



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CENTRO DAS CIÊNCIAS EXATAS E DAS TECNOLOGIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE CARGA DE TEMPERATURA
EM PÓRTICO METÁLICO

GIOVANE DE OLIVEIRA RAMOS

BARREIRAS-BA

2022

GIOVANE DE OLIVEIRA RAMOS

**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE CARGA DE TEMPERATURA
EM PÓRTICO METÁLICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Oeste da Bahia, como requisito parcial à
obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Dr. Pedro Cláudio dos Santos Vieira

BARREIRAS-BA

2022

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Universitária do Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias da Universidade Federal do Oeste da Bahia

FICHA CATALOGRÁFICA

R175 Ramos, Giovane de Oliveira.

Simulação computacional de carga de temperatura em pórtico metálico /
Giovane de Oliveira Ramos. – 2022.

308f.

Orientador: Dr. Pedro Cláudio dos Santos Vieira.

Monografia (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade
Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias.
Barreiras, BA, 2022.

1. Pórtico metálico. 2. Carga térmica. 3. SAP2000. 4. Análise computacional. I.
Vieira, Pedro Cláudio dos Santos. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia -
Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. III. Título.

CDD 624

Biblioteca Universitária de Barreiras - UFOB

GIOVANE DE OLIVEIRA RAMOS

**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE CARGA DE TEMPERATURA
EM PÓRTICO METÁLICO**

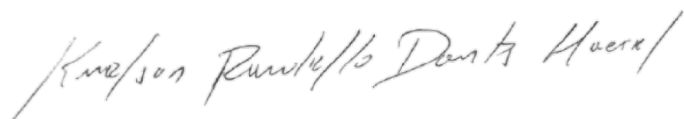
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Oeste da Bahia, como requisito parcial à
obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovada em 30 de novembro de 2022.

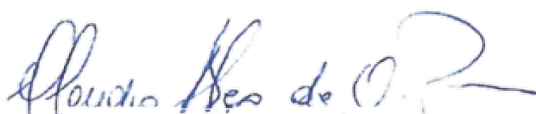
Banca Examinadora

Orientador:


Dr. Pedro Cláudio Dos Santos Vieira
UFOB – Universidade Federal Do Oeste Da Bahia



Me. Kuelson Rândello Dantas Maciel
UFOB – Universidade Federal Do Oeste Da Bahia



Me. Claudio Alex De Oliveira Pires
UFOB – Universidade Federal Do Oeste Da Bahia

*Ao meu pai, meu herói pessoal e meu amigo,
que incentivou e me apoiou até aqui, essa
vitória é nossa.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me guiou e me protegeu com a sua destra, especialmente a minha vó paterna Maria Joana, por seu amor e cuidados por mim, aos meus pais Adriano e Lourdes, que moldaram meu caráter, a minha noiva Giovana, por todo carinho, dedicação e compreensão, ao meu avô paterno Antônio João, a minha vó materna Valdeci, a minha irmã Thainá e aos meus demais familiares e família da minha noiva.

Aos meus amigos de infância que são como irmãos Aleilton, Edilson, Robson e Emanuel, obrigado pelo incentivo e por acreditarem em mim. As minhas amigas que a vida me deu Ana Carolina, Juliana Jéssica, Letícia e Marla, pelo apoio.

As minhas amigas e amigos que a universidade me deu, Luane, Priscila, Bianka, Paulo, Marcos Vinicius, João Victor, Clauberto, Victor Ramon, Ítallo, Thulyo, Emerson, Hieder, Jean e Rodrigo.

Ao meu professor e orientador Dr. Pedro Cláudio, obrigado pela orientação e pelos ensinamentos. E a todos os demais professores que de alguma forma fizeram parte da minha vida, obrigado pelos ensinamentos.

RESUMO

Os incêndios são catástrofes acidentais que acarretam um carregamento de carga variável nas estruturas. As estruturas metálicas são extremamente suscetíveis a esses carregamentos, principalmente pela transformação dos seus índices mecânicos, que acontecem pela ação da carga térmica, mediante essas cargas o módulo de elasticidade se degrada. Esse trabalho tem por objetivo fazer uma análise de 3 pórticos metálico com diversas temperaturas variando entre os 22 °C até 1000 °C para verificar o seu comportamento em condições de incêndio, utilizando o software que baseia seus cálculos no método dos elementos finitos, SAP2000, além de monitorar o deslocamento de nós específico com relação as temperaturas. Verificou-se a vulnerabilidade de perfis metálicos a temperatura, percebendo que a depender do carregamento inicial da temperatura o pórtico perde boa parte da capacidade resistente logo nas temperaturas iniciais, mas quanto maior a folga em que o projeto foi concebido, mais carga térmica ele irá suportar, com a análise de 3 pórticos com diferente características, sendo o intervalo entre 500 °C a 600 °C considerado um dos mais críticos devido a queda brusca do módulo de elasticidade. Foi comentado critérios para a avaliação de estruturas que tenham sofrido ação de incêndio. Com recursos do software, encontramos perfis mais robustos, com uma geometria que parenta maior área da sessão transversal, para que os pórticos consigam suportar uma carga de incêndio a temperatura de 700 °C.

Palavras-chave: Pórtico metálico; carga térmica; SAP2000; análise computacional; degradação do módulo de elasticidade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
1.3 OBJETIVOS.....	13
1.3.1 GERAL	13
1.3.2 ESPECÍFICOS	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	15
2.2 PROPRIEDADES DO AÇO.....	16
2.2.1 EXPANSÃO TÉRMICA	16
2.2.2 DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA	17
2.2.3 TENSÃO DE ENGENHARIA.....	17
2.2.4 ELASTICIDADE	18
2.2.5 PLASTICIDADE	18
2.2.6 GRÁFICO TENSÃO VS. DEFORMAÇÃO	19
2.2.7 MÓDULO DE ELASTICIDADE.....	20
2.2.8 PROPRIEDADES DO AÇO EM ALTA TEMPERATURA	20
2.3 ANÁLISE ESTRUTURAL DO PÓRTICO METÁLICO	23
2.3.1 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PELO SAP2000.....	24
2.4 CRITÉRIOS DE PROJETO	24
2.4.1 COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTO DE PROJETO.....	25
2.4.2 COEFICIENTE DE FLAMBAGEM UTILIZADA PELA AISC 360-16	26
2.4.3 RESISTÊNCIA A FORÇAS AXIAIS DE TRAÇÃO E COMPRESSÃO.....	26
2.4.4 RESISTÊNCIA A FORÇAS AXIAIS DE COMPRESSÃO.....	28
2.4.5 CLASSIFICAÇÃO DE SEÇÕES PARA FLAMBAGEM LOCAL	29
2.4.6 MOMENTO FLETOR RESISTENTE DE CÁLCULO	31
2.4.7 PROJETO DE MEMBROS PARA CARGAS COMBINADAS	32
2.4.8 MEMBROS DE DUPLA E SIMPLES SIMETRIA, SUJEITOS A FLEXÃO, COMPRESSÃO E TRAÇÃO AXIAL.	33
3. MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1 CONSTRUÇÃO ESTRUTURAL DE REFERÊNCIA NO SOFTWARE	37
3.2 ANÁLISE SEM AS CARGAS TÉRMICAS.....	51
3.2.1 ANÁLISES INICIAIS NOS PÓRTICOS DESCONSIDERANDO AS CARGAS TÉRMICAS E AS COMBINAÇÕES DE CARGA.	51
3.3 LANÇAMENTO DAS CARGAS TÉRMICAS.....	54
3.3.1 PROCESSO DE ANÁLISE DO SOFTWARE.....	57
3.3.2 COMBINAÇÕES DE CARGAS PARA O DESIGN	63

3.3.3 DESLOCAMENTOS MÁXIMOS PERMITIDOS PELA AISC 360 E PELA NBR 8800	64
3.3.4 ANÁLISES DOS PÓRTICOS CONSIDERANDO AS CARGAS TÉRMICAS E AS COMBINAÇÕES DE CARGA UTILIZANDO O DESIGN DE ESTRUTURAS DE AÇO DO SAP ...	65
3.3.5 REAÇÕES DE APOIO DOS PÓRTICOS SOB SITUAÇÃO DE INCÊNDIO.....	74
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	77
4.1 DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS E VERTICAIS	77
4.1.1 DESLOCAMENTOS MÁXIMOS DO PÓRTICO EHR3.....	77
4.1.2 DESLOCAMENTOS MÁXIMOS DO PÓRTICO EGR1.....	79
4.1.3 DESLOCAMENTOS MÁXIMOS DO PÓRTICO ZSR1	82
4.2 PERDA DA CAPACIDADE DEVIDO A TEMPERATURA	84
4.2.1 RELAÇÃO (D/C) VS. TEMPERATURA PÓRTICO EHR3.....	84
4.2.2 RELAÇÃO (D/C) VS. TEMPERATURA PÓRTICO EGR1.....	86
4.2.3 RELAÇÃO (D/C) VS. TEMPERATURA PÓRTICO ZSR1	88
4.3 DETERMINAÇÃO DE PERFIS QUE SUPOREM A TEMPERATURA DE 700°C	90
CONCLUSÕES.....	94
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	96
REFERÊNCIAS	97
APÊNDICE A – RESULTADO DAS ANÁLISES DOS PÓRTICOS SEM CARGA DE TEMPERATURA E COM COMBINAÇÃO DE PROJETO.	100
APÊNDICE B – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS SAP DAS DO PÓRTICO EHR3 COM APLICAÇÃO DAS CARGAS DE TEMPERATURAS A E COMBINAÇÕES DE PROJETO.....	113
APÊNDICE C– RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS SAP DAS DO PÓRTICO EGR1 COM APLICAÇÃO DAS CARGAS DE TEMPERATURAS A E COMBINAÇÕES DE PROJETO.....	158
APÊNDICE D – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS SAP DAS DO PÓRTICO ZSR1 COM APLICAÇÃO DAS CARGAS DE TEMPERATURAS A E COMBINAÇÕES DE PROJETO.....	202
APÊNDICE E – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS SAP DO PÓRTICO EHR3 USANDO A DEGRADAÇÃO DO AÇO PROPOSTO POR MARTINES (1997)....	257
APÊNDICE F – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS SAP DO PÓRTICO EGR1 USANDO A DEGRADAÇÃO DO AÇO PROPOSTO POR MARTINES (1997)....	269

APÊNDICE G – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS SAP DO PÓRTICO ZSR1 USANDO A DEGRADAÇÃO DO AÇO PROPOSTO POR MARTINES (1997)....	281
APÊNDICE H – RESULTADOS DAS ANÁLISES E SUGESTÃO DOS SAP PARA PERFIS DOS PÓRTICOS USANDO A DEGRADAÇÃO DO AÇO NBR14323 E TEMPERATURA DE 700 °C.....	296

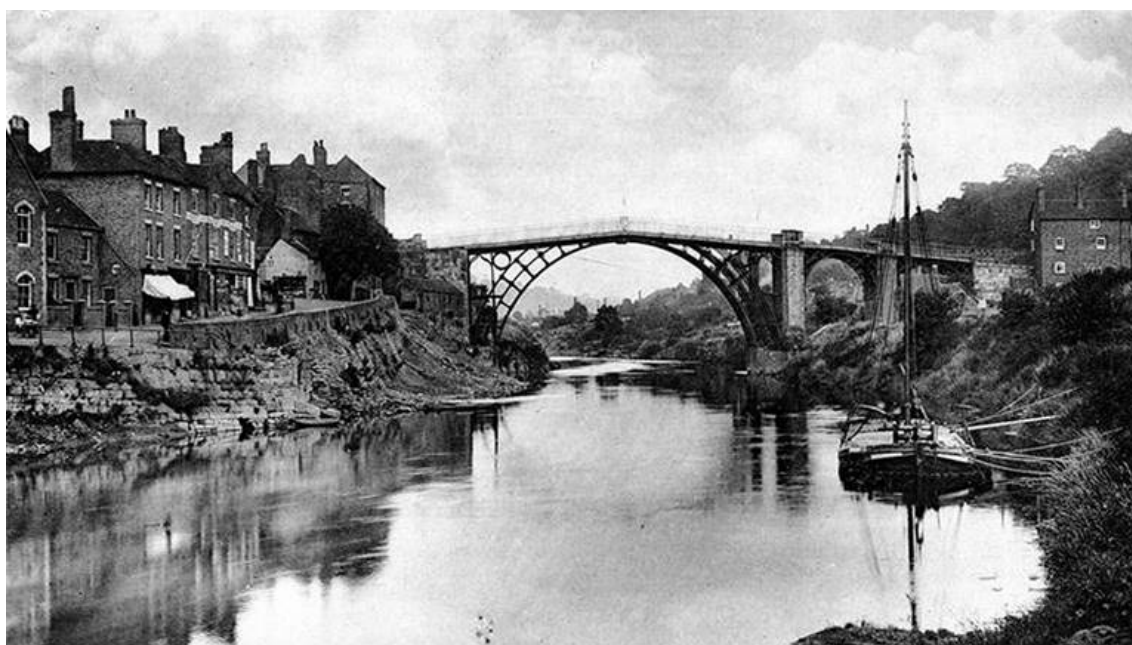
1. INTRODUÇÃO

O uso do aço está presente em diversas formas na vida das pessoas desde a aurora da civilização, seu uso evoluiu ao longo do tempo, desde ferramentas, armas e armaduras até uso em estruturas. Esse material possui diversas vantagens e desvantagens que serão apresentados nos textos a seguir.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A data precisa pela qual foi iniciado o uso de materiais metálicos pela humanidade não é precisa, estima-se ser mais de 6 mil anos e foi de extrema importância para o desenvolvimento da civilização (LIRA, 2018). Após milhares de anos de aperfeiçoamento dos materiais metálicos, eles estão presente em diversas formas dentro da civilização, sendo um desses metais, o aço que tem grande destaque na construção civil pelo mundo. Segundo (PFEIL; PFEIL, 2021) o primeiro material siderúrgico empregado na construção civil foi uma liga ferro-carbono conhecida como ferro fundido que em 1779 sendo empregado na construção de uma ponte em arco com vão de 30 m, batizada de *Coalbrookdale*, que podemos ver na Figura 1, sobre o rio *Severn* na Inglaterra.

Figura 1 – Ponte *Coalbrookdale*



Fonte: Ironbridge (2022).

No Brasil, no ano de 1946 é ativado o primeiro forno metalúrgico da estatal à época, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), com a usina localizada na cidade de Volta Redonda – RJ e passou a produzir chapas de aço, com processo tecnológico apropriado e 2 anos depois,

iniciou-se o processo de fabricação de perfis laminados, (NEVES; CAMISASCA, 2013) e hoje cada dia que se passa o uso de aço na construção civil do Brasil é cada vez maior. Segundo dados de 2021 do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), motivado pela boa produtividade e pelo preço do material além da capacidade de vencer grandes vãos, e muitas vezes com peças feita sob medida, o Brasil é o 7º maior produtor de aço do mundo (CHAMBERLAIN et al., 2013). O aço vem facilitando ainda mais a execução de grandes obras, como por exemplo em pontes, estações de transporte, arenas esportivas, obras ferroviárias, rodoviárias, edifícios industriais e comerciais, torres de transmissão, antenas e construção naval, tubulações, e outros tipos de estruturas.

As vantagens do uso do aço na construção civil são inúmeras, mostrando-se ser um material diversificado, podendo compor sozinho estruturas inteiras ou sendo utilizado de maneira mista junto com o concreto, o aço está presente em praticamente em todas as estruturas, já as suas desvantagens podemos citar as mais importantes como elevado custo do material se comparado a outros métodos como concreto armado, seu transporte, que requer veículos e mão de obra especializados, por serem elementos pré-moldados podem ser transportados por longas distâncias mas não alcança lugares remotos com facilidade e a perda rápida de resistência em casos de incêndio (SILVA, 2012).

Durante a vida útil de uma estrutura, ela está sujeita a diversos fenômenos físicos, naturais ou não, como ações do vento, dilatação térmica, incêndios etc. Os engenheiros projetistas analisam esses fenômenos para que possa tomar medidas preventivas ou formular ações rápidas para situações que podem ocorrer. Um bom exemplo de estrutura que sofre ações físicas é a torre *Eiffel*, que já passou inclusive por um incêndio em 2003 (BBC, 2003), outra ação importante ressaltar é que o grande monumento por ser composto quase inteiramente de aço sofre grande efeito de dilatação térmica, chegando a uma variação de 15 cm em relação a mínima e a máxima temperatura anual (adaptado de: *TOUREIFFEL*, 2021).

Considerando essas problemáticas abordadas nos tópicos acima, surge um grande problema para os engenheiros projetistas, não basta apenas possuímos tecnologia em construção de civil se não existirem meios de fazermos cálculos precisos e rápidos para grandes estruturas, garantindo que a estrutura cumpra todos os critérios de projeto impostos a ela. Com isso a crescente modernização do setor de construção, está atrelada diretamente a construção de modelos de trabalho mais rápidos e precisos como por exemplo o auxílio da computação gráfica que através de softwares desenvolvidos ou adaptados para a construção civil, é possível realizar

a construção de estruturas em ambientes virtuais com diversos tipos de materiais e prever todas as ações de cargas possíveis na estrutura.

Um desses softwares profissionais mais conhecidos na área é o SAP2000, que possui diversas funções apoiadas em múltiplas normas de vários países diferentes, com ele é possível não apenas desenhar estruturas, como também lançar cargas, trazendo ao projetista facilidade para modelar e dimensionar as estruturas.

Com ajuda de um software de modelagem computacional de estrutura e sabendo que o aço é um dos materiais mais empregados na construção civil, tanto em estruturas metálicas quanto em estrutura mista de concreto e aço, e que tem uma alta dilatação térmica gerando deslocamentos na estrutura. Será feito uma análise do deslocamento em relação a variação de temperatura e reações nos apoios e esforços nas seções com intuito de verificar o comportamento da estrutura.

1.2 JUSTIFICATIVA

Garantir a segurança das estruturas é um dos princípios dos estudos de engenharia estrutural e para se garantir isso o engenheiro deve pensar nas situações críticas que a estrutura estará submetida de acordo com os parâmetros das normas vigentes, para que possam ser tomadas medidas preventivas que o auxiliem a garantir a segurança. Uma dessas situações é um incêndio, que provoca um aumento considerável de carga térmica na estrutura, mudando as propriedades mecânicas dos elementos que a constitui, podendo fazer um elemento da estrutura colapsar, que ao romper aumentar a tensão na estrutura de modo geral, gerando um efeito dominó e colocando a estrutura toda em risco de colapso completo. Esse trabalho tem por objetivo analisar os efeitos de um possível incêndio em pórticos, gerando resultados da análise e seguindo os critérios de normas, comparando os resultados entre as normas e literaturas existentes, enriquecendo o conhecimento sobre o tema.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

Essa Pesquisa tem por objetivo analisar as alterações das propriedades mecânicas de três pórticos metálicos quando submetidos as cargas de temperaturas, simulando carga de incêndio, fazendo uma análise computacional utilizando o software SAP2000.

1.3.2 Específicos

- Realizar a análise de três pórticos metálicos com formatos e cargas distintas, no software SAP2000 sob situação de carga térmica (avaliando o acréscimo da carga até um estado crítico da estrutura) e esforços internos (verificação demanda/capacidade).
- Analisar os efeitos da temperatura em relação no deslocamento, juntamente com a perda de capacidade resistente.
- Comparar a degradação do aço proposto pela NBR 14323:2013 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio, com a proposta por (MARTINES, 1997) em *Sicurezza Antincendio*, em situação crítica da estrutura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Para realizar um trabalho com qualidade é importante buscar literaturas bases com um bom grau de conhecimento e consagradas, neste tópico apresentamos as literaturas bases para a confecção desse trabalho.

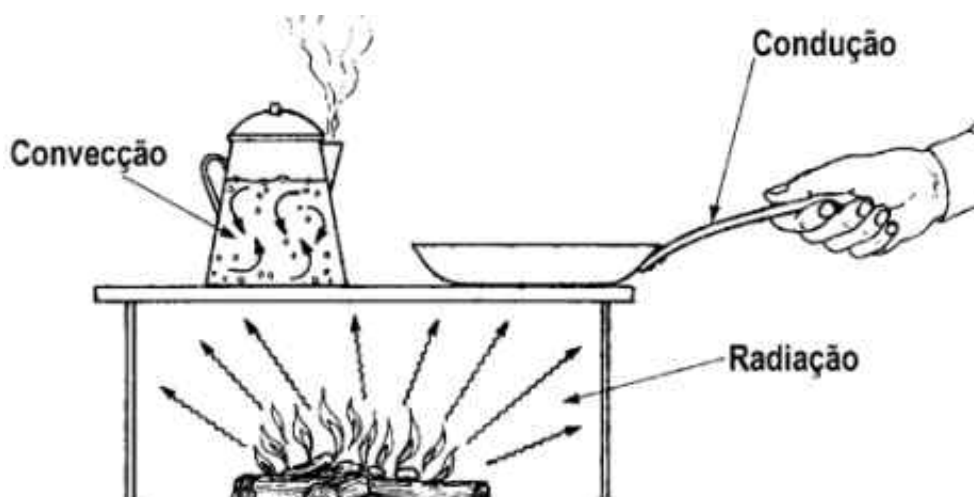
2.1 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Segundo (KREITH et al., 2014) “A energia será transferida sempre que houver um gradiente de temperatura dentro de um sistema ou cada vez que dois sistemas com diferentes temperaturas sejam postos em contato” tal fenômeno ocorre sempre de um sistema com temperatura maior, para um de menor temperatura e pode ocorrer de três formas:

- Radiação, onde as ondas eletromagnéticas liberadas pelo sistema de maior energia alcançam o de menor, fazendo assim com que esse sistema ganhe energia térmica.
- Condução, onde dois sistemas estão em contato físico direto e a transferência é dada pela transferência de calor entre os átomos de compõe os corpos do sistema.
- Convecção, que ocorre somente em fluidos através do movimento dele, gerando atrito interno entre suas moléculas e liberando energia, em várias formas e em forma de calor.

A Figura 2 ilustra como o ocorre a transferência de calor entre sistemas com temperatura desequilibrada.

Figura 2 – Mecanismos de Transferência de calor



Fonte: Grim, 1999.

Seguindo o princípio de radiação provocado por um incêndio, analisaremos primeiramente um perfil de aço, que compõe 3 pórticos, monitorando seus deslocamentos

nodais em relação a diversos níveis de temperatura, iremos fazer uma análise de pórticos metálicos em situação que recebe uma carga de temperatura, onde como descrito na Figura 2, um material combustível ao entrar em combustão, gera ondas de calor, as ondas são representadas pelos vetores (setas) e atingem outros objetos, fazendo-os aquecer, vamos analisar esses pórticos imediatamente ao receber essas cargas térmicas e atingir as temperaturas estudadas.

2.2 PROPRIEDADES DO AÇO

O aço é uma liga metálica composta entre os elementos ferro (Fe) e carbono (C) com o teor de carbono variando entre 0,008% e 2% em massa, em relação ao ferro. Dentro da variação de carbono da liga, temos várias classificações de ligas de aço, como o aço de alto, médio e baixo carbono, além de aços formados com outras ligas e elementos (TSCHIPTSCHIN, 2019).

Cada material possui propriedades e características o que através desses espera-se que satisfaça a condição de uso final, segundo (ISAIA, 2010) “as características térmicas influenciam na forma escolhida para o seu processamento, tendo em vista que conforme acontece a elevação da temperatura do material seu modulo de elasticidade diminui facilitando sua moldagem”.

2.2.1 Expansão térmica

A expansão térmica de um material é uma das propriedades físicas mais importantes para os engenheiros projetistas, em vista que ela é relacionada com o ganho e perda de volume e expansão e retração linear, causando assim deslocamentos nas estruturas, e fadiga, ao fazer a estrutura passar por um ciclo de expansão e contração.

O coeficiente de dilatação térmica linear é expresso pela Equação 1:

$$\alpha_l = \frac{L_f - L_i}{L_i(T_f - T_i)} = \frac{\Delta L}{L_i(\Delta T)} \quad (1)$$

Em que:

α_l = Coeficiente de dilatação térmica linear ($^{\circ}\text{C}^{-1}$);

L_f = Comprimento final (mm);

L_i = Comprimento inicial (mm);

T_f = Temperatura final ($^{\circ}\text{C}$);

T_i = Temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$).

E o coeficiente de dilatação volumétrica é dada pela Equação 2:

$$\alpha_v = \frac{V_f - V_i}{V_i(T_f - T_i)} = \frac{\Delta V}{L_i(\Delta T)} \quad (2)$$

Em que:

α_v = Coeficiente de dilatação térmica volumétrica ($^{\circ}\text{C}^{-1}$);

L_f = Comprimento final (mm);

L_i = Comprimento inicial (mm);

T_f = Temperatura final ($^{\circ}\text{C}$);

T_i = Temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$).

2.2.2 Deformação específica

A deformação específica ocorre na variação unitária de comprimento de um corpo a receber uma carga axial (URUGAL, 2009) a Equação 3 descreve essa propriedade é:

$$\epsilon = \frac{L_f - L_i}{L_i} = \frac{\Delta L}{L_i} \quad (3)$$

Em que:

ϵ = Deformação específica (adimensional);

L_f = Comprimento final (mm);

L_i = Comprimento inicial (mm).

Observando o sinal de ϵ podemos definir quando o corpo sofre um alongamento o resultado é positivo e quando o corpo sofre uma retração, o sinal é negativo.

2.2.3 Tensão de engenharia

Umas das propriedades mecânicas mais importante para a análise dos engenheiros projetistas é a tensão de engenharia, que é dada pela Equação 4:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (4)$$

Em que:

σ = Tensão de engenharia (kN/mm^2);

F = Carga instantânea aplicada a direção perpendicular(kN);

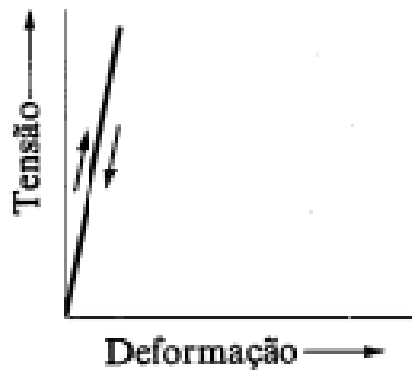
A_0 = Área da seção reta de aplicação de carga (mm^2).

Onde temos uma força perpendicular atuando sobre uma área, com ensaios utilizando a tensão de engenharia, podemos obter dados em relação a propriedades mecânicas do material, ISAIA (2010).

2.2.4 Elasticidade

É a propriedade mecânica que está ligada a capacidade do corpo em voltar ao seu tamanho original após sofrer a retirada da carga. Quanto o material recebe uma carga e sofre um alongamento ou compressão usamos a Equação 3, ao retirar essa carga o valor de ϵ deve ser de 0, verificando que teremos um material com comportamento elástico, nesse trabalho, trabalharemos com estado limite elástico (ISAIA, 2010), a Figura 3 mostra o gráfico de um material com deformação elástica.

Figura 3 – Deformação elástica



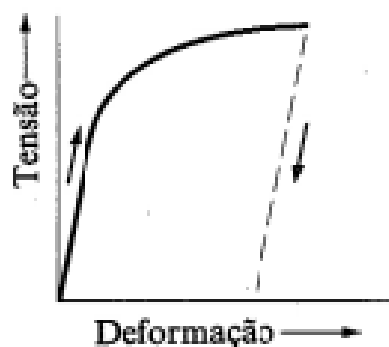
Fonte: Lawrence (1970)

2.2.5 Plasticidade

A plasticidade é oposta a elasticidade, ao aplicar uma carga o corpo sofre uma deformação permanente. Apesar de não ser utilizado no trabalho, é importante citar pois precede o estado limite de ruptura de um elemento construtivo (ISAIA, 2010).

A Figura 4 mostra a deformação permanente ao ser retirado a tensão atuante no corpo.

Figura 4 – Deformação plástica

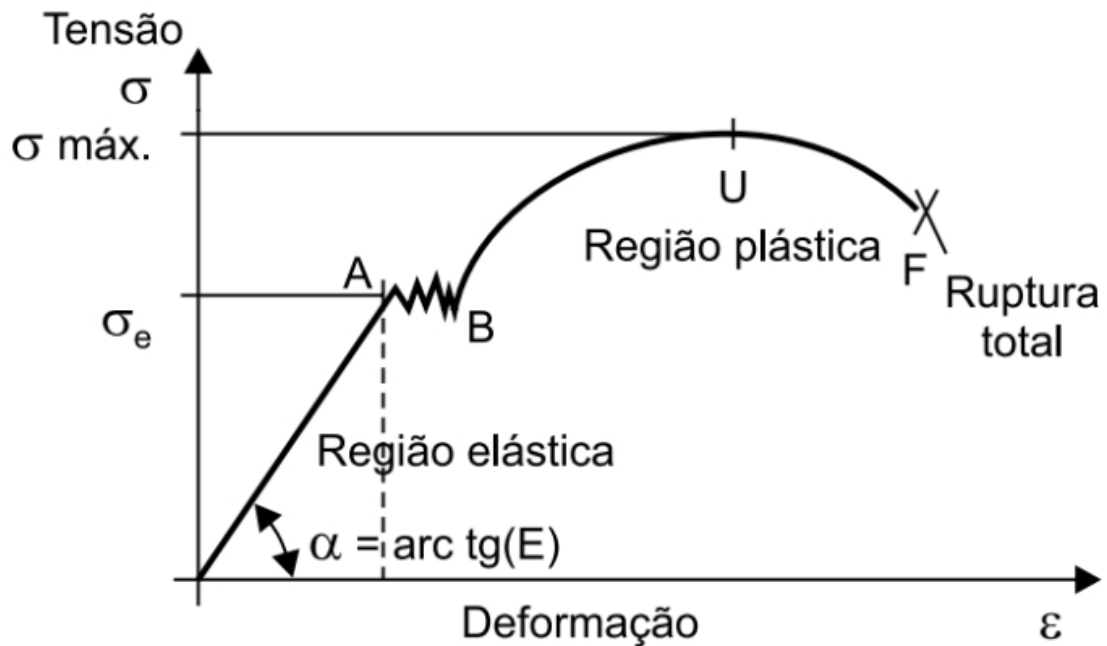


Fonte: Lawrence (1970)

2.2.6 Gráfico tensão vs. deformação

O gráfico Tensão vs. Deformação típico de aço laminado a frio mostrado na Figura 5, mostra a zona elástica até o ponto A, aonde σ_e é a tensão limite da zona elástica, conhecida também como tensão de escoamento, do trecho A–B temos o chamado zona de patamar de escoamento, aonde para uma mesma tensão σ temos um aumento das deformações. Já no ponto U temos a tensão máxima $\sigma_{m\acute{a}x}$ que diminui gradativamente até chegar no ponto F que é o ponto de ruptura total, o gráfico é importante pois através dele somos capazes de conhecer pontos importantes sobre o material, como o comportamento elástico e o escoamento (SANTOS, 2019). Na zona elástica, o material sofrer uma deformação e volta ao seu tamanho original sem sofrer alongamento, na zona plástica, onde o material ao sofrer uma carga de determinada intensidade, não é capaz de voltar ao seu tamanho original, sofrendo um alongamento. Temos os chamados materiais dúcteis, como no caso do material que deu origem ao gráfico da Figura 5, que apresenta grandes deformações antes do rompimento, e a uma determinada carga, permanece na fase elástica, podemos citar o aço como um material dúctil. Temos o material frágil, que se rompe com pouquíssima ou nenhuma deformação plástica, como o gráfico da Figura 3, podemos citar o ferro fundido cinzento e materiais cerâmicos como materiais frágeis (DOWLING, 2017).

Figura 5 – Gráfico Tensão vs. Deformação



Fonte: Santos (2019)

2.2.7 Módulo de elasticidade

O modulo de Young ou também conhecido como modulo de elasticidade de um material tem relação com a sua rigidez, quando maior o modulo de elasticidade, menos deformável ele é. A Equação 5 que relaciona a tensão σ e a deformação ϵ apresentadas na Figura 5 na região elástica:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (5)$$

Em que:

E = Módulo de elasticidade (kN/mm²);

σ = Tensão de engenharia (kN/mm²);

ϵ = Deformação específica (mm/mm).

2.2.8 Propriedades do aço em alta temperatura

A NBR 14323:2013, Projeto de estrutura de aço e de estruturas mista de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio, trata sobre estruturas em situações de incêndio, onde a incidência de carga térmica sobre as estruturas são altas. Como apresentado em 2.2 ao se elevar a temperatura de um material, temos a diminuição do seu módulo de elasticidade, por consequência da sua tensão de escoamento.

Para uma taxa de aquecimento variando entre 2 °C/mim a 50 °C/mim, a Tabela 1 fornece valores relativos à temperatura do aço, da resistência ao escoamento e do módulo de elasticidade, de modo que as Equação 6 e 7 são usadas para obter os valores:

$$k_{y,\theta} = \frac{f_{y,\theta}}{fy} \quad (6)$$

$$k_{E,\theta} = \frac{E_\theta}{E} \quad (7)$$

Em que:

$k_{y,\theta}$ = fator de redução da resistência ao escoamento (adimensional);

$k_{E,\theta}$ = fator de redução do módulo de elasticidade (adimensional);

E_θ = módulo de elasticidade reduzido (kN/mm²);

$f_{y,\theta}$ = resistência ao escoamento reduzido (kN/mm²);

fy = resistência ao escoamento (kN/mm²);

E = módulo de elasticidade (kN/mm²).

A NBR 14323:2013 traz a Tabela 1, de fatores de redução para essas situações:

Tabela 1 – Fatores de redução da elasticidade e escoamento do aço NBR 14323.

Temperatura do aço θ_a °C	Fator de redução da resistência ao escoamento $k_{y,\theta}$	Fator de redução do módulo de elasticidade $k_{E,\theta}$
20	1,000	1,000
100	1,000	1,000
200	1,000	0,900
300	1,000	0,800
400	1,000	0,700
500	0,780	0,600
600	0,470	0,310
700	0,230	0,130
800	0,110	0,090
900	0,060	0,068
1000	0,040	0,045
1100	0,020	0,023
1200	0,000	0,000

Fonte: ABNT NBR 14323:2013

Uma literatura que usaremos para comparar a degradação do módulo de elasticidade do aço em alta temperatura é o *Sicurezza Antincendio* (MARTINES, 1997), onde a degradação do aço é dada pela Equação 8:

$$\frac{E_0}{E} = 1 + \frac{\theta}{2000 \ln\left(\frac{\theta}{1100}\right)} \quad (8)$$

Em que:

θ = Temperatura (°C)

Utilizando a Equação 8, construímos a Tabela 2:

Tabela 2 – Fatores de redução da elasticidade e escoamento do aço proposto por Martines (1997)

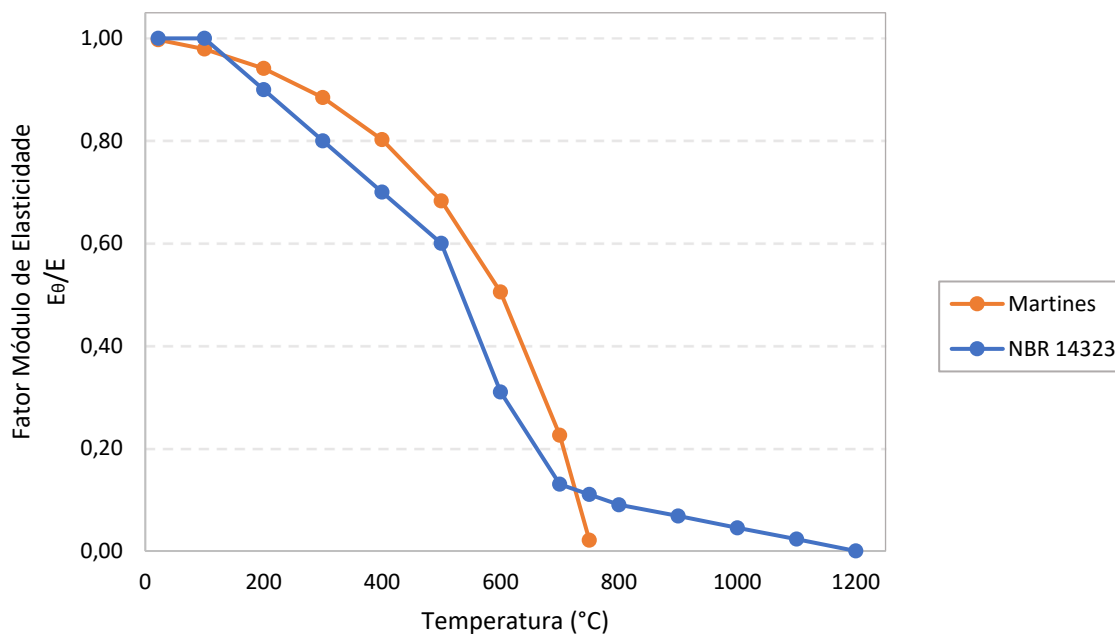
Temperatura do aço θ_a °C	Fator de redução do módulo de elasticidade $\frac{E_0}{E}$
22	0,9972
100	0,9791
200	0,9413
300	0,8846
400	0,8023
500	0,6829
600	0,5051
700	0,2256
750	0,0209

Fonte: Autor

A Figura 6 traz a comparação em forma de gráfico da comparação entre a NBR 14323 e Martines (1997).

Figura 6 – Gráfico comparativo entre as quedas do módulo de elasticidade do aço da NBR14323 e pela degradação proposta por (MARTINES, 1997).

Comparação da degradação do módulo de elasticidade



Fonte: Autor

Como observado pela Figura 6, podemos perceber que entre as temperaturas pouco acima de 100 °C e por volta dos 720 °C, *Sicurezza Antincendio* tem um comportamento menos conservador em relação a NBR 14323, porém após esse valor o seu módulo de elasticidade cai para praticamente zero.

