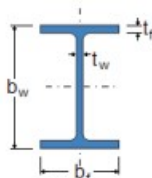
I Soldado Assimétrico (PSA)



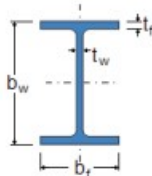
Cantoneira padrão Europeu (LLM_EN)



Cantoneira padrão Europeu (LLAM_EN)



Perfil I (IPE)



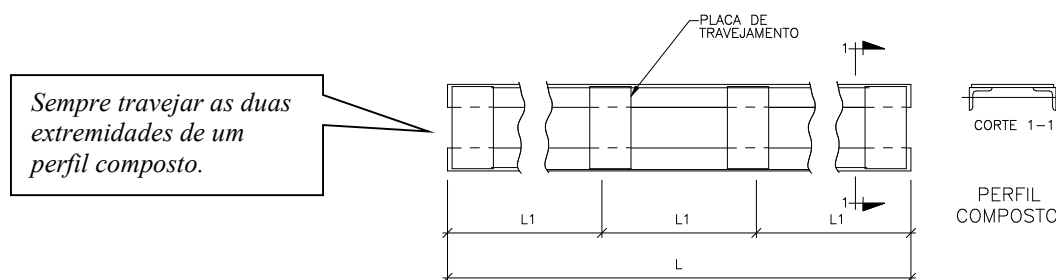
Perfil I (HE)



Perfis Compostos

Fazem-se, nesse momento, alguns comentários sobre os perfis compostos. Essa categoria de perfis merece uma especial atenção, já que são perfis eficientes e muito utilizados, mas quando usados de maneira inadequada podem trazer problemas.

Dois ou mais perfis, unidos entre si por meio de uma ligação não contínua - solda ou travejamento em quadro ou em treliça - que trabalham como se fossem um só perfil são conhecidos por *Perfis Compostos*.



Para a determinação da resistência de cálculo dos perfis compostos devem-se verificar:

a) Flambagem do perfil isolado.

O perfil isolado - um dos perfis que formam o perfil composto - flamba, em torno do seu eixo de menor inércia, tendo como comprimento de flambagem a distância entre elementos de travejamento " L_1 ".

No caso do perfil isolado, deve-se considerar, também, a flambagem local da maior parede não enrijecida. A resistência final de cálculo será a menor: entre a flambagem global do perfil isolado e a flambagem local de uma de suas paredes.

b) Flambagem global do perfil composto

O perfil composto criado terá 2 eixos principais de inércia. Um dos eixos será paralelo ao(s) plano(s) de travejamento e o outro eixo perpendicular.

É costume comporem-se os perfis de tal maneira que se travejem planos paralelos ao eixo de maior inércia. Assim será obtido um perfil com inércia bem aumentada em torno do eixo paralelo ao de menor inércia dos perfis simples.

A inércia desse perfil, em torno do eixo paralelo aos planos de travejamento, será



determinada somando as inércias de cada perfil isoladamente. É claro que é caso de simples soma se o eixo principal da composição coincidir com o eixo principal do perfil isolado; caso contrário se deverá obter a inércia da composição pelo Teorema de *Steiner*.

A inércia do perfil composto em torno do outro eixo principal, perpendicular ao plano de travejamento, terá um valor intermediário entre a inércia que se calcula pelo Teorema de *Steiner* e a que se avalia considerando os dois perfis isolados.

Os elementos de travejamento, por serem descontínuos, não oferecem uma união tão eficiente como uma ligação contínua entre os perfis, e essa deficiência deve ser considerada na avaliação dessa inércia ou esbeltez como orientam as normas.

Adota-se o procedimento da norma NB14/68 (ABNT, 1968) que é uma adaptação da norma DIN4114 (Deutsche Industrie Normen, 1952), considerando-se somente o caso de travejamento em quadro.

Supondo-se que o eixo perpendicular ao plano de travejamento seja o eixo *Y* a esbeltez final será uma esbeltez ideal λ_{y_i} .

$$\lambda_{y_i} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2}$$

onde:

$\lambda_y = \frac{K_y L_y}{r_y}$ esbeltez do perfil composto em torno do eixo perpendicular ao plano de travejamento, considerando-se a inércia *cheia* em torno desse eixo;

$\lambda_1 = \frac{K_1 L_1}{r_1}$ esbeltez do perfil simples em torno do eixo de menor inércia (eixo *I*) sendo L_1 a distância entre placas de travejamento e

m = número de perfis simples que formam o perfil composto.

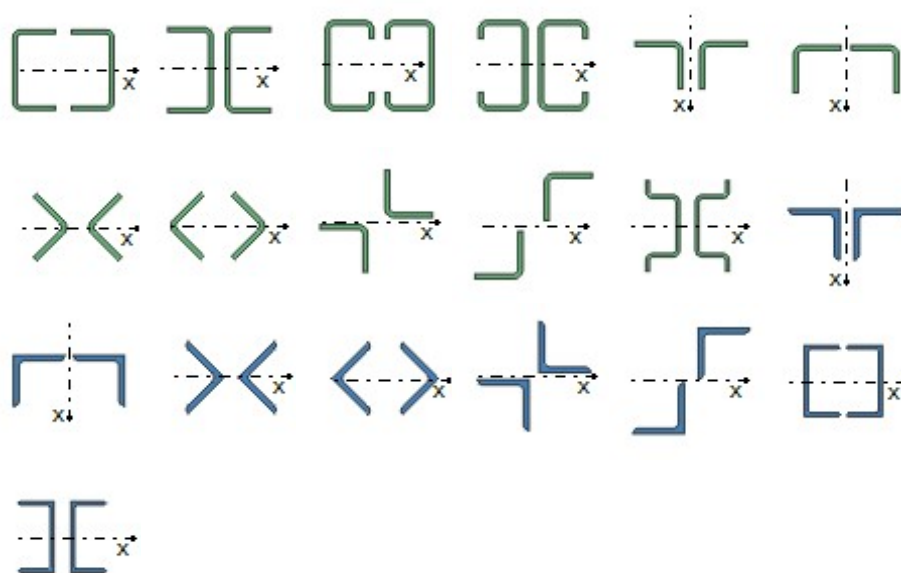
Por orientação da norma DIN 4114 (Deutsche Industrie Normen, 1952), deve-se dispor os elementos de travejamento, pelo menos, nos terços do perfil composto. Essa recomendação foi implementada no programa, forçando o usuário declarar, no mínimo travejamento a cada $L/3$.

Outra recomendação da DIN 4114 é a de afastar as placas de travejamento, L_1 , em distâncias menores que $50 r_{min}$ é oferecida ao usuário, embora essa recomendação possa



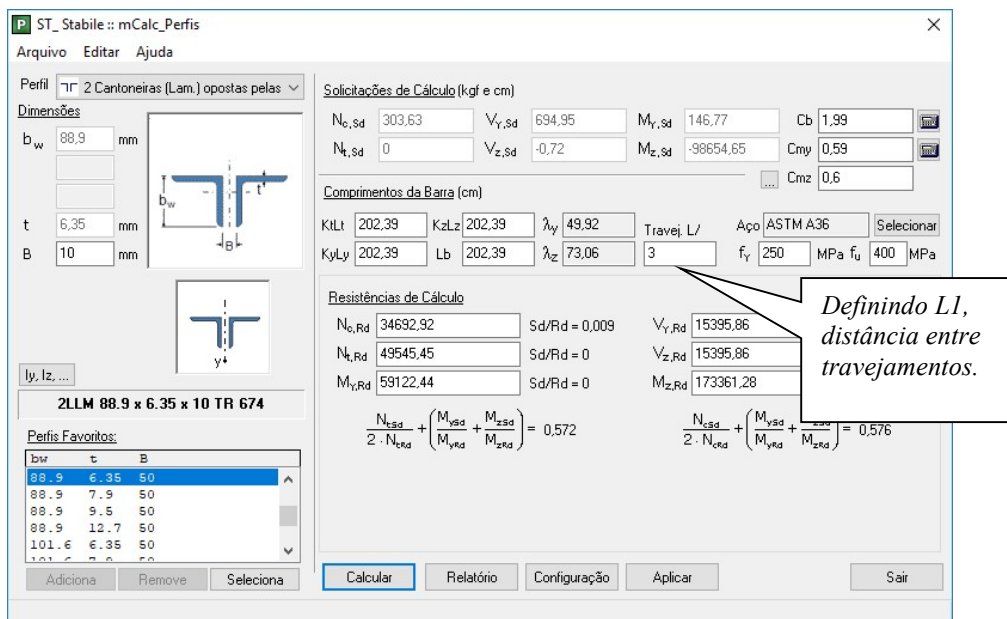
ser negligenciada.

O **mCalc 3D** tem implementado as rotinas para a verificação de *Perfis Compostos*, descritas acima e disponibiliza para os perfis que seguem:



Ao se abrir a janela de diálogo do Dimensionamento para verificar um *Perfil Composto* deve-se informar ao programa a cada quanto se quer travejar, ou em quantas partes vai se dividir a barra. Assim, o comprimento L_1 , que é o comprimento de flambagem da barra isolada, ou a distância entre travejamentos, ficará definida por L/XX . Por *default* o travejamento das barras é adotado como a cada $L/3$.





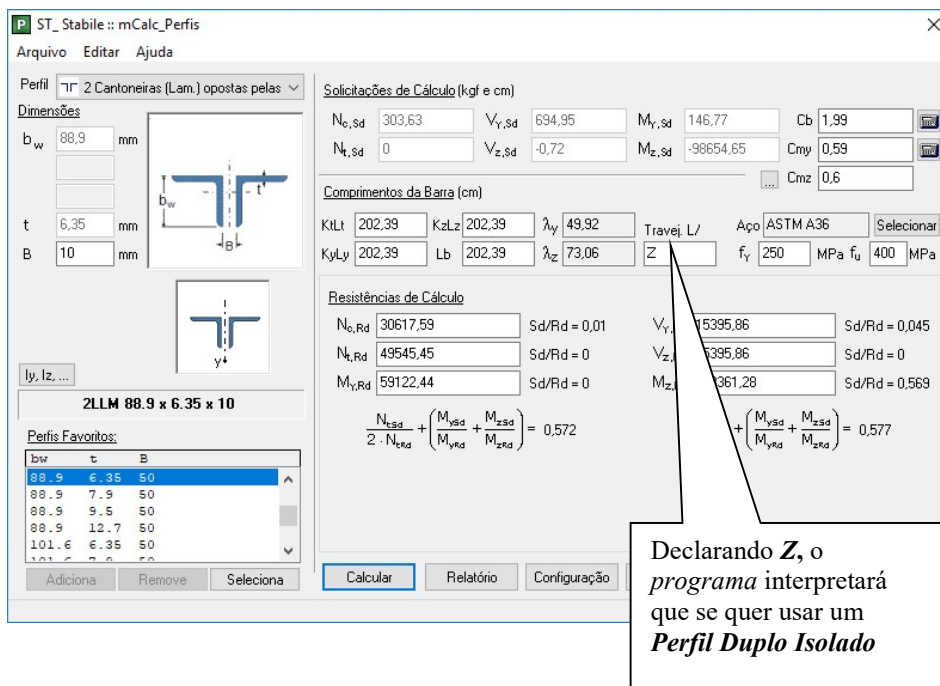
Perfis Duplos Isolados

No item anterior viu-se que é possível dimensionar barras usando *Perfis Compostos* com o **mCalc 3D**. Entretanto para barras com comprimento pequeno, ou em barras solicitadas somente à tração, é interessante adotá-las com perfis duplos, porém não travejados entre si, ou seja: perfis duplos isolados.

Para esses casos a resistência de cálculo será calculada como o dobro da resistência de cálculo de uma barra isolada, com o comprimento de flambagem igual à distância entre os dois nós que formam a barra.

A maneira de se usar *Perfis Duplos Isolados* é a mesma adotada para *Perfis Compostos*: selecionam-se as barras a dimensionar, abre-se a janela de diálogo, escolhe-se o perfil duplo e digita-se Z (de Zero) ao se informar o travejamento. Assim o programa interpretará que os perfis NÃO serão travejados, configurando 2 perfis isolados.





8.2.2 Comando EXIBIR %

Ativa-se o comando clicando no botão  **Exibir %** com o botão esquerdo do mouse. Este comando exibe a performance dos perfis em termos de %.

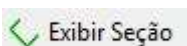
8.2.3 Comando EXIBIR DIM.

Ativa-se o comando clicando no botão  **Exibir Dim.** com o botão esquerdo do mouse. Este comando exibe os perfis adotados nas barras que já foram dimensionadas.

8.2.4 Comando EXIBIR CORES


Ativa-se o comando clicando no botão  **Exibir Cores** com o botão esquerdo do mouse. Este comando exibe a performance dos perfis conforme escala de cores configuradas pelo usuário.

8.2.5 Comando EXIBIR SEÇÃO

Ativa-se o comando clicando-se no botão  **Exibir Seção** com o botão esquerdo do mouse. Este comando exibe a orientação em que os perfis encontram-se na estrutura.

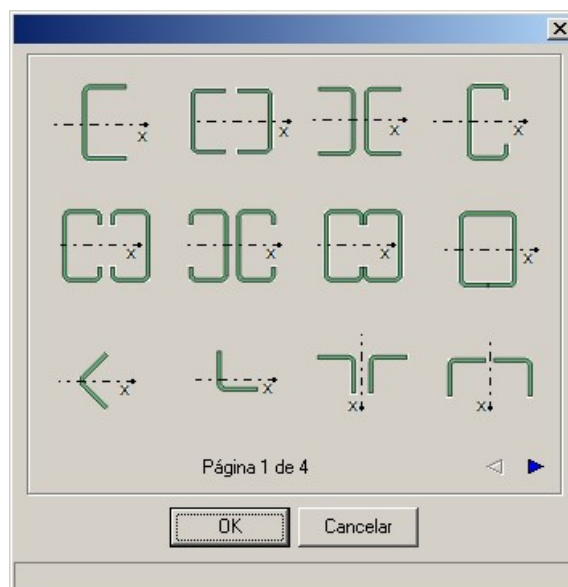


8.2.6 Comando AUTO DIM.

Ativa-se o comando de *Autodimensionar* clicando no botão  Auto Dim. com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Autodimensionar barras.**

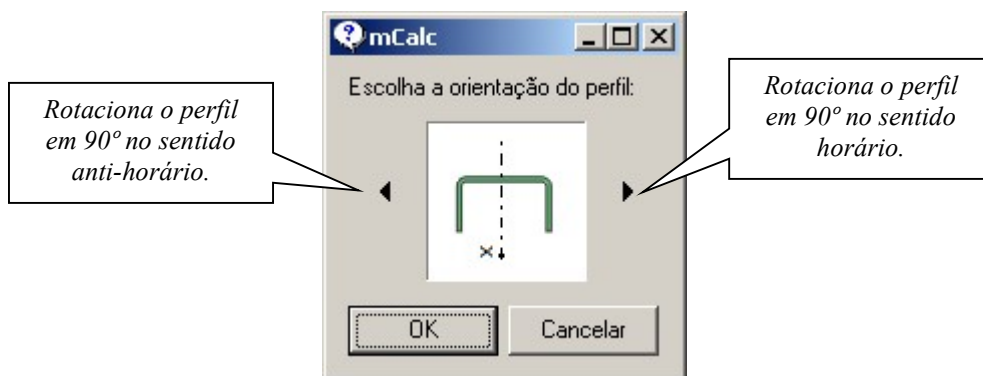
Selecionam-se as barras a serem autodimensionadas com o botão esquerdo do mouse. Estas ficarão desenhadas em vermelho. Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>. Então abrirá uma janela com todos os perfis disponíveis:



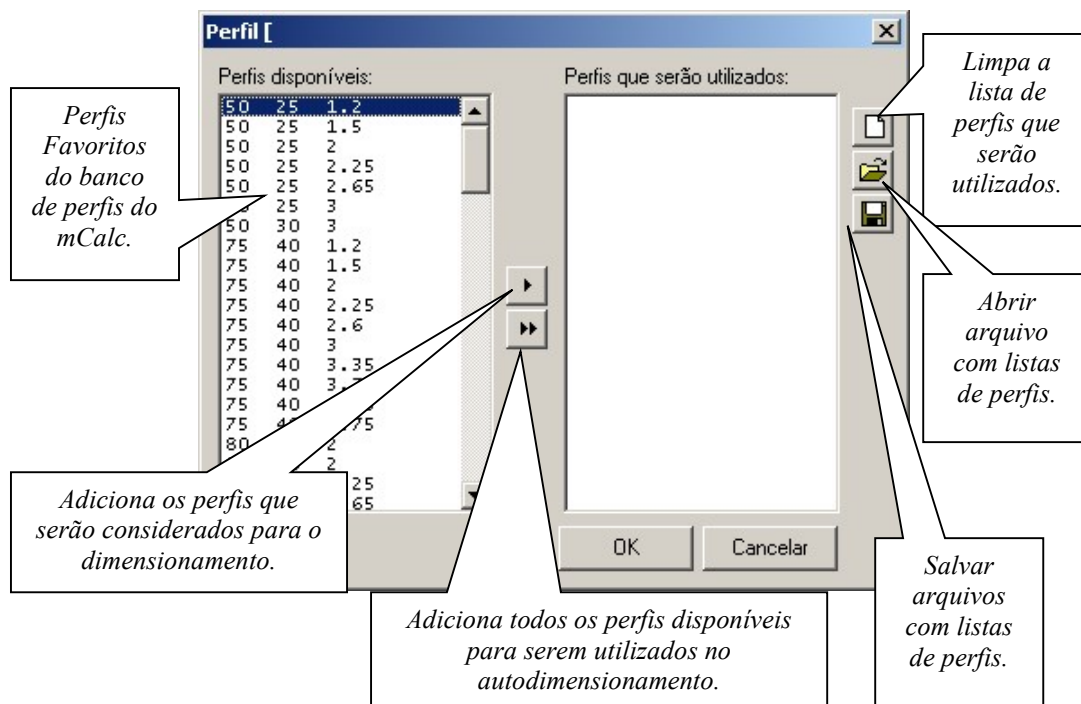
Deverá ser escolhido o tipo de perfil clicando-se sob ele com o botão esquerdo do mouse e posteriormente clicando em OK.

Então surgirá outra janela para que seja escolhida a orientação do perfil na estrutura:





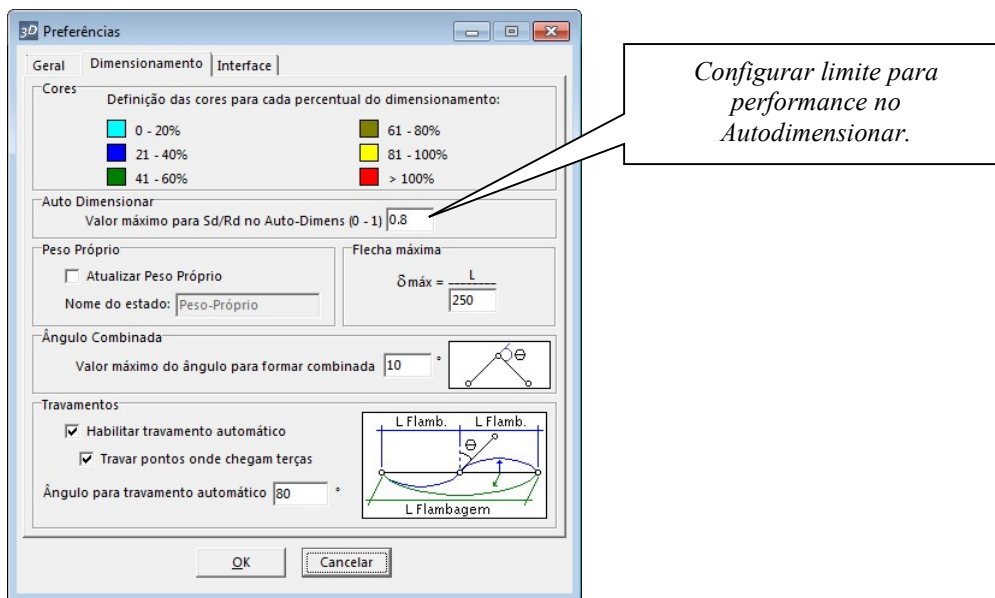
Escolhida a orientação do perfil, clica-se em OK, e então surgirá a janela com as dimensões dos perfis existentes no banco de perfil do **mCalc 3D**.



Após selecionados os perfis que serão utilizados, o **mCalc 3D** fará de forma otimizada o dimensionamento entre os perfis listados.

Observa-se ainda que o usuário deverá informar nas configurações qual é o máximo valor da performance que deseja ser atingida pelo *Autodimensionamento*. Deve-se ir ao menu Exibir, *Preferências...*, *Dimensionamento*:



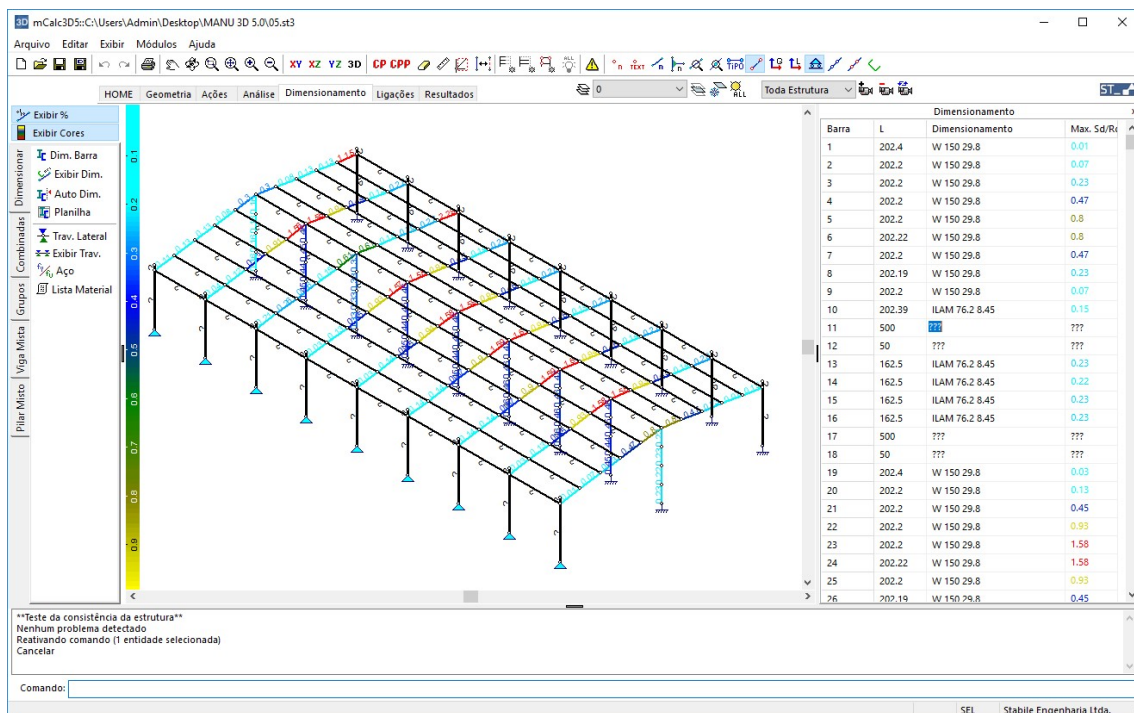


8.2.7 Comando PLANILHA

Ativando-se esse comando o módulo **Dimensionamento** apresenta a outra forma de se dimensionar barras: por meio de uma planilha.

Ativa-se a planilha pressionando-se o botão  Planilha .





As barras da estrutura serão listadas na planilha de dimensionamento, apresentando:

Barra	L	Dimensionamento	Max. Sd/Rc
1	202.4	W 150 29.8	0.01
2	202.2	W 150 29.8	0.07
3	202.2	W 150 29.8	0.23
4	202.2	W 150 29.8	0.47
5	202.2	W 150 29.8	0.8
6	202.22	W 150 29.8	0.8
7	202.2	W 150 29.8	0.47

Comprimento da barra (cm)

Perfil Adotado

Relação Solicitação/ Resistência dos perfis adotados em percentuais

Para se dimensionar uma barra, posiciona-se o cursor sobre sua linha correspondente e pressiona-se **F6**: a janela de dimensionamento será aberta e se procede como descrito no item 6.2 *Comando Dimensionar*.

O módulo **Dimensionamento** oferece alguns recursos quando se dimensiona por intermédio da planilha. Pressionando:

F3: o dimensionamento da linha superior (da barra anterior) será testado e copiado.

F4: a barra *atual* será localizada no centro da tela com cor diferenciada

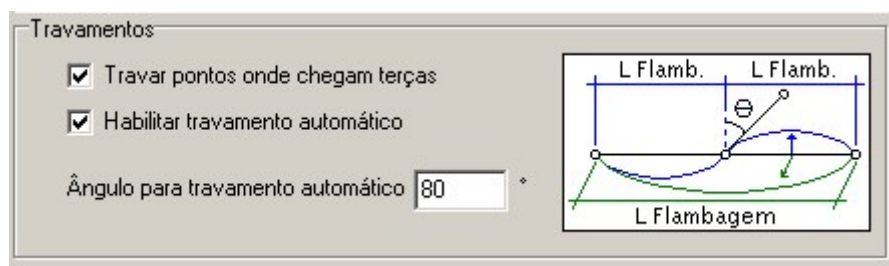


F5: a barra em que se está com o *foco*, se selecionada: será destacada com uma cor diferente no desenho geral da estrutura.

8.2.8 Comando TRAVAMENTO LATERAL

Ao se dimensionar uma estrutura é necessário informar ao módulo **Dimensionamento** onde se localizam os travamentos da estrutura, i.e. os pontos de restrição à flambagem lateral ou fora do plano dessa estrutura. Isso porque é sabido: os procedimentos de verificação à compressão e à flexão consideram os travamentos laterais, ou, mais propriamente, à distância entre eles. Por isso esse comando foi criado.

O **mCalc 3D** fará o travamento automático das barras. Os critérios para isto estão no menu *Exibir > Preferências > Dimensionamento*.

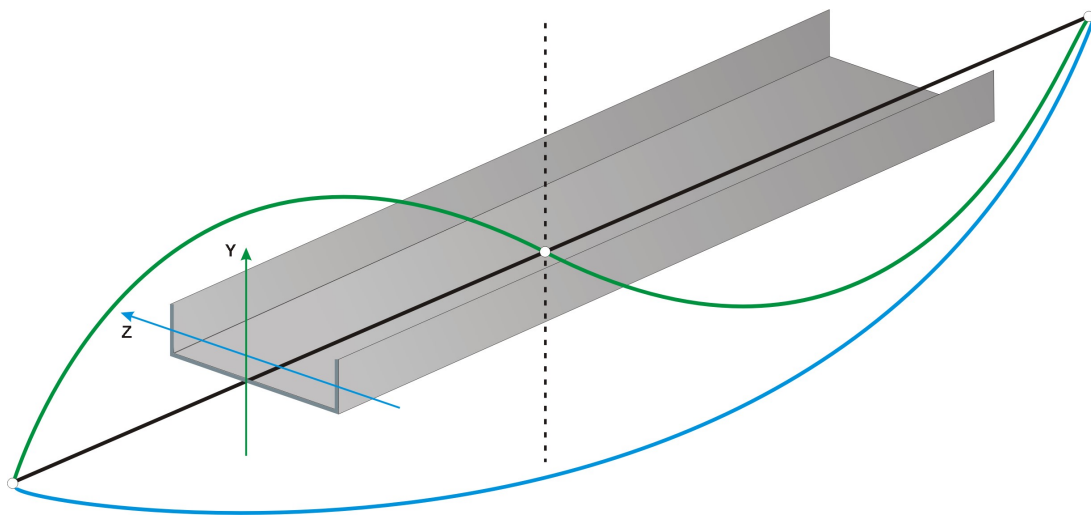


Por *default* estarão sempre habilitadas as opções do travamento automático.

A primeira opção “*Travar pontos onde chegam terças*” quando estiver habilitada vai considerar as terças, geradas através da geração automática, como pontos de travamento em relação ao eixo y global da estrutura.

A opção “*Habilitar travamento automático*” vai considerar o ângulo para travamento das barras da estrutura. Este ângulo refere-se à chegada das barras nos nós da estrutura. São verificadas as barras em duas direções, nos eixos y e z do perfil.

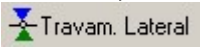
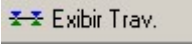


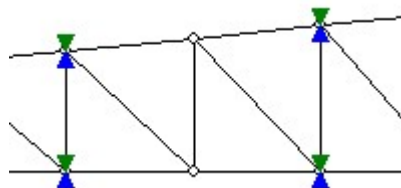


No caso da estrutura da figura acima, o comprimento de flambagem em relação ao eixo z do perfil será equivalente a $2L$, enquanto que para o eixo y do perfil será L .

Em relação ao ângulo para travamento automático, este deverá ser configurado de acordo com os critérios do usuário.

Este ângulo servirá para testar se as barras que chegam em determinado nó funcionam como travamento.

Caso o usuário queira declarar os pontos de travamento segundo seus critérios, então deverá desabilitar a opção de travamento automático e clicar no botão  Travam. Lateral. O programa aguardará que se declarem quais nós estão travados lateralmente. Bastará selecionarem-se os nós travados, clicando-se sobre eles, ou selecionando-se por retângulo e confirmando-se com o botão direito do *mouse*. O programa colocará triângulos de cor verde e, ou azul dependendo da direção do travamento. Para exibir estes triângulos deverá ser clicado o botão  Exibir Trav.. Os triângulos azuis indicam travamento no eixo y do perfil e os verdes no eixo z.

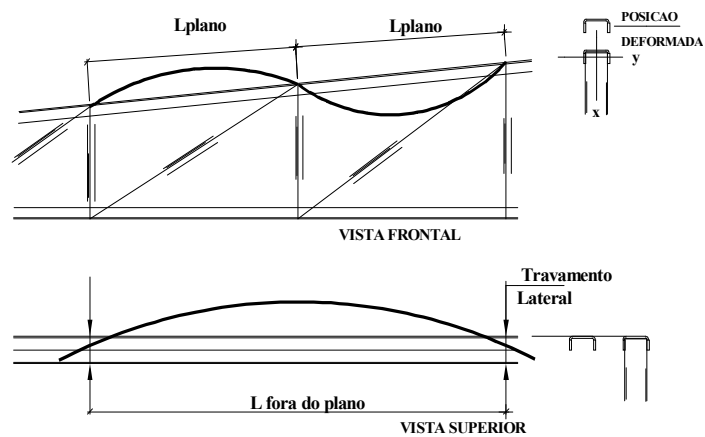


Em banzos de treliças os comprimentos de flambagem das barras são:

- No plano da treliça: a distância entre dois nós, i.e. o comprimento da barra,

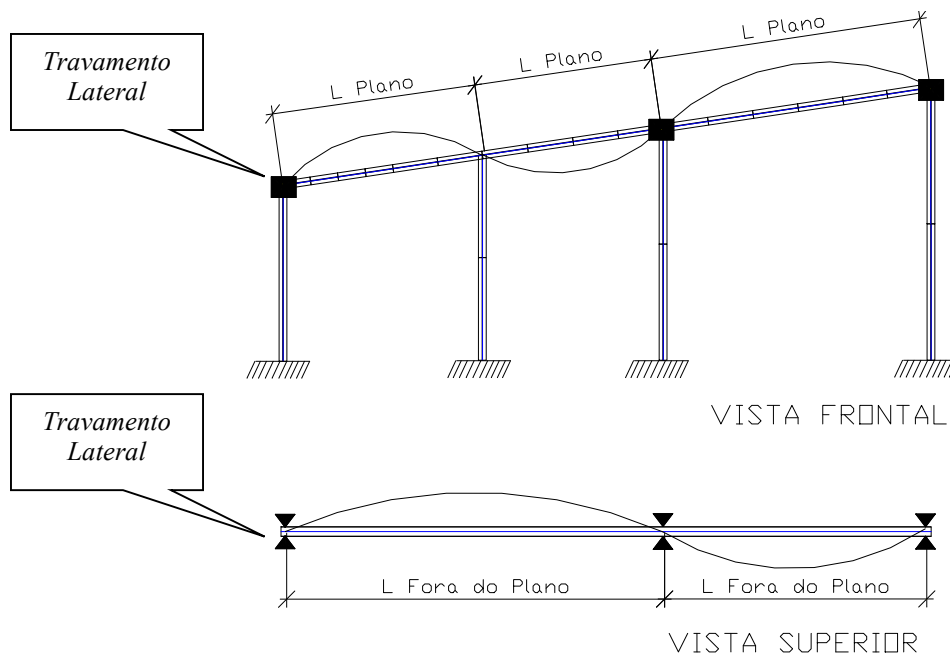


- Fora do plano da treliça: a distância entre dois nós travados lateralmente.



Em elementos de pórticos os comprimentos de flambagem das barras são:

- No plano do pórtico: a distância entre dois nós que impedem o deslocamento da barra no plano do pórtico, i.e. a distância entre a interseção de duas barras que cruzam ou chegam nas barras que se está dimensionando.
- Fora do plano do pórtico: a distância entre dois nós travados lateralmente.



A partir desses conceitos e a partir do travamento lateral declarado para cada estrutura, o programa vai “conhecer” os comprimentos de flambagem *no plano* e *fora do plano* das barras.

A importante interpretação de que a flambagem em torno do eixo *Y* ou *Z* será a flambagem *no plano* ou *fora do plano* será feita automaticamente com base na declaração dos travamentos e da orientação (posição) que o usuário escolheu para aplicar o perfil na estrutura.

Essa orientação deverá ser feita clicando-se no *slide* menor da janela do **Dimensionamento** e o perfil será aplicado na posição escolhida, imaginado que o plano da estrutura (treliça, pórtico ou viga) seja o plano vertical.

