

## Calculadora de Cisalhamento em Parede de Alvenaria Estrutural

A partir da Versão 17 do Alvest foram criadas as novas calculadoras para verificação gráfica de alvenaria estrutural. Na Comunidade-TQS já foram divulgadas algumas dicas sobre como utilizar a Calculadora de Tração nas Paredes e a Calculadora de Vergas e Lintéis (os links para essas mensagens na Biblioteca Digital-TQS seguem no final dessa mensagem).

Agora será abordado o uso da calculadora de cisalhamento.

Primeiramente, é importante descrever que normalmente a tensão de cisalhamento nas paredes acontece por esforço cortante horizontal. A tensão de cisalhamento é calculada pelas expressões destacadas abaixo:

Para alvenaria não armada:

$$\tau_{alv} = \frac{V_d}{b \cdot h \cdot k_{cis}}$$

Para alvenaria armada:

$$\tau_{alv} = \frac{V_d}{b \cdot d \cdot k_{cis}}$$

Onde:

$V_d$  é esforço cortante horizontal de cálculo advindo das ações do vento.

$b$  é a largura efetiva da seção transversal.

$h$  é a altura da seção transversal.

$d$  é a altura útil da seção.

$k_{cis}$  é um coeficiente para correção da espessura da seção.

O valor de  $k_{cis}$  é fornecido no arquivo de critérios de cálculo: “Alvest > Editar > Critérios > Critérios de Cálculo > Critérios Gerais > Redutor de área para cisalhamento -  $k_{cis}$ ”. Em “Alvest > Editar > Critérios > Critérios de Cálculo > Armadura > Cisalhamento” é possível verificar qual o espaçamento de estribo definido:

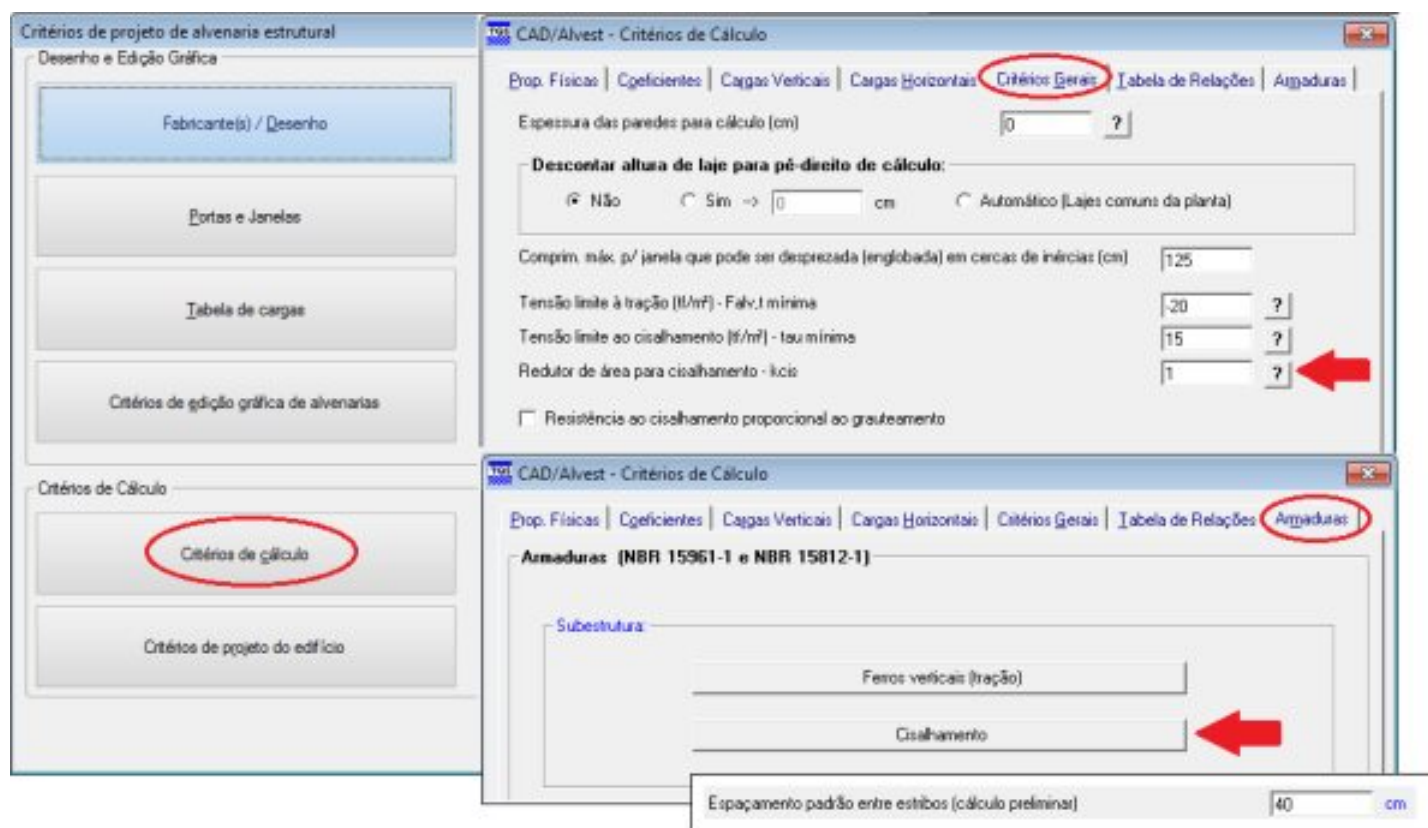


Figura 1 – Critérios de projeto de alvenaria estrutural.

De acordo com o Item 11.4 das normas NBR 15812-1:2010 e NBR 15961-1:2011, quando necessária, a armadura de cisalhamento paralela à direção de atuação da força cortante é determinada por:

$$A_{sw} = \frac{(V_d - V_a) \cdot s}{0,5 \cdot f_{yd} \cdot d}$$

Onde:

$A_{sw}$  é a área de armadura de cisalhamento necessária.

$s$  é o espaçamento da armadura de cisalhamento.

$f_{yd}$  é a resistência de cálculo de escoamento da armadura.

$d$  é a altura útil da seção analisada.

$V_d$  é a força cortante de cálculo.

Força cortante absorvida pela alvenaria:  $V_a = f_{vd} \cdot b \cdot d$

Quando houver tensão de cisalhamento na subestrutura maior que a admissível, ao final do processamento do edifício é emitida uma mensagem de erro grave referente à “Cisalhamento em trecho de subestrutura”, como pode ser visto na figura abaixo:

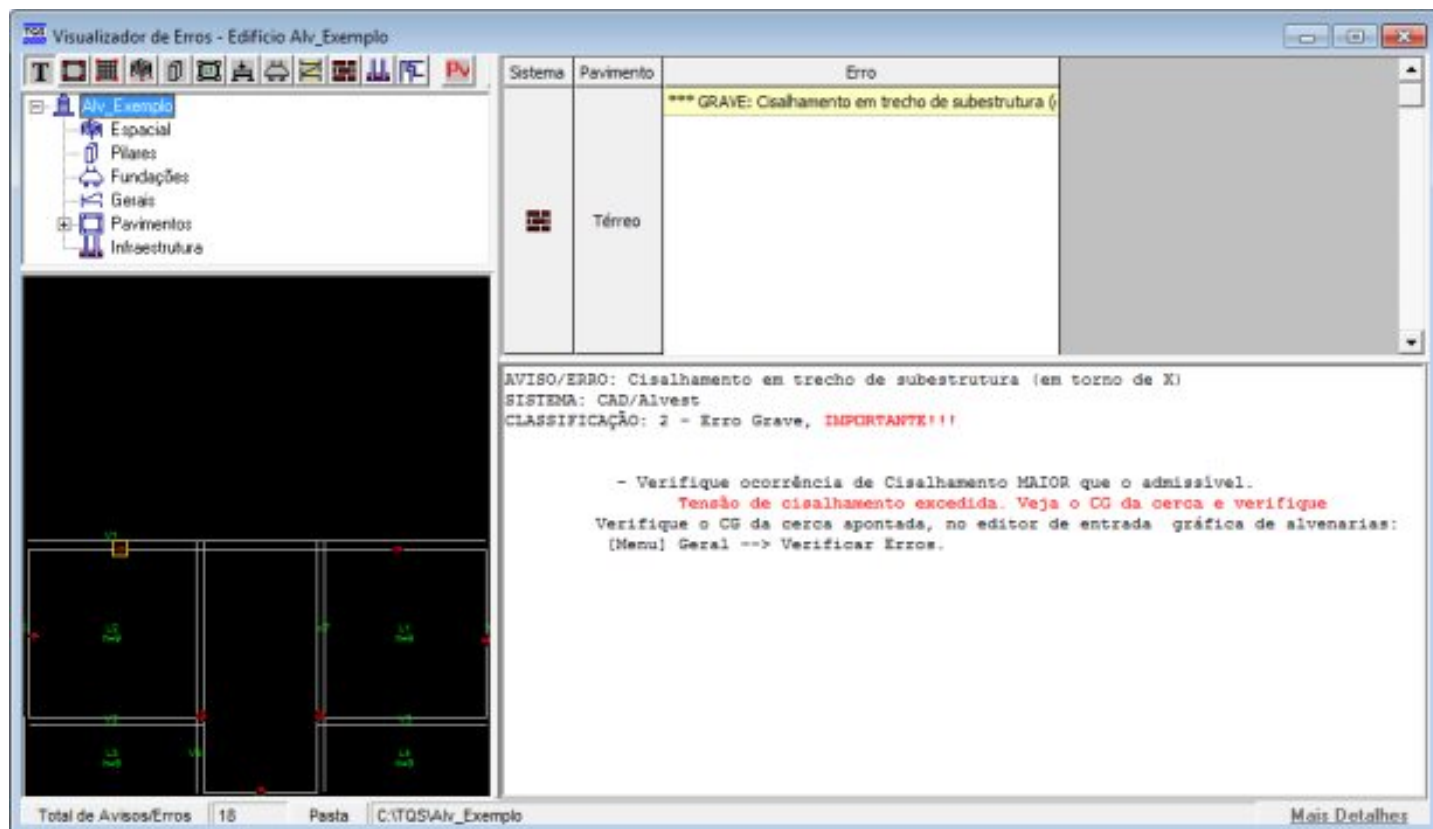


Figura 2 – Visualizador de Erros.

Observe que no próprio Visualizador de Erros é possível identificar o pavimento onde há subestruturas com tensão de cisalhamento excedida. Nesse caso, o pavimento em questão é o Térreo.

Inicialmente, é necessário localizar a região (subestrutura) onde o problema está acontecendo no pavimento indicado anteriormente (Térreo). Para isso, pode-se utilizar o Desenho de Envoltória de Prismas, acessado conforme mostra a figura abaixo:



Figura 3 – Acessando o Desenho de Envoltória de Prismas pelo Gerenciador (I).