2.3 ANÁLISE ESTRUTURAL DO PÓRTICO METÁLICO

O projeto estrutural tem como objetivo a concepção de uma estrutura, podendo ser final, como por exemplo estádios ou pontes, ou servindo de esqueleto, como por exemplo residências e teatros, que atenda a todas as necessidades para as quais ela será construída, satisfazendo principalmente condições de segurança e de utilização, além de econômicas, estéticas, ambientais, construtivas e legais (MARTHA, 1955).

A estabilidade estrutural, é o equilíbrio e a capacidade que a estrutura tem de suportar esforços sem ficar instável e correr o risco de levar a estrutura ao colapso (MERIAN; et al, 2022). Sendo um fator essencial para a segurança de uso da estrutura a estabilidade é primordial determinar a segurança em situações em que a estrutura está carregada com uma alta carga de temperatura.

As situações que geram instabilidade são importantes e devem ser analisadas pelo engenheiro estruturalista para diversos tipos de estruturas, aqui o destaque maior são as estruturas de aço, que devidos aos princípios físicos do material, sofre mudança no seu volume com mudança em temperaturas, alterando as suas propriedades físicas de resistência, tal efeito é chamado de dilatação térmica, aonde a carga de temperatura elevada faz com que os corpos sofram um aumento no seu volume. O efeito contrário também existe, e é chamado de contração térmica, onde a energia térmica do sistema é retirada.

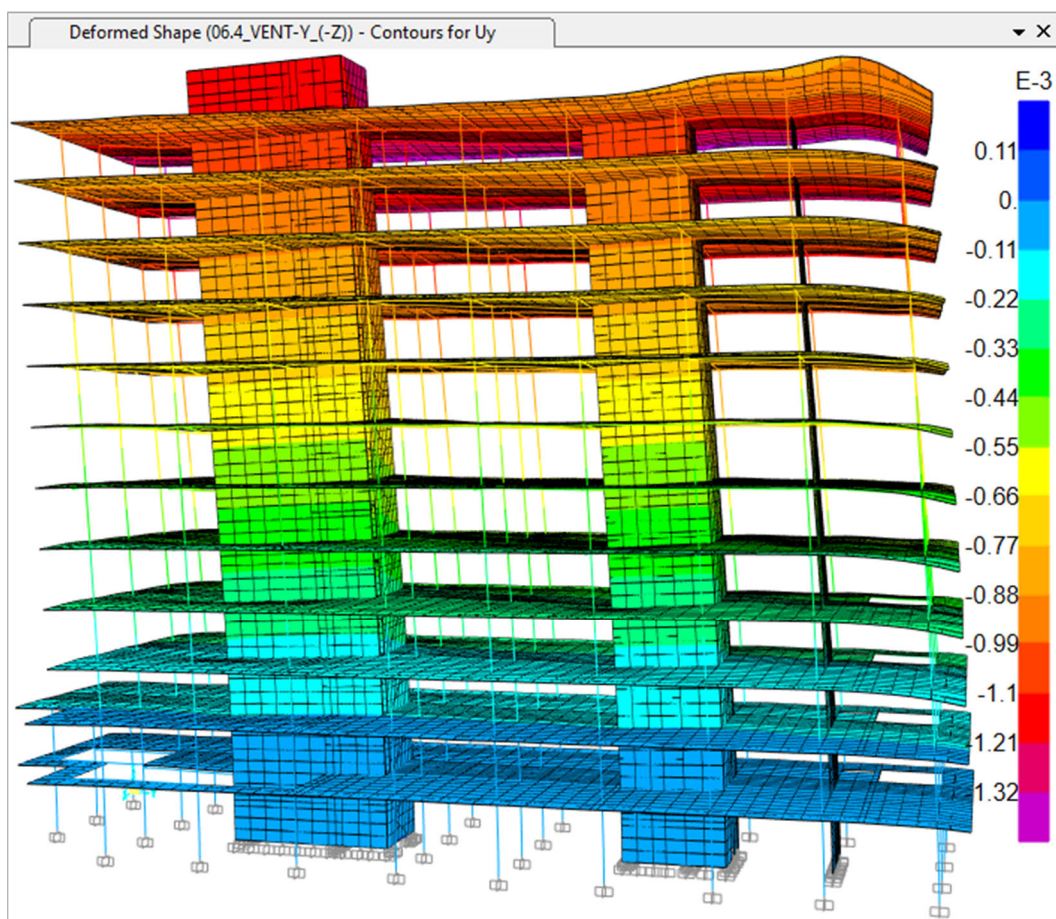
A dilatação térmica e contração, pode acontecer diariamente como por exemplo, por aquecimento solar ou em indústrias que necessitam de energia térmica para funcionar, causando dilatação e contração, causando fadiga na estrutura, embora seja importante citar tais aspectos, o enfoque dessa pesquisa está direcionado a alta carga de temperatura na estrutura e o efeito que ela causa no perfil metálico no exato instante em que a carga está atuando sobre o corpo metálico.

O dimensionamento de estruturas metálicas no Brasil deve seguir as normas nacionais e é o ideal para confeccionar esse trabalho é a utilização da NBR 14323:2013 e NBR 8800:2008, para assegurar a integridade e funcionamento da estrutura em conformidade com o padrão nacional, todavia como o software adotado é projetado em conformidade com a norma ANSI/AISC 360-16 -*Specification for Structural Steel Buildings*.

2.3.1 Simulação computacional pelo SAP2000

O SAP2000 é um software baseado em elementos finitos, com interface gráfica 2D e/ou 3D, orientado a objetos, que trabalha com modelação estrutural, análise dos mais diversos variados tipos de problemas de engenharia, além de realizar o seu dimensionamento, dando opção ao projetista uma lista com diversas normas para trabalhar pautado na que mais for conveniente, além de possuir uma vasta lista de materiais com possibilidade de inserção de novos materiais através de importação ao ambiente do software ou criação, além de materiais mas também de modificação de diversos parâmetros de cálculo, critério do projetista, a Figura 7 mostra a análise das deformações de uma estrutura analisadas pelo SAP.

Figura 7 – Análise computacional de deformação de estrutura no SAP2000



Fonte: CSI America (2021).

2.4 CRITÉRIOS DE PROJETO

O projeto de uma estrutura de aço consiste em calcular as forças e tensões atuantes na estrutura ao longo de todo elemento construtivo. Essa análise obtém a relação de cargas atuantes da estrutura e capacidade de resistência pelo sistema construtivo, que deve atender a norma vigente para garantir a segurança da construção. O SAP2000 faz uma verificação desses

requisitos, por se tratar de um software, é necessário garantir que o lançamento das informações seja correto para que não haja falha na análise estrutural do software.

Os resultados obtidos pelo SAP são exibidos em gráficos e tabelas geradas por ele, podendo ser exportada para outras plataformas. Cada elemento estrutural é devidamente identificado graficamente e tem seus resultados de análise de modo que facilite a visualização das ações atuantes na estrutura, destacando quais elementos estão sendo mais solicitados e se estão atuando de forma satisfatória para seu fim previsto.

Como padrão do país de origem da norma, as cargas das fórmulas são exibidas em kip–in padrão no SAP, porém o software possui capacidade de conversão para quaisquer unidades de interesse e sendo assim vamos utilizar as medidas do sistema internacional de unidades (SI).

Ao lançar uma estrutura no SAP, de acordo com a norma de projeto, o software é capaz de rodar uma verificação e sugerir automaticamente seções ideais para o projeto, podendo escolher dentre perfis que satisfaçam os requisitos do projeto ou manter o atual se satisfazer as condições a desejo do projetista.

Para projetar uma estrutura, é primordial usar uma norma para dar segurança e respaldar o projetista de eventuais desastres, para isso, etapas de verificações da integridade da estrutura devem ser seguidos.

2.4.1 Combinações de carregamento de projeto

A estabilidade é a condição essencial para os elementos estruturais submetidos as cargas do projeto, para isso a estrutura deve ser projetada de modo que a resistência dos elementos seja superior ou igual, as cargas majoradas atuantes na estrutura. Todavia as cargas atuantes na estrutura não ocorrem simultaneamente, assim sendo são feitas combinações de cargas a serem consideradas no projeto:

DL – Carga Permanente (*Dead Load*);

LL – Carga Variável (*Live Load*);

Para realizar os cálculos de combinações de carga de projeto, usaremos o método dos Estados–Limite, LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) .

- $1,2 DL + 1,6 LL$
- $1,2 DL + 1,0 LL$

Outro método utilizado pelo SAP em conjunto com o LRFD é o ASD (*Allowable Strength Design*), ambos utilizados pela AISC 360-16.

- $1,0 DL + 1,0 LL$

- $1,0 DL + 0,75 LL$

2.4.2 Coeficiente de flambagem utilizada pela AISC 360-16

Os valores teóricos do coeficiente de flambagem só devem ser usados caso seja garantido a perfeição do engaste, caso contrário, usar os valores recomendados a favor da segurança, que estão na terceira linha da Figura 8, o SAP em suas configurações padrão, já garantem os valores recomendados, a Figura 8 mostra os valores do coeficiente utilizados pelo SAP para seus cálculos de acordo com os apoios.

Figura 8 – Coeficiente de flambagem por flexão

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
A linha tracejada indica a linha elástica de flambagem						
Valores teóricos de K_x ou K_y	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valores recomendados	0,65	0,80	1,2	1,0	2,1	2,0
Código para condição de apoio	Rotação e translação impedidas Rotação livre, translação impedida Rotação impedida, translação livre Rotação e translação livres					

Fonte: adaptado de (AISC 360-16, 2016)

2.4.3 Resistência a forças axiais de tração e compressão

Para o dimensionamento do elemento estrutural deve-se verificar a carga estabelecida na AISC 360-16, onde se temos a Equação 9, resistência de tração de projeto:

$$P_c = \phi_t P_n \quad (9)$$

Em que:

P_c = força axial de tração de projeto (kN);

ϕ_t = fator de resistência ao escoamento de tração (adimensional);

P_n = força axial resistente a tração (kN).

E a resistência a tração permitida, pela Equação 10:

$$P_c = P_n \Omega_t \quad (10)$$

Em que:

P_c = força axial de compressão de projeto (kN);

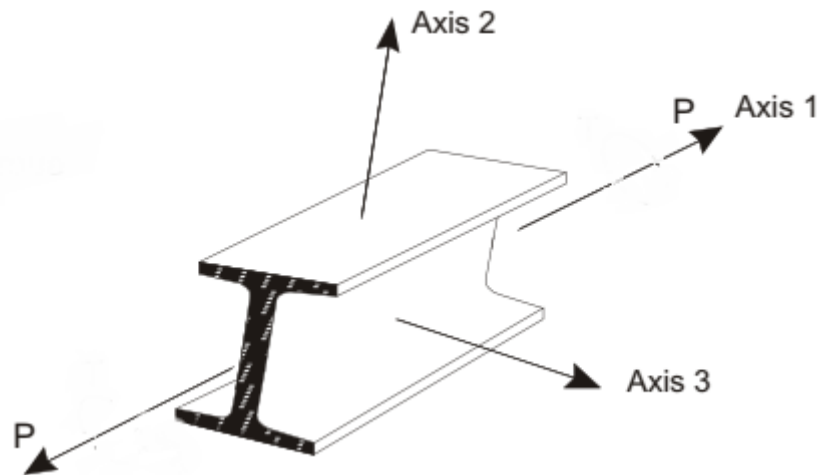
Ω_t = fator de resistência ao escoamento de compressão (adimensional);

P_n = força axial resistente de compressão (kN).

É tomado como o menor valor obtido entre os estados limites de escoamento da seção bruta e escoamento da seção líquida.

A figura 9 mostra as forças axiais atuando no perfil:

Figura 9 – Forças Axiais de Tração



Fonte: SAP2000

Para Seção Bruta temos a Equação 11:

$$P_n = F_y A_g \quad (11)$$

Em que:

P_n = força axial resistente de compressão (kN);

F_y = tensão de escoamento do material (kN/mm²);

A_g = área bruta da seção transversal do material (mm²).

$$\phi_t = 0,90 \text{ (LRFD)}$$

$$\Omega_t = 1,67 \text{ (ASD)}$$

Para seção líquida a Equação 12:

$$P_n = F_u A_e \quad (12)$$

P_n = força axial resistente de compressão (kN);

F_u = resistência a tração mínima especificada (kN/mm²);
 A_e = área da seção transversal efetiva para seção líquida (mm²).

$$\phi_t = 0,75 \text{ (LRFD)}$$

$$\Omega_t = 2,00 \text{ (ASD)}$$

2.4.4 Resistência a forças axiais de compressão

A verificação de resistência a compressão de projeto pela Equação 13:

$$P_c = \phi_c P_n \quad (13)$$

Em que:

P_c = força de compressão de projeto (kN);

ϕ_c = fator de resistência a compressão (adimensional);

P_n = força de compressão resistente (kN).

E a resistência a compressão permitida na Equação 14:

$$P_c = \frac{P_n}{\Omega_c} \quad (14)$$

Em que:

P_c = força de compressão admissível (kN);

Ω_c = fator de segurança para compressão (adimensional);

P_n = força de compressão resistente (kN).

Onde os fatores de resistência e segurança usados nos cálculos do projeto são os seguintes:

$$\phi_c = 0,90 \text{ (LRFD)}$$

$$\Omega_c = 1,67 \text{ (ASD)}$$

Para elementos de compressão com seções compactas e não compactas, a resistência a compressão axial determinada pelo SAP para encontrar a capacidade resistente do perfil, baseada no estado limite de flambagem por flexão é dada pela Equação 15:

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (15)$$

P_n = força de carga axial nominal (kN);

F_{cr} = tensão de flambagem por flexão (kN/mm²);

A_g = área bruta da seção transversal do material (mm²).

A Tensão de flambagem por flexão, F_{cr} , é determinada pela Equação 16:

$$F_{cr} = \begin{cases} \left(0,658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y, & \text{se } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ 0,877 F_e, & \text{se } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \end{cases} \quad (16)$$

Em que:

F_{cr} = tensão de flambagem por flexão (kN/mm²);

F_y = tensão de escoamento do material (kN/mm²);

K = fator de comprimento efetivo (adimensional);

L = comprimento efetivo (mm);

E = módulo de elasticidade do material (kN/mm²);

r = raio de giração (mm);

F_e = tensão crítica de flambagem elástica (kN/mm²), Equação 17:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (17)$$

2.4.5 Classificação de seções para flambagem local

As resistências para flexão dependem da classificação da seção. Como o perfil usado para o projeto será o perfil compacto, estudaremos a classificação do perfil para a verificação do compacto.

A seção compactada é capaz de desenvolver a resistência plástica total antes que ocorra a flambagem local.

Para uma seção ser compacta os seguintes critérios devem ser cumpridos:

Para a Mesa (*Flange*) utilizamos a Equação 18:

$$\lambda < \lambda_p \quad (18)$$

Onde o valor de λ_p é o critério limite, Equação 19:

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (19)$$

Em que:

λ_p = esbeltez limite para seções compactas (adimensional);

F_y = tensão de escoamento do material (kN/mm²);

E = módulo de elasticidade do material (kN/mm²).

E λ é dado pela Equação 20:

$$\lambda = b_f / 2t_f \quad (20)$$

Em que:

b_f = Largura da mesa (mm);

t_f = Espessura da mesa (mm).

Para a Alma (*Web*) a Equação 21:

$$\lambda < \lambda_p \quad (21)$$

Onde o valor de λ_p é o critério limite, Equação 22:

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (22)$$

Em que:

λ_p = esbeltez limite para seções compactas (adimensional);

F_y = tensão de escoamento do material (kN/mm²);

E = módulo de elasticidade do material (kN/mm²).

E λ é dado pela Equação 23:

$$\lambda = h / t_w \quad (23)$$

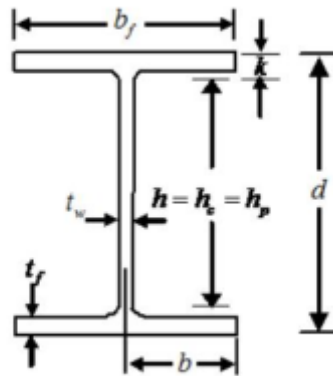
Em que:

h = altura da alma (mm);

t_w = espessura da alma (mm).

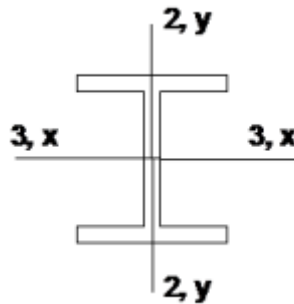
Os dados dos perfis podem ser visualizados nas Figuras 10 e 11 a seguir

Figura 10 – Legenda de dimensões para perfil I



Fonte: SAP2000

Figura 11 – Conversões de Eixo



Fonte: SAP2000

2.4.6 Momento fletor resistente de cálculo

Trataremos de flexão simples em torno de um eixo principal, assumindo que perfil carregado em plano paralelo a um eixo principal que passa pelo centro de cisalhamento ou restringidos contra torção.

A resistência a flexão de projeto, Equação 24:

$$M_c = \phi_b M_n \quad (24)$$

Em que:

M_c = momento fletor solicitante de cálculo a situado a $\frac{3}{4}$ do comprimento destravado, medido a partir da lateral esquerda (kNmm);

ϕ_b = fator de resistência a flexão (adimensional);

M_n = momento resistente a flexão necessária (kNmm).

E a resistência a flexão permitida pela Equação 25:

$$M_c = \frac{M_n}{\Omega_b} \quad (25)$$

Em que:

M_c = momento fletor solicitante de cálculo a situado a $\frac{3}{4}$ do comprimento destravado, medido a partir da lateral esquerda (kNmm);

ϕ_b = fator de segurança a flexão (adimensional);

M_n = momento resistente a flexão necessária (kNmm).

Com os valores para os fatores de resistência e segurança seguintes:

$$\phi_b = 0,90 \text{ (LRFD)}$$

$$\Omega_b = 1,67 \text{ (ASD)}$$

Ao determinar a resistência a flexão em torno do eixo principal maior para qualquer seção e para o estado limite de flambagem lateral/torção, necessário calcular um fator de modificação para diagrama de momento fletor não uniforme C_b pela Equação 26:

$$C_b = \frac{12,5M_{max}}{2,5M_{max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} \leq 3,0 \quad (26)$$

Em que:

C_b = coeficiente de flexão (adimensional);

M_{max} = momento fletor máximo solicitante de cálculo (kNmm);

M_a = momento fletor solicitante de cálculo a situado a $\frac{1}{4}$ do comprimento destravado (kNmm);

M_b = momento fletor solicitante de cálculo em módulo, na seção central do comprimento destravado (kNmm);

M_c = momento fletor solicitante de cálculo a situado a $\frac{3}{4}$ do comprimento destravado, medido a partir da lateral esquerda (kNmm).

Em trechos em balanço entre uma seção com restrição a deslocamento lateral e a torção e a extremidade livre o valor de C_b é dado pela Equação 27:

$$C_b = 1,00 \quad (27)$$

O SAP não consegue detectar qual situação está o trecho, isso deve ser informado pelo usuário, caso não seja o valor padrão utilizado pelo SAP será 1,00.

2.4.7 Projeto de membros para cargas combinadas

Nas seções anteriores tratamos apenas de um tipo de carga atuante sobre um elemento, nos 2.2.6 e 2.2.7 vimos como as forças de tração e compressão atuam sobre eles, de agora em diante passaremos a trabalhar com as duas forças atuando sobre o mesmo elemento.

No cálculo da relação demanda/capacidade (D/C), primeiro são calculados em cada fase para cada membro as cargas reais atuantes no projeto. Em seguida as capacidades de correspondente são calculadas, assim a relação D/C é obtida, caso o valor de D/C > 1 isso indica a ultrapassagem do estado limite do elemento, ou seja, não suportará o carregamento, sendo assim necessário um novo dimensionamento, o valor padrão é D/C=1, porém o SAP define D/C como 0,95, este limite pode ser alterado nas preferências do software, a partir dessa relação, podemos encontrar um elemento que atenda o carregamento de projeto.

2.4.8 Membros de dupla e simples simetria, sujeitos a flexão, compressão e tração axial.

Vamos tratar da interação da força de compressão axial e momentos fletores no nosso perfil de dupla simetria em seus eixos, onde a combinação de atuações dessas cargas deve ser limitada pelas expressões, Equações 28, 29, 30 e 31:

$$\text{Se } \frac{Pr}{Pc} \geq 0,2 \quad (28)$$

$$\frac{Pr}{Pc} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mr3}{Mc3} + \frac{Mr2}{Mc2} \right) \leq 1,0 \quad (29)$$

$$\text{Se } \frac{Pr}{Pc} < 0,2 \quad (30)$$

$$\frac{Pr}{2Pc} + \left(\frac{Mr3}{Mc3} + \frac{Mr2}{Mc2} \right) \leq 1,0 \quad (31)$$

Em que:

Pr = força de compressão axial solicitante (kN);

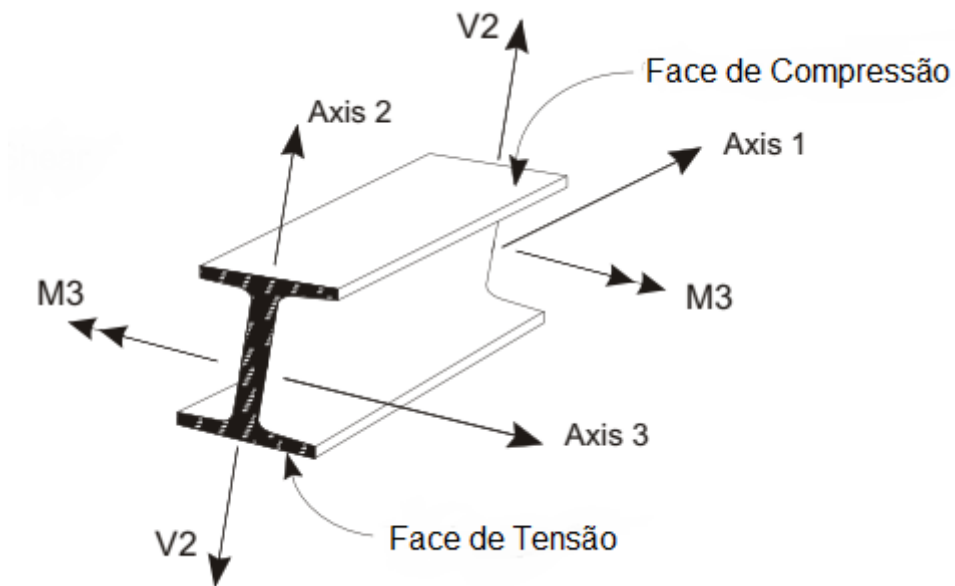
Pc = força axial de compressão resistente de projeto (kN);

$Mr2$ = Momento no eixo 2-2 (kNmm);

$Mr3$ = Momento no eixo 3-3 (kNmm).

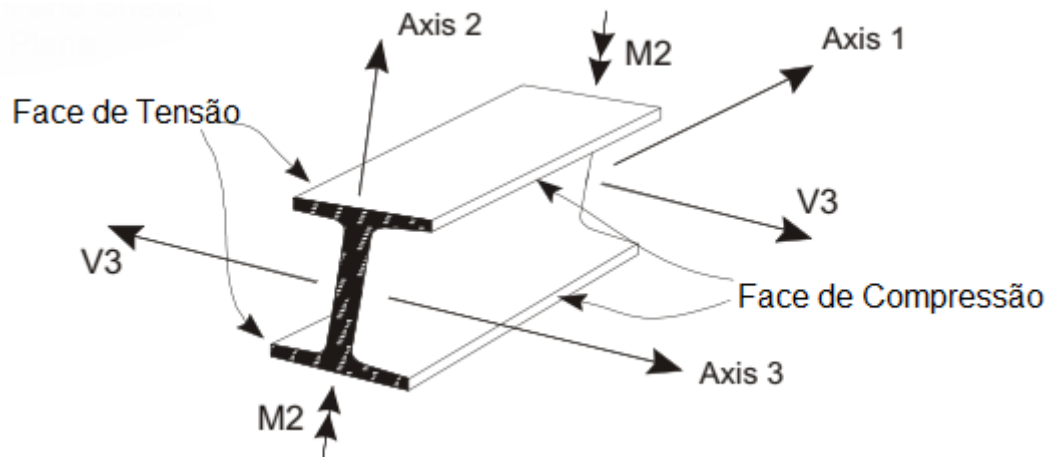
As Figuras 12 e 13 mostram os pontos de atuação dos momentos e dos cortantes nos perfis metálicos quanto a face de compressão:

Figura 12 – Momento e Cisalhamento Positivos no Plano 1–2



Fonte: SAP2000

Figura 13 – Momento e Cisalhamento Positivos no Plano 2–3



Fonte: SAP2000

Os termos mencionados nas equações nos termos depende das disposições de projeto selecionado (LRFD ou ASD) e estão definidos da seguinte forma:

Em que:

Para projetos de acordo com as combinações LRFD

- ✓ P_r = Força axial de compressão solicitante (kN);
- ✓ P_c = Força axial de compressão resistente de projeto (kN);
- ✓ M_r = Resistência a flexão necessária (kNmm);
- ✓ M_c = Resistência a flexão de projeto (kNmm);
- ✓ ϕ_c = fator de resistência a compressão = 0,90 (adimensional);
- ✓ ϕ_b = fator de resistência a flexão = 0,90 (adimensional);

Para projetos de acordo com as combinações ASD

- ✓ P_r = Força axial de compressão solicitante (kN);
- ✓ P_c = Força axial de compressão resistente de projeto (kN);
- ✓ M_r = Resistência a flexão necessária (kNmm);
- ✓ M_c = Resistência a flexão de projeto (kNmm);
- ✓ Ω_c = fator de resistência a compressão = 1,67 (adimensional);
- ✓ Ω_b = fator de resistência a flexão = 1,67 (adimensional);

Para os casos dos membros sujeitos a tração axial as equações são as mesmas mudando que onde se trata compressão passa-se a tratar tração axial, ficando assim termos mencionados, dependendo das disposições de projeto selecionado (LRFD ou ASD) e estão definidos da seguinte forma:

Para projetos de acordo com as combinações LRFD

- ✓ P_r = Força axial solicitante (kN);
- ✓ P_c = Força axial resistente de projeto (kN);
- ✓ M_r = Resistência a flexão necessária(kNmm);
- ✓ M_c = Resistência a flexão requerida (kNmm);
- ✓ ϕ_c = fator de resistência a tensão = (0,90 de escoamento e 0,75 de ruptura) (adimensional).
- ✓ ϕ_b = fator de resistência a flexão = 0,90 (adimensional).

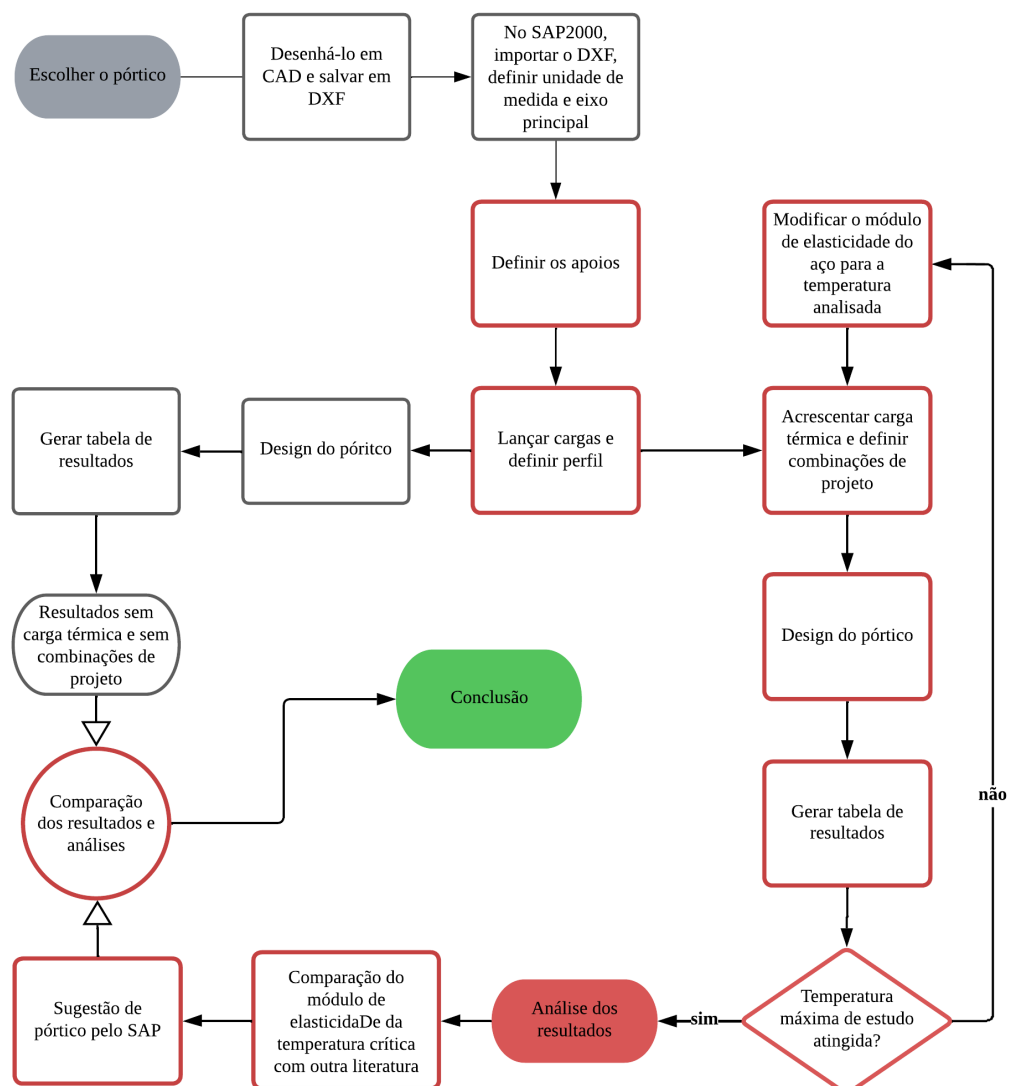
Para projetos de acordo com as combinações ASD

- ✓ P_r = Força axial solicitante (kN);
- ✓ P_c = Força axial admissível (kN);
- ✓ M_r = Resistência a flexão necessária (kNmm);
- ✓ M_c = Resistência a flexão admissível (kNmm);
- ✓ Ω_c = fator de resistência a tensão = (1,67de escoamento e 2,00 de ruptura) (adimensional);
- ✓ Ω_b = fator de resistência a flexão = 1,67 (adimensional).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Com o um software, que realiza os cálculos utilizando o método dos elementos finitos, o SAP2000, construindo três pórticos no AutoCAD, salvando em DXF e importando para o ambiente do SAP, onde vamos realizar uma série de simulações, sem temperatura e com várias temperaturas, observando os efeitos da degradação do modulo de elasticidade pelo ataque da carga térmica, realizando um lançamento gradativo de temperaturas nos pórticos, realizando uma análise com os dados e observando a transformação dos índices mecânicos, e quanto a temperatura afeta no limite de carga suportado pela estrutura, que em alguns casos pode levar ela a deformações plásticas ou a ruptura por excesso de carga, utilizando a degradação do módulo de elasticidade proposto pela NBR 14323:2013, ao identificar as temperaturas críticas com risco de colapso será feito uma comparação com a degradação proposta por Martines, (1997). A Figura 14 mostra o fluxograma que mostra as etapas do trabalho:

Figura 14 – Fluxograma das etapas de metodologia do trabalho.



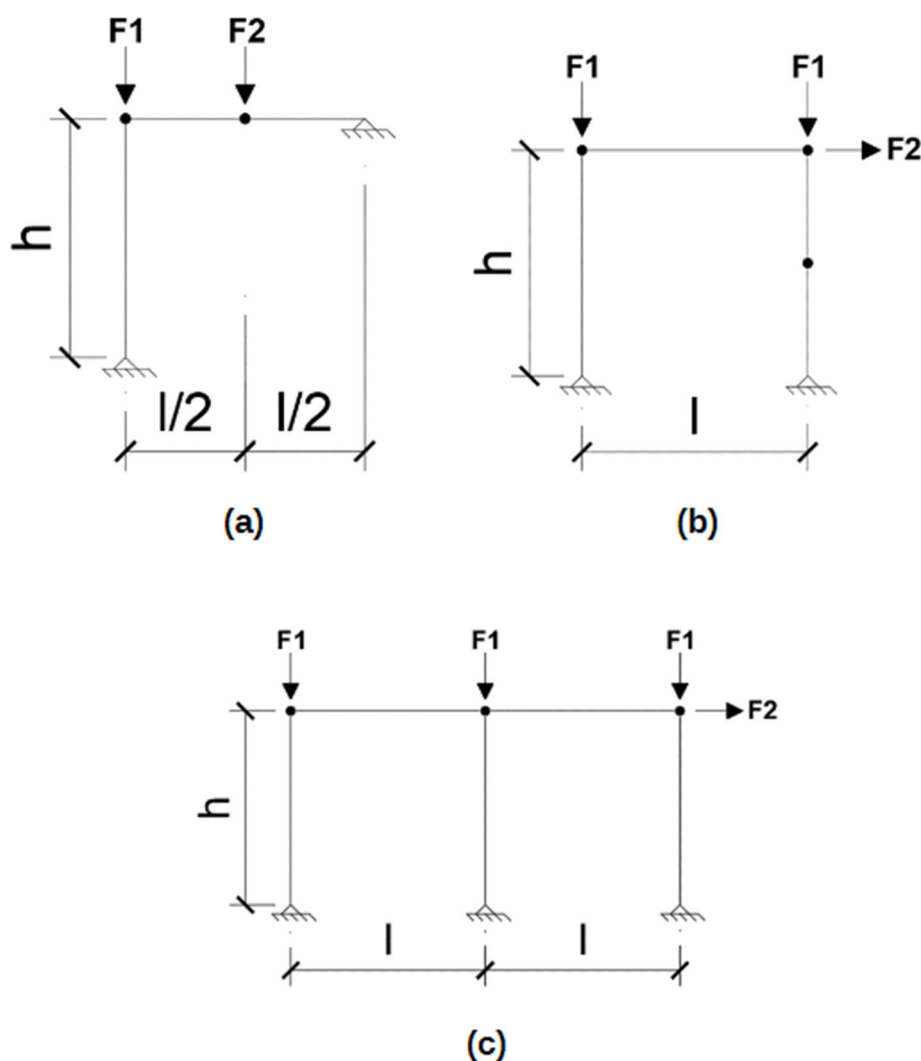
Fonte: Autor

O fluxograma da Figura 14 mostra as ações que esse trabalho vai seguir, através dele é possível observar as etapas que serão detalhadas a seguir.

3.1 CONSTRUÇÃO ESTRUTURAL DE REFERÊNCIA NO SOFTWARE

Os pórticos escolhidos foram retirados de literatura de (RUBERT; SHACUMANN, 1986) devido a serem pórticos que já foram trabalhados em outras literaturas do mesmo tema, esses pórticos são mostrados na Figura 15 com a mesma nomenclatura da literatura original, as cargas foram retiradas da literatura. O perfil adotado para os pórticos são IPE 120, perfil escolhido por ser próximo e compatível com o dos autores citados acima.

Figura 15 – Pórticos Planos (a) EHR3, (b) EGR1 e (c) ZSR1



Fonte: Rubert e Shacumann (1986)

As cargas atuantes sobre os pórticos são adotadas como cargas variáveis, as considerações feitas são apresentadas na Tabela 3 a seguir e o tipo os dados do perfil na Tabela 4:

Tabela 3 – Dados Dos Pórticos

Pórtico	F1 (kN)	F2 (kN)	l (mm)	h(mm)
EHR3	112	28	1240	1170
EGR1	65	2,5	1240	1170
ZSR1	74	2,8	1200	1180

Fonte: adaptado de Rubert e Shacumann (1986)

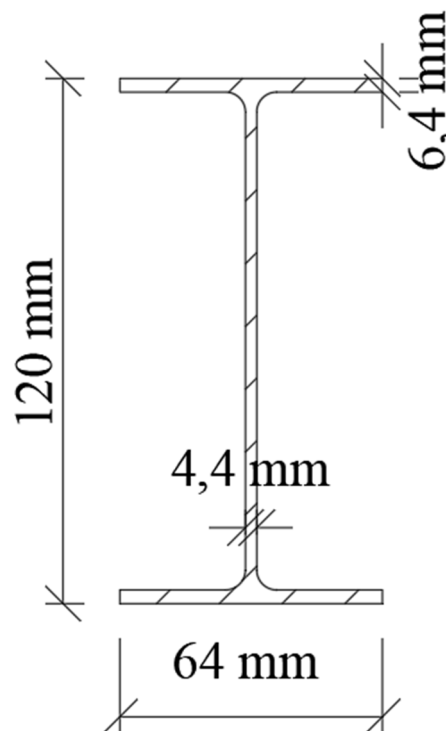
Tabela 4 – Dados do Perfil de Aço

Perfil	Código Estrutural Adotado	E (Mpa)	f_y (MPa)	f_u (MPa)
IPE 120	A982Fy50	199.948	345	448

Fonte: SAP 2000

Verificação do perfil, dimensões do perfil IPE 120 na Figura 16:

Figura 16 – Perfil IPE 120



Fonte: Autor

- Verificação da Mesa, usando a Equação 18:

$$\lambda < \lambda_p$$

$$5,08 < 9,15 \quad (18.a)$$

Mesa é compacta.