The screenshot shows the 'mCalc_Perfis' software interface. The 'Comprimentos da Barra (cm)' section contains the following data:

KxLx	300	KtLt	300	λ_x		Travej. L/		Aço	ASTM A36	Selecionar
KyLy	150	Lt	300	λ_y		f _y	250 MPa	f _u	400 MPa	

The 'Resistências de Cálculo' section shows the following results:

N _{c,Rd}	4049,07	Sd/Rd = 0,174	V _{x,Rd}	2814	Sd/Rd = 0
N _{t,Rd}	10780,91	Sd/Rd = 0,065	V _{y,Rd}	1521,2	Sd/Rd = 0
M _{x,Rd}	20958,32	Sd/Rd = 0	M _{y,Rd}	6100,04	Sd/Rd = 0


Equations shown in the interface:

$$\frac{N_{cSd} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}}}{N_{tRd}} = 0,174$$

$$\frac{\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}}}{1} = 0,065$$


Callout text: Plano imaginário da estrutura: o perfil U que está sendo aplicado está orientado para baixo, como se fosse o banzo superior da treliça abaixo que tem a distância de 1,5 metros entre nós

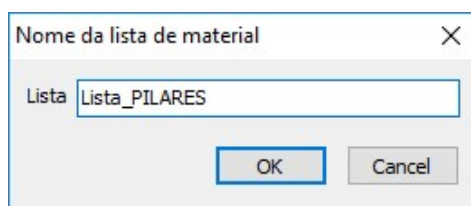
8.2.9 Comando MODIFICAR AÇO

Clicando no botão  é possível alterar o tipo de aço das barras selecionadas, sem necessidade de chamar o comando dimensionar barras. As seções permanecem as mesmas.



8.2.10 Comando LISTA DE MATERIAL

Clicando no botão  Lista Material gera-se lista de material só com as barras selecionadas.

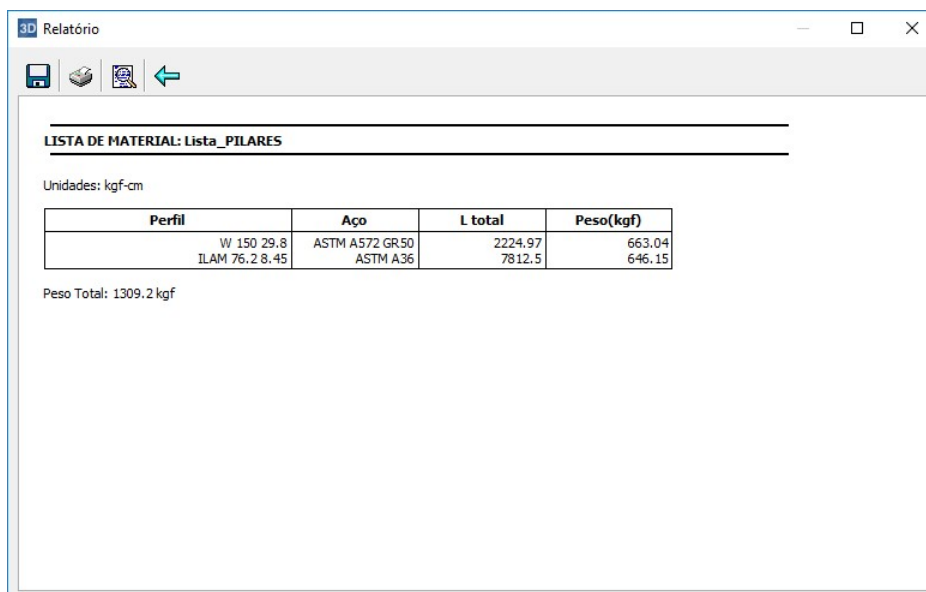


Nome da lista de material

Lista

OK Cancel

Declara-se o nome da lista que será salva e clica-se em OK. Logo é exibida na tela:



3D Relatário

LISTA DE MATERIAL: Lista_PILARES

Unidades: kgf-cm

Perfil	Aço	L total	Peso(kgf)
W 150 29,8	ASTM A572 GR50	2224,97	663,04
ILAM 76,2 8,45	ASTM A36	7812,5	646,15

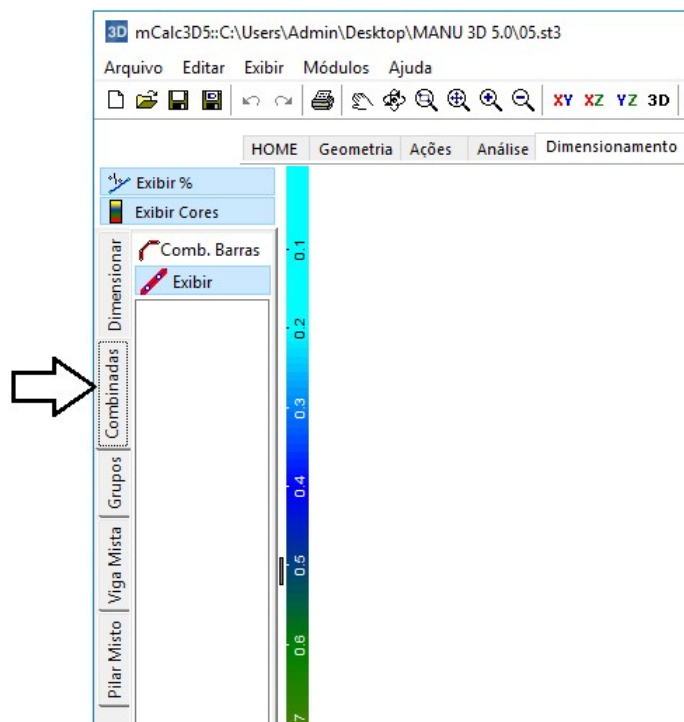
Peso Total: 1309,2 kgf

É possível salvar em formator .RTF ou imprimir direto desta janela.

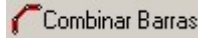
8.3 Menu COMBINADAS

Neste menu serão declaradas se existem barras que estão combinadas com outras, e por isso deverão ser consideradas como se fossem uma só barra para efeito de avaliação de comprimento de flambagem.





8.3.1 Comando COMBINAR BARRAS

Para se fazer essa declaração basta clicar-se sobre o botão  e selecionarem-se as barras a serem combinadas.

Podem-se criar ilimitadas combinações de barras. Para apagar uma combinação, seleciona-se a Combinação e pressiona-se a tecla *Delete*.

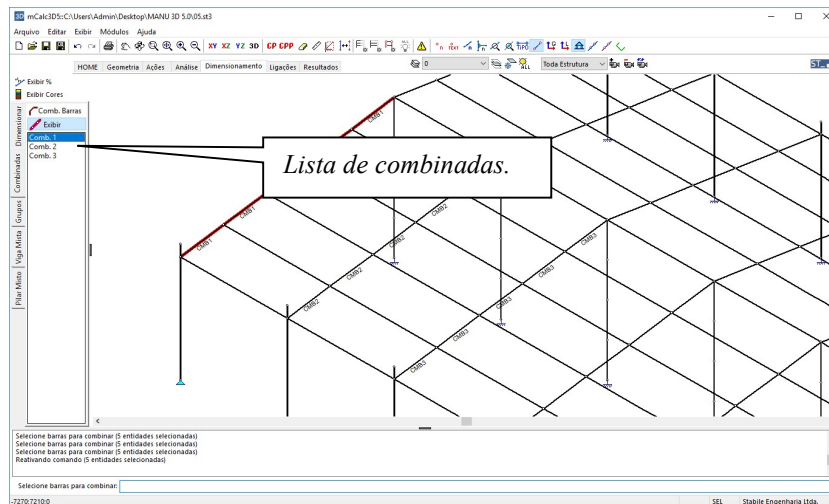
IMPORTANTE:

Para elementos de pórticos, caso não se declare Combinação de Barras o programa interpretará que:


- o comprimento de flambagem *fora do plano* será a distância entre os pontos de travamento lateral e no plano;
- o comprimento de flambagem *no plano* será o comprimento de cada barra.

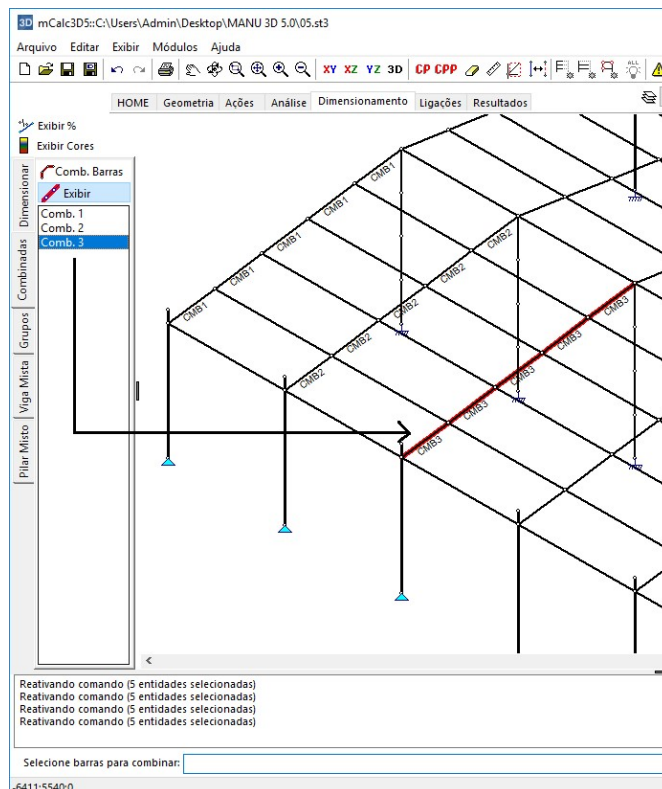
Caso não, os comprimentos de flambagem *no plano* e *fora do plano* serão considerados os comprimentos das barras.





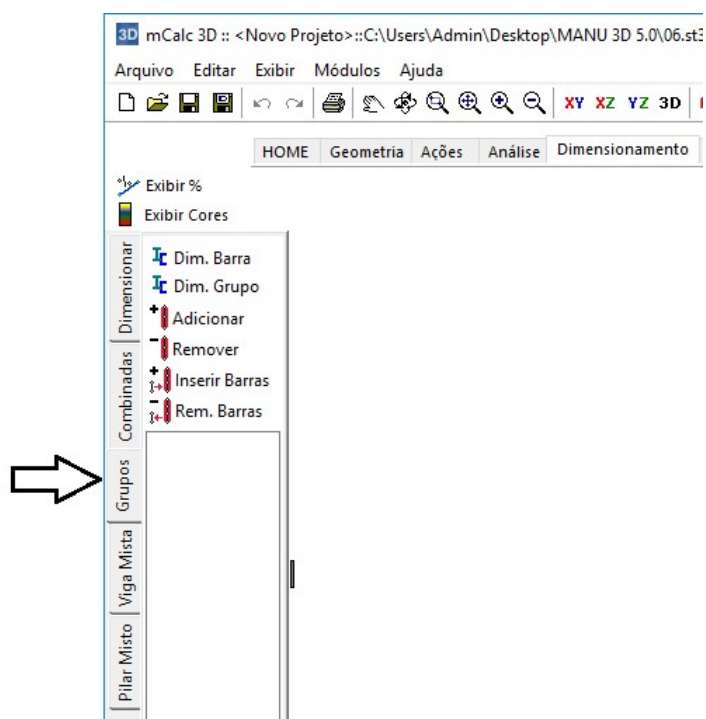
8.3.2 Comando EXIBIR COMBINADAS

Este comando possibilita que as barras combinadas sejam exibidas destacadas. Clica-se no botão  **Exibir** e seleciona-se na lista de combinadas a combinada que se quer evidenciar:

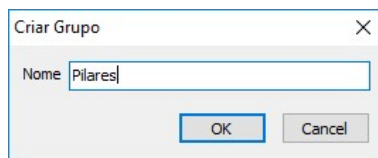


8.4 Menu GRUPOS

Neste menu estão as ferramentas para dimensionar grupos de barras.

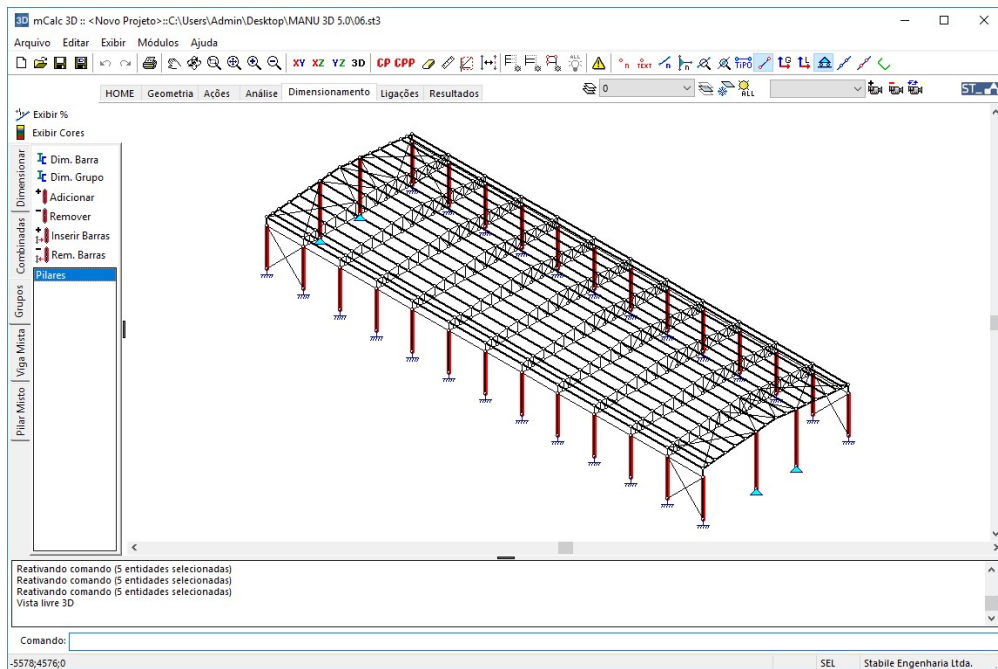



O primeiro passo para dimensionar grupos de barras é criar os grupos. Para isso, deve-se acionar o botão **+** Adicionar , então aparecerá uma janela para que seja inserido o nome do grupo:

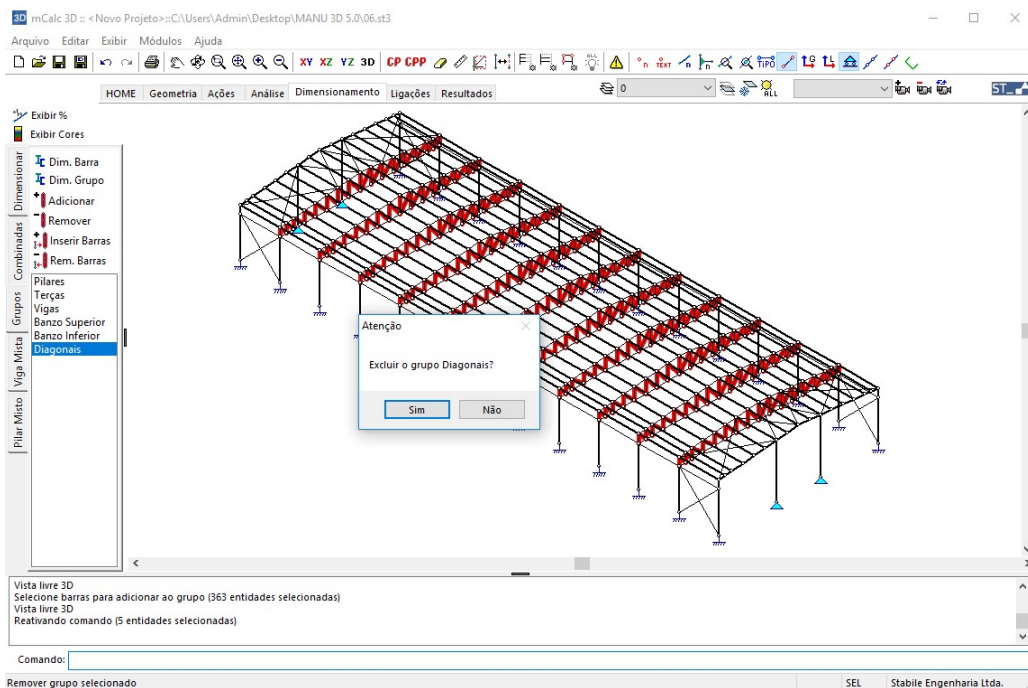




Depois de declarar o nome do grupo deve-se selecionar as barras com o botão esquerdo do mouse e depois confirmar a seleção com o botão direito. Então estará formado o grupo de barras e o nome dele vai para lista de grupos:




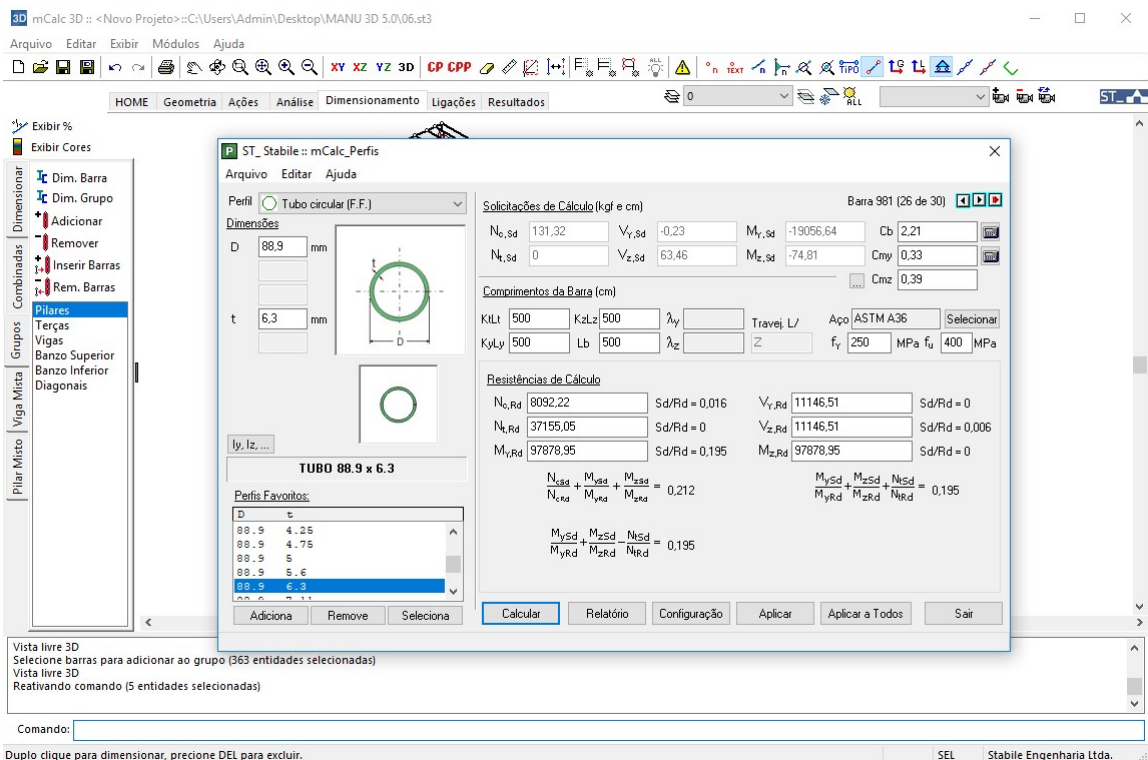


Para excluir um grupo da lista basta selecioná-lo clicar no botão  **Remove**, clicando em **SIM** para confirmar a exclusão:



Os botões  Inserir Barras e  Rem. Barras tem a função, respectivamente, de adicionar e remover barras em grupos existentes. Para utiliza-los basta clicar sob o grupo na lista e chamar um dos comandos. Posteriormente, deve-se marcar a barra que será adicionada ou removida a este grupo.

Depois de criar os grupos deve-se dimensioná-los. Isto pode ser feito dando um duplo clique sob o grupo ou marcando-o na lista e clicando no botão  Dim. Grupo . Então abrirá a janela do dimensionamento e procede-se o dimensionamento como é feito no menu Dimensionar.

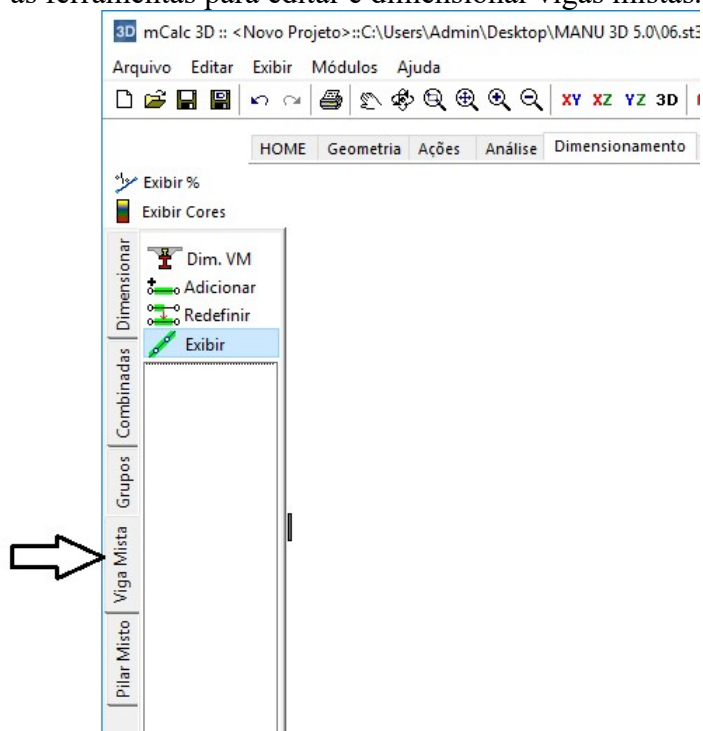


Todas as barras que estão inseridas em um grupo receberão o mesmo perfil e tipo de aço selecionado.




8.5 Menu VIGA MISTA

Neste menu estão as ferramentas para editar e dimensionar vigas mistas.



As barras de viga mista podem ser criadas através do módulo Prédios ou pelo comando Adicionar deste menu.

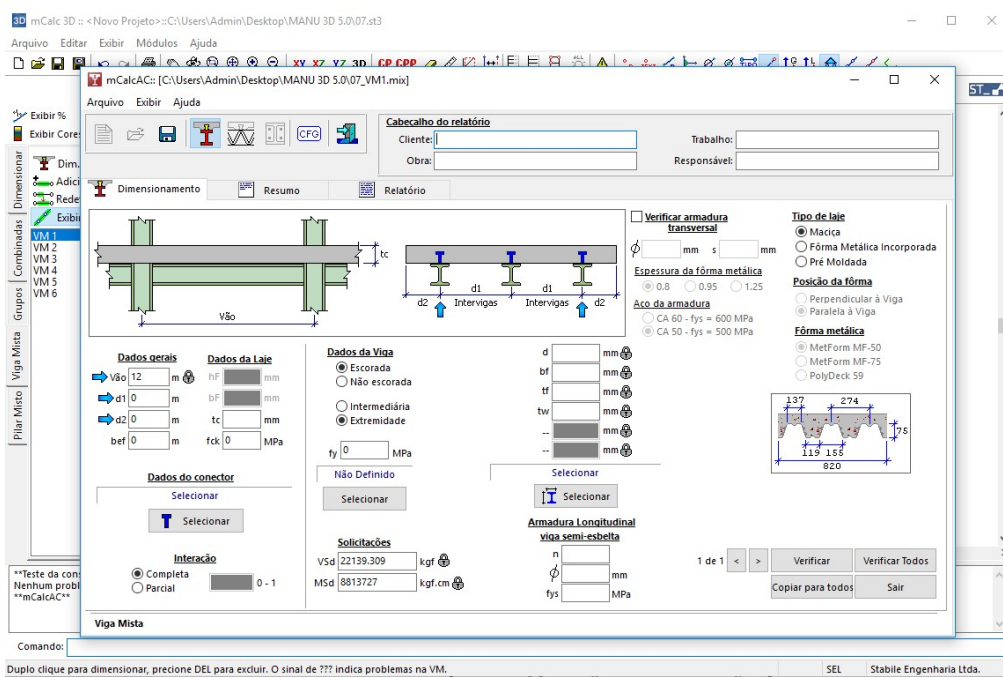
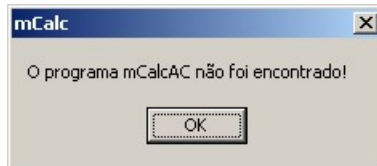
8.5.1 Comando DIMENSIONAR VIGA MISTA

Este comando apresenta a verificação de vigas mistas, quando estas existirem na estrutura. Ativa-se o comando através do botão  Dim. VM, então deve-se selecionar a(s) barra(s) de viga mista. Confirma-se com o botão direito do mouse e a janela do **mCalc AC** abrirá para dimensionar as barras.

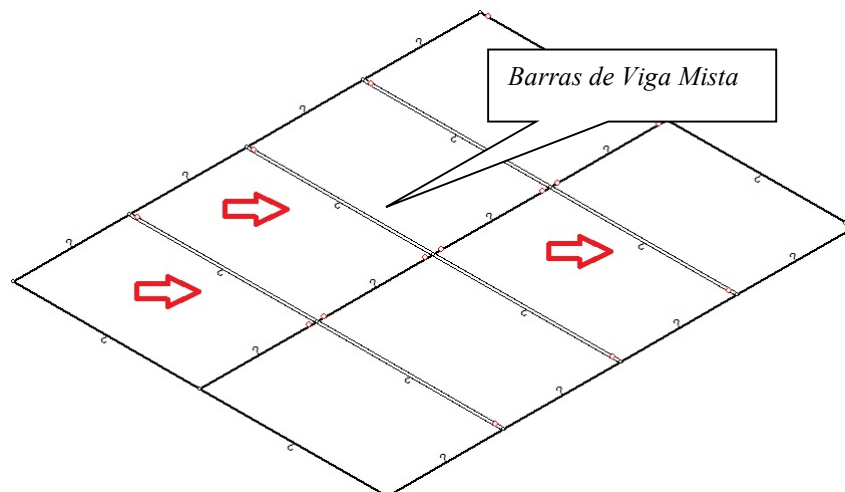
Para que este comando possa ser usado é necessário ter instalado o programa de estruturas mistas, o **mCalc AC** (no mínimo versão 5.1).

Caso não se tenha o programa **mCalc AC** instalado, o **mCalc 3D** exibirá a seguinte mensagem:

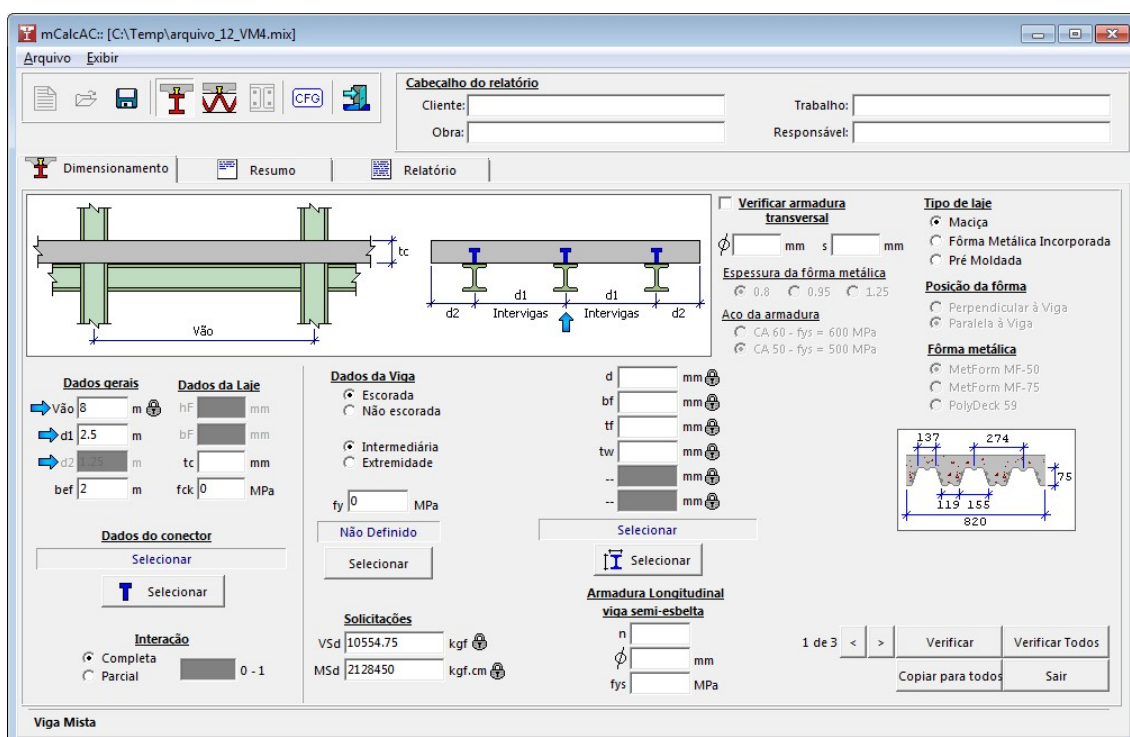




Observa-se que as barras com propriedades de viga mista são desenhadas com duas linhas paralelas, conforme a figura a seguir:



O ambiente do **mCalc AC** para o dimensionamento das vigas mistas terá o seguinte aspecto:



Observar que as características geométricas da viga como: vão, distância entre vigas ou ainda se a viga é de extremidade ou intermediária e as solicitações de cálculo são lidas pelo **mCalc 3D** e exportadas automaticamente para o módulo dimensionamento do **mCalc AC**.

A partir deste procedimento o usuário deverá fazer as declarações usuais feita no dimensionamento de uma viga mista no **mCalc AC**.



Informações Gerais:

Dados gerais		Dados da Laje	
Vão	3 m	h _F	75 mm
d1	2 m	b _F	119 mm
d2	1 m	t _c	mm
b _{ef}	0.38 m	f _{ck}	0 MPa

Vão da viga mista, (dado importado do mCalc 3D)

Altura da fôrma. Se escolher laje maciça, este campo estará inativo.

Largura da fôrma. Só estará ativo se tiver fôrma metálica incorporada.

Distância intervigas, entre a viga mista e as adjacentes (dado importado pelo mCalc AC)


Distância entre a viga mista e a extremidade., (dado importado também pelo mCalc AC)

Largura efetiva da laje de concreto.

Tensão característica do concreto.

Altura da laje de concreto.

Lembra-se que para a largura efetiva b_{ef} , pode-se optar por um outro valor menor do que foi calculado pelo programa.

O campo h_F estará habilitado para lajes do tipo pré moldada, podendo ser editado. Já para o caso da laje com fôrma metálica incorporada estarão habilitados h_F e b_F , porém não poderão ser editados, por isso ao lado deles estará a figura de um cadeado . E para laje maciça ambos, h_F e b_F , não precisarão ser informados.

Tipo de interação:

O tipo de interação pode ser escolhido entre completa e parcial. Sendo que se optar por interação parcial dever-se-á indicar o grau de interação que deve assumir um valor entre 0 e 1.

Interação	
<input type="radio"/> Completa	
<input checked="" type="radio"/> Parcial	0.85 0 - 1

Dados da viga:

Neste grupo devem ser selecionados o perfil para a viga e o tipo de aço.

Além disso, deve ser indicado o tipo de construção (escorada ou não escorada).

O posicionamento da viga (intermediária ou de extremidade) é reconhecido pelo programa automaticamente.

Também podem ser visualizadas as solicitações que podem ser editadas caso não

Dados da Viga	
<input type="radio"/> Escorada	<input checked="" type="radio"/> Não escorada
<input checked="" type="radio"/> Intermediária	<input type="radio"/> Extremidade
f _y	300 MPa
USI-SAC-300	W 360 32.9
Selecionar	Selecionar
Solicitações	
V _{Sd}	11181.63 kgf
M _{Sd}	1817014 kgf.cm
Armadura Longitudinal viga semi-esbelta	
n	
φ	mm
f _{ys}	MPa



se queira considerar os valores importados da análise do mCalc 3D.

Escolha do perfil a ser utilizado

O aço pode ser selecionado ou pode-se declarar diretamente valores para tensões de escoamento e ruptura.

Aço	f_y (MPa)	f_u (MPa)	Espessuras disponíveis (mm)	Características
ASTM A36	250	400	2,0 a 150	Estrutural
ASTM A572 GR36	250	365	2,0 a 5,84	Estrutural
COS-AR-COR 400	250	380	2,0 a 100	Aço Patinável
A572-GR42	290	415	2,0 a 19	Estrutural
COS-CIVIL 300	300	400	2,0 a 150	Estrutural Especial
USI-SAC-300	300	400	2,0 a 12,7	Aço Patinável
COS-AR-COR 400 E	300	380	2,0 a 12,7	Aço Patinável
CSN-COR 420	300	420	2,0 a 6,3	Aço Patinável
COS-CIVIL 350	350	490	2,0 a 50,8	Estrutural Especial
ASTM A572 GR50	345	450	2,0 a 5,84	Estrutural
USI-SAC-350	350	485	2,0 a 12,7	Aço Patinável
A508	345	485	2,0 a 19	Estrutural
USI-LN 380	380	490	2,0 a 12,7	Estrutural Especial
COS-AR-COR 500	375	490	2,65 a 50,8	Aço Patinável

Observa-se, ainda, que existem campos destinados à armadura longitudinal. Estes campos apenas estarão habilitados quando as dimensões do perfil da viga forem tais que a viga seja classificada como semi-esbelta. Neste caso estes dados da armadura longitudinal são necessários, pois o cálculo procede de forma diferente do que quando trata-se de uma viga não esbelta.

