
CARGAS ESPECIAIS

(EXCESSO DE PESO)

CARGAS ESPECIAIS (PESO)

Cargas Especiais (Peso)	3
Definição.....	3
Legislação	3
Documentação Necessária.....	3
Configurações possíveis	5
Estudo de Viabilidade	6
Condições de Transposição	7
Estudo de Viabilidade	8
Descrição do conjunto transportador	10
Descrição do Percurso	11
Vistoria das OAE	12
Análise Estrutural	16
Planilha comparativa e Critérios de aceitação.....	19
Instrumentação.....	21
Acompanhamento	23
Entrega dos documentos.....	24
Critérios Complementares	24
Programa de Instrumentação de OAE	25
Dados analisados na instrumentação.....	26
Quando e como solicitar a instrumentação.....	28
Pré-equacionamento de instrumentação	29
Exemplo de Viabilização	30
Obra em 2 vigas	34
Obra em caixão	45
Obra em Grelha.....	55
Obra em Laje.....	64
Planilha Comparativa de Esforços e Conclusão.....	75

Definição:

Cargas Especiais são aquelas que não se enquadram nas Resoluções 12/98 e 68/98 do CONTRAN. Trataremos exclusivamente dos casos de excesso de Peso, caso aceito exclusivamente para cargas indivisíveis.

Legislação:

- Portaria Nº 23/1996 do DER-SP (AutoBan / ViaOeste)
- Resolução Nº 11/2005 do DNIT (NovaDutra / RodoNorte)
- Normas ABNT, com ênfase na NBR 8681/2003.

Documentação necessária:

A solicitação de transporte de carga indivisível deve conter:

- 1 – Declaração do fabricante informando o peso do equipamento transportado de acordo com o item 1.02.01 da Portaria Nº 23/1996, informando ainda a impossibilidade de fracionar a carga transportada.

- 2 – Croquis do conjunto transportador carregado, atendendo ao disposto na respectiva legislação, devidamente assinado por engenheiro responsável pela montagem do equipamento, contendo:
 - CMT de cada cavalo
 - número de eixos
 - distância entre eixos
 - peso de cada eixo
 - quantidade de pneumáticos de cada eixo
 - dimensões da peça transportada
 - dimensões do conjunto transportador
 - indicação de pescoço hidráulico e demais dispositivos relevantes.
 - variação de altura permitida pelo equipamento utilizado
 - raio de curvatura mínimo do conjunto transportador

3 – Descrição do percurso a ser vencido, contendo:

- Rodovia
- Km inicial e Km final e respectiva pista de cada trecho
- eventuais manobras a serem realizadas

4 – Declaração do DER-SP de que a configuração se enquadra em seus critérios quando houver excessos de peso nos casos previstos na portaria.

- A Portaria 23/1996 do DER-SP dispõe: “Os limites do item 3.02 somente poderão ser excedidos nos casos previstos no item 3.03 devendo-se neste caso apresentar ainda declaração do DER-SP afirmando que os excessos se enquadram em seus critérios.”

As demais legislações não permitem tais excessos, portanto deverão ser seguidos os limites previstos em cada legislação.

5 – Estudo de Viabilidade nos casos previstos.

Configurações possíveis:

- Cavalos Mecânicos:
 - poderão ser utilizados mais de um cavalo mecânico para contemplar o CMT necessário
 - a configuração de peso de cada eixo deverá estar de acordo com a legislação.
 - A somatória dos CMT dos cavalos deverá ser superior ao PBT do conjunto transportador.

- Linhas de Eixos:
 - Deverão atender ao peso máximo por eixo previsto na legislação.
 - Limitados a 14 eixos quando a distância entre eles for de 1,50 m.
 - Limitados a 06 eixos quando a distância entre eles for de 2,40 m.
 - Cargas que não se enquadrarem nas condições acima deverão ser obrigatoriamente transportadas por gôndolas ou vigas, exceção feita apenas para equipamentos com comprimento tal que impossibilite a sua acomodação em equipamentos disponíveis no mercado.

- Vigas e Gôndolas:
 - Deverão atender ao peso máximo por eixo previsto na legislação.
 - Limitados a 16 eixos quando a distância entre eles for de 1,50 m.
 - Limitados a 06 eixos quando a distância entre eles for de 2,40 m.
 - Poderão ser admitidos excessos de peso por eixo quando se tratar de equipamento dotado de (16 + 16) Linhas de Eixo

Estudo de Viabilidade:

- DER-SP (AutoBAn / ViaOeste)

100 tf < PBT < 150 tf:

- Programar a execução junto à operação
- Seguir as recomendações de transposição das OAE

150 tf < PBT

- Apresentar Estudo de Viabilidade (completo)
- Programar a execução junto à operação
- Seguir as recomendações de transposição das OAE
- Apresentar documentação referente ao acompanhamento
- Apresentar análise da instrumentação quando houver

- DNIT (NovaDutra / RodoNorte)

57 tf < PBT < 150 tf:

- Programar a execução junto à operação
- Seguir as recomendações de transposição das OAE

150 tf < PBT < 333 tf

- Apresentar Vistoria
- Programar a execução junto à operação
- Seguir as recomendações de transposição das OAE
- Apresentar documentação referente ao acompanhamento

333 tf < PBT

- Apresentar Estudo de Viabilidade (completo)
- Programar a execução junto à operação
- Seguir as recomendações de transposição das OAE
- Apresentar documentação referente ao acompanhamento
- Apresentar análise da instrumentação quando houver

Casos especiais:

- Casos especiais que por qualquer motivo sejam aceitos e não atendam algum item da legislação deverão sempre apresentar o estudo de viabilidade completo.

Condições de Transposição:

O conjunto transportador somente poderá transpor as obras:

- Quando estas estiverem desimpedidas de demais veículos,
- No eixo longitudinal das superestruturas, exceto indicação do projetista analisada no estudo de viabilidade;
- Com velocidade moderada de 5 Km/h sem frear ou acelerar
- Após a transposição do conjunto transportador, o tráfego deverá ser liberado de forma lenta e gradual, de modo a evitar a ocorrência de congestionamento sobre as estruturas.
- No caso de ventos fortes, o transporte deverá ser interrompido.

Observações:

- A legislação descreve equivocadamente a transposição no eixo da pista de rolamento. Entende-se que esta transposição deve ser realizada no eixo da estrutura;

- A legislação prevê ainda a colocação de estrados a fim de anular os efeitos da superelevação. Entende-se que esta solicitação não seja adequada.

ESTUDO DE VIABILIDADE

ESTUDO DE VIABILIDADE

Os estudos de viabilidade devem conter os seguintes elementos:

- Fotocópia da ART recolhida pela empresa responsável
- Descrição do conjunto transportador a ser viabilizado (veículos tratores e tracionados);
- Descrição do percurso a ser realizado pelo transporte;
- Vistoria das obras de arte a serem transpostas pelo conjunto transportador;
- Análise Estrutural das Obras de Arte Transpostas;
- Apresentação de planilha e conclusão da verificação realizada comparando a relação entre os esforços de projeto e do carregamento especial de acordo com os critérios de aprovação.
- Para a transposição da rodovia, deve ser previsto: acompanhamento técnico, pesagem e instrumentações;
- Emissão de laudo de acompanhamento à luz do acompanhamento realizado, dos dados referente à pesagem, ocorrências durante a realização do transporte e da instrumentação devem finalizar e concluir a eficácia (ou não) da realização do transporte em condições adequadas.

DESCRIÇÃO DO CONJUNTO TRANSPORTADOR

Deve ser entregue croquis legível do conjunto transportador onde seja possível identificar as seguintes informações:

- Configuração geométrica (Cavalos Mecânicos e Linhas de Eixo);
- Distribuição das cargas por eixo (Cavalos Mecânicos e Linhas de Eixo);
- Distância entre os eixos (Cavalos Mecânicos e Linhas de Eixo);
- As dimensões do equipamento transportado (carga): Altura, Largura e Comprimento;
- As dimensões do conjunto transportador carregado: Altura, Largura e Comprimento;
- Caracterização dos Cavalos Mecânicos, apresentando a potência de cada um (CMT).

DESCRIÇÃO DO PERCURSO

O percurso a ser vencido deve incluir todo o caminho do transporte sob jurisdição da concessão, apresentando:

- Discriminação das rodovias;
- Descrição das pistas por onde será realizado o transporte, salientando eventuais manobras, desvios, acessos, tráfego em contra-mão, etc.
- Indicação dos quilômetros de início e fim de cada trecho;
- Relação das obras que sofrerão o carregamento descrito.

VISTORIA DAS OBRAS DE ARTE

Cadastramento Geométrico

Deve apresentar croquis da obra contemplando seção seção transversal e longitudinal de forma clara e visível, apresentando as seguintes informações:

1 – Transversalmente

- Medidas referentes a passeio e pista;
- Existência de guarda rodas, guarda corpos, etc.;
- Largura das pistas, passeios, etc.;
- Esquema estrutural transversal da obra (2 vigas, caixão, grelha, laje, etc.);
- Características geométricas (medida das vigas e se possível das lajes);
- Posicionamento transversal das longarinas (medidas entre vigas, balanços transversais, largura da laje de fundo e quantidade de vigas nos caixões, etc.);
- Eventuais alargamentos executados;
- Demais informações pertinentes à caracterização da Obra de Arte.

2 – Longitudinalmente

- Medidas dos vãos, balanços, dentes gerber e demais interferências longitudinais;
- Eventuais engastes, dentes gerber, juntas de dilatação, etc.;
- Identificação da seção longitudinal (hiperestáticas / isostática / misto)
- Quantidade e posicionamento das transversinas;
- Características geométricas das transversinas, indicando se são ou não ligadas às lajes;
- Demais informações pertinentes à caracterização da Obra de Arte.

Inspeção Visual / Vistoria

Deve ser realizada Inspeção visual a mais detalhada possível, identificando-se as patologias visíveis, levando-se em conta a não utilização de equipamentos especiais de acesso às diversas partes da estrutura.

Para que seja válida a vistoria, o projetista deve entrar em contato com o Departamento de Operação da concessionária, obtendo informações a respeito de:

- Alguma intervenção na Obra de Arte desde a última vistoria;
- Acidentes, abalroamentos por veículo com excesso de altura, ou qualquer ocorrência que possa ter afetado a integridade da estrutura desde a última vistoria.

Síntese do estado de conservação

As planilhas de estado de conservação devem apresentar

- Caracterização geométrica (existência de esconsidade e curvatura);
- Material da estrutura (aço, concreto....);
- Caracterização dos aparelhos de apoio, pavimento, guarda rodas, guarda corpos e juntas de dilatação, descrevendo o estado de conservação de cada elemento;
- Eventuais anomalias dos elementos estruturais ou demais componentes da obra;
- Deve ser conclusivo quanto ao estado de conservação da obra no que se refere ao seu comportamento estrutural.

Fotos Recentes

As fotos devem apresentar vistas gerais da obra, onde possam ser identificadas as características apresentadas, devendo conter no mínimo:

- Vista superior;
- Vista Lateral;
- Vista Inferior;
- Detalhes das eventuais anomalias constatadas ou que possam ilustrar demais informações pertinentes;

As fotos terão validade máxima de 180 dias a contar da data da foto, estando sujeitas à informação complementar por parte da engenharia e operações a respeito de qualquer interferência de acidentes, intervenções, etc.; não havendo distinção entre fotos digitais ou realizadas por revelação química.

ANÁLISE ESTRUTURAL

O modelo estrutural apresentado deve ser condizente com as características apresentadas nos croquis e fotos.

Obras compostas por grelhas com 3 ou mais vigas devem ser modeladas através de elementos finitos, apresentando as características geométricas e posicionamentos dos elementos.

Para as obras em grelha, deve ser realizada comparação da mesma viga, não sendo admitido por exemplo comparar viga central com viga de bordo.

Obras em caixão ou em 2 vigas, podem ser representadas por modelos em pórticos, verificando-se o carregamento de projeto e especial de forma coerente com a distribuição de cargas prevista.

Obras em caixão abatido não apresentam comportamento de caixão, portanto devem ser modeladas como obras em grelha (desconsiderando a laje de fundo) ou em laje (quando não for possível a identificação dos elementos)

Para configurações de transporte que atendam à legislação com vãos $L \leq 6,00$ m não necessitam de verificação estrutural, exceção feita às obras contínuas.

Modelagem da estrutura

A modelagem da estrutura deve apresentar elementos suficientes e representativos para a verificação da análise. Devem ser apresentados:

- Geometria do modelo estrutural identificando o número da característica geométrica de cada elemento;
- Características geométricas dos elementos nos modelos em grelha;
- Carregamentos de projeto e especiais adotados (valores e posicionamento);
- Definição das combinações referentes ao carregamento de projeto;
- Esforços de Momento e Cisalhamento de projeto e especiais

Carregamentos

- Os carregamentos referentes ao Trem Tipo de projeto devem identificar o Trem Tipo admitido (TT24 / TT 36 / TT 45), apresentando todos os carregamentos de multidão realizados e carregamento representativo do veículo (podendo ser homogeneizado).
- Devido às metodologias de projeto e às condições de transposição das obras pelas cargas especiais, admite-se a condição de utilização dos coeficientes de impacto para o carregamento de projeto e desprezando estes mesmos coeficientes para as cargas especiais.
- O carregamento referente à carga especial deve ser realizado no eixo da estrutura, salvo disposições analisadas pelo projetista com recomendações expressas para passagem excêntrica claramente indicada através de croquis.
- Obras que sofreram alargamento deverão ser transpostas sempre pelo eixo da estrutura original, indicada pelo projetista.

PLANILHA COMPARATIVA E ACEITAÇÃO DO ESTUDO

Os esforços referentes ao Trem Tipo de Projeto e ao Trem Tipo Especial devem ser apresentadas em planilhas onde seja possível a visualização comparativa dos esforços.

A favor da segurança, e a critério do projetista, pode ser realizada a análise apenas das cargas acidentais, desde que estejam atendidos os critérios de aceitação descritos a seguir:

- Sejam:
- S_g Solicitações referentes ao carregamento permanente
 - S_q Solicitações referentes às cargas acidentais de projeto
 - S_{qe} Verificações de projeto para carga especial (específica)
 - S_e Solicitações referentes ao carregamento especial

Em virtude da imprecisão a respeito da Norma sob a qual a obra foi projetada, serão aceitos estudos admitindo o cálculo de projeto de acordo com a NB 1/1978 ou NBR 6118/1980 para todas as obras, onde a condição de aprovação deve respeitar a inequação:

$$1,40 \cdot S_g + 1,40 \cdot \varphi \cdot S_q \geq 1,25 \cdot S_g + 1,30 \cdot S_e \Leftrightarrow F.S. = \frac{1,4 \cdot (S_g + \varphi S_q)}{1,25 \cdot S_g + 1,30 S_e} \geq 1,0$$

Caso seja previsto pelo projetista a indicação dos cálculos a luz de outra versão da Norma, deverá seguir rigorosamente o previsto pela versão proposta. Segue abaixo a descrição de cada versão da Norma:

Obras calculadas de acordo com a NB1/1943

Devido a esta norma utilizar o método de cálculo de tensões admissíveis, a segurança da obra era dada apenas pela resistência dos materiais, o critério de aceitação deve atender a seguinte inequação:

$$1,00 \cdot S_g + 1,00 \cdot \varphi \cdot S_q \geq 1,00 \cdot S_g + 1,00 \cdot S_e \Leftrightarrow F.S. = \frac{1,0 \cdot (S_g + \varphi S_q)}{1,0 \cdot S_g + 1,00 S_e} \geq 1,0$$

Obras calculadas de acordo com a NB1/1960

Embora esta norma já admita o método de Estados Limites Últimos, utiliza para Solicitações de Cálculo os coeficientes 1,65 para cargas permanentes e 2,00 para cargas acidentais, toda a segurança da obra é dada exclusivamente por estes coeficientes, existindo ainda algumas diferenças nos métodos de cálculo. Devido às diferenças nos modelos de cálculo adotados e diferença na origem dos coeficientes de segurança, não sendo possível correlacioná-los, deve ser admitido o critério de aceitação atendendo a inequação:

$$1,00 \cdot S_g + 1,00 \cdot \varphi \cdot S_q \geq 1,00 \cdot S_g + 1,00 \cdot S_e \Leftrightarrow F.S. = \frac{1,0 \cdot (S_g + \varphi S_q)}{1,0 \cdot S_g + 1,00 S_e} \geq 1,0$$

Obras calculadas de acordo com a NB1/1978 ou NBR 6118/1980

Para as obras calculadas de acordo com as Normas NB1/1978 ou NBR6118/1980, considerando os coeficientes desta norma e da NBR 8681/2003, o critério de aceitação pode ser considerado atendido de acordo com a inequação:

$$1,40 \cdot S_g + 1,40 \cdot \varphi \cdot S_q \geq 1,25 \cdot S_g + 1,30 \cdot S_e \Leftrightarrow F.S. = \frac{1,4 \cdot (S_g + \varphi S_q)}{1,25 \cdot S_g + 1,30 S_e} \geq 1,0$$

Obras calculadas de acordo com a NBR 6118/2003

Para as obras calculadas de acordo com a NBR6118/2003, o critério de aceitação deve ser considerado atendido de acordo com a inequação:

$$1,35 \cdot S_g + 1,50 \cdot \varphi \cdot S_q \geq 1,25 \cdot S_g + 1,30 \cdot S_e \Leftrightarrow F.S. = \frac{1,35 \cdot S_g + 1,50 \varphi S_q}{1,25 \cdot S_g + 1,30 S_e} \geq 1,0$$

Obras verificadas para Trem Tipo Especial em projeto

Independente da Norma em Vigência no cálculo da obra, quando as mesmas tiverem sido verificadas para Trem Tipo Especial em projeto, pode-se de forma alternativa, ser considerado como aceito se atendida a inequação a seguir:

$$1,00 \cdot S_g + 1,00 \cdot S_{qe} \geq 1,00 \cdot S_g + 1,00 \cdot S_e \Leftrightarrow F.S. = \frac{1,0 \cdot (S_g + S_{qe})}{1,0 \cdot S_g + 1,0 S_e} \geq 1,0$$

Observa-se que não deve ser considerando coeficiente de impacto.

INSTRUMENTAÇÃO

Eventualmente, durante a análise dos relatórios de viabilização, a engenharia da concessionária solicitará a instrumentação de uma ou mais obras de arte durante a passagem do conjunto transportador, indicando os pontos que devem ser analisados.

O projetista deve, caso acredite ser necessário, comentar e sugerir outra metodologia e/ou pontos a serem instrumentados.

As empresas de instrumentação deverão fornecer apenas os dados obtidos nas leituras, cabendo ao projetista a análise destes valores.

A análise do projetista deverá ser composta por:

- Apresentação de processamento da obra para o referido transporte (não sendo aceito neste caso, a referência a outro conjunto mais desfavorável), considerando e apresentando as características geométricas da obra (independente do modelo estrutural da mesma) e as flechas teóricas esperadas;
- Conclusão referente à comparação da flecha teórica obtida no processamento e a real obtida na instrumentação;

DESLOCAMENTO DO TRANSPORTE

O deslocamento do conjunto transportador deverá ocorrer somente quando atendidas todas as condições abaixo:

- Aceitação do Estudo de Viabilidade (nos casos previstos)
- Programação junto a Operação da Rodovia
- Verificação do respeito de todos os dados constantes na AET
- Acompanhamento de preposto da projetista, técnico ou superior munido de todas as informações pertinentes no intuito de orientar e verificar a obediência das recomendações de transposição da rodovia. (Para todos os conjuntos transportadores com $PBT \geq 150$ tf)
- Verificação da prontidão da equipe de instrumentação (nos casos previstos)

ACOMPANHAMENTO

Para todos os transportes com PBT \geq 150 tf será obrigatório o acompanhamento técnico por preposto do projetista de nível técnico ou superior, no intuito de orientar e verificar as condições de transposição.

O acompanhamento deverá apresentar:

- Os horários de início e término de cada trecho percorrido,
- Registro fotográfico da transposição de todas as Obras de Arte do trecho em questão
- Relato das ocorrências e não conformidades ocorridas durante a realização da transposição da rodovia para que eventuais providências sejam tomadas, referente a integridade das obras e a melhoria na condição da realização dos transportes.
- Apresentação das flechas teóricas quando da realização de instrumentação e a devida análise dos dados.
- Deve ser conclusivo quanto à eficácia do transporte.

NOTA: Quando da realização de transportes no trecho noturno, será dispensada a apresentação do registro fotográfico.

O documento deverá ser encaminhado pelo projetista responsável ao órgão emissor da AET com cópia à concessionária para as devidas análises.

ENTREGA DOS TRABALHOS

Os relatórios devem ser entregues ao departamento de operação da concessionária a ser efetuado o transporte, de acordo como segue:

1 – Descrição do Conjunto Transportador e Percurso

Deve ser entregue para cada carga a descrição do conjunto transportador e percurso a ser percorrido de acordo com o descrito.

2 – Vistoria das Obras de Arte

Pode ser aceito carta fazendo referência a Vistoria anterior (ainda válida) desde que seja realizada pesquisa junto à engenharia e à operação, não indicando a ocorrência de intervenções ou interferência e que esta tenha sido realizada de acordo com as prescrições aqui relacionadas.

3 – Análise Estrutural e Planilha Comparativa

Pode ser aceito laudo fazendo referência a análises anteriores, desde que:

- Seja apresentada a descrição dos dois conjuntos transportadores em questão;
- O conjunto transportador analisado seja claramente menos favorável à transposição;
- A referida análise tenha sido realizada de acordo com estas diretrizes.

4 – Laudo de Acompanhamento

Deve ser apresentado indicando as condições de transposição do transporte, contendo relatório fotográfico e análise das instrumentações.

CRITÉRIOS COMPLEMENTARES

Caso haja necessidade de arbitrar critérios que façam uma análise de forma mais arrojada em alguma seção, esses critérios devem ser embasados nas normas técnicas brasileiras e apresentados por escrito previamente à concessionária a fim de se proceda análise do conceito pretendido.

PROGRAMA DE INSTRUMENTAÇÃO
DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

PROGRAMA DE INSTRUMENTAÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

A instrumentação é uma importante ferramenta para a avaliação do comportamento das estruturas em condições especiais, como neste caso tais carregamentos ocorrem com certa regularidade às obras, torna-se imprescindível o seu acompanhamento de maneira mais eficaz e criteriosa.

Tem sido solicitado instrumentações de algumas Obras de Arte quando da transposição de cargas especiais a fim de monitorar o comportamento destas estruturas durante a transposição e ao longo do tempo após diversas solicitações.

DADOS ANALISADOS NA INSTRUMENTAÇÃO

Quando estas instrumentações são realizadas de forma adequada, é possível obter uma avaliação a respeito de diversos itens:

1. Deformação plástica

A deformação plástica é avaliada através das flechas residuais e sua relação com as flechas máximas. Trata-se de um indicador importante sobre o comportamento da obra, uma vez que deve ser previsto apenas deformações elásticas para o não comprometimento da estrutura.