- Verificação da Alma, usando a Equação 20:

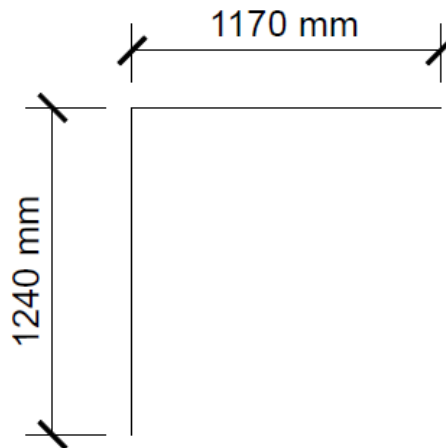
$$\lambda < \lambda_p$$

$$24,39 < 90,51 \quad (20.a)$$

Alma é compacta. Logo o perfil é compacto.

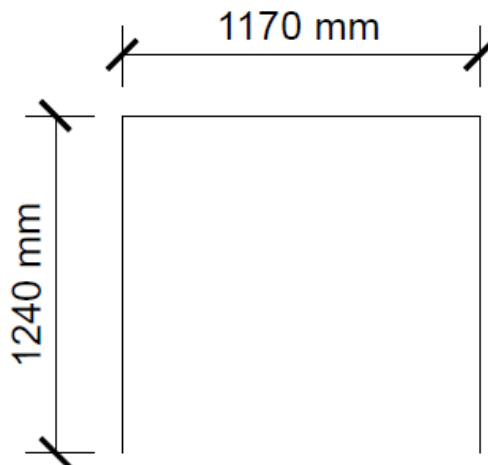
Após as verificações, os pórticos foram replicados utilizando usando o software AutoCAD 2019, para se utilizar a ferramenta de importação DXF pelo SAP, utilizando uma layer criada e nomeada de *frame*, facilitando o processo pois o ambiente CAD se torna melhor para o desenho devido a sua praticidade, mesmo que o SAP também faça o mesmo, porém de forma menos prática. Figuras 17, 18 e 19 a seguir mostram os perfis criados no AutoCAD.

Figura 17 – Pórtico EHR3 desenhado em CAD e salvos em DXF.



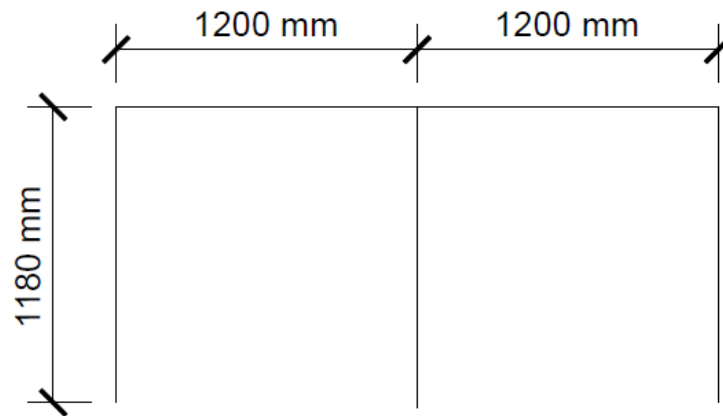
Fonte: Autor

Figura 18 – Pórtico EGR1 desenhado em CAD e salvos em DXF.



Fonte: Autor

Figura 19 – Pórtico ZSR1 desenhado em CAD e salvos em DXF.



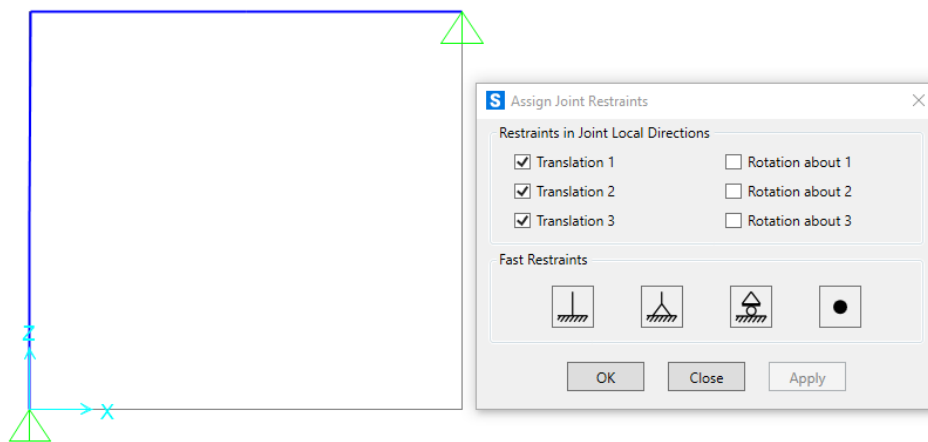
Fonte: Autor

Após o desenho das linhas dos pórticos, os projetos foram exportados com o formato DXF para ser reconhecido pelo SAP2000, um desenho corresponde a um arquivo, no ambiente de trabalho do SAP foram definidos os vínculos, na importação o eixo vertical do DXF foi informado como eixo Y, após a importação o SAP usa o eixo vertical como Z.

Agora temos que atribuir os apoios dos pórticos, conforme as Figuras 20, 21 e 22, da seguinte forma:

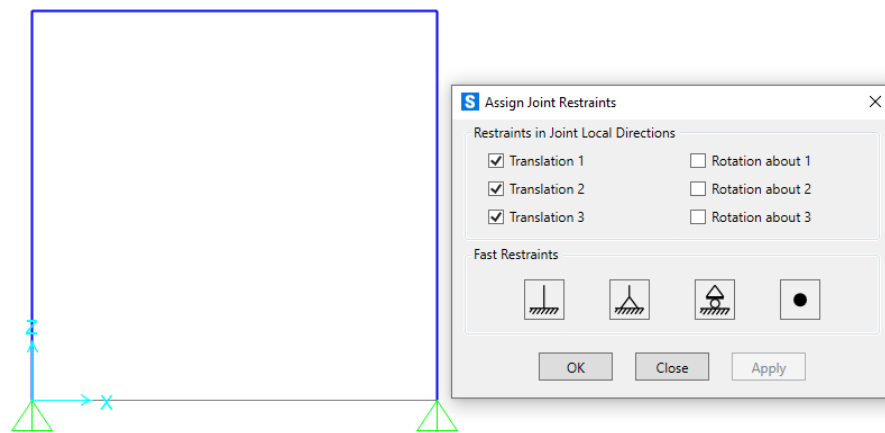
Assign → Joint → Restraints

Figura 20 – Vínculos do EHR3



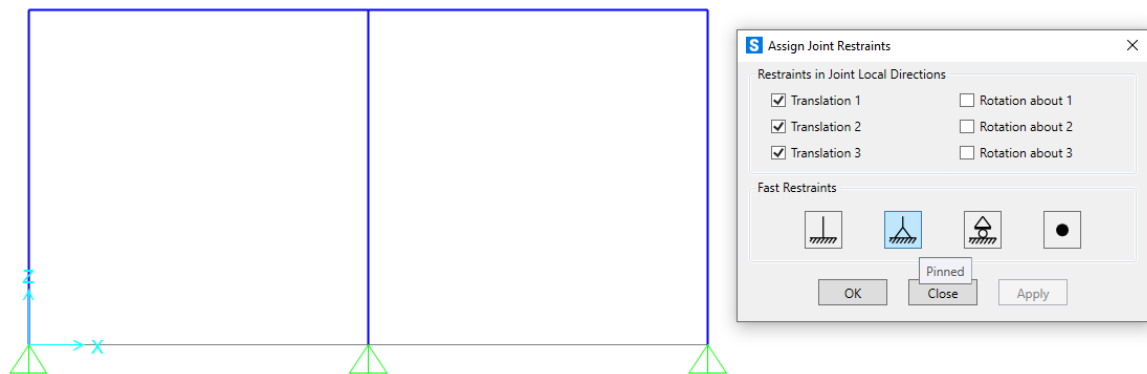
Fonte: Autor

Figura 21 – Vínculos do EGR1



Fonte: Autor

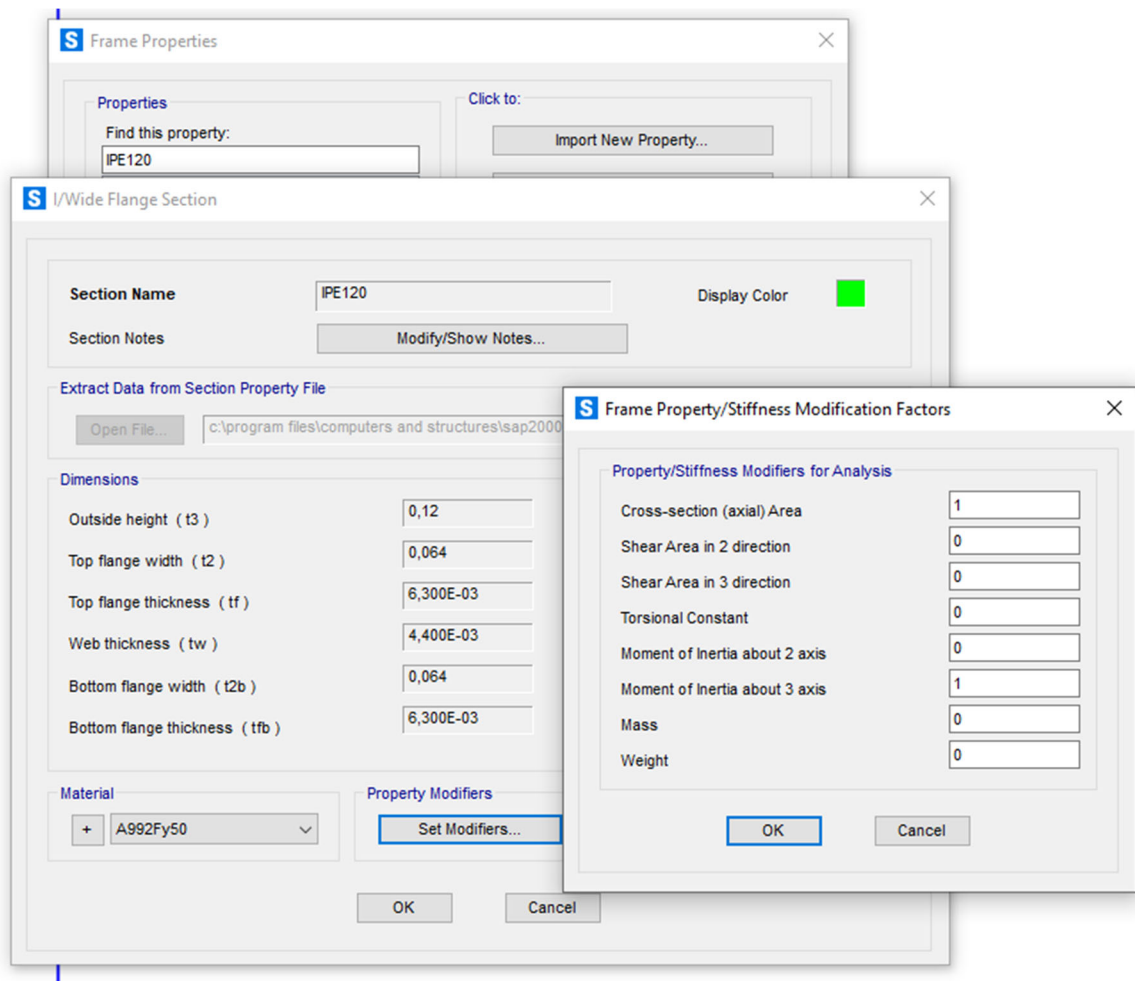
Figura 22 – Vínculos ZSR1



Fonte: Autor

O software possui o perfil de aço, porém temos a opção de inserir qualquer material que desejamos se soubermos suas características, como vamos usar o perfil IPE 120, o caminho para inserir um novo perfil. Define -> Section Properties -> Frame Sections -> Import New Property -> Frame Section Property Type: Steel; I / Wide Flange -> Procurar Euro.pro -> Abrir -> Procurar IPE 120 -> Ok-> Set -> Ok-> Ok-> Ok, conforme a Figura 23.

Figura 23 – Criação do IPE 120 no SAP

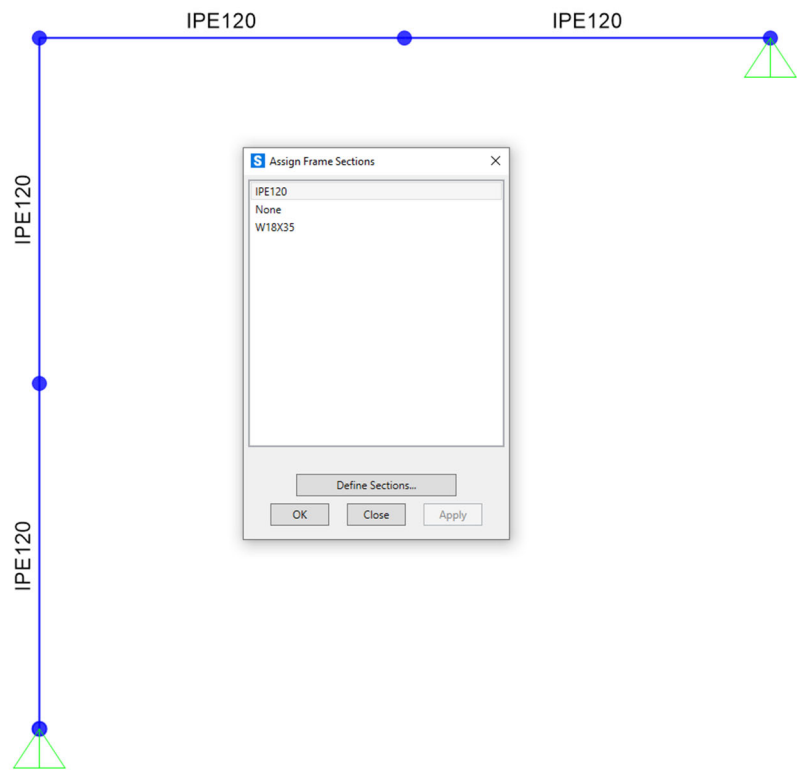


Fonte: Autor

Os passos para inserir o IPE 120 se repetem para cada pórtico.

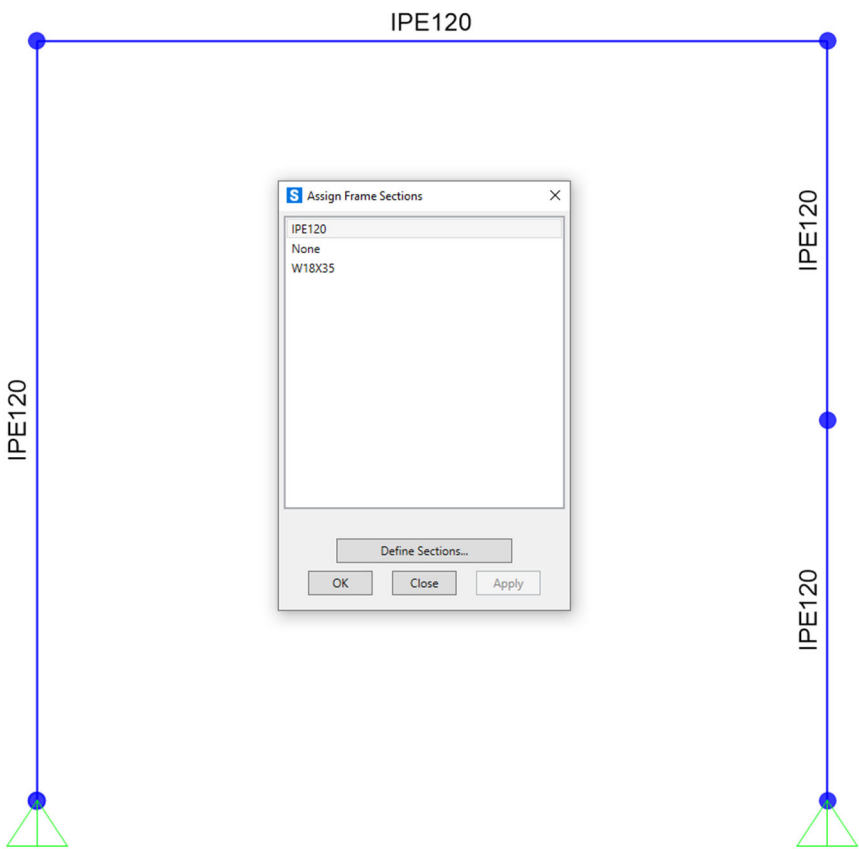
Com o Perfil, temos que atribuir o perfil as barras dos pórticos, desenhados: Selecione todas as barras → Assign → Frame → Frame Section → IPE 120 → Ok, conforme as Figuras 24, 25 e 26.

Figura 24 – Definição das Barras EHR3



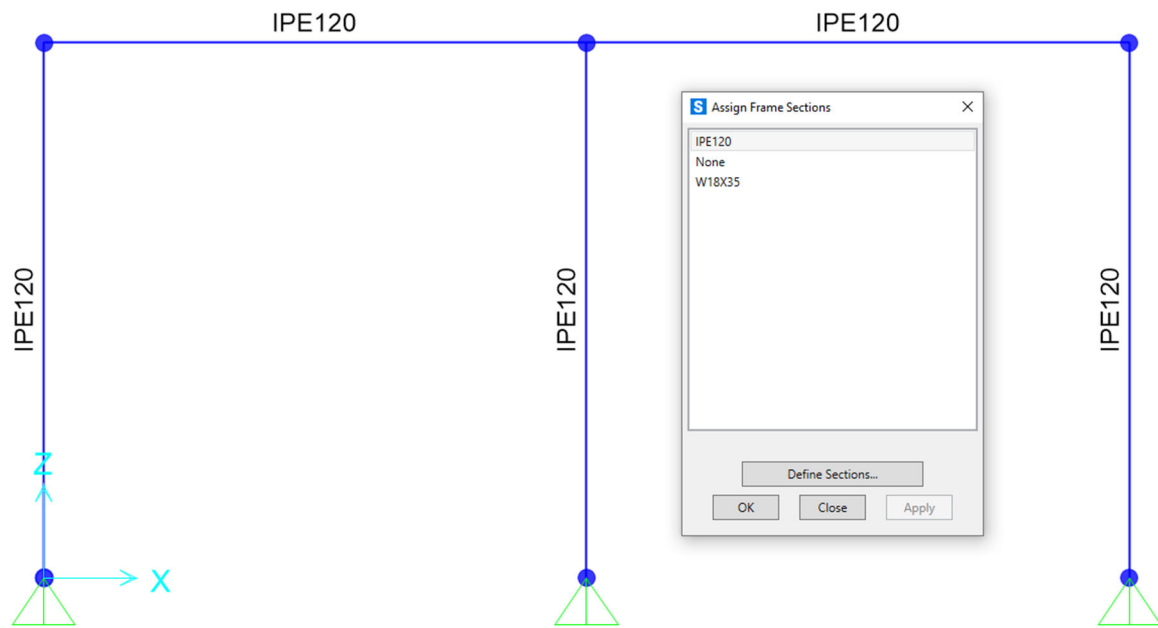
Fonte: Autor

Figura 25 – Definição das Barras EGR1



Fonte: Autor

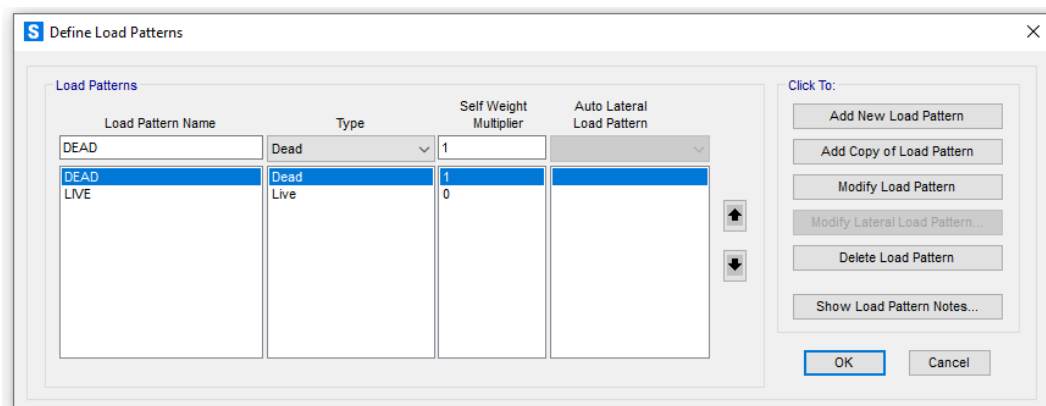
Figura 26 – Definição das Barras ZSR1



Fonte: Autor

Criando as cargas de projeto: Define → Load Patterns → Load Patter Name: LIVE; Type: Live; Self Weight Multiplier: 0 → Add New Load Pattern → Ok. As cargas devem ficar conforma a Figura 27:

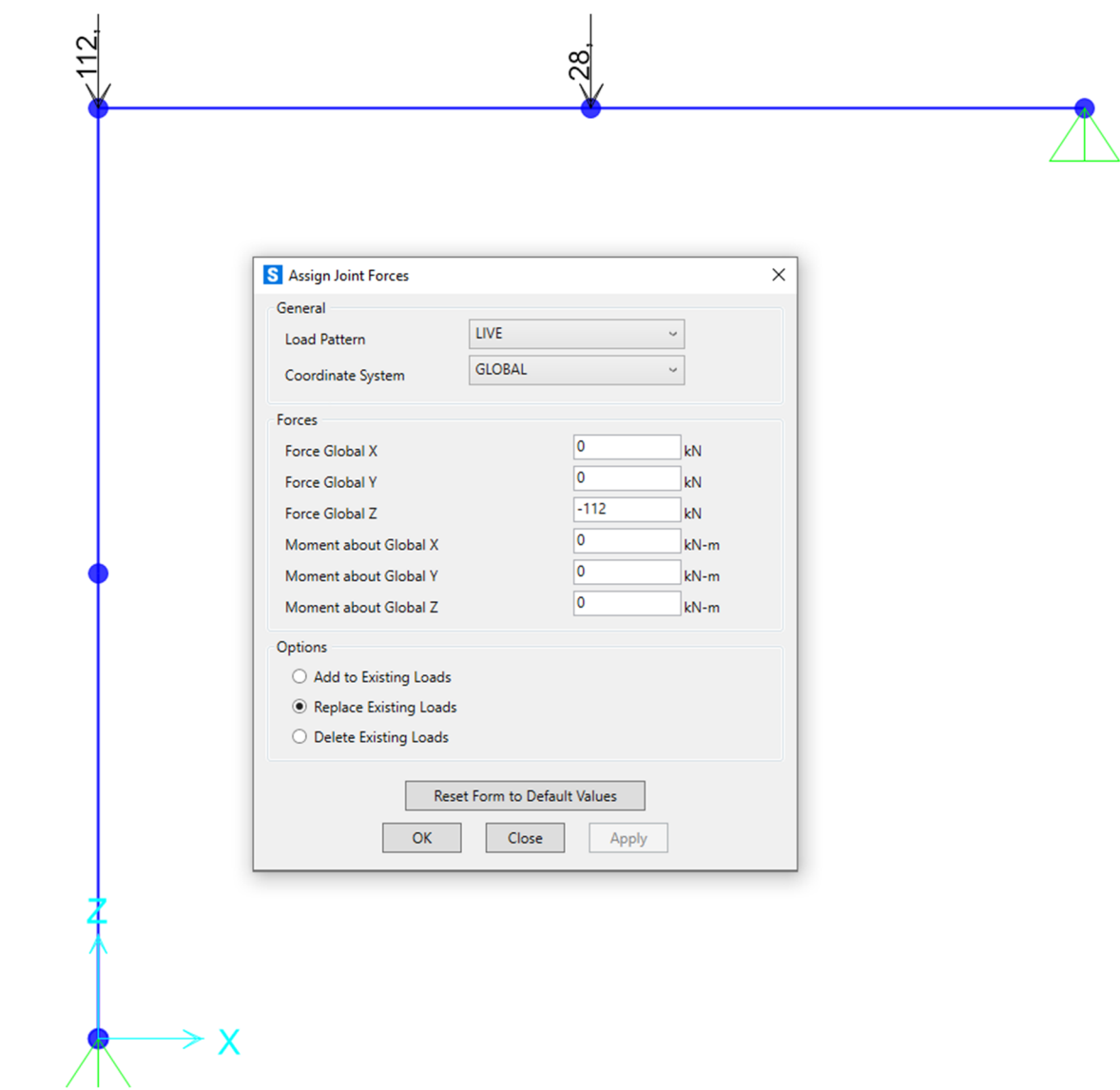
Figura 27 – Definição de cargas permanentes e variáveis



Fonte: Autor

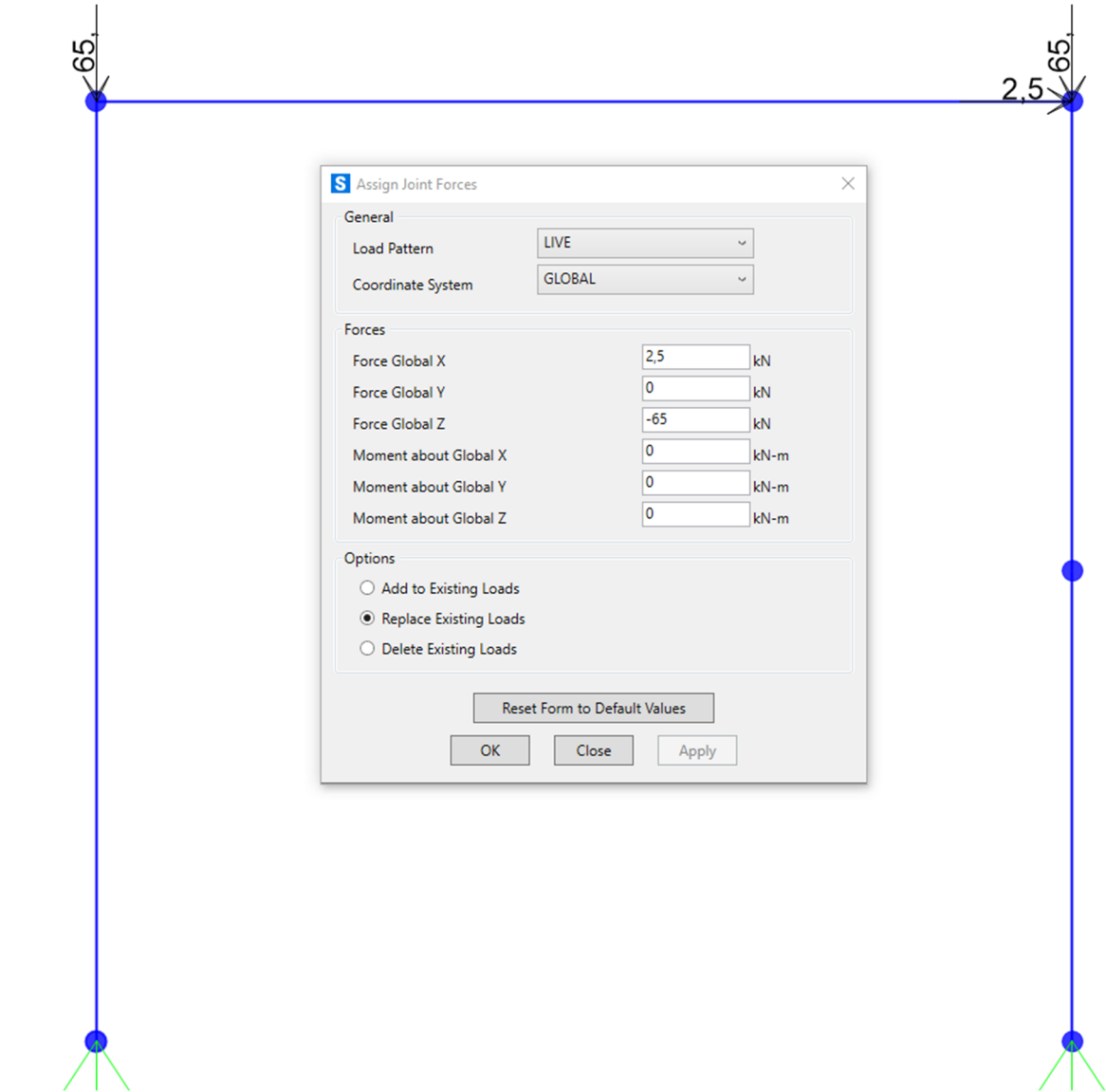
Aplicando as cargas da Tabela 3 nos pórticos, conforme as Figuras 28, 29 e 30, Assign → Joint Loads → Forces:

Figura 28 – Cargas aplicadas nos nós do pórtico EHR3



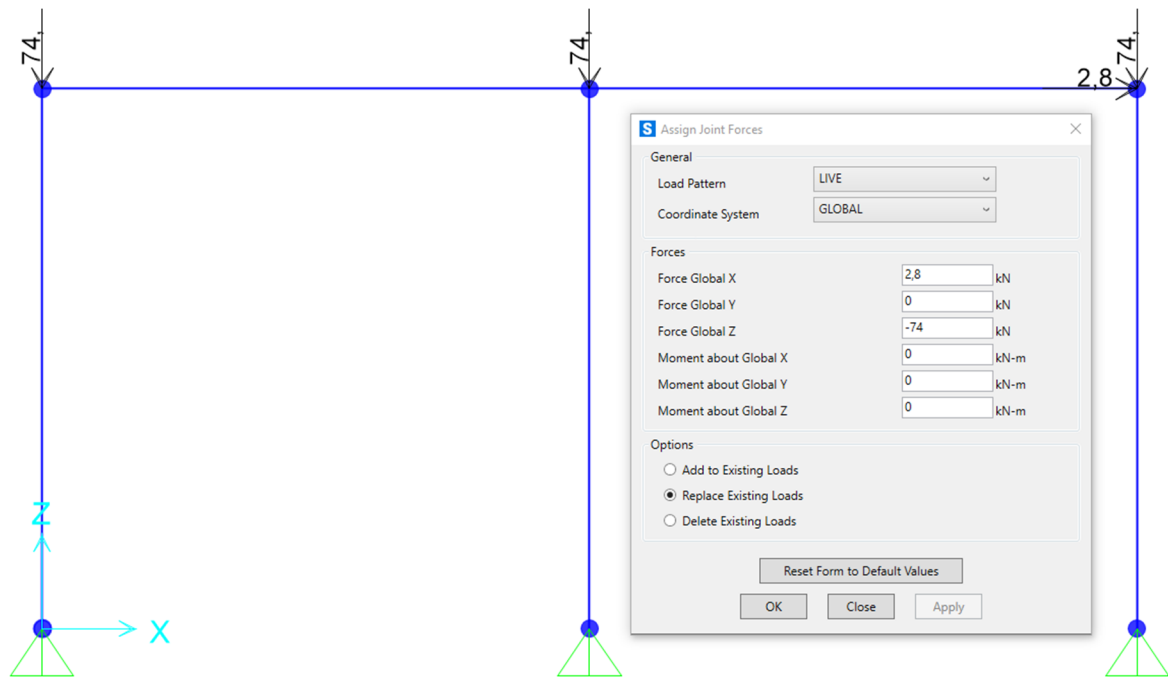
Fonte: Autor

Figura 29 – Cargas aplicadas nos nós do pórtico EGR1



Fonte: Autor

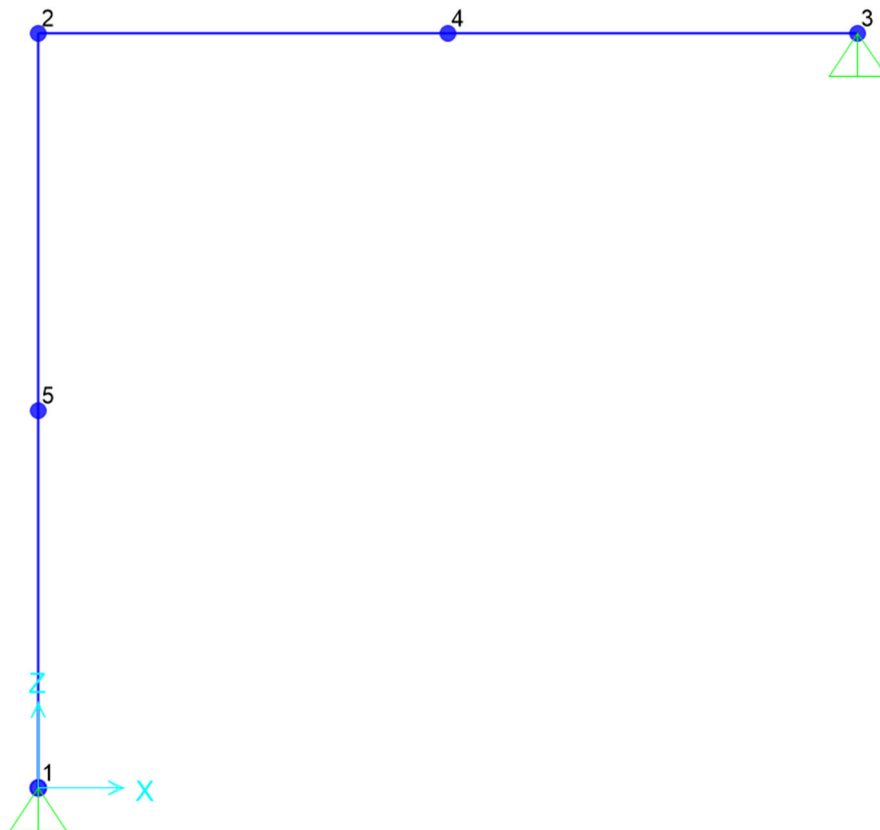
Figura 30 – Cargas aplicadas nos nós do pórtico ZSR1



Fonte: Autor

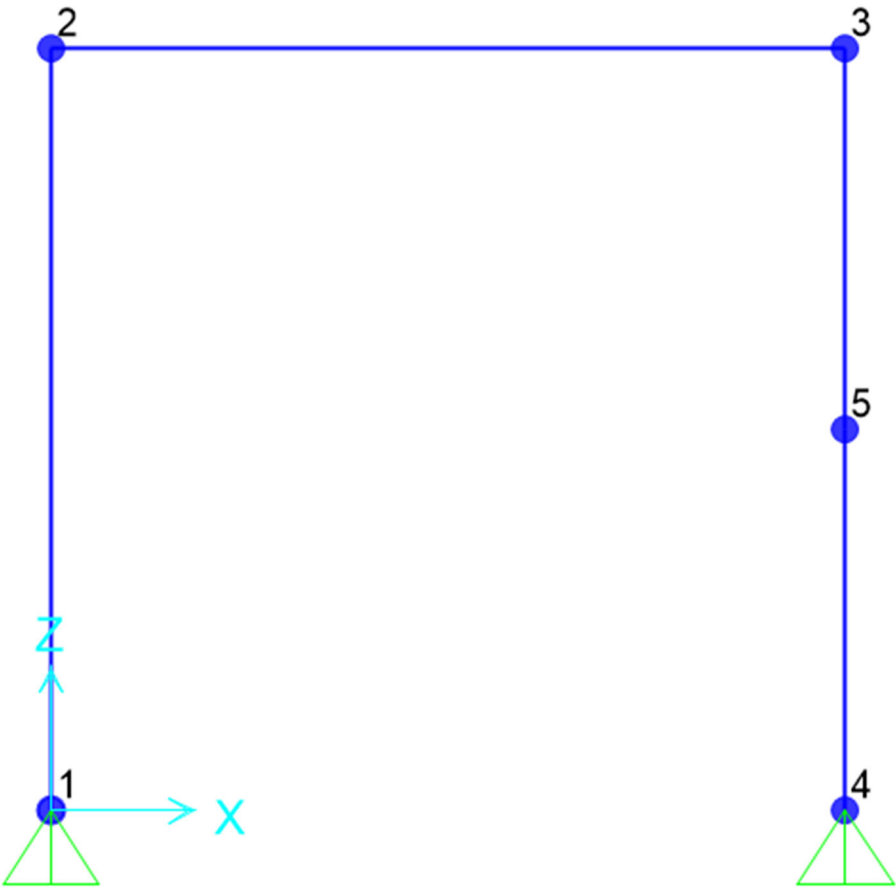
Identificando os nós dos pórticos: Set Display Options → Joints → Labels, conforme as Figuras 31, 32 e 33:

Figura 31 – Nós EHR3



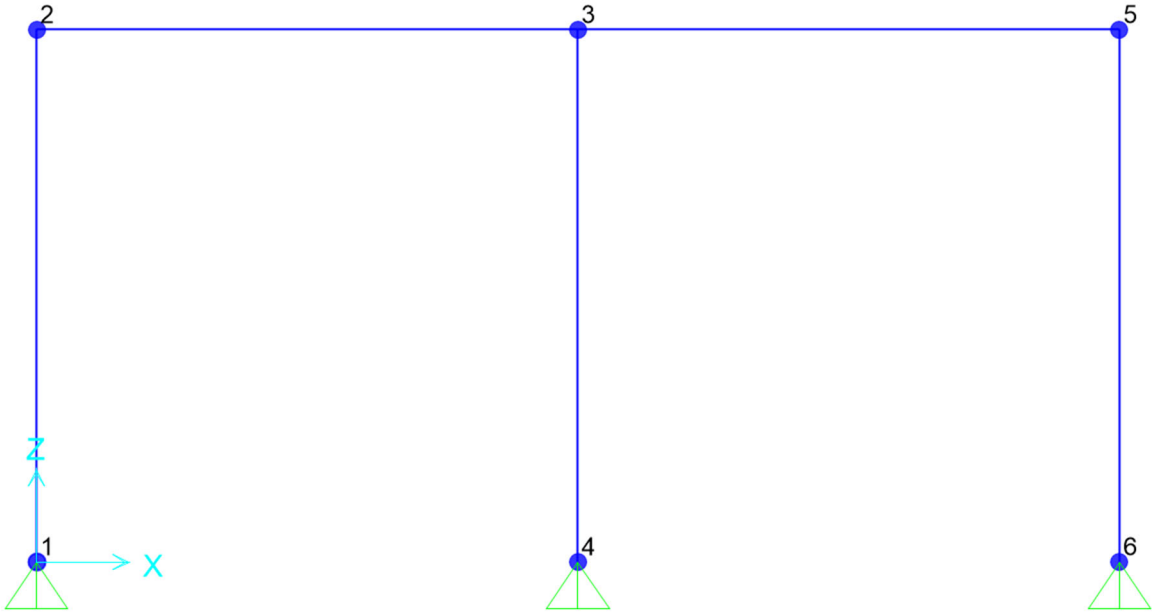
Fonte: Autor

Figura 32 – Nós EGR1



Fonte: Autor

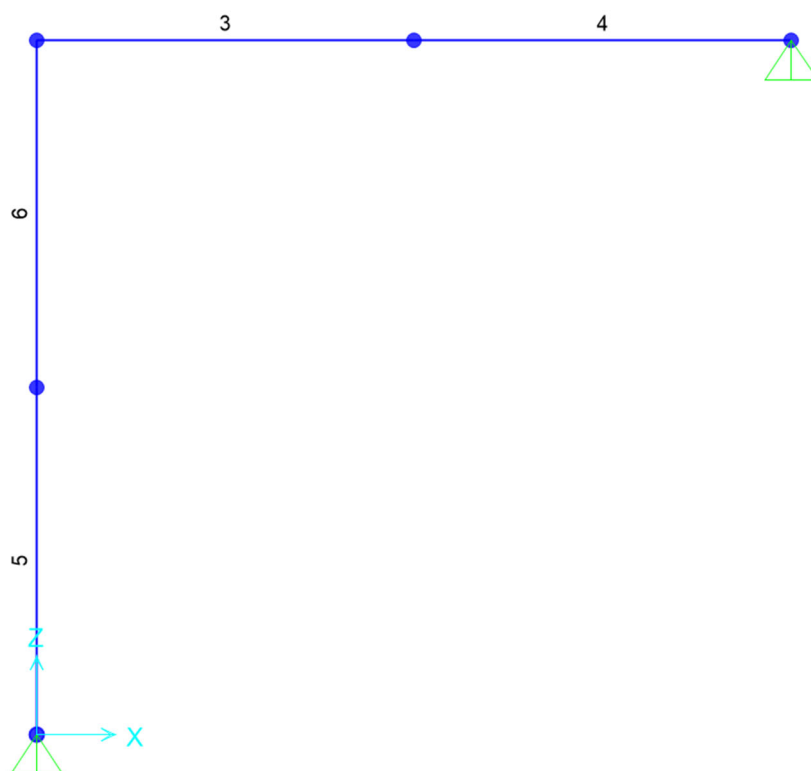
Figura 33 – Nós ZSR1



Fonte: Autor

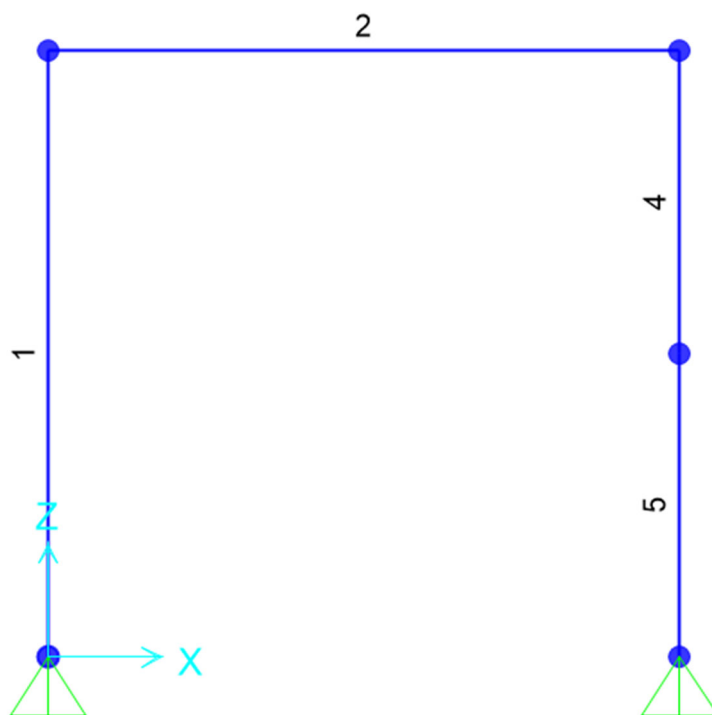
Identificando as barras dos pórticos, conforme as figuras 34, 35 e 36: Set Display
Options → Frames → Labels:

Figura 34 – Barras EHR3



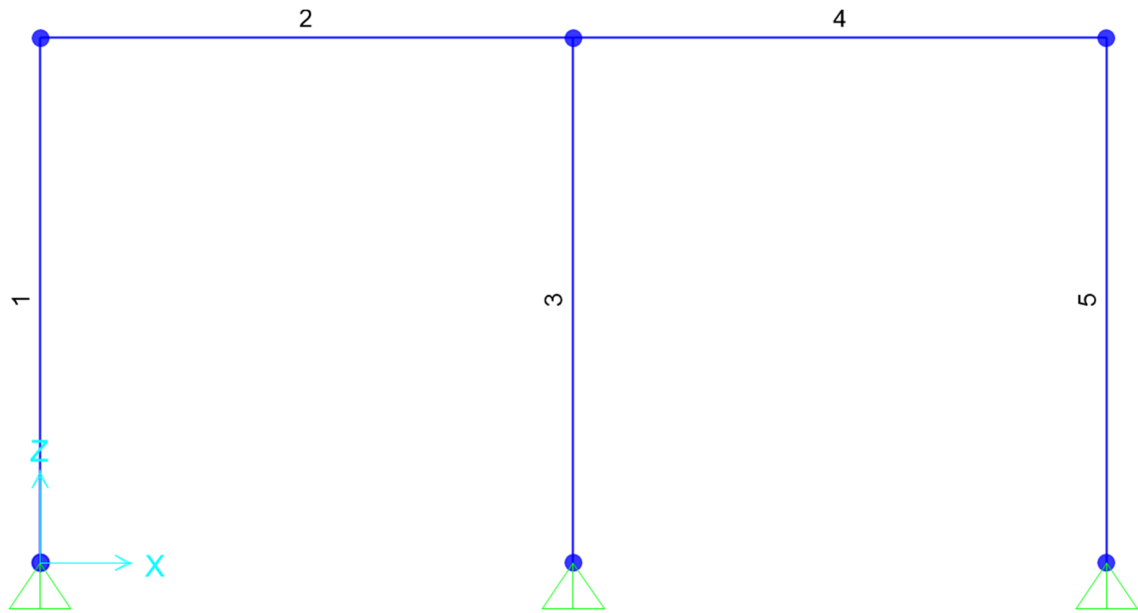
Fonte: Autor

Figura 35 – Barras EGR1



Fonte: Autor

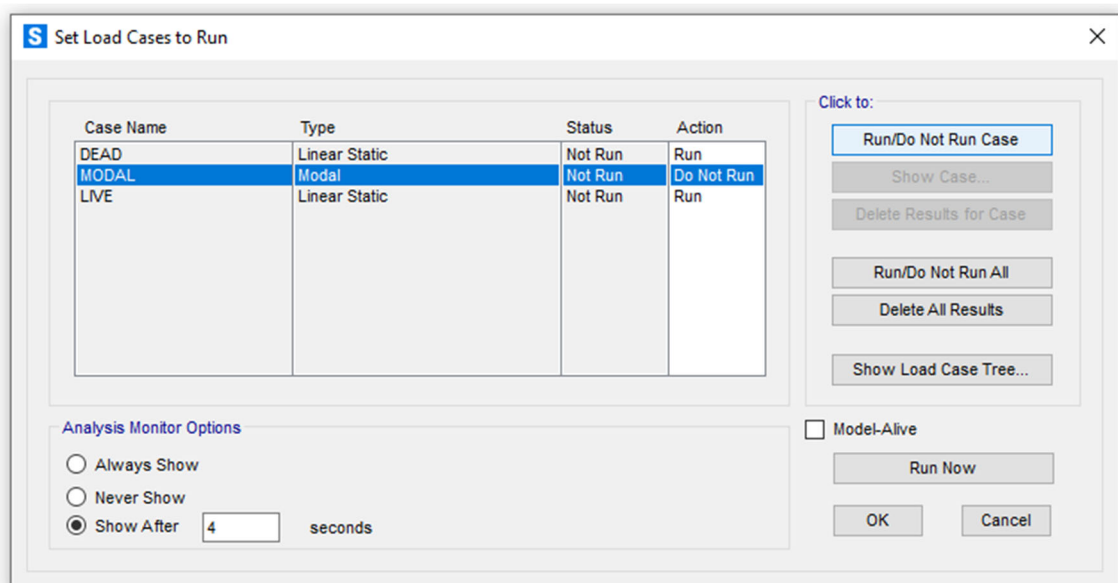
Figura 36 – Barras ZSR1



Fonte: Autor

Para realizarmos a análise vamos em: Analyze → Run Analysis → na opção MODAL, coloque Do Not Run → Run now → Done, conforme a Figura 37.

Figura 37 – Execução da análise dos esforços



Fonte: Autor

Para mostrarmos as cargas nas reações de apoio, apertamos: F7 → Ok. Repetindo o processo para cada pórtico, vamos ter as reações nos apoios exibidas em tela.

3.2 ANÁLISE SEM AS CARGAS TÉRMICAS

Neste item apresentaremos as análises dos pórticos sem as cargas térmicas, gerados pelo SAP, para posterior comparação com os pórticos carregados com carga térmica.

3.2.1 Análises iniciais nos pórticos desconsiderando as cargas térmicas e as combinações de carga.

A tabela 5 temos as reações nos pórticos sem as cargas térmicas e combinações de projeto, posteriormente utilizaremos essas cargas como referências para comparação.

Tabela 5 – Reações dos pórticos no SAP2000 antes do carregamento com carga de temperatura e desconsiderando os fatores de combinações.

Pórtico	Nó	Reação em X (kN)	Reação em Z (kN)
EHR3	1	2,64	128,49
	3	-2,64	11,51
EGR1	1	-1,25	62,6
	4	-1,25	67,4
ZSR1	1	-0,81	72,63
	4	-1,17	73,99
	6	-0,82	75,38

Fonte: Autor

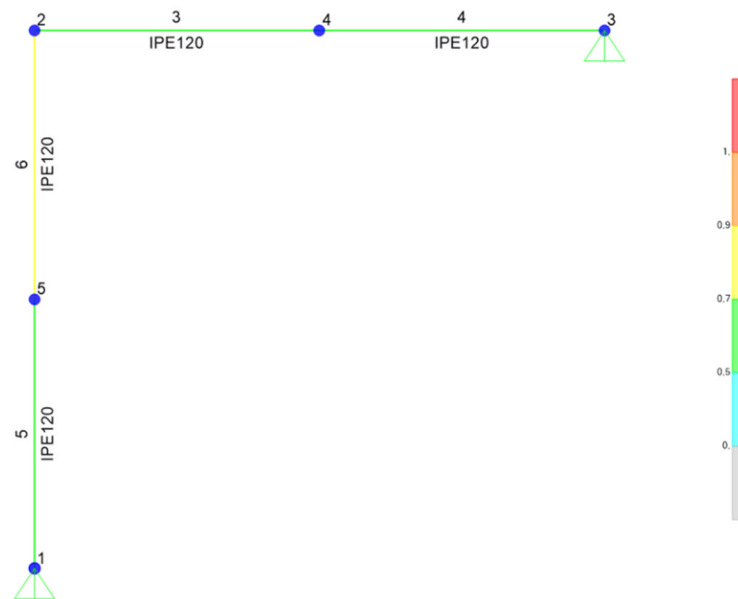
Após serem lançadas as cargas de projeto vamos fazer a verificação do programa para os pórticos: Design → Steel Frame Design → Start Design.

Após o processo as barras que compõem o pórtico vão mudar a cor em uma escala que é exibida na lateral da área de trabalho do SAP.

Ao solicitar o design das barras, automaticamente o SAP faz as combinações de cargas de acordo LRFD e ASD e faz a verificação da estrutura.

A Figura 38 mostra o design da estrutura de aço do pórtico EHR3:

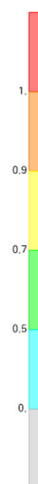
Figura 38 – Design do Pórtico EHR3 pelo design da estrutura de aço SAP sem carga de temperatura.



Fonte: Autor

Ao se clicar com o botão principal do mouse sobre uma barra e selecioná-la, clicando com o botão auxiliar é exibido em tela informações mais detalhadas sobre o design da estrutura. Fazendo isso para a barra 6 do pórtico ERH3 como exemplo podemos ver as seguintes informações da Figura 40, a escala de uso está na Figura 39 e legenda na Tabela 6:

Figura 39 – Escala utilizada pelo design de estruturas de aço do SAP para mostrar a D/C da estrutura que está em análise.



Fonte: Autor

A escala apresentada na Figura 39 é a escala visual utilizada pelo SAP para mostrar o projetista as a demanda da capacidade máxima que a barra suporta de uma maneira rápida, a Tabela 6 mostra as legendas relacionadas as cores.

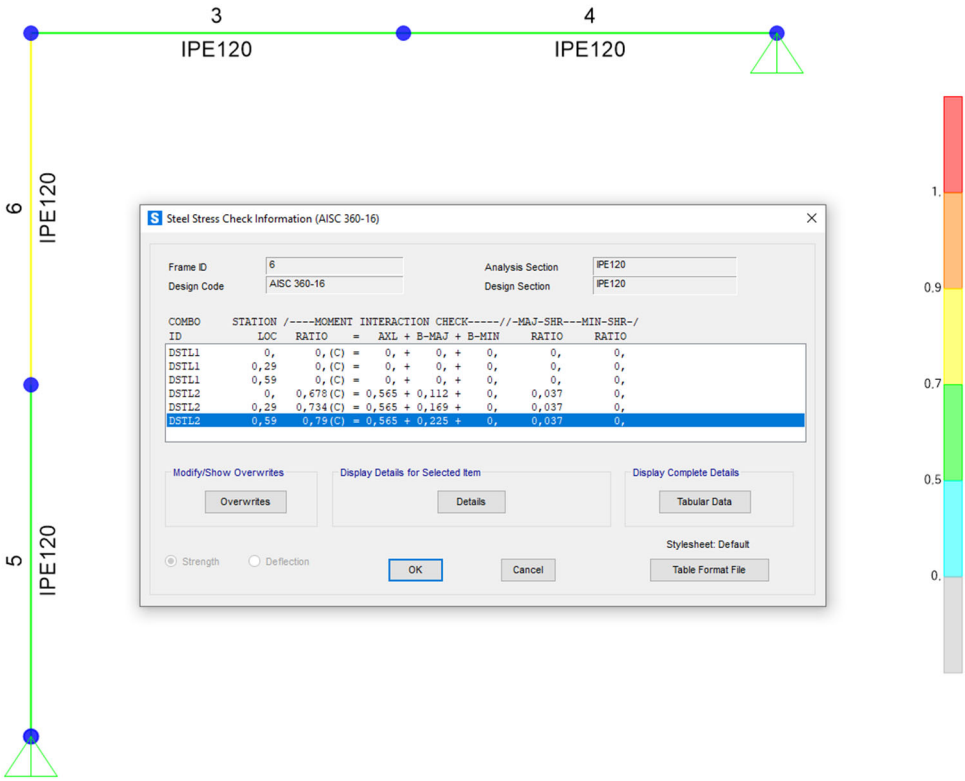
Tabela 6 – significado da legenda do design de estruturas do aço do SAP

Cores	% utilizadas	Significado
Cinza	= 0	Barra não utilizada, 0% da capacidade
Azul	> 0 e = 0.5	Barra utilizada até 49,9% da capacidade
Verde	> 0.5 e = 0.7	Barra utilizada entre 50% e 69,9% da capacidade
Amarelo	> 0.7 e = 0.9	Barra utilizada entre 70% e 89,9% da capacidade
Laranja	> 0.9 e < 1	Barra utilizada entre 90% e 99,9% da capacidade
Vermelho	> 1	Barra utilizada acima de 100%, risco de colapso

Fonte: Autor

Para obter os valores exatos e mais informações sobre a barra, deve seguir o processo exemplificado a Figura 40.

Figura 40 – Análise individual do Barra 6 do EHR3, onde podemos verificar a capacidade usada da barra em RATIO na caixa de diálogo.



Fonte: Autor

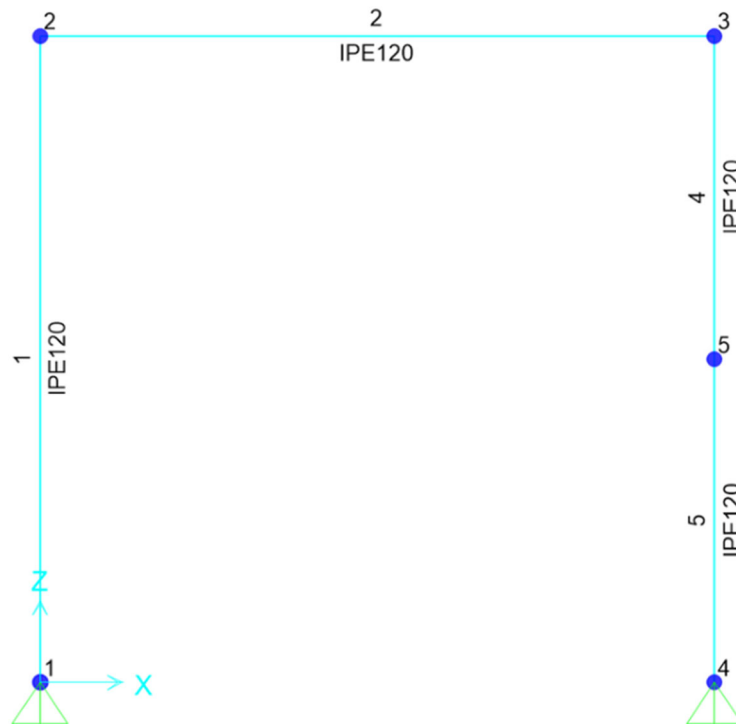
A barra 6 foi escolhida por apresentar maior valor de demanda por capacidade como mostrado na Figura 40.

Ao observa o valor de RATIO, temos um uso aproximado de 0,79 da barra, o que significa que o valor está 79% da sua capacidade limite (D/C), esse valor representa que da forma que o pórtico foi construído e as cargas que estão atuando nele, a barra que possui o maior esforço, está 79% da sua capacidade máxima resistente, o valor de capacidade de cada barra pode ser obtido ao se clicar sobre a barra e todas se encontram nos relatórios de análise em números exatos nos apêndices desse documento. Ao clicar em Details temos uma descrição

detalhada da barra selecionada, todas as descrições detalhadas desse e dos demais pórticos dessa seção encontram-se no apêndice A.

A Figura 41 mostra o design da estrutura de aço do pórtico EGR1:

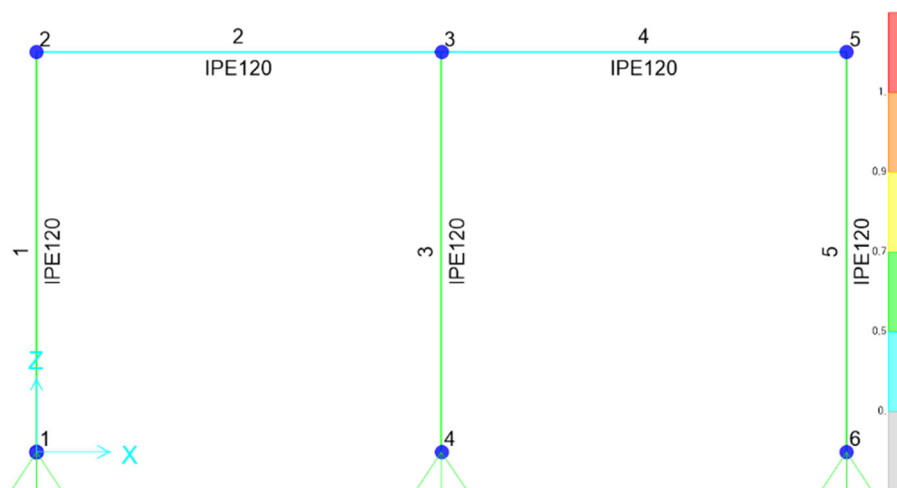
Figura 41 – Design do Pórtico EGR1 pelo design da estrutura de aço do SAP sem carga de temperatura.



Fonte: Autor

A Figura 42 mostra o design da estrutura de aço do pórtico ZSR1:

Figura 42 – Design do Pórtico ZSR1 pelo design da estrutura de aço SAP sem carga de temperatura.



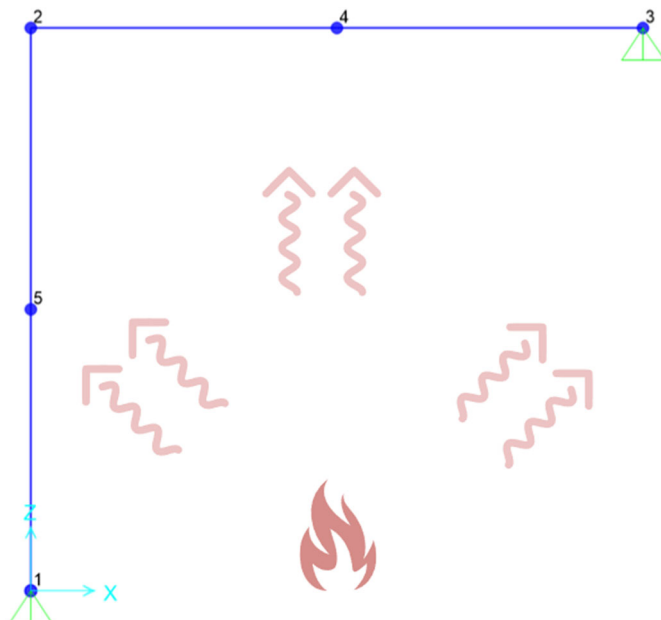
Fonte: Autor

3.3 LANÇAMENTO DAS CARGAS TÉRMICAS

As cargas térmicas serão lançadas levando em consideração uma situação de incêndio onde através da radiação a carga alcança os pórticos, conforme ilustrado nas figuras a seguir

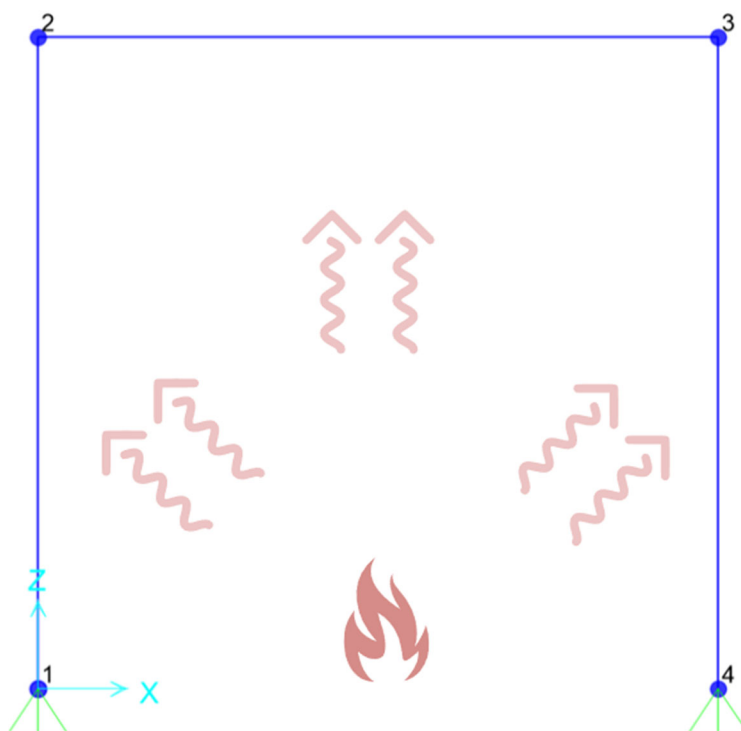
será o modelo de simulação, partindo de 22 °C, depois 100 °C e acrescentando mais 100 °C sucessivamente até os 1000 °C, as Figuras 43, 44 e 45 a seguir mostram onde as ondas de calor vão atingir as determinadas barras dos pórticos:

Figura 43 – Exemplificação da carga térmica em EHR3



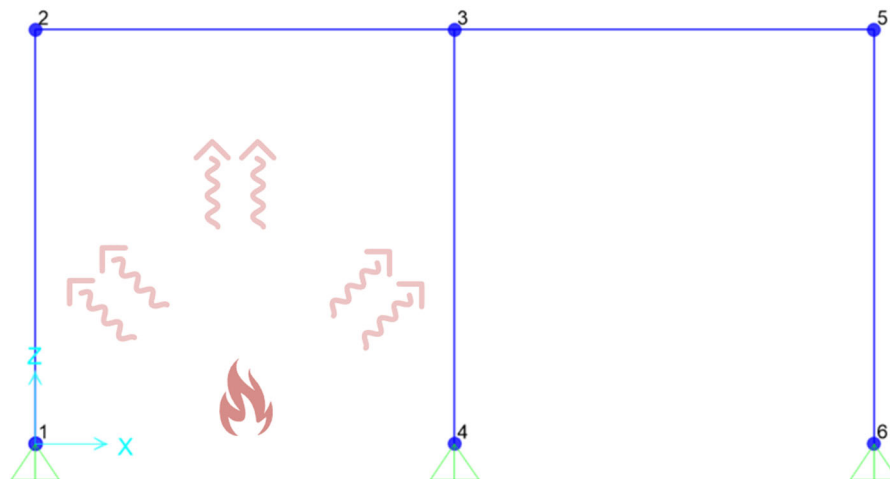
Fonte: Autor

Figura 44 – Exemplificação da carga térmica em EGR1



Fonte: Autor

Figura 45 – Exemplificação da carga térmica em ZSR1

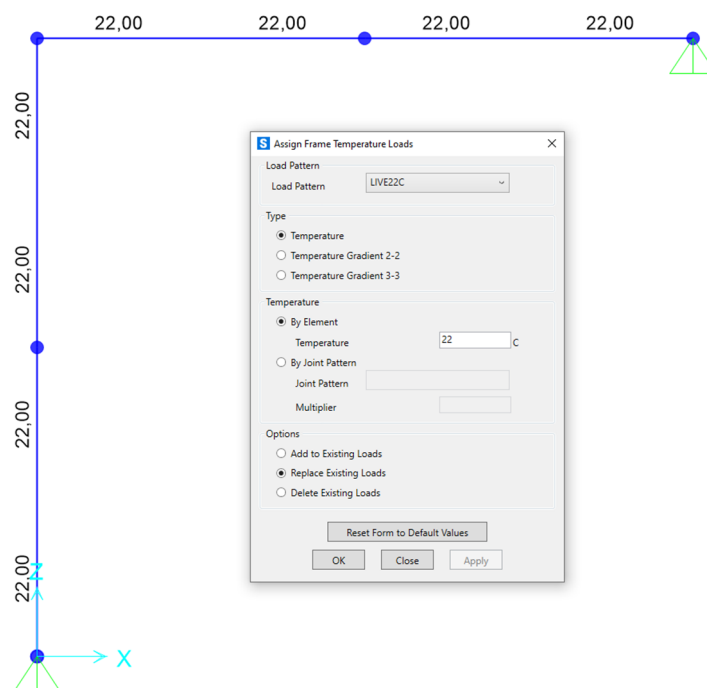


Fonte: Autor

O lançamento de carga de temperatura no ambiente de trabalho do SAP segue a sequência, verificar se os parâmetros do sistema estão configurados para °C no canto inferior direito: Assign -> Frame Loads -> Temperature -> Load Patterns: Live -> By Element: 22°C -> Ok.

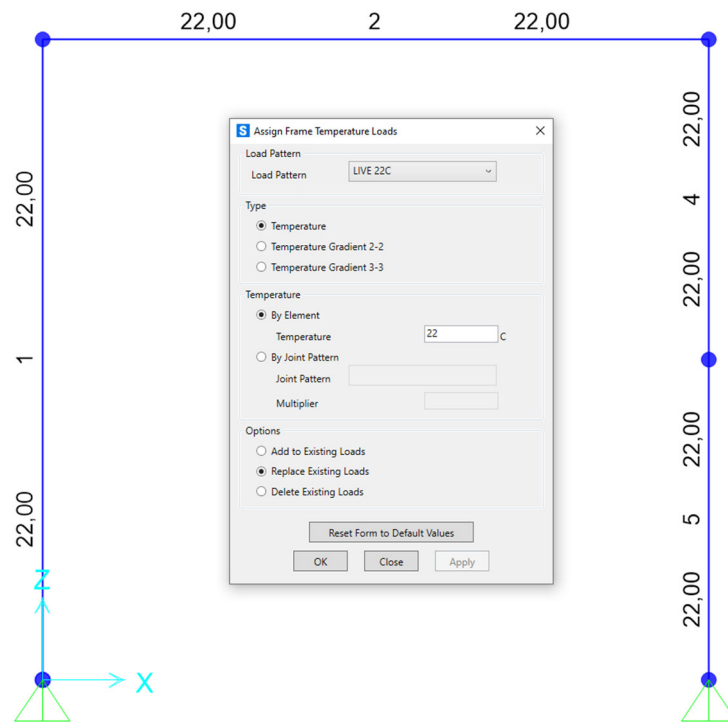
Usaremos a temperatura de 22°C para exemplificar o processo de lançamento. As Figuras 46, 47 e 48 a seguir mostra como fica os pórticos após o lançamento, vale ressaltar que as cargas variáveis (*Lives Loads*) já estão lançadas e podem ser verificadas clicando com botão auxiliar do mouse no nó e conferindo em Loads.

Figura 46 – Carga térmica aplicada EHR3



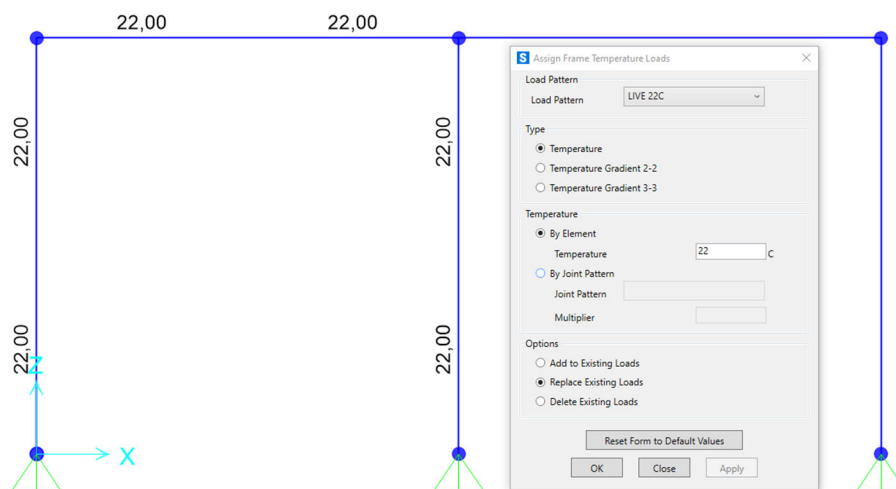
Fonte: Autor

Figura 47 – Carga térmica aplicada EGR1



Fonte: Autor

Figura 48 – Carga térmica aplicada ZSR1



Fonte: Autor

3.3.1 Processo de análise do software

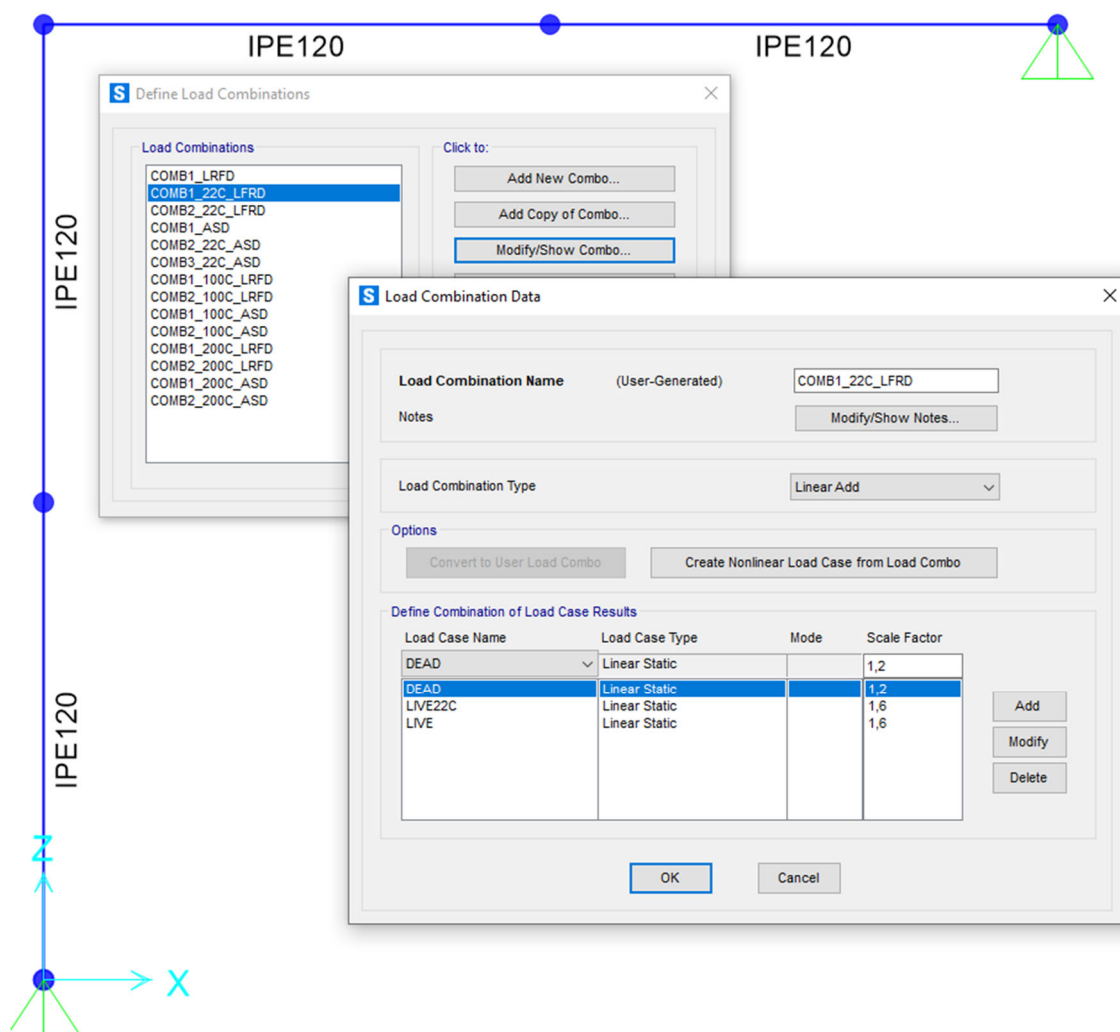
Para analisarmos, deveremos criar as combinações de cargas, e utilizaremos os valores desses referentes a temperatura como Live Load, de início fazermos a análise utilizando 3 temperaturas para exemplificar. Criando 3 Load Patterns, com os nomes de Live22C para carga de 22 °C, Live100C para carga de 100 °C e Live200C para carga de 200 °C e assim sucessivamente até atingir a temperatura máxima de 1000 °C, as cargas devem ser lançadas nos

elementos que estão sujeitos a sofrer a carga de temperatura conforme as Figuras 46, 47 e 48 lançando cada carga conforme a Load Live criada.

Cada temperatura corresponderá a uma carga variável, para podermos monitorar o deslocamento do ponto.

Para criar as combinações de carga: Define → Load Combinations → Add New Combo → Ok. As combinações devem ficar de acordo a Figura 49 e devem ser feitas para todos os pórticos e todas as demais temperaturas.

Figura 49 – Combinações de cargas para os pórticos

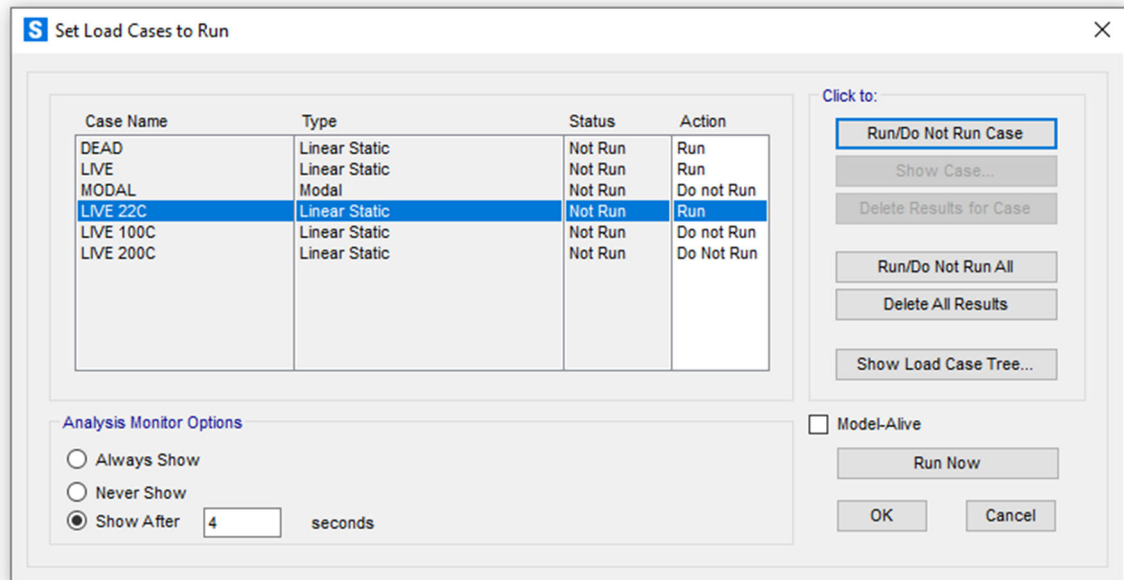


Fonte: Autor

Para gerarmos a tabela com os resultados dos deslocamentos, que estarão disponíveis mais a frente devido a ser realizado após cada análise, primeiro deveremos analisar as cargas de temperaturas utilizadas, e consultar a Tabela 1, para saber se haverá transformação do módulo de elasticidade, vemos que para temperatura de 200°C temos um fator de redução $k_{E,\theta} = 0,9$ para o módulo de elasticidade, então vamos gerar a análise para as demais

temperaturas e após alterar a elasticidade do material e repetir o processo, primeiro realizar a análise com a LIVE22C habilitada, para obtermos os resultados com essa temperatura, depois repetir o processo para as demais : Analyze → Run Analyze → Case Name: Modal, deixar action: Do Not Run → Run now → Done → Ok, conforme Figura 50.