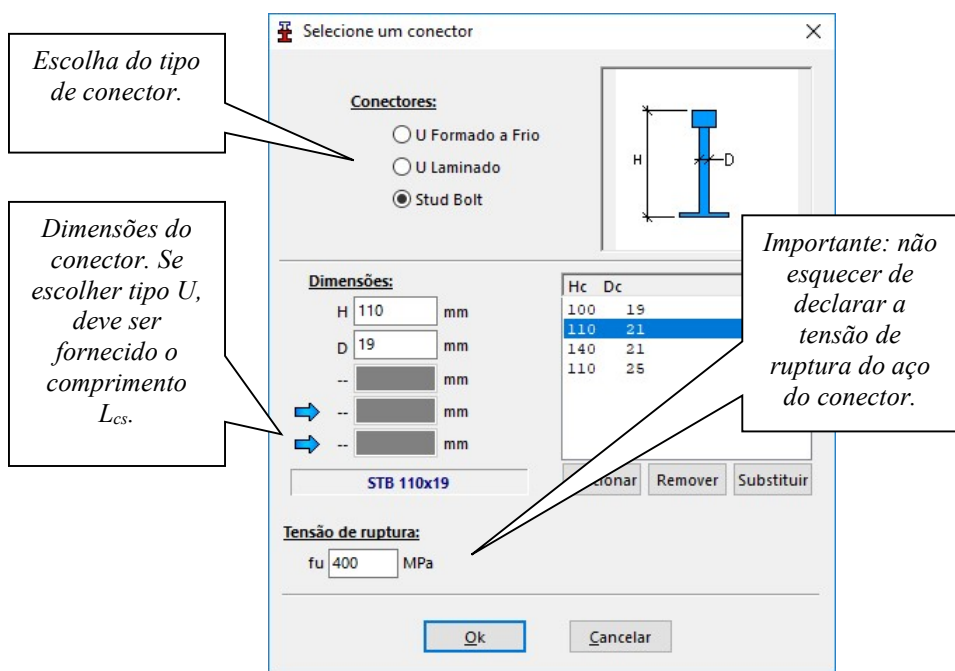
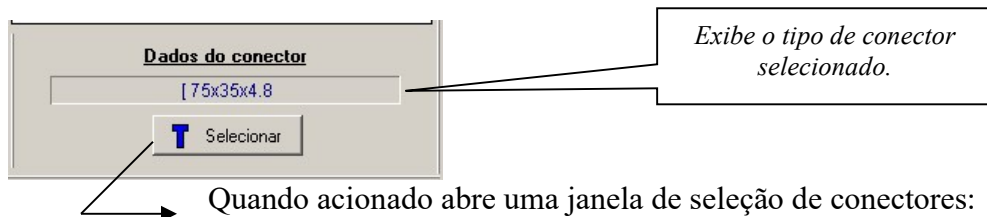
Diâmetro das barras.

Resistência de escoamento das barras da armadura.

Número de barras da armadura longitudinal dentro da largura efetiva.



Dados dos conectores:



Tipo de laje: podem ser escolhidos três tipos de lajes.

Tipo de laje

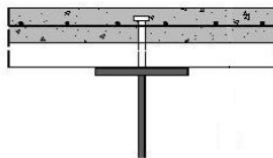
- Maciça
- Fôrma Metálica Incorporada
- Pré Moldada

Caso escolha fôrma metálica incorporada, deve ser indicado se a fôrma é paralela ou perpendicular à viga, de acordo com o que é mostrado abaixo:

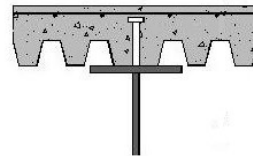
Fôrma metálica

- Perpendicular à Viga
- Paralela à Viga



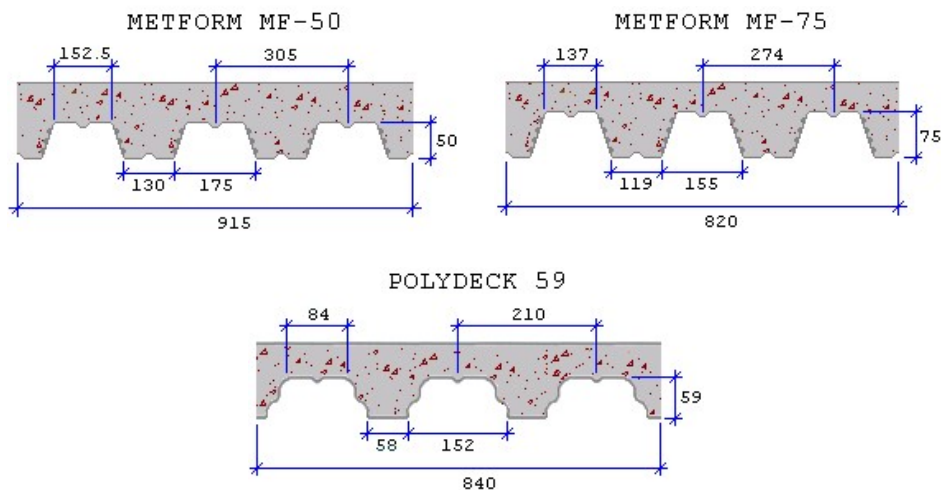


b) Laje com fôrma de aço com nervuras perpendiculares ao eixo da viga

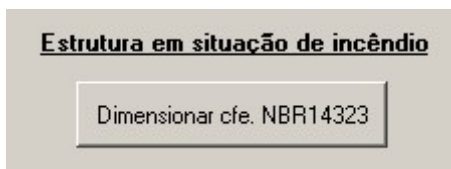


c) Laje com fôrma de aço com nervuras paralelas ao eixo da viga

e ainda pode ser escolhida fôrma tipo *MetForm MF-50*, *MetForm MF-75* ou *PolyDeck 59*, que se selecionadas preencherão automaticamente os campos destinados à altura e largura da fôrma.



Caso queira-se dimensionar a estrutura em situação de incêndio, deve-se clicar no botão, conforme figura, para obter alguns fatores necessários segundo os critérios da NBR 14323 - Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio.



Então surgirá uma janela com uma lista de tipos de revestimentos e suas características.

Situação de Incêndio

Dimensionamento conforme NBR14323

Tempo requerido da resistência ao fogo (TRRF) 30 minutos

Proteger a estrutura contra a ação do fogo


Espessura do revestimento 0 mm

Material	Densidade(kg/m³)	Calor Especifico (J/kg°C)	Condutividade Termica(W/m°C)
<input checked="" type="radio"/> Fibra mineral pulverizada	250-350	1050	0.10
<input type="radio"/> Placas de vermiculite	300	1200	0.15
<input type="radio"/> Placas de vermiculite/gesso	800	1200	0.15
<input type="radio"/> Emboço de gesso	800	1700	0.20
<input type="radio"/> Lâmina de fibra mineral	500	1500	0.25
<input type="radio"/> Concreto aerado	600	1200	0.30
<input type="radio"/> Concreto leve	1600	1200	0.80
<input type="radio"/> Concreto denso	2200	1200	1.50

OK Cancelar

Deverá ser informado, necessariamente, o Tempo Requerido da Resistência ao Fogo (TRRF), que pode ser setado em 30, 60, 90, 120, 180 ou 240 minutos.

O usuário poderá optar por proteger ou não a estrutura. Caso selecione esta opção então ficarão ativos os campos de definição da espessura do revestimento e a lista para seleção do tipo de revestimento.

Após declarados todos os dados aciona-se o botão  Verificar e então surgirá, novamente, a janela informando a contra-flecha calculada e a adotada. Clicando em CONTINUAR, o programa segue exibindo o resumo.

MÓDULO RESUMO

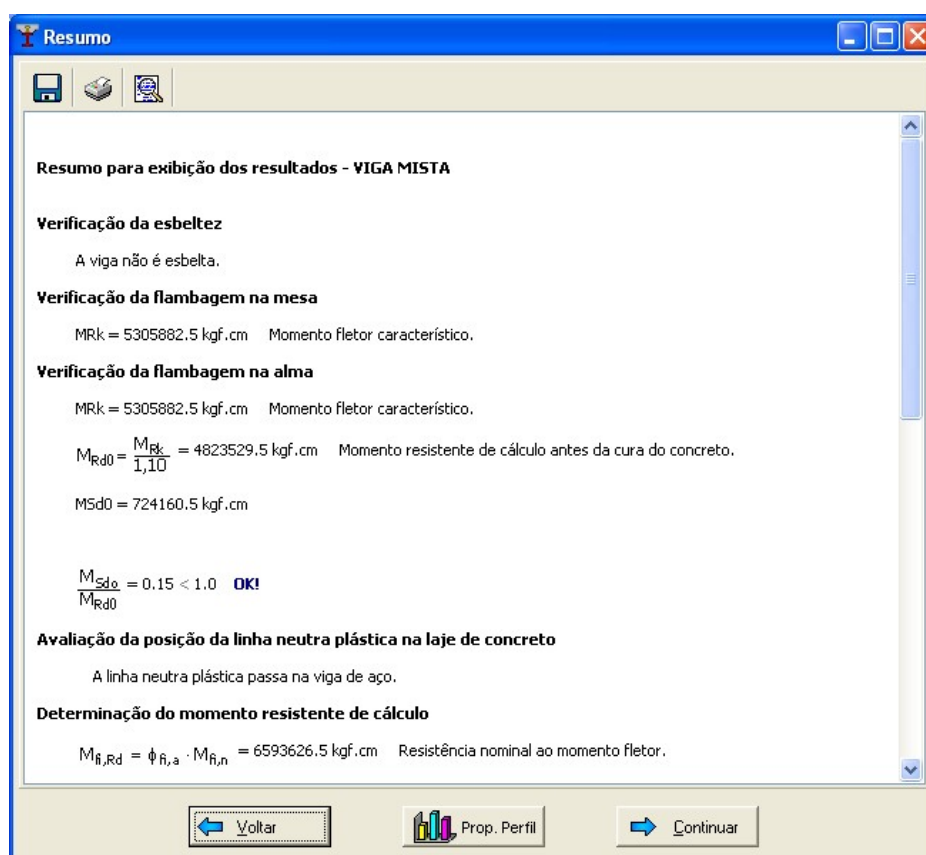
Este módulo do **mCalc AC** apresenta, primeiramente, um quadro resumo só do dimensionamento. Clicando em CONTINUAR neste quadro resumo, então o programa apresentará um resumo de todos os módulos já visitados até então.

Neste resumo são apresentados dados básicos da geometria e as resistências obtidas com as respectivas relações solicitação/resistência. Também estão expostos a quantidade de conectores e a distribuição ao longo da viga; o consumo total de aço; a frequência da viga; esquema da viga com as reações e solicitações máximas e os diagramas de



cortante, momento fletor e deslocamentos.

Este resumo poderá ser salvo como arquivo tipo RTF ou ainda impresso diretamente.



MÓDULO RELATÓRIO

Para visualizar o relatório, basta clicar na aba referente a ele.

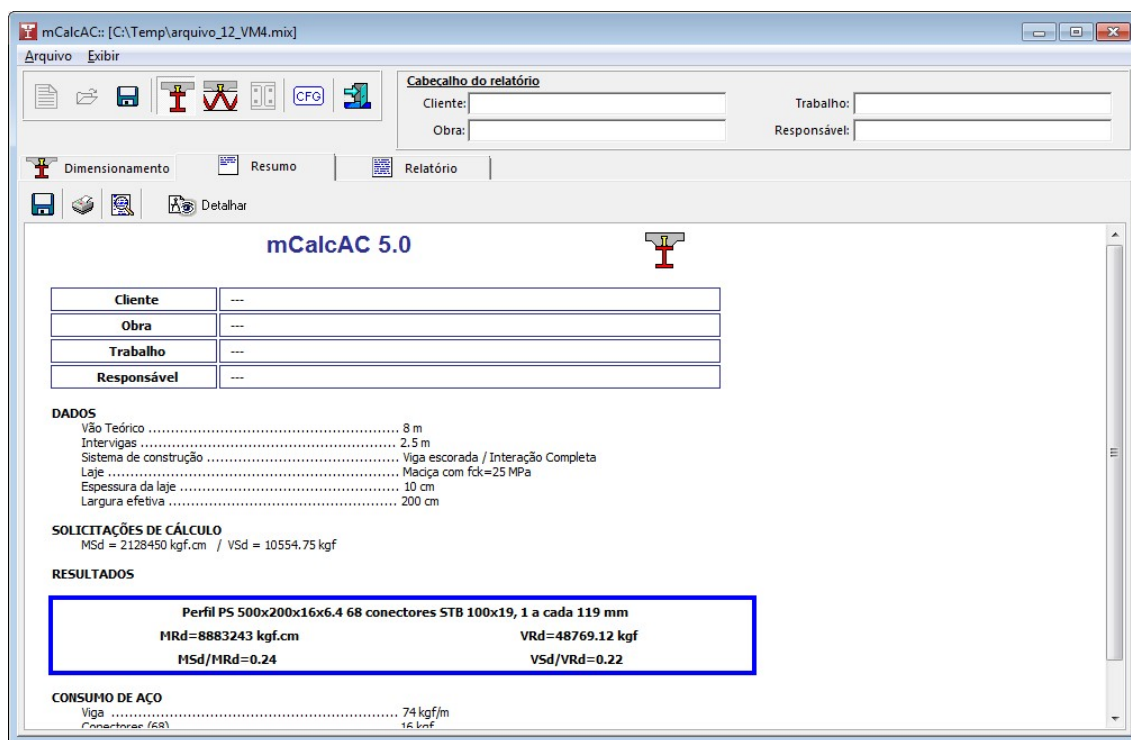
O relatório contém o formulário principal que foi empregado para obter os resultados do dimensionamento e também os resultados principais do módulo análise.

Nele vão constar no cabeçalho os dados preenchidos na janela principal da viga mista, também irá surgir uma tabela com todos os dados de entrada declarados.

No fim do relatório de dimensionamento será exibido um quadro com o consumo de aço, correspondente ao peso total da viga de aço e os conectores.

O relatório da análise vai conter os resultados e diagramas obtidos pelo módulo análise e a frequência da viga mista.





Todo o formulário utilizado para determinar os resultados do dimensionamento da viga mista estará sendo exibido no Relatório.

Exemplo Resolvido

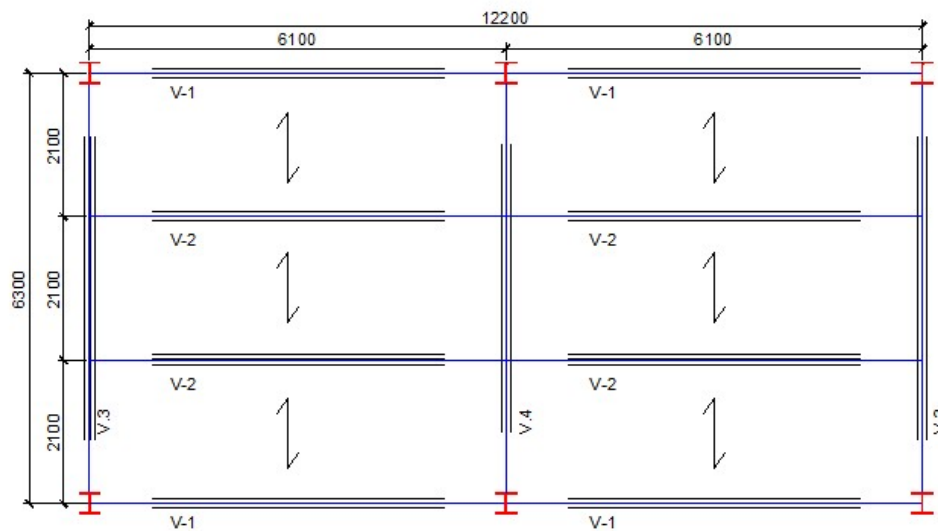
Para ilustração do módulo dimensionamento de vigas mistas do **mCalc 3D**, será dimensionado um mezanino com vigas mistas aço-concreto, principais e secundárias, e lajes com forma metálica incorporada, armadas em uma direção.

Para este exemplo serão utilizadas as seguintes considerações:

- a construção será escorada;
- a fôrma será metálica MF-75;
- a espessura de concreto utilizada será de 65mm;
- o concreto utilizado terá $f_{ck} = 25\text{MPa}$;
- conectores Stud Bolt
- a interação entre o aço e o concreto será parcial considerada 0,7

A seguir a figura ilustra a planta baixa do mezanino:



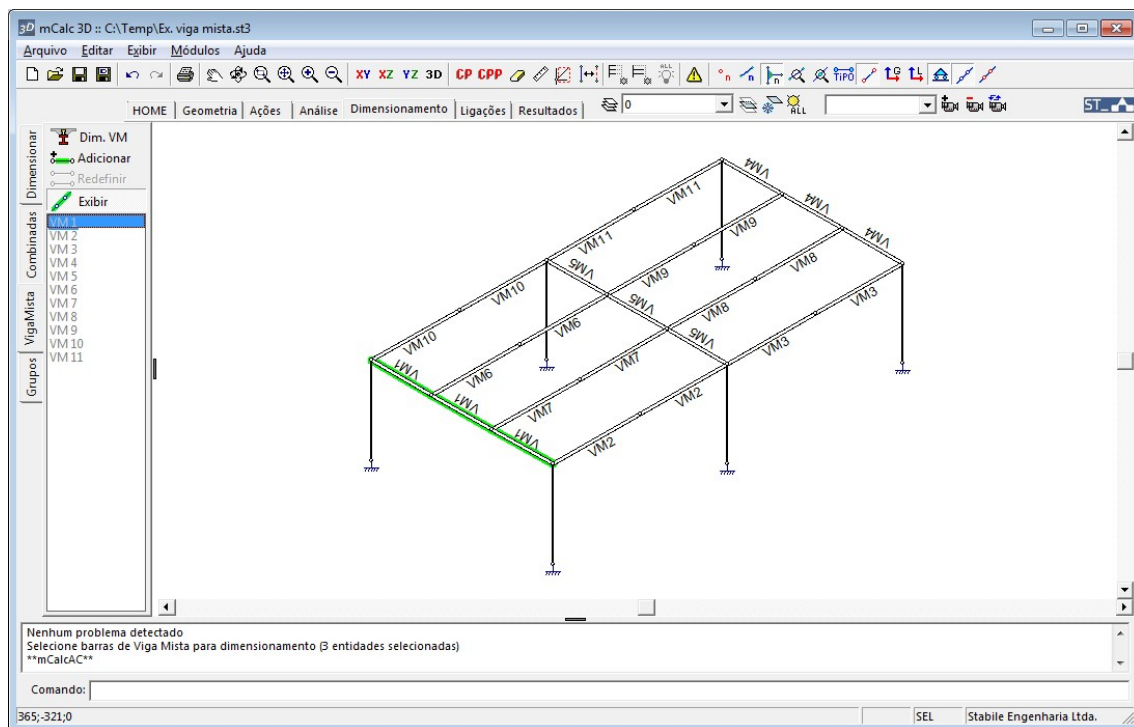



Dimensões em mm.

Observa-se que as vigas com as mesmas características geométricas e de posicionamento na estrutura receberam a mesma numeração.

Após a estrutura ter sido lançada, carregada e analisada conforme explicado nos capítulos anteriores, a etapa seguinte consiste em fazer o dimensionamento das vigas mistas.



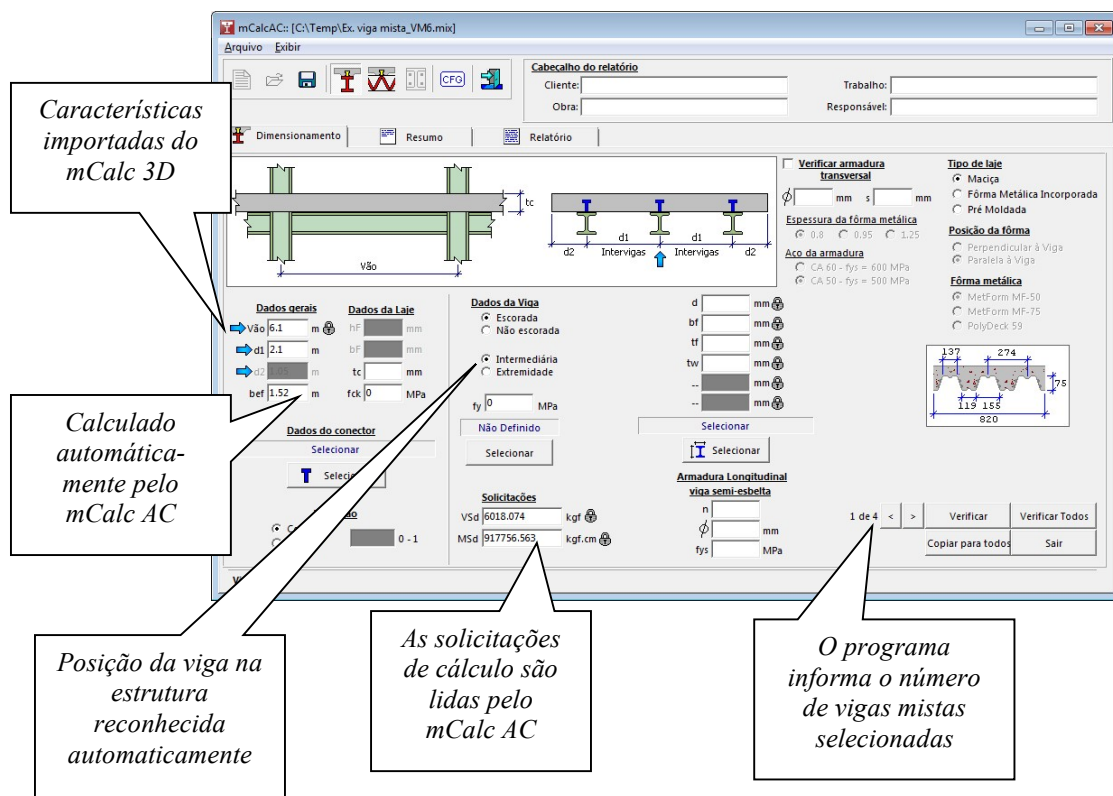


Inicialmente serão dimensionadas as vigas intermediárias chamadas de V2, para isto clica-se no botão  Dim. VM selecionam-se as vigas V2 e confirma-se com o botão direito.

Neste momento surgirá o ambiente de dimensionamento do **mCalc AC**.

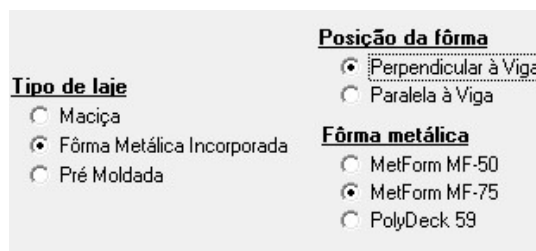
Observa-se que as características da viga como vão, distância entre vigas e a posição da viga, neste caso intermediária, bem como as solicitações de cálculo são exportadas automaticamente para o módulo de dimensionamento do **mCalc AC**.





A próxima etapa é declarar as informações ao **mCalc AC** conforme o projeto em questão.

Declaram-se os dados da laje como: espessura do concreto e o fck;
 Declaram-se o tipo de laje e de fôrma e a posição da forma em relação à viga a ser dimensionada.
 Neste exemplo a fôrma será considerada perpendicular às vigas V2 e V1 e paralela às vigas V3 e V4.



Valores preenchidos automaticamente conforme a escolha do tipo de laje e fôrma

Dados da Laje

hF 75 mm

bF 119 mm

tc 65 mm

fck 25 MPa

Valores a serem declarados pelo usuário

Definem-se os conectores e o tipo de interação;

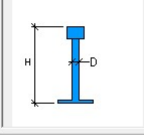
Selecione um conector

Conectores:

U Formado a Frio

U Laminado

Stud Bolt



Dimensões:

H 100 mm

D 19 mm

...

...

...

STB 100x19

Hc	Dc
100	19
110	21
140	21
110	25

Adicionar Remover Substituir

Tensão de ruptura:

fu 415 MPa

Ok Cancelar

Dados do conector

Selecionar

T Selecionar

Interação

Completa

Parcial 0.7 0 - 1

Define-se o tipo de aço:

Tabela de aços

Aço	f_y (MPa)	f_u (MPa)	Espessuras disponíveis (mm)	Características
ASTM A36	250	400	2,0 a 150	Estrutural
ASTM A572 GR36	250	365	2,0 a 5,84	Estrutural
COS-AR-COR 400	250	380	2,0 a 100	Aço Patinável
A572-GR42	290	415	2,0 a 19	Estrutural
COS-CIVIL 300	300	400	2,0 a 150	Estrutural Especial
USI-SAC-300	300	400	2,0 a 12,7	Aço Patinável
COS-AR-COR 400 E	300	380	2,0 a 12,7	Aço Patinável
CSN-COR 420	300	420	2,0 a 6,3	Aço Patinável
COS-CIVIL 350	350	490	2,0 a 50,8	Estrutural Especial
ASTM A572 GR50	345	450	2,0 a 5,84	Estrutural
USI-SAC-350	350	485	2,0 a 12,7	Aço Patinável
A588	345	485	2,0 a 19	Estrutural
USI-LN 380	380	490	2,0 a 12,7	Estrutural Especial
COS-AR-COR 500	375	490	2,65 a 50,8	Aço Patinável

f_y 345 MPa f_u 450 MPa

OK Voltar

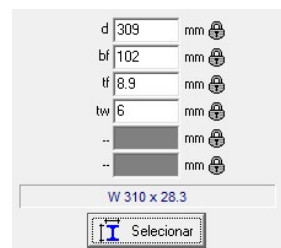
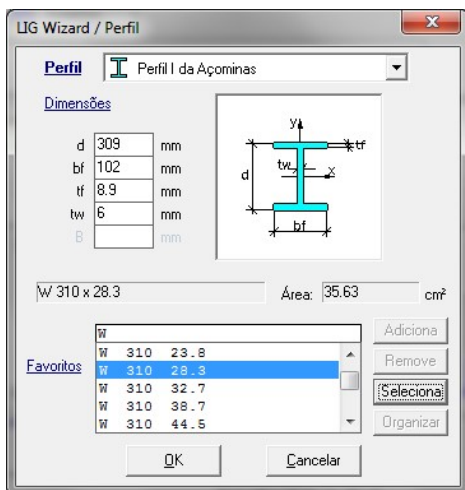
f_y 345 MPa

ASTM A572 GR50

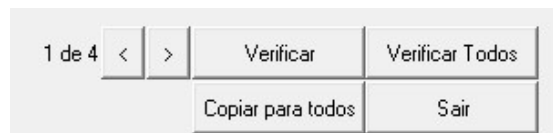
Selecionar



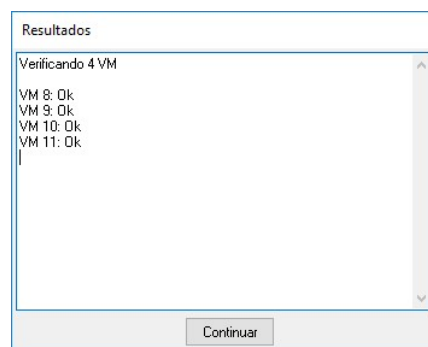
Escolhe-se um perfil para verificar:



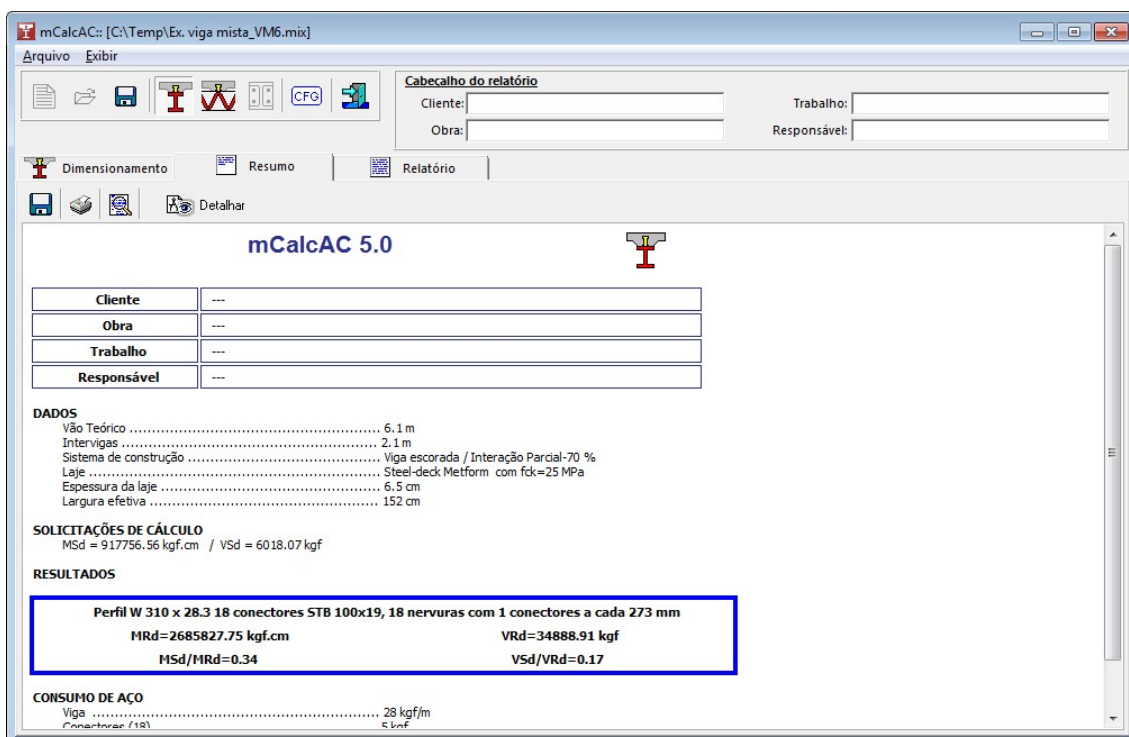
E por fim, clicando-se no botão **Verificar**, o programa faz a verificação/dimensionamento da viga mista informando as condições de segurança desta.



Para o caso de mais de uma viga mista idênticas, pode-se copiar o dimensionamento para as outras pelo comando **Copiar para todos** e pode-se verifica-lo através do comando **Verificar Todos**, neste caso surge a seguinte mensagem:



Pode-se visualizar um quadro resumo com os dados da viga, dimensionamento e as solicitações de cálculo.




E o programa fornece um relatório completo contendo o formulário principal que foi empregado para obter os resultados do dimensionamento.

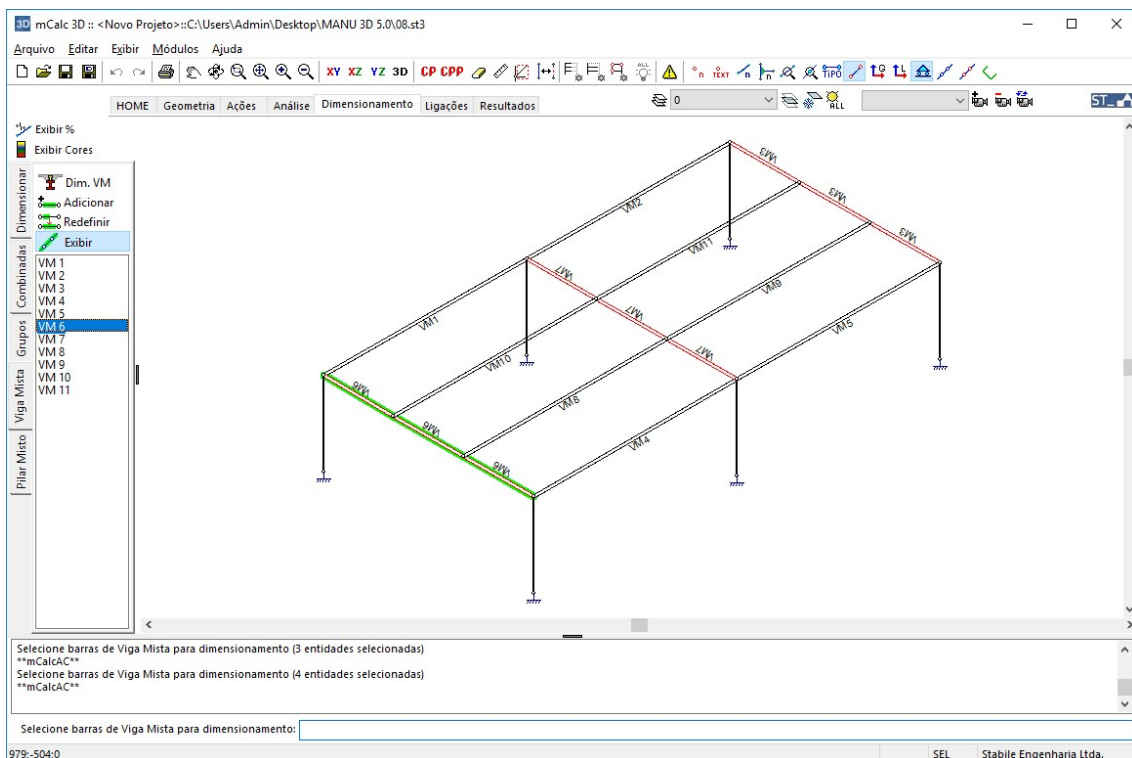
Nele vão constar no cabeçalho os dados preenchidos na janela principal da viga mista, também irá surgir uma tabela com todos os dados de entrada declarados.

No fim do relatório de dimensionamento será exibido um quadro com o consumo de aço, correspondente ao peso total da viga de aço e os conectores.

Ainda dentro do mesmo exemplo, o passo seguinte será dimensionar as vigas V3 que são vigas principais e são de extremidade.

Novamente clica-se no botão  Dim. VM e selecionam-se as vigas V3. Nota-se que mesmo esta viga possuindo três segmentos, basta selecionar apenas um e o programa reconhece a viga inteira, mas para isto é necessário que ela tenha sido desenhada inteira ainda no módulo de **Prédios** ou na **Geometria**.



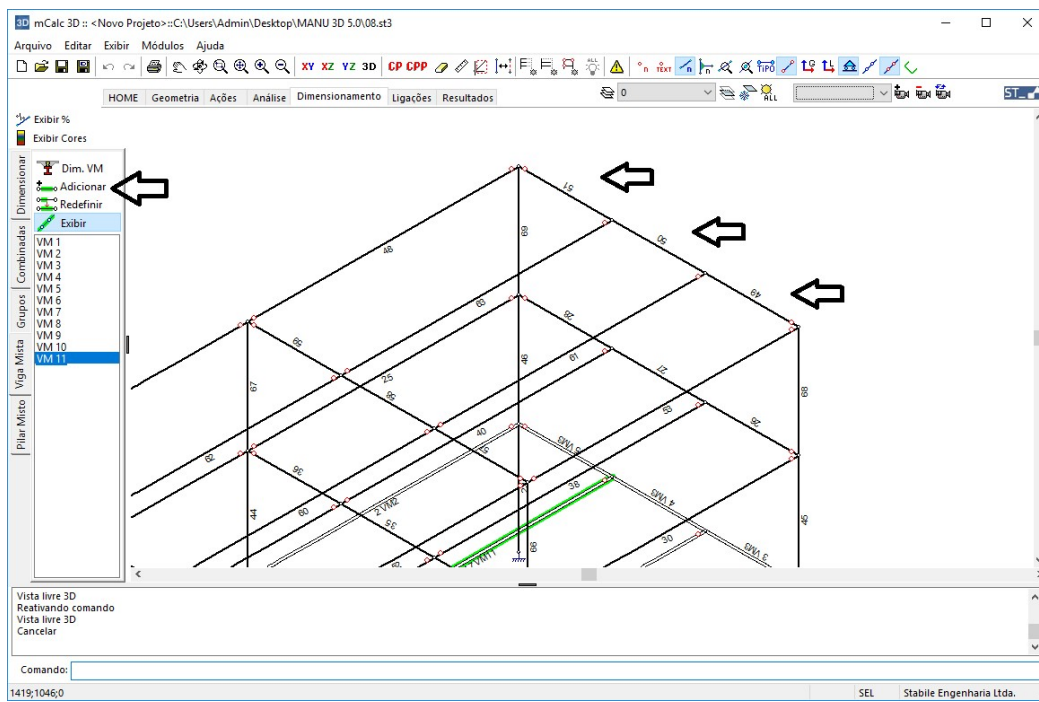


Ao confirmar a seleção, surgirá novamente o ambiente do **mCalc AC**, com as características da viga (vão, distância intervigas e a posição da viga, que agora será extremidade) bem como as solicitações de cálculo, importadas automaticamente por ele.