2. Comparativo de valores relativos flechas máximas x teóricas

Comparando-se os valores relativos entre as flechas teóricas e as flechas obtidas é possível verificar a validade do modelo estrutural adotado para aquela estrutura.

3. Comparativo dos valores relativos nas flechas máximas

Comparando-se os valores dos instrumentos locados nos bordos das obras, verifica-se parte da qualidade da transposição no tocante à centralização do conjunto transportador no eixo da estrutura.

4. Comparativo dos valores teóricos x máximos obtidos

Comparando-se os valores teóricos com os obtidos nos mesmos pontos é possível verificar a discrepância entre o esperado e o realmente efetuado, sendo este mais um parâmetro de verificação da eficiência do conjunto: Estudo de Viabilidade e Realização do Transporte.

5. Comparativo de flechas de cargas distintas

Comparando-se os valores de instrumentação de cargas em datas distintas, obtemos dados a respeito da manutenção do comportamento da obra durante sua vida útil, acompanhando o aparecimento ou a evolução de eventuais problemas.

6. Comparativo de estrutura antes e depois de reforço e/ou alargamento

A diferença destas informações oferece subsídios para avaliar o comportamento da Obra de Arte para estes carregamentos especiais em sua nova configuração após mudança do esquema estrutural, quando é possível avaliar alguma modificação necessária para a transposição dos novos transportes.

QUANDO E COMO SOLICITAR A INSTRUMENTAÇÃO

A estabilidade de todas as estruturas da rodovia tem a mesma importância, uma vez que a interdição de uma única estrutura além de comprometer a sua operação pode inviabilizar o tráfego de cargas de maior porte. Entretanto, entendemos que a instrumentação de todas as estruturas durante a transposição de um mesmo carregamento é economicamente e operacionalmente inviável.

Assim sendo, procuramos realizar a instrumentação de apenas 2 ou 3 obras para cada carregamento ao verificarmos que este carregamento impõe à obra esforços consideráveis, revezando as obras a cada carregamento a fim de obtermos ao final um acompanhamento da rodovia como um todo.

Eventualmente, em função da anormalidade em uma instrumentação apresentado dados não coerentes, em virtude de alguma ocorrência na realização do transporte ou anomalia na estrutura, poderá ser solicitada a repetição da instrumentação numa mesma obra para alguns carregamentos subseqüentes a fim de dirimir dúvidas levantadas.

Para cada obra a ser instrumentada será apresentado pela concessionária um projeto de instrumentação, que indicará o tipo de instrumento a ser utilizado, sua localização e os valores a serem observados (flecha máxima, flecha residual, abertura de fissuras...)

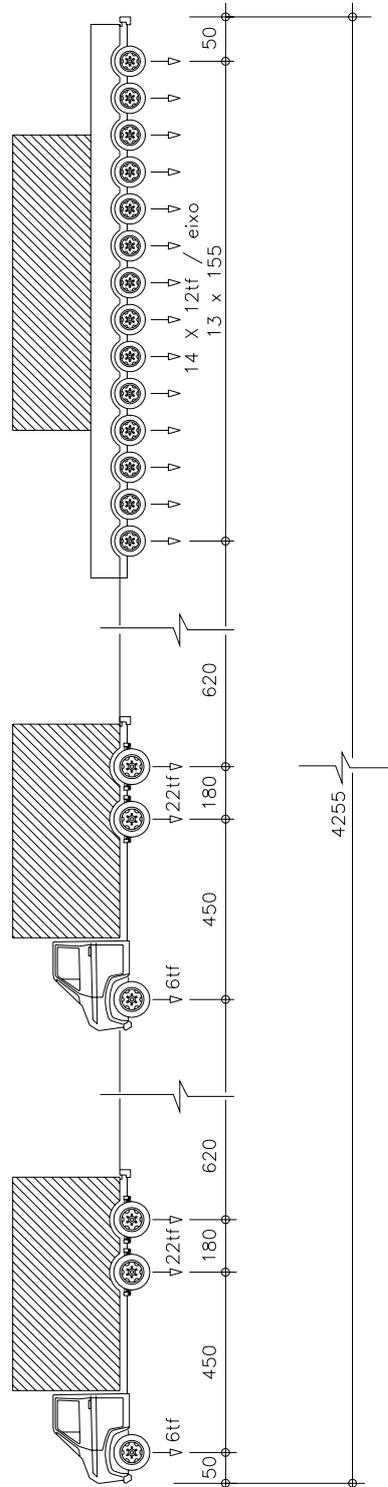
PRÉ-EQUACIONAMENTO DE INSTRUMENTAÇÃO

A quantidade de obras a ser instrumentada em cada trecho seguirá normalmente os critérios abaixo:

1. A configuração do transporte deverá estar de acordo com as disposições da legislação em vigor.
2. Para conjuntos com $PBT \geq 300$ tf deverá ser solicitado a instrumentação de 2 obras de arte em cada concessão a ser transposta.
3. Para conjuntos com $PBT \geq 450$ tf deverá ser solicitado a instrumentação de 3 obras de arte em cada concessão a ser transposta.
4. Para transportes que não permitam a acomodação em configurações previstas na legislação serão avaliadas as obras a serem transpostas e a configuração do equipamento.

EXEMPLOS DE
VIABILIZAÇÃO DE OAE

DESCRIÇÃO DO CONJUNTO TRANSPORTADOR



CARGA

b = 3,00
 l = 10,00
 h = 4,00
 P = 119tf

CONJUNTO CARREGADO

CAVALO 01 - 28tf - CMT = 150tf
 CAVALO 02 - 28tf - CMT = 150tf
 TARA - 49tf
 b = 3,20
 l = 42,55
 h = 5,20
 PBT=224 tf

Homogeneização para o veículo especial na configuração em grelha:

$$P = \frac{12,0}{1,55 * 3,20} = 2,42 \text{ tf/m}^2$$

CARREGAMENTOS ARQUIVO PATERN.DAT

TTLINHA
TTGRELHA
TTESP
TTGESP
END

TTLINHA
CONC -1.00 C 0.00 0.00 CONC -1.00 C -1.50 0.00
CONC -1.00 C -3.00 0.00
END

TTGRELHA
CONC -0.50 C 0.00 -1.00 CONC -0.50 C 0.00 1.00
CONC -0.50 C -1.50 -1.00 CONC -0.50 C -1.50 1.00
CONC -0.50 C -3.00 -1.00 CONC -0.50 C -3.00 1.00
END

TTESP
CONC -6.00 C 0.00 0.00 CONC -11.00 C -4.50 0.00
CONC -11.00 C -6.30 0.00 CONC -6.00 C -12.50 0.00
CONC -11.00 C -17.00 0.00 CONC -11.00 C -18.80 0.00
CONC -12.00 C -25.00 0.00 CONC -12.00 C -26.50 0.00
CONC -12.00 C -28.10 0.00 CONC -12.00 C -29.65 0.00
CONC -12.00 C -31.20 0.00 CONC -12.00 C -32.75 0.00
CONC -12.00 C -34.30 0.00 CONC -12.00 C -35.85 0.00
CONC -12.00 C -37.40 0.00 CONC -12.00 C -38.95 0.00
CONC -12.00 C -40.50 0.00 CONC -12.00 C -42.05 0.00
CONC -12.00 C -43.60 0.00 CONC -12.00 C -45.15 0.00
END

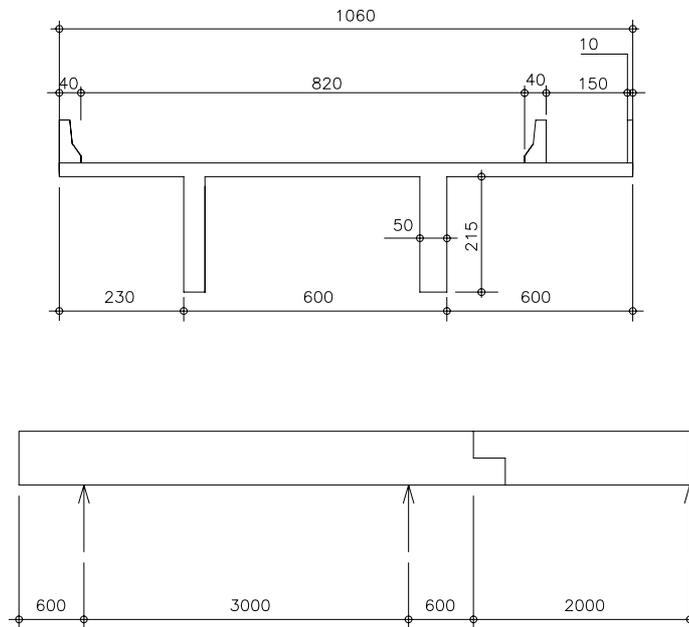
TTGESP
CONC -3.00 C 0.00 -1.50 CONC -3.00 C 0.00 1.50
CONC -5.50 C -4.50 -1.50 CONC -5.50 C -4.50 1.50
CONC -5.50 C -6.30 -1.50 CONC -5.50 C -6.30 1.50
CONC -3.00 C -12.50 -1.50 CONC -3.00 C -12.50 1.50
CONC -5.50 C -17.00 -1.50 CONC -5.50 C -17.00 1.50
CONC -5.50 C -18.80 -1.50 CONC -5.50 C -18.80 1.50
DIST -2.42 C -25.00 -1.60 RECT -20.15 3.20
END

END

OBRA DE ARTE

EM 2 VIGAS

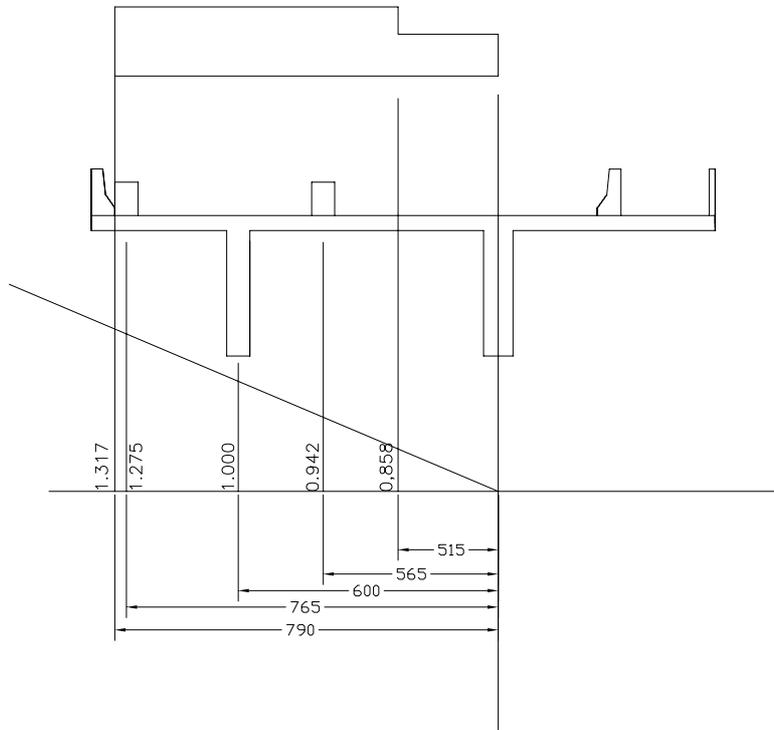
OBRAS EM 2 VIGAS



Cargas Permanentes: $(5,30 * 0,20 + 0,50 * 2,15) * 2,50 + 0,57 = 5,91 \text{ tf/m}$

Veículo (TT 36) – Carga de cada semi-eixo (homogeneizado):

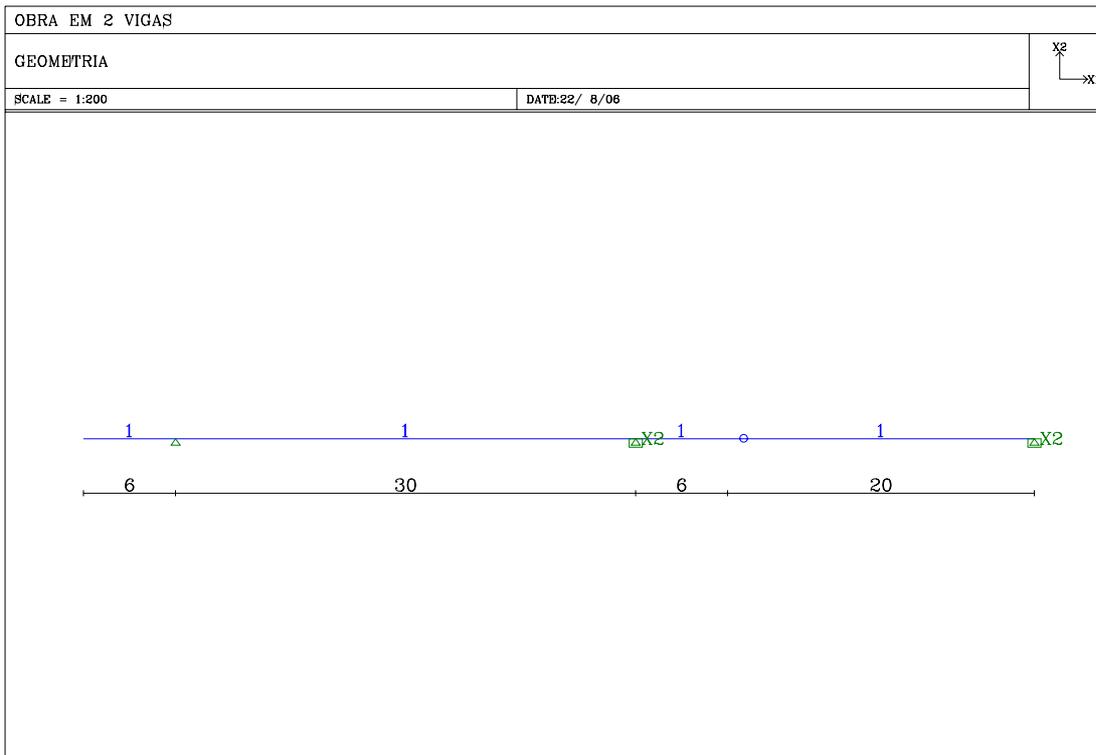
$$P = \frac{36 - (6,00 * 3,00 * 0,500)}{6} = 4,50 \text{ tf}$$



$$\varphi = 1,4 - 0,007 * 30 = 1,19$$

$$P = (1,275 + 0,942) * 4,5 * 1,19 = 11,9 \text{ tf}$$

$$m = 1,19 * \left(\frac{(1,317 + 0,858) * 2,75}{2} * 0,500 + \frac{0,858 * 5,15}{2} * 0,300 \right) = 2,57 \text{ tf/m}$$



PROPRIEDADES

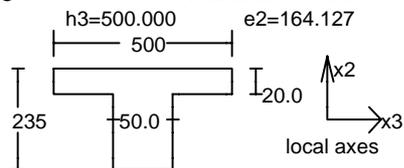
MATERIAL TABLE (units - ton metro)

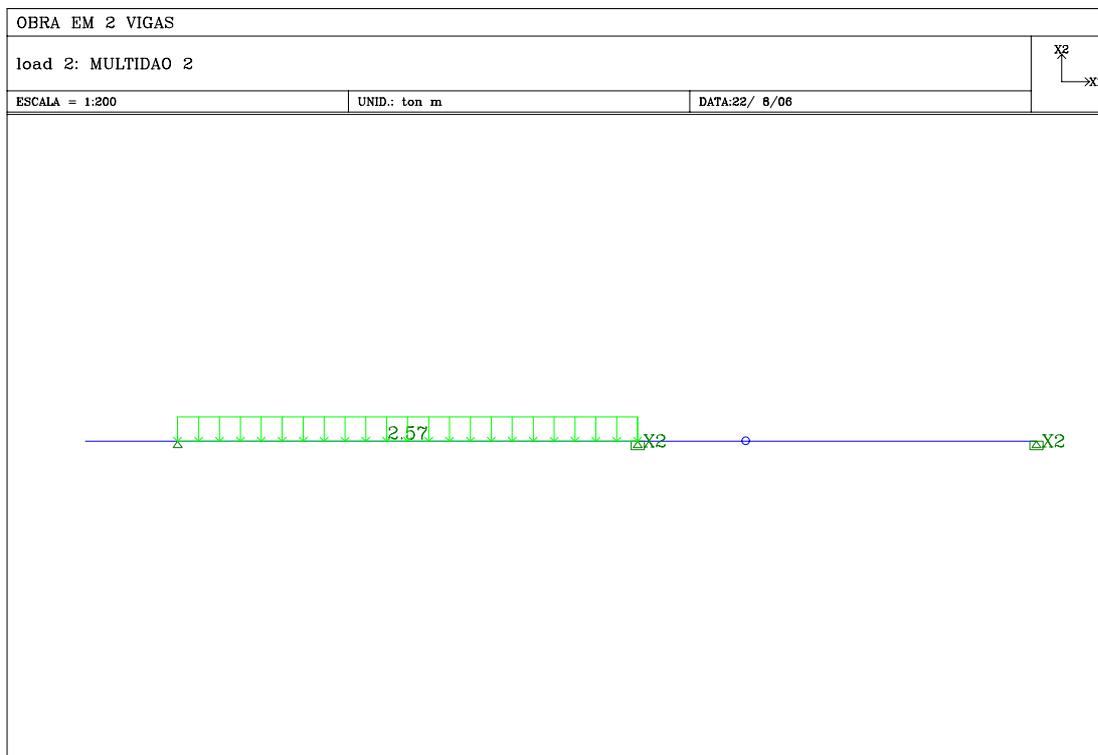
NO.	Name	Modulus of Elasticity	Poisson ratio	Density	Thermal coefficient	Shear modulus
1	CONC	0.2500E+07	0.200	0.2500E+01	0.00001000	0.1042E+07

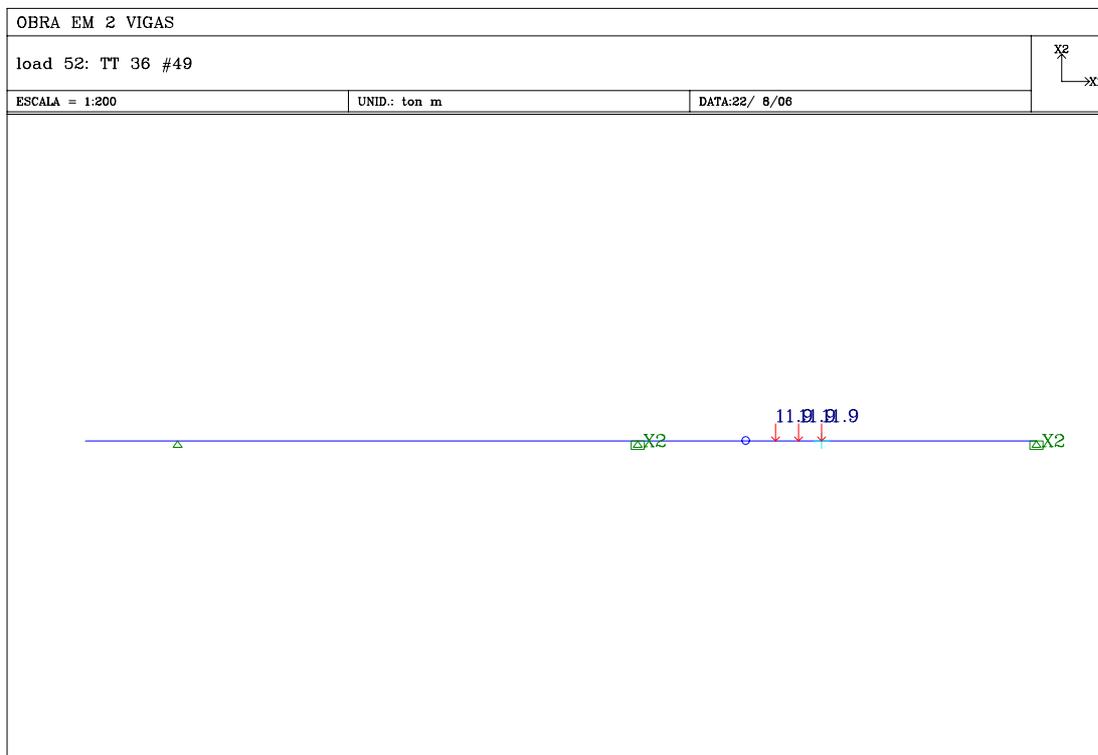
SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)

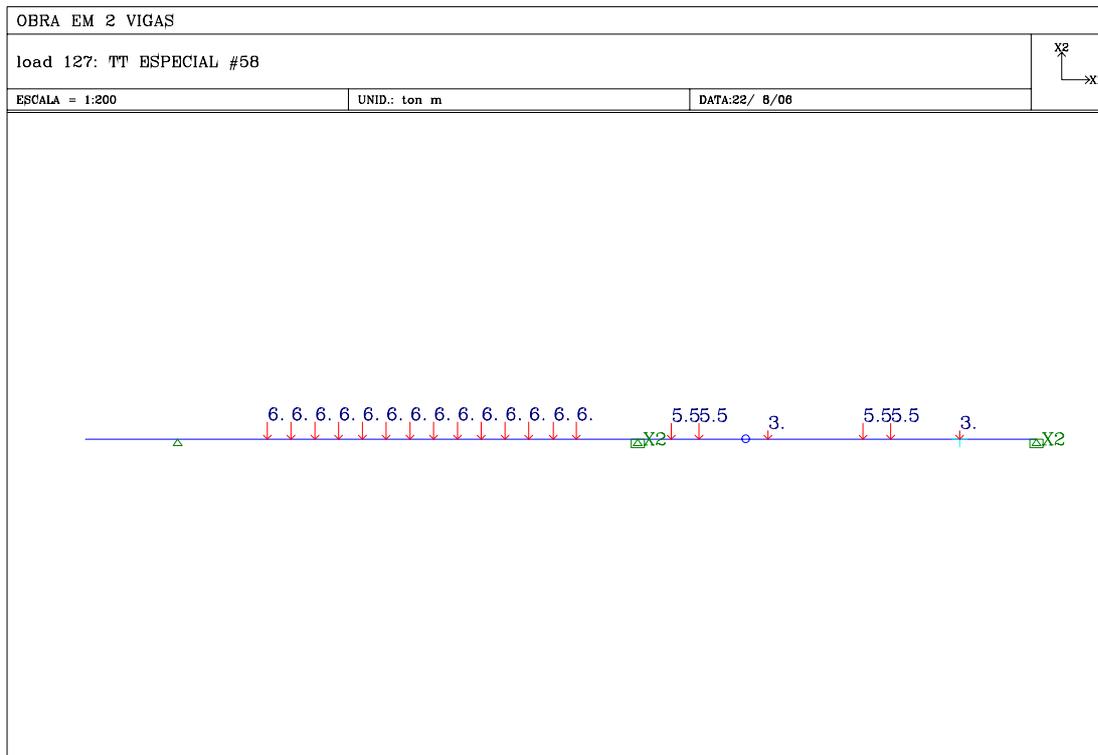
PROPERTY NO. 1

A=0.2075E+05 I2=0.2106E+09 I3=0.1133E+09 J=0.9755E+07 SF2=0.500
 Material = 1 - CONC Perimeter=1470.0 SF3=0.500
 h2=235.000 h3=500.000 e2=164.127 e3=250.000