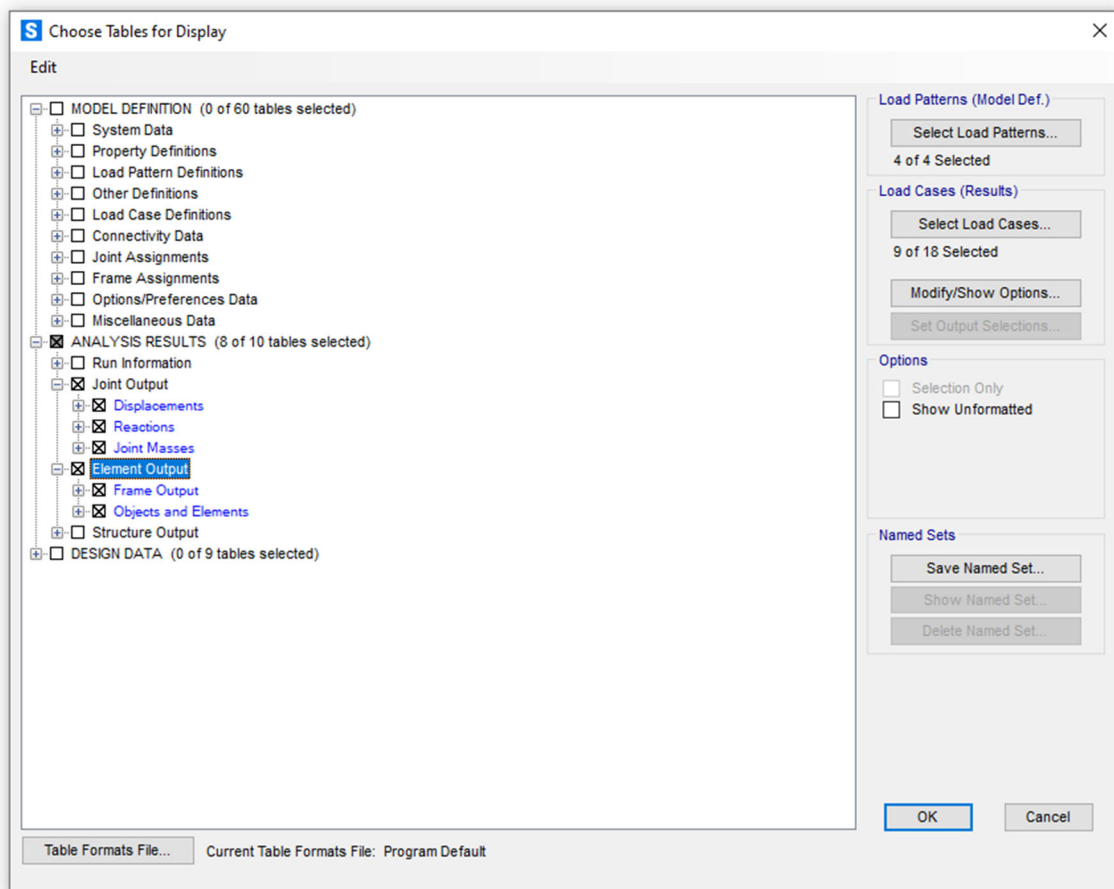
Figura 50 – Início da Análise pelo SAP



Fonte: Autor

Ao gerarmos a tabela com os resultados, podemos consultar os nós de interesse da nossa análise, para monitorarmos o seu deslocamento, primeiramente vamos gerar o relatório para as combinações que não precisam de correção do modulo de elasticidade. CTRL+T → Select Load Cases → marque somente as opções que possuem 22C → Ok → marque somente a opção ANALYSIS RESULTS → Joint Output e Element Output → Ok → File → Export All Tables → To Excel, conforme Figura 51. O processo deve ser repetido para as demais temperaturas e se repete para todos os pórticos.

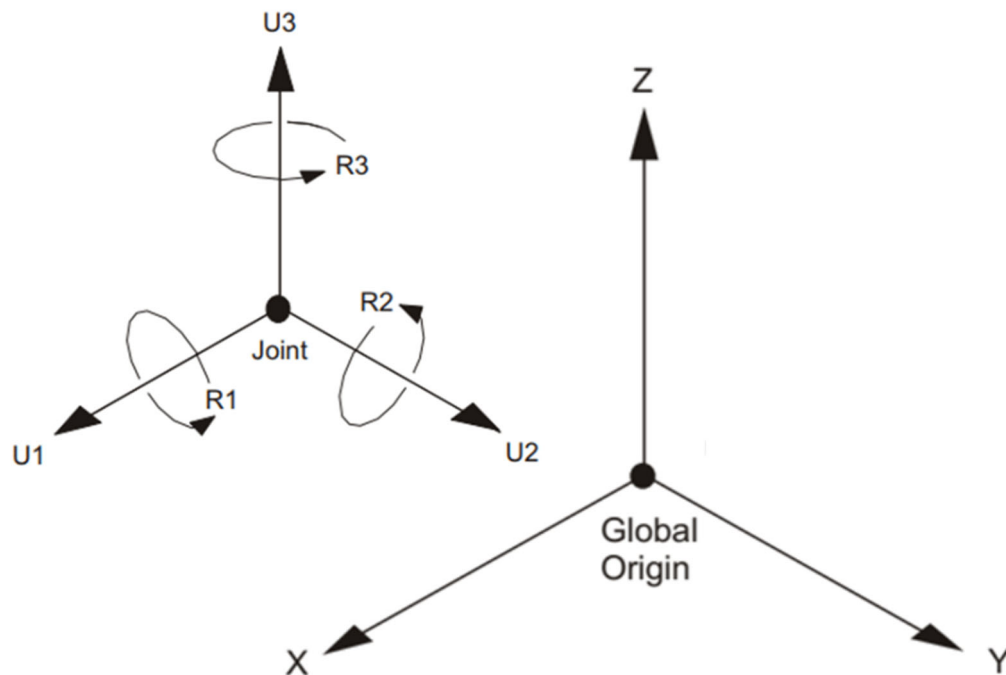
Figura 51 – Análise dos Pórticos



Fonte: Autor

Ao finalizar o processo, o software de planilha eletrônica será aberto com a planilha de resultados exibidas na tela, relacionados a temperatura trabalhada, os resultados foram armazenados e serão exibidos mais a frente, em forma de tabela e com todas as temperaturas, pois a sua construção depende de todas as análises, na aba *Joint Displacements* vemos os deslocamentos e na aba *Joint Reactions* devemos procurar os nós de interesse da nossa análise das reações de apoio, nas demais abas temos as outras informações sobre os nós. Por se tratar de pórticos planos, vamos analisar o deslocamento horizontal para barrar verticais (pilares), e deslocamento vertical para barras horizontais (vigas), o sistema de descolamento dos nós está descrito na Figura 52.

Figura 52 – Sistema de Deslocamentos dos Nós



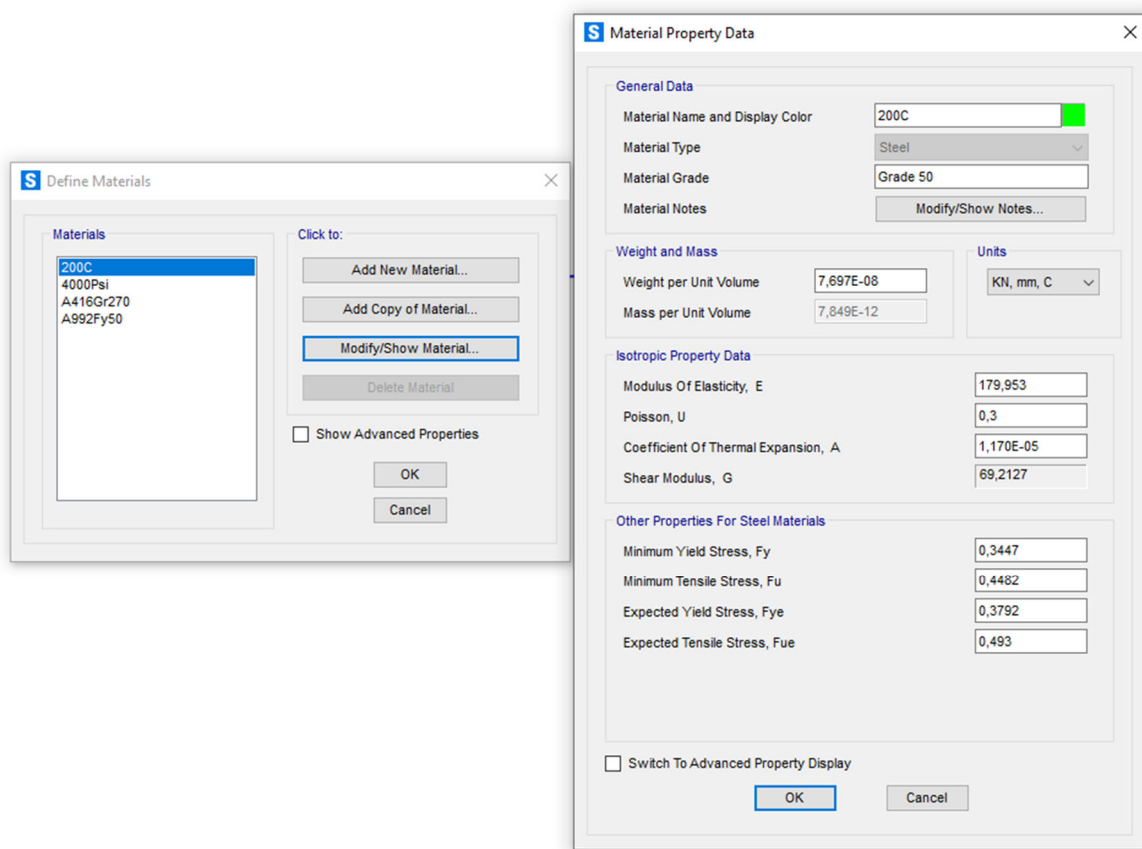
Fonte: SAP2000

Após consultar a Tabela 1, vamos alterar o módulo de elasticidade do material para a análise com a carga térmica de 200°C e as demais, utilizando a Equação 7 temos a demonstração de cálculo:

$$\begin{aligned}
 k_{E,\theta} \times E &= E_{\theta} \\
 E_{200^{\circ}C} &= 0,9 \times 199,948 \\
 E_{\theta} &= 179,953 \text{ KN/mm}^2
 \end{aligned}
 \tag{7.a}$$

Para alteramos o módulo de elasticidade do material, iremos em: Define → Materials → A992Fy50 → Add Copy Of Material → Material Name: 200C (o nome pode ser escolhido a vontade do operador do software); Modulus of Elasticity: 179,953 KN/mm^2 → Ok. Conforme a Figura 53.

Figura 53 – Mudança do módulo de elasticidade



Fonte: Autor

A Tabela 7 mostra a degradação da elasticidade para as temperaturas trabalhadas:

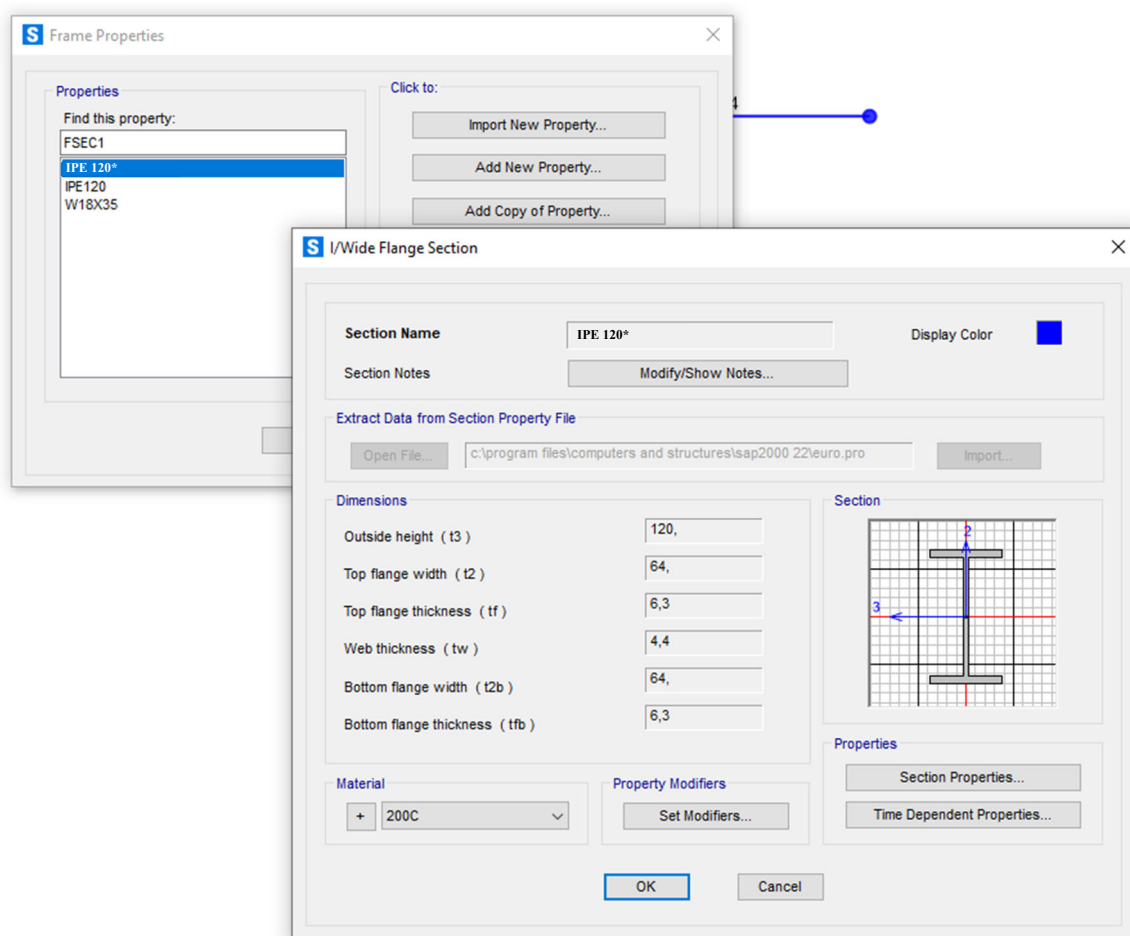
Tabela 7 - Módulos de elasticidade reduzidos devido ao fator temperatura

Temperatura do aço °C	Módulo elasticidade corrigido E_{θ} (kN/mm ²)	% em relação a E inicial
22	199,9480	100,0
100	199,9480	100,0
200	179,9532	90,0
300	159,9584	80,0
400	139,9636	70,0
500	119,9688	60,0
600	61,9839	31,0
700	25,9932	13,0
800	17,9953	9,0
900	13,5965	6,8
1000	8,9977	4,5

Fonte: Autor

Agora vamos criar um perfil IPE 120 que contenha as novas propriedades criadas, para isso vamos em: Define → Frame Properties → Frame Section → selecionar IPE 120 → Add Copy of Property → Section Name: IPE 120* (nome genérico dado a todas as barras que tiveram o módulo de elasticidade alterado) → Material: 200C → Ok Conforme a Figura 54.

Figura 54 – Novo Perfil IPE 120



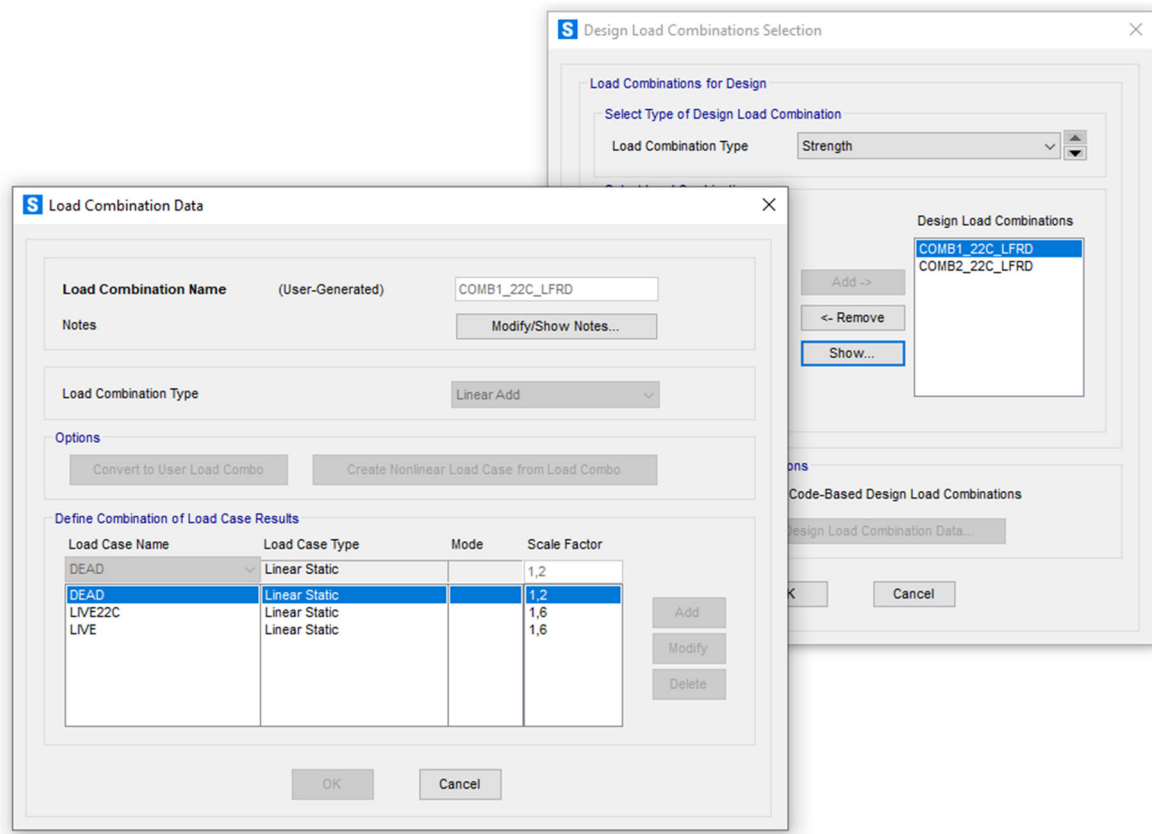
Fonte: Autor

Vamos atribuir o perfil aos pórticos, após este processo, mas agora colocando em Select Load Cases somente as combinações que possui 200C para esse e todos os demais casos e repetiremos o processo geração e exportação da tabela, o processo será replicado para todos os pórticos e temperaturas a serem analisadas.

3.3.2 Combinações de cargas para o design

Agora vamos executar o design das estruturas, primeiramente, usando os perfis IPE 120 para a temperatura 22 °C a 100 °C. Selecionando os combos do LRFD e ASD para design da estrutura: Design → Steel Frame Design → Selec Desig Combs; em Strength vamos colocar todas as combinações LRFD em Deflection as ASD referente primeiramente a 22°C, as outras cargas são padrões do Software não podendo ser alteradas → OK, repetir o processo para 100 °C após a análise mudar o perfil para o usado na análise de 200°C e repetir o processo para as demais temperaturas.

Figura 55 – Exemplos para as combinações de carga para design de perfil



Fonte: Autor

Após esse processo, podemos solicitar ao software que gere o design das barras.

3.3.3 Deslocamentos máximos permitidos pela AISC 360 e pela NBR 8800

Considerando os valores para o deslocamento máximo proposto pela AISC 360–16 e pela NBR 8800 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, devemos atender os valores de deslocamento máximos para os estalos limites de serviços, temos valor máximo para deslocamento horizontal segundo a NBR 8800, considerando o deslocamento em relação do topo até a base, considerando a Equação 32:

$$\delta_h = h/300 \quad (32)$$

Em que:

h = Altura do perfil (mm)

E para o deslocamento vertical, considerando uma viga de piso, Equação 33:

$$\delta_v = l/350 \quad (33)$$

Em que:

l = Comprimento do perfil (mm)

Segundo a AISC 360–16 para o deslocamento horizontal, Equação 34:

$$\delta_h = h/300 \quad (34)$$

Para o deslocamento vertical a Equação 35:

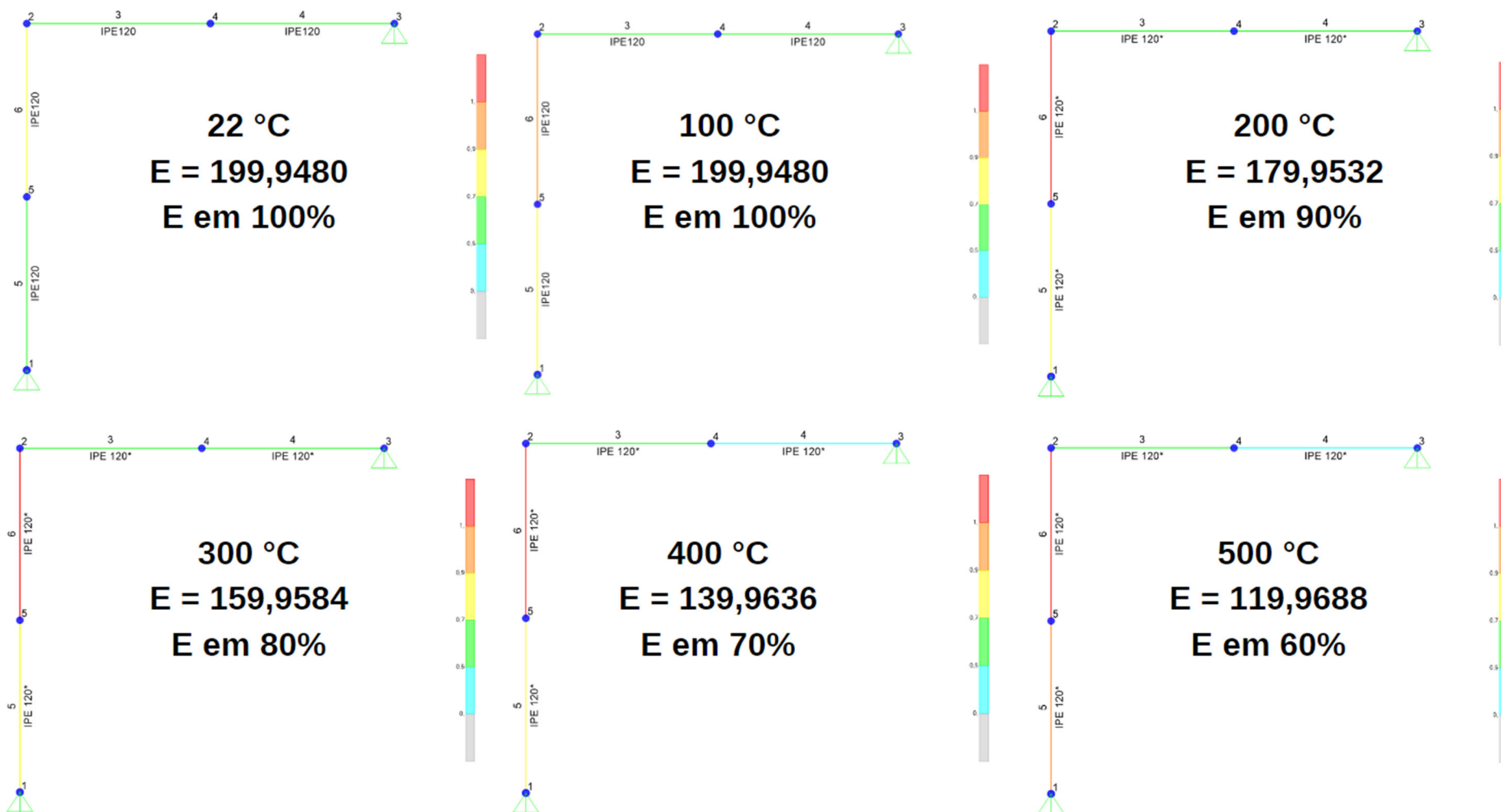
$$\delta_v = l/360 \quad (35)$$

3.3.4 Análises dos pórticos considerando as cargas térmicas e as combinações de carga utilizando o design de estruturas de aço do SAP

Anteriormente demonstramos como é realizado o processo de análise, doravante esse processo será ocultado e exibido somente o resultado visual, gerado pelo SAP, todavia vale ressaltar que o processo segue o mesmo padrão, mudando somente os parâmetros necessários de acordo com as temperaturas e vamos realizar as análises de 22°C a 1000°C, as análises detalhas para todas as barras do pórtico EHR3 e todas suas temperaturas se encontram no apêndice B.

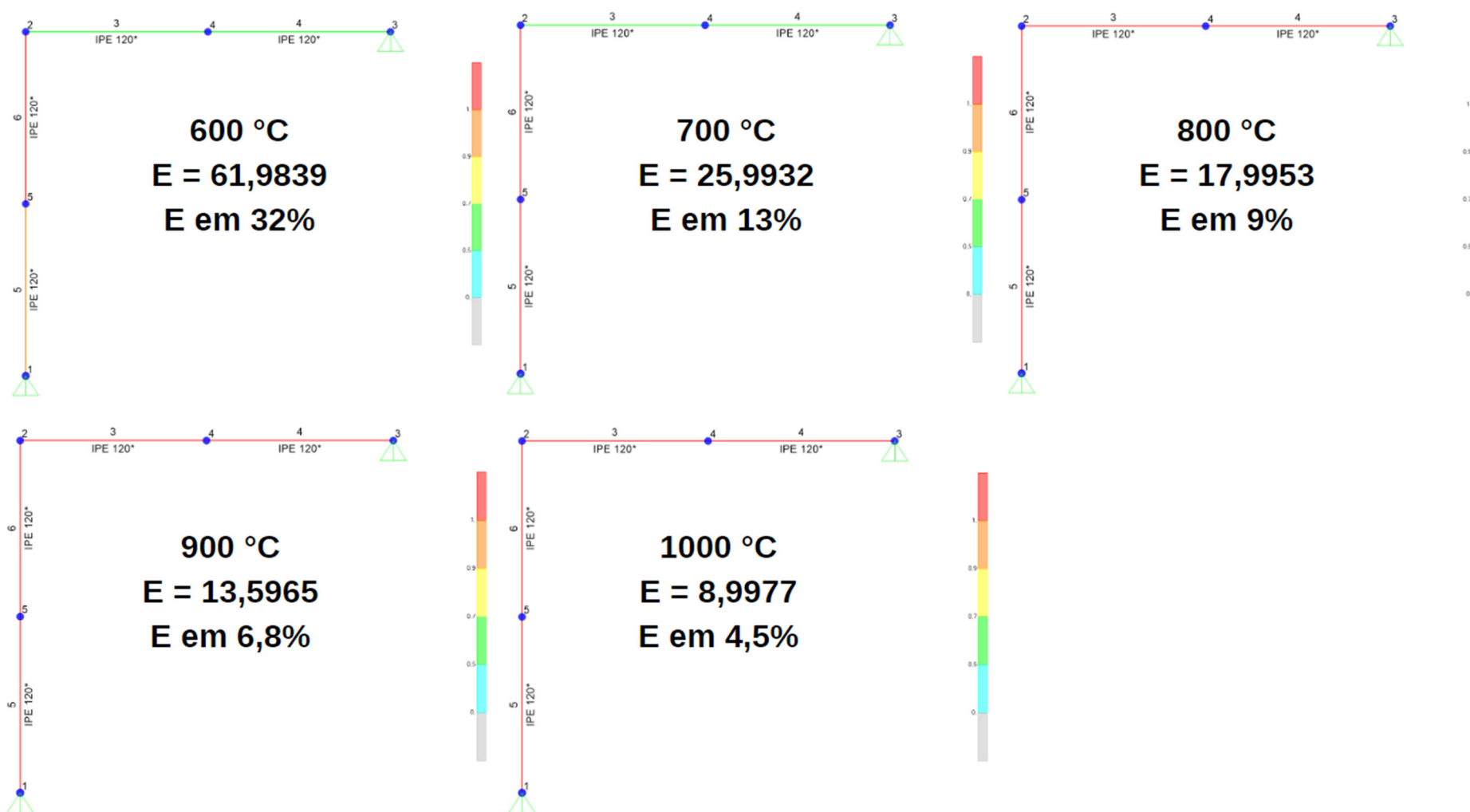
Primeira análise será feita no pórtico EHR3. As Figuras 56 e 57 representam a análise do pórtico EHR3 em todas as temperaturas, utilizando o recurso design de estruturas metálicas, do SAP.

Figura 56 – Pórtico EHR3 submetido a carga térmica e analisado pelo design da estrutura de aço, temperaturas de 22° a 500°C.



Fonte: Autor

Figura 57 – Pórtico EHR3 submetido a carga térmica e analisado pelo design da estrutura de aço, temperaturas de 600° a 1000°C.



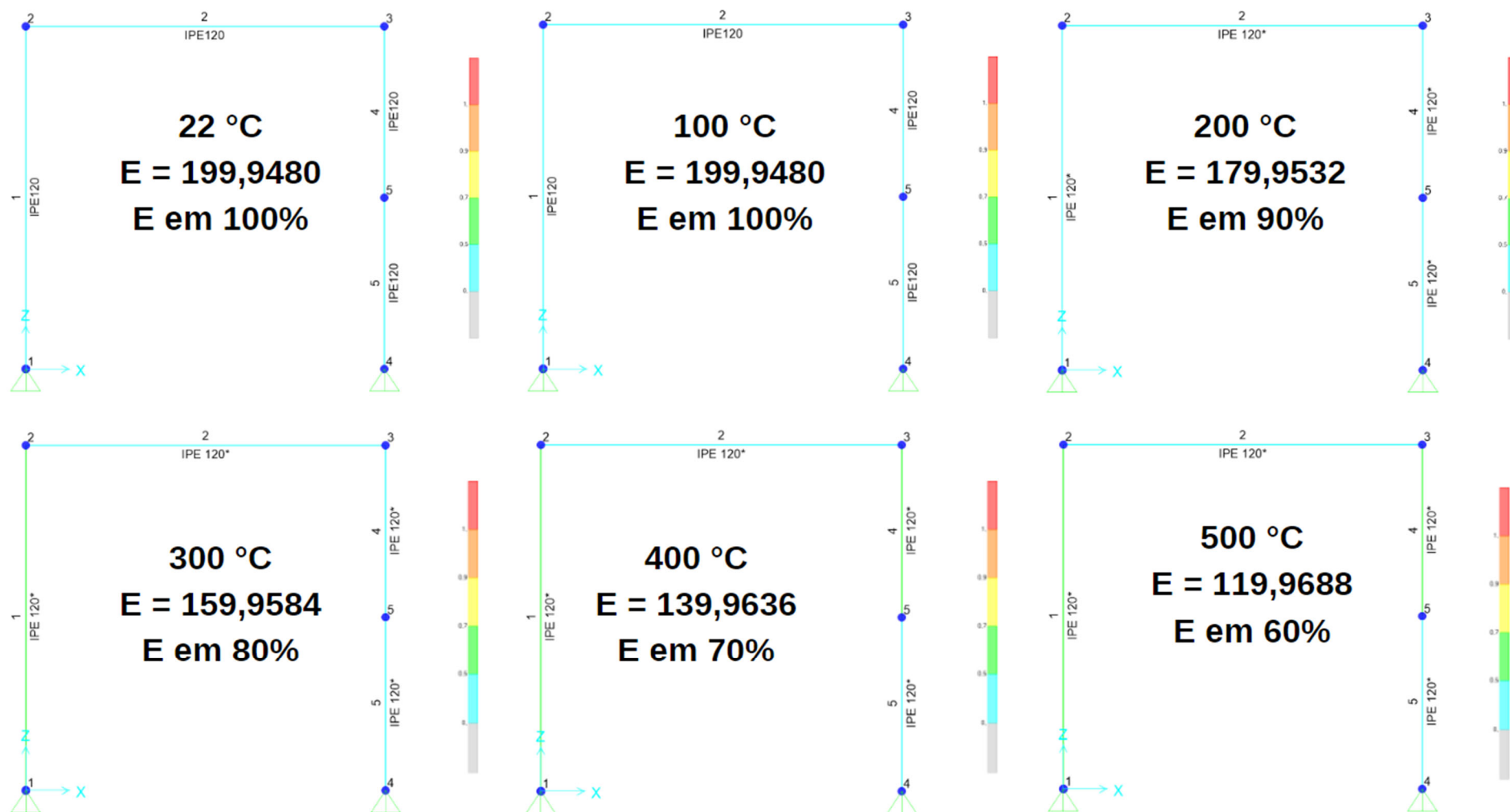
Fonte: Autor

Como podemos observar a barra 6 é a primeira a sofrer esgotamento da capacidade devido à alta demanda que está sendo submetida e as tensões provocada pela carga térmica, como a diminuição do seu modulo de elasticidade.

A mediada que a temperatura aumenta podemos perceber que as demais barras começam a também a perder capacidade resistente, como o projeto foi concebido perto do seu limite resistente, rapidamente o pórtico tem a sua segurança comprometida.

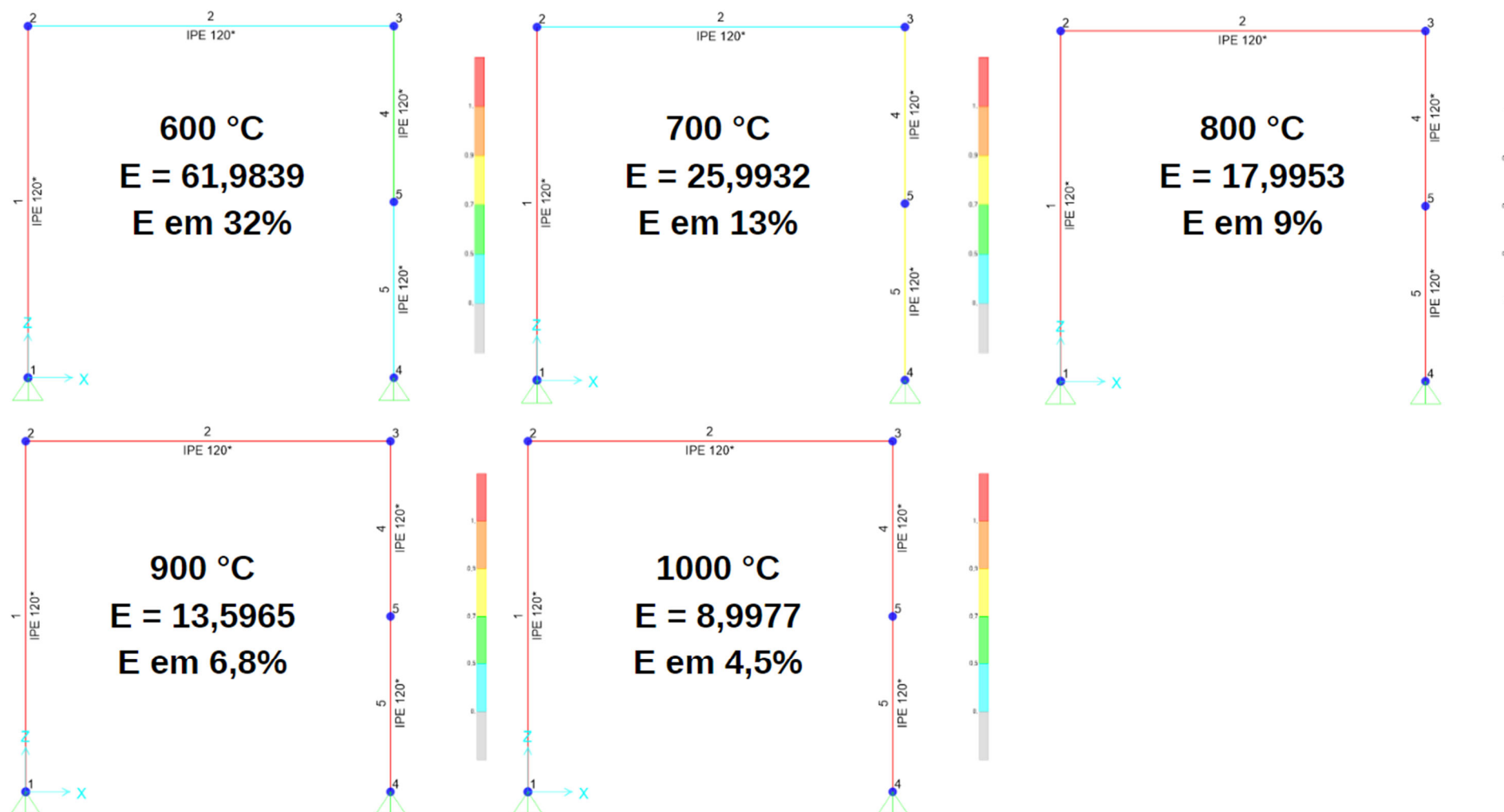
Agora a análise será feita do pórtico EGR1, e os resultados detalhados desse pórtico se encontra no apêndice C, as Figura 58 e 59 mostram os resultados visuais pelo design de estruturas de aço do SAP.