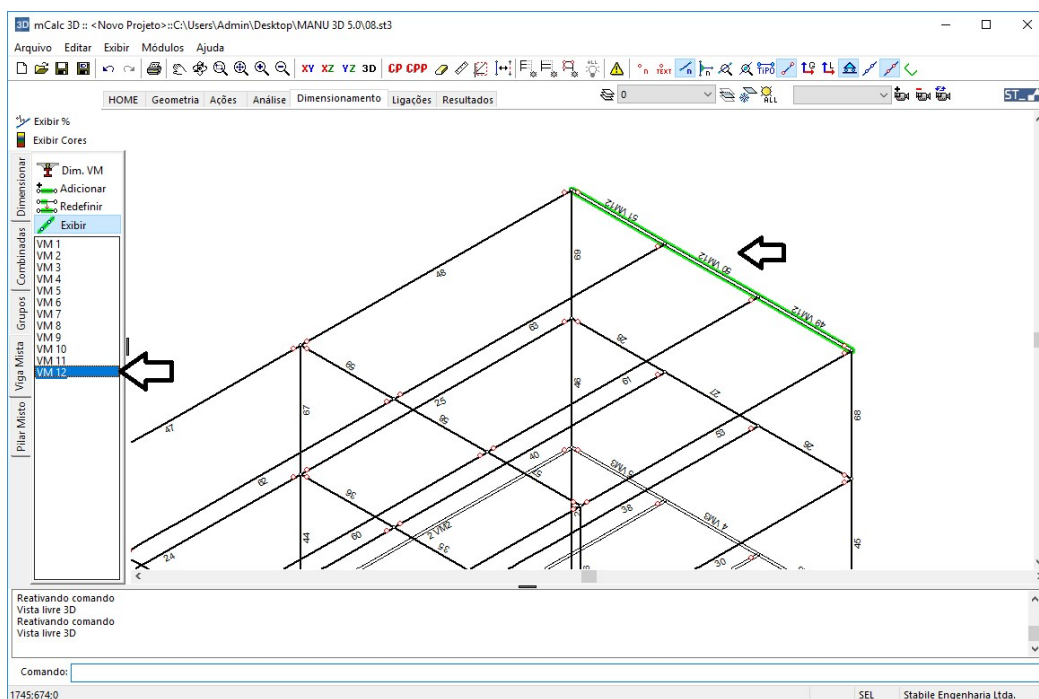
8.5.2 Comando ADICIONAR VIGA MISTA

Outra maneira de criar elementos de viga mista é através deste comando. Para isso, deve-se clicar no botão **Adicionar** e selecionar as barras que se queira declarar como viga mista. Então esta será adicionada à lista de vigas mistas. No exemplo a seguir, transformam-se as barras 49, 50 e 51 em barras de viga mista:




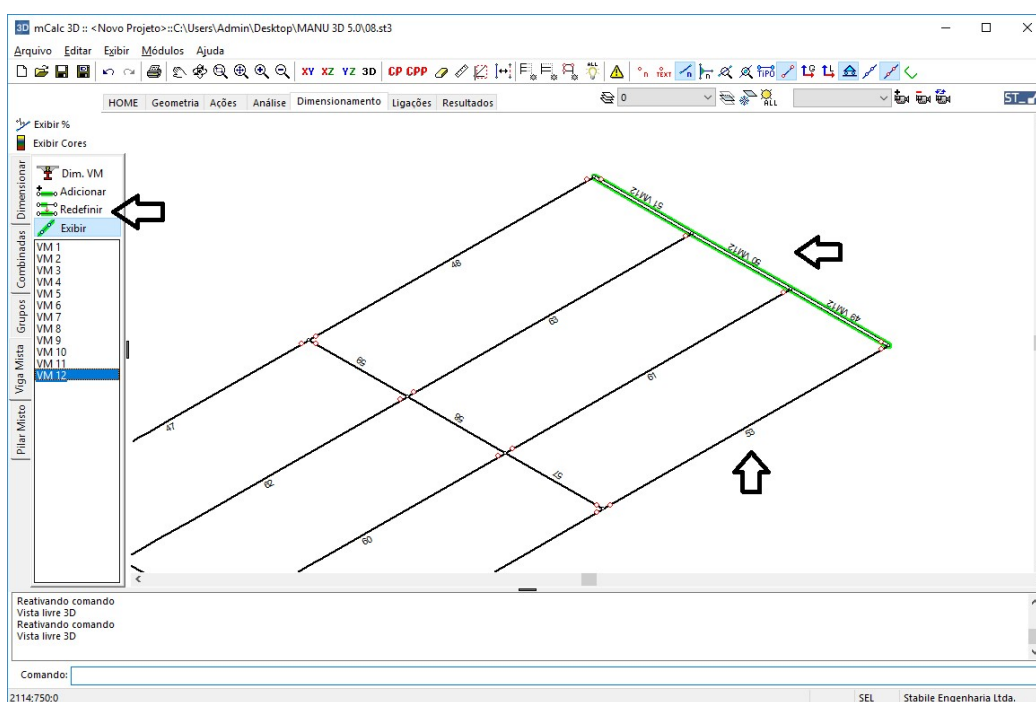


Após aplicar o comando as barras seleccionadas formarão uma nova viga mista que é adicionada a lista:



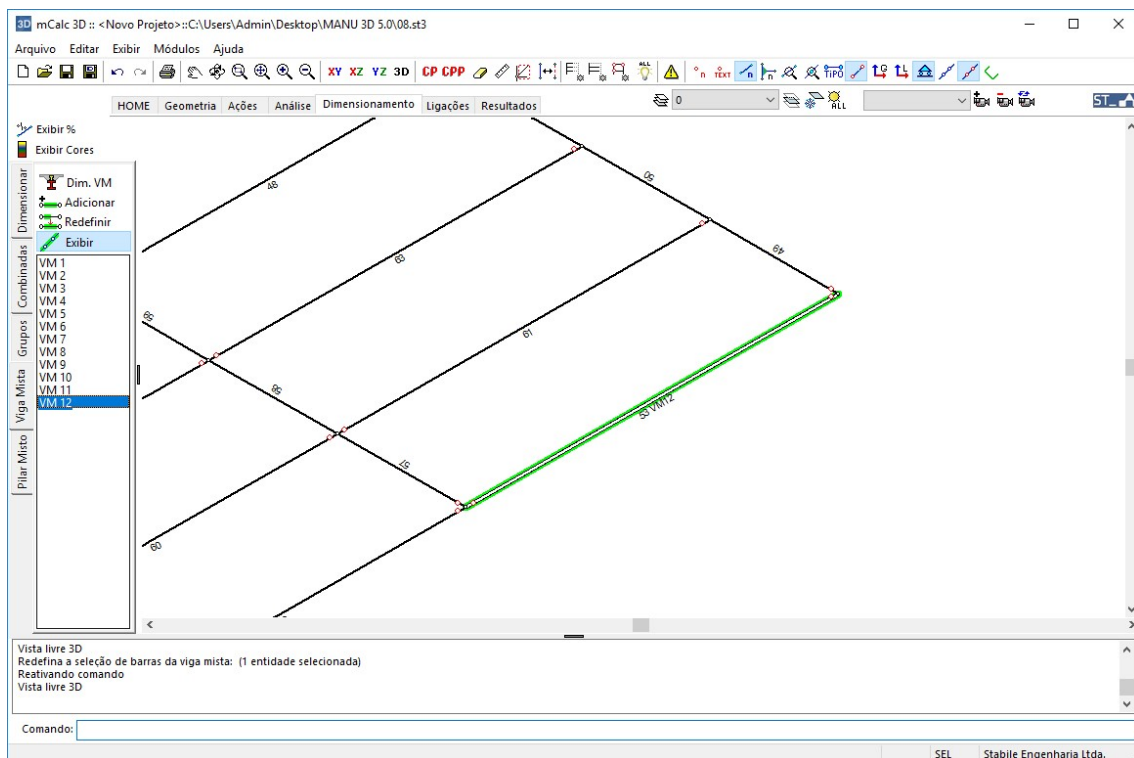
8.5.3 Comando REDEFINIR VIGA MISTA

Caso se queira redefinir a seleção de uma viga mista aciona-se o botão  **Redefinir** e seleciona-se a viga mista na lista e define-se quais barras comporam a viga nesta nova configuração. A seguir aplicou-se o comando para definir a VM12 de modo que ela será formada apenas pela barra 53:




Após clicar no botão Redefinir no prompt será solicitado que se selecione a barra que passará a ser a VM12, seleciona-se a barra 53 e esta passará a ser a VM12:



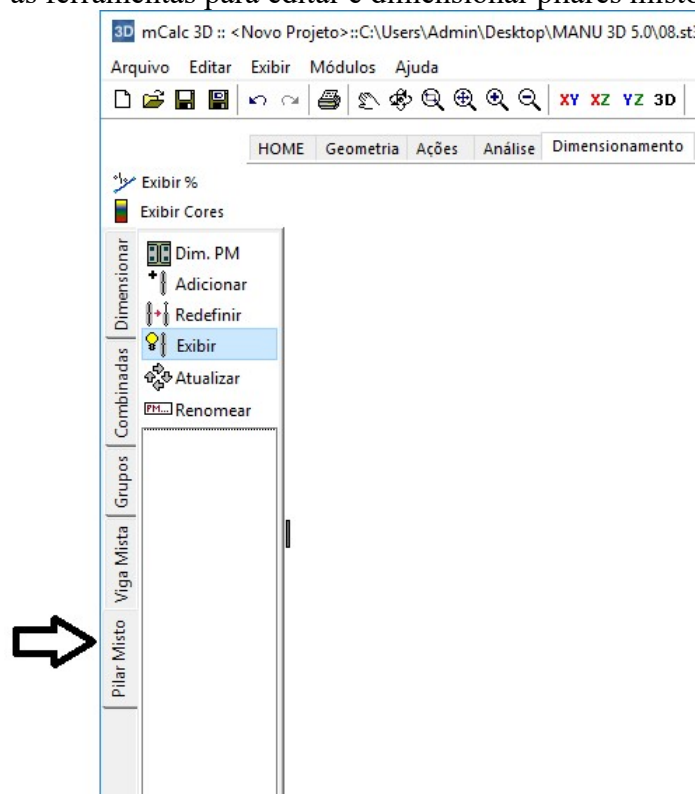


8.5.4 Comando EXIBIR VIGA MISTA


Sempre que este comando estiver ativo serão exibidas as vigas mistas com as letras VM e o número na sequência em que elas foram criadas. Além disso, a viga mista que estiver marcada na lista será destacada na cor verde. O comando é ativado através do botão  Exibir.

8.6 Menu PILAR MISTO

Neste menu estão as ferramentas para editar e dimensionar pilares mistos:

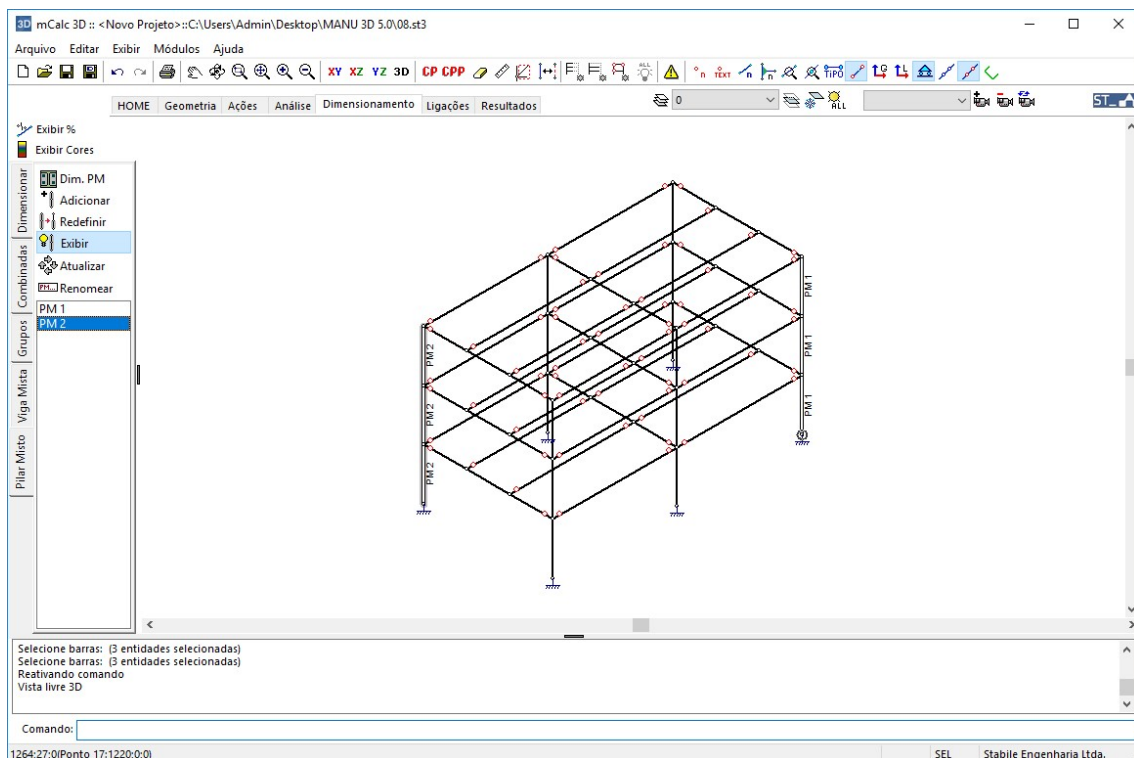


8.6.1 Comando ADICIONAR PILAR MISTO


Clicando no botão  Adicionar selecionam-se as barras/pilares que serão declarados como pilares mistos.

A medida que se adicionam os pilares, vai se gerando uma lista com os nomes deles:






8.6.2 Comando REDEFINIR


Clicando no botão  **Redefinir** é possível desfazer a atribuição de pilar misto e aplicar à outras barras. Funciona de forma análoga ao comando redefinir vigas mistas (item 8.5.3).

8.6.3 Comando EXIBIR


Sempre que este comando estiver ativo serão exibidos os pilares mistos com as letras PM e o número na sequência em que eles foram criadas. Além disso, o pilar misto que estiver marcado na lista será destacado na tela. O comando é ativado através do botão  **Exibir**.

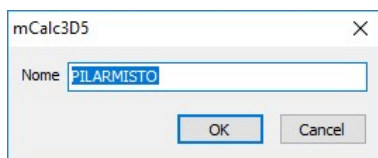


8.6.4 Comando ATUALIZAR


Clicando em  **Atualizar** o dimensionamento dos pilares mistos será atualizado.

8.6.5 Comando RENOMEAR

Clicando em  **Renomear** aparecerá a janela para modificar o nome do pilar misto:

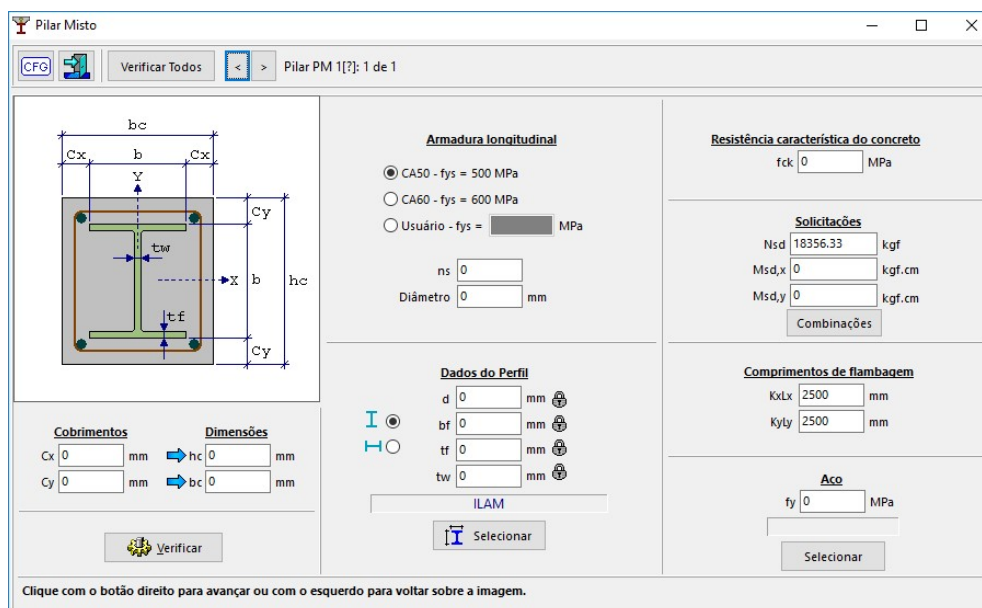


8.6.6 Comando DIMENSIONAR PILAR MISTO

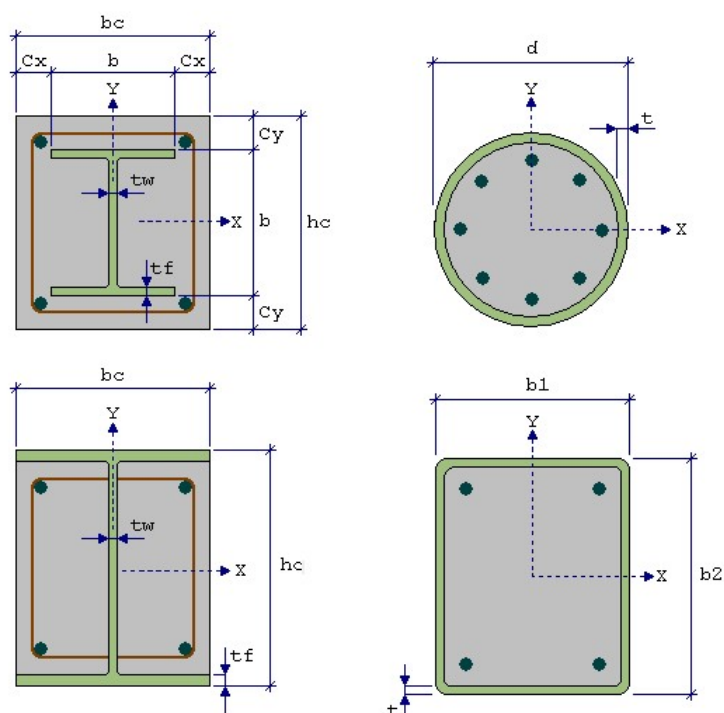
Este comando apresenta a verificação de pilares mistos, quando estes existirem na estrutura. Ativa-se o comando através do botão  **Dim. PM**, então deve-se selecionar a(s) barra(s) de pilar misto. Confirma-se com o botão direito do mouse e a janela do **mCalc AC** abrirá para dimensionar as barras.

Para que este comando possa ser usado é necessário ter instalado o programa de estruturas mistas, o **mCalc AC** (no mínimo versão 5.1).

Aparecerá a janela de dimensionamento de pilares mistos:



Os dados de entrada preenchidos pelo **mCalc 3D** são as solicitações de cálculo e os comprimentos de flambagem. Os demais campos deverão ser declarados pelo usuário. Clicando sobre a imagem da seção pode-se escolher entre quatro tipos de pilar misto:



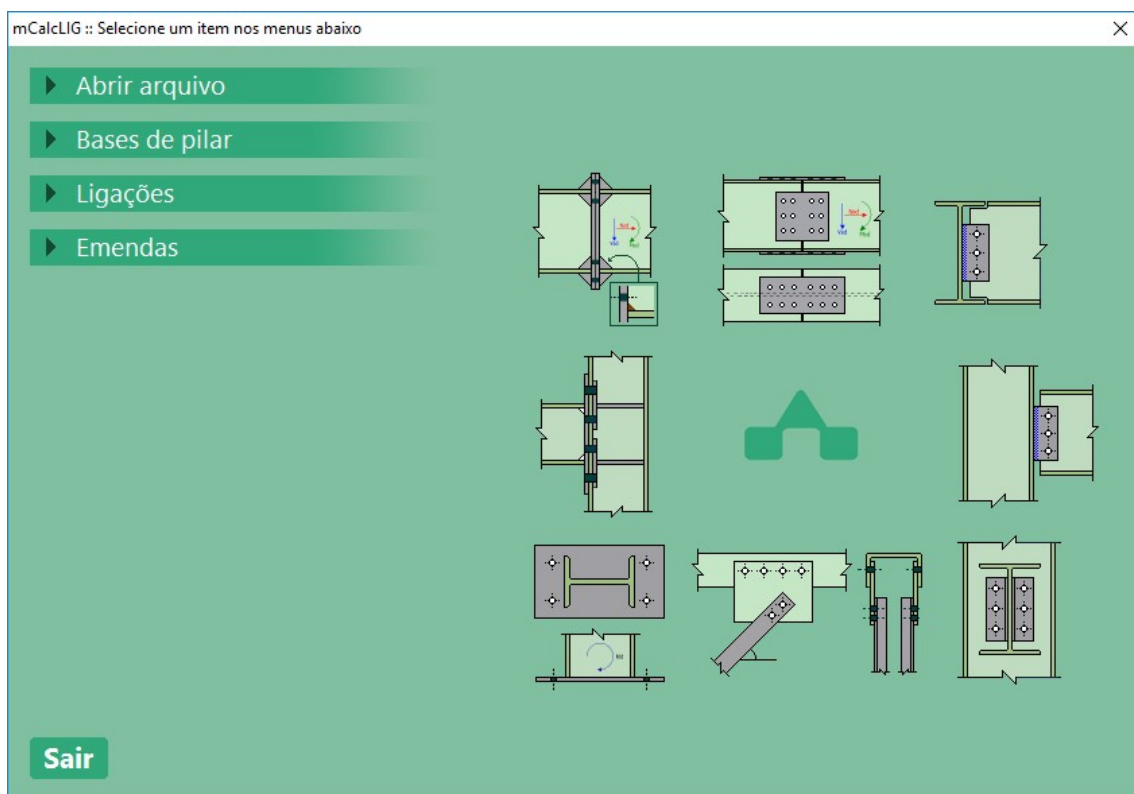
Após selecionar o tipo de pilar misto deve ser declarado o perfil, tipo de aço, tensão característica do concreto (f_{ck}) e os dados da armadura longitudinal.



CAPÍTULO 9.



MÓDULO LIGAÇÕES

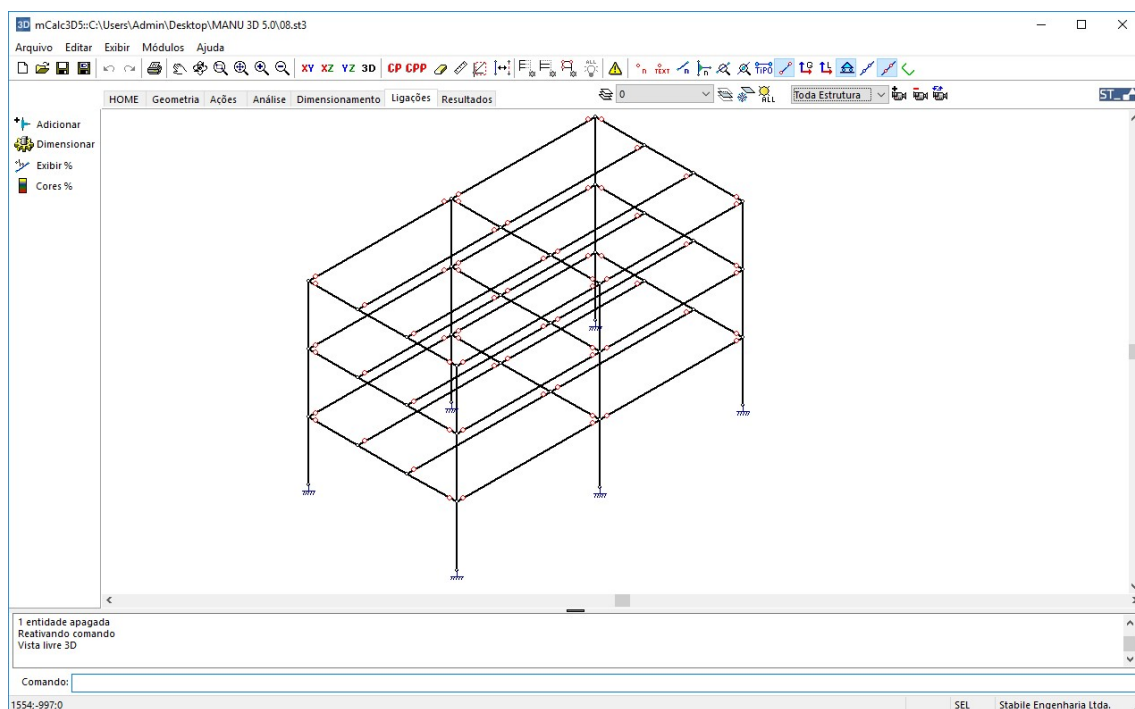


CAPÍTULO 9. MÓDULO LIGAÇÕES

9.1 INTRODUÇÃO

O módulo de ligações integra os programas **mCalc 3D 5** e **mCalc LIG 5**.

Após dimensionar a estrutura pode-se dimensionar as ligações.



9.2 Comando ADICIONAR

Através desse comando decide-se qual tipo de ligação ou base de pilar que se vai utilizar. Clicando em **+ Adicionar**, aparecerá a janela para selecionar a ligação desejada:





Clica-se sob a ligação escolhida então no *prompt* do programa será solicitado que sejam selecionados o nó e as barras que formam a conexão.

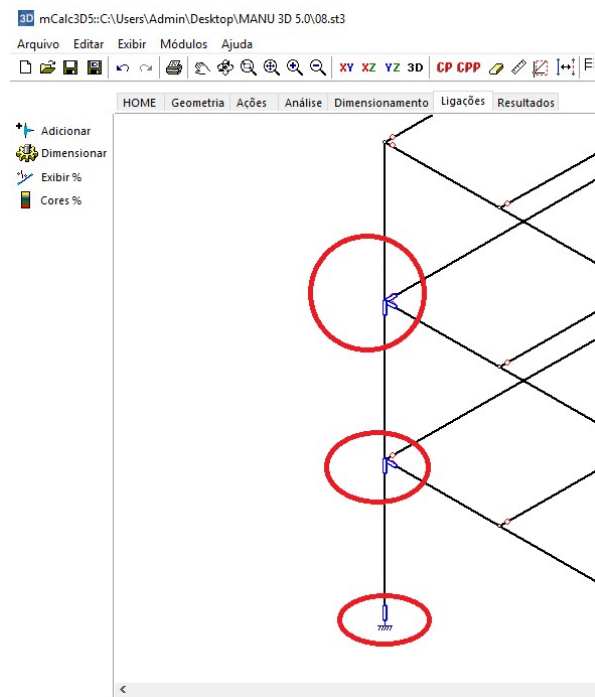
Estão disponíveis 16 tipos de conexões:

- 1) Base de pilar flexível-articulada;
- 2) Base de pilar rígida com chapa de enrijecimento;
- 3) Base de pilar engastada;
- 4) Ligação soldada em nó de treliça;
- 5) Ligação parafusada em nó de treliça;
- 6) Ligação viga-pilar ou viga-viga com simples tala de alma;
- 7) Ligação viga-viga com dupla tala de alma;
- 8) Ligação viga-pilar com dupla tala de alma;
- 9) Ligação viga-pilar com chapa de topo;




- 10) Ligação viga-pilar soldada;
- 11) Ligação reticulada tubular;
- 12) Ligação viga-pilar rígida com chapa de topo;
- 13) Ligação flexível com chapa de extremidade;
- 14) Ligação viga-pilar rígida com simples tala de alma;
- 15) Ligação viga-pilar rígida com dupla tala de alma;
- 16) Ligação viga-pilar ou viga-viga com cantoneiras de abas desiguais.

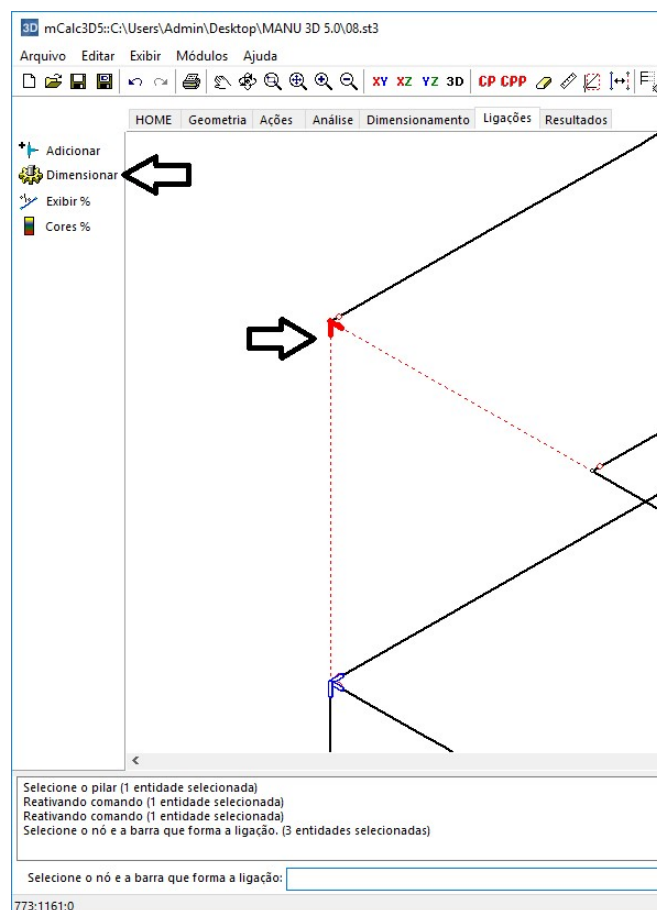
Após criar a ligação os nós selecionados aparecerão com retângulos azuis representando as conexões geradas:



9.3 Comando DIMENSIONAR LIGAÇÃO

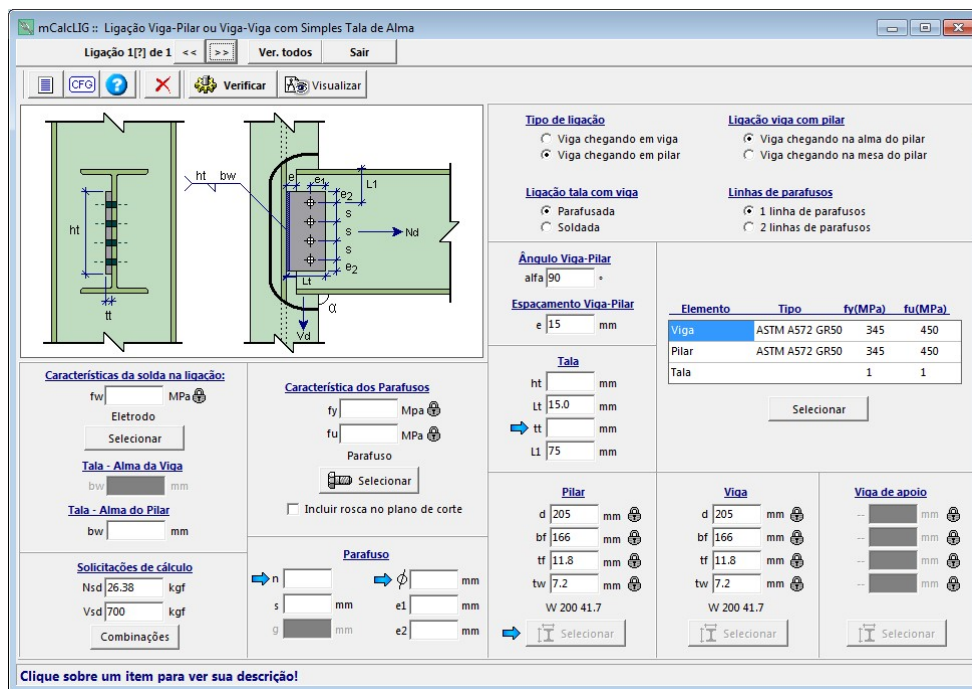
Depois de criar a ligação, o próximo passo é dimensioná-la. Acionando o botão  Dimensionar, surgirá a mensagem no *prompt* do programa: Selecione o nó e a barra que formam a ligação.

Selecionam-se os componentes com o botão esquerdo do mouse:



Confirmando a seleção com o botão direito do mouse a janela do **mCalc LIG**:





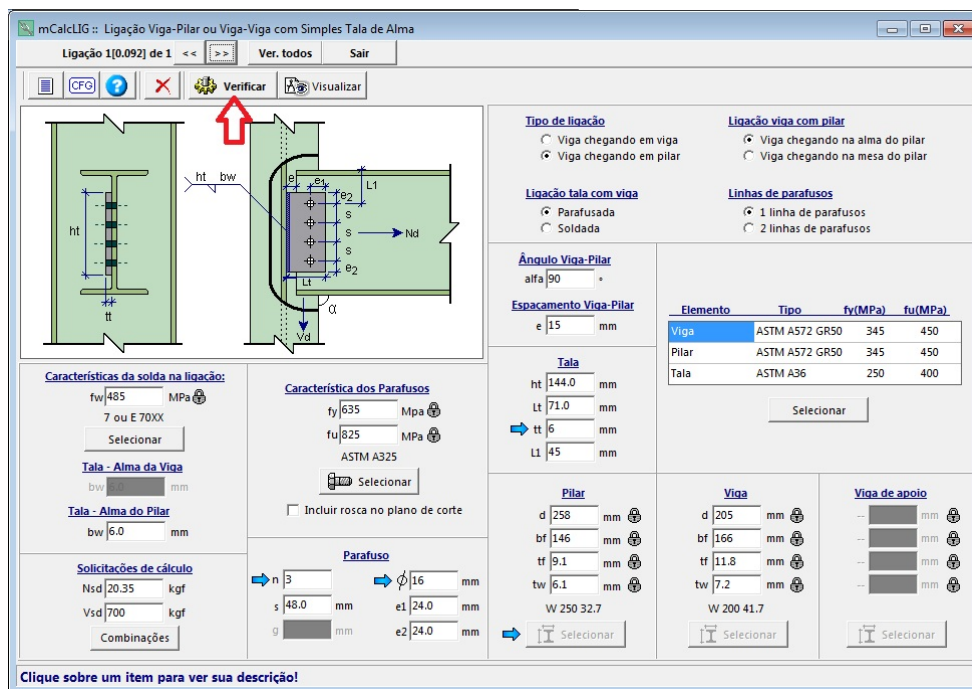
Na janela da ligação deverão ser completados os campos vazios para fazer a verificação.