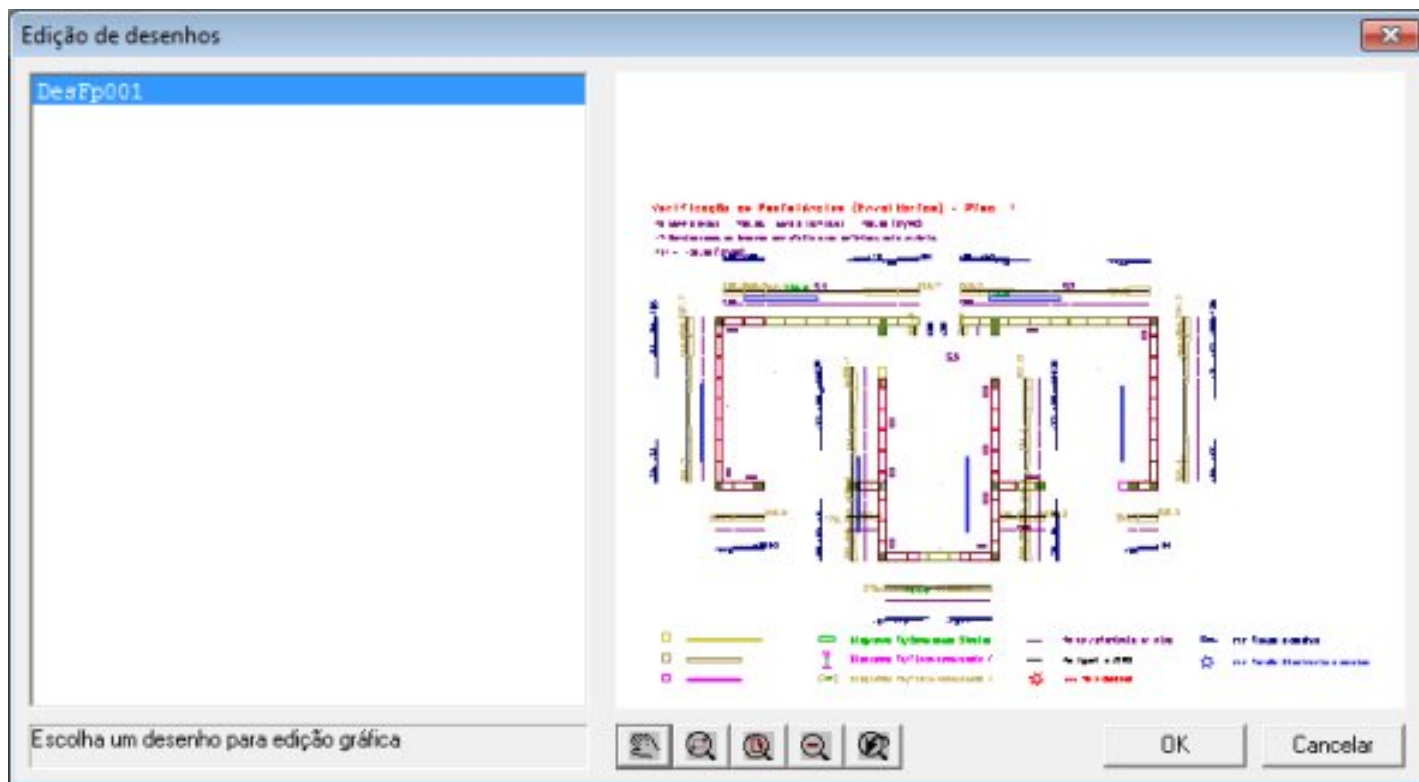


Figura 4 – Acessando o Desenho de Envoltória de Prismas (II).

Especificamente no caso desse edifício, no pavimento Térreo todas as subestruturas possuem tensão de cisalhamento excedida. Porém, para efeito de exemplo, trabalharemos apenas com a subestrutura S1.

Observe abaixo que essa subestrutura (S1) tem cisalhamento acima do resistente, tanto na cerca de vento em X, como na cerca de vento em Y:





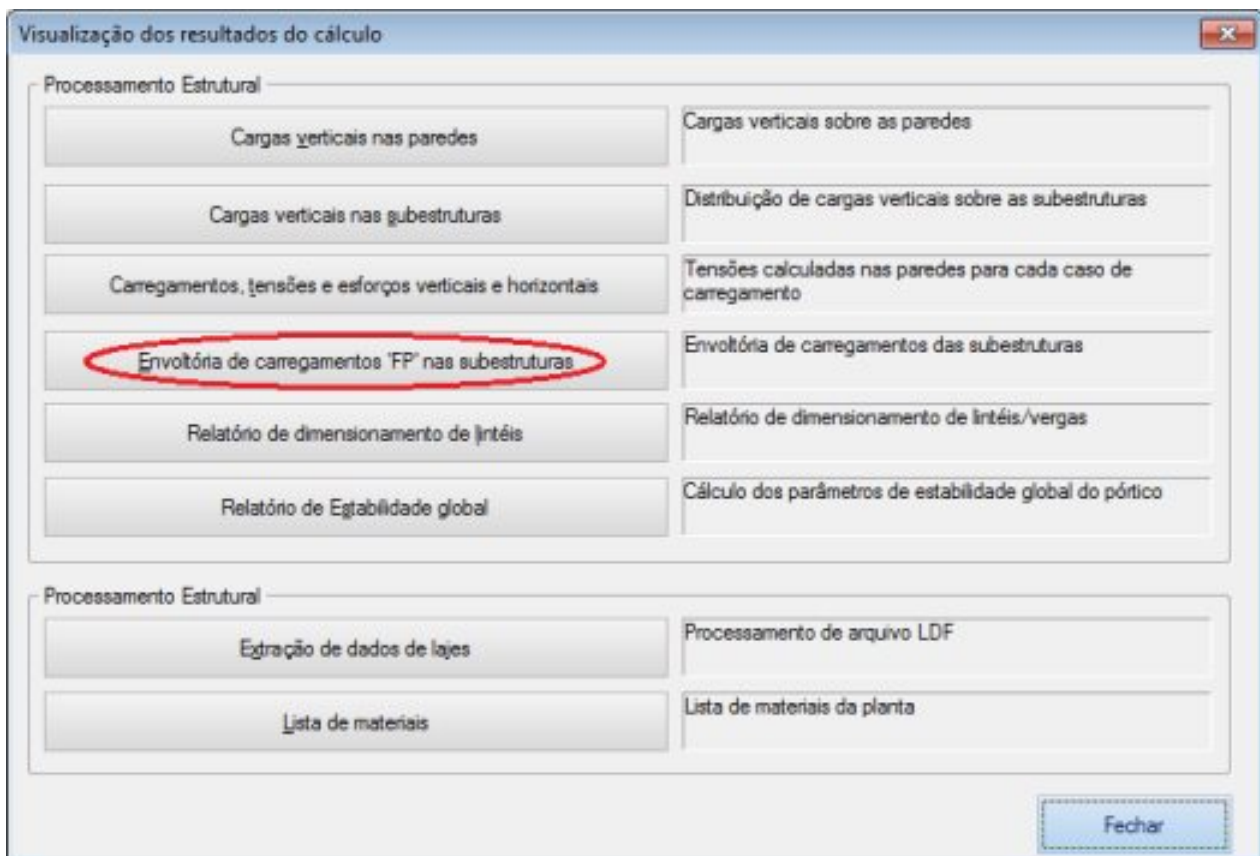


Figura 7 – Acessando relatório de Envoltória de carregamentos 'FP' nas subestruturas.

SUBESTRUTURA S1

Elemento ARMADO  
A seção NÃO É Pilar  
Pé direito efetivo: 280.00 cm  
Espessura : 14.00 cm  
Relação h/t: 20.0 (h/t)lim = 30.0  
Fator R: .875  
Tensão de pré compressão (tf/m²): 21.7

OBS: Unidades tf/m² exceto área de armadura, em cm²/m

Flexão e compressão

	fc	fc-	f1-	f1+	f2-	f2+	fpk1-	fpk1+	fpk2-	fpk2+	Res (+)
CERCA VERTICAL	23.3						106.4	106.4	106.4	106.4	Ok!
CERCA EM X (1)	23.0	21.7	-9.8	9.8	-14.1	14.1	37.8	131.1	-.3	142.6	Ok!
CERCA EM X (2)	23.0	21.7	-44.0	44.0	-53.1	53.1	-84.1	222.3	-109.6	246.6	REF!
CERCA EM Y (1)	23.0	21.7	51.5	-51.5	57.1	-57.1	-104.9	242.2	-120.8	257.3	REF!

Cisalhamento

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO (fvd): 17.50 tf/m²

CERCA EM X (1)	fd_cis =	2.250	As_cis =	.00
CERCA EM X (2)	fd_cis =	18.453	As_cis =	.11
CERCA EM Y (1)	fd_cis =	28.286	As_cis =	.41

Figura 8 – Relatório para verificação da Subestrutura S1.

Onde:

$f_{d\_cis}$  é a tensão de cisalhamento de cálculo atuante na cerca de subestrutura.

$f_{vd}$  é a tensão de cisalhamento resistente de cálculo.

Se  $f_{cd,cis} > f_{vd}$ , é necessário armar a subestrutura ao cisalhamento. No próprio relatório, é possível verificar a área de armadura necessária:

#### Cisalhamento

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO ( $f_{vd}$ ):				17.50	tf/m <sup>2</sup>
CERCA EM X (1)	$f_{d,cis}$ =	2.250	$A_{s,cis}$ =	.00	
CERCA EM X (2)	$f_{d,cis}$ =	18.453	$A_{s,cis}$ =	.11	
CERCA EM Y (1)	$f_{d,cis}$ =	28.286	$A_{s,cis}$ =	.41	

Figura 9 – Resistência ao Cisalhamento.

Onde:

$A_{s,cis}$  é a área de armadura de cisalhamento necessária.

Existe uma Calculadora de Cisalhamento no Alvest que pode ser utilizada para verificação dessa área de armadura. Ela pode ser acessada através do ícone destacado abaixo - Verificação Gráfica de Alvenarias:



Figura 10 – Acessando Verificação Gráfica de Alvenarias.