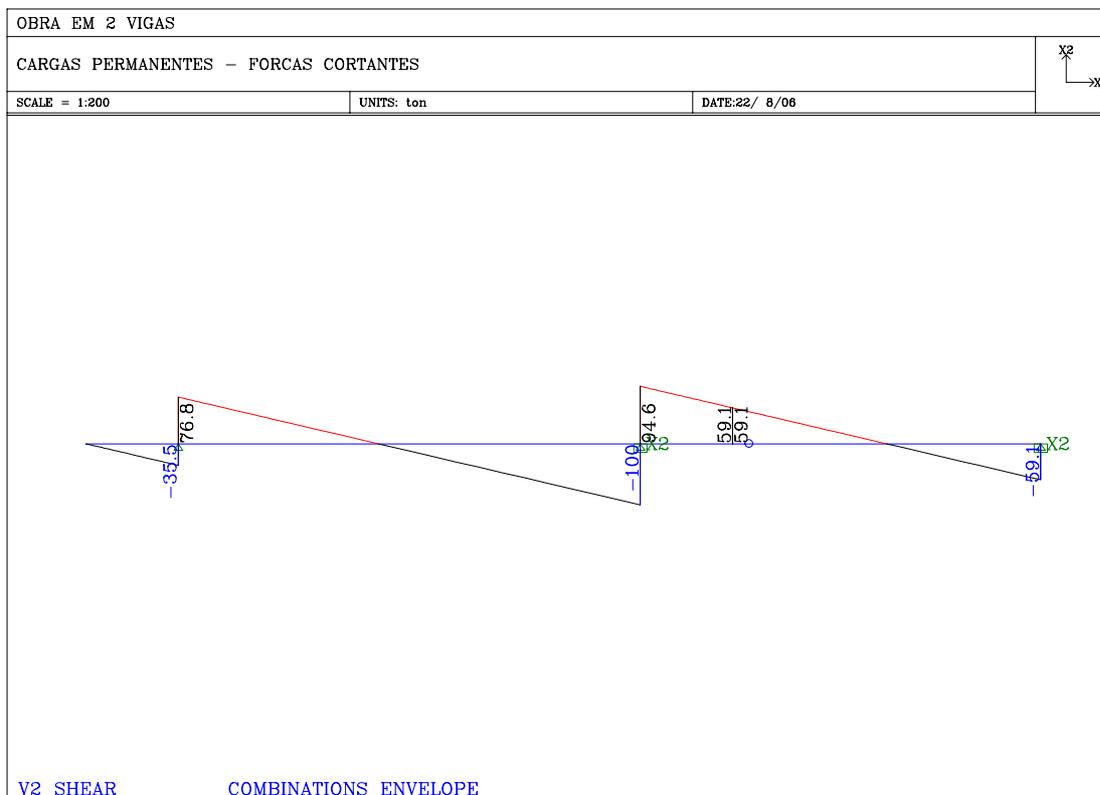
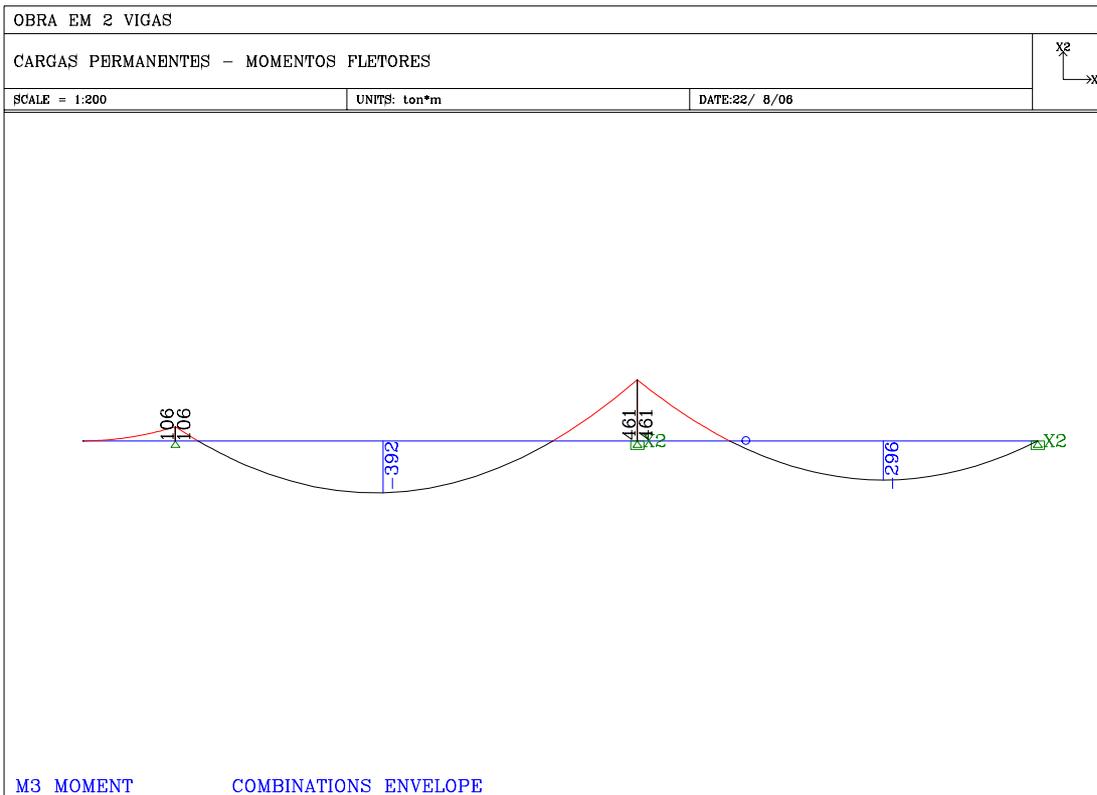


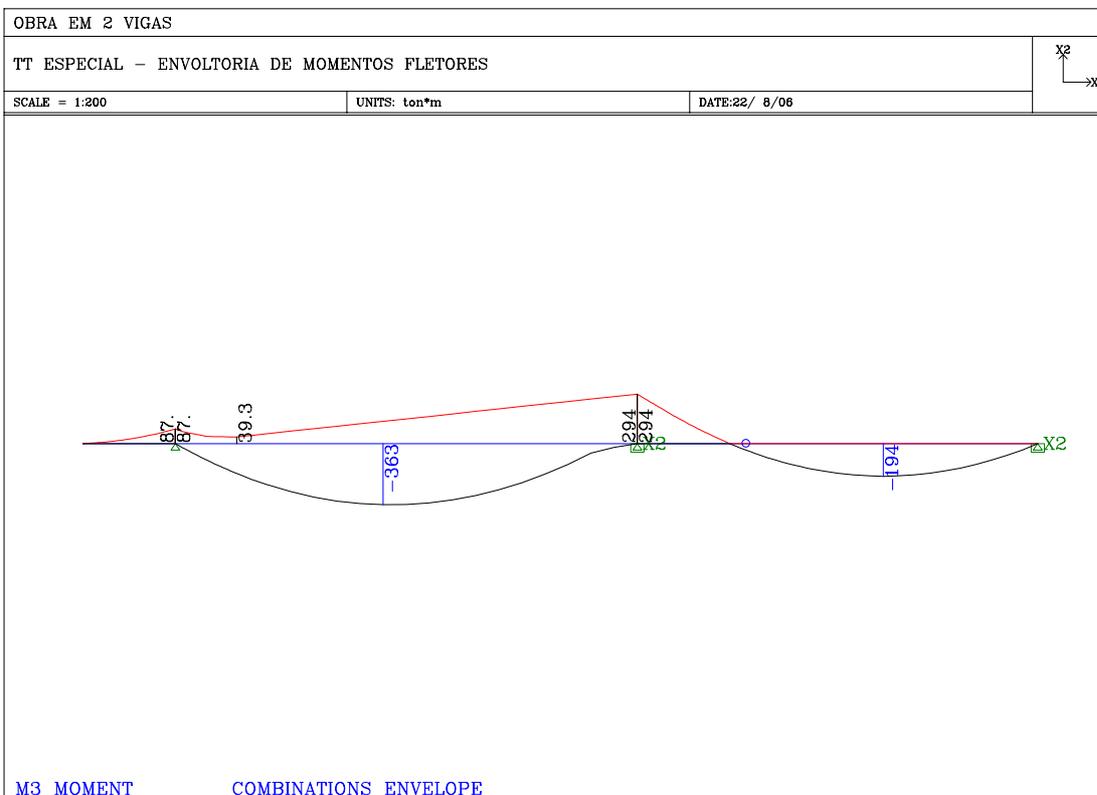
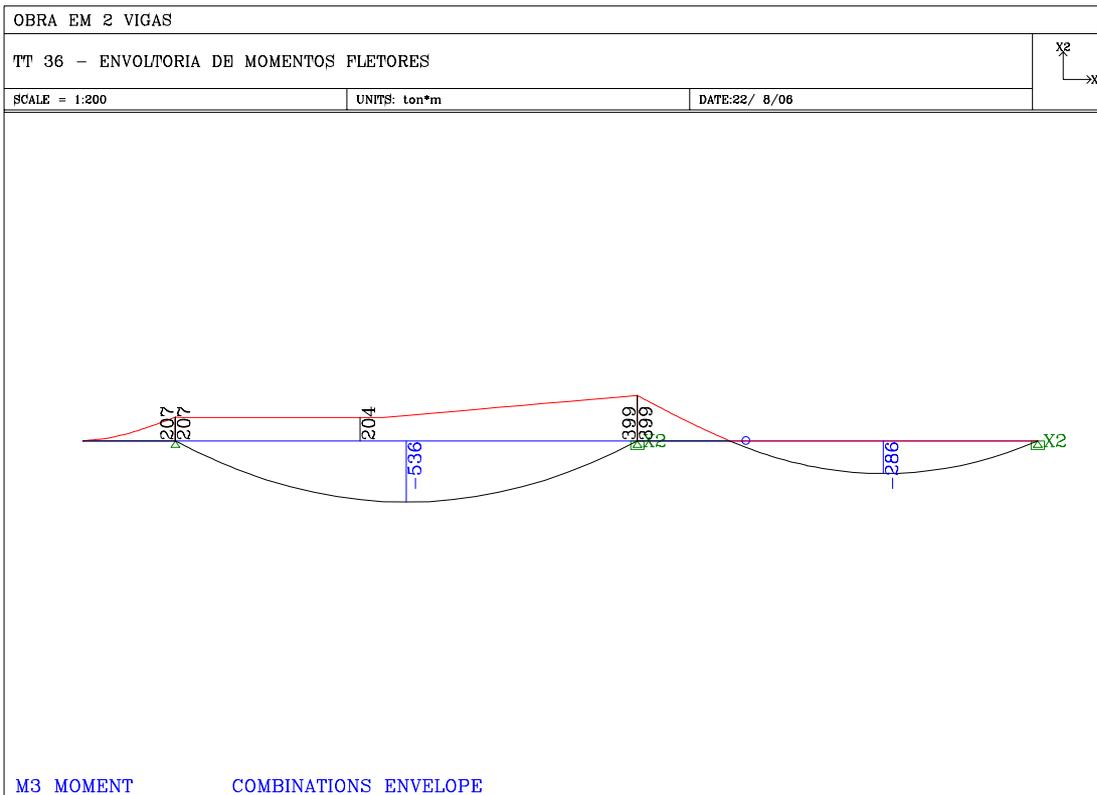
COMBINATIONS DEFINITION

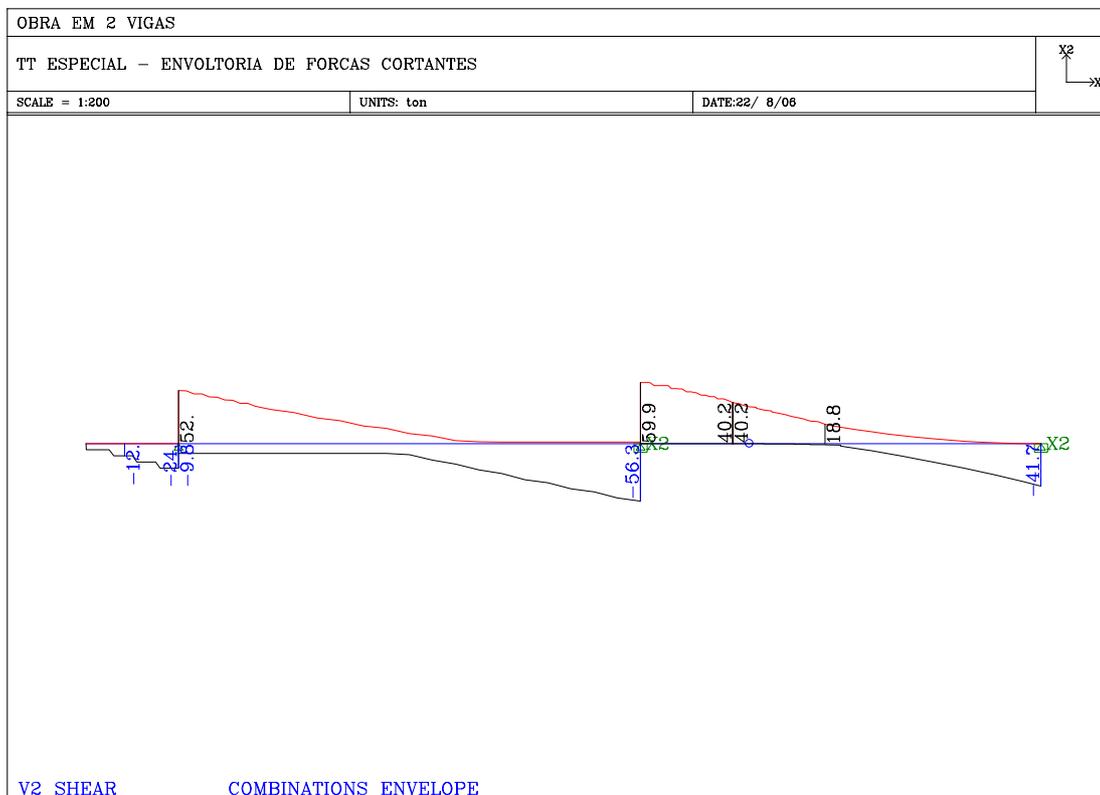
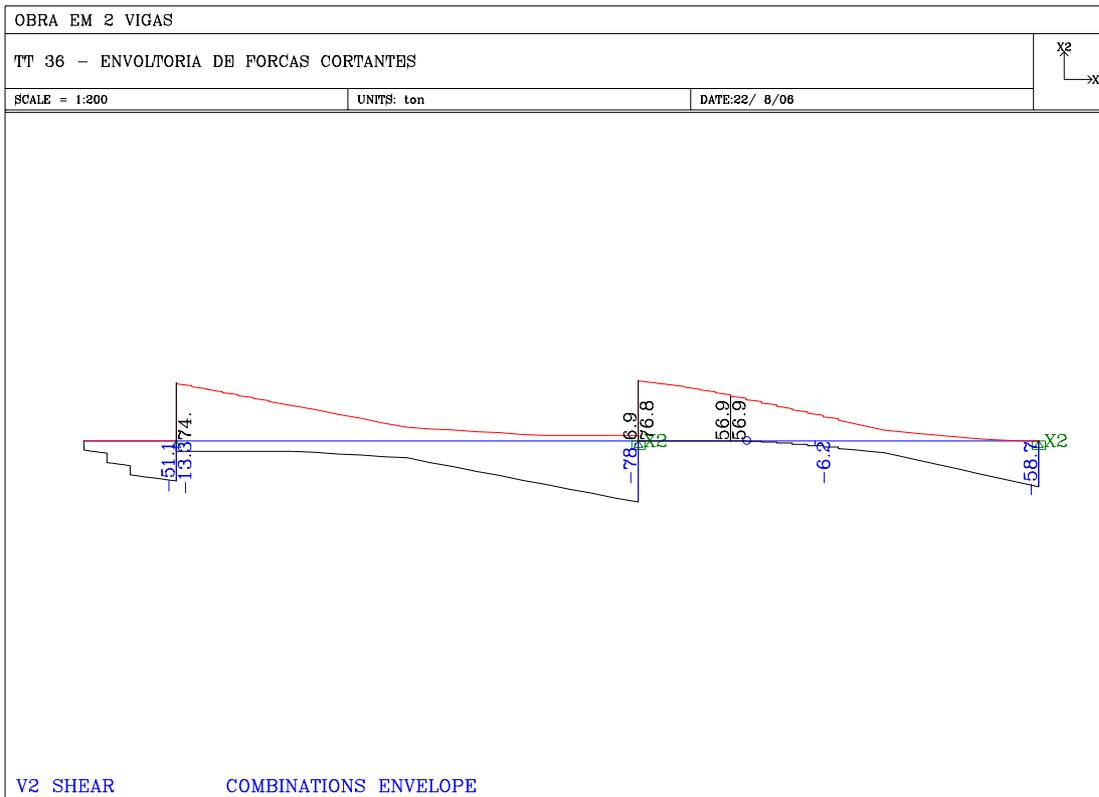
Comb.

CARGAS PERMANENTES

1	221*	1.00					
2	1 *	1.00		+TT 36*	1.00		
3	2 *	1.00		+TT 36*	1.00		
4	3 *	1.00		+TT 36*	1.00		
5	1 *	1.00	+ 2 *	1.00	+TT 36* 1.00		
6	2 *	1.00	+ 3 *	1.00	+TT 36* 1.00		
7	1 *	1.00	+ 3 *	1.00	+TT 36* 1.00		
8	1 *	1.00	+ 2 *	1.00	+ 3 *	1.00	+TT 36* 1.00
9	TT ESPECIAL*	1.00					



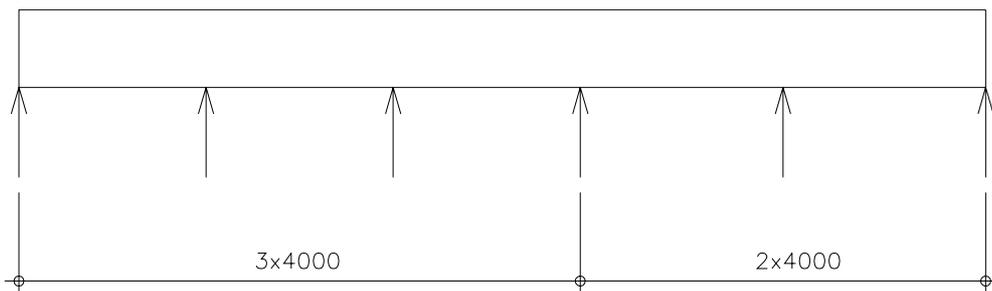
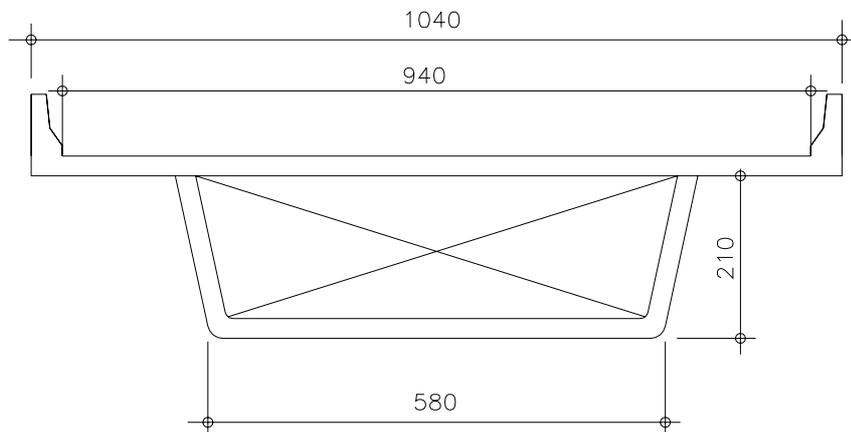




OBRA DE ARTE

EM CAIXÃO

OBRA EM CAIXÃO



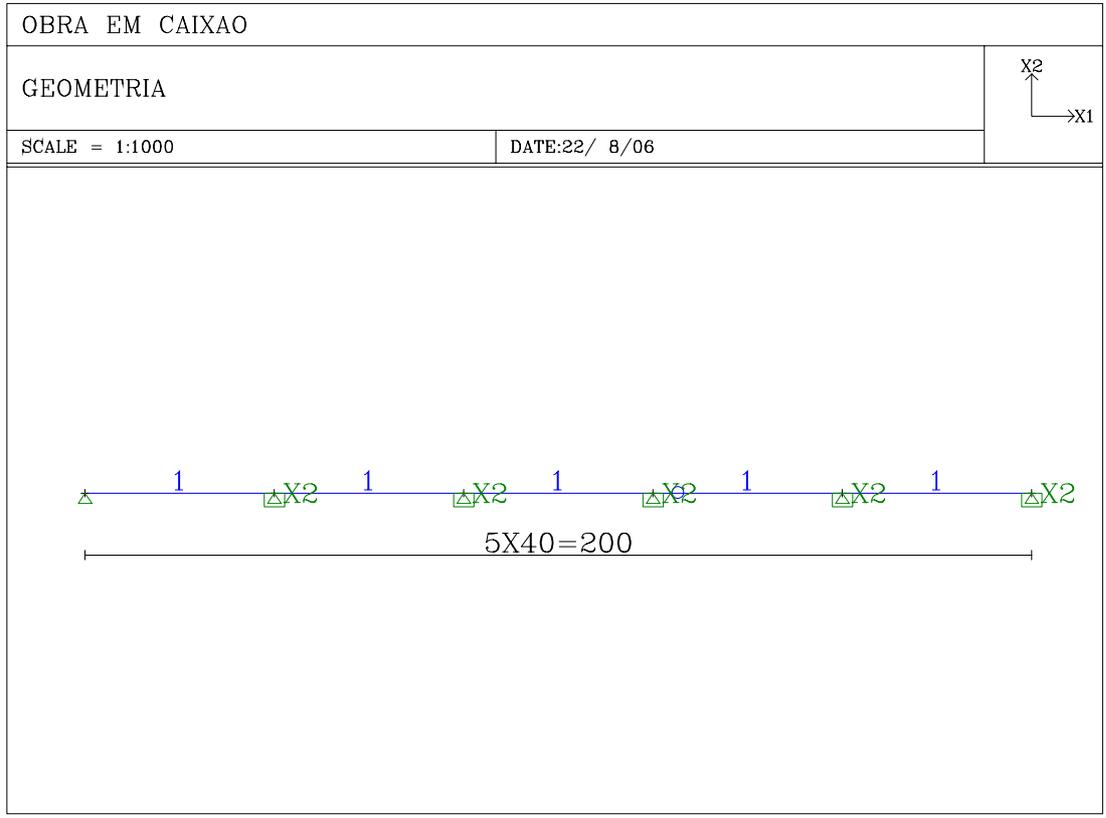
Cargas Permanentes: $2,50 \cdot (10,4 \cdot 0,20 + 1,20 \cdot 2,1 + 0,20 \cdot 5,80) + 2 \cdot 0,57 = 15,54 \text{ tf/m}$