Os campos referentes aos perfis (seção e tipo de aço) são preenchidos com os valores declarados no módulo **Dimensionamento** do **mCalc 3D** e estarão travados na janela da ligação.

Da mesma forma, as solicitações de cálculo também são preenchidas com os resultados da análise.

Após preencher os campos deve-se clicar no botão **Verificar** para que a verificação da ligação seja completada:



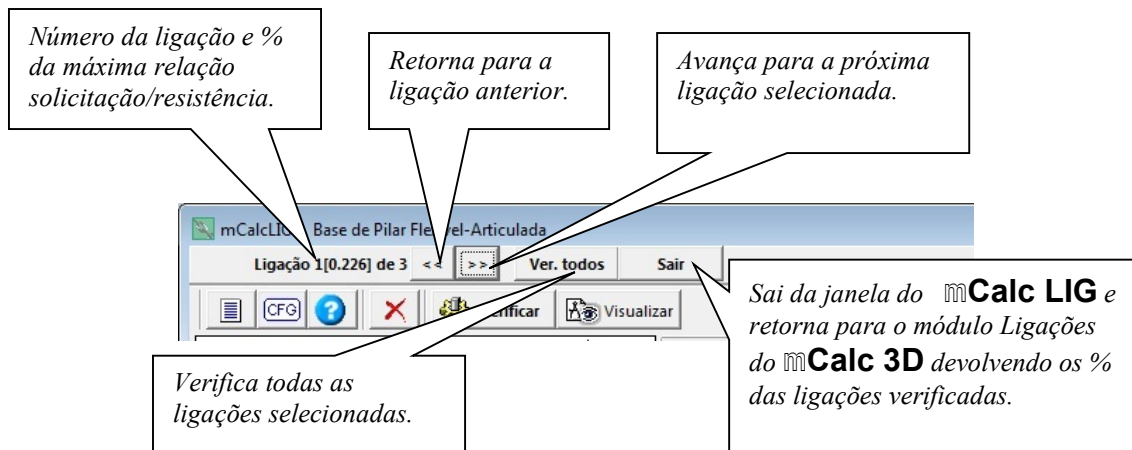


As solicitações de cálculo são carregadas com a combinação que resultar em máxima relação solicitação/resistência. Estas relações podem ser visualizadas clicando-se no botão **Combinções** :

	Nsd1	Vsd1	Sd/Rd
Combinção 1	4072.14	1288.96	0.226
Combinção 2	1751.96	79.64	0.014
Combinção 3	1931.84	778.02	0.136

As ligações também podem ser selecionadas em grupo para serem dimensionada. Neste caso, quando clicar em Dimensionar devem ser selecionadas várias ligações. Confirmando a seleção aparecerá a tela da primeira ligação selecionada e no menu horizontal no topo da tela aparecerão os botões para verificar todas as ligações selecionadas e setas que possibilitam visualizar as demais conexões:

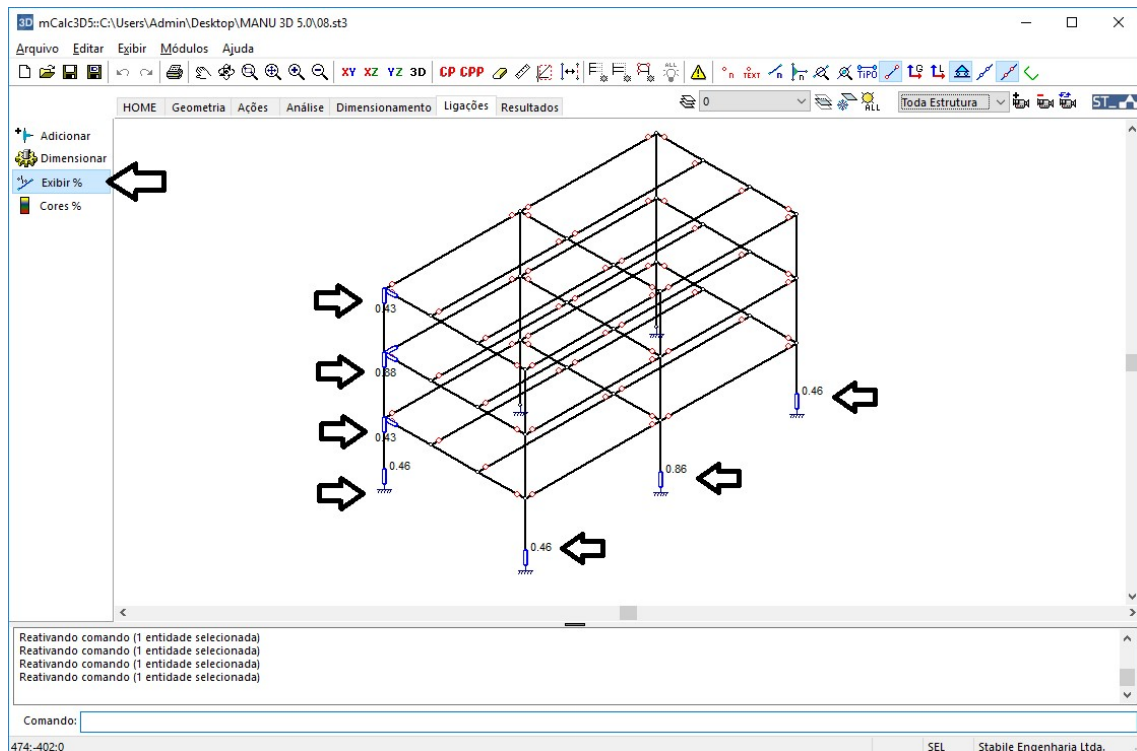




9.4 Comando EXIBIR %

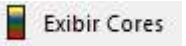
Este comando, quando ativo, exibe o percentual da relação solicitação/resistência das ligações que foram dimensionadas.

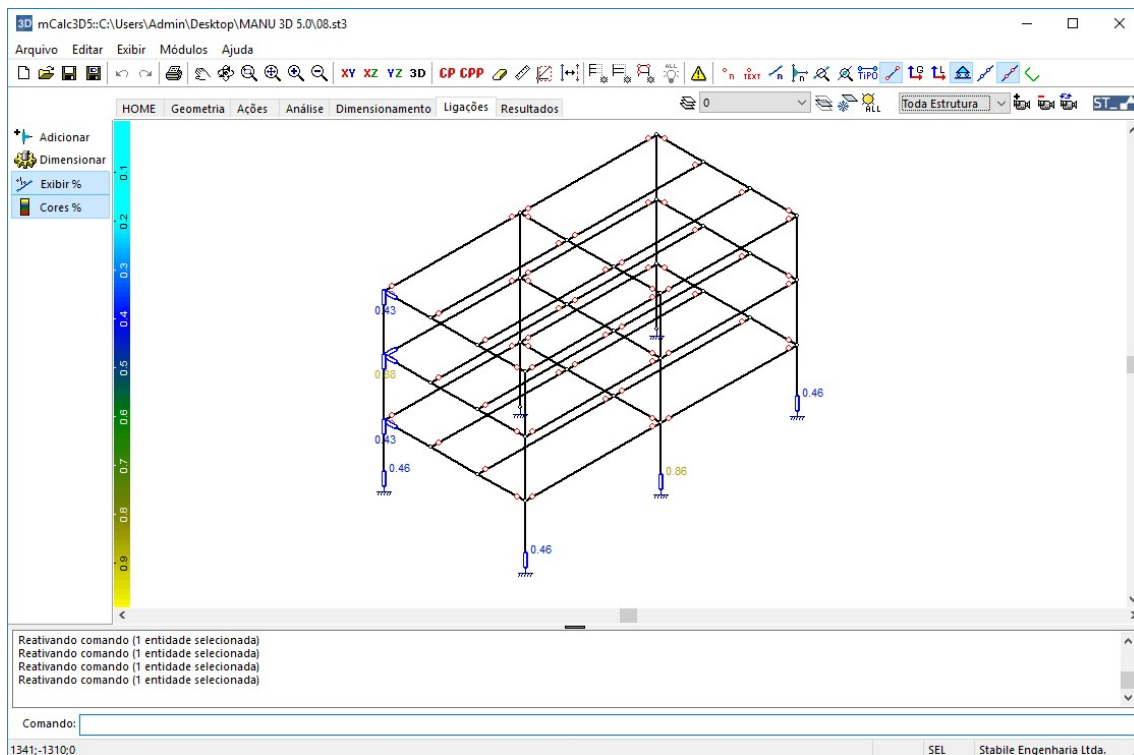
O comando é ativado pelo botão Exibir %.



9.5 Comando EXIBIR CORES

Este comando, quando ativo, exibe cores conforme a faixa de valores da relação solicitação/resistência (similar ao comando do módulo **Dimensionamento**).

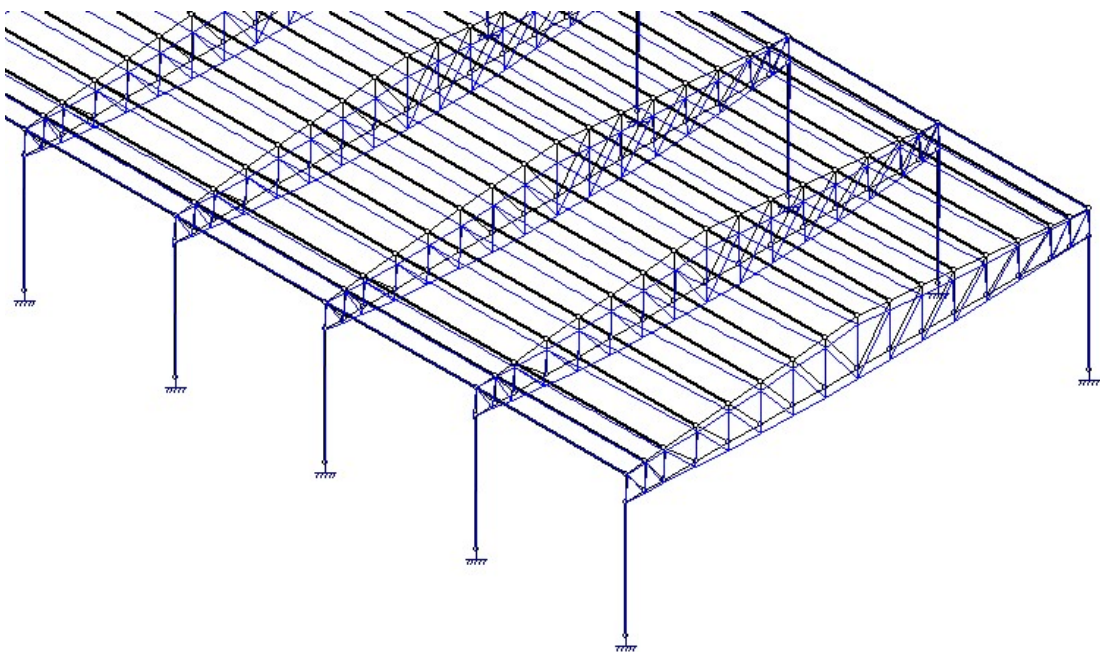
O comando é ativado pelo botão  .



CAPÍTULO 10.



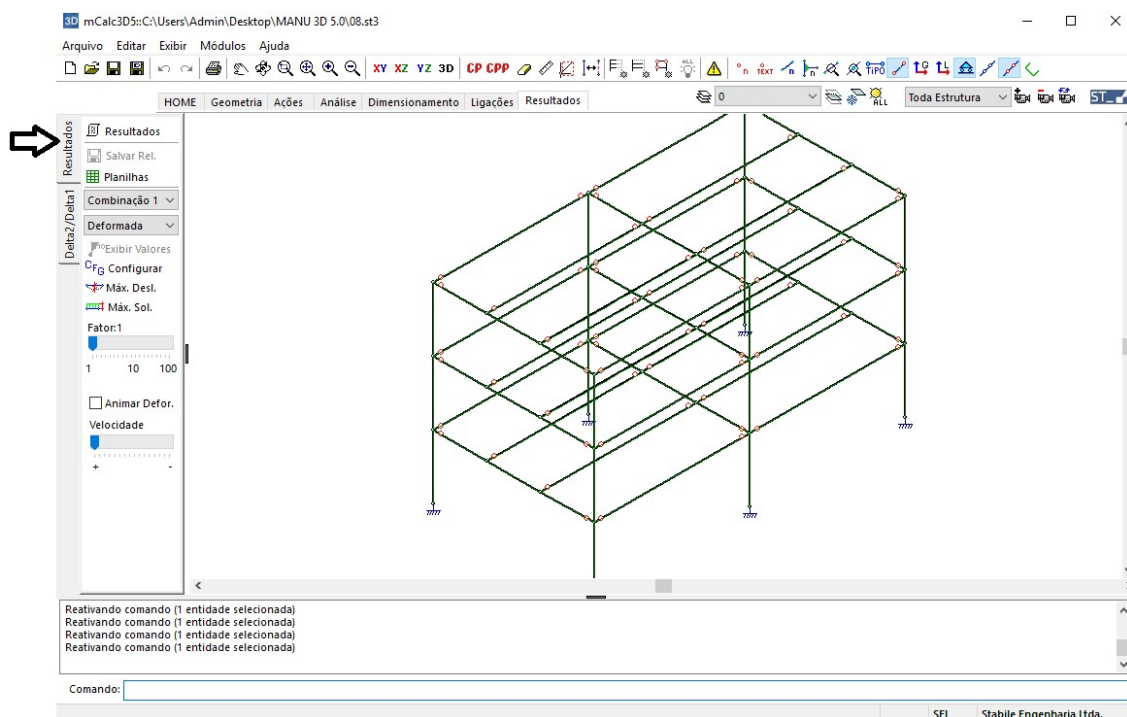
MÓDULO RESULTADOS



CAPÍTULO 10. MÓDULO RESULTADOS

10.1. INTRODUÇÃO

Ao término das etapas de **Análise** ou de **Dimensionamento** o sistema **mCalc 3D** disponibiliza os relatórios da Análise Linear, do Dimensionamento, da Análise Não Linear, os diagramas das combinações criadas na Análise e a Planta de Cargas. Para se ter acesso clica-se sobre o módulo **Resultados**. Neste módulo deve-se clicar no botão resultados e selecionar a opção desejada:



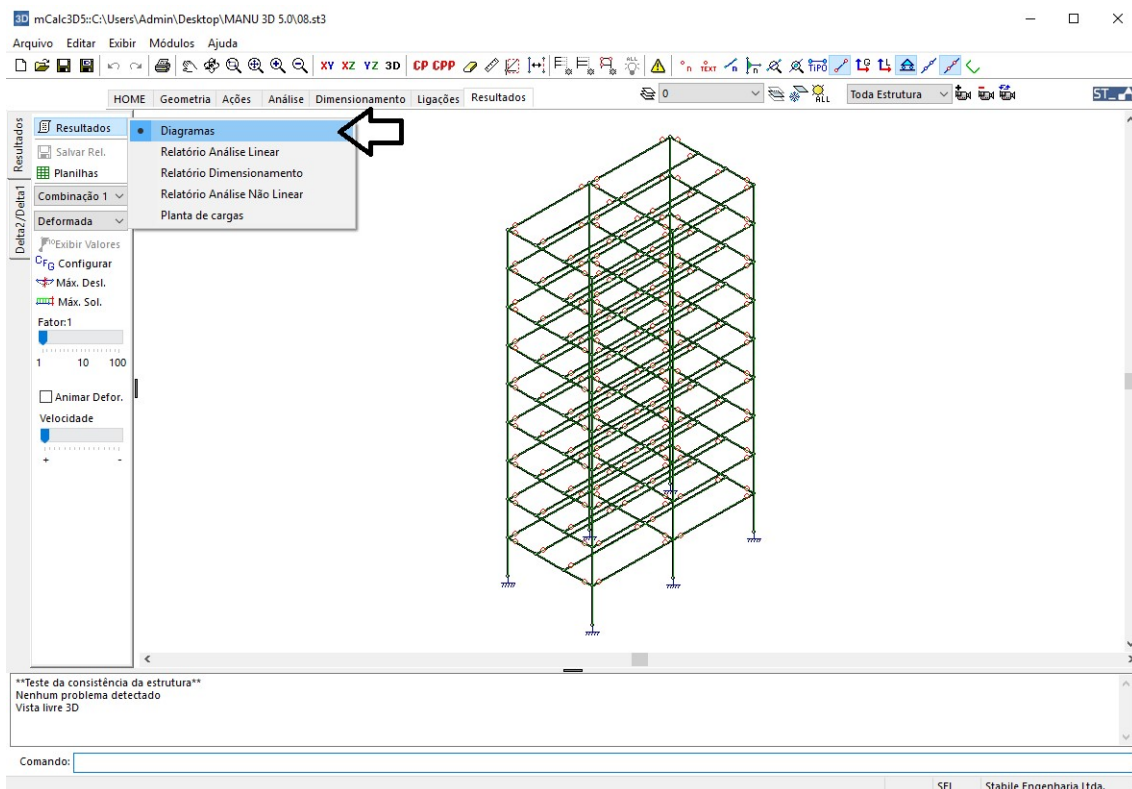
Existem 2 menus verticais: Resultados e Delta2/Delta1. Este último exibirá a classificação da estrutura quanto a deslocabilidade (para os casos em que foi feita análise não linear).

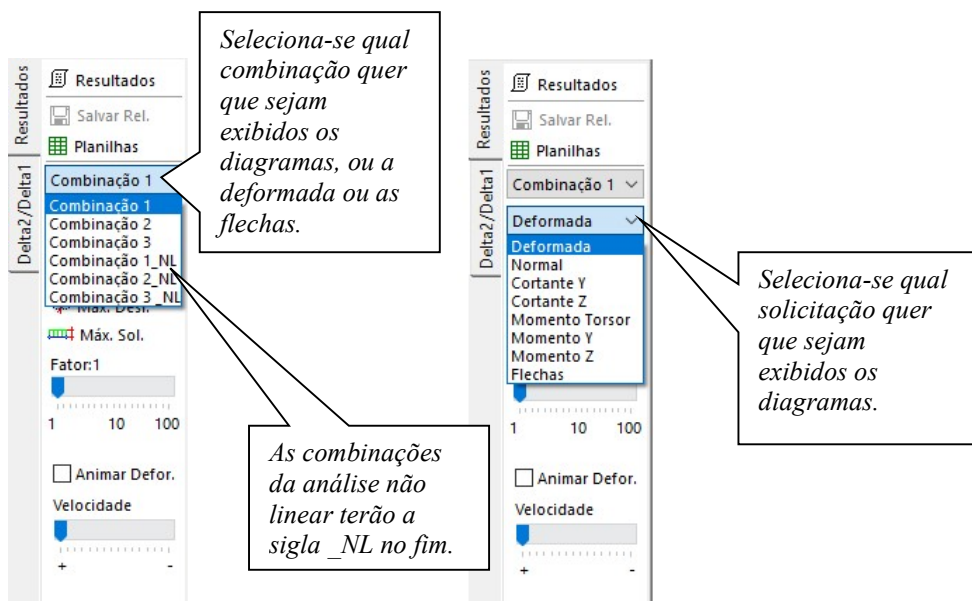


10.2. Menu RESULTADOS - DIAGRAMAS

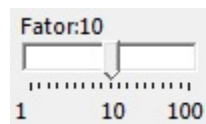
Será utilizado para a visualização da deformada, dos diagramas das solicitações e das flechas nas vigas de cada combinação calculada.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Diagramas, então habilitará uma lista para escolher a combinada e outra para escolher a deformada ou o tipo de solicitação.

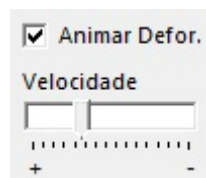





Para efeito de melhor visualização, pode-se acentuar ou reduzir o desenho da deformada ou diagrama através de uma régua:



No caso de seleccionar a deformada para ser exibida, estará habilitada a opção de animar a deformada:

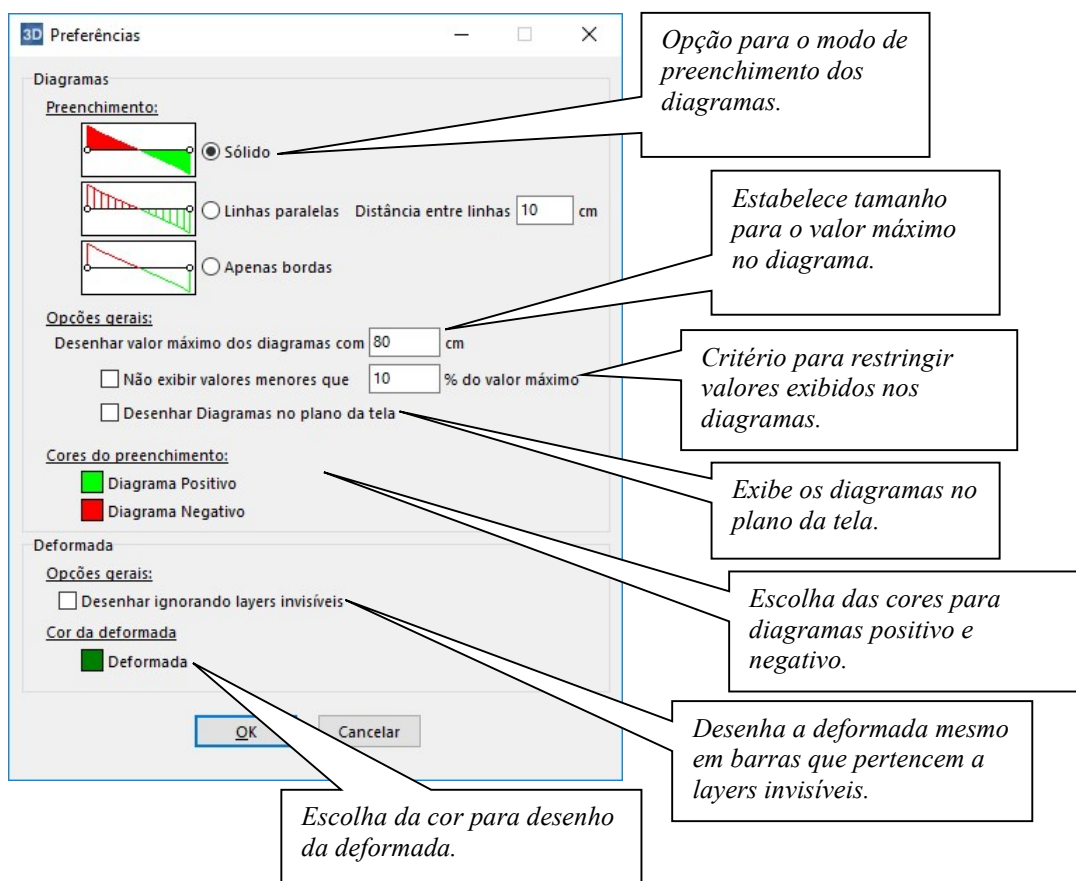



Este comando permite que o desenho da deformada mova-se, com velocidade configurável.


No caso de seleccionar a exibição de um dos diagramas, deve-se configurá-lo, clicando no botão  Configurar.


Nesta janela também poderão ser configuradas algumas opções referentes à deformada.





Quando estiver sendo exibido algum diagrama de solicitações, o botão de exibir valores estará habilitado. Clicando sobre  **Exibir Valores**, os valores da solicitação selecionada serão exibidos nos extremos da barras.

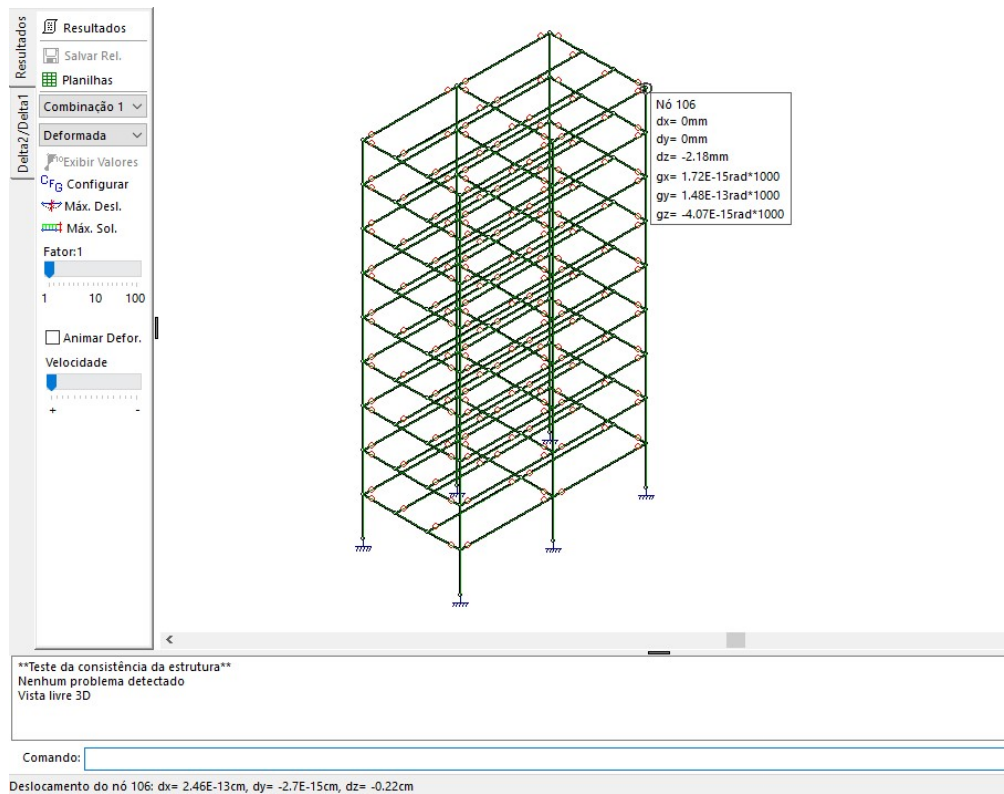
É possível obter-se os valores das solicitações máximas e dos deslocamentos máximos nas barras da estrutura. Clicando sobre  **Máx. Desl.**, o usuário deverá selecionar quantas barras desejar e então será exibido a barra que possui o maior deslocamento entre as selecionadas com o respectivo valor do deslocamento.

O mesmo acontece para obter-se as solicitações máximas, basta clicar sobre o botão  **Máx. Sol.**, selecionar um conjunto de barras e então será exibida uma janela com as solicitações de momento fletor, esforço cortante e esforço normal máximos e a respectiva barra em que estes ocorrem.

Quando a opção Deformada estiver ativada, ao se aproximar o cursor de um determinado nó da estrutura, será exibida uma janela com o valor do deslocamento nas

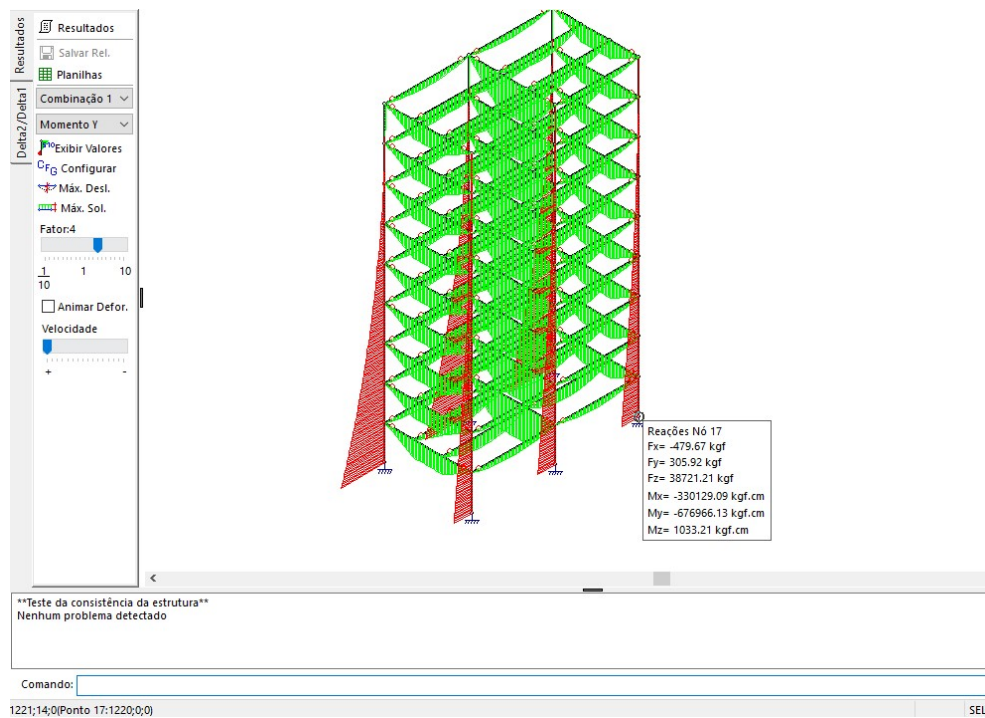


direções X, Y e Z e os giros nos nós, bem como o número do respectivo nó.

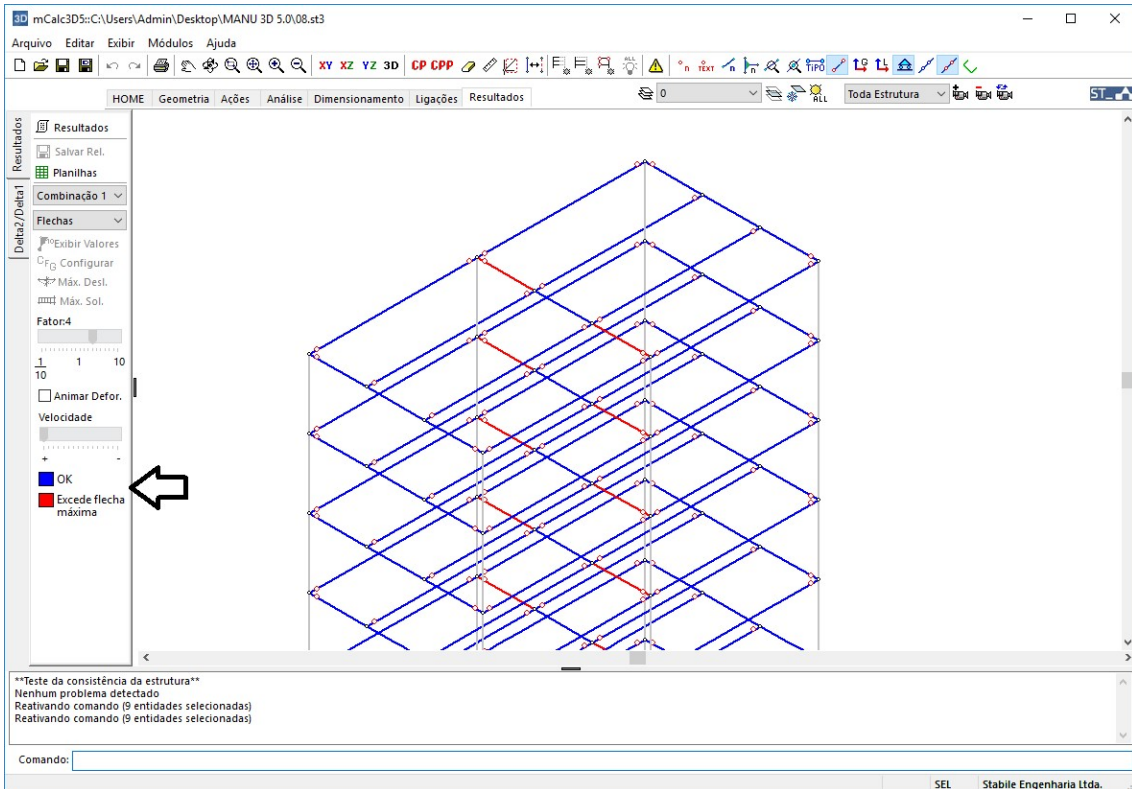


Da mesma forma quando estiver ativa alguma das solicitações, seja de esforço cortante, esforço normal, momento fletor ou momento torsor, ao aproximar o cursor dos apoios da estrutura, obtém-se os valores das reações de apoio nas direções X, Y e Z.

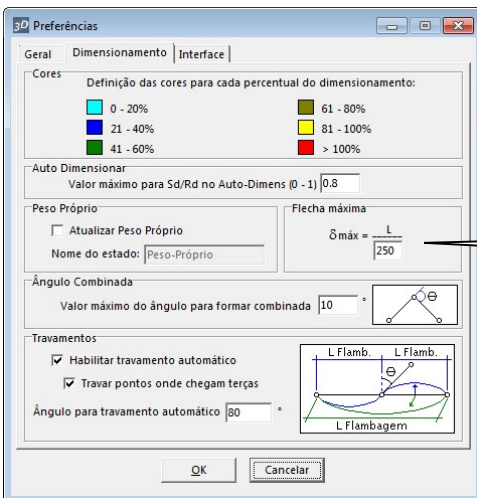




Quando a opção Flechas estiver ativada as vigas da estrutura serão desenhadas em azul ou em vermelho. As vigas desenhadas em azul estão de acordo com o limite da flecha máxima. Já as exibidas em vermelho excedem o limite:



Lembrando que este critério de flecha máxima deverá ser declarado pelo usuário no menu Exibir > Preferências > Dimensionamento:



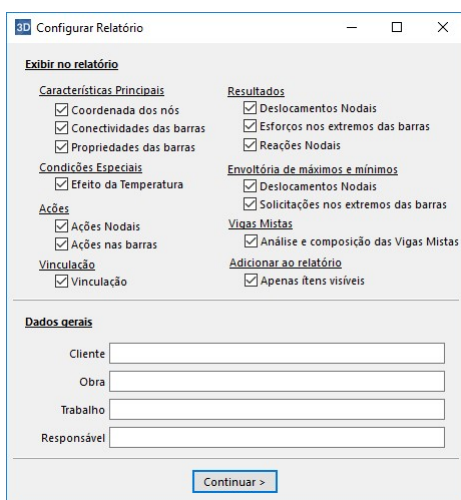
Critério para flecha máxima.