Ao selecionar Verificação Gráfica de Alvenarias será aberta uma janela identificada por Verificação Gráfica de Subestruturas, Subconjuntos, Lintéis e Vergas à flexão composta oblíqua e cisalhamento, onde será necessário ① escolher a subestrutura a ser verificada, e se essa subestrutura será verificada para ② carregamento vertical, vento na direção X ou vento na direção Y:

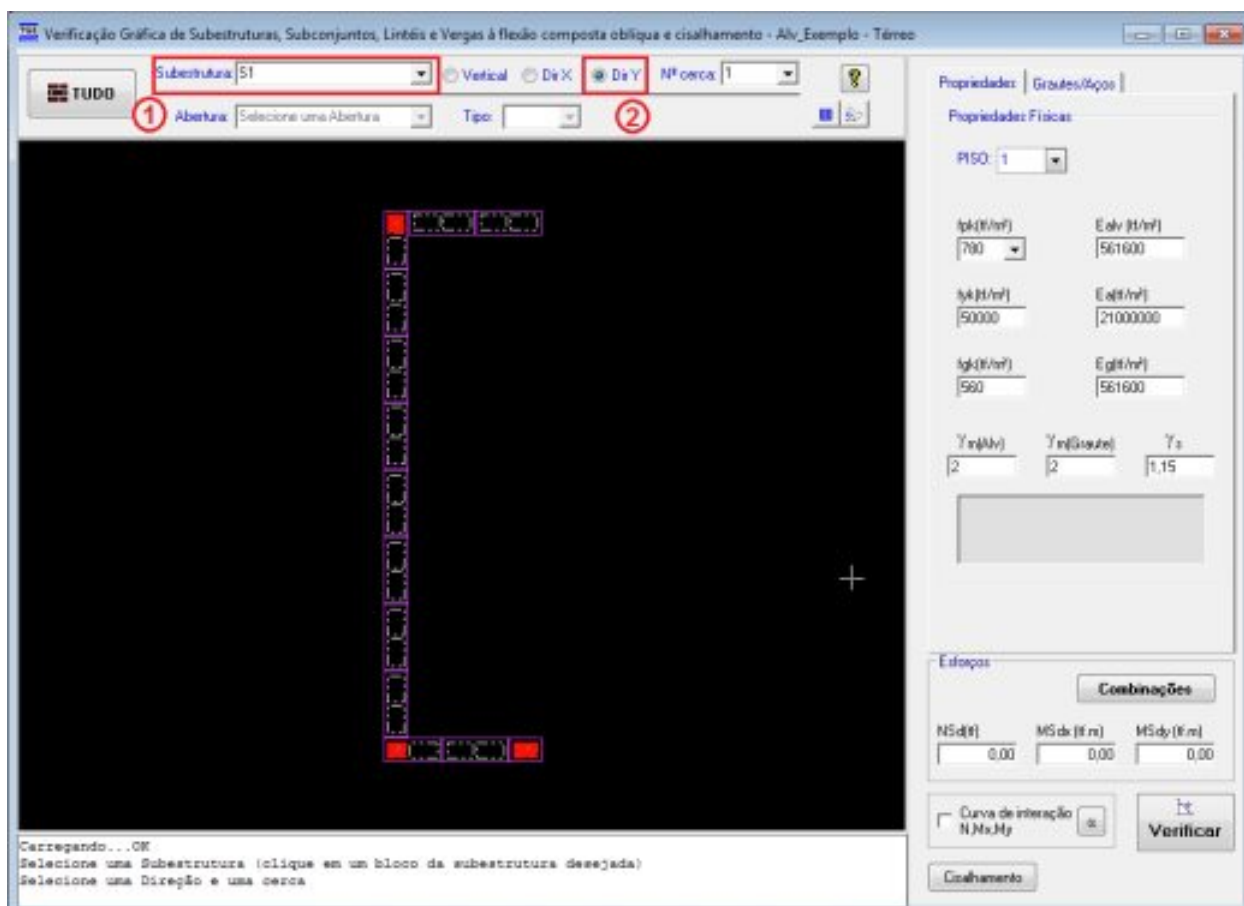


Figura 11 – Escolhendo a subestrutura a verificar.