Figura 58 – Pórtico EGR1 submetido a carga térmica e analisado pelo design da estrutura de aço, temperaturas de 22° a 500°C.



Fonte: Autor

Figura 59 – Pórtico EHR3 submetido a carga térmica e analisado pelo design da estrutura de aço, temperaturas de 600° a 1000°C.

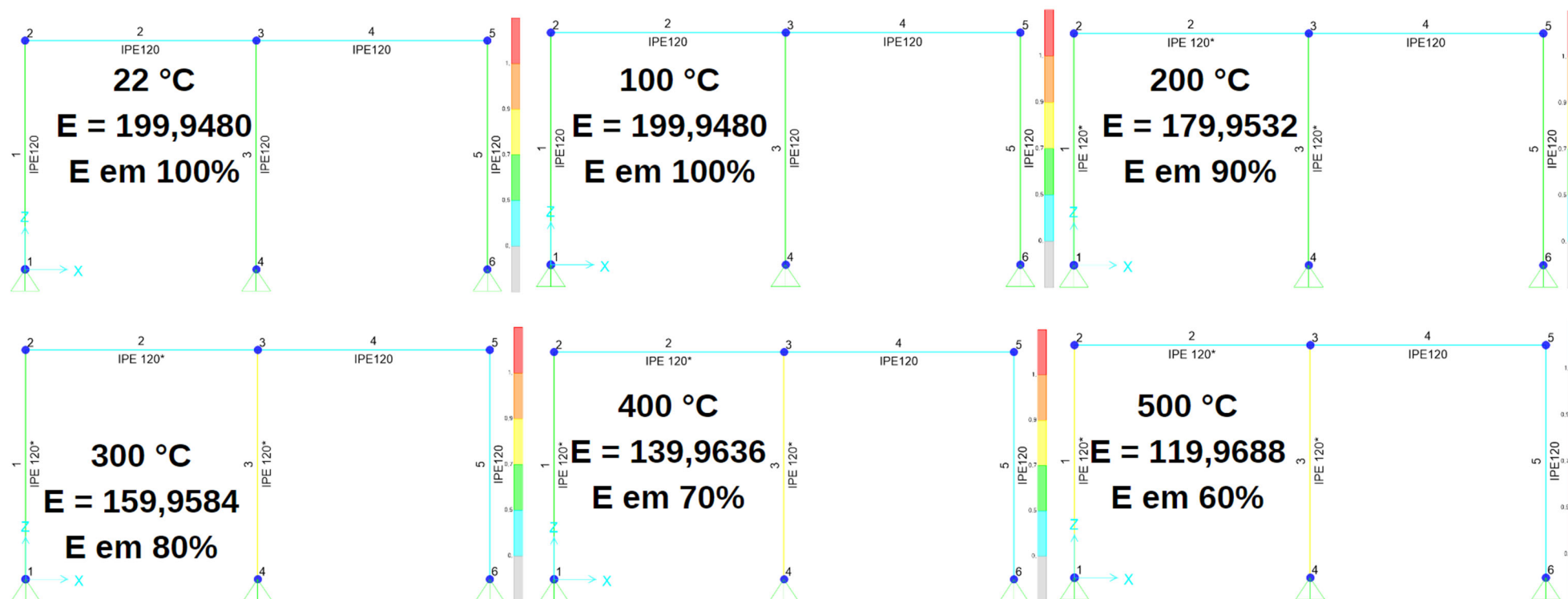


Fonte: Autor

Como podemos observar esse pórtico já foi construído com um pouca mais de folga em relação a sua capacidade resistente, e pode suportar até uma temperatura de 500°C, mas em 600 °C devido à queda brusca do módulo de elasticidade, já não se pode garantir a segurança do pórtico. As Barras 2, 4 e 5 demoram para atingirem o valor de 100% da relação D/C.

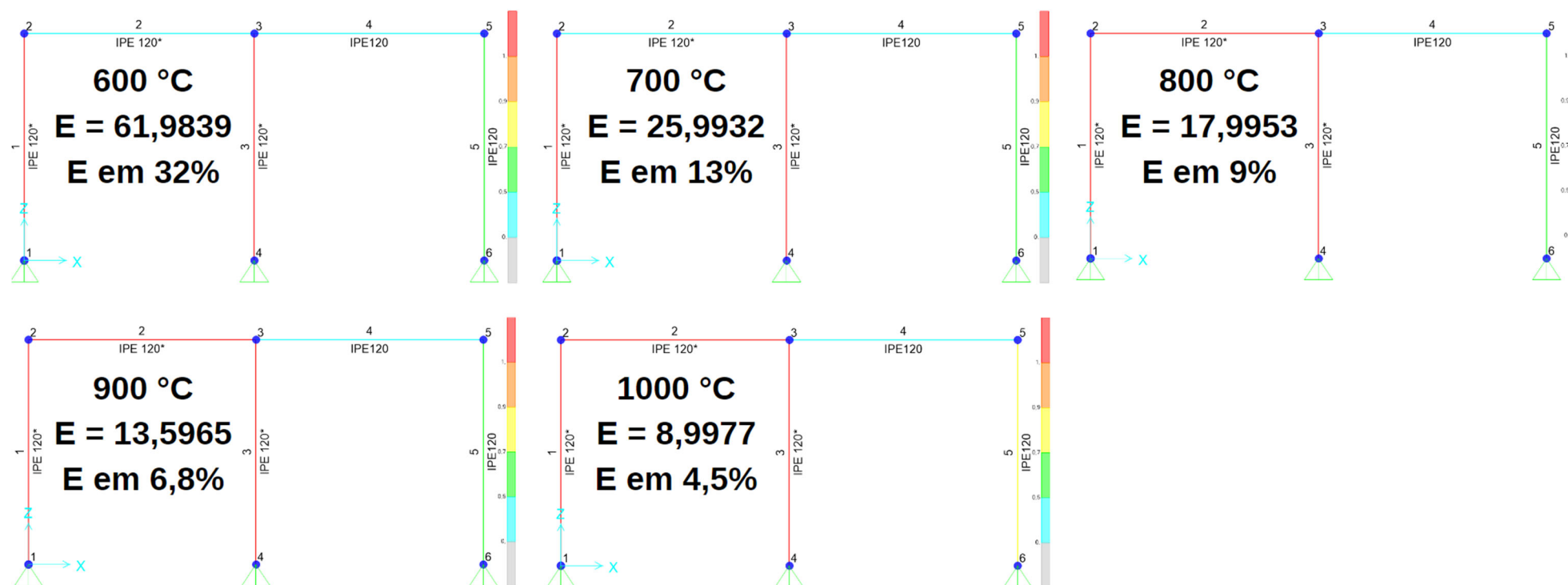
Agora a análise será feita do pórtico ZSR1, e os resultados detalhados desse pórtico se encontra no apêndice D, as Figuras 60 e 61 mostram o resultado visuais da análise feito pelo design de estruturas de aço do SAP.

Figura 60 – Pórtico ZSR1 submetido a carga térmica e analisado pelo design da estrutura de aço, temperaturas de 22° a 500°C.



Fonte: Autor

Figura 61 – Pórtico EGR1 submetido a carga térmica e analisado pelo design da estrutura de aço, temperaturas de 600° a 1000°C.



Fonte: Autor

O pórtico ZSR1 resiste até a temperatura de 500 °C como o pórtico anterior, porém por só ter as barras 1, 2 e 3 submetidas a carga de incêndio, somente essas barras ultrapassam o limite D/C até a temperatura de 1000 °C, as demais barras 4 e 5, aumentam a quantidade de carga suportada devido ao deslocamento das cargas das barras em incêndio resistir menos e as demais assumirem esse suporte, podemos perceber isso devido a mudança na coloração o que mostra o aumento da relação D/C nessas barras.

3.3.5 Reações de apoio dos pórticos sob situação de incêndio.

As Tabelas 8, 9 e 10, a seguir mostram o monitoramento das reações de apoio dos pórticos para cada situação de incêndio, o REF, valor de referência, são as reações desconsiderando as cargas térmicas e as combinações de projeto, essas cargas de referência são as mesmas que são encontradas nos cálculos manuais que desconsideram os coeficientes de segurança.

Tabela 8 – Reações de apoio para o pórtico para EHR3

Temperatura °C	Reações nó 1 (kN)		Reações nó 3 (kN)		Soma das reações (kN)
	X	Z	X	Z	
REF	2,64	128,90	-2,64	11,51	145,69
22	4,52	205,86	-4,52	18,14	224,00
100	6,09	207,35	-6,09	16,65	224,00
200	7,71	208,87	-7,71	15,13	224,00
300	8,75	209,85	-8,75	14,15	224,00
400	9,52	210,59	-9,52	13,42	224,00
500	9,91	210,95	-9,91	13,05	224,00
600	7,69	208,86	-7,69	15,14	224,00
700	5,86	207,12	-5,86	16,88	224,00
800	5,48	206,77	-5,48	17,23	224,00
900	5,27	206,57	-5,27	17,43	224,00
1000	4,95	206,27	-4,95	17,73	224,00

Fonte: Autor

Na Tabela 8, podemos observar que existe uma oscilação das reações em cada nó, acréscimo em uns e redução proporcional em outros, o motivo disso acontecer está relacionada a perda de capacidade resistente, em que as barras aumentam a sua temperatura e seu módulo de elasticidade cai, a relação D/C pode aumentar mais em uma barra do que em outra, a depender da quantidade de carga que essa barra já estão suportando, porém a medida que existe alteração da temperatura outras barras também passam a perder a sua capacidade resistente, juntando com o fato das barras sofrerem expansão volumétrica, essas situações geram acúmulos de tensões em algumas barras e como o comportamento é gradual, é normal que esses acúmulos sejam transmitido entre as barras, provocando alteração nas cargas das reações.

Como podemos observar nas somas das reações nos casos carregados com temperatura e considerando os fatores de segurança, não existe acréscimo ou diminuição das cargas de reação, apenas um deslocamento gerado pelos acúmulos de tensões, hora em um nó de reação, hora em outro.

A Tabela 9 mostra as reações de apoio para o pórtico EGR1.

Tabela 9– Reações de apoio para o pórtico para EGR1

Temperatura °C	Reações nó 3 (kN)		Reações nó 5 (kN)		Soma das reações (kN)
	X	Z	X	Z	
REF	-1,25	62,6	-1,25	67,4	130,00
22	-1,91	100,16	-2,10	107,84	204,00
100	-1,57	100,16	-2,43	107,84	204,00
200	-1,24	100,16	-2,77	107,84	204,00
300	-1,02	100,16	-2,98	107,84	204,00
400	-0,86	100,16	-3,15	107,84	204,00
500	-0,77	100,16	-3,23	107,84	204,00
600	-1,24	100,16	-2,76	107,84	204,00
700	-1,63	100,16	-2,37	107,84	204,00
800	-1,70	100,16	-2,30	107,84	204,00
900	-1,75	100,16	-2,25	107,84	204,00
1000	-1,81	100,16	-2,19	107,84	204,00

Fonte: Autor

A Tabela 9, possui variações nas reações também, porém, somente nos esforços horizontais, como o pórtico é simétrico em relação ao eixo Z, e as cargas axiais aplicadas são iguais, mesmo com a variação volumétrica, o acúmulo de tensões nas reações verticais se matem iguais devido a todo o elemento está submetido as mesmas condições, tanto mecânicas como o modulo de elasticidade quanto geométricas, já as reações horizontais no eixo X, podemos observar as reações variando, provável fator seria a carga horizontal atuando na estrutura e o fato da alteração de volume do pórtico.

A Tabela 10 mostra as reações de apoio nos 3 nós do pórtico ZSR1.

Tabela 10– Reações de apoio para o pórtico para ZSR1

Temperatura °C	Reações nó 1 (kN)		Reações nó 3 (kN)		Reações nó 3 (kN)		Soma das reações (kN)
	X	Z	X	Z	X	Z	
REF	-0,81	72,63	-1,17	73,99	-0,82	75,38	146,62
22	-1,32	115,91	-1,99	118,82	-1,22	120,52	350,72
100	-1,38	114,88	-2,21	121,03	-0,89	119,29	350,72
200	-1,39	114,00	-2,41	122,81	-0,69	118,40	350,72
300	-1,43	113,20	-2,54	124,39	-0,52	117,61	350,72
400	-1,46	112,63	-2,59	125,54	-0,43	117,03	350,72
500	-1,48	112,30	-2,56	126,19	-0,45	116,71	350,72
600	-1,04	114,43	-1,79	121,93	-1,65	118,84	350,72

700	-0,41	116,81	-1,01	117,19	-3,07	121,21	350,72
800	-0,22	117,38	-0,77	116,03	-3,49	121,79	350,72
900	-0,11	117,73	-0,62	115,34	-3,76	122,13	350,72
1000	0,05	118,22	-0,43	114,36	-4,09	122,62	350,72

Fonte: Autor

Já as reações do pórtico ZSR1 que possui 3 apoios, estão na Tabela 10, onde podemos observar que também existe variações de reações de acordo a temperatura. Observando as Figuras 60 e 61 podemos ver que as barras 1, 2 e 3 se degradam muito rápido devido a estarem sofrendo ação da temperatura, como observamos a Tabela 10, um comportamento é o aumento das reações no nó 3, devido a esse nó de reação está situado em uma barra que não perdeu modulo de elasticidade, ele tende a resistir os esforços das barras que estão se deformando devido a degradação da elasticidade, à medida que essas barras passam a resistir menos, principalmente nas cargas verticais, lembrando que a as pequenas variações mesmo nas temperaturas mais baixas, ocorre devido aos acúmulos de tensões devido à expansão volumetria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das análises realizadas foram obtidos diversos dados que serão discutidos. Dentre os dados, podemos focar nos deslocamentos verticais e horizontais monitorados de alguns nós, além da perda de capacidade de carga em situação de incêndio com carregamento nos pórticos além das variações de cargas de reações em cada pórtico.

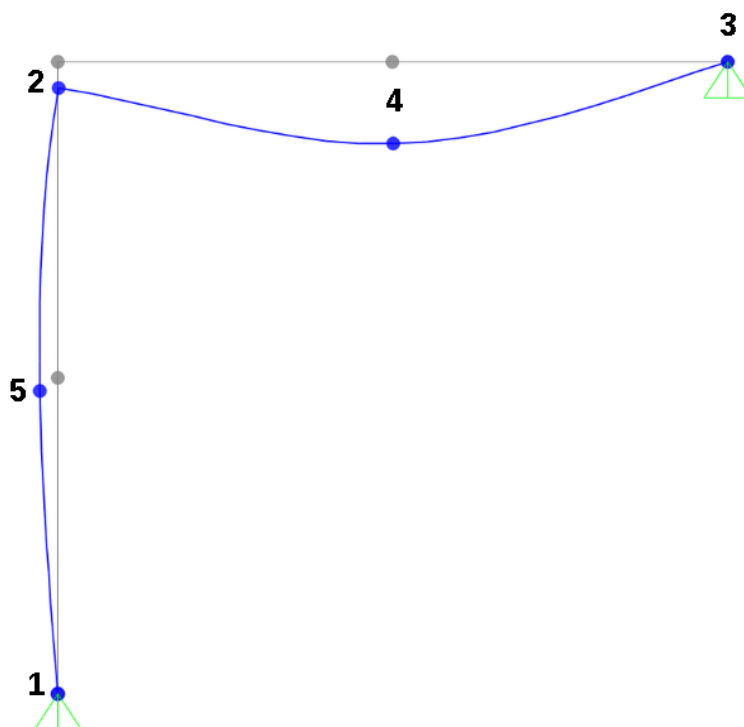
4.1 DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS E VERTICAIS

Nesta seção vamos apresentar os deslocamentos máximos obtidos para cada pórticos. Os deslocamentos dos nós ocorrem devido a ao carregamento do pórtico e tendem a crescer à medida que o módulo de elasticidade cai, isso ocorre pois o material fica mais moldável.

4.1.1 Deslocamentos máximos do pórtico EHR3

Os deslocamentos do pórtico EHR3 foram monitorados e apresentados nesse tópico, na Figura 62 vemos um modelo deformado, gerado pelo SAP.

Figura 62 – Pórtico EHR3 na forma deformada, exemplificação visual pelo SAP2000



Fonte: Autor

Para o pórtico EHR3 os deslocamentos máximos permitidos são:

Pela NBR 8800 as Equação 32 e 33:

$$\delta_h = 3,90 \text{ mm} \quad (32.a)$$

$$\delta_v = 3,59 \text{ mm} \quad (33.a)$$

Pela AISC 360-16 as Equação 34 e 35:

$$\delta_h = 3,90 \text{ mm} \quad (34.a)$$

$$\delta_v = 3,44 \text{ mm} \quad (35.a)$$

Tabela 11 – Deslocamentos monitorados no pórtico EHR3 no nó 5 em relação ao aumento de temperatura, deslocamento horizontal.

EHR3 °C	Deslocamento (mm)	Atende a:	
		NBR 8800	AISC 360
22	1,13	✓	✓
100	2,34	✓	✓
200	3,98	X	X
300	5,68	X	X
400	7,38	X	X
500	9,13	X	X
600	11,96	X	X
700	17,18	X	X
800	21,53	X	X
900	26,03	X	X
1000	33,75	X	X

Fonte: Autor

Conforme observador na Tabela 11, o deslocamento está conforme para até 100 °C, isso é devido a diversos fatores como por exemplo módulo de elasticidade 100% e expansão térmica para essa temperatura, porém ao atingir 200 °C vemos que o deslocamento já não atende o estado limite de serviço.

Tabela 12 – Deslocamentos monitorados no pórtico EHR3 no nó 4 em relação ao aumento de temperatura, deslocamento vertical.

EHR3 °C	Deslocamento (mm)	Atende a:	
		NBR 8800	AISC 360
22	2,83	✓	✓
100	1,63	✓	✓
200	0,47	✓	✓
300	0,50	✓	✓
400	1,45	✓	✓
500	2,21	✓	✓
600	1,38	✓	✓
700	14,50	X	X
800	24,20	X	X
900	34,47	X	X
1000	57,61	X	X

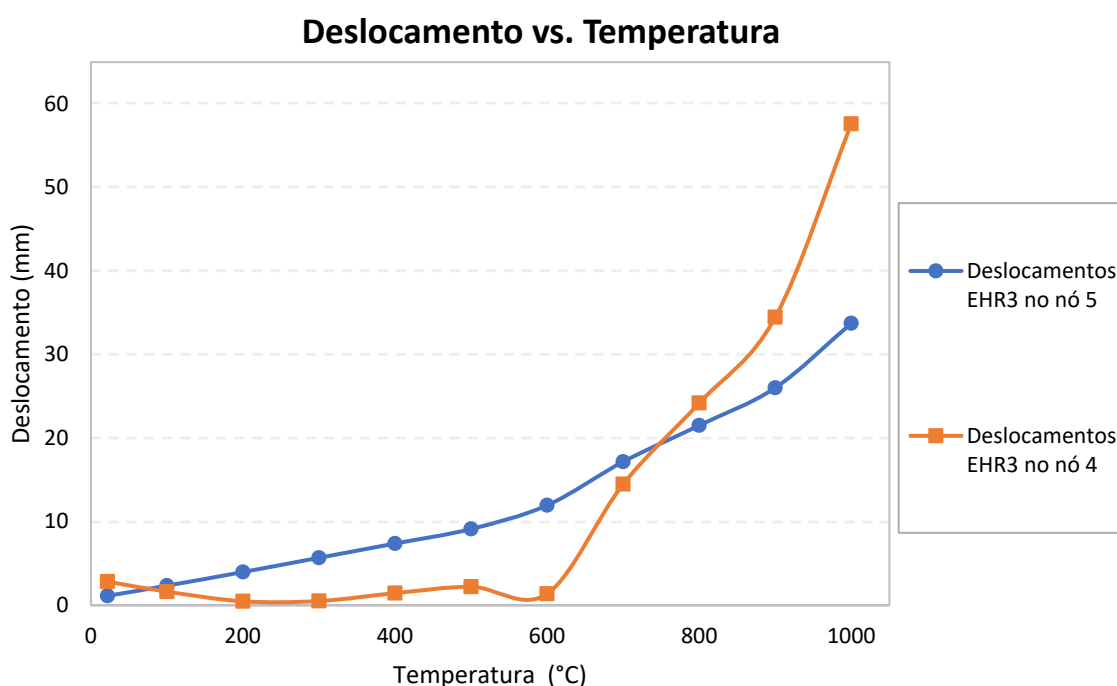
Fonte: Autor

Na Tabela 12, temos o deslocamento do nó 4, que se trata de uma viga, logo seu deslocamento monitorado foi o vertical, o que se pode observar é que o deslocamento decresce de 22 °C até 200 °C e volta cresce de 200 °C até 500 °C, porém o valor só irá deixar de ser

aceito pelas normas na casa do 700°C, todavia como observados nas análises do design de estruturas de aço a 200 °C um trecho do pilar já ultrapassa a demanda suportada, não sendo considerado seguro.

A Figura 63 mostra o deslocamento dos dois pontos pertencentes ao pórtico EHR3 referente ao acréscimo das temperaturas, podemos afirmar que a em relação a essas temperaturas, o que se observa é que o deslocamento do nó 5 aumenta gradativamente, a do nó 4 começa a ter um crescimento alto após atingir a temperatura de 600 °C.

Figura 63 – Gráfico deslocamento vs. temperatura dos nós de interesse do pórtico EHR3 monitorados pelo SAP.



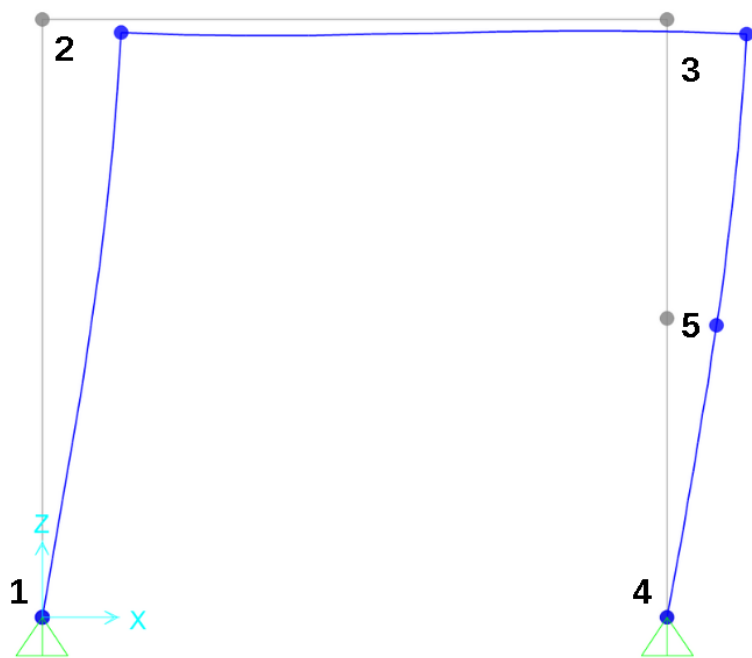
Fonte: Autor

Podemos observar um deslocamento crescente para o elemento vertical enquanto o elemento horizontal, mantém um comportamento uniforme, oscilando entre aumento e diminuição do deslocamento até os 600 °C onde passa a ter um alto crescimento do deslocamento.

4.1.2 Deslocamentos máximos do pórtico EGR1

A Figura 64 mostra o pórtico EGR1 no seu estado deformado, e nesse tópico iremos mostrar todas as deformações monitoradas para esse pórtico.

Figura 64 – Pórtico EGR1 na forma deformada, exemplificação visual pelo SAP2000



Fonte: Autor

Para o pórtico EGR1 os deslocamentos máximos permitidos são:

Pela NBR 8800 Equação 32:

$$\delta_h = 3,90 \text{ mm} \tag{32.b}$$

Pela AISC 360-16 Equação 34:

$$\delta_h = 3,90 \text{ mm} \tag{34.b}$$

Para o pórtico EGR1 os nós monitorados estão em um pilar onde seu deslocamento horizontal foi monitorado e apresentado nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13 – Deslocamentos monitorados no pórtico EGR1 no nó 3 em relação ao aumento de temperatura, deslocamento horizontal.

EGR1 °C	Deslocamento (mm)	Atende a:	
		NBR 8800	AISC360
22	3,49	✓	✓
100	4,38	X	X
200	5,88	X	X
300	7,93	X	X
400	9,37	X	X
500	11,31	X	X
600	17,69	X	X
700	33,86	X	X
800	46,50	X	X
900	59,73	X	X
1000	86,15	X	X

Fonte: Autor

Tabela 14 – Deslocamentos monitorados no pórtico EGR1 no nó 5 em relação ao aumento de temperatura, deslocamento horizontal.

EGR1 °C	Deslocamento (mm)	Atende a:	
		NBR 8800	AISC 360
22	2,16	✓	✓
100	2,67	✓	✓
200	3,55	✓	✓
300	4,57	X	X
400	5,60	X	X
500	6,75	X	X
600	10,67	X	X
700	20,66	X	X
800	28,46	X	X
900	36,63	X	X
1000	53,00	X	X

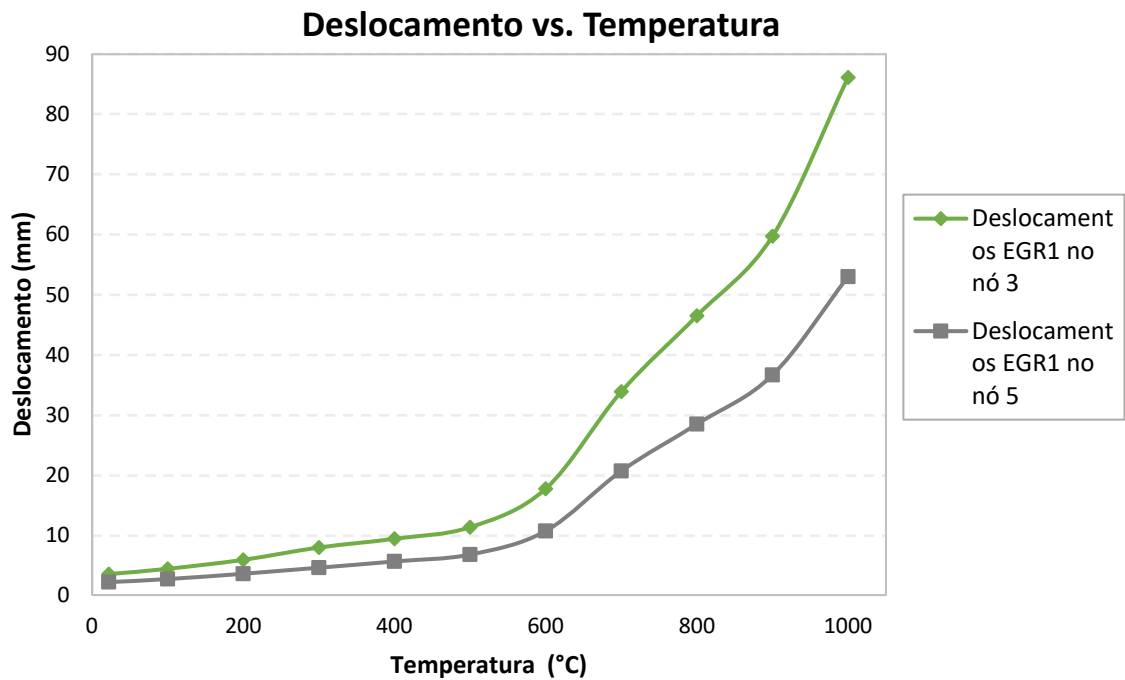
Fonte: Autor

Os valores de deslocamento do nó 3 ficam fora do valor máximo permitido pela NBR 8800 e AISC 360–16 na temperatura de 100 °C, como o módulo de elasticidade não muda para essa temperatura, podemos associar essa mudança, principalmente ao coeficiente de dilatação térmica, ou seja, ao ser projetado o engenheiro projetista não se atentou a um coeficiente de segurança para o estado limite de serviço para temperaturas altas, ou supôs que a para o estado limite de serviço, a edificação não chegaria a essa temperatura.

Os valores de deslocamento para o nó 5 somente para 300 °C ficou fora do valor máximo permitido, vale ressaltar também que o valor de deslocamento deve considerar o deslocamento do topo da barra até a base para o estado limite de serviço, esse caso compreende o nó 3, o monitoramento do nó 5 é estudo adicional do ponto no mesmo elemento.

Como pode ser observado na Figura 65 os valores do deslocamento são crescentes em relação a temperatura.

Figura 65 – Gráfico deslocamento vs. temperatura dos nós de interesse do pórtico EGR1 monitorados pelo SAP.



Fonte: Autor

Por se tratar de pontos diferentes do mesmo elemento vertical o comportamento do deslocamento em relação às temperaturas são parecidas, porém o elemento mais distante da base do elemento sofre menor deslocamento.

4.1.3 Deslocamentos máximos do pórtico ZSR1

Os deslocamentos monitorados do pórtico ZSR1 serão exibidos aqui, a Figura 66 mostra um modelo desse pórtico no seu estado deformado.

Figura 66– Pórtico ZSR1 na forma deformada, exemplificação visual pelo SAP2000

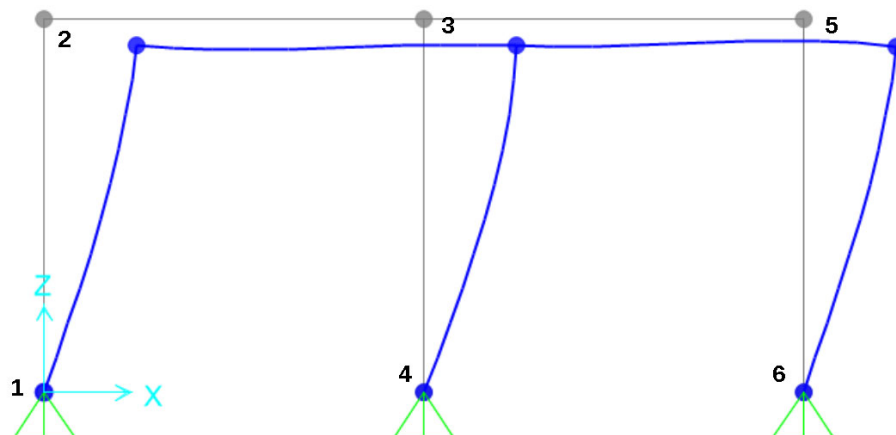


Figure Autor

Para o pórtico EGR1 os deslocamentos monitorados estão na Tabela 15 e os deslocamentos máximos permitidos são:

Pela NBR 8800 Equação 32:

$$\delta_h = 3,93 \text{ mm} \quad (32.c)$$

Pela AISC 360-16 Equação 34:

$$\delta_h = 3,93 \text{ mm} \quad (34.c)$$

Tabela 15 – Deslocamentos ZSR1 no nó 2

ZSR1 °C	Deslocamento (mm)	Atende a:	
		NBR 8800	AISC 360
22	2,21	✓	✓
100	1,81	✓	✓
200	1,57	✓	✓
300	1,35	✓	✓
400	1,22	✓	✓
500	1,20	✓	✓
600	2,19	✓	✓
700	1,78	✓	✓
800	4,76	X	X
900	9,89	X	X
1000	6,94	X	X

Fonte: Autor

Tabela 16 – Deslocamentos ZSR1 no nó 3

ZSR1 °C	Deslocamento (mm)	Atende a:	
		NBR 8800	AISC 360
22	2,13	✓	✓
100	4,07	X	X
200	6,07	X	X
300	8,10	X	X
400	10,22	X	X
500	12,45	X	X
600	15,69	X	X
700	17,52	X	X
800	18,33	X	X
900	18,73	X	X
1000	16,75	X	X

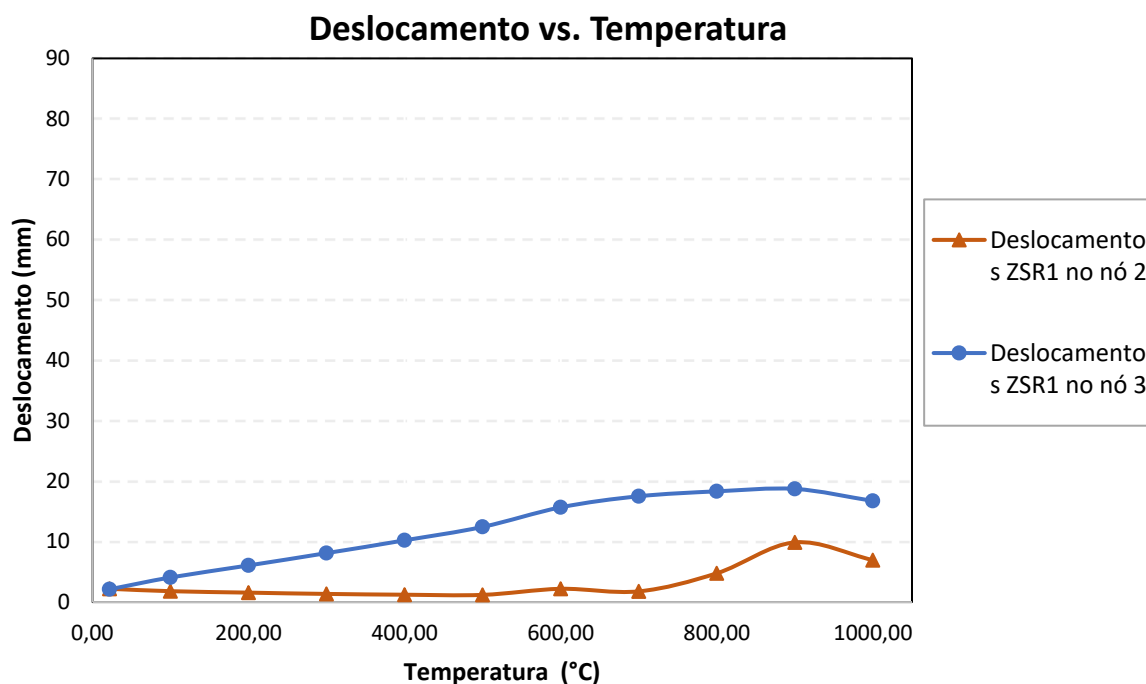
Fonte: Autor

O pórtico ZSR1 tem os nós 2 e 3 com deslocamentos monitorados e apresentados nas Tabelas 15 e 16, e para esses pilares o deslocamento máximo permitido é:

Analisando o valor máximo permitido com os valores das tabelas percebemos que os valores do nó 2 estão dentro do permitido até 700 °C, no nó 2 somente o valor para 22°C está dentro do deslocamento permitido pelas normas.

Com os deslocamentos calculados pelo software mostrando a combinação de carga que gera mais esforços na estrutura, vamos agora ver as reações de cada pórtico em relação a carga de temperatura lançada na Figura 67.

Figura 67 – Gráfico deslocamento vs. temperatura dos nós de interesse do pórtico ZSR1 monitorados pelo SAP.



Fonte: Autor

Analisando o comportamento do deslocamento, dos nós de interesse do pórtico ZSR1 percebemos que o nó 2 tem um deslocamento menor em relação ao nó 3, e que ele tem um comportamento diferente dos demais gráficos, o principal motivo é a barra 4 e 5 que estão resistindo as tensões por não estarem sofrendo ações de incêndio.

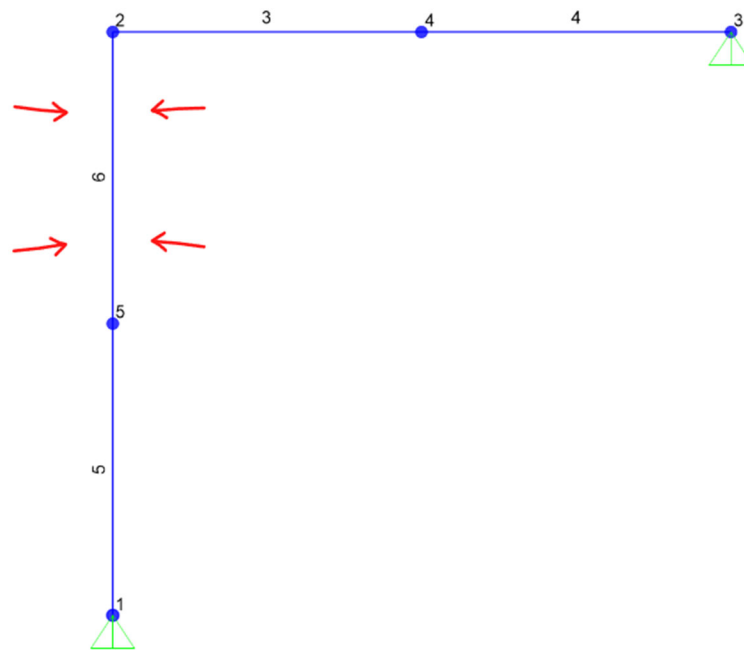
4.2 PERDA DA CAPACIDADE DEVIDO A TEMPERATURA

Agora iremos abordar a perda da capacidade de resistência de carga das barras devido a degradação do seu modulo de elasticidade ocasionado pelo aumento da temperatura.

4.2.1 Relação (D/C) vs. temperatura pórtico EHR3

A barra 6 do pórtico EHR3 foi escolhida, Figura 68, para ser monitorada pois foi a que apresentou a maior relação D/C para uma mesma temperatura, sendo a que suportava mais carga, foi a que tecnicamente se romperia primeiro em uma situação de sobrecarga, podemos ver a sua degradação na Figura 69 .