10.3. Menu RESULTADOS – ANÁLISE LINEAR

Apresenta o relatório completo da análise linear estrutural.

Quando se processa a análise da estrutura, em seguida surge uma janela, na qual seleciona-se que dados desejam-se que sejam exibidos no relatório de análise:



Os itens marcados serão apresentados, posteriormente, no módulo de Resultados no Relatório de Análise.

Ativa-se esse comando clicando sob o botão Resultados:

A captura de tela mostra o software mCalc 3D 5.0 com o menu 'Resultados' aberto. O relatório de análise linear está exibido na seguinte estrutura:

1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Número de nós	114
Número de barras	207
Número de nós vinculados	6
Número de estados de ações	5

1.1. Número de nós e barras carregadas

NNC: número de nós carregados
NBC: número de barras carregadas

Estado	NNC	NBC
Estado 1	0	0
AP Antes Cura	0	162
AP Depois Cura	0	72
SC Antes Cura	0	72
SC Depois Cura	0	72

1.2. Coordenada dos nós


Unidades: cm



Ao se ativar esse comando serão apresentados, em forma de relatório, os dados da estrutura – geometria, ações, propriedades, vinculação – e os resultados – deslocamentos nodais, forças e momentos nas extremidades das barras, combinação por combinação de estados de ações.

O módulo **Resultados** apresenta, também, a envoltória de máximos e mínimos – deslocamentos e solicitações – e ao final do relatório, as reações de apoio para todos os estados de ações isolados.

O relatório apresentado é um arquivo.RTF, que possibilita sua exportação para os editores de texto mais usados no mercado.

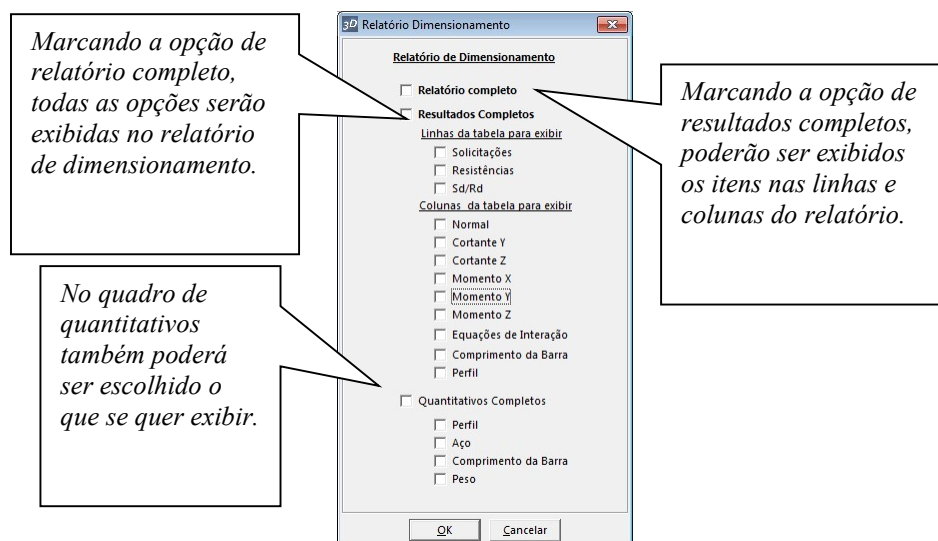
Esse relatório poderá ser gravado num arquivo como: NomeArquivo_.RTF. Para isso, basta clicar com o botão esquerdo do mouse sob  Salvar Rel. .E pode-se editá-lo com qualquer editor de textos e da mesma forma imprimi-lo como tal.

Caso se tenha gerado os dados da estrutura com o auxílio do **Assistente de Projetos** (geração automática de dados) antes do relatório da Análise, será apresentado o relatório dessa Geração Automática.

10.4. Menu RESULTADOS – DIMENSIONAMENTO

Será utilizado para mostrar o relatório do dimensionamento.

Ativa-se esse comando clicando sob o botão Resultados e escolhendo a opção Relatório Dimensionamento. Então surgirá uma janela para que selecionem o que se desejam ser exibido no relatório:



Ao se pressionar o botão *OK* o sistema **mCalc 3D**, automaticamente apresentará na tela o relatório do Dimensionamento, apresentando os dados que foram selecionados para exibição.

Client: mCalc 3D / DIMENSIONAMENTO
 Obra:
 Trabalho:
 Responsável:
 Data: 13/09/2018
 Hora: 14:45:03

1. DIMENSIONAMENTO
 Unidades: kgf-cm

Barra		Normal	Cortante Y	Cortante Z	Momento X	Momento Y	Momento Z	Eq. Int. Max.	Comp.	Dimensionamento
1	Sol.	686.09	-13.4	3634.17	0	554210.44	-4411.91	0.26	610	W 200 86
	Res.	125553.21	78084.3	39354.55	---	2212149.25	1039893.44			
	Sd/Rd	0.01	0	0.09	---	0.25	0.00			
2	Sol.	323.21	-12.35	3634.17	0	554210.44	3958.9	0.26	610	W 200 86
	Res.	125553.21	78084.3	39354.55	---	2212149.25	1039893.44			
	Sd/Rd	0.00	0	0.09	---	0.25	0.00			
3	Sol.	13.61	18.03	7275.33	0	1512384.13	-1951.95	0.69	210	W 200 86
	Res.	232065.03	78084.3	39354.55	---	2212149.25	1039893.44			
	Sd/Rd	0	0	0.18	---	0.68	0.00			
4	Sol.	-0.93	23.74	73.5	0	1517706.5	-2588.44	0.69	210	W 200 86
	Res.	252045.45	78084.3	39354.55	---	2212149.25	1039893.44			
	Sd/Rd	0	0	0.00	---	0.69	0.00			
5	Sol.	-14.15	15.31	7275.33	0	1512383.38	1612.08	0.69	210	W 200 86
	Res.	252045.45	78084.3	39354.55	---	2212149.25	1039893.44			
	Sd/Rd	0	0	0.18	---	0.68	0.00			
6	Sol.	-8.6	-12.83	3634.17	0	554210.44	-4155.41	0.25	610	W 200 86
	Res.	252045.45	78084.3	39354.55	---	2212149.25	1039893.44			
	Sd/Rd	0	0	0.09	---	0.25	0.00			

Nenhum problema detectado
 Reativando comando (9 entidades selecionadas)
 Teste de consistência da estrutura
 Nenhum problema detectado

Comando: _____

mCalc3D SEL Stabile Engenharia Ltda.

O relatório do Dimensionamento poderá, também, ser salvo como arquivo tipo.RTF que poderá ser exportado para qualquer editor de texto. Pode-se editá-lo com qualquer editor de textos e da mesma forma imprimi-lo como tal.



10.5. Menu RESULTADOS – ANÁLISE NÃO LINEAR

O relatório de análise não linear tem a exibição similar ao relatório de análise linear. A diferença que existe na exibição é que na análise não linear todos os resultados são referentes a combinações, não possui resultados dos estados isolados. Outra observação que deve ser feita é que todos os resultados são ponderados, inclusive as reações nodais.

The screenshot shows the mCalc 3D software interface. The 'Resultados' menu is open, highlighting 'Relatório Análise Não Linear'. The main window displays the following data:

1. Combinação: Combinação 1_NL (Solicitações)

Estado	Gama	PS10
AP Antes Cura	1.4	1
SC Antes Cura	1.5	1

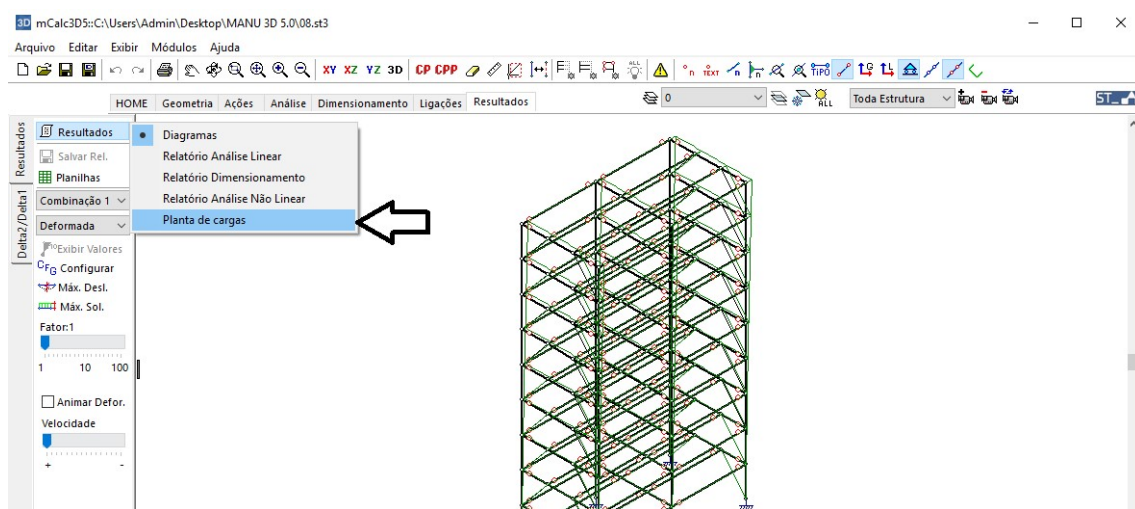
1.1. Esforços nos extremos das barras - Eixos Locais (Com Ponderação)
 Unidades: kgF-cm
 PE: Pórtico Espacial

Barra	Nó	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1-PE	1	599.54	-3.58	2037.15	-900.7	73.25	-1192.52
1-PE	2	-599.54	3.58	2037.7	-500.5	69.55	-710.04
2-PE	2	-425.47	-6.64	2037.32	-494.98	-46.33	-1966.46
2-PE	3	-425.47	6.64	2037.54	494.24	45.64	-1891.82
3-PE	4	11.6	9.74	4081.82	-470.87	-1.85	165.69
3-PE	5	-11.6	-9.74	-3934.82	166.74	-841755.25	1276.89
4-PE	5	-7.97	11.51	73.47	-166.73	842555.19	2415.25
4-PE	6	7.97	-11.51	-73.53	166.72	-842554.75	807.99
5-PE	6	-1.09	11.06	-3934.93	-164.14	841764.63	1989.16
5-PE	3	1.09	-11.06	4081.93	471.39	-0.13	2688.31

At the bottom of the window, a status bar shows: 'Nenhum problema detectado', 'Reativando comando (9 entidades selecionadas)', '**Teste da consistência da estrutura**', 'Nenhum problema detectado', and 'Comando:'. The bottom right corner of the software interface displays 'SEL Stabile Engenharia Ltda.'



10.6. Menu RESULTADOS – PLANTA DE CARGAS



Clicando na opção Planta de Cargas será exibida uma janela para configurar:

Marcando esta opção as reações nodais exibidas na planta de carga serão dos estados de ações isolados.

Marcando esta opção as reações nodais exibidas na planta de carga serão das combinações estados de ações.

Exporta apenas itens que estão visíveis na tela.

Filtro: só serão exibidas na Planta de cargas nós cujos valores estejam acima deste valor declarado.

The dialog box 'Gerar Planta de Cargas' contains the following options:

- Seleção a origem das reações nodais:**
 - Estados de ações isolados
 - Combinações de estados de ações
- Outras opções:**
 - Exportar apenas itens visíveis
- Exibir apenas valores maiores que:**
 - Forças: 0 kgf
 - Momento: 0 kgf.cm
 - Deslocamento: cm

Buttons: Avançar, Cancelar

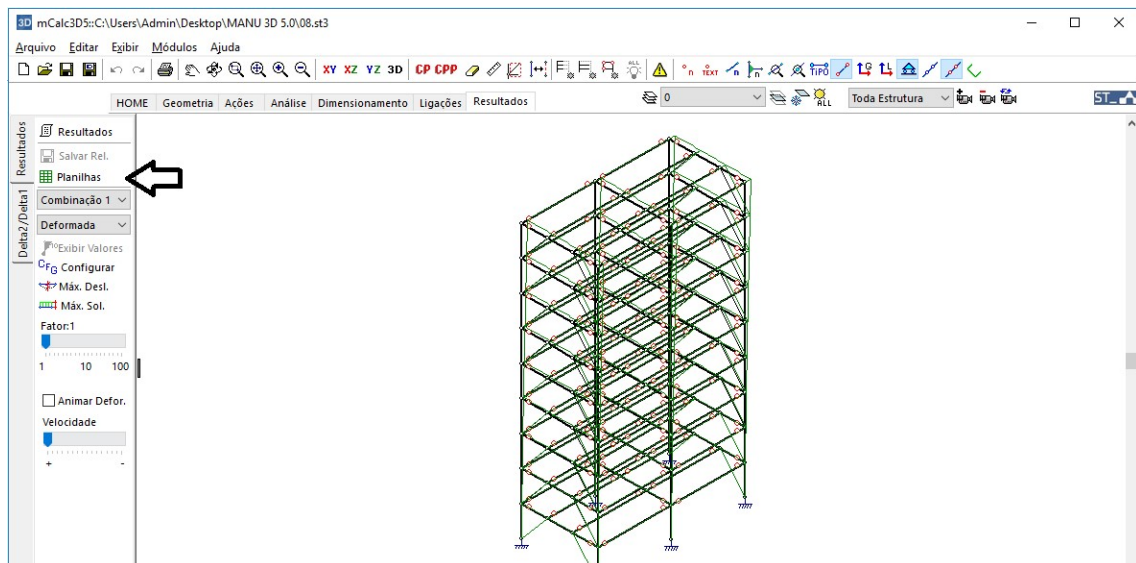
Após configurar estas opções, clica-se em Avançar:



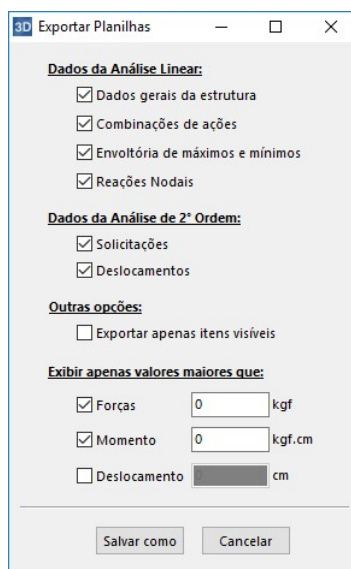


10.7. Menu RESULTADOS – PLANILHAS

O comando planilhas permite que os dados dos relatórios de análise e dimensionamento sejam salvos em formatos .xls



Após clicar em Planilhas será exibida a janela para configurar que dados se quer exportar para a planilha:

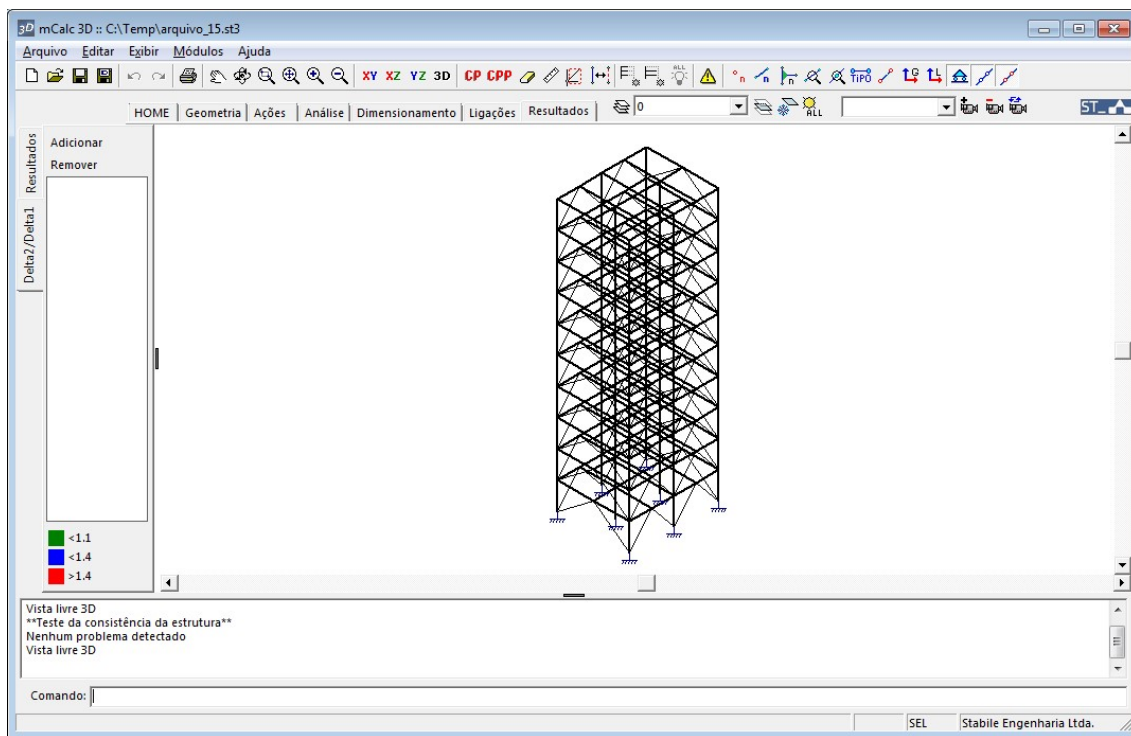


10.8. Menu DELTA2/DELTA1

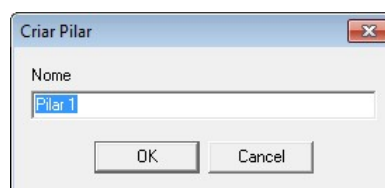
Esta ferramenta permite classificar a estrutura quanto a deslocabilidade.

A estrutura é classificada como de pequena deslocabilidade quando a relação entre os deslocamentos de segunda ordem e os deslocamentos de primeira ordem não ultrapassarem 1,1 em todos os andares. Será de média deslocabilidade quando essa relação estiver entre 1,1 e 1,4 em pelo menos um dos andares. E será de grande deslocabilidade quando a relação ultrapassar 1,4 em pelo menos um dos andares.

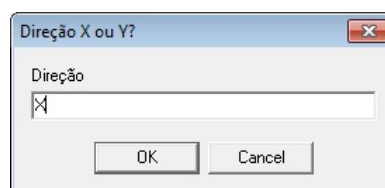




Para verificar a deslocabilidade deve-se adicionar os pilares para o cálculo de Δ_2/Δ_1 . Clicando no botão **Adicionar** surgirá uma janela para declarar o nome do pilar:

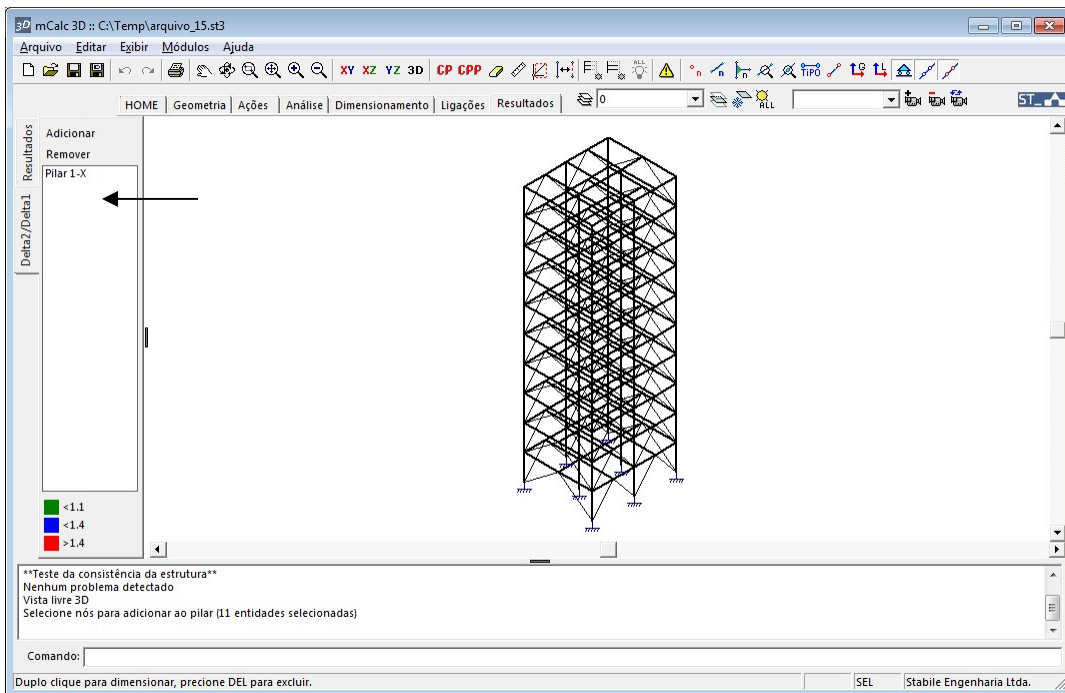


Após declarar o nome do pilar clica-se em OK para confirmar e então aparecerá uma segunda janela para declarar se os deslocamentos avaliados serão na direção x ou y:

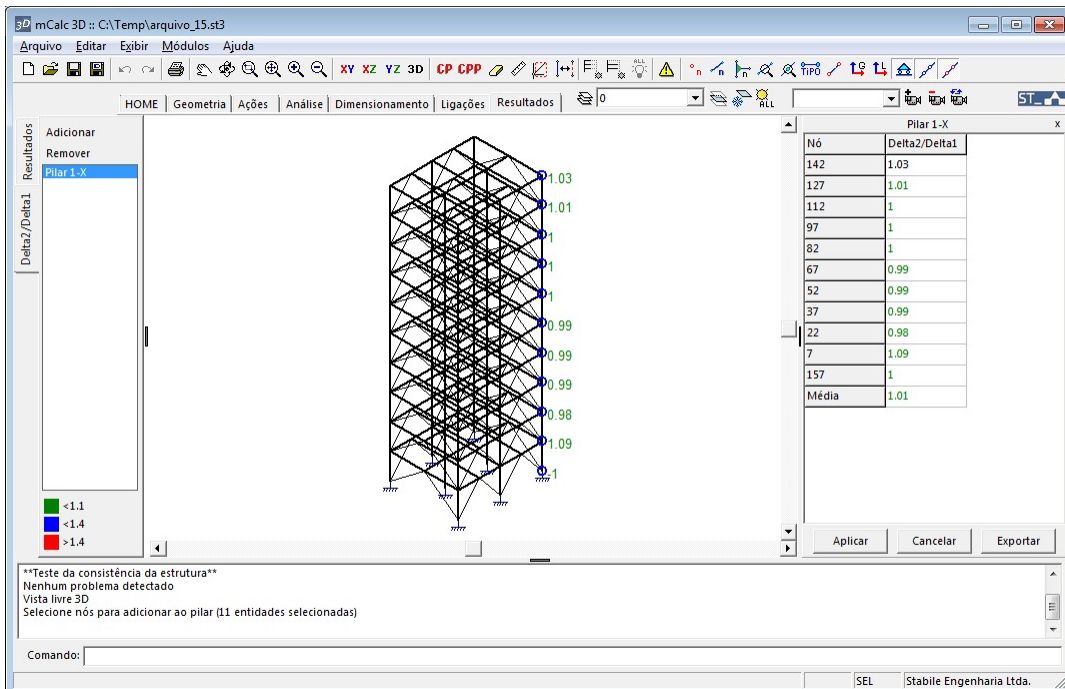


Depois de confirmar a direção clicando em OK, no *prompt* do programa aparecerá a mensagem: *Selecione nós para adicionar ao pilar*. Então selecionam-se os nós do pilar com o botão esquerdo do *mouse* e confirmando com o botão direito será adicionado a lista o pilar:





E clicando sob ele na lista aparecerão os valores da relação Delta2/Delta1 ao longo dos nós do pilar e também aparecerá uma planilha com o número dos nós, o valor da relação e a deslocabilidade média:



Para apagar um dos pilares basta seleccioná-lo na lista e clicar sob o botão **Remove** .
A planilha com os valores das relações e da deslocabilidade média pode ser exportada e aberta no Excel:

Pilar 2-X	
Nó	Delta2/Delta1
138	1
123	0.99
108	0.98
93	0.98
78	0.98
63	0.98
48	0.98
33	0.98
18	0.97
3	1.03
152	1
Média	0.99

Aplicar Cancelar Exportar

O arquivo será salvo no formato .csv.




ANEXO A



EXEMPLO COMPLETO

ANEXO A


A.1 EXEMPLO

Apresenta-se o cálculo completo de uma cobertura em malha espacial utilizando-se o  **Calc 3D**.

Dados da cobertura:

Vão Teórico 15,00 m
Comprimento..... 15,00 m
Pé-direito 5,00 m
Altura da Treliça..... 0,75 m
Localização: Zona Industrial de Uberaba / MG
Aberturas periféricas: igual permeabilidade em todas as faces

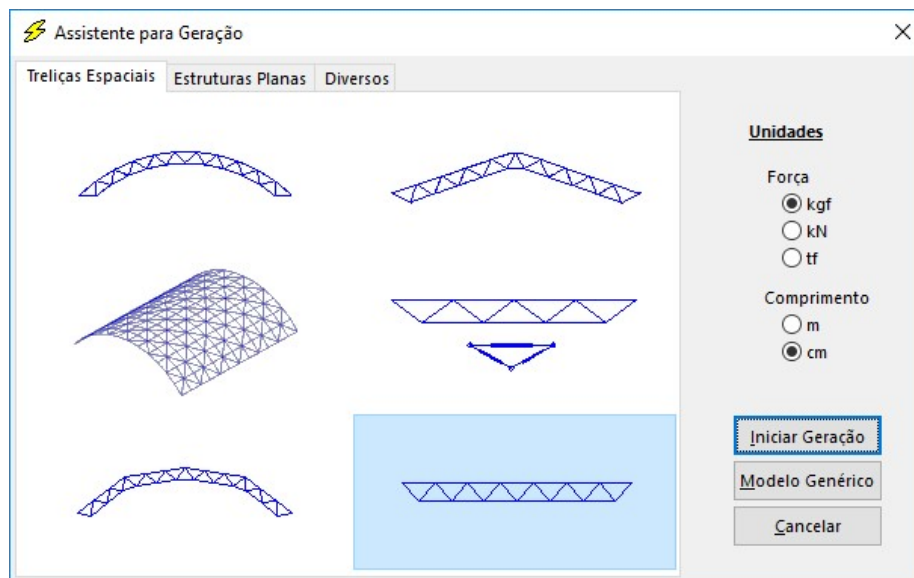
Solução:

Abre-se o  **Calc 3D**. Por *default*, o programa inicia com um arquivo em branco. Clique-se no botão salvar, para dar um nome ao arquivo e salvar os trabalhos.

1º. Passo:

Clica-se na aba *Trelças Espaciais*, e em seguida seleciona-se a estrutura tipo malha plana. Neste exemplo, trabalharemos com o sistema de unidades em centímetros (cm) e quilograma força (kgf).

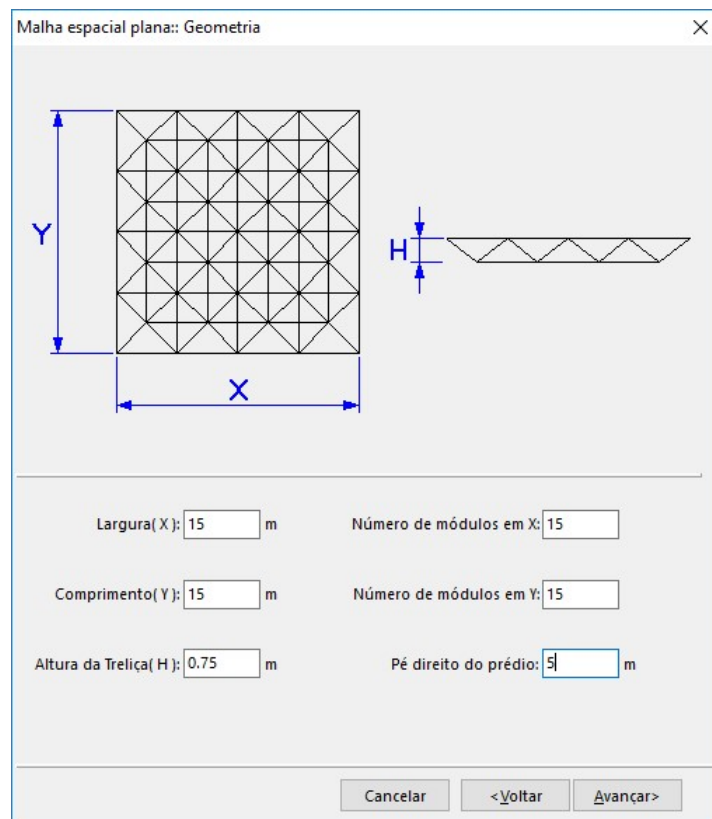




Depois de selecionado o tipo de estrutura e as unidades, prossegue-se com a entrada de dados clicando no botão **Iniciar Geração**.

Declaram-se os dados geométricos da estrutura, como largura, comprimento, altura, número de módulos e pé direito.





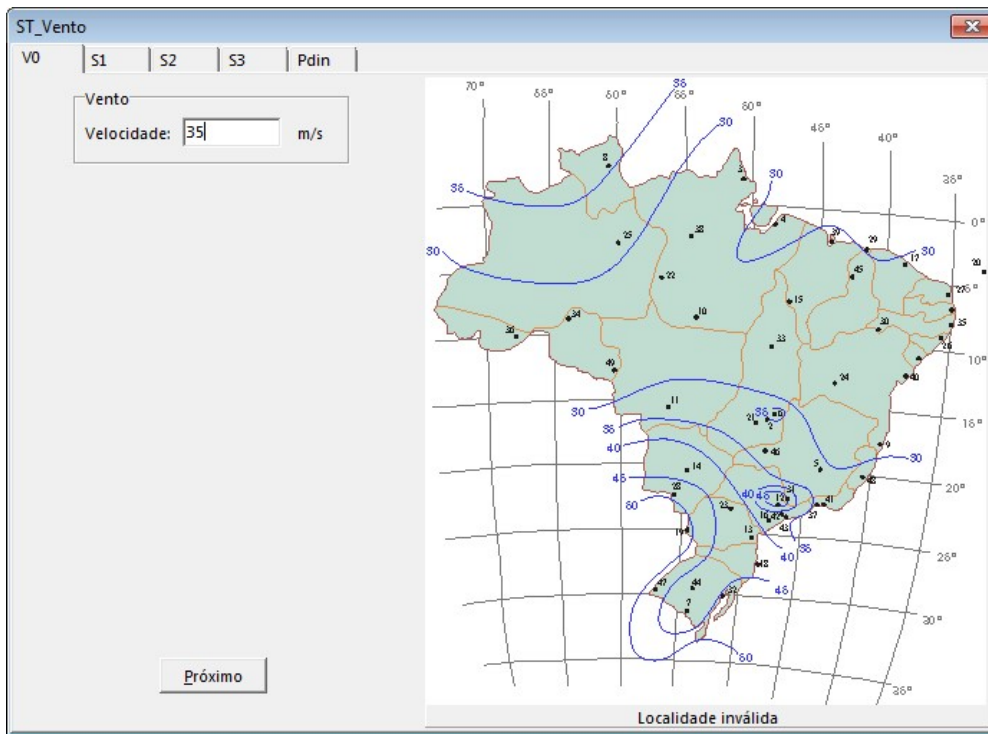
2º. Passo:

Declaram-se os dados relativos às ações:

- *Peso Próprio da treliça*..... 8 kgf/m²
- *Ação permanente (telhas, forro, etc.)*..... 10 kgf/m²
- *Sobrecarga de utilização* 25 kgf/m²
- *Pressão Dinâmica*

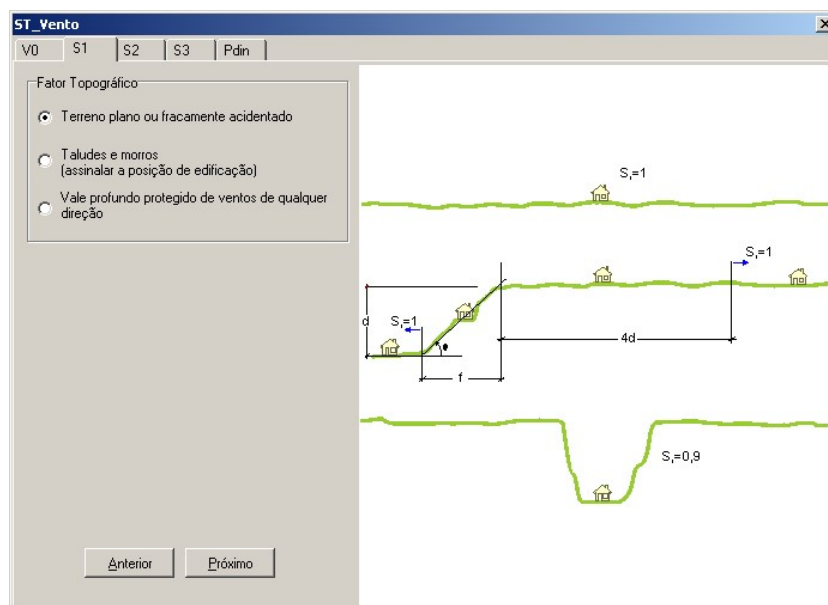
Pode-se calcular, previamente, a pressão dinâmica ou usar o programa para determiná-la. Nesse caso basta seguir os passos indicados pelo **Calc 3D**: clica-se sobre o botão *Determinar* e será aberta a seguinte janela:





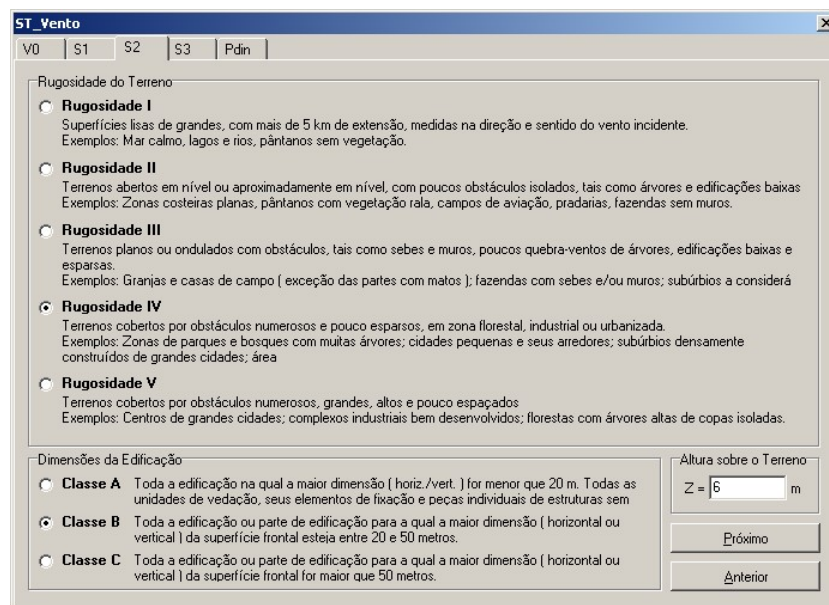
Declara-se o lugar onde a obra será edificada clicando-se sobre o ponto.