Levantamento Cargas TT 36:

$$\varphi = 1,4 - 0,007 \cdot 40 = 1,12$$

$$P = 2 \cdot 4,5 \cdot 1,12 = 10,1 \text{ tf}$$

$$m = 1,12 \cdot (6,40 \cdot 0,300 + 3,00 \cdot 0,500) = 3,83 \text{ tf/m}$$



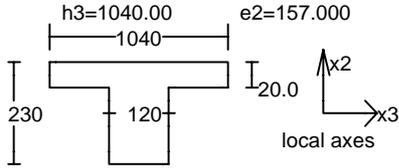
MATERIAL TABLE (units - ton metro)

NO.	Name	Modulus of Elasticity	Poisson ratio	Density	Thermal coefficient	Shear modulus
1	CONC	0.2500E+07	0.200	0.2500E+01	0.00001000	0.1042E+07

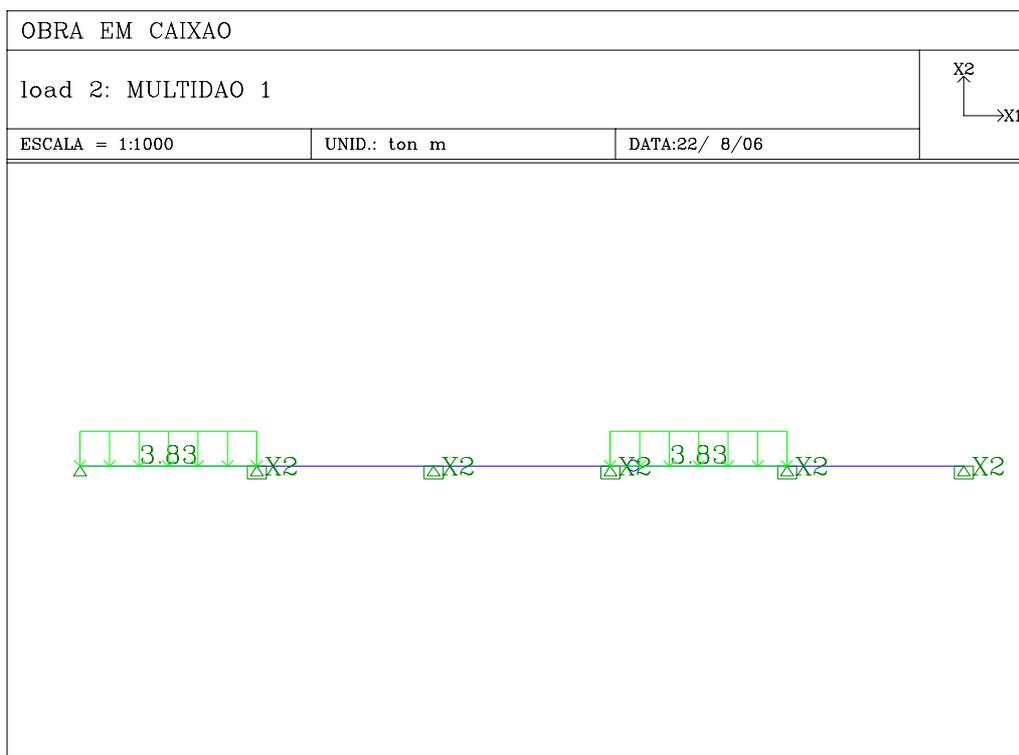
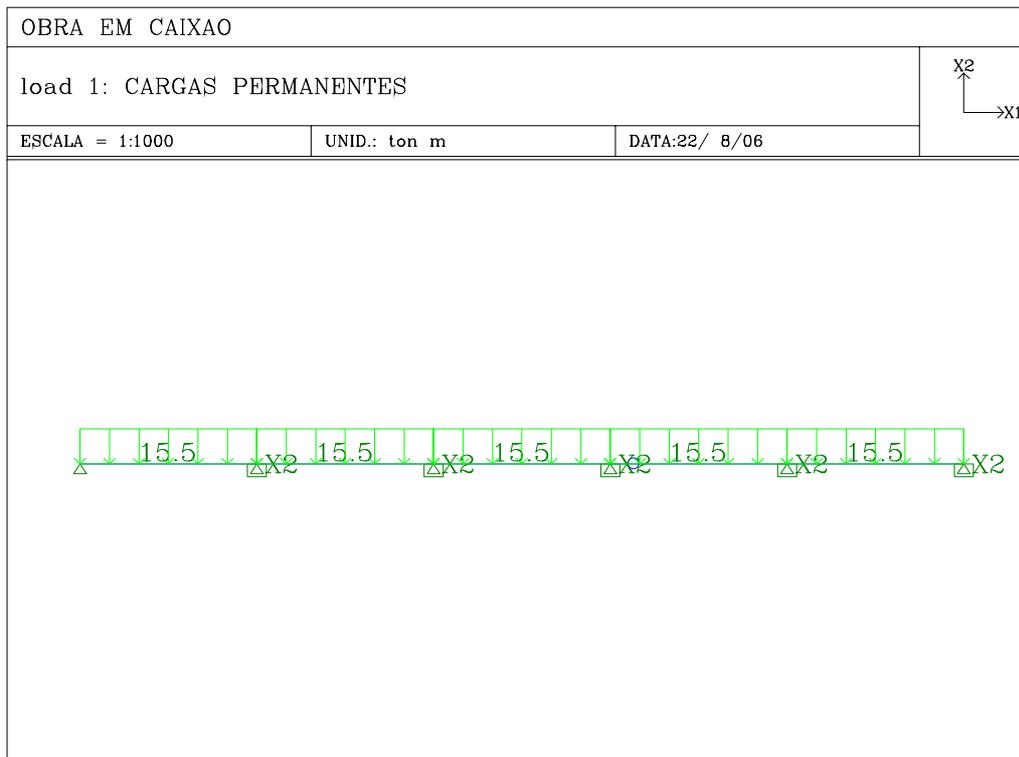
SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)

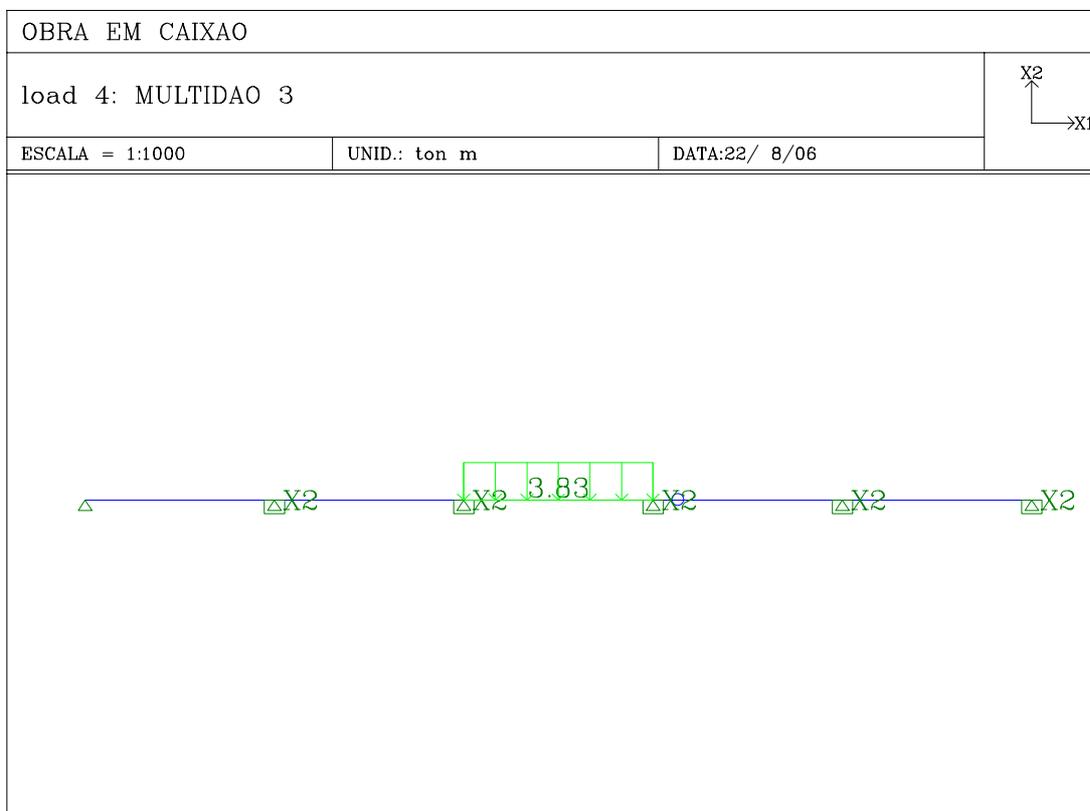
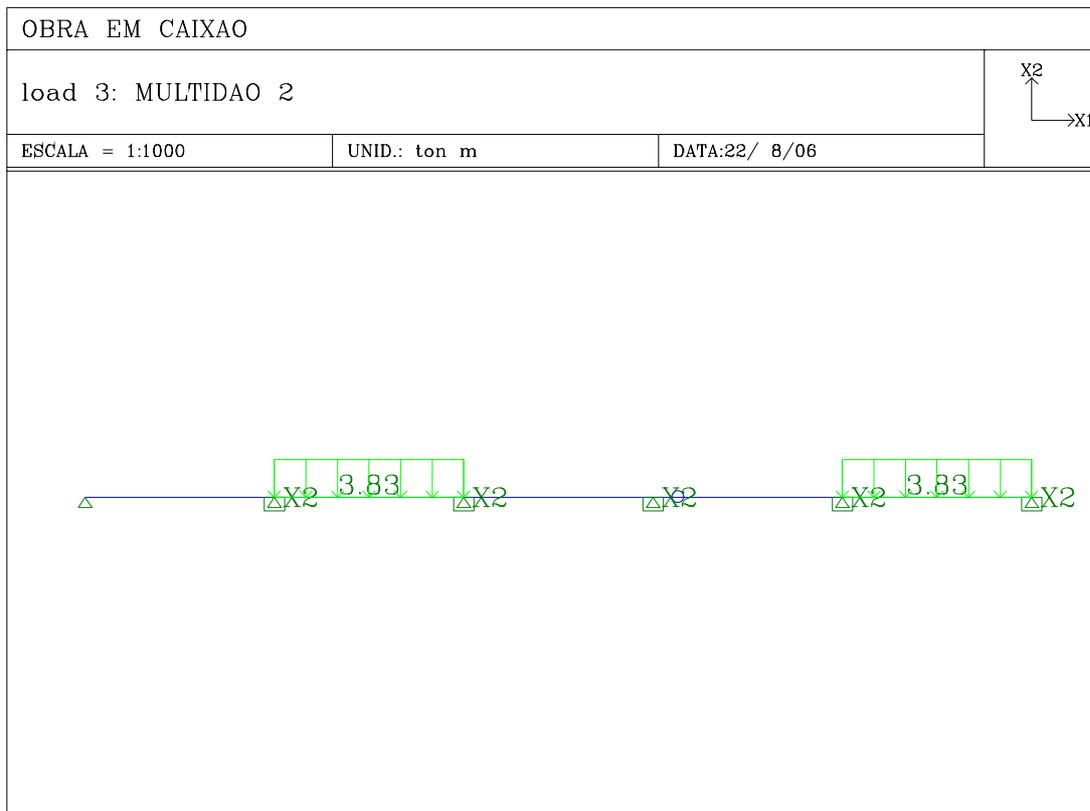
PROPERTY NO. 1

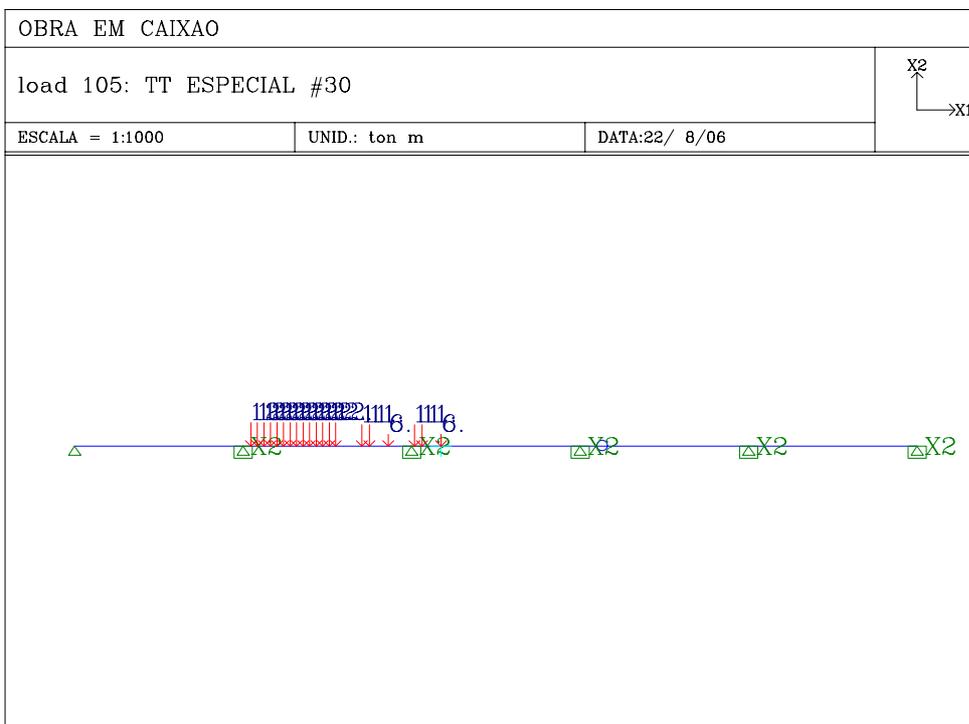
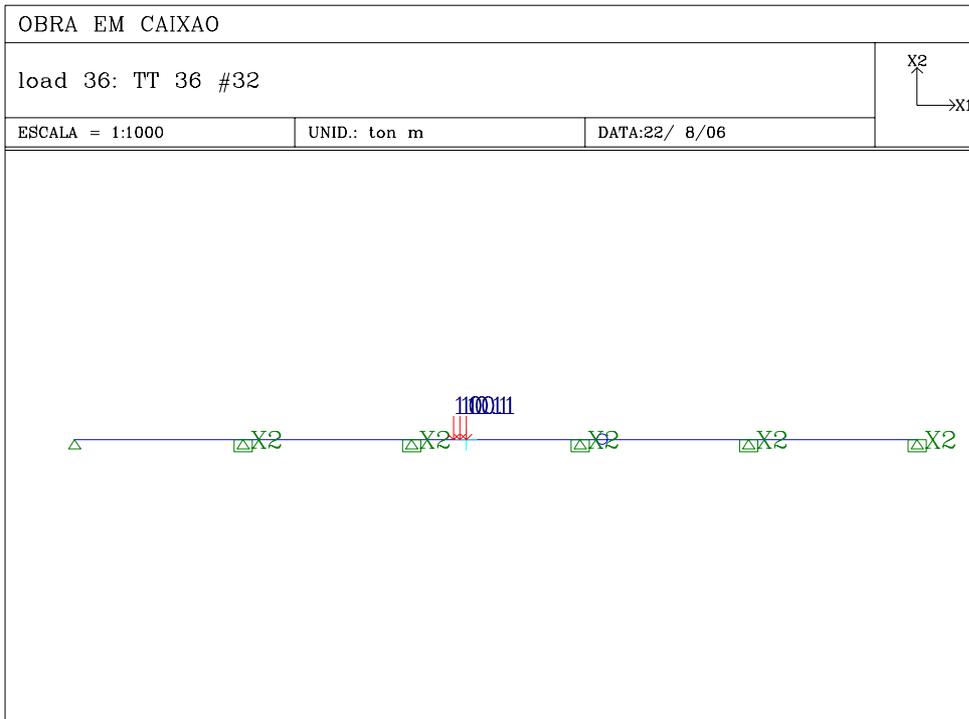
A=0.4600E+05	I2=0.1905E+10	I3=0.2440E+09	J=0.1020E+09	SF2=0.500
Material = 1 - CONC	Perimeter=2540.0			SF3=0.500
h2=230.000	h3=1040.00	e2=157.000	e3=520.000	



local axes





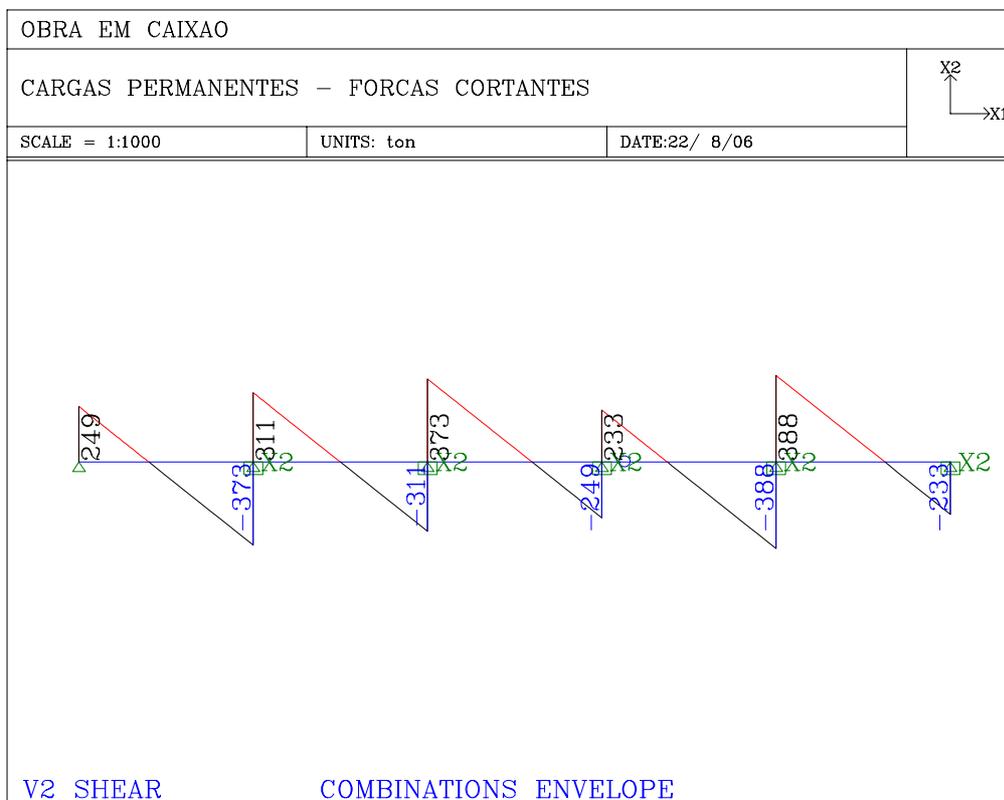
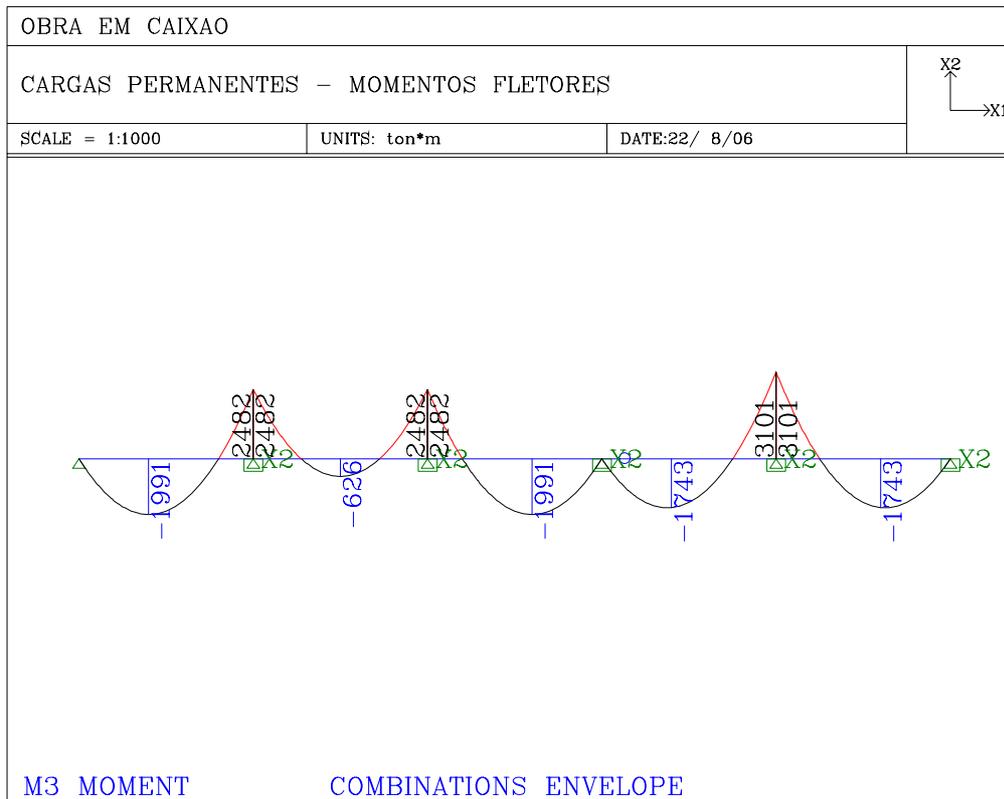