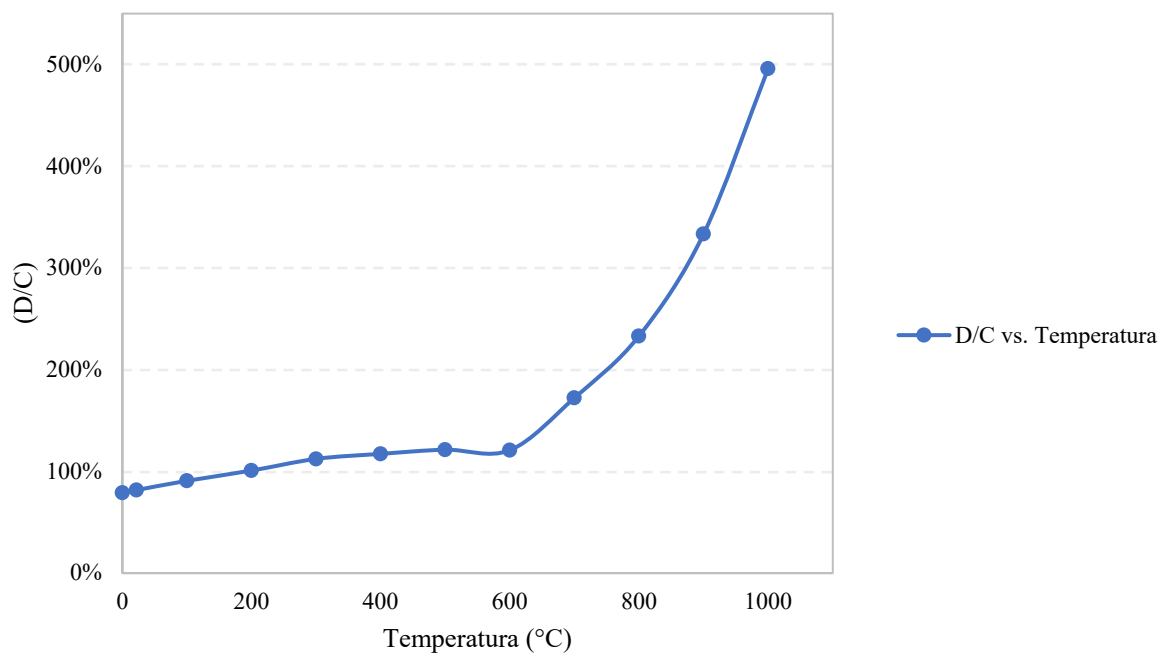
Figura 68 - Barra 3 do EHR1 que apresentou relação Demanda/Capacidade.



Fonte: Autor

Figura 69 – Gráfico Demanda/Capacidade (D/C) em relação a temperatura da barra 6 do pórtico EHR3

D/C (Barra 6) vs. Temperatura



Fonte: Autor

Como observado, temos a superação da capacidade resistente entre as temperaturas 100 °C e 200 °C, isso também é devido a temperatura de 200 °C já possuímos uma degradação inicial do módulo de elasticidade. Porém é difícil dizer que a estrutura colapsaria nessa ocasião

devido aos fatores de segurança impostos na estrutura, mas é correto afirmar que a segurança não poderia ser garantida nessa situação. Como o software nos acusou de ser a temperatura crítica para esse pórtico, utilizaremos o fator de redução proposto por Martines (1997) para as temperaturas de 100 °C, 200 °C e 300°C (Tabela 17) para o design do SAP e comparar com a NBR 14323.

Tabela 17 – Degradação do IPE 120 por Martines (1997)

Temperatura (°C)	Módulo elasticidade corrigido E_{θ} (kN/mm²)	% em relação a E inicial
100	195,7787	97,91
200	188,2191	94,13
300	176,8643	88,46

Fonte: Autor

Após a análise os resultados estão apresentados e comparados na Tabela 18, as análises estão no apêndice E.

Tabela 18 – comparação entre D/C vs. temperatura do pórtico EHR3, relação a (MARTINES, 1997) e NBR14323

Temperatura (°C)	D/C com E_{θ} por Martines	Valor de Ref. Pela NBR 14323
100	93,0%	90,7%
200	103,9%	100,8%
300	113,3%	112,2%

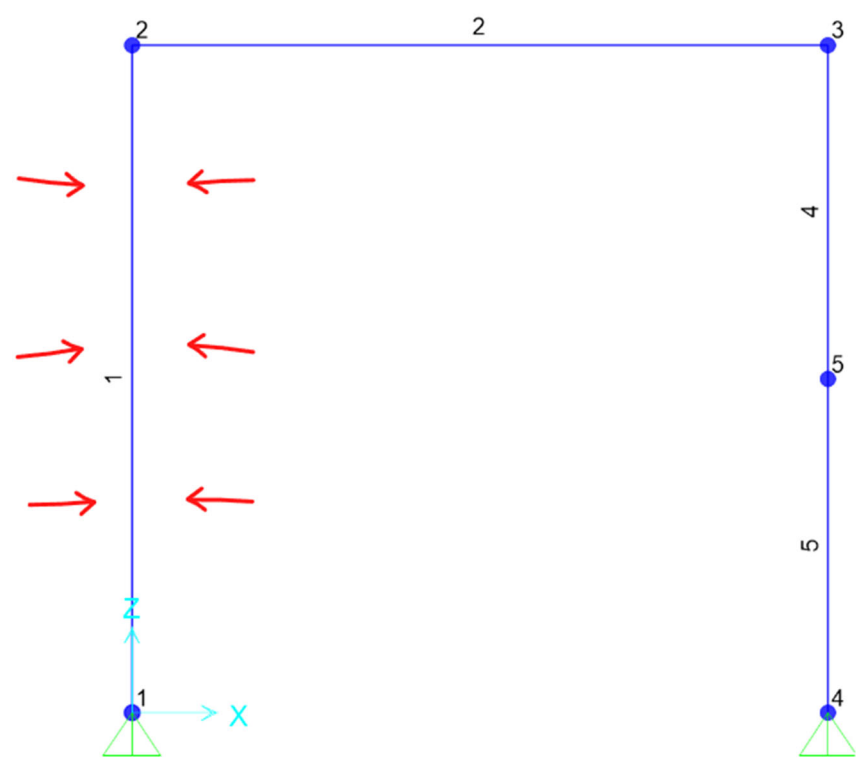
Fonte: Autor

Apesar do esperado é ser a D/C ser menor devido ao módulo de elasticidade ser maior, observamos o oposto, apesar de ser um fator decisivo, a diferença entre as literaturas resulta em resultados distintos, porém muitos próximos uns aos outros.

4.2.2 Relação (D/C) vs. temperatura pórtico EGR1

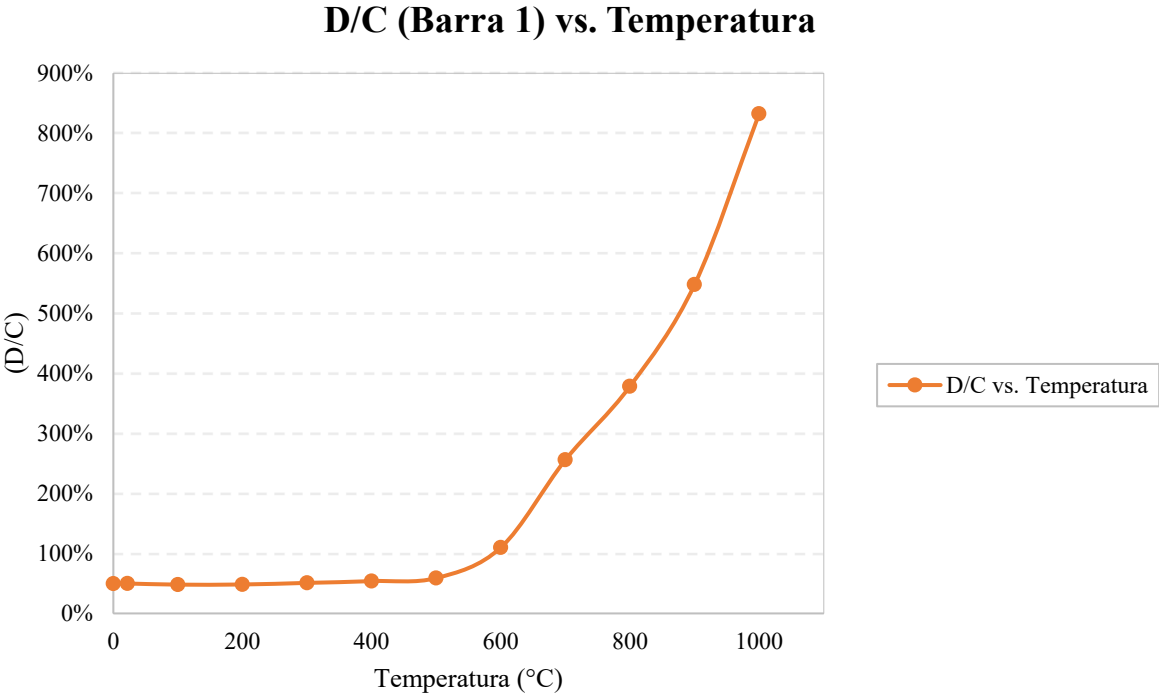
Os resultados do design de estruturas de aço geradas pelo SAP e descobrir quais elementos das estruturas estão com maior uso, no caso do pórtico EGR1 o resultado foi a barra 1 com maior demanda por capacidade, logo ela foi a primeira a apresentar estado crítico ao aumento da temperatura, a Figura 70 mostra a barra que mais aumentou a relação D/C vs. Temperatura, e a Figura 71 mostra o gráfico de aumento dessa relação.

Figura 70 – Barra 3 do EGR1 que apresentou relação Demanda/Capacidade.



Fonte: Autor

Figura 71 – Gráfico Demanda/Capacidade (D/C) em relação a temperatura da barra 1 do pórtico EGR1



Fonte: Autor

Pelo mesmo critério a barra 1 do EGR1 foi escolhida, porém apenas na análise visual não é possível observar os valores exatos, que se encontram no apêndice C, podemos observar que esse pórtico, com relação a capacidade, tem uma boa resistência até a temperatura de 500°C, vindo a exceder a relação D/C entre as temperaturas de 500 °C a 600 °C.

Ao analisarmos o Figura 71 vemos que a temperatura aonde a barra 1 atinge a sua capacidade máxima fica em torno dos 600 °C, por isso vamos analisar com os dados de Martines (1997) para as temperaturas de 500 °C, 600 °C e 700 °C (Tabela 19).

Tabela 19 – Degradação do IPE 120 por Martines (1997)

Temperatura (°C)	Módulo elasticidade corrigido E_{θ} (kN/mm²)	% em relação a E inicial
500	136,5495	68,29
600	100,9860	50,51
700	45,1159	22,56

Fonte: Autor

Após a análise os resultados estão apresentados e comparados Tabela 20, as análises estão no apêndice E.

Tabela 20 – comparação entre D/C vs. temperatura do pórtico EGR1, relação a Martines (1997) e NBR14323

Temperatura (°C)	D/C com E_{θ} por Martines	Valor de Ref. Pela NBR 14323
500	53,2%	59,1%
600	67,6%	110,0%
700	149,4%	256,0%

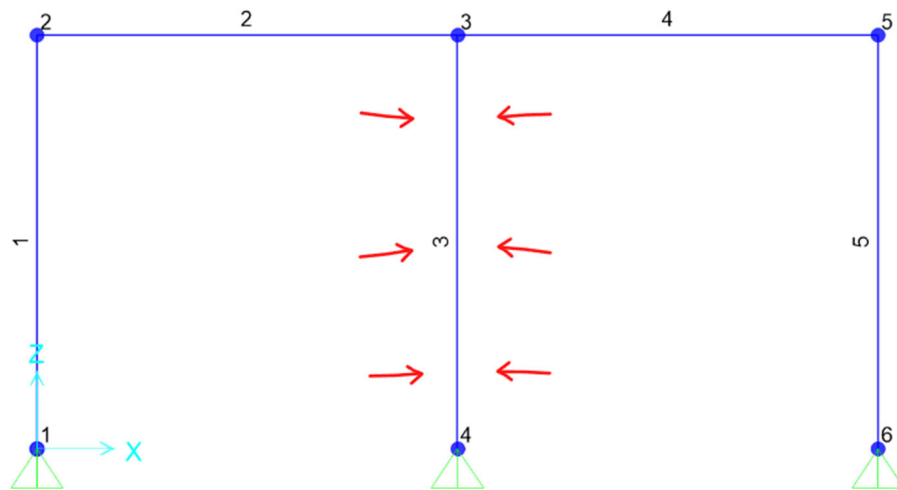
Fonte: Autor

O módulo de elasticidade proposto por Martines (1997) reduziu a o fator demanda por capacidade (D/C) crítico na situação de 600 °C pela NBR 14323, para uma um valor aceito pelo software de design, além de reduzir todos os outros valores como podemos observar na Tabela 20.

4.2.3 Relação (D/C) vs. temperatura pórtico ZSR1

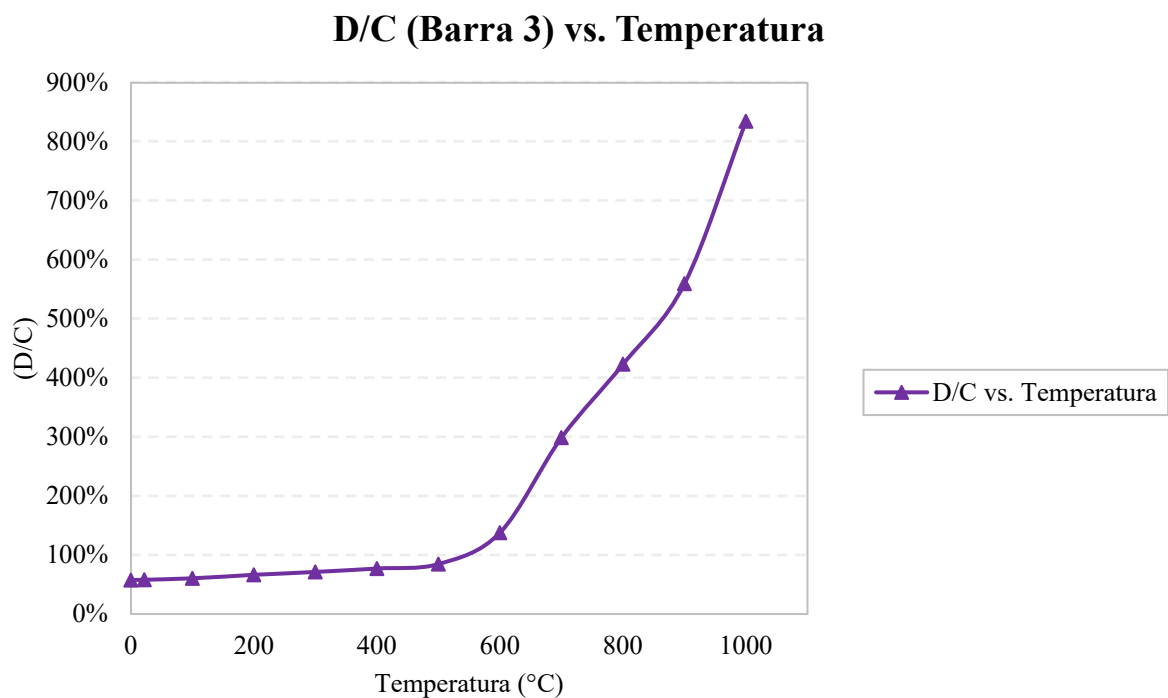
Com os resultados do design de estruturas de aço geradas pelo SAP e descobrimos quais elementos das estruturas estão com maior uso, foi o caso da barra 3 mostrada na Figura 72, que apresentou maior demanda por capacidade, a Figura 73 mostra o aumento da relação D/C vs. Temperatura dessa barra.

Figura 72 – Barra 3 apresentou relação Demanda/Capacidade, logo foi a primeira a ultrapassar essa relação com o aumento da carga de temperatura, por esse motivo foi a escolhida para ser monitorada.



Fonte: Autor

Figura 73 – Gráfico Demanda/Capacidade (D/C) em relação a temperatura da barra 3 do pórtico ZSR1



Fonte: Autor

O comportamento da barra 3 de maior demanda do pórtico ZSR1 tem o comportamento semelhante ao da Figura 71, podemos observar que a barra 3 supera D/C 100% entre 500 °C a 600 °C.

Devido a essa ser considerada a temperatura crítica, vamos fazer a comparação com o módulo de elasticidade proposto Martines (1997) para as temperaturas de 500 °C, 600 °C e 700 °C. Por se tratar da mesma temperatura utilizadas no pórtico EHR1, vamos utilizar os mesmos

valores da Tabela 19 para o módulo de elasticidade. Os resultados das análises estão no apêndice G.

A Tabela 21 mostra os valores da comparação de Martines (1997) e a NBR 14323.

Tabela 21 – comparação entre D/C vs. temperatura do pórtico ZSR1, relação a Martines (1997) e NBR14323

Temperatura (°C)	D/C com E_{θ} por Martines	Valor de Ref. Pela NBR 14323
500	80,0%	84,6%
600	92,2%	137,7%
700	182,1%	298,6%

Fonte: Autor

Assim como no pórtico anterior, a temperatura de 600 °C passou na verificação de temperatura utilizando a equação de Martines (1997), e se percebeu uma grande redução nas temperaturas de 600 °C e 700 °C embora a de 500 °C esteja com valores muito próximos aos obtidos com o uso da NBR 14323.

4.3 DETERMINAÇÃO DE PERFIS QUE SUPOREM A TEMPERATURA DE 700°C

Agora que encontramos pontos críticos nos pórticos, vamos determinar os perfis que suportariam altas temperaturas nos pórticos de estudos, para isso, utilizaremos uma ferramenta do SAP, onde vamos selecionar uma lista com diversos perfis metálicos, a lista escolhida foi os pórticos comercializados no Brasil e disponível comercialmente pela tabela da Gerdau, disponível do site da empresa, escolhidos somente os compactos, como os perfis usam a ASTM como base, eles são iguais, em sua maioria, com os comercializados nos EUA, para isso iremos escolher eles na lista do software mais adiante, o tipo do aço será o mesmo usado no IPE 120, o A982Fy50.

A lista dos perfis compactos comercializados pela Gerdau são os listados na Tabela 22:

Tabela 22 – Perfis compactos comercializados no Brasil pela Gerdau.

Bitola (mm x kg/m)	Mesa λ	Alma λ	Bitola (mm x kg/m)	Mesa λ	Alma λ	Bitola (mm x Kg/m)	Mesa λ	Alma λ
W 150 x 18,0	7,18	20,48	W 310 x 21,0	8,86	53,25	W 410 x 60,0	6,95	46,42
W 150 x 24,0	4,95	17,48	W 310 x 23,8	7,54	48,50	W 410 x 67,0	6,22	40,59
W 150 x 29,8 (H)	8,23	17,94	W 310 x 28,3	5,73	45,20	W 410 x 75,0	5,63	36,80
W 150 x 37,1 (H)	6,64	14,67	W 310 x 32,7	4,72	41,12	W 410 x 85,0	4,97	32,72
W 200 x 19,3	7,85	29,31	W 310 x 38,7	8,51	46,66	W 460 x 52,0	7,04	53,21
W 200 x 22,5	6,38	27,42	W 310 x 44,5	7,41	41,00	W 460 x 60,0	5,75	50,55
W 200 x 26,6	7,92	29,34	W 310 x 52,0	6,33	35,61	W 460 x 68,0	5,00	44,42
W 200 x 31,3	6,57	26,50	W 310 x 107 (H)	9,00	22,48	W 460 x 74,0	6,55	44,89
W 200 x 35,9 (H)	8,09	25,90	W 310 x 117 (H)	8,21	20,55	W 460 x 82,0	5,97	40,81
W 200 x 41,7 (H)	7,03	21,86	W 360 x 32,9	7,47	53,10	W 460 x 89,0	5,42	38,44
W 200 x 52,0 (H)	8,10	19,85	W 360 x 39,0	5,98	47,32	W 460 x 97,0	5,08	35,44

W 200 x 59,0 (H)	7,22	17,32	W 360 x 44,0	8,72	44,70	W 460 x 106,0	4,71	32,05
W 200 x 71,0 (H)	5,92	15,80	W 310 x 21,0	8,86	53,25	W 530 x 66,0	7,24	53,73
W 200 x 86,0 (H)	5,07	12,06	W 310 x 23,8	7,54	48,50	W 530 x 74,0	6,10	49,26
W 250 x 22,3	7,39	37,97	W 310 x 28,3	5,73	45,20	W 530 x 82,0	7,86	50,25
W 250 x 25,3	6,07	36,10	W 360 x 51,0	7,37	42,75	W 530 x 85,0	5,03	46,41
W 250 x 28,4	5,10	34,38	W 360 x 57,8	6,56	38,96	W 530 x 92,0	6,70	46,84
W 250 x 32,7	8,02	36,03	W 360 x 64,0	7,52	37,40	W 530 x 101,0	6,03	43,14
W 250 x 38,5	6,56	33,27	W 360 x 72,0	6,75	33,47	W 530 x 109,0	5,61	40,47
W 250 x 44,8	5,69	28,95	W 360 x 79,0	6,10	30,68	W 610 x 101,0	7,65	51,54
W 250 x 73,0 (H)	8,94	23,33	W 360 x 91,0 (H)	7,74	30,34	W 610 x 113,0	6,59	48,34
W 250 x 80,0 (H)	8,17	21,36	W 360 x 101 (H)	6,97	27,28	W 610 x 125,0	5,84	45,45
W 250 x 89,0 (H)	7,40	18,82	W 360 x 110 (H)	6,43	25,28	W 610 x 140,0	5,18	41,27
W 250 x 101 (H)	6,56	16,87	W 360 x 122 (H)	5,92	22,12	W 610 x 155,0	8,53	42,60
W 250 x 115 (H)	5,86	14,87	W 410 x 38,8	7,95	55,84	W 610 x 174,0	7,52	38,63

Fonte: Gerdau.

O procedimento para acessar a função:

Define → Section Properties → Frame Sections → Import New Frame → I / Wide Flange → selecionar “AISC13m.pro”, selecionar todos os perfis, em material, colocar 700C para o modulo de elasticidade a 700 °C pela NBR14323, após → Add New Property → Auto Select List → selecionar todos os pórticos importados → ok → ok.

Agora vamos atribuir a lista ao nosso pórtico.

Assign → Frame Sections → Auto1 (ou outro nome atribuído a lista) → ok

Após, vamos realizar a análise da mesma forma, para a temperatura 700 °C e fazer o design de estruturas de aço, todos os resultados de análise dessa seção de todos os pórticos se encontram no apêndice H.

O design sugerido pelo SAP para a temperatura de 700°C para o pórtico EHR3 ficou da seguinte forma, Figura 74:

Figura 74 – Design sugerido pelo SAP para o pórtico EHR3 para suportar uma carga de temperatura de 700 °C sem risco de colapso.

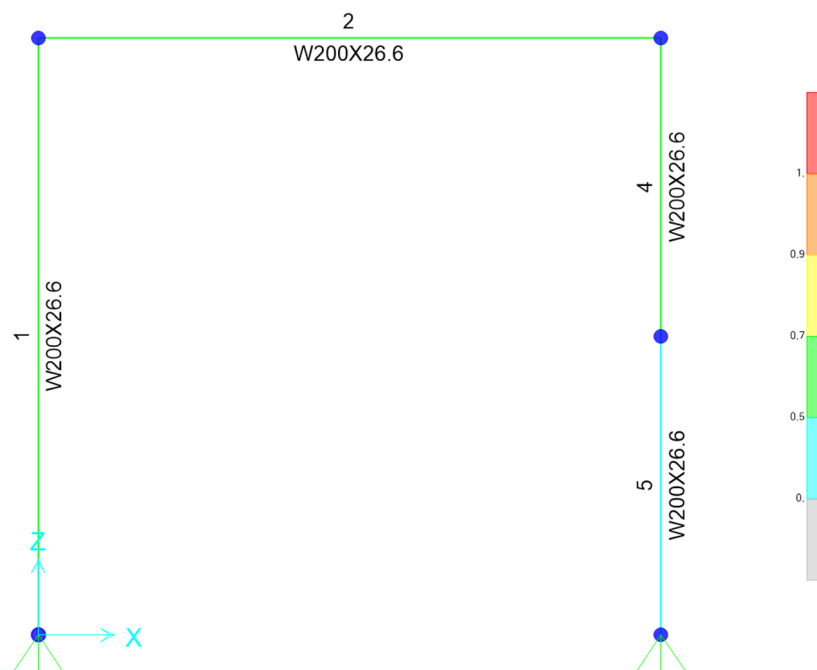


Fonte: Autor

Após a análise a barra que apresentou maior D/C foi a barra 6 que ficou em 94% de capacidade máxima.

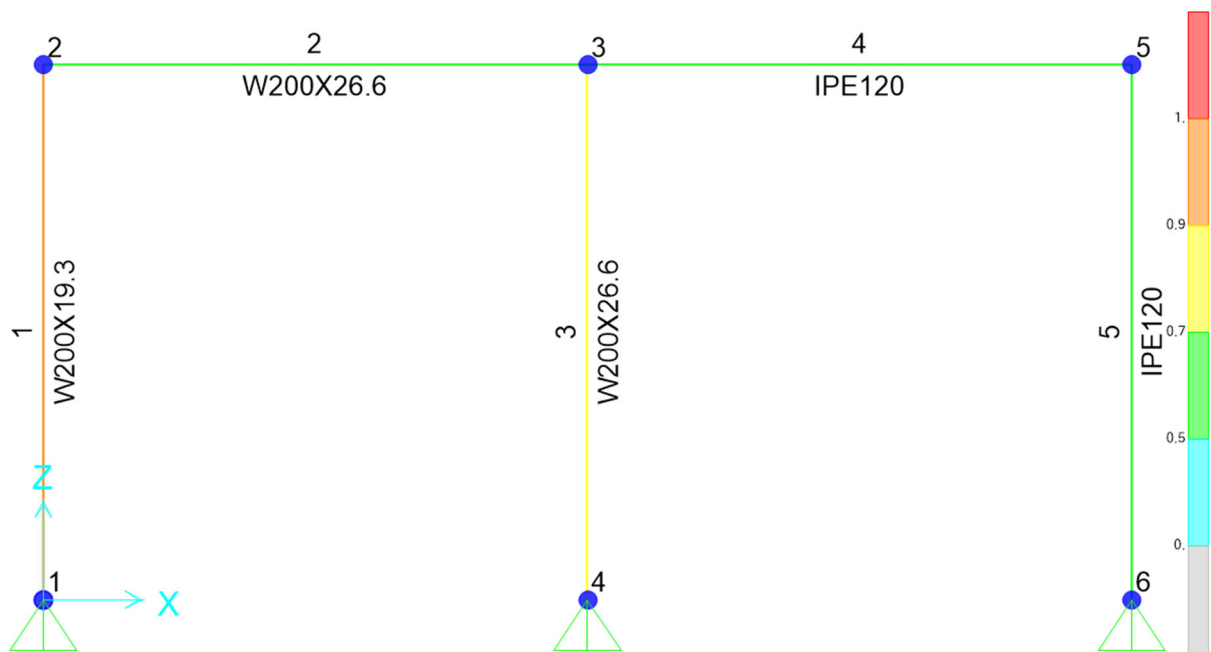
O design sugerido pelo SAP para a temperatura de 700°C para o pórtico EGR1 conforme a Figura 75:

Figura 75 – Design sugerido pelo SAP para o pórtico EGR1 para suportar uma carga de temperatura de 700 °C sem risco de colapso.



Após a análise a barra que apresentou maior D/C foi a barra 1 que ficou em 66,8% de capacidade máxima, isso mostra que mesmo em 700 °C a estrutura ainda estão suportando os esforços com folga.

Figura 76 – Design sugerido pelo SAP para o pórtico EGR1 para suportar uma carga de temperatura de 700 °C sem risco de colapso.



Após a análise a barra que apresentou maior D/C foi a barra 1 que ficou em 93,8% de capacidade máxima, uma folga de pouco mais de 6%, a segurança da estrutura está garantida até essa temperatura.

CONCLUSÕES

O presente trabalho conclui que:

O software SAP2000 mostrou-se ser uma excelente ferramenta para realizar análises e simulações, com as suas análises, observemos a degradação da capacidade de suporte de um perfil metálico, em relação ao aumento da temperatura, mas que essa perda de capacidade está também muito relacionada ao uso desse perfil. Projetos que foram criados, com barras perto do esgotamento de sua capacidade resistente, devido a uma grande demanda de projeto, estão bem mais suscetíveis ao colapso já em temperaturas relativamente baixas para um incêndio, foi o caso do pórtico EHR3, e quando eu trato de colapso, não é apenas sobre o rompimento do perfil, mas o fato dele poder entrar no regime plástico e perder cada vez mais resistência a medida que a temperatura aumenta, não tendo a sua segurança garantida, podendo comprometer toda a estrutura em uma temperatura na casa dos 200 °C, como mostrou a nossa análise no pórtico EHR3, por outro lado, os pórticos EGR1 e ZSR1 que foram criados com uma folga dos perfis quanto a demanda por capacidade, se mantiveram estáveis até uma temperatura por volta dos 500 °C considerando a degradação da elasticidade utilizada pela NBR 14323, se consideramos a proposta por Martines (1997), esse valor aumenta para os 600 °C, coisa que não aconteceu com o EHR3 em nenhuma literatura, sendo esse estudo um grande aviso para os engenheiros projetistas na hora de fazer seus projetos, em dimensionar com folgas para imprevistos, com o caso de um incêndio.

Outro aspecto importante observado durante as análises foi quanto ao deslocamento crescente, esse resultado é principalmente devido ao ataque do fogo ao módulo de elasticidade, até a dilatação térmica faz com seu volume aumente, gerando esses deslocamentos. O efeito das cargas proveniente do uso da estrutura juntamente com a carga térmica faz com que o deslocamento aumente, ou expandindo linearmente ou podendo fazer a peça flambar, obrigando outras barras que não estão sendo atacadas pelo fogo, passem a resistir os esforços das barras que estão sofrendo degradação do módulo de elasticidade, o pórtico ZSR1 foi o que apresentou essa situação de maneira mais visível, devido a ter uma parte conservada da ação da carga térmica, podemos perceber que as reações de apoio do nó que não se encontra em situação de incêndio, tem os valores de reações crescente a partir de uma determinada temperatura, isso é devido ao fato de estar sendo sobrecarregado com as cargas das reações vizinhas que estão recendo carga térmica. Já os pórticos EHR3 e EGR1 podemos observar que por todas as suas barras estarem sofrendo ação da carga térmica, as reações ficam oscilando entre crescente de

crescente, devido as barras mudarem a sua relação D/C constantemente, além do aumento das tensões internas e do volume pela dilatação térmica, já em temperaturas em torno dos 100 a 200 °C, o seu deslocamento já ultrapassa os valores do estado de limite de serviço tanto da AISC 360-16 quanto da NBR 8800, esse valor em uma situação de incêndio talvez não teria tanta relevância devido a própria situação que está acontecendo gerar pânico, e esse valor está relacionado ao conforto quanto ao uso, quanto ao principal motivo dele ocorrer em baixas temperaturas seria a dilatação térmica sofrida pelos perfis, mas para uma análise pós incêndio se torna ainda mais essencial, devido a ter esse valor como base em um memorial de cálculo, o engenheiro que periciaria esse deslocamento pós incêndio poderia determinar se a peça entrou no limite plástico ou permaneceu do limite elástico, valores esses que podem ser obtidos também através de simulações.

Podemos comprovar que a degradação do aço proposta por Martines (1997) em *Sicurezza Antincendio*, tem um resultado menos conservador, em temperaturas acima dos 300 °C até uns 700 °C, porém logo após sua resistência cai para praticamente zero, na comparação das literaturas nos pórticos EGR1 e ZSR1, Martines (1997) gerou um resultado melhor, onde a segurança dos pórticos estavam garantidas até os 600 °C, em relação aos da NBR14323 que consegue levar a elasticidade do material até os 1100 °C, porém com uma % da relação inicial praticamente zerada. A grande transformação do módulo de elasticidade pela NBR 14323 ficou comprovada na transição dos 500 °C para os 600 °C, sendo esse intervalo crítico, aonde o módulo de elasticidade despenca de 60% para 31% do seu valor inicial em um intervalo de 100 °C.

E por fim, com ajuda de um recurso do SAP e com a fragilidade comprovada do perfil IPE 120 aos 700 °C, utilizamos esse recurso que escolhe dentro uma lista pré-determinada pelo operador do software, perfis que atenderia o pórtico em uma situação de incêndio a 700 °C, é importante o engenheiro projetista ter domínio das suas ferramentas de trabalho, e esse recurso é uma excelente ferramenta para essa situação.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esse trabalho comprovou a fragilidade de perfis metálicos em relação as cargas térmicas, principalmente de estruturas projetadas no limite da capacidade resistente das peças. Para ampliar a pesquisa realizada aqui, recomenda-se simular um incêndio atingindo uma parte de uma estrutura em 3D, com todas as cargas possíveis lançadas, fundações dimensionadas, se possível de alguma estrutura já existente.

Além disso, podem ser citadas como sugestões para trabalhos futuros, os seguintes tópicos:

- Realizar a mesma simulação e ação nos mesmos pórticos utilizando o alumínio como material principal ou o concreto, que são recursos fáceis e semelhantes de se trabalhar no software.
- Estudar mais profundamente as relações de mudança das cargas de reações nos pórticos sobre situações de incêndio, como abrir o reitor de cálculo realizadas pelo software e acompanhar os locais da equação onde acontece a mudança.
- Realizar análises para pilares metálicos em situação de incêndio acompanhando as cargas e deformações dos efeitos de segunda ordem.
- Comparar o presente trabalho com um trabalho futuro utilizando outra norma utilizada pelo software, como a europeia EUROCOD 3-2005 ou outra norma de preferência.

REFERÊNCIAS

- AGHAYERE, Abi O.; VIGIL, Jason. **Structural steel design**. Stylus Publishing, LLC, 2020.
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE – American Institute of Steel Construction – ANSI/AISC 360–16, 2016.
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS – Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures – ASCE 7–16, 2018
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220 Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800:2008, Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14323:2013, Dimensionamento de estruturas de aço e de estruturas mistas aço–concreto de edifícios em situação de incêndio, 2013.
- AUTOCAD 2019. Versão estudantil, 2019. [S.L]: Autodesk inc. 2019.
- BERNUZZI, Claudio; CORDOVA, Benedetto. **Structural steel design to Eurocode 3 and AISC specifications**. John Wiley & Sons, 2016.
- CHAMBERLAIN, Zacarias; FICANHA, Ricardo; FABEANE, Ricardo. Projeto e cálculo de estruturas de aço: Edifício industrial detalhado. **Rio de Janeiro**, 2013.
- CSI, SAP2000. CSI analysis reference manual. **Computers and Structures**, 2017.
- CSI, SAP2000. Versão V22.0.0 , 2017.[S.L]: **Computers and Structures**, 2017.
- DOWLING, Norman. Comportamento mecânico dos materiais: tradução da 4a edição. Elsevier Brasil, 2017.
- EUROCOD APPLIED.com. Eurocod Applied.com, s.d. Eurocod 3. Disponível em: <<https://eurocodeapplied.com/design/en1993/ipe-hea-heb-hem-design-properties>>. Acesso em: 5 de junho de 2022.
- GRIMM, Alice Marlene. Meteorologia básica. **Física UFPR**, 1999. Disponível em: <<https://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-9.html>>. Acesso em 17 maio 2022
- INCÊNDIO Atinge Um Dos Andares Da Torre Eiffel. **BBC**, 2003. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/story/2003/07/printable/030722_paris1cs>. Acesso em: 18 de junho de 2022.
- ISAIA, Geraldo C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. IBRACON, Cap. 8, 2010.

KREITH, Frank; BOHN, Mark S.; MANGLIK, Raj M. **Princípios de transferência de calor**. Cengage Learning Editores, 2012.

LIRA, Valdemir Martins. **Princípios dos processos de fabricação utilizando metais e polímeros**. Editora Edgard Blücher Ltda, 2018.

MARTINES, C. **Sicurezza Antincendio**. Ed. Hoepli, Milano, Italia, 1997.

MARTHA, Luiz. **Análise de estruturas: conceitos e métodos básicos**. Elsevier Brasil, 2010.

MERIAM, James L.; KRAIGE, L. Glenn. **Mecânica para engenharia: estática**. LTC, 2009.

MONTORO, Sérgio R. Fenômenos de transporte B. **EEL-USP**, s.d. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5022779/LOM3213/AULA%201-2%20-%20FT_B%20-%20INTR0DUCA0%20+%20MEC%20FUND%20TC.pdf>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

NEVES, Osias Ribeiro; CAMISASCA, Marina Mesquita. **Aço Brasil: uma viagem pela indústria do aço**. Belo Horizonte: Escritório de Histórias, 2013.

NUNES, JM de B. **Uma Abordagem Numérica e Analítica para Determinação da Temperatura e do Momento Fletor Crítico em Vigas de Aço em Situação de Incêndio**. 2005. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília. (in Portuguese).

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Aço - Dimensionamento Prático**. Grupo GEN, 2021. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637974/>. Acesso em: 22 Ago 2022

PERFIS Estruturais Gerdau - Informações Técnicas. **Gerdau**, 2021. Disponível em: <https://www2.gerdau.com.br/publicacao/perfis-estruturais-gerdau-informacoes-tecnicas/>. Acesso em: 05 de novembro de 2022.

QUINTÃO, Chiara. Construção em aço cresce puxada pela busca por produtividade nos canteiros de obra. **CBCA**, 2021. Disponível em: <<https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticia/construcao-em-aco-cresce-puxada-pela-busca-por-productividade-nos-canteiros-de-obras>>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

RUBERT, Achim; SCHAUMANN, Peter. Structural steel and plane frame assemblies under fire action. **Fire Safety Journal**, v. 10, n. 3, p. 173–184, 1986.

SANTOS, Givanildo Alves. **Tecnologia dos Materiais Metálicos - Propriedades, Estruturas e Processos de Obtenção**. Editora Saraiva, 2015. E-book. ISBN 9788536532523. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536532523/>. Acesso em: 08 dez. 2022.