Para acessar a Calculadora para verificação de Cisalhamento:

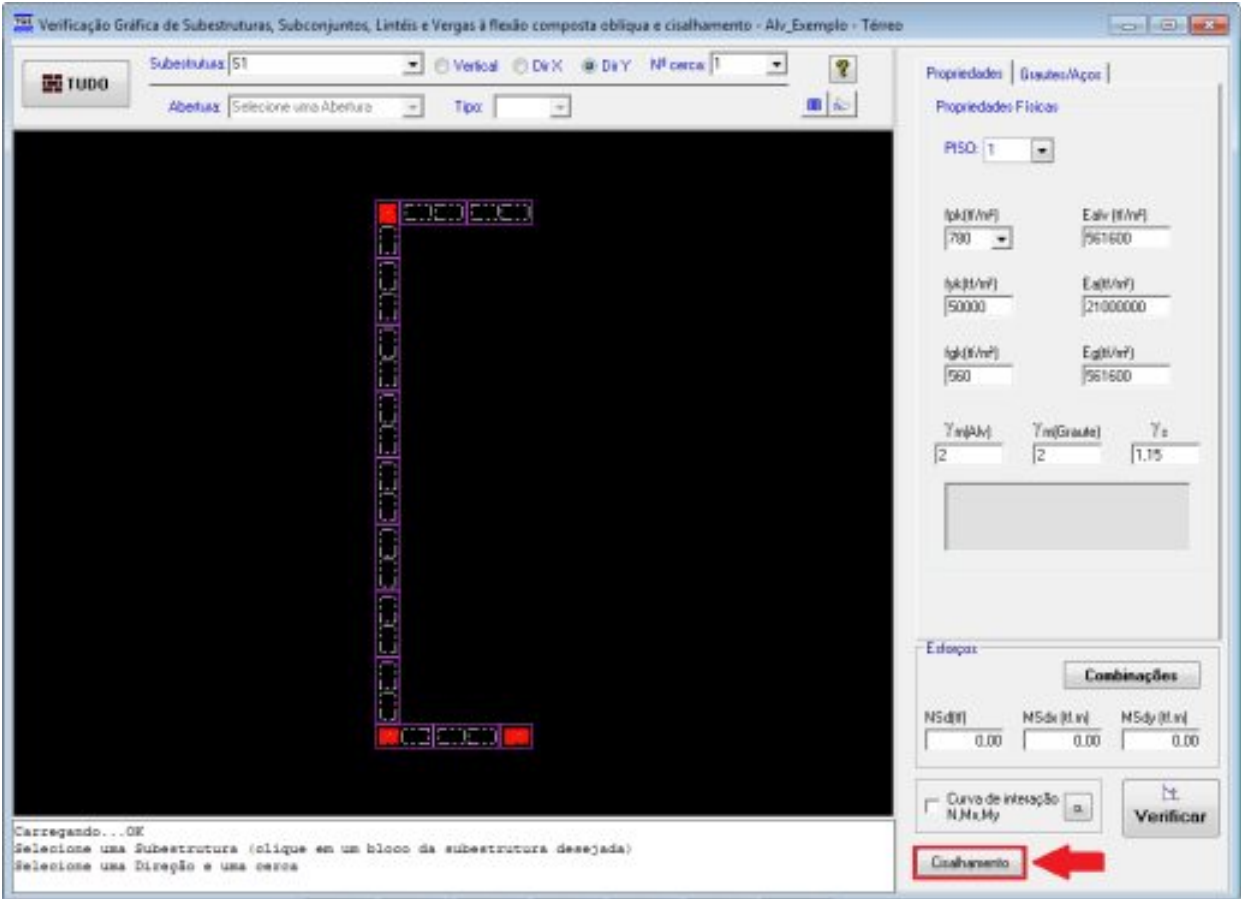


Figura 12 – Acessando a Calculadora para verificação de Cisalhamento.