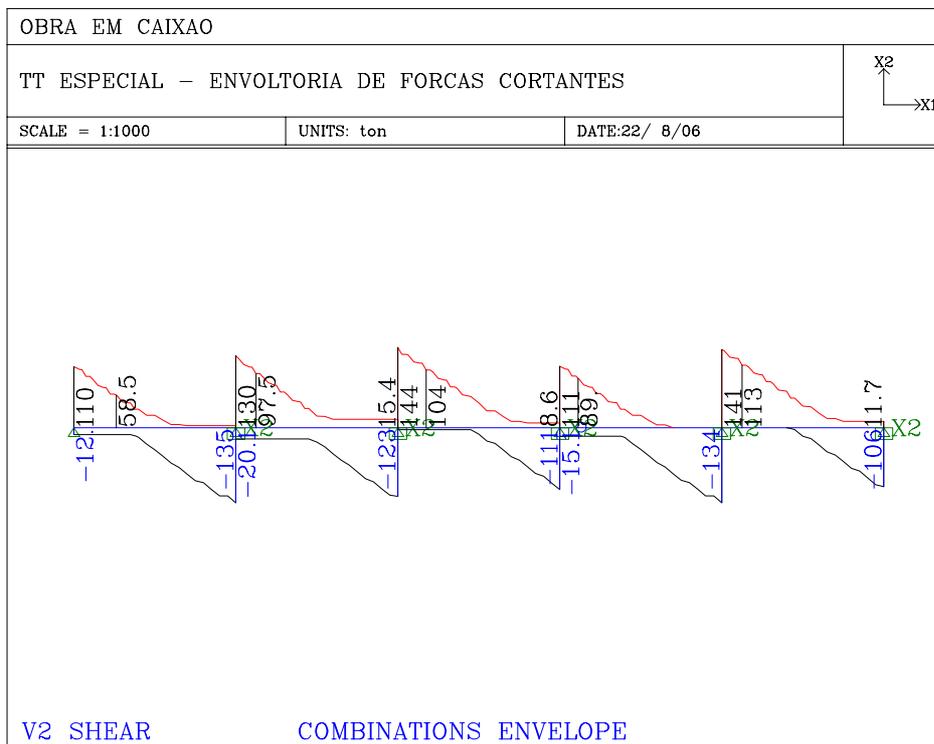
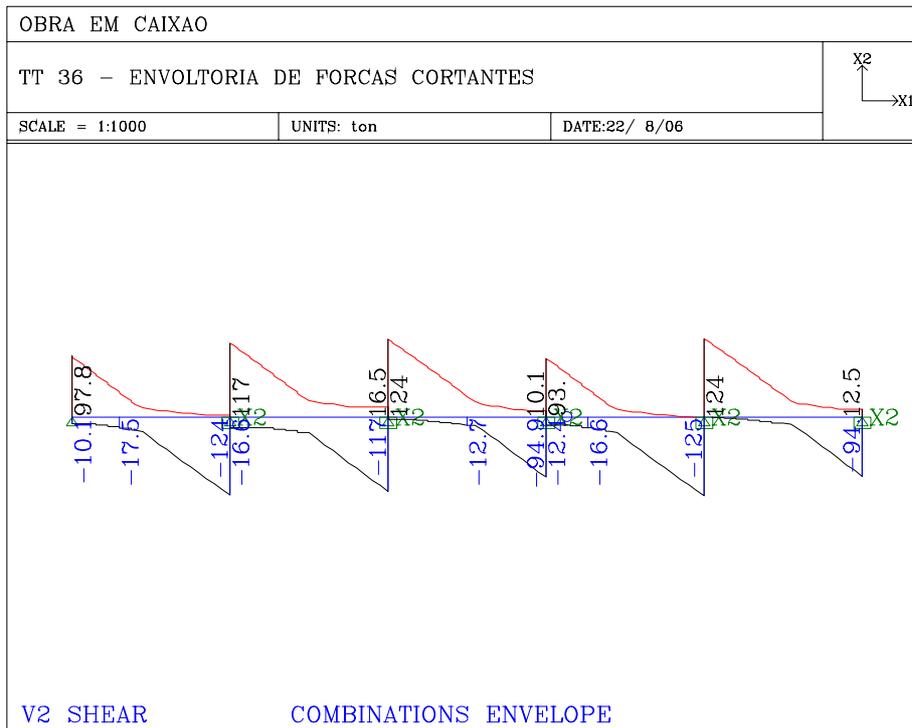
COMBINATIONS DEFINITION

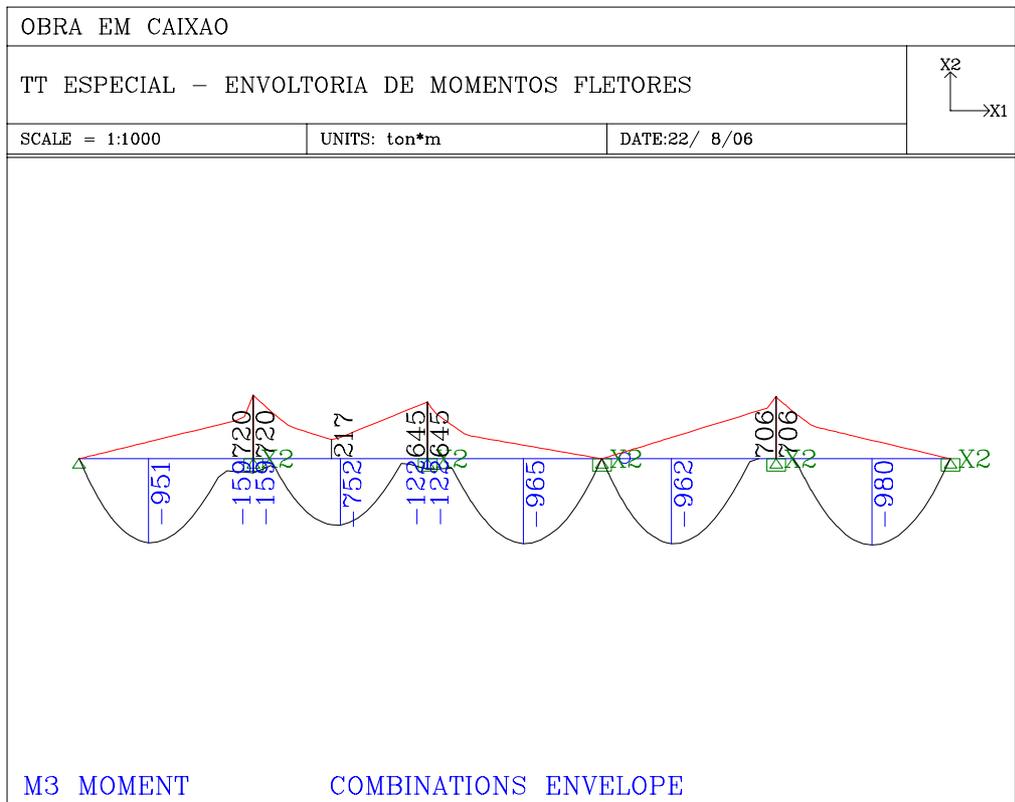
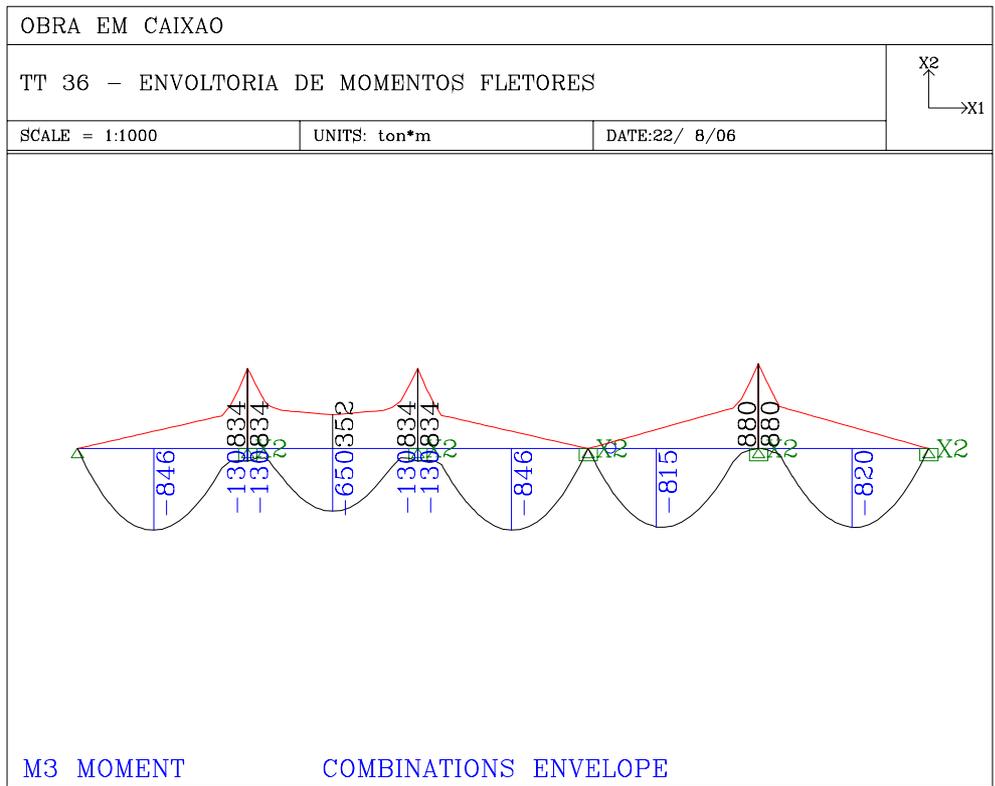
Comb.

CARGAS ESPECIAIS

1	1 * 1.00			
2	2 * 1.00		+TT 36* 1.00	
3	3 * 1.00		+TT 36* 1.00	
4	4 * 1.00		+TT 36* 1.00	
5	2 * 1.00	+ 3 * 1.00		+TT 36* 1.00
6	3 * 1.00	+ 4 * 1.00		+TT 36* 1.00
7	2 * 1.00	+ 4 * 1.00		+TT 36* 1.00
8	2 * 1.00	+ 3 * 1.00	+ 4 * 1.00	+TT 36* 1.00
9	TT ESPECIAL* 1.00			





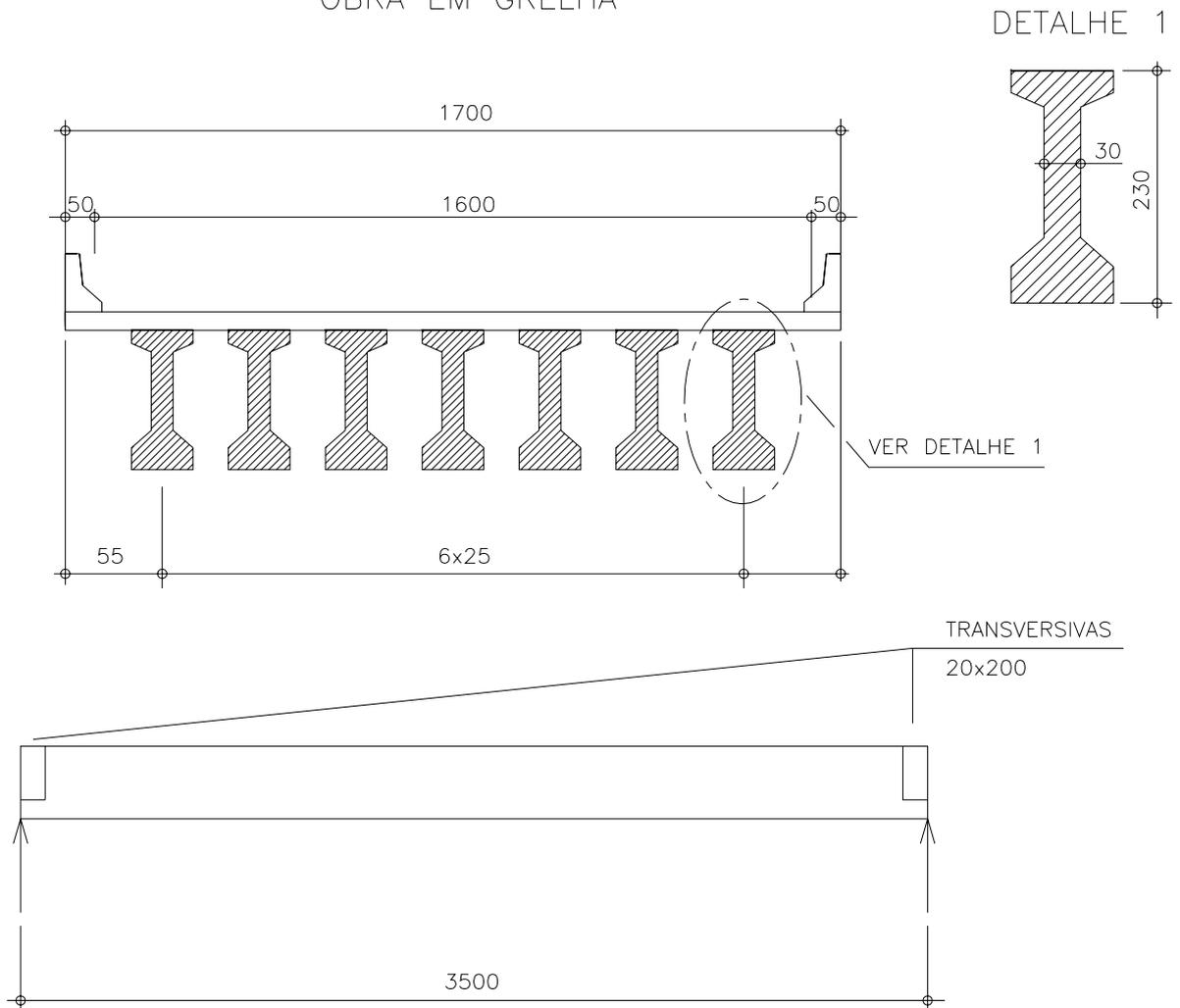


OBRA DE ARTE

EM GRELHA

CROQUIS

OBRA EM GRELHA



Carga Permanente: $(2,30 \times 0,30 + 2,65 \times 0,20) \times 2,50 = 3,05 \text{ tf/m}$

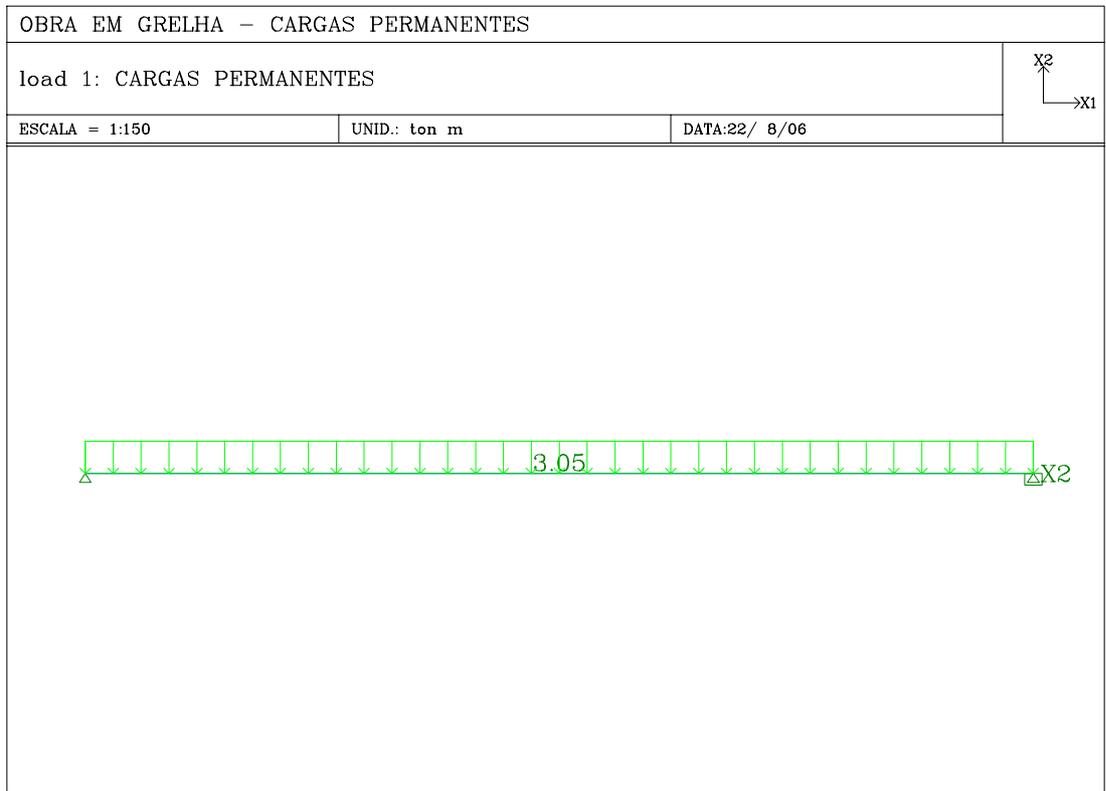
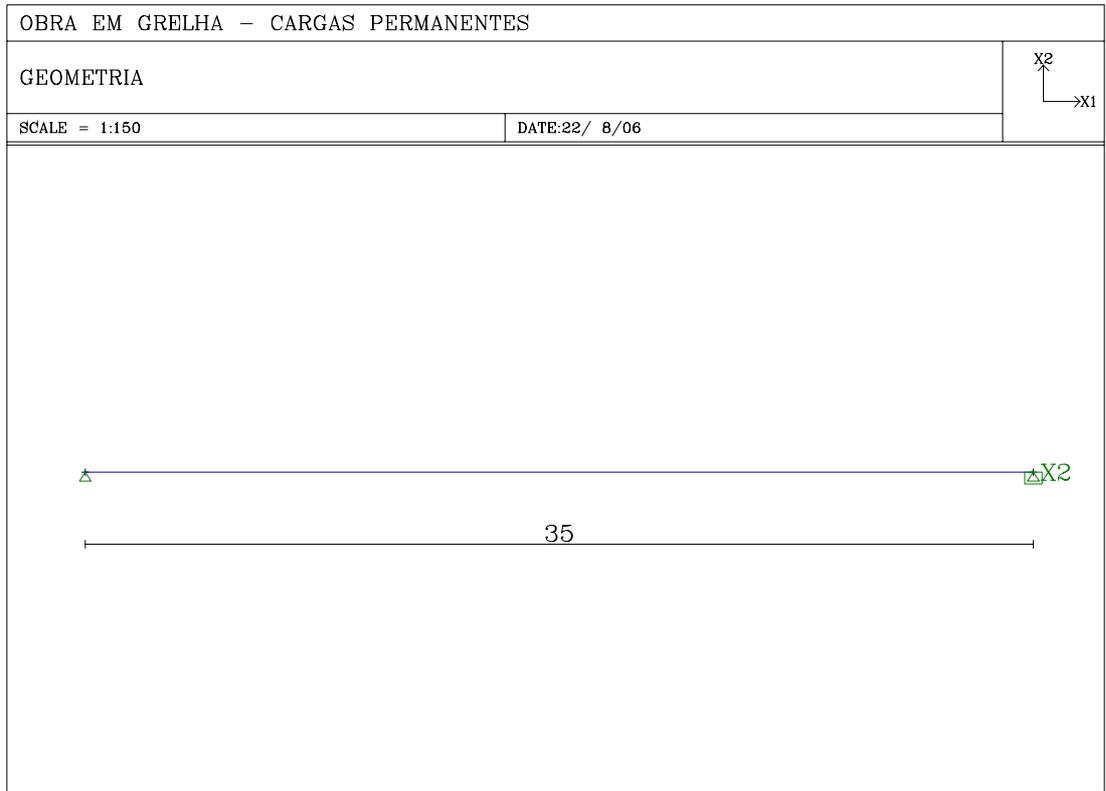
Cargas Acidentais:

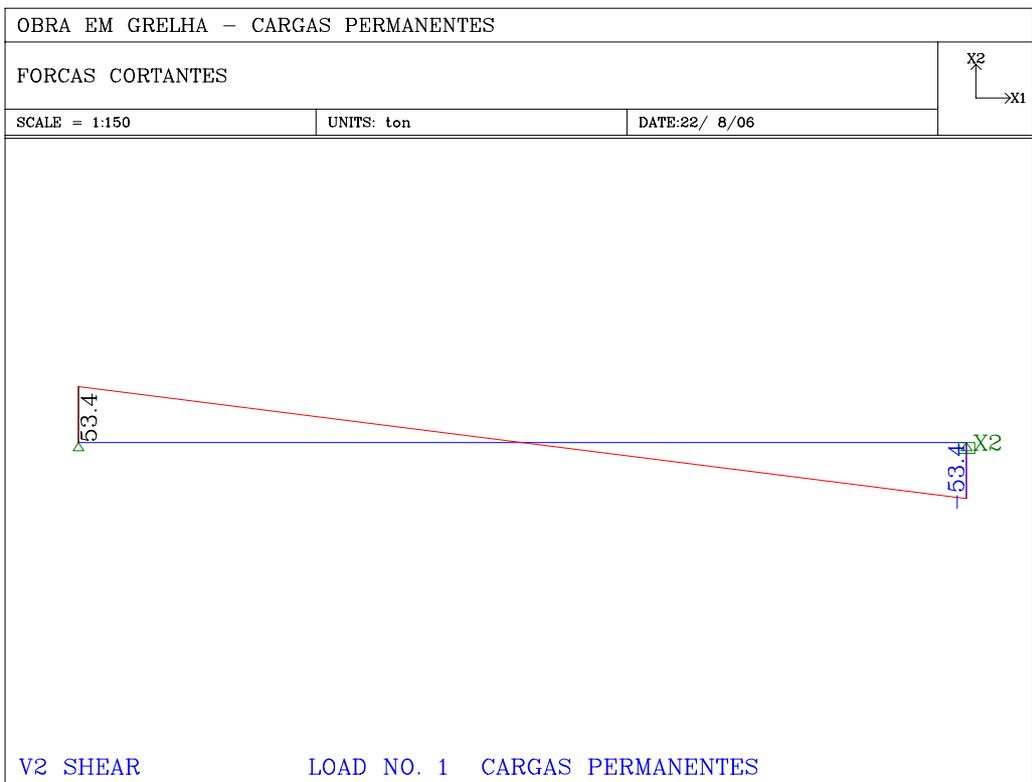
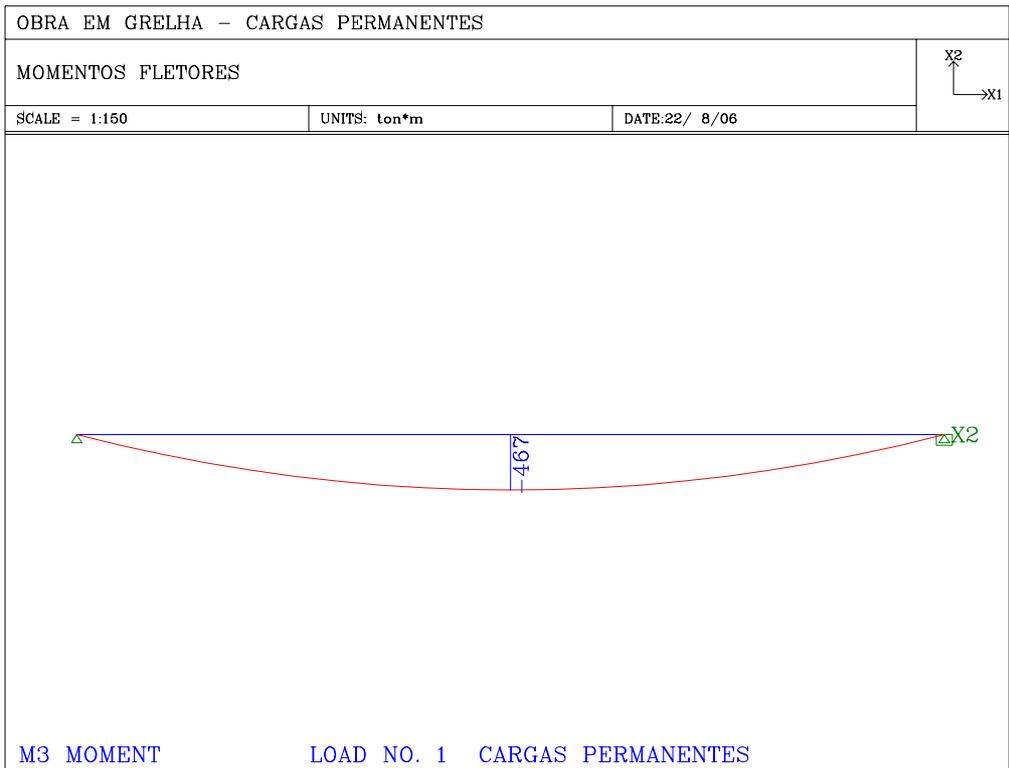
$$\varphi = 1,40 - 0,007 \times 35 = 1,155$$