Fator Topográfico S1: declara-se o tipo de topografia no qual o terreno está implantado.



Fator de Rugosidade S2

Declaram-se dados para a determinação de S2: Rugosidade do terreno, Classe da edificação (dimensões da edificação) e nível acima do terreno que se quer avaliar S2.



The screenshot shows the 'ST_Vento' software window with the 'S2' tab selected. The window is divided into two main sections: 'Rugosidade do Terreno' and 'Dimensões da Edificação'.

Rugosidade do Terreno

- Rugosidade I**
Superfícies lisas de grandes, com mais de 5 km de extensão, medidas na direção e sentido do vento incidente.
Exemplos: Mar calmo, lagos e rios, pântanos sem vegetação.
- Rugosidade II**
Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas.
Exemplos: Zonas costeiras planas, pântanos com vegetação rala, campos de aviação, pradarias, fazendas sem muros.
- Rugosidade III**
Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.
Exemplos: Granjas e casas de campo (exceção das partes com matos); fazendas com sebes e/ou muros; subúrbios a considerá
- Rugosidade IV**
Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco esparsos, em zona florestal, industrial ou urbanizada.
Exemplos: Zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; área
- Rugosidade V**
Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados.
Exemplos: Centros de grandes cidades; complexos industriais bem desenvolvidos; florestas com árvores altas de copas isoladas.

Dimensões da Edificação

- Classe A** Toda a edificação na qual a maior dimensão (horiz./vert.) for menor que 20 m. Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem
- Classe B** Toda a edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão (horizontal ou vertical) da superfície frontal esteja entre 20 e 50 metros.
- Classe C** Toda a edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão (horizontal ou vertical) da superfície frontal for maior que 50 metros.

Altura sobre o Terreno

Z = m

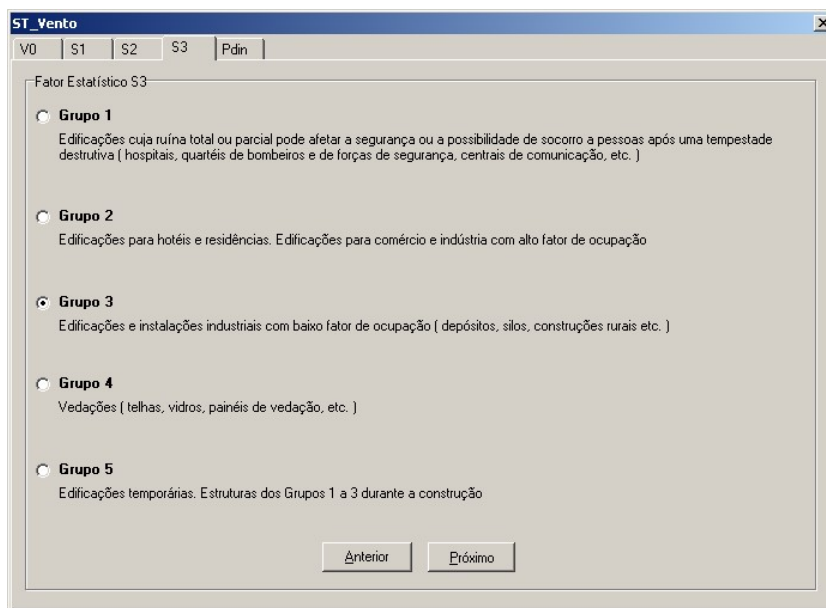
Próximo

Anterior

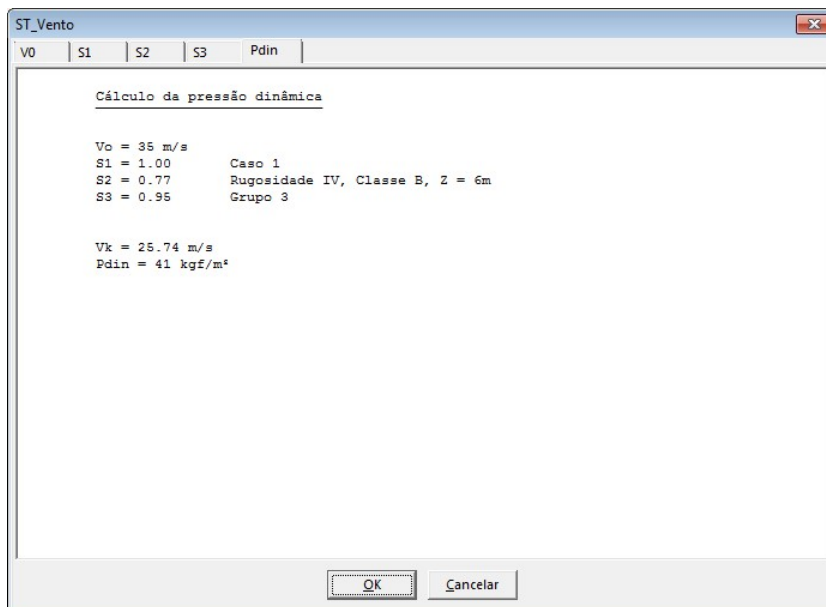
Fator Estatístico S3

Declara-se a maior ou menor responsabilidade que a obra a ser implantada terá frente a uma tempestade destrutiva.





Uma vez confirmados os dados o programa apresentará a memória de cálculo da pressão dinâmica.



Declaram-se os valores dos coeficientes de pressão interna para vento transversal, longitudinal (que dependem das áreas de aberturas das paredes) e o coeficiente de forma para o vento longitudinal (que depende da posição que está a estrutura que se vai calcular, em relação ao prédio).



Malha espacial plana: Ações

Coeficientes aerodinâmicos para vento transversal($\alpha=90^\circ$)

Coef. ext. barlavento:	<input type="text" value="0.7"/>	Coef. pressão interna:	<input type="text" value="2"/>
Coef. ext. cobertura:	<input type="text" value="0.8"/>	Coef. C1, D1:	<input type="text" value="-0.8"/>
Coef. ext. sotavento:	<input type="text" value="-0.4"/>	Coef. C2, D2:	<input type="text" value="-0.4"/>

Pressione ESPAÇO para auto completar valores da norma.

Cancelar < Voltar Avançar

Malha espacial plana: Ações

Coeficientes aerodinâmicos para vento longitudinal($\alpha=0^\circ$)

Coef. ext. barlavento:	<input type="text" value="0.7"/>	Cpi:	<input type="text" value="2"/>
Coef. ext. cobertura:	<input type="text" value="0.8"/>	Coef. C1, D1:	<input type="text" value="-0.8"/>
Coef. ext. sotavento:	<input type="text" value="-0.4"/>	Coef. C2, D2:	<input type="text" value="-0.5"/>

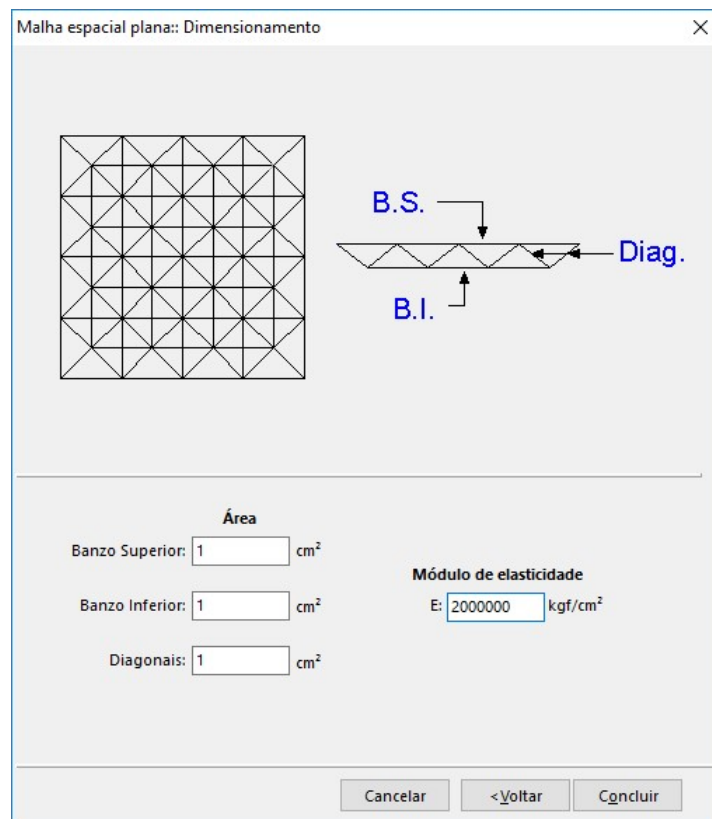
Pressione ESPAÇO para auto completar valores da norma.

Cancelar < Voltar Avançar

3º. Passo:

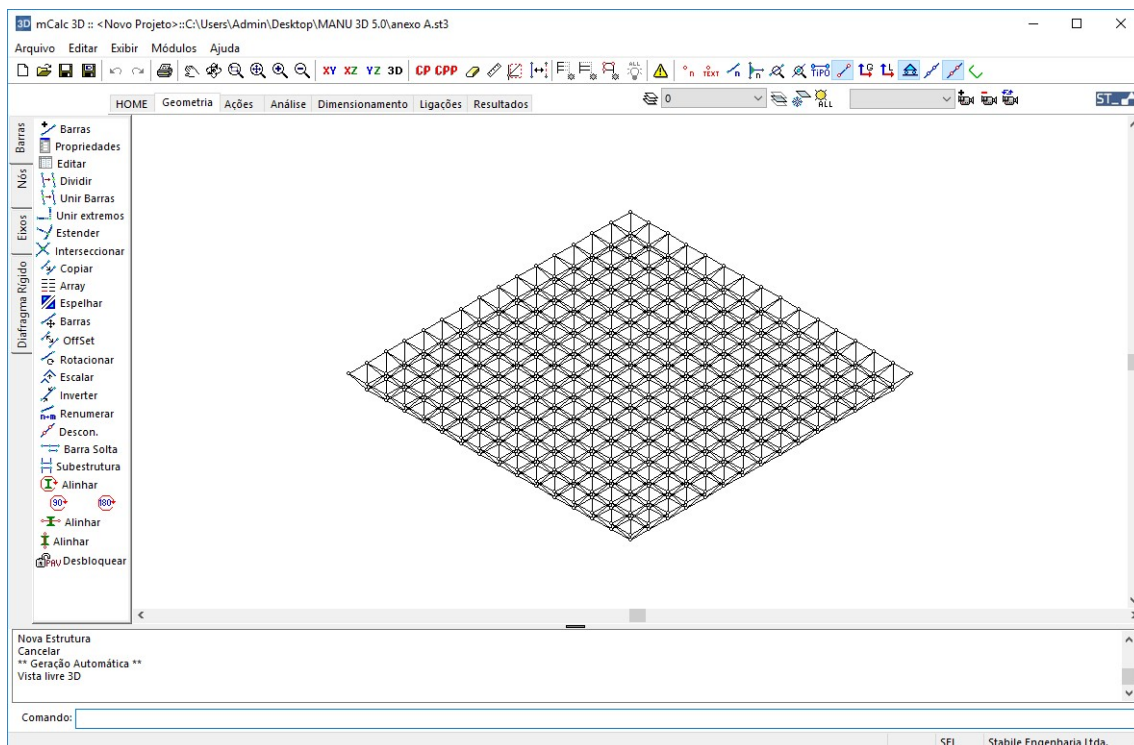
Inicializa-se as variáveis B. Superior, Inferior, e Diagonais, declarando-se suas áreas. Deve-se declarar também o Módulo de Elasticidade (E) do aço que será utilizado no projeto.





Clicando-se no botão *OK*, depois das declarações, o **mCalc 3D** gerará a estrutura:

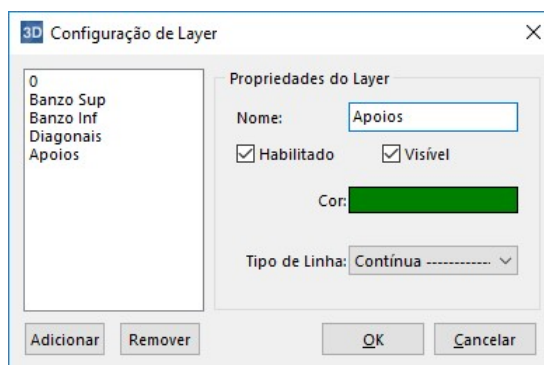




4º. Passo: Geometria

Para facilitar a edição e a visualização da estrutura, criaremos layers, que serão aplicados às barras. Clica-se sobre o botão de edição de layers e cria-se 4 novos layers, sugere a imagem abaixo.

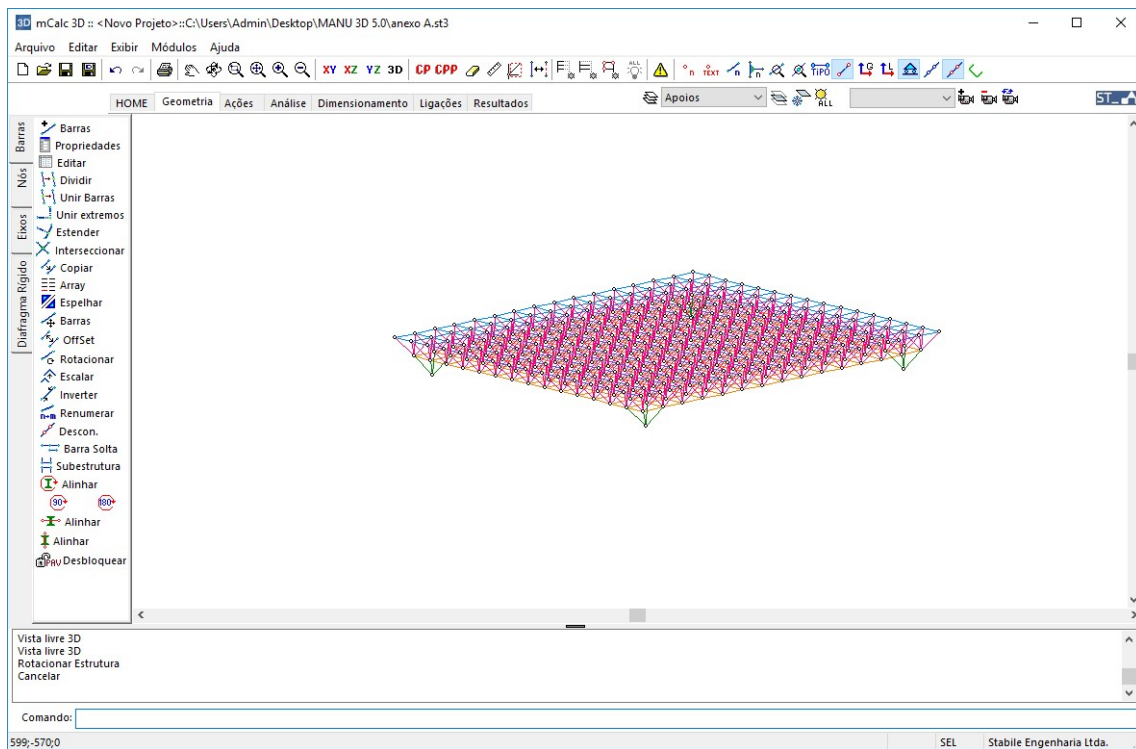
Aplicam-se os novos layers às barras correspondentes (Banzo Sup. para o banzo superior, Banzo Inf. para o inferior e Diagonais para as diagonais).



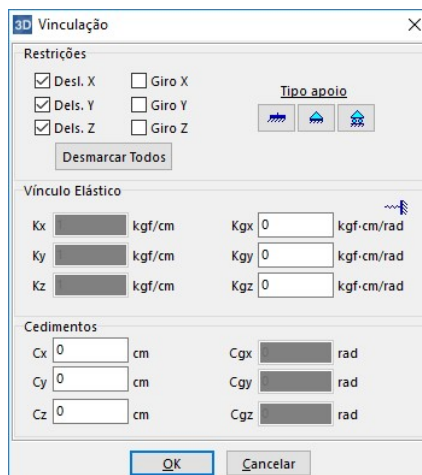
Nesse módulo acrescentam-se os pés-de-galinha (apoios) da cobertura.

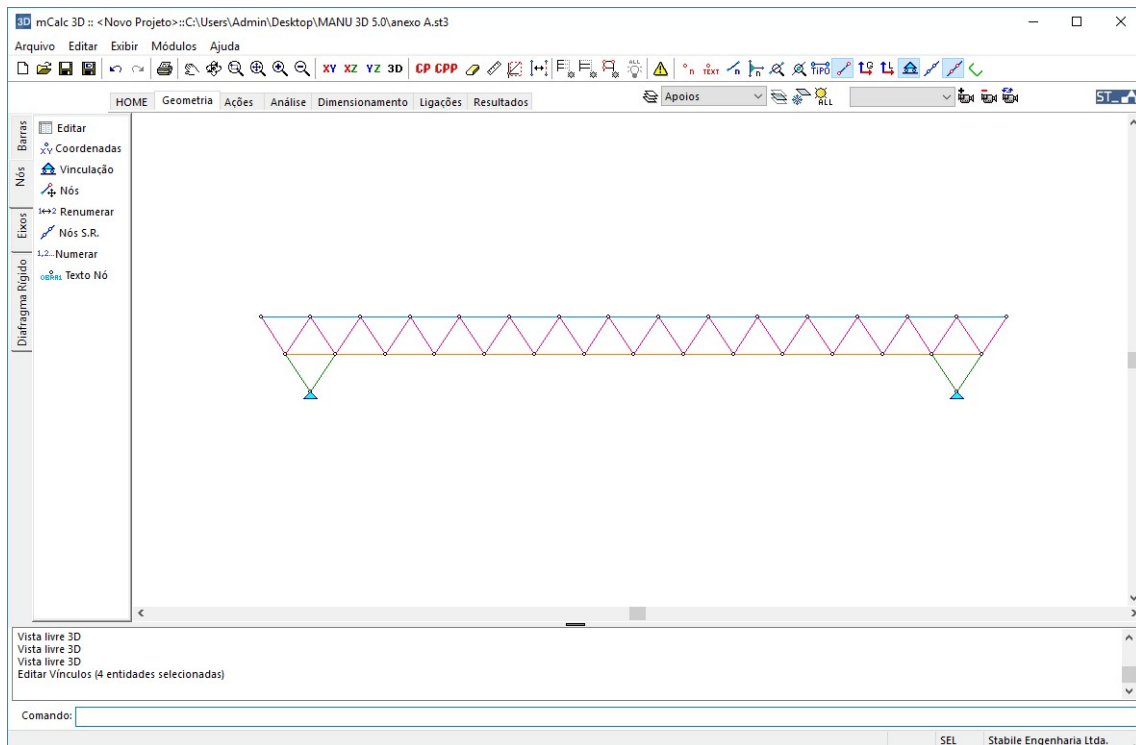


Uma maneira mais fácil de criar as barras de apoio é copiar um conjunto de diagonais da treliça para o banzo inferior.



É necessário ainda declarar os nós vinculados da estrutura. Para isso, seleciona-se o comando Vinculação, no menu Nós, seleciona-se os nós inferiores das barras de apoio (pés-de-galinha) e confirma-se com <Enter>. Nesse exemplo, utilizaremos apoios rotulados, com restrição nas três direções principais (X,Y e Z).

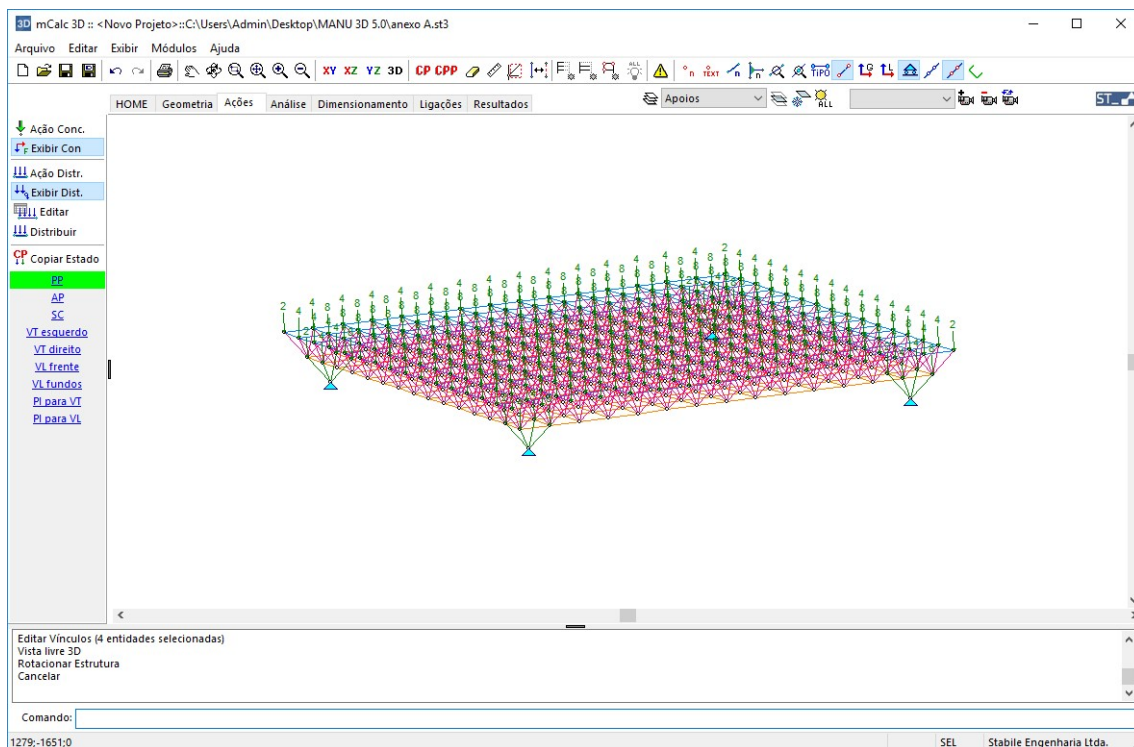




5º. Passo: Ações

Passando-se para o módulo de Ações:





O **Assistente de Projetos** gerou nove estados de ações: *Peso Próprio*, *Ação Permanente*, *Sobrecarga*, *Vento Transversal esquerdo*, *Vento Transversal direito*, *Vento Longitudinal de frente*, *Vento Longitudinal de fundos*, *Pressão Interna para V. Transversal* (direito ou esquerdo) e *Pressão Interna para V. Longitudinal* (de frente ou fundos).

Clicando-se sobre o nome de cada estado, no menu à esquerda, esse estado será ressaltado com uma barra verde de fundo.

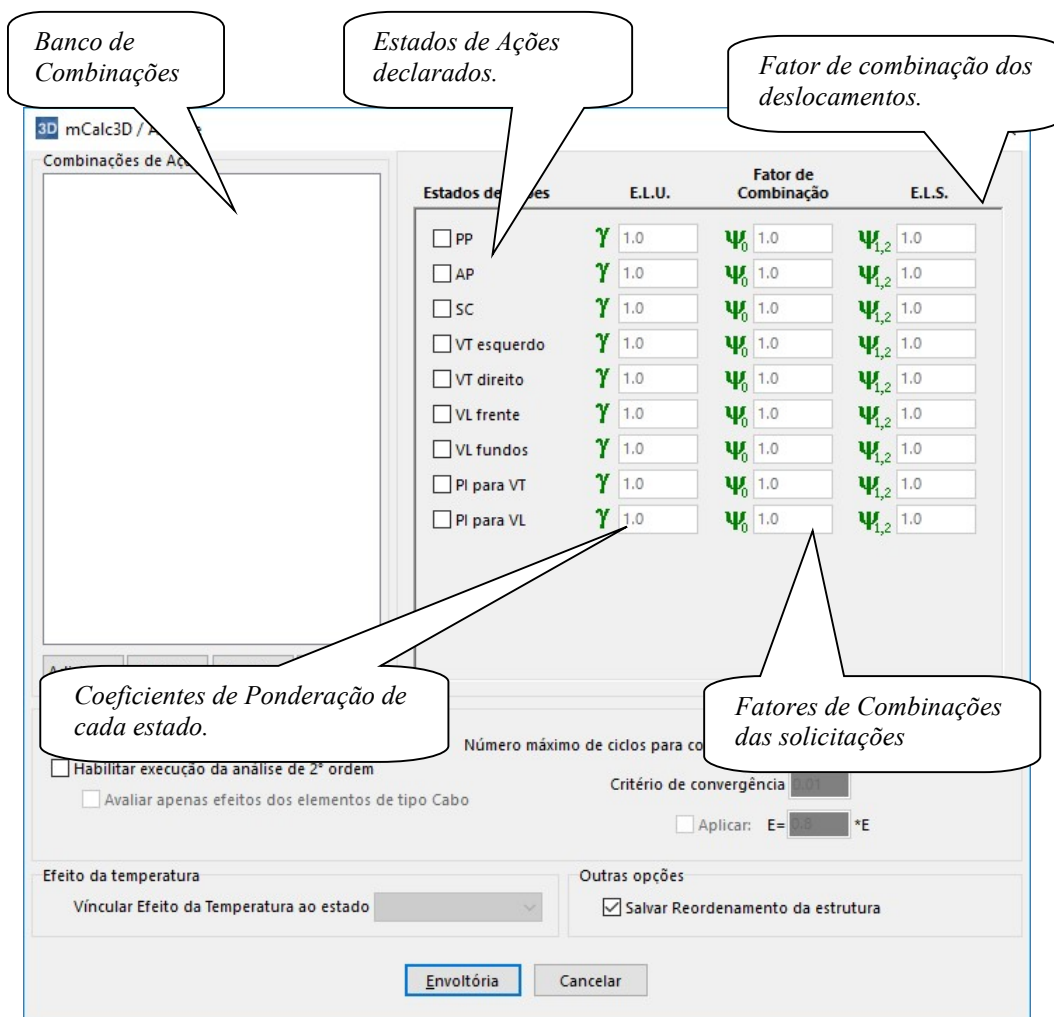
Caso o usuário deseje alterar ou acrescentar ações, pode fazê-lo, conforme visto no capítulo 4.

6º. Passo: **Análise**

Passa-se para o módulo de Análise da estrutura.

Surgirá a janela a seguir, apresentando:





Compõe-se as diversas combinações da seguinte forma:

1ª. combinação: 1.4 PP + 1.4 AP + 1.5 Sobrecarga

2ª. combinação: 1.0 PP + 1.0 AP + 1.4 VT esquerdo + 1.4 PI/VT

3ª. combinação: 1.0 PP + 1.0 AP + 1.4 VT direito + 1.4 PI/VT

4ª. combinação: 1.0 PP + 1.0 AP + 1.4 VL frente + 1.4 PI/VL

5ª. combinação: 1.0 PP + 1.0 AP + 1.4 VL fundos + 1.4 PI/VL

Ao final de cada linha pressiona-se o botão *Adicionar*.



Ao se ter declarado todas as combinações pressiona-se o botão *Envoltória* para finalizar **Análise**.

7º. Passo: **Dimensionamento**

O módulo de **Dimensionamento** foi programado para trabalhar como um verificador de perfis: propõe-se um perfil e o módulo **Dimensionamento** calcula e dá a resposta em termos de *performance* do perfil: a relação $S_d/R_d\%$, i.e. a relação entre a **Solicitação de Cálculo** e a **Resistência de Cálculo**.

O modo de operação é:

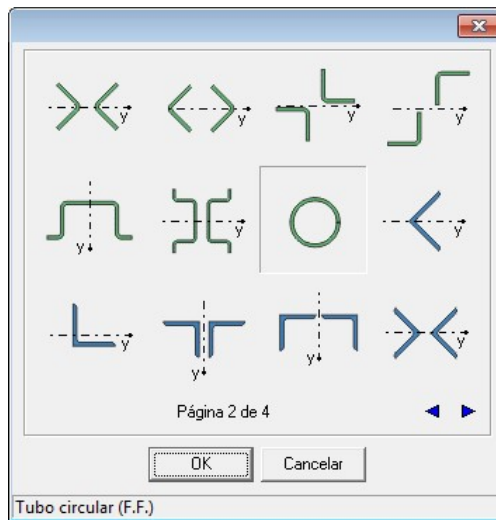
- Clica-se sobre o comando *Dimensionar* e seleciona-se um conjunto de barras
- Confirma-se a seleção com o botão direito do *mouse*
- Escolhe-se o perfil e suas dimensões
- Escolhe-se a orientação que se quer aplicar o perfil na estrutura
- Pressiona-se os botões *Calcular* e *Aplicar* (ou *Aplicar a Todos*)

Quando um conjunto grande de barras será dimensionado com um mesmo tipo de perfil (por exemplo, diversas seções de perfil U formado a frio), passa a ser interessante o uso do comando **Autodimensionar**.

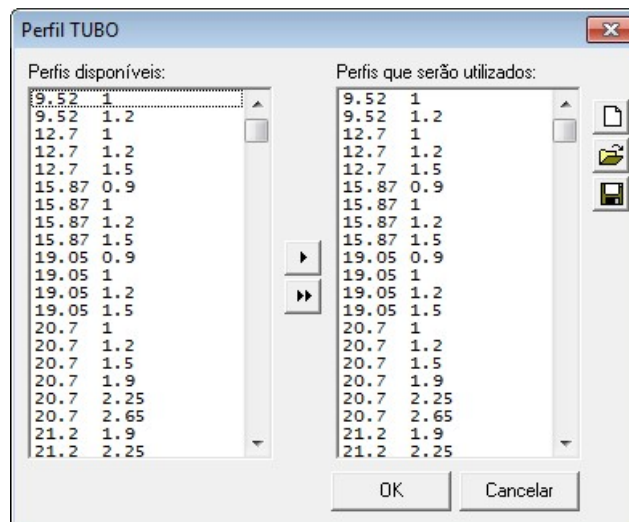
Clica-se sobre o botão Autodimens., seleciona-se toda a estrutura e confirma-se com o botão direito do *mouse*.

Na janela que surge, seleciona-se o tipo de perfil a ser adotado. Para o nosso exemplo, utilizaremos perfis tubulares.





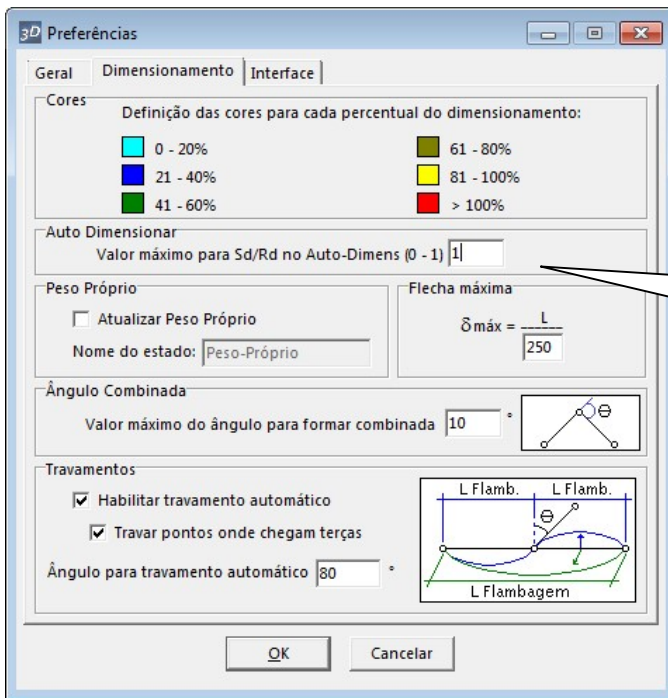
Em seguida, seleciona-se no banco de dados de perfis, quais dimensões serão testadas pelo programa.



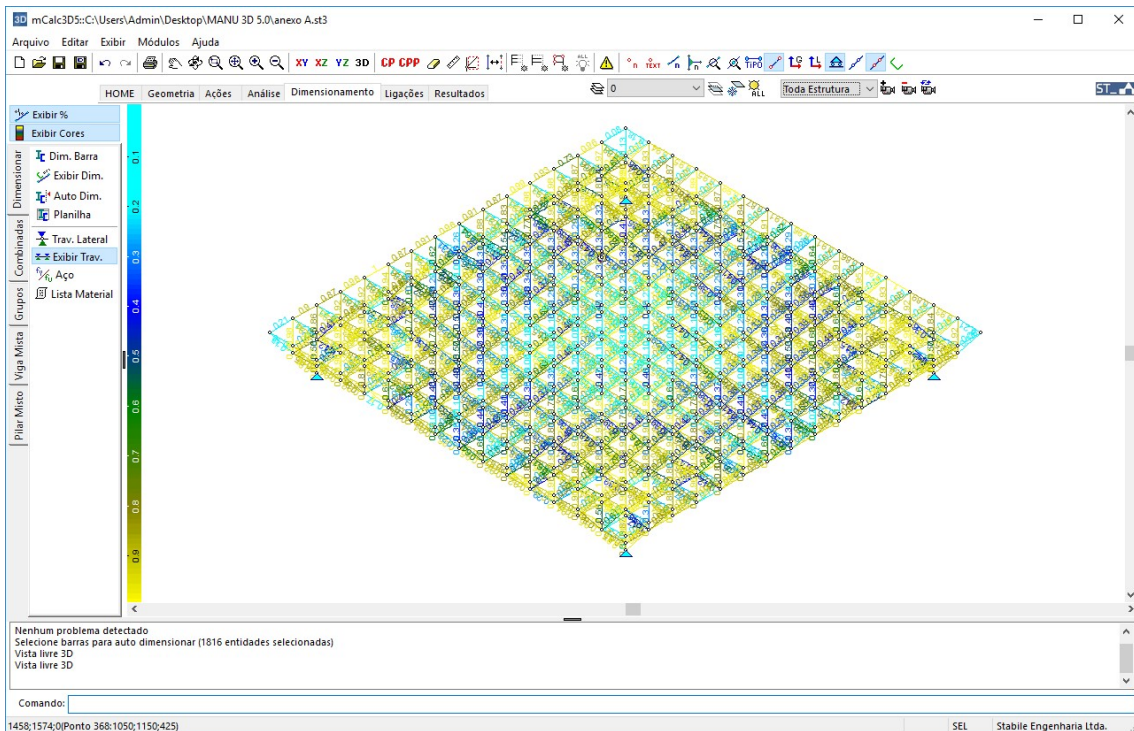
O **mCalc 3D** adotará, para cada barra, a menor seção dentre as seções testadas que atenda aos critérios de segurança.