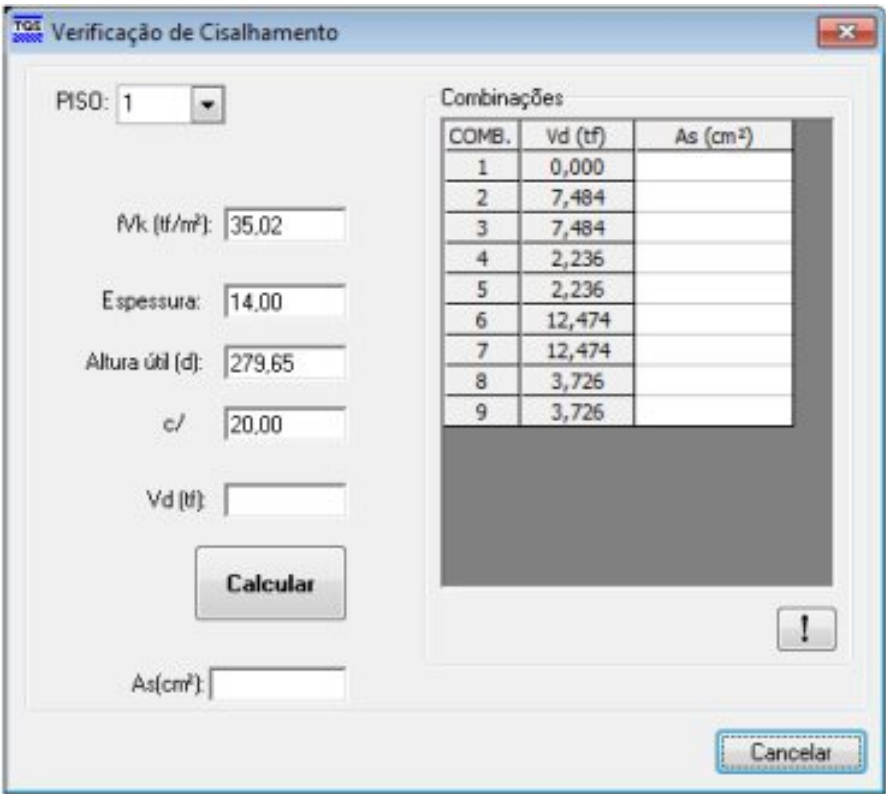


Figura 13 – Verificação de Cisalhamento.

O campo c/ da calculadora apresentada acima se refere ao espaçamento do estribo em centímetros.

A área de armadura transversal apresentada no relatório Envoltória de carregamento 'FP' nas subestruturas é



calculada com base no espaçamento de estribos definido no arquivo de critérios, conforme mostrado no início dessa mensagem.

Se for definido na calculadora de verificação de cisalhamento, o mesmo espaçamento padrão definido nos critérios (mostrado no início da mensagem), a área de armadura para as combinações mais críticas deverá ser a mesma do que a apresentada anteriormente no relatório:

COMB.	Vd (tf)	As (cm²)
1	0,000	0,000
2	7,484	0,066
3	7,484	0,066
4	2,236	0,000
5	2,236	0,000
6	12,474	0,410
7	12,474	0,410
8	3,726	0,000
9	3,726	0,000

Figura 14 – Verificação de Cisalhamento.

É importante deixar claro que, apesar do programa identificar a necessidade de armadura para cisalhamento, ele não detalha essa armadura. Sendo, portanto o detalhamento de responsabilidade do engenheiro.

O Alvest não detalha a armadura de cisalhamento de forma automática.

Porém, na Entrada Gráfica existe uma Barra de Ferramentas de Armaduras com alguns recursos de desenho que podem ajudar o usuário a detalhar a armadura de cisalhamento:

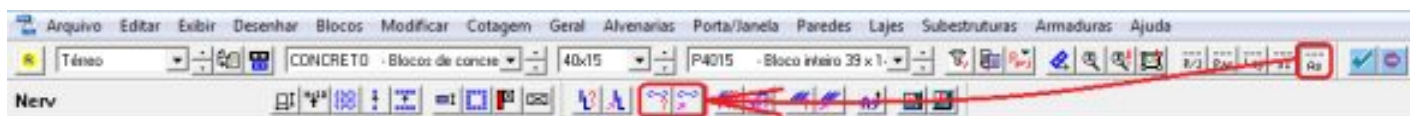


Figura 15– Comandos da Entrada Gráfica.

Entretanto, o programa não faz nenhuma verificação quanto ao uso desses estribos. Tanto é que o usuário perceberá que ao lançar os estribos no Editor Gráfico e reprocessar o edifício, as mensagens de erro relativas à Cisalhamento continuarão aparecendo.