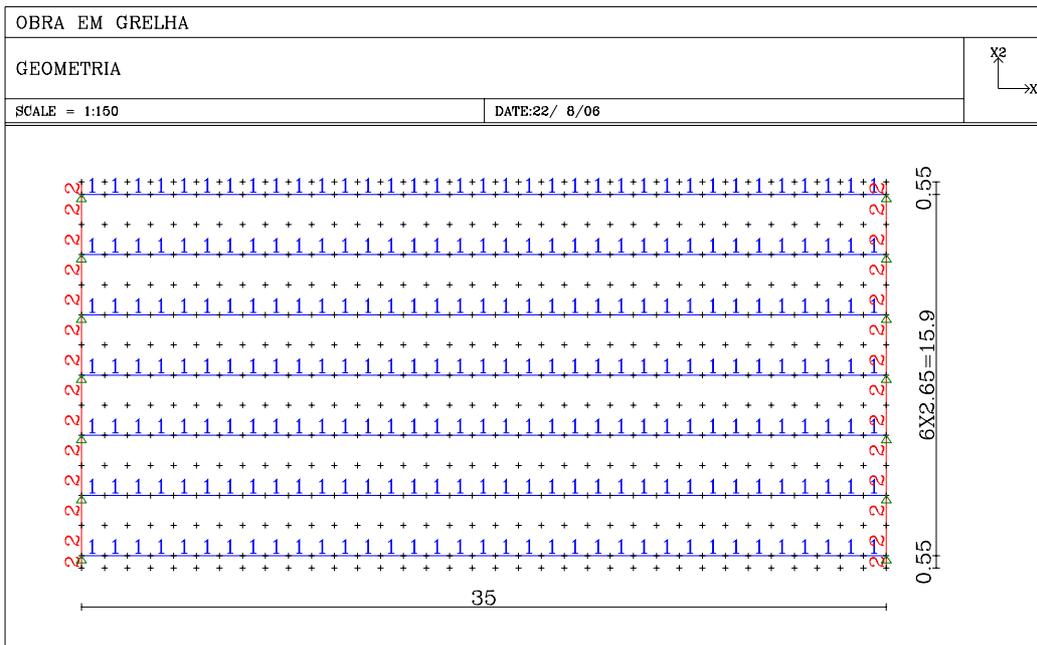
$$P = 4,50 \times 2 \times 1,155 = 10,4 \text{ tf}$$

$$m = 0,500 \times 1,155 = 0,578 \text{ tf/m}^2$$

$$m' = 0,300 \times 1,155 = 0,347 \text{ tf/m}^2$$







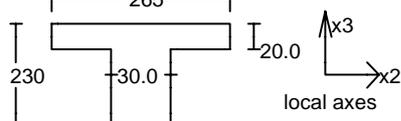
MATERIAL TABLE (units - ton metro)

NO.	Name	Modulus of Elasticity	Poisson ratio	Density	Thermal coefficient	Shear modulus
1	CONC	0.2500E+07	0.200	0.2500E+01	0.00001000	0.1042E+07

SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)

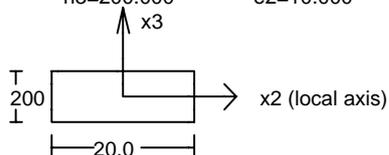
PROPERTY NO. 1

$A=0.1160E+05$ $I2=0.6140E+08$ $I3=0.3149E+08$ $J=0.2573E+07$ $SF2=0.500$
 Material = 1 - CONC Perimeter=990.00 $SF3=0.500$
 $h2=265.000$ $h3=230.000$ $e2=132.500$ $e3=157.543$



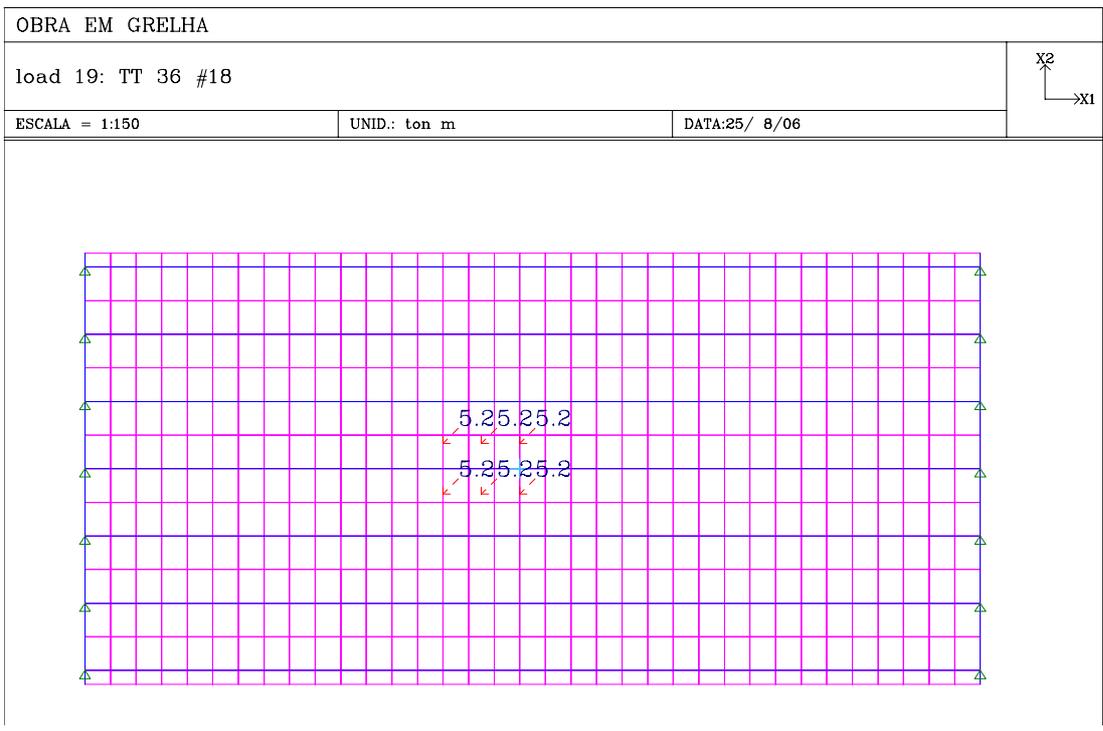
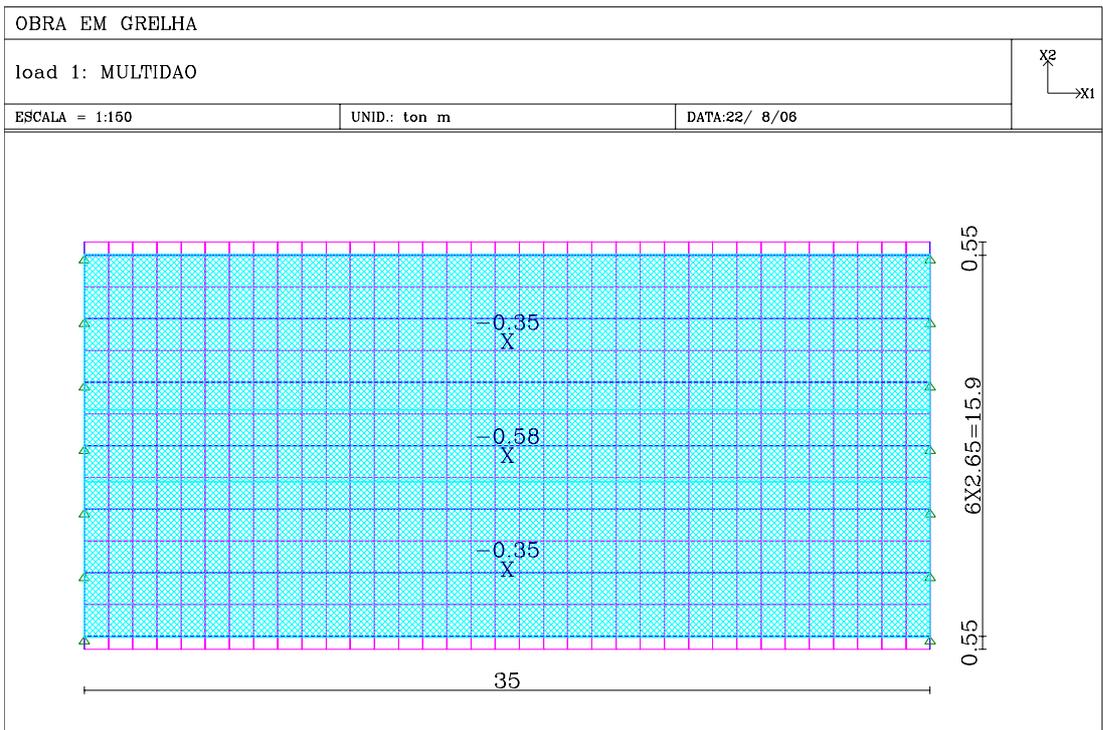
PROPERTY NO. 2

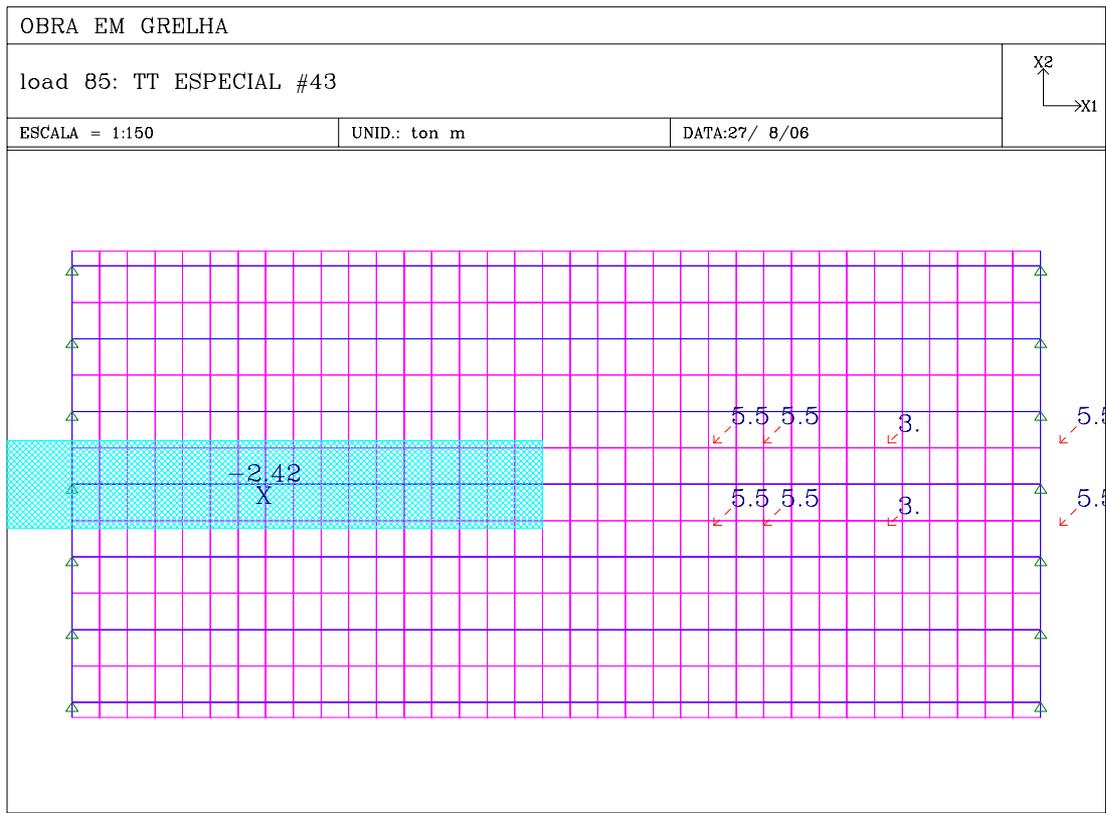
$A=0.4000E+04$ $I2=0.1333E+08$ $I3=0.1333E+06$ $J=0.4997E+06$ $SF2=0.850$
 Material = 1 - CONC Perimeter=440.00 $SF3=0.850$
 $h2=20.000$ $h3=200.000$ $e2=10.000$ $e3=100.000$



PROPERTY NO. 3

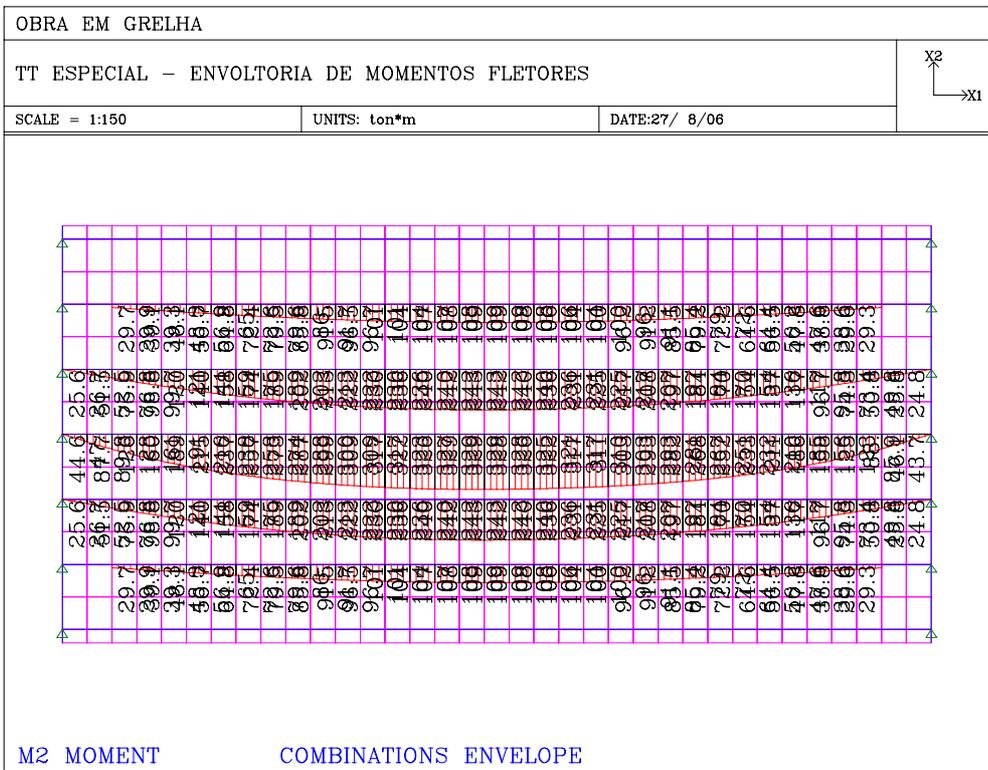
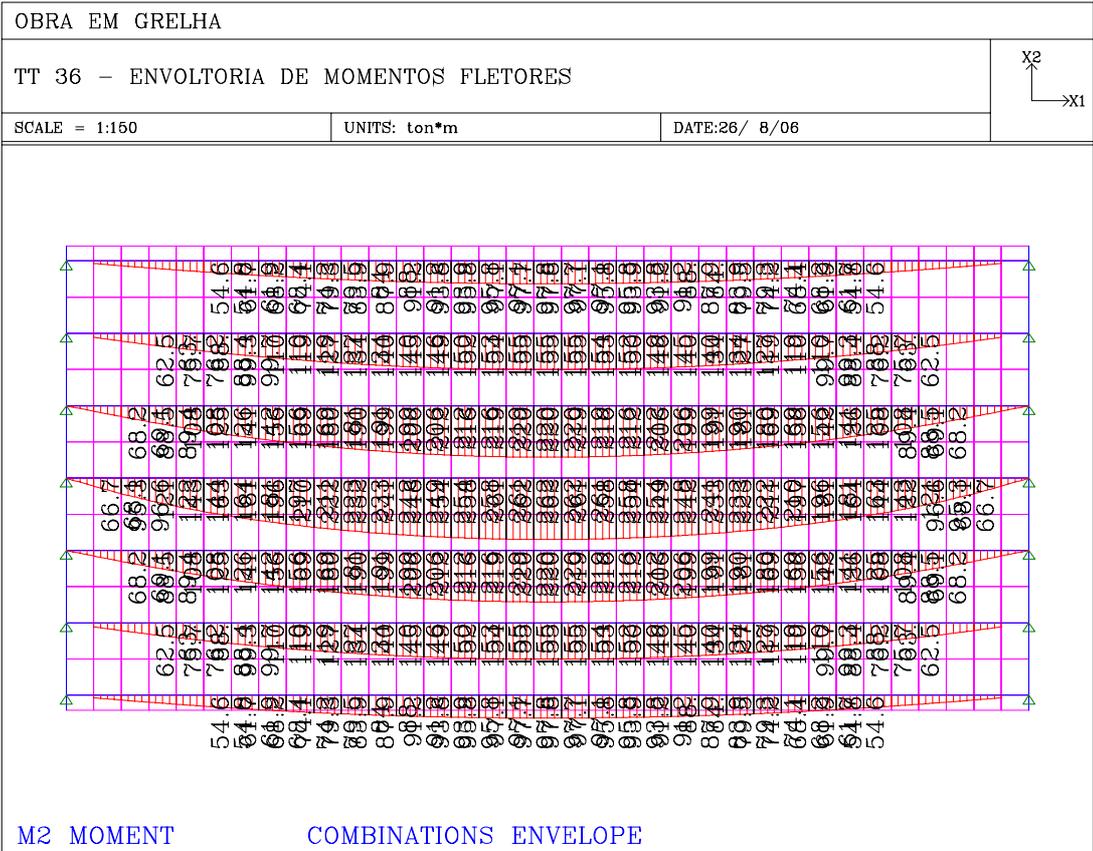
Thickness = 20.000 $SF3=0.000$
 Material = 1 - CONC

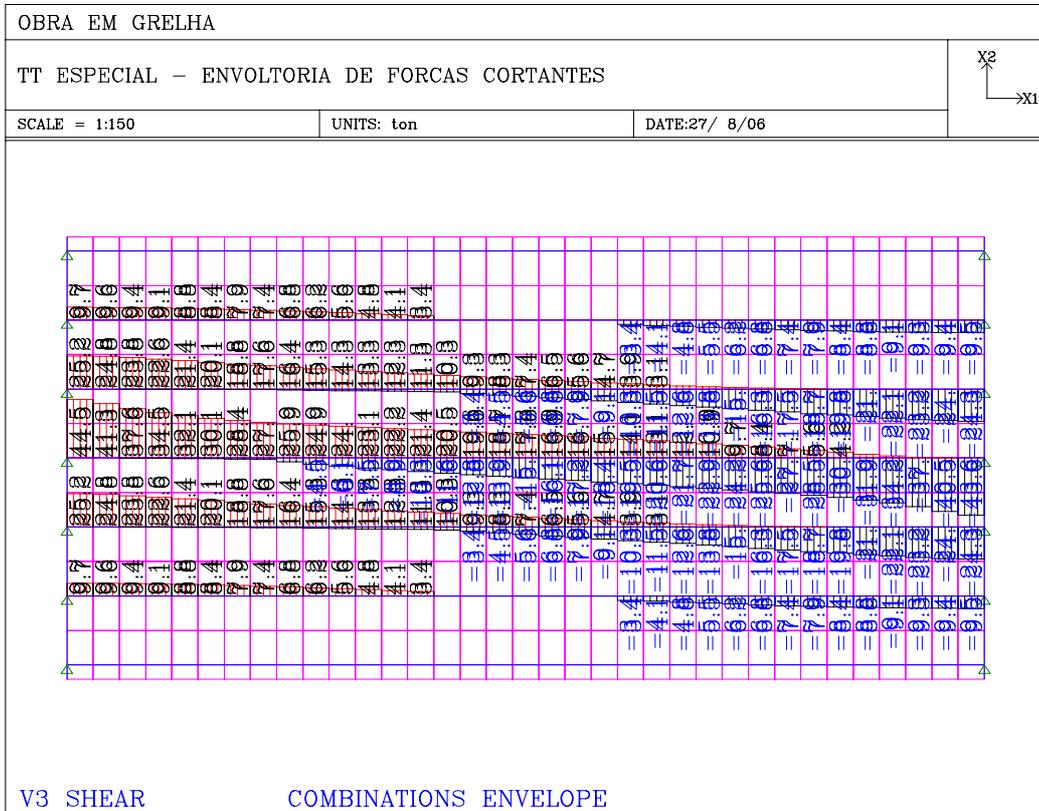
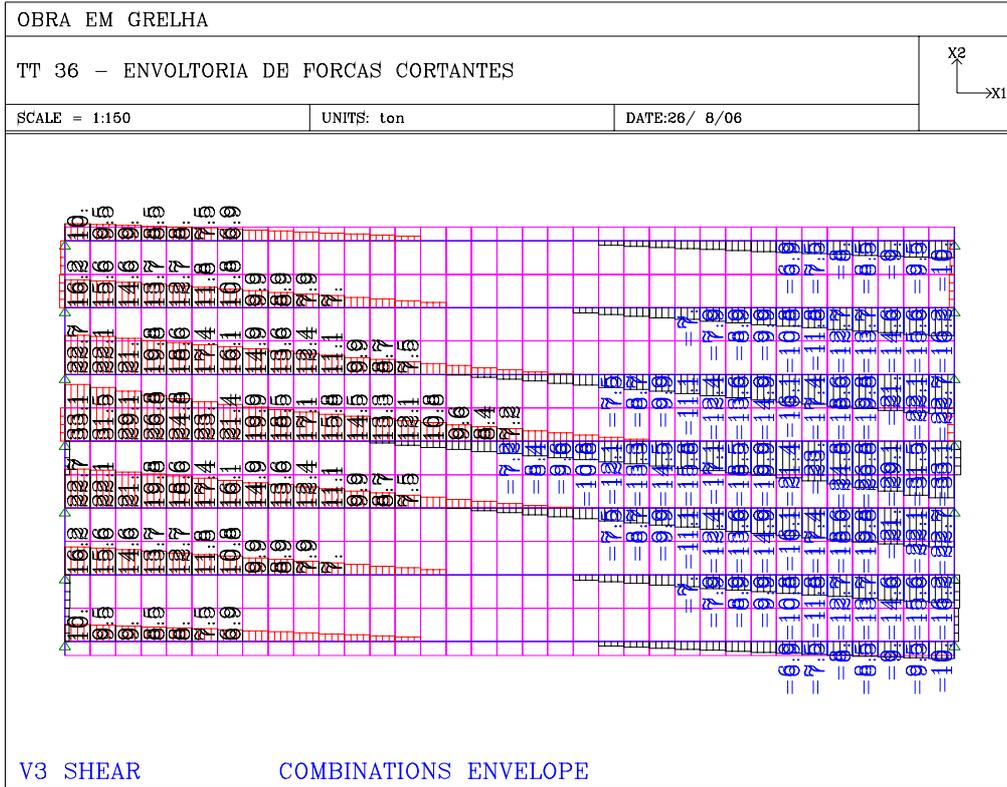