O valor máximo para a relação Solicitação/Resistência pode ser editado na janela de preferências.





Máxima relação Sd/Rd aceita pelo AutoDimensionamento



Após o dimensionamento, e clicando sob a aba do módulo de Resultados, o programa



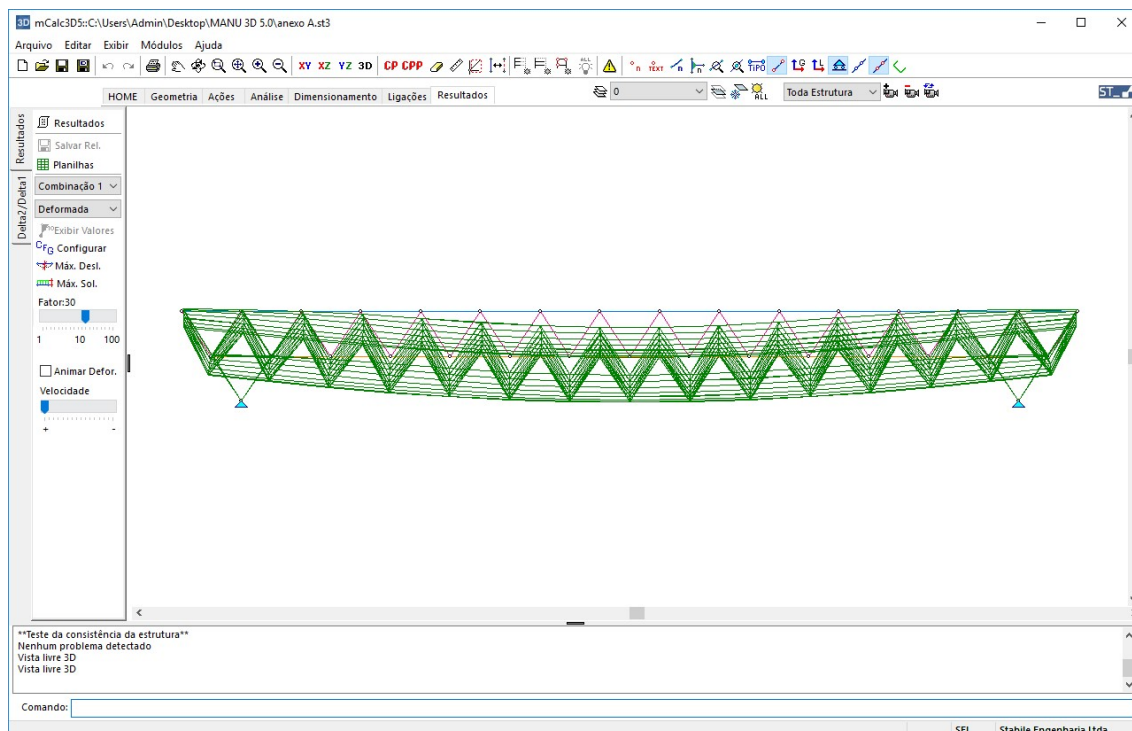
perguntará se deseja re-analisar a estrutura. Recomenda-se que faça-se nova análise. Ao analisar a estrutura com as novas propriedades, os deslocamentos e esforços nas barras mudam, sendo necessário, algumas vezes, o redimensionamento das barras que tiveram sua capacidade de carga excedida. Repetindo o autodimensionamento algumas vezes, atualizando as propriedades e analisando a estrutura entre cada dimensionamento, obtém-se uma estrutura mais econômica e segura.

8º. Passo: Resultados

O módulo de **Resultados** apresenta os relatórios da *Análise* e do *Dimensionamento*.

Esses relatórios são textos que se pode editar, recortar e colar num editor de textos para personalizar a memória de cálculo, ou imprimi-lo diretamente, pressionando-se o botão *Imprimir*.

O **mCalc 3D** permite ainda visualizar o estado deformado da estrutura para cada combinação de ações. Clica-se sobre *Diagramas* para ver o estado deformado da 1ª combinação de ações e assim sucessivamente.



ANEXO B



EXEMPLO COMPLETO

ANEXO B

B.1 EXEMPLO

Apresenta-se o cálculo completo de um galpão a partir de uma estrutura plana utilizando-se o **mCalc 3D**.

Dados da estrutura:

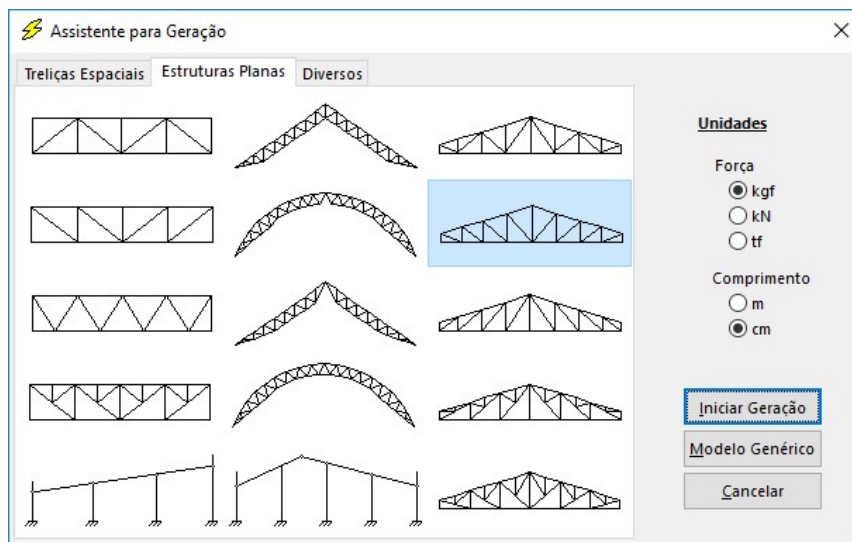
<i>Vão Teórico</i>	20,00 m
<i>Comprimento</i>	60,00 m
<i>Altura Máxima</i>	2,00 m
<i>Altura Mínima</i>	1,00 m
<i>Inter-terças</i>	1,40 m
<i>Inter-tesouras</i>	5,00 m
<i>Pé-direito</i>	5,00 m
<i>Localização: Zona Industrial de Curitiba / PR</i>	

Solução:

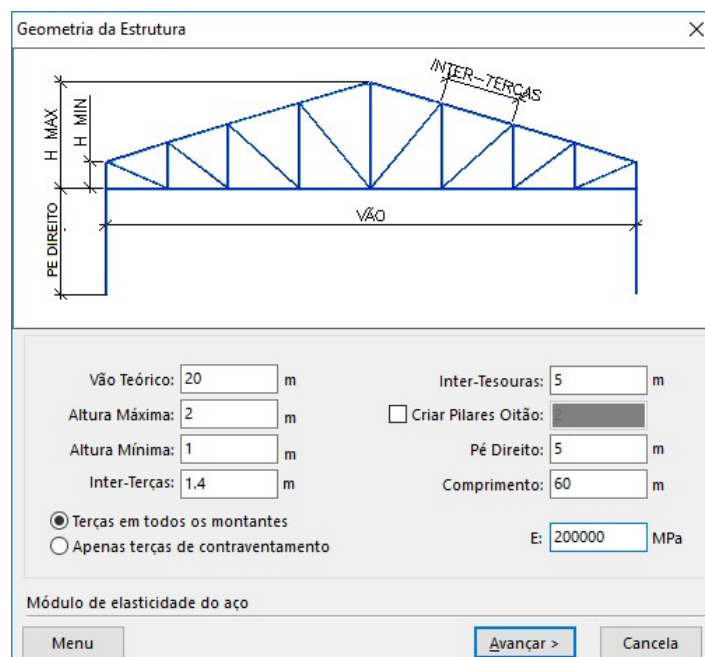
1º. Passo:

Clica-se na aba *Estruturas Planas*, e em seguida seleciona-se a segunda tesoura da terceira coluna. Neste exemplo, trabalharemos com o sistema de unidades em centímetros (cm) e quilograma força (kgf).





Depois de selecionado o tipo de estrutura e as unidades, prossegue-se com a entrada de dados clicando no botão **Iniciar Geração**.



2º. Passo:

Declaram-se os dados relativos às ações:

- Ação permanente (telhas, forro, etc.)..... 12 kgf/m²
- Sobrecarga de utilização 25 kgf/m²
- Pressão Dinâmica 54 kgf/m²

A Pressão Dinâmica e os valores dos coeficientes de pressão interna para vento transversal, longitudinal (que dependem das áreas de aberturas das paredes) e o coeficiente de forma para o vento longitudinal (que depende da posição que está a estrutura que se vai calcular, em relação ao prédio) serão determinadas pelo módulo **ST_Vento**.

Geração de Cargas Distribuídas

Ação Permanente: 12 kgf/m² Pressão Dinâmica: 54 kgf/m²
Sobrecarga: 25 kgf/m² Modelar Ação do Vento

Vento 0° Vento 90° Vento 180° Vento 270°

Parede

Telhado

Pressão Interna

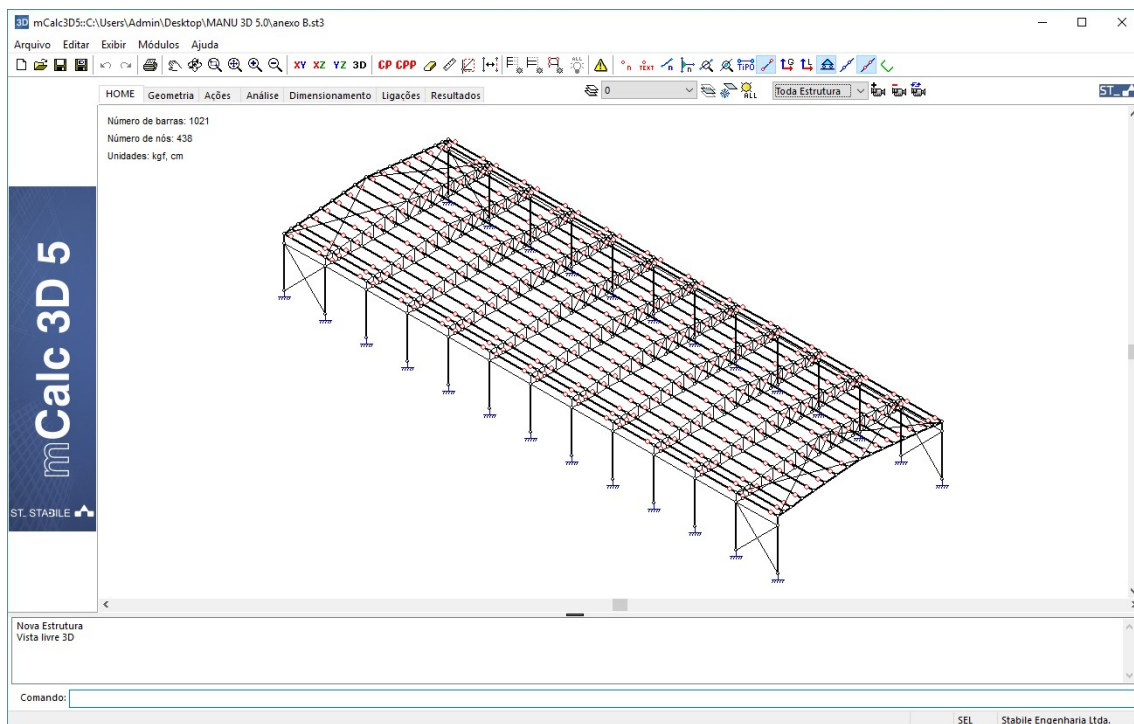
Pressão Interna V0°: -0.3

Pressão interna do vento 0°

Menu < Voltar Concluir Cancela

Clicando-se no botão *Concluir*, depois das declarações, o **Calc 3D** gerará a estrutura:

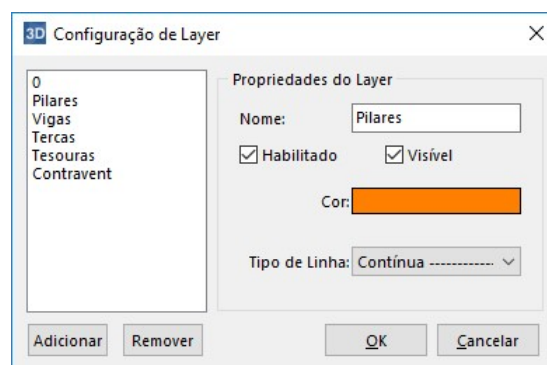


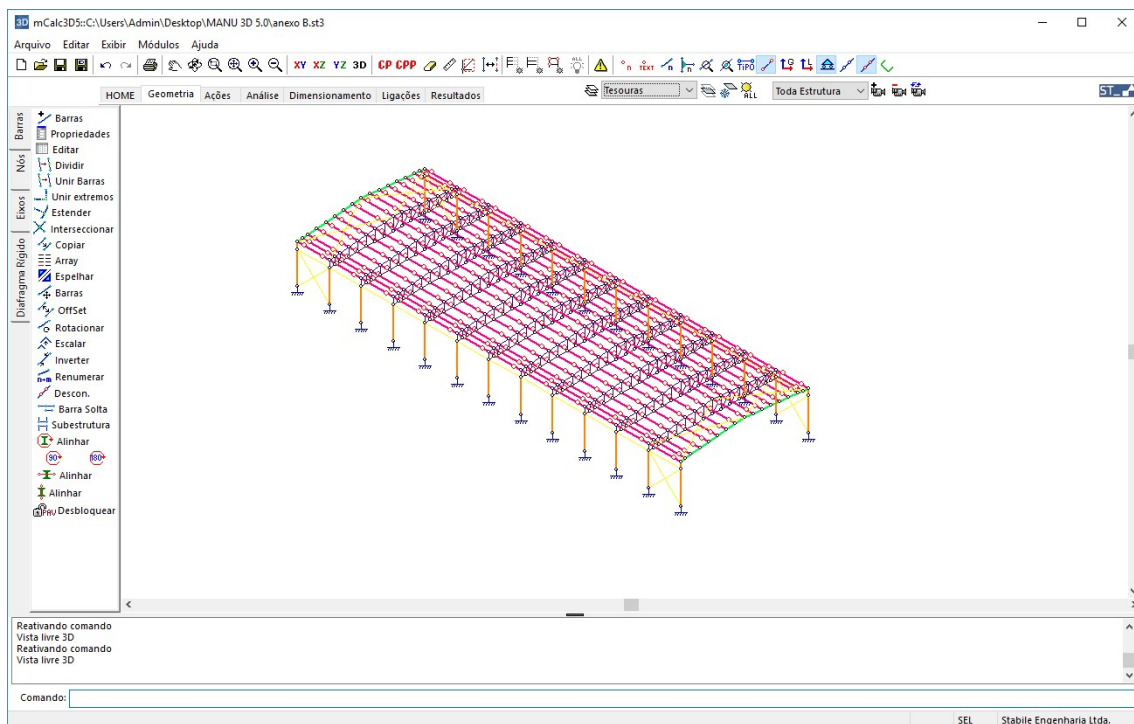


4º. Passo: Geometria

Para facilitar a edição e a visualização da estrutura, criaremos layers, que serão aplicados às barras. Clica-se sobre o botão de edição de layers e criam-se novos layers, como sugere a imagem abaixo.

Aplicam-se os novos layers às barras correspondentes:



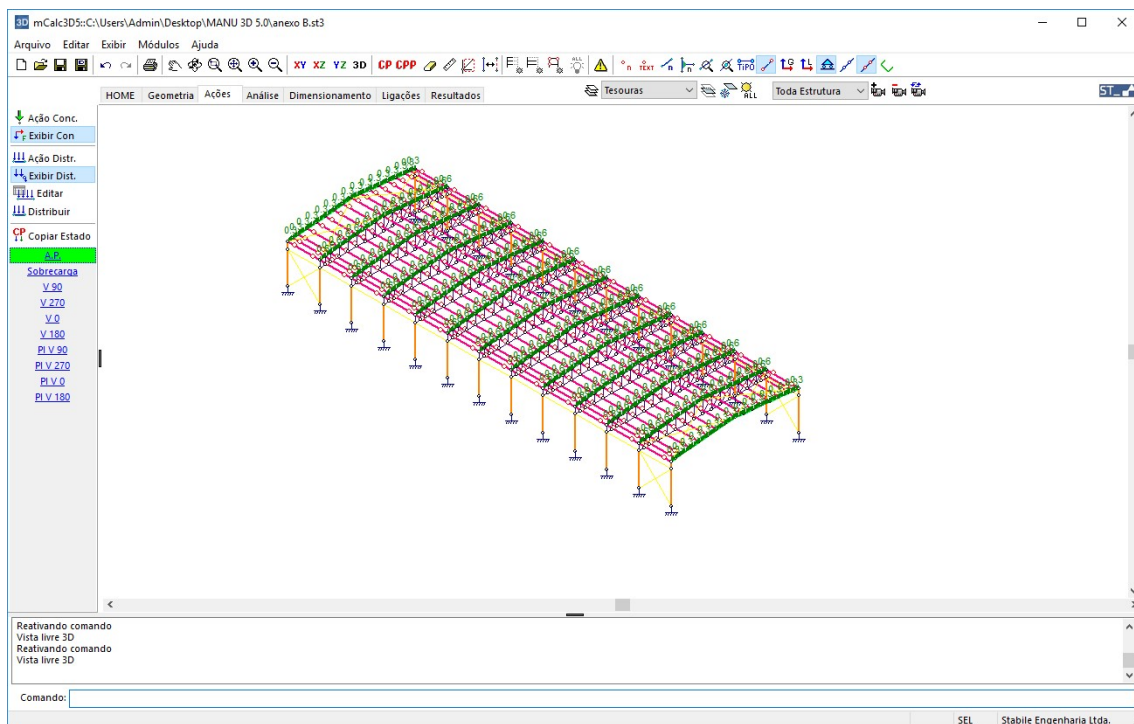


Nesse caso, por *default*, os nós nos apoios dos pilares já estarão vinculados com restrição nas seis direções principais (translações e rotações nas direções x, y e z). Ficando a critério do usuário manter ou alterar a vinculação.

5º Passo: Ações

Passando-se para o módulo de Ações:





O **Assistente de Projetos** gerou dez estados de ações: *Ação Permanente, Sobrecarga, Vento 90°, Vento 270°, Vento 0°, Vento 180°*, *Pressão Interna para Vento 90°, Pressão Interna para Vento 270°, Pressão Interna para Vento 0° e Pressão Interna para Vento 180°*.

Clicando-se sobre o nome de cada estado, no menu à esquerda, esse estado será ressaltado com uma barra verde de fundo.

Caso o usuário deseje alterar ou acrescentar ações, pode fazê-lo, conforme visto no capítulo Ações.

6º. Passo: **Análise**

Passa-se para o módulo de Análise da estrutura.

Compõe-se as diversas combinações da seguinte forma:

1ª. combinação: 1.4 AP + 1.5 Sobrecarga



2ª. combinação: 1.0 AP + 1.4 V 90 + 1.4 PI V 90

3ª. combinação: 1.0 AP + 1.4 V 270 + 1.4 PI V 270

4ª. combinação: 1.0 AP + 1.4 V 0 + 1.4 PI V 0

5ª. combinação: 1.0 AP + 1.4 V 180 + 1.4 PI V 180

Ao final de cada linha pressiona-se o botão *Adicionar*.

Ao se ter declarado todas as combinações pressiona-se o botão *Envoltória* para finalizar **Análise**.

7º. Passo: **Dimensionamento**

O módulo de **Dimensionamento** foi programado para trabalhar como um verificador de perfis: propõe-se um perfil e o módulo **Dimensionamento** calcula e dá a resposta em termos de *performance* do perfil: a relação $S_d/R_d\%$, i.e. a relação entre a **Solicitação de Cálculo** e a **Resistência de Cálculo**.

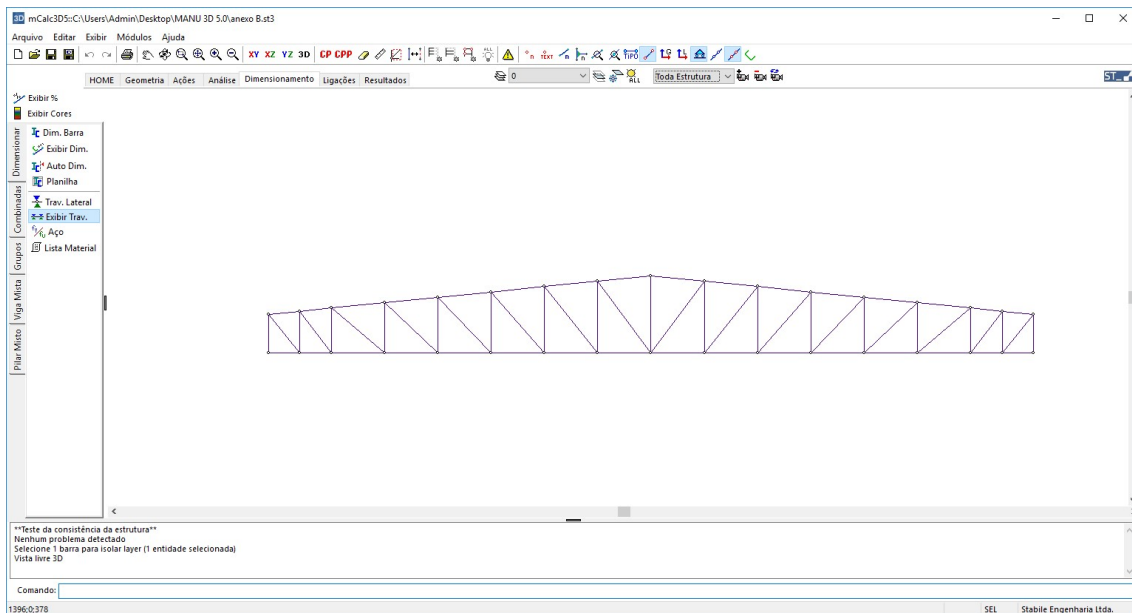
O modo de operação é:


- Clica-se sobre o comando *Dimensionar* e seleciona-se um conjunto de barras
- Confirma-se a seleção com o botão direito do *mouse*
- Escolhe-se o perfil e suas dimensões
- Escolhe-se a orientação que se quer aplicar o perfil na estrutura
- Pressiona-se os botões *Calcular* e *Aplicar* (ou *Aplicar a Todos*)

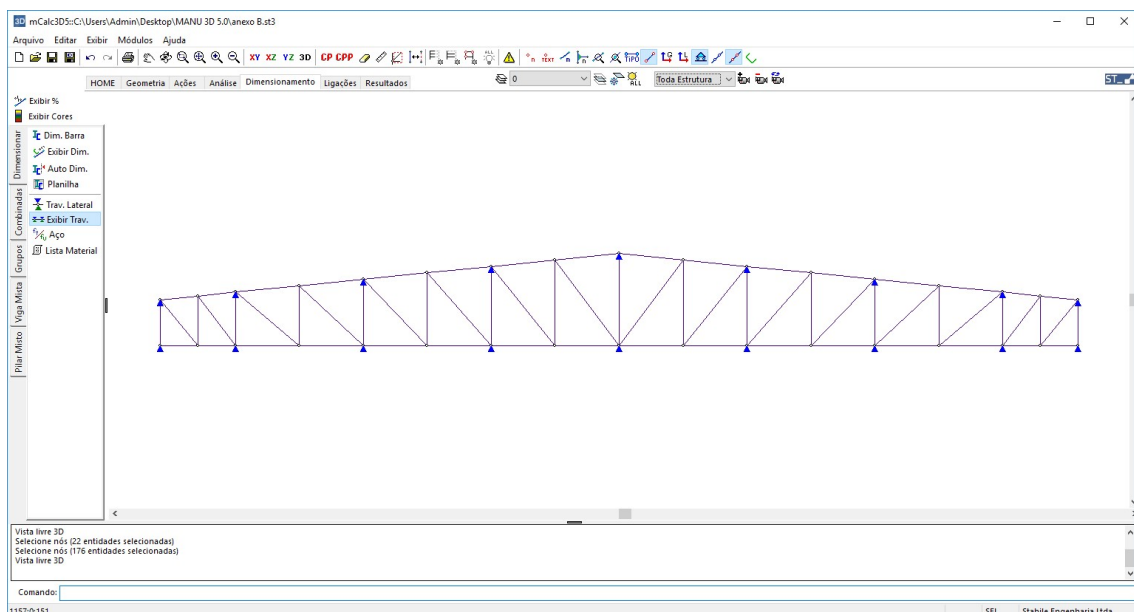
Quando um conjunto grande de barras será dimensionado com um mesmo tipo de perfil (por exemplo, diversas seções de perfil U formado a frio), passa a ser interessante o uso do comando **Autodimensionar**.

Neste caso, primeiramente, vamos manter invisíveis os layers que não correspondem as tesouras e chamar o autodimensionamento para banzos (superiores e inferiores) e diagonais:





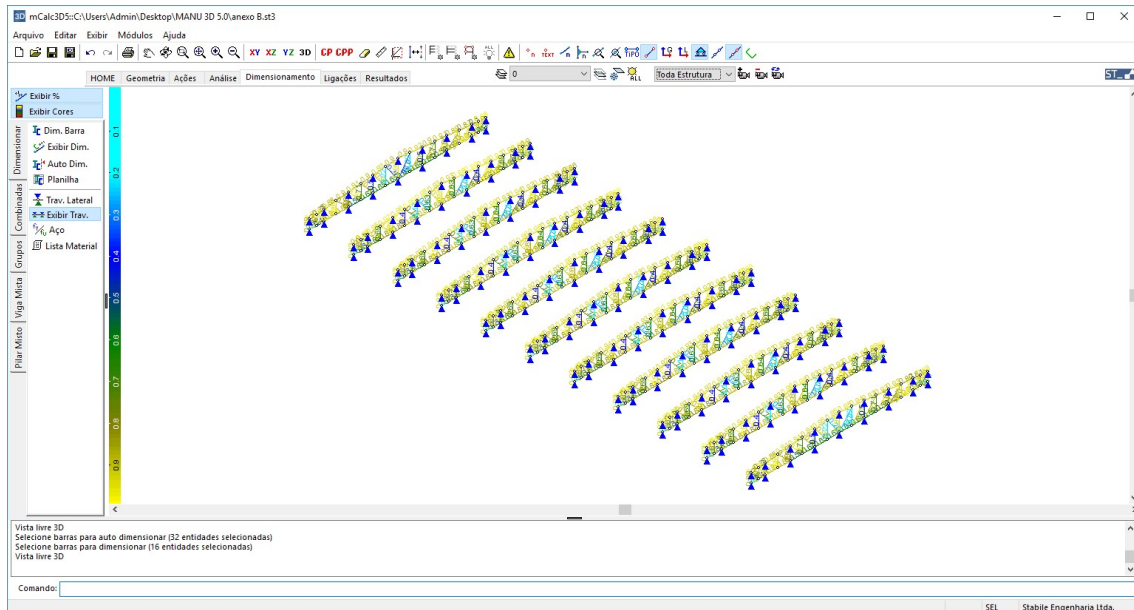
Para este exemplo, desabilitaremos na janela de preferências o travamento automático e o travamento de pontos de chegada de terças. Faz-se então, o travamento lateral através do botão  Travam. Lateral.



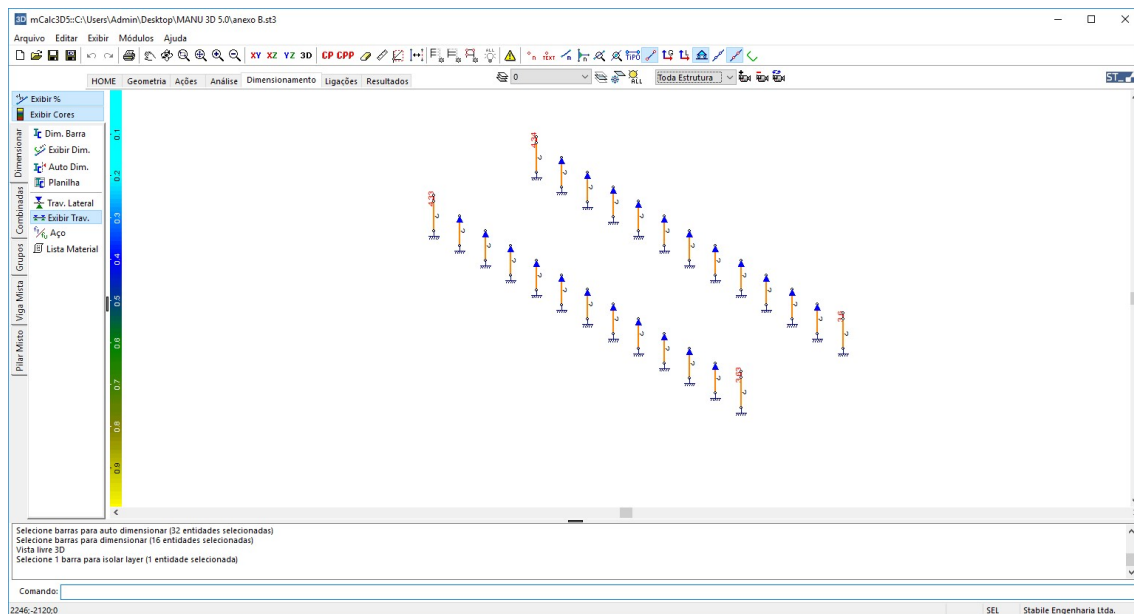
Após travar lateralmente os nós, então selecionam-se as barras do banzo superior para o comando autodimensionar e aplica-se o perfil tipo U FF com a orientado de acordo com



a posição no banzo superior. O mesmo faz-se para o banzo inferior e para as diagonais.



Depois de dimensionadas as tesouras, deixam-se visíveis os pilares para dimensionar:

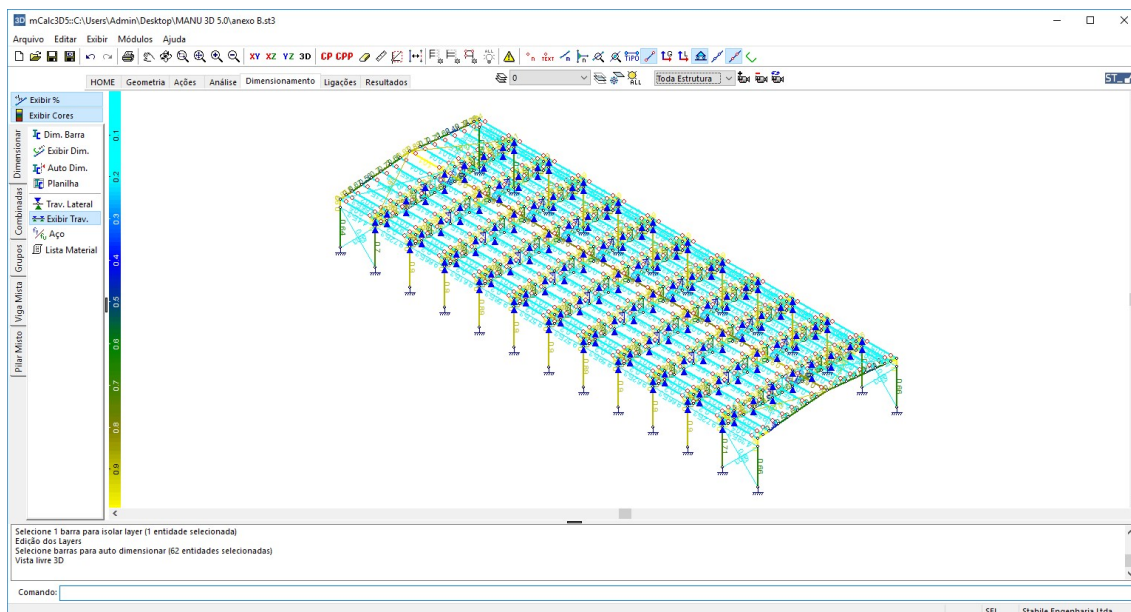


Usou-se o autodimensionamento e optou-se por perfil tipo I da Açominas.

Depois repete-se o processo para os demais elementos: habilita-se o layer e seleciona as



barras para o dimensionamento.



Após o dimensionamento, e clicando sob a aba do módulo de Resultados, o programa perguntará se deseja re-analisar a estrutura. Recomenda-se que faça-se nova análise. Ao analisar a estrutura com as novas propriedades, os deslocamentos e esforços nas barras mudam, sendo necessário, algumas vezes, o redimensionamento das barras que tiveram sua capacidade de carga excedida. Repetindo o autodimensionamento algumas vezes, atualizando as propriedades e analisando a estrutura entre cada dimensionamento, obtém-se uma estrutura mais econômica e segura.

8º. Passo: Resultados

O módulo de **Resultados** apresenta os relatórios da *Análise* e do *Dimensionamento*.

Esses relatórios são textos que se pode editar, recortar e colar num editor de textos para personalizar a memória de cálculo, ou imprimi-lo diretamente, pressionando-se o botão *Imprimir*.

O **mCalc 3D** permite ainda visualizar o estado deformado da estrutura para cada combinação de ações e visualizar a deformação dos nós nas três direções. Clica-se sobre *Diagramas* para ver o estado deformado da 1ª combinação de ações e assim sucessivamente. Ao aproximar o cursor de um nó abre uma janela mostrando os deslocamentos e giros do respectivo nó.