COMBINATIONS DEFINITION

<i>Comb.</i>		
1	1 * 1.00	+TT 36* 1.00
2	TT ESPECIAL* 1.00	



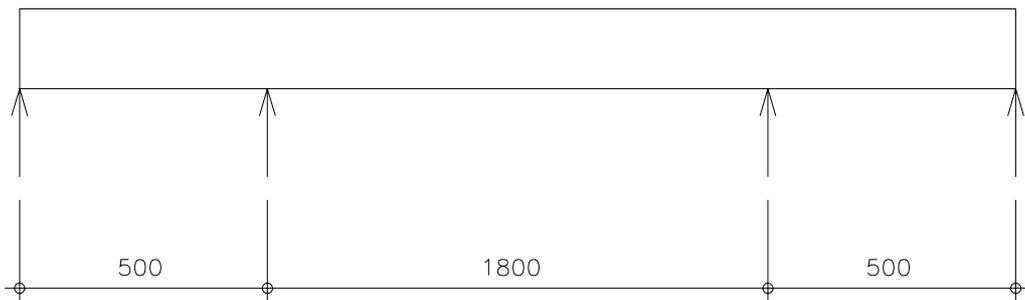
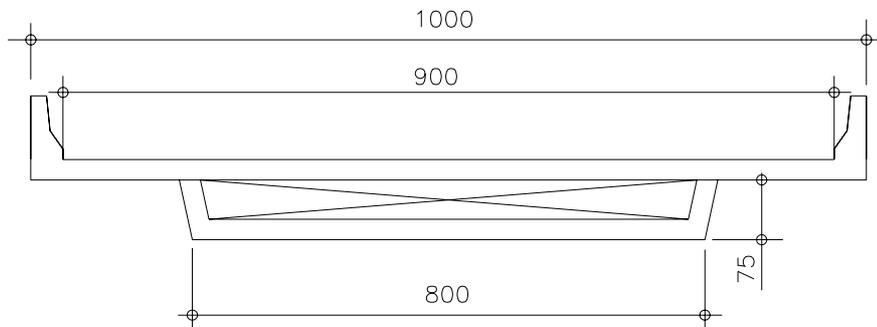


OBRA DE ARTE

EM LAJE

CROQUIS

OBRA EM LAJE (CAIXÃO ABATIDO)



Cargas Permanentes: $0,20 * 2,5 = 0,500 \text{ tf/m}^2$
 $0,80 * 2,50 = 2,00 \text{ tf/m}^2$

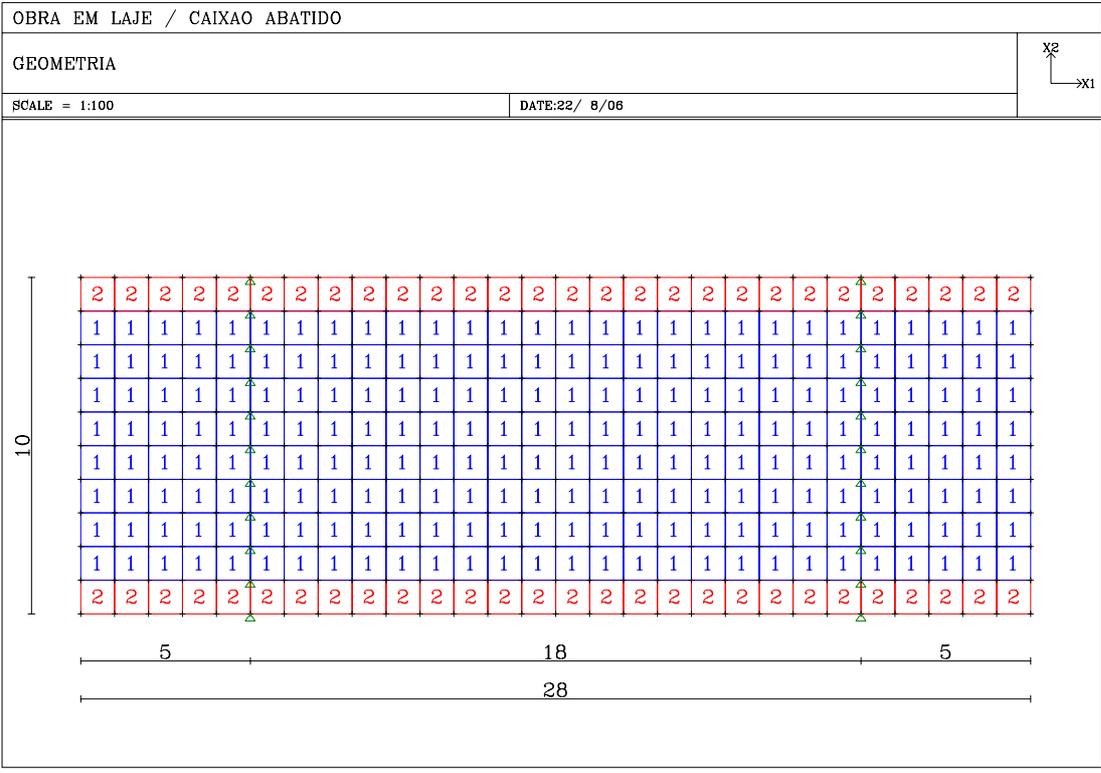
Cargas Acidentais (TT 36)

$$\varphi = 1,4 - 0,007 * 18 = 1,274$$

$$m = 0,500 * 1,274 = 0,637 \text{ tf/m}^2$$

$$P = 2 * 4,5 * 1,12 = 11,5 \text{ tf}$$

$$m' = 0,300 * 1,274 = 0,382 \text{ tf/m}^2$$

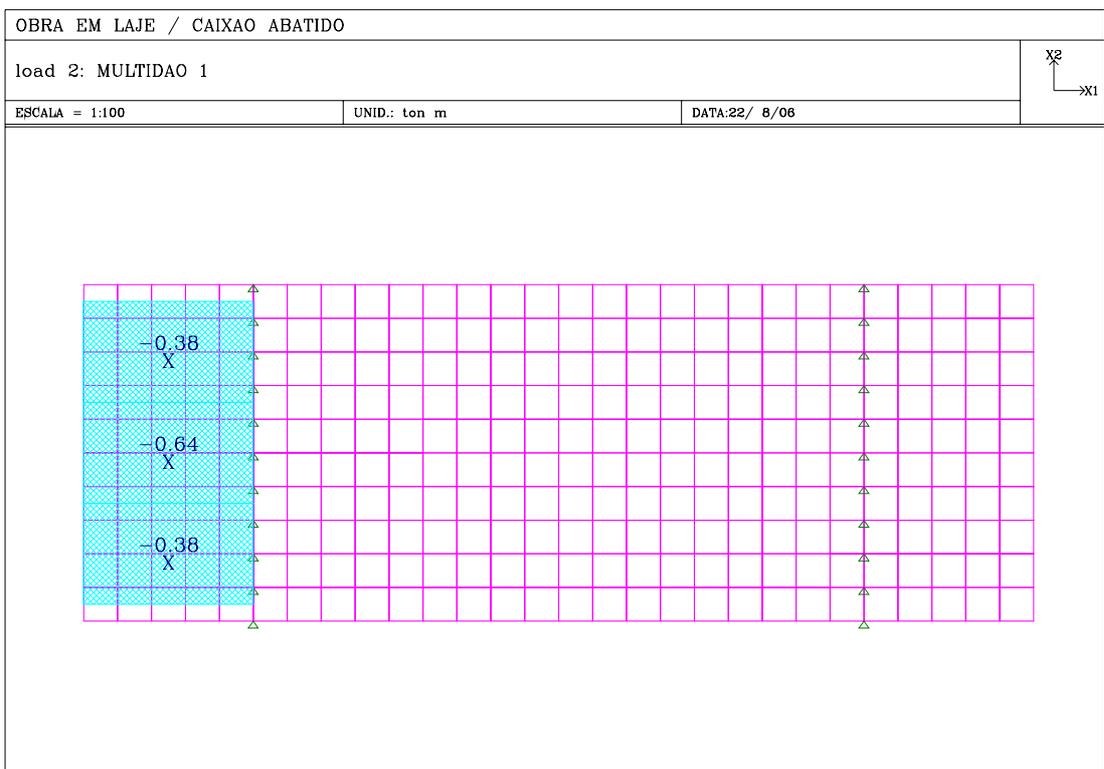
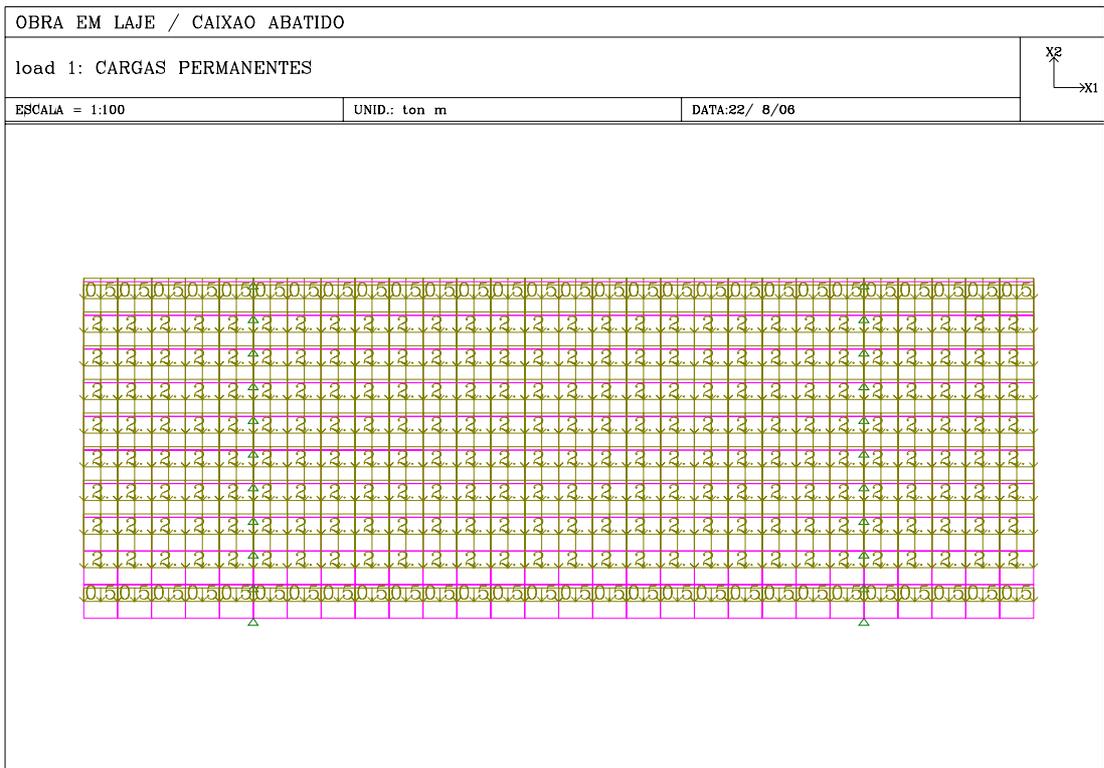


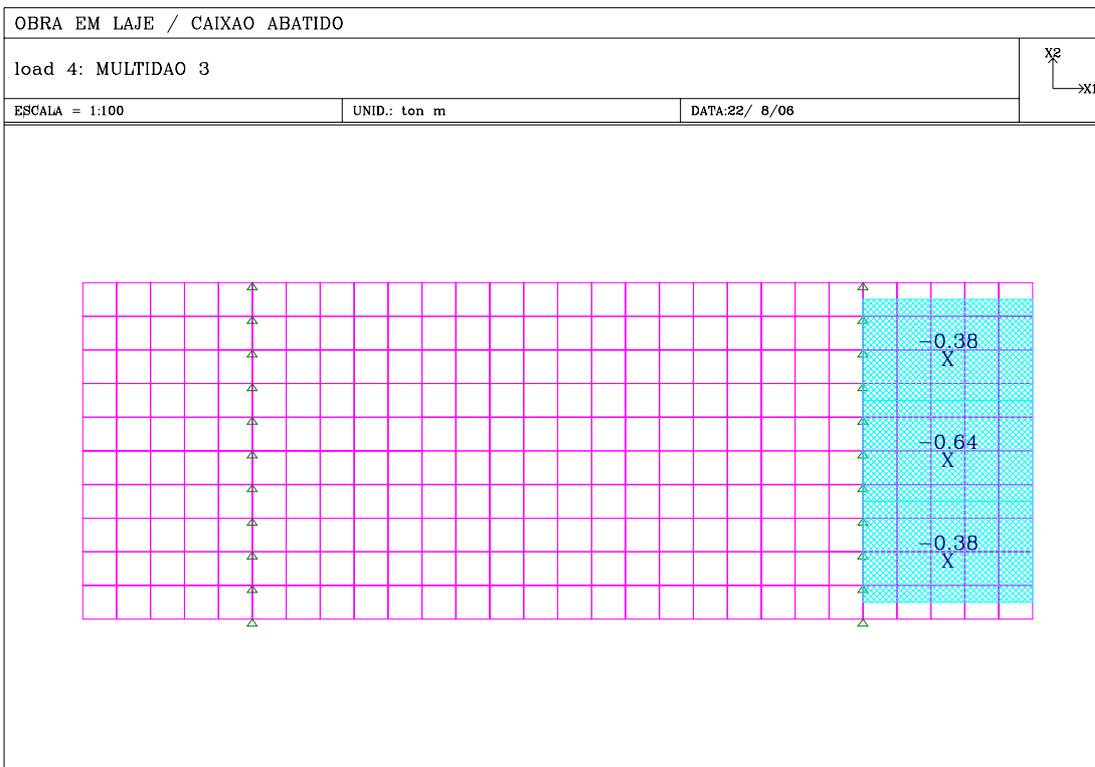
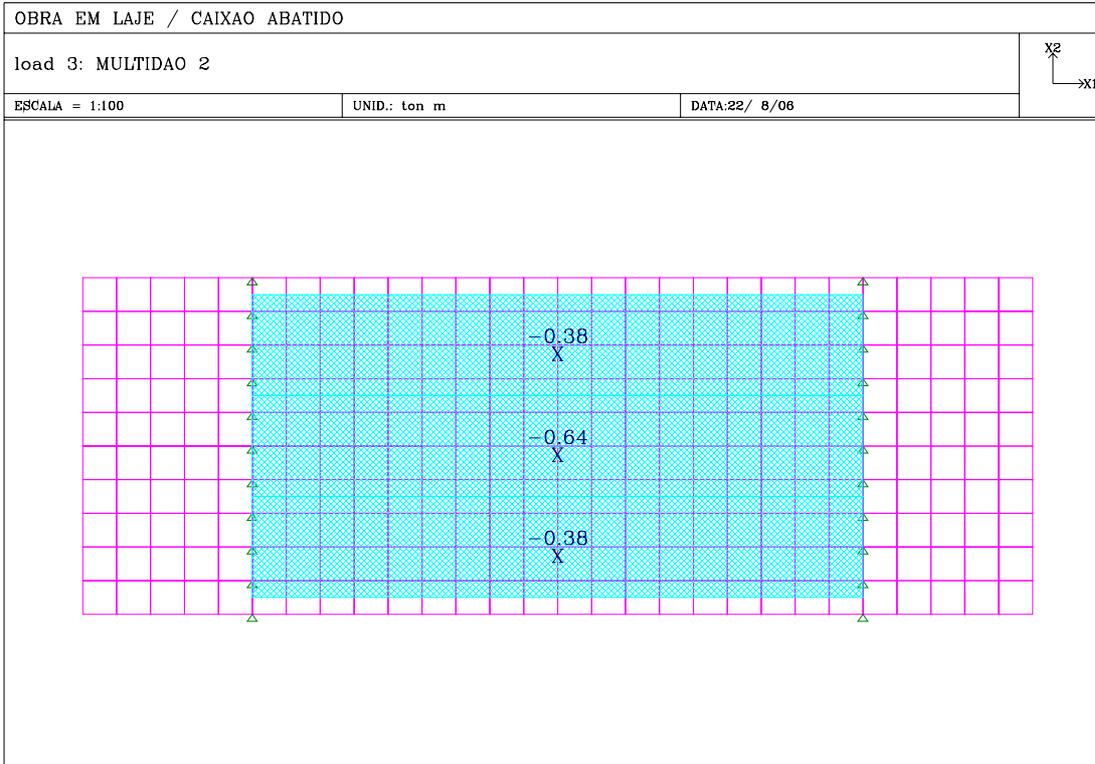
MATERIAL TABLE (units - ton metro)

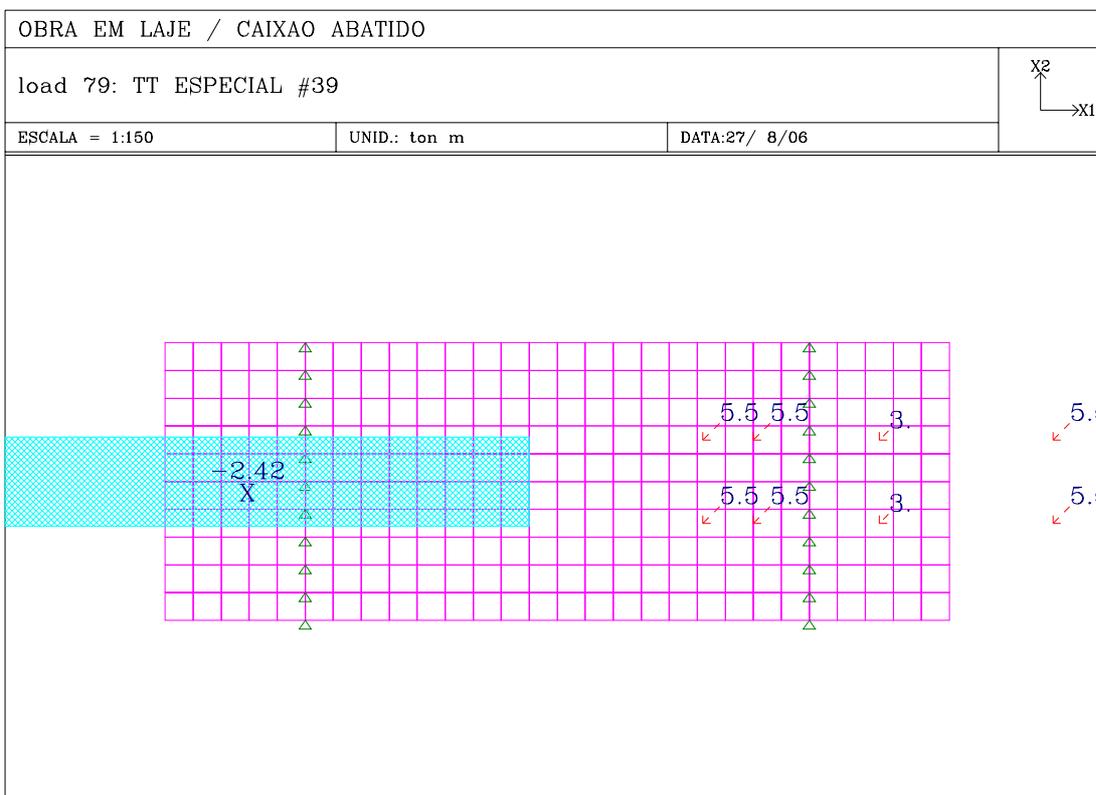
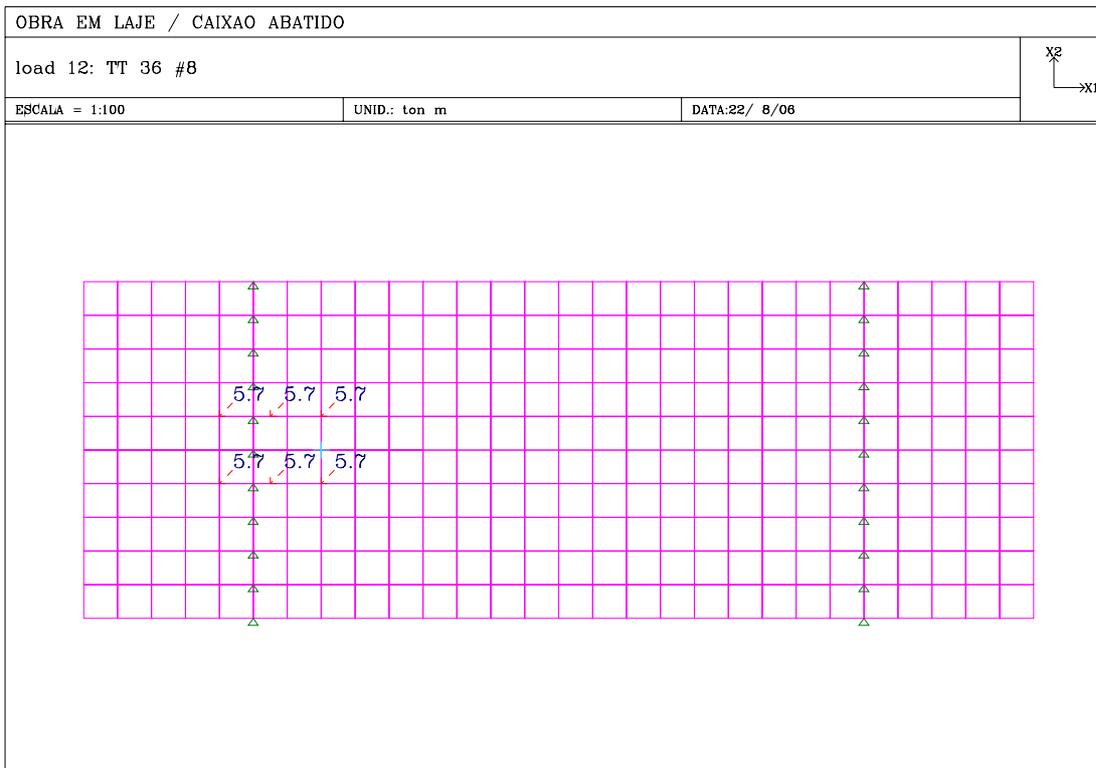
NO.	Name	Modulus of Elasticity	Poisson ratio	Density	Thermal coefficient	Shear modulus
1	CONC	0.2500E+07	0.200	0.2500E+01	0.00001000	0.1042E+07

SECTION PROPERTY TABLE (units - cm.)

PROPERTY NO. 1		
Thickness =	80.000	
Material = 1 - CONC		SF3=0.000
PROPERTY NO. 2		
Thickness =	20.000	
Material = 1 - CONC		SF3=0.000



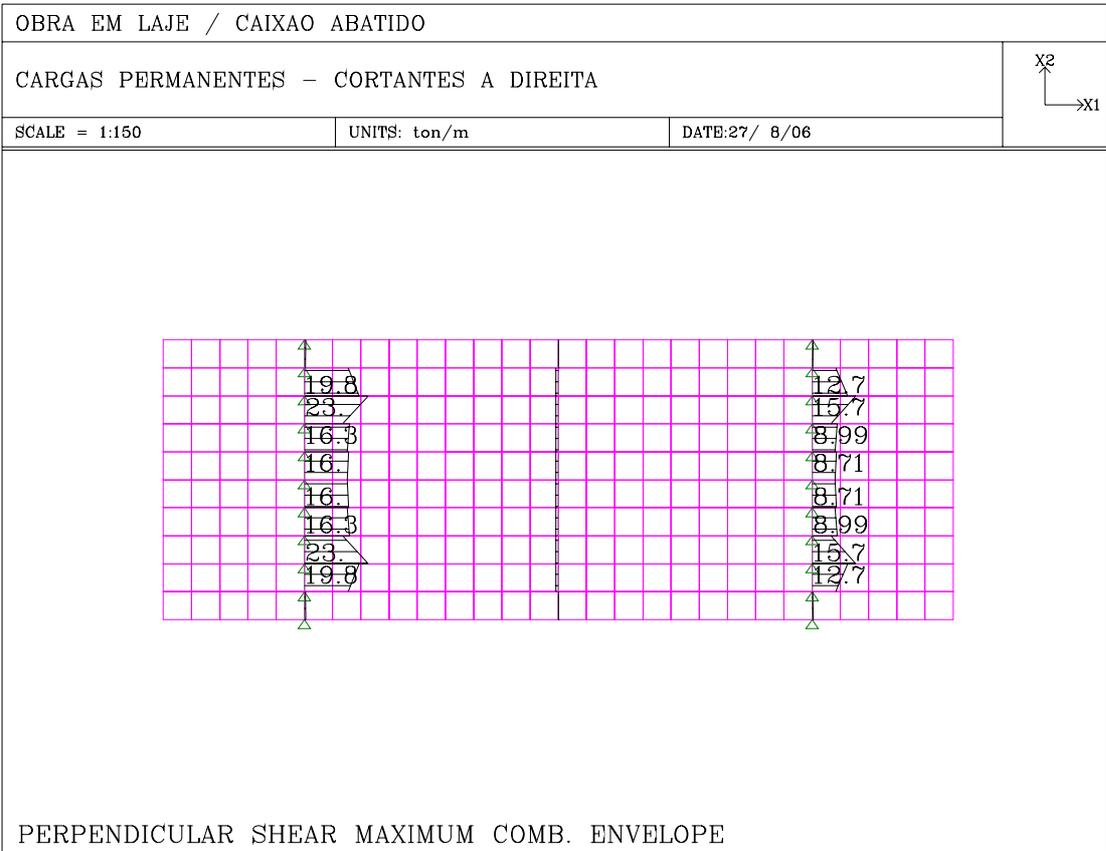
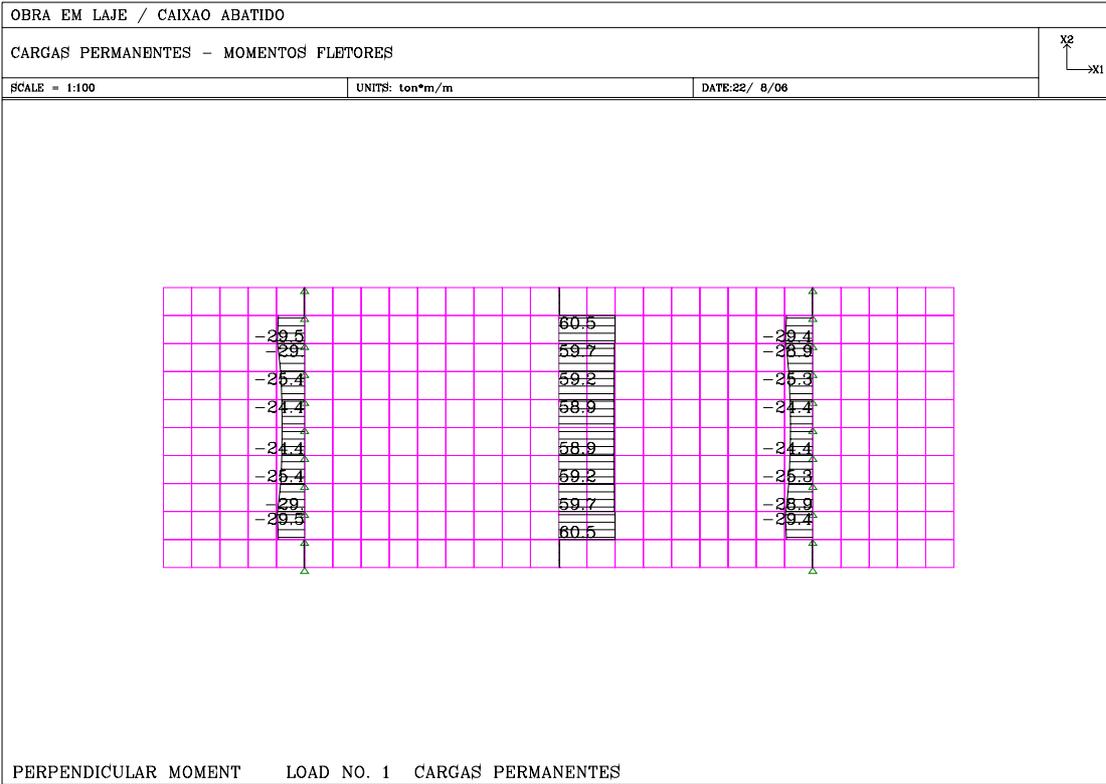


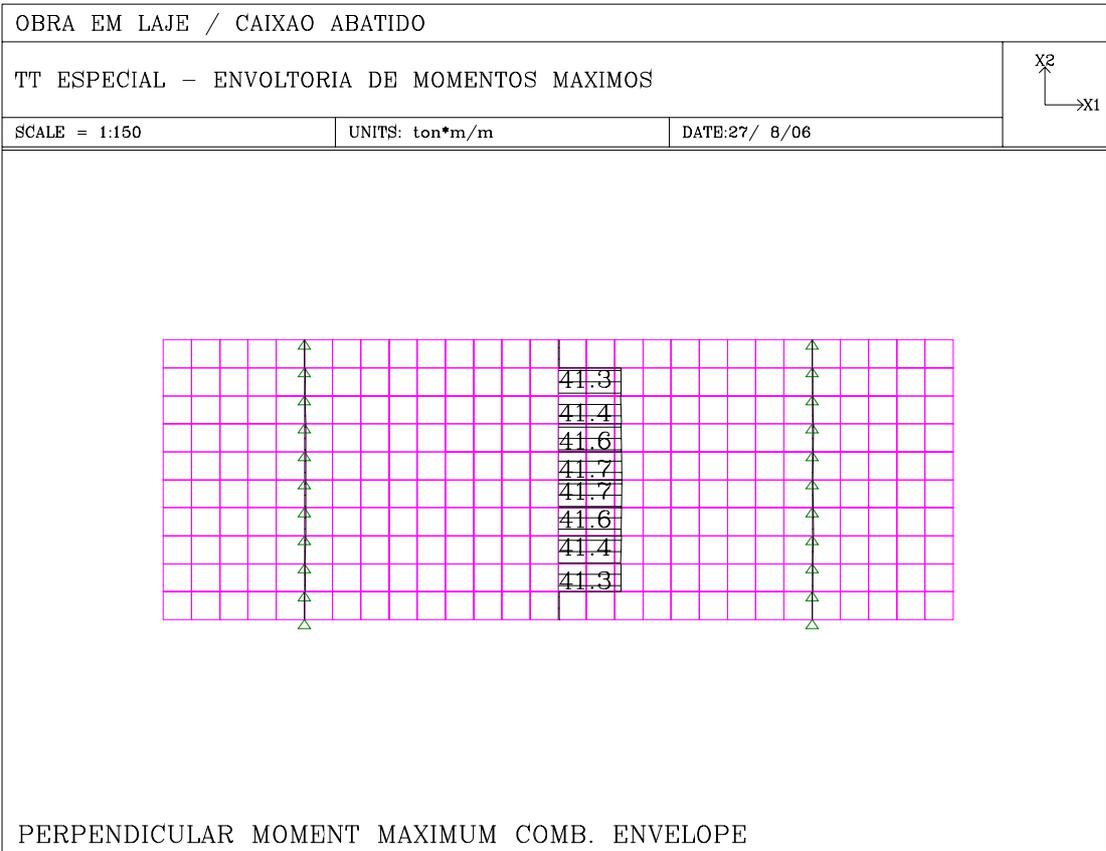


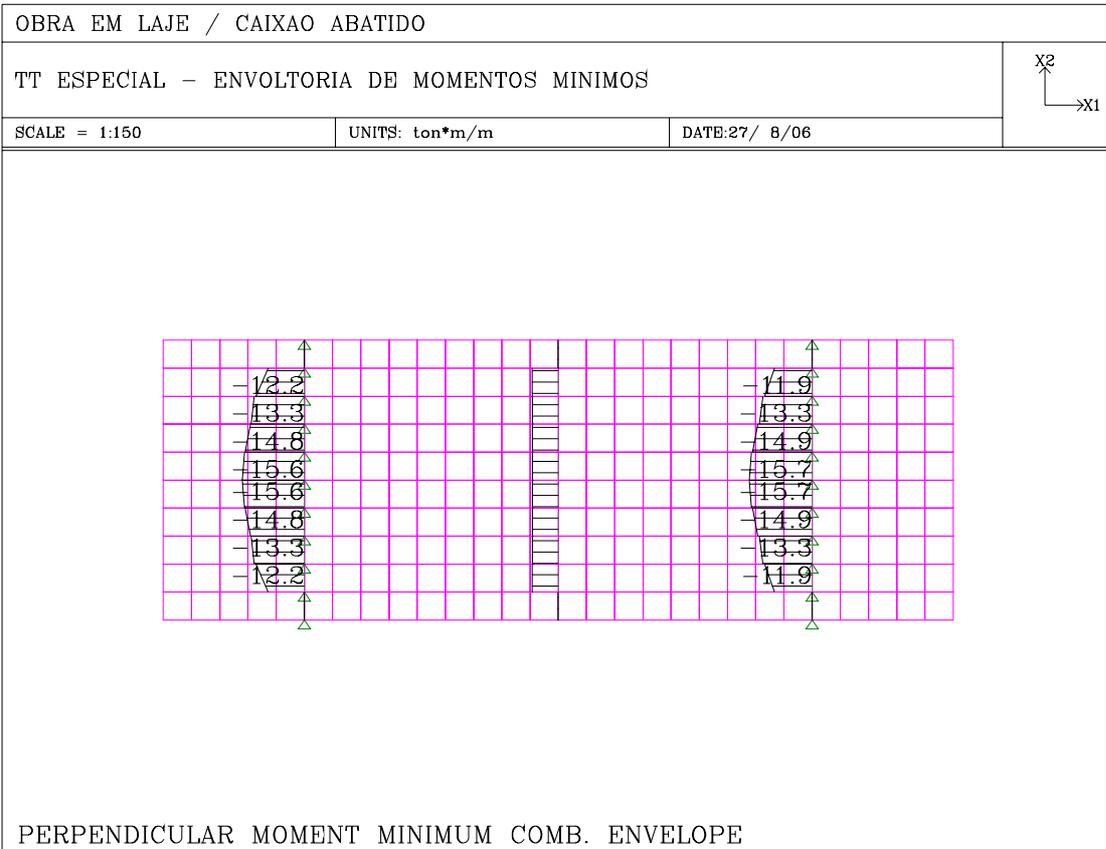
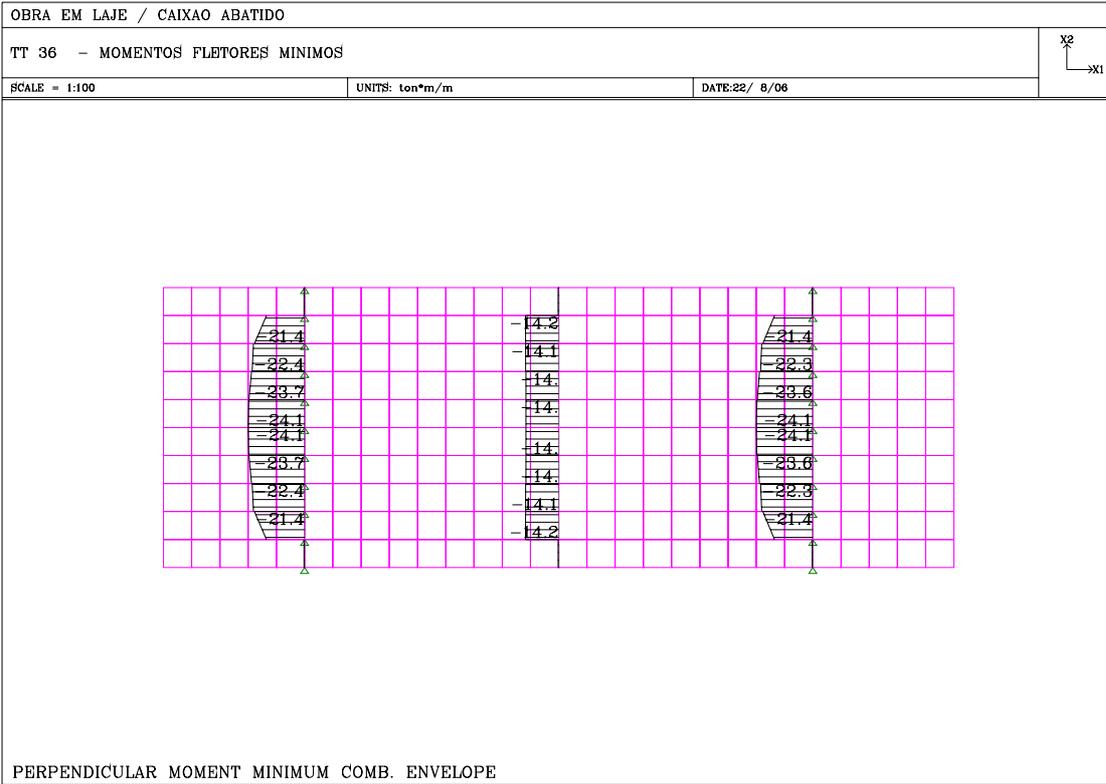
COMBINATIONS DEFINITION

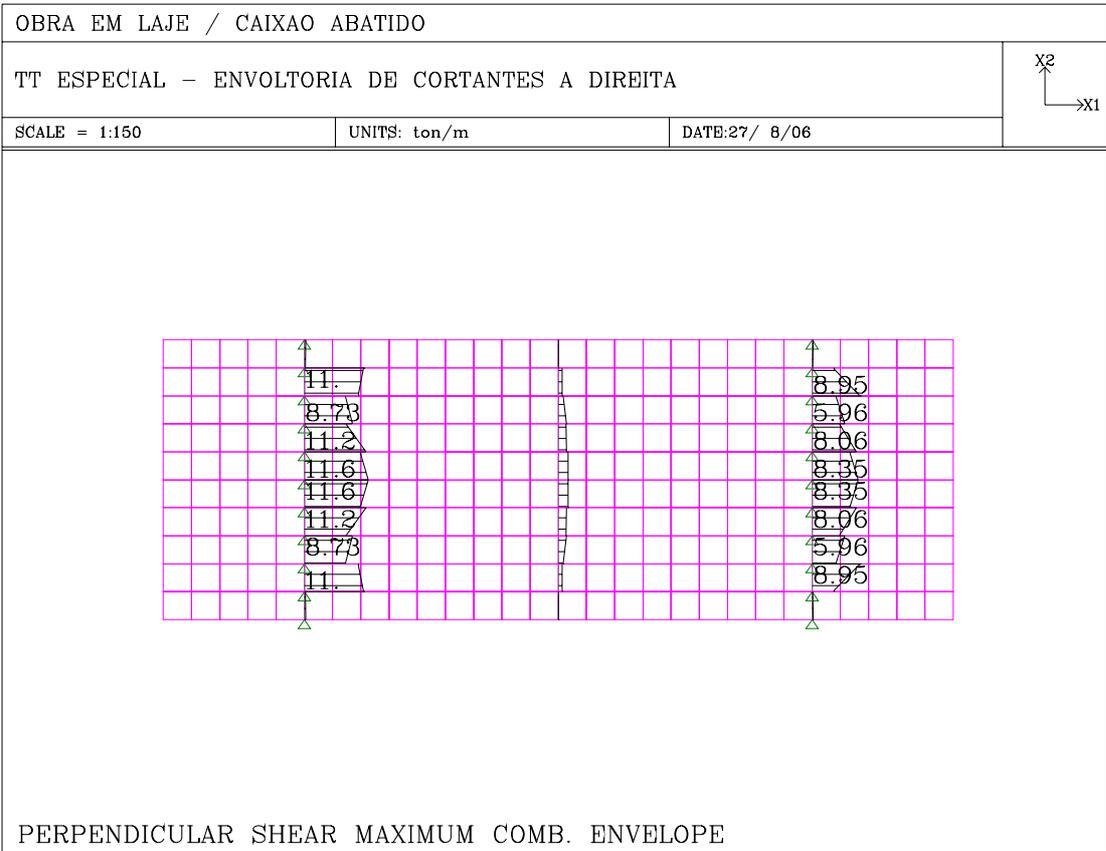
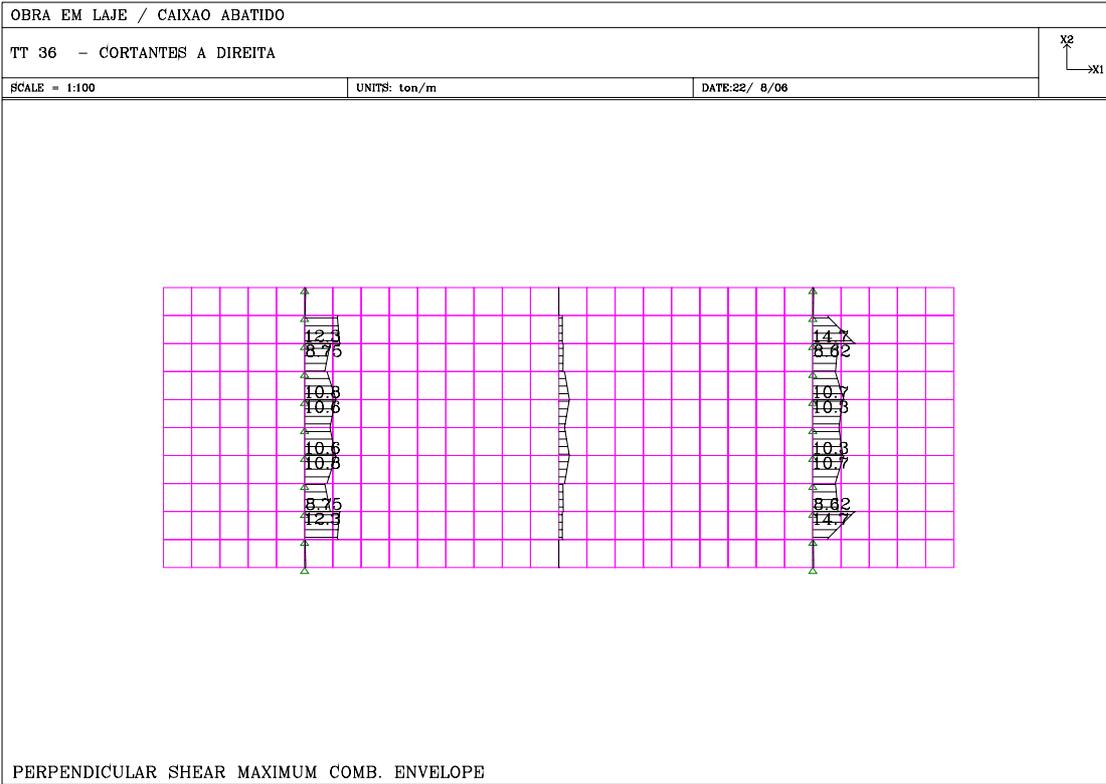
Comb.

1	1 * 1.00			
2	2 * 1.00		+TT 36* 1.00	
3	3 * 1.00		+TT 36* 1.00	
4	4 * 1.00		+TT 36* 1.00	
5	2 * 1.00	+ 3 * 1.00		+TT 36* 1.00
6	3 * 1.00	+ 4 * 1.00		+TT 36* 1.00
7	2 * 1.00	+ 4 * 1.00		+TT 36* 1.00
8	2 * 1.00	+ 3 * 1.00	+ 4 * 1.00	+TT 36* 1.00
9	TT ESPECIAL* 1.00			









PLANILHA COMPARATIVA DE ESFORÇOS

E

CONCLUSÃO

Obra em 2 vigas	M						Vesq						Vdir						F.S.mínimo						
	C. Perm.		TT 36		TT esp.		F.S.		C. Perm.		TT 36		TT esp.		F.S.		C. Perm.			TT 36		TT esp.		F.S.	
Apóio 1	(106,00)	(207,00)	1,78	35,50	51,10	24,00	1,60	76,80	74,00	52,00	1,29													1,29	
Vão 1	392,00	536,00	1,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	
Apóio 2	(461,00)	(399,00)	1,26	100,00	78,00	56,30	1,26	94,60	76,80	59,90	1,22													1,22	
Vão 2	296,00	286,00	1,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,31	
Apóio 3	-	-	-	59,10	58,70	41,70	1,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,29	
																								1,22	

Obra em caixão	M						Vesq						Vdir						F.S.mínimo						
	C. Perm.		TT 36		TT esp.		F.S.		C. Perm.		TT 36		TT esp.		F.S.		C. Perm.			TT 36		TT esp.		F.S.	
Apóio 1	1.991,00	846,00	1,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,07	
Vão 1	(2.482,00)	(834,00)	1,15	373,00	124,00	135,00	1,08	311,00	117,00	130,00	1,07													1,07	
Apóio 2	626,00	650,00	1,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,01	
Apóio 3	(2.482,00)	(834,00)	1,18	311,00	117,00	122,00	1,09	373,00	124,00	144,00	1,06													1,06	
Vão 3	1.991,00	846,00	1,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,06	
Apóio 4	1.743,00	815,00	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,04	
Vão 4	(3.101,00)	(880,00)	1,16	388,00	125,00	134,00	1,09	388,00	124,00	141,00	1,07													1,04	
Apóio 5	1.743,00	820,00	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,04	
Vão 5	-	-	-	233,00	94,00	106,00	1,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,07	
Apóio 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,01	

Obra em grelha	M						Vesq						Vdir						F.S.mínimo						
	C. Perm.		TT 36		TT esp.		F.S.		C. Perm.		TT 36		TT esp.		F.S.		C. Perm.			TT 36		TT esp.		F.S.	
Apóio 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,97	
Vão 1	467,00	262,00	1,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,01	
Apóio 2	-	-	-	53,40	33,10	44,50	0,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,97	
																								0,97	

Obra em Laje / Caixaão Abatido	M						Vesq						Vdir						F.S.mínimo						
	C. Perm.		TT 36		TT esp.		F.S.		C. Perm.		TT 36		TT esp.		F.S.		C. Perm.			TT 36		TT esp.		F.S.	
Apóio 1	(24,40)	(24,10)	1,34	8,71	10,70	8,36	1,25	16,00	10,60	11,60	1,06													1,06	
Vão 1	58,90	36,30	1,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,06	
Apóio 2	(24,40)	(24,10)	1,34	16,00	10,60	11,60	1,06	8,71	10,70	8,36	1,25													1,06	

Conclusão:

Observa-se que os Fatores de Segurança das obras em 2 vigas, caixaão e laje estão adequados ($F.S. > 1,0$), entretanto para a obra em grelha o fator de segurança mostra-se inadequado ($F.S. = 0,97 < 1,00$), não sendo viável a transposição desta obra por este conjunto transportador.