SAUCA, Ana et al. Evaluating Critical Temperatures of Axially Loaded I-shaped Steel Members Using ANSI/AISC–360 Appendix 4 and Finite Element Model. In: **Proceedings of the Annual Stability Conference**. 2019. p. 435–446.

SILVA, Valdir P. Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. [Digite o Local da Editora]: Editora Blucher, 2012. E-book. ISBN 9788521206859. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521206859/>. Acesso em: 02 dez. 2022.

THE Iron Bridge. **Iron Bridge**, s.d. Disponível em: <<https://www.ironbridge.org.uk/our-story/the-iron-bridge/>>. Acesso em: 18 de junho de 2022.

TSCIPTSCHIN, André Paulo. Aço: Suas aplicação e relação com o carbono. **Gerdau**, 2019. Disponível em: <<https://www2.gerdau.com.br/blog-acos-especiais/aco-e-sua-aplicacao-e-relacao-com-o-carbono>>. Acesso em: 15 de junho de 2022.

UGURAL, Ansel C. **Mecânica dos materiais**. Grupo Gen-LTC, 2000.

LAWRENCE, H. VAN VLACK. Princípios de ciência dos Materiais. **Campus Editora**, 1994. WHY Does The Eiffel Tower Change size?. **Tour Eiffel**, 2022. Disponível em: <<https://www.toureiffel.paris/en/news/history-and-culture/why-does-eiffel-tower-change-size>>. Acesso em: 19 de junho de 2022.

ZHU, Y. F., CHEN, C. H., HUANG, Y., HUANG, Z. H., YAO, Y., e KEER, L. M. Dynamic progressive collapse of steel moment frames under different fire scenarios. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 173, p. 106256, 2020.

APÊNDICE A – Resultado das análises dos pórticos sem carga de temperatura e com combinação de projeto.

Figura 77 – Barra 5 do pórtico EHR3 sem lançamento de carga térmica.

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 0, Combo: DSTL2 Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 585, Z Mid: 292,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,451 AlphaPr/Pe=0,129 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-205,443	2382,505	0,	-4,073	0,	0,

Relação Demanda/Capacidade

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,678 = $0,565 + 0,112 + 0,$
= $(Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)$

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1, 1,667

Axial Pu Force phi*Pnc Capacity phi*Pnt Capacity

-205,443 363,513 409,549

Major Moment Mu Moment phi*Mn Capacity phi*Mn No LTB phi*Mn Cb=1
2382,505 18833,031 18833,031 18833,031

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	4,073	109,213	Force 0,037 Capacity OK Ratio Check
Minor Shear	0,	150,118	Force 0, Capacity OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb 09/07/2022 15:39

Fonte: Autor

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

101

Figura 79 – Barra 3 do pórtico EHR3 sem lançamento de carga térmica.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 3	X Mid: 310,	Combo: DSTL2	Design Type: Beam
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 620,	Z Mid: 1170,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8
AlphaPr/Py=0,009	AlphaPr/Pe=0,003 Tau_b=1,	EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
620,	-4,073	11505,495	0,	-26,243	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0,617 = 0,006 + 0,611 + 0,
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	2,158

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-4,073	358,21	409,549

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	11505,495	18833,031	18833,031	18807,53
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

			Vu	phi*Vn	Stress	
Status			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	26,243	109,213	0,24	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	26,243	26,243

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

09/07/2022 15:41

Fonte: Autor

Figura 80 – Barra 4 do pórtico EHR3 sem lançamento de carga térmica.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 930,	Combo: DSTL2	Design Type: Beam
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8
AlphaPr/Py=0,009	AlphaPr/Pe=0,003 Tau_b=1,	EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-4,073	11505,495	0,	18,557	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0,617 = 0,006 + 0,611 + 0,
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	LtLb	KtLb	Cb
LtB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-4,073	358,21	409,549

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LtB	Cb=1
Major Moment	11505,495	18833,031	18833,031	18807,53
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

			Vu	phi*Vn	Stress	
Status			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	18,557	109,213	0,17	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	18,557	18,557

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

09/07/2022 15:42

Fonte: Autor

Fonte: Autor

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

104

Figura 82 – Barra 2 do pórtico EGR1 sem lançamento de carga térmica.

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 610, Combo: DSTL2 Design Type: Beam
Length: 1220, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 1220, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,004 AlphaPr/Pe=0,005 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1220,	1,998	-2342,509	0,	3,836	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,127 = 0,002 + 0,124 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB KltB Cb
1, 1, 2,278

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial 1,998 243,826 409,549

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -2342,509 18833,031 18833,031 16250,704
Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	3,836	109,213	Force	
Minor Shear	0,	150,118	0,035	OK
			0,	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	3,836	3,836

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

09/07/2022 15:56

Fonte: Autor

Figura 83 – Barra 4 do pórtico EGR1 sem lançamento de carga térmica.

SAP2000

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 1220,	Combo: DSTL2	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 877,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,237 AlphaPr/Pe=0,068 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-2342,509	0,	-2,002	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,407 = 0,297 + 0,111 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,25

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-107,836	363,513	409,549

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	-2342,509	18833,031	18833,031	18833,031
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	2,002	109,213	Force 0,018	Capacity OK
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

09/07/2022 15:56

Fonte: Autor

Figura 84 – Barra 5 do pórtico EGR1 sem lançamento de carga térmica.

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 1220,	Combo: DSTL2	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 292,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Py=0,237 AlphaPr/Pe=0,068 Tau_b=1, Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1171,255	0,	-2,002	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,352 = 0,297 + 0,055 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-107,836	363,513	409,549

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-1171,255	18833,031	18833,031	18833,031
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status			Vu	phi*Vn	Stress	
			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	2,002	109,213	0,018	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

09/07/2022 15:57

Fonte: Autor

Figura 85 – Barra 1 do pórtico ZSR1sem lançamento de carga térmica.

SAP2000

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: DSTL2	Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 1180,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Py=0,255 AlphaPr/Pe=0,296 Tau_b=1, Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1180,	-116,207	-1533,232	0,	1,299	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,533 = 0,461 + 0,072 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,667

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-116,207	252,12	409,549

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	-1533,232	18833,031	18833,031	16421,159
Minor Moment				
	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,299	109,213	Force 0,012	Capacity OK
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Joint Design	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
	0,	0,	N/C	N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

09/07/2022 15:59

Fonte: Autor

Figura 86 – Barra 2 do pórtico ZSR1 sem lançamento de carga térmica.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 2	X Mid: 600,	Combo: DSTL2	Design Type: Beam
Length: 1200,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1180,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8
AlphaPr/Py=0,003	AlphaPr/Pe=0,003 Tau_b=1,	EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	1,299	1533,232	0,	2,193	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)

D/C Ratio: 0,083 = 0,002 + 0,081 + 0,

= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	LtLb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	2,219

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	1,299	247,973	409,549

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	1533,232	18833,031	18833,031	16335,931
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status			Vu	phi*Vn	Stress	
			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	2,193	109,213	0,02	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	2,193	2,193

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

09/07/2022 16:00

Figura 87 – Barra 3 do pórtico ZSR1 sem lançamento de carga térmica.

SAP2000

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 3	X Mid: 1200,	Combo: DSTL2	Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Py=0,26 AlphaPr/Pe=0,302 Tau_b=1, Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-118,381	-2204,446	0,	-1,868	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,574 = 0,47 + 0,104 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,667

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-118,381	252,12	409,549

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	-2204,446	18833,031	18833,031	16421,159
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,868	109,213	Force 0,017	Capacity OK
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

09/07/2022 16:00

Fonte: Autor

Figura 88 – Barra 4 do pórtico ZSR1 sem lançamento de carga térmica.

SAP2000

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 1800,	Combo: DSTL2	Design Type: Beam
Length: 1200,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 1200,	Z Mid: 1180,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Py=0,007 AlphaPr/Pe=0,008 Tau_b=1, Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	3,168	-1548,722	0,	2,212	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,086 = 0,004 + 0,082 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	2,224

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	3,168	247,973	409,549

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	-1548,722	18833,031	18833,031	16335,931
Minor Moment				
	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	2,212	109,213	Force	
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	
			OK	
			OK	

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
	2,212	2,212

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

09/07/2022 16:01

Fonte: Autor

Figura 89 – Barra 5 do pórtico ZSR1 sem lançamento de carga térmica.

SAP2000

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 2400,	Combo: DSTL2	Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Py=0,265 AlphaPr/Pe=0,307 Tau_b=1, Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-120,612	-1548,722	0,	-1,312	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,551 = 0,478 + 0,073 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-120,612	252,12	409,549

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-1548,722	18833,031	18833,031	16421,159
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,312	109,213	Force	
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	
			OK	
			OK	

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

09/07/2022 16:02

APÊNDICE B – Resultados das análises dos SAP das do pórtico EHR3 com aplicação das cargas de temperaturas a e combinações de projeto.

Figura 90 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura 22 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 0, Combo: COMB1_22C_LFRD Design Type: Column

Length: 585, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF

Loc : 585, Z Mid: 292,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed

D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8

AlphaPr/Py=0,452 AlphaPr/Pe=0,129 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75

PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,

J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,

E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5

RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_22C_LFRD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-205,862	2642,421	0,	-4,517	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,691 = 0,566 + 0,125 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-205,862	363,513	409,549

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	2642,421	18833,031	18833,031	18833,031
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	4,517	109,213	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			Ratio
			Check

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EHR.sdb

09/07/2022 23:06

Figura 91 – Análise detalhada da barra 6 a temperatura 22 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 6 X Mid: 0, Combo: COMB1_22C_LFRD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 585, Z Mid: 877,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LFRD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,452 AlphaPr/Pe=0,129 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_22C_LFRD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-205,862	5284,843	0,	-4,517	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,816 = 0,566 + 0,249 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
1, 1, 1, 1,25

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
-205,862 363,513 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LtB Cb=1
5284,843 18833,031 18833,031 18833,031

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	4,517	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Joint Design	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
120,54	0,	N/C	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EHR.sdb

09/07/2022 23:06

Fonte: Autor

Figura 92 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura 22 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 310, Combo: COMB1_22C_LFRD Design Type: Beam
Length: 620, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 620, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,01 AlphaPr/Pe=0,003 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_22C_LFRD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
620,	-4,517	11245,579	0,	-26,662	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,603 = 0,006 + 0,597 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
1, 1, 2,168

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
-4,517 358,21 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
11245,579 18833,031 18833,031 18807,53

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	26,662	109,213	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			Ratio
			Check

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	26,662	26,662

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EHR.sdb

10/07/2022 00:34

Fonte: Autor

Figura 93 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura 22 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 930, Combo: COMB1_22C_LFRD Design Type: Beam
Length: 620, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,01 AlphaPr/Pe=0,003 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_22C_LFRD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-4,517	11245,579	0,	18,138	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,603 = 0,006 + 0,597 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
1, 1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -4,517 358,21 409,549

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment 11245,579 18833,031 18833,031 18807,53
Minor Moment 0,

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	18,138	109,213	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			Ratio
			Check

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	18,138	18,138

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EHR.sdb

10/07/2022 00:35

Fonte: Autor

Figura 94 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura 100 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 0, Combo: COMB1_100C_LRFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 585, Z Mid: 292,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,456 AlphaPr/Pe=0,13 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_100C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-207,348	3563,944	0,	-6,092	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,739 = 0,57 + 0,168 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
1, 1, 1, 1,667

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-207,348	363,513	409,549

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	3563,944	18833,031	18833,031	18833,031
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	6,092	109,213	Force 0,056 OK
Minor Shear	0,	150,118	0, OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EHR.sdb

09/07/2022 23:15

Fonte: Autor

Figura 95 – Análise detalhada da barra 6 a temperatura 100 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 6 X Mid: 0, Combo: COMB1_100C_LRFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 585, Z Mid: 877,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,456 AlphaPr/Pe=0,13 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_100C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-207,348	7127,889	0,	-6,092	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,907 = 0,57 + 0,336 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
1, 1, 1, 1,25

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-207,348	363,513	409,549

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	7127,889	18833,031	18833,031	18833,031
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	6,092	109,213	Force 0,056
Minor Shear	0,	150,118	Capacity OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
Joint Design	120,54	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EHR.sdb

09/07/2022 23:15

Fonte: Autor

Figura 96 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura 100 °C do EHR3

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 310, Combo: COMB1_100C_LRFD Design Type: Beam
 Length: 620, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
 Loc : 620, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
 AlphaPr/Py=0,009 AlphaPr/Pe=0,003 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
 PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
 J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
 E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
 RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_100C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
620,	-4,073	11505,495	0,	-26,243	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
 D/C Ratio: 0,617 = 0,006 + 0,611 + 0,
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
 1, 1, 1, 2,158

Pu phi*Pnc phi*Pnt
 Force Capacity Capacity
 Axial -4,073 358,21 409,549

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
 Moment Capacity No LTB Cb=1
 Major Moment 11505,495 18833,031 18833,031 18807,53
 Minor Moment 0,

4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	26,243	109,213	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			Ratio
			Check

0,24 OK
 0, OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	26,662	26,662

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EHR.sdb
10/07/2022 00:36

Fonte: Autor

Figura 97 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura 100 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 930, Combo: COMB1_100C_LRFD Design Type: Beam
Length: 620, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,009 AlphaPr/Pe=0,003 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_100C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-4,073	11505,495	0,	18,557	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,617 = 0,006 + 0,611 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Axial Pu Force phi*Pnc Capacity phi*Pnt Capacity
-4,073 358,21 409,549

Major Moment Mu Moment phi*Mn Capacity phi*Mn No LTB phi*Mn Cb=1
11505,495 18833,031 18833,031 18807,53

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	18,557	109,213	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			Ratio
			Check

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	18,557	18,557

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EHR.sdb

10/07/2022 00:37

Fonte: Autor

Figura 98 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura 200 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 0, Combo: COMB1_200C_LRFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: FSEC1 Frame Type: SMF
Loc : 585, Z Mid: 292,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,459 AlphaPr/Pe=0,145 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=179,953 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_200C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-208,873	4509,094	0,	-7,708	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,795 = 0,582 + 0,213 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
1, 1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -208,873 358,728 409,549

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment 4509,094 18833,031 18833,031 18821,296
Minor Moment 0,

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	7,708	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Force	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EHR.sdb

09/07/2022 23:22

Fonte: Autor

Figura 99 – Análise detalhada da barra 6 a temperatura 200 °C do EHR3

SAP2000

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 6	X Mid: 0,	Combo: COMB1_200C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: FSEC1	Frame Type: SMF
Loc : 585,	Z Mid: 877,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8
AlphaPr/Py=0,459	AlphaPr/Pe=0,145	Tau_b=1,

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=179,953	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_200C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-208,873	9018,188	0,	-7,708	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 1,008 = 0,582 + 0,426 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	LtLb	KtLb	Cb
LtB	1,	1,	1,25

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-208,873	358,728	409,549

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LtB	Cb=1
Major Moment	9018,188	18833,031	18833,031	18821,296
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	7,708	109,213	0,071
Minor Shear	0,	150,118	0,

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	133,142	0,	N/C	N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EHR.sdb

09/07/2022 23:22

Fonte: Autor

Figura 100 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura 200 °C do EHR3

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 310, Combo: COMB1_200C_LRFD Design Type: Beam
 Length: 620, Y Mid: 0, Shape: FSEC1 Frame Type: SMF
 Loc : 620, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,017 AlphaPr/Pe=0,006 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
 PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
 J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
 E=179,953 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
 RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_200C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
620,	-7,708	9378,906	0,	-29,673	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
 D/C Ratio: 0,509 = 0,011 + 0,498 + 0,
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
 1, 1, 1, 2,265

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
 Force Capacity Capacity
 -7,708 352,919 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
 Moment Capacity No LTB Cb=1
 9378,906 18833,031 18833,031 18656,592

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	29,673	109,213	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			Ratio
			Check

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	29,673	29,673

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EHR.sdb

10/07/2022 00:39

Fonte: Autor

Figura 101 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura 200 °C do EHR3

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 930, Combo: COMB1_200C_LRFD Design Type: Beam
 Length: 620, Y Mid: 0, Shape: FSEC1 Frame Type: SMF
 Loc : 0, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,017 AlphaPr/Pe=0,006 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
 PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
 J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
 E=179,953 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
 RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_200C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-7,708	9378,906	0,	15,127	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
 D/C Ratio: 0,509 = 0,011 + 0,498 + 0,
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB KltB Cb
 1, 1, 1, 1,667

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
 Force Capacity Capacity
 -7,708 352,919 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
 Moment Capacity No LTB Cb=1
 9378,906 18833,031 18833,031 18656,592

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	15,127	109,213	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			Ratio
			Check

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	15,127	15,127

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EHR.sdb

10/07/2022 00:40

Fonte: Autor

Figura 102 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura 300 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 0, Combo: 300C_LERFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: 300C Frame Type: SMF
Loc : 585, Z Mid: 292,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
AlphaPr/Py=0,476 AlphaPr/Pe=0,165 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTV=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=159,958 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-209,851	5115,552	0,	-8,745	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,862 = 0,611 + 0,25 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Klbtb Cb
1, 1, 1, 1,667

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-209,851	343,277	396,815

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	5115,552	18160,402	18160,402	18008,316
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Ratio	Check
Major Shear	8,745	98,292	Force 0,089	Capacity OK	
Minor Shear	0,	150,118	Force 0,	Capacity OK	

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:08

Figura 103 – Análise detalhada da barra 6 a temperatura 300 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 6	X Mid: 0,	Combo: 300C_LERFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 300C	Frame Type: SMF
Loc : 585,	Z Mid: 877,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,476 AlphaPr/Pe=0,165 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=159,958	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-209,851	10231,103	0,	-8,745	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 1,112 = 0,611 + 0,501 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,25

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force -209,851	Capacity 343,277	Capacity 396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment 10231,103	Capacity 18160,402	No LTB 18160,402	Cb=1 18008,316
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	8,745	98,292	Force 0,089
Minor Shear	0,	150,118	Capacity 0,

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	184,202	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:08

Fonte: Autor

Figura 104 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura 300 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3	X Mid: 310,	Combo: 300C_LERFD	Design Type: Beam
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 300C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,02 AlphaPr/Pe=0,008 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=159,958	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-8,745	-10231,103	0,	-30,651	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,576 = 0,013 + 0,563 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	2,244

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-8,745	337,2	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-10231,103	18160,402	18160,402	17818,618
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status			Vu	phi*Vn	Stress	
			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	30,651	98,292	0,312	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	30,651	30,651

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:09

Fonte: Autor

Figura 105 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura 300 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 930,	Combo: 300C_LERFD	Design Type: Beam
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 300C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,02 AlphaPr/Pe=0,008 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=159,958	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-8,745	8772,448	0,	14,149	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,496 = 0,013 + 0,483 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-8,745	337,2	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	8772,448	18160,402	18160,402	17818,618
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	14,149	98,292	0,144
Minor Shear	0,	150,118	0,

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	14,149	14,149

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:09

Fonte: Autor

Figura 106 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura 400 °C do EHR3

Project

Job Number

Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 5

Length: 585,

Loc : 585,

X Mid: 0,

Y Mid: 0,

Z Mid: 292,5

Combo: 400 LERFD

Shape: 400C

Class: Compact

Design Type: Column

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

Analysis: Direct Analysis

Reduction: Tau-b Fixed

D/C Limit=0,95

2nd Order: General 2nd Order

EA factor=0,8

AlphaPr/Py=0,478

AlphaPr/Pe=0,189

Tau_b=1,

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiC=0,9

PhiTY=0,9

PhiTF=0,75

PhiS=0,9

PhiS-RI=1,

PhiST=0,9

A=1278,96

I33=3063128,321

r33=48,939

S33=51052,139

Av3=672,

J=12977,925

I22=276013,597

r22=14,691

S22=8625,425

Av2=528,

E=139,964

Fy=0,345

Ry=1,1

z33=58532,076

Cw=892054553,8

RLLF=1,

Fu=0,448

z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400 LERFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

585,

-210,585

5570,788

0,

-9,523

0,

0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,899 = 0,626 + 0,273 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

2,

1,

1,

1,

1,

1,

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

LTB

Ltbb

Kltb

Cb

1,

1,

1,667

Axial

Pu

phi*Pnc

phi*Pnt

Force

Capacity

Capacity

-210,585

336,243

396,815

Major Moment

Minor Moment

Mu

phi*Mn

phi*Mn

phi*Mn

Moment

Capacity

No LTB

Cb=1

5570,788

18160,402

18160,402

17772,279

0,

4164,432

SHEAR CHECK

Status

Vu

phi*Vn

Stress

Major Shear

Minor Shear

9,523

0,

98,292

150,118

Force

0,097

0,

Capacity

OK

OK

Ratio

Check

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:33

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:33

Fonte: Autor

Figura 107 – Análise detalhada da barra 6 a temperatura 400 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 6	X Mid: 0,	Combo: 400 LERFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 400C	Frame Type: SMF
Loc : 585,	Z Mid: 877,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,478 AlphaPr/Pe=0,189 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=139,964	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400 LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-210,585	11141,577	0,	-9,523	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 1,172 = 0,626 + 0,545 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,25

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force		Capacity	Capacity
Axial	-210,585	336,243	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	11141,577	18160,402	18160,402	17772,279
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	9,523	98,292	0,097
Minor Shear	0,	150,118	0,

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	210,441	0,356	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:33

Fonte: Autor

Figura 108 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura 400 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 310, Combo: 400 LERFD Design Type: Beam
Length: 620, Y Mid: 0, Shape: 400C Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,022 AlphaPr/Pe=0,01 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=139,964 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-9,523	-11141,577	0,	-31,385	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,628 = 0,014 + 0,614 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 2,222

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -9,523 329,449 396,815

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -11141,577 18160,402 18160,402 17560,123
Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	31,385	98,292	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			OK
			OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	31,385	31,385

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:34

Fonte: Autor

Figura 109 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura 400 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 930,	Combo: 400_LERFD	Design Type: Beam
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 400C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis

D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed

AlphaPr/Py=0,022 AlphaPr/Pe=0,01 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=139,964	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-9,523	8317,212	0,	13,415	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0,472 = 0,014 + 0,458 + 0,

= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-9,523	329,449	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	8317,212	18160,402	18160,402	17560,123
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	13,415	98,292	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			OK
			OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	13,415	13,415

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:34

Fonte: Autor

Figura 110 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura 500 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 0,	Combo: 500 LERFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 500C	Frame Type: SMF
Loc : 585,	Z Mid: 292,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,478 AlphaPr/Pe=0,221 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=119,969	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-210,952	5798,396	0,	-9,912	0,	0,

MM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,929 = 0,645 + 0,284 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force		Capacity	Capacity
Axial	-210,952	327,087	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Moment		Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	5798,396	18160,402	18160,402	17455,734
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status			Vu	phi*Vn	Stress	
			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	9,912	98,292	0,101	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:48

Fonte: Autor

Fonte: Autor

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

134

Figura 112 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura 500 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3	X Mid: 310,	Combo: 500 LERFD	Design Type: Beam
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 500C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,022 AlphaPr/Pe=0,012 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=119,969	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-9,912	-11596,791	0,	-31,752	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,654 = 0,016 + 0,639 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	2,212

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-9,912	319,39	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-11596,791	18160,402	18160,402	17215,527
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status			Vu	phi*Vn	Stress	
			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	31,752	98,292	0,323	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	31,752	31,752

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:49

Fonte: Autor

Figura 113 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura 500 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 930,	Combo: 500_LERFD	Design Type: Beam
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 500C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,022 AlphaPr/Pe=0,012 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=119,969	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-9,912	8089,604	0,	13,048	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,461 = 0,016 + 0,445 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-9,912	319,39	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	8089,604	18160,402	18160,402	17215,527
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status			Vu	phi*Vn	Stress	
			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	13,048	98,292	0,133	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	13,048	13,048

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:49

Fonte: Autor

Figura 114 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura 600 °C do EHR3

SAP2000

Project

Job Number

Engineer

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK

(Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 5

Length: 585,

Loc : 585,

X Mid: 0,

Y Mid: 0,

Z Mid: 292,5

Combo: 600 LERFD

Shape: 600C

Class: Slender

Design Type: Column

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

D/C Limit=0,95

AlphaPr/Py=0,474

Analysis: Direct Analysis

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Pe=0,423

Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed

EA factor=0,8

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiS=0,9

PhiC=0,9

PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9

PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1278,96

J=12977,925

E=61,984

RLLF=1,

I33=3063128,321

I22=276013,597

Fy=0,345

Fu=0,448

r33=48,939

r22=14,691

Ry=1,1

S33=51052,139

S22=8625,425

z33=58532,076

z22=13422,216

Av3=672,

Av2=528,

Cw=892054553,8

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600_LERFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

585,

-208,86

4501,014

0,

-7,694

0,

0,

FORM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,988 = 0,768 + 0,22 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

2,

1,

1,

1,

1,

1,

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

LTB

Ltbt

Kltbt

Cb

1,

1,

1,667

Axial

Pu

Force

phi*Pnc

Capacity

phi*Pnt

Capacity

-208,86

272,07

396,815

Major Moment

Minor Moment

Mu

Moment

phi*Mn

Capacity

phi*Mn

No LTB

phi*Mn

Cb=1

4501,014

0,

18160,402

4164,432

18160,402

15523,03

SHEAR CHECK

Status

Vu

phi*Vn

Stress

Major Shear

Minor Shear

7,694

0,

98,292

150,118

Force

0,078

0,

Capacity

OK

OK

Ratio

Check

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:58

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:58

Fonte: Autor

Figura 115 – Análise detalhada da barra 6 a temperatura 600 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 6	X Mid: 0,	Combo: 600 LERFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 600C	Frame Type: SMF
Loc : 585,	Z Mid: 877,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,474 AlphaPr/Pe=0,423 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=61,984	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600 LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-208,86	9002,028	0,	-7,694	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 1,208 = 0,768 + 0,441 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,25

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force -208,86	Capacity 272,07	Capacity 396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment 9002,028	Capacity 18160,402	No LTB 18160,402	Cb=1 15523,03
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	Force 7,694	Capacity 98,292	Ratio OK
Minor Shear	0,	150,118	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
Joint Design	Area 152,033	Thick 0,	Major N/C	Minor N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:58

Fonte: Autor

Figura 116 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura 600 °C do EHR3

Project

Job Number

Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK

(Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 3

Length: 620,

Loc : 620,

X Mid: 310,

Y Mid: 0,

Z Mid: 1170,

Combo: 600_LERFD

Shape: 600C

Class: Slender

Design Type: Beam

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

D/C Limit=0,95

AlphaPr/Py=0,017

Analysis: Direct Analysis

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Pe=0,018 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed

EA factor=0,8

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiS=0,9

PhiC=0,9

PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9

PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1278,96

J=12977,925

E=61,984

RLLF=1,

I33=3063128,321

I22=276013,597

Fy=0,345

Fu=0,448

r33=48,939

r22=14,691

Ry=1,1

S33=51052,139

S22=8625,425

z33=58532,076

z22=13422,216

Av3=672,

Av2=528,

Cw=892054553,8

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600_LERFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

620,

-7,694

9386,986

0,

-29,66

0,

0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0,532 = 0,015 + 0,517 + 0,

= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

2,

1,

1,

1,

1,

1,

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

Lltb

Kltb

Cb

1,

1,

2,264

Axial

Pu

Force

-7,694

phi*Pnc

Capacity

260,697

phi*Pnt

Capacity

396,815

Major Moment

Minor Moment

Mu

Moment

9386,986

0,

phi*Mn

Capacity

18160,402

4164,432

phi*Mn

No LTB

18160,402

phi*Mn

Cb=1

15135,681

SHEAR CHECK

Status

Vu

phi*Vn

Stress

Major Shear

29,66

98,292

Force

0,302

Capacity

OK

Ratio

Check

Minor Shear

0,

150,118

0,

OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

VMajor

VMajor

Left

Right

Major (V2)

29,66

29,66

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:55

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:58

Fonte: Autor

Figura 117 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura 600 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 930, Combo: 600 LERFD Design Type: Beam
Length: 620, Y Mid: 0, Shape: 600C Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1170, Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,017 AlphaPr/Pe=0,018 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=61,984 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-7,694	9386,986	0,	15,14	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,532 = 0,015 + 0,517 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
-7,694 260,697 396,815

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
9386,986 18160,402 18160,402 15135,681

Major Moment
Minor Moment 0,

4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	15,14	98,292	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			OK
			OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	15,14	15,14

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 13:59

Fonte: Autor

Figura 118 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura 700 °C do EHR3

SAP2000		Project _____
		Job Number _____
		Engineer _____
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)		
Units : KN, mm, C		
Frame : 5	X Mid: 0,	Combo: 700 LERFD
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 700C
Loc : 585,	Z Mid: 292,5	Class: Slender
		Design Type: Column
		Frame Type: SMF
		Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,47	AlphaPr/Pe=1,001 Tau_b=1,	EA factor=0,8 EI factor=0,8
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9
		PhiTF=0,75
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691
E=25,993	Fy=0,345	Ry=1,1
RLLF=1,	Fu=0,448	
		S33=51052,139
		S22=8625,425
		z33=58532,076
		z22=13422,216
		Av3=672,
		Av2=528,
		Cw=892054553,8
DESIGN MESSAGES		
Error: Section overstressed		
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700 LERFD)		
Location	Pu	Mu33
585,	-207,116	3419,85
		Mu22
		0,
		Vu2
		-5,846
		Vu3
		0,
		Tu
		0,
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)		
D/C Ratio: 1,529 = 1,337 + 0,193 + 0,		
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)		
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)		
Factor	L	K1
Major Bending	2,	1,
Minor Bending	1,	1,
		K2
		1,
		B1
		1,
		B2
		1,
		Cm
		1,
	Lltb	Kltb
LTB	1,	1,
		Cb
		1,667
	Pu	phi*Pnc
	Force	Capacity
Axial	-207,116	154,94
		phi*Pnt
		Capacity
		396,815
	Mu	phi*Mn
	Moment	Capacity
Major Moment	3419,85	15783,521
Minor Moment	0,	3394,463
		phi*Mn
		No LTB
		15783,521
		phi*Mn
		Cb=1
		11355,595
SHEAR CHECK		
Status		Vu
		phi*Vn
		Stress
Major Shear	5,846	88,882
Minor Shear	0,	150,118
		Force
		0,066
		0,
		Capacity
		OK
		OK
		Ratio
		Check

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 14:22

Fonte: Autor

Figura 119 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura 700 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 6	X Mid: 0,	Combo: 700 LERFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 700C	Frame Type: SMF
Loc : 585,	Z Mid: 877,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,47 AlphaPr/Pe=1,001 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=25,993	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700 LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-207,116	6839,701	0,	-5,846	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 1,722 = 1,337 + 0,385 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,25

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force		Capacity	Capacity
Axial	-207,116	154,94	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	6839,701	14194,494	15783,521	11355,595
Minor Moment	0,	3394,463		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	5,846	88,882	0,066
Minor Shear	0,	150,118	0,

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	130,864	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 14:22

Fonte: Autor

Figura 120 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura 700 °C do EHR3

SAP2000		Project _____
		Job Number _____
		Engineer _____
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)		
Units : KN, mm, C		
Frame : 3	X Mid: 310,	Combo: 700 LERFD
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 700C
Loc : 620,	Z Mid: 1170,	Class: Slender
		Design Type: Beam
		Frame Type: SMF
		Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	
AlphaPr/Py=0,013	AlphaPr/Pe=0,032 Tau_b=1,	Reduction: Tau-b Fixed
		EA factor=0,8 EI factor=0,8
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9
		PhiTF=0,75
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691
E=25,993	Fy=0,345	Ry=1,1
RLLF=1,	Fu=0,448	
		S33=51052,139
		S22=8625,425
		z33=58532,076
		z22=13422,216
		Av3=672,
		Av2=528,
		Cw=892054553,8
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700 LERFD)		
Location	Pu	Mu33
620,	-5,846	10468,15
		Mu22
		0,
		Vu2
		-27,916
		Vu3
		0,
		Tu
		0,
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)		
D/C Ratio:	0,684 = 0,021 + 0,663 + 0,	
	= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)	
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)		
Factor	L	K1
Major Bending	2,	1,
Minor Bending	1,	1,
		K2
		1,
		B1
		1,
		B2
		1,
		Cm
		1,
	Lltb	Kltb
LTB	1,	1,
		Cb
		2,203
	Pu	phi*Pnc
Axial	-5,846	140,515
		phi*Pnt
		396,815
	Mu	phi*Mn
Major Moment	10468,15	15783,521
Minor Moment	0,	3394,463
		phi*Mn
		No LTB
		15783,521
		phi*Mn
		Cb=1
		10402,034
SHEAR CHECK		
Status	Vu	phi*Vn
	Force	Capacity
Major Shear	27,916	88,882
Minor Shear	0,	150,118
	0,314	0,
	OK	OK
	Ratio	Check
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS		
	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	27,916	27,916

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 14:22

Fonte: Autor

Figura 121 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura 700 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 310, Combo: 700_LERFD Design Type: Beam
Length: 620, Y Mid: 0, Shape: 700C Frame Type: SMF
Loc : 620, Z Mid: 1170, Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
AlphaPr/Py=0,013 AlphaPr/Pe=0,032 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=25,993 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
620,	-5,846	10468,15	0,	-27,916	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,684 = 0,021 + 0,663 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 2,203

Axial Pu Force phi*Pnc Capacity phi*Pnt Capacity 396,815

Major Moment Mu Moment phi*Mn Capacity phi*Mn No LTB phi*Mn Cb=1 10402,034
Minor Moment 0, 3394,463

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	27,916	88,882	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			OK
			OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	27,916	27,916

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 14:22

Fonte: Autor

Figura 122 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura 700 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 930, Combo: 700_LERFD Design Type: Beam
Length: 620, Y Mid: 0, Shape: 700C Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1170, Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,013 AlphaPr/Pe=0,032 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=25,993 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-5,846	10468,15	0,	16,884	0,	0,

MM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,684 = 0,021 + 0,663 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
-5,846 140,515 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
10468,15 15783,521 15783,521 10402,034

Minor Moment 0, 3394,463

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	16,884	88,882	Force Capacity Ratio Check
Minor Shear	0,	150,118	0,19 OK OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	16,884	16,884

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 14:23

Fonte: Autor

Figura 123 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura 800 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 0,	Combo: 800 LERFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 800C	Frame Type: SMF
Loc : 585,	Z Mid: 292,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,469 AlphaPr/Pe=1,443 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=17,995	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 800 LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-206,767	3203,615	0,	-5,476	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 2,118 = 1,921 + 0,198 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-206,767	107,649	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
	3203,615	13348,295	14414,197	8008,977
Minor Moment	0,	2950,883		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	5,476	73,954	0,074
Minor Shear	0,	150,118	0,
			OK
			OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb
07/09/2022 14:42

Fonte: Autor

Figura 124 – Análise detalhada da barra 6 a temperatura 800 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 6 X Mid: 0, Combo: 800 LERFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: 800C Frame Type: SMF
Loc : 585, Z Mid: 877,5 Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,469 AlphaPr/Pe=1,443 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=17,995 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 800_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-206,767	6407,231	0,	-5,476	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3b,H1-2)
D/C Ratio: 2,33 = 1,921 + 0,41 + 0,
= (Pr/Pcy)*(1.5 - 0.5*(Pr/Pcy)) + (Mr33/(Cb*Mc33))^2 +
(Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3b,H1-2)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1, 1,25

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-206,767	107,649	396,815

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	6407,231	10011,221	14414,197	8008,977
Minor Moment	0,	2950,883		

SHEAR CHECK

	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	5,476	73,954	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
Joint Design	135,386	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 14:42

Fonte: Autor

Figura 125 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura 800 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 310, Combo: 800 LERFD Design Type: Beam
Length: 620, Y Mid: 0, Shape: 800C Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1170, Class: Too Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,469 AlphaPr/Pe=1,443 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=17,995 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLlF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section is too slender -- (b/t) high
Design can not be completed for this section!

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 800_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-5,476	10684,385	0,	-27,567	0,	0,

PMN DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3b,H1-2)
D/C Ratio: -1, = 0, + 0, + 0,
= (Pr/Pcy)*(1.5 - 0.5*(Pr/Pcy)) + (Mr33/(Cb*Mc33))^2 + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3b,H1-2)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB Lltb Kltb Cb

1, 1, 2,193

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity

Axial -5,476 0, 0,

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1

Major Moment 10684,385 0, 14414,197 8008,977
Minor Moment 0, 0,

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	5,476	0,	OK
Minor Shear	0,	0,	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	27,567	27,567

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 14:43

Fonte: Autor

Figura 126 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura 800 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 930,	Combo: 800 LERFD	Design Type: Beam
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 800C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Too Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,469 AlphaPr/Pe=1,443 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=17,995	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section is too slender -- (b/t) high
Design can not be completed for this section!

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 800 LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-5,476	0,	0,	17,233	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3b,H1-2)
D/C Ratio: -1, = 0, + 0, + 0,
= (Pr/Pcy) * (1.5 - 0.5*(Pr/Pcy)) + (Mr33/(Cb*Mc33))^2 + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3b,H1-2)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Ltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-5,476	0,	0,

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	0,	0,	14414,197	8008,977
Minor Moment	0,	0,		

SHEAR CHECK

Status			Vu	phi*Vn	Stress	
			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	5,476	0,	0,	OK		
Minor Shear	0,	0,	0,	OK		

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	17,233	17,233

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 14:43

Fonte: Autor

Figura 127 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura 900 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 0, Combo: 900 LERFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: 900C Frame Type: SMF
Loc : 585, Z Mid: 292,5 Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,469 AlphaPr/Pe=1,909 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=13,596 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-206,569	3080,697	0,	-5,266	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 2,748 = 2,54 + 0,208 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

Axial

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-206,569	81,333	396,815

Major Moment

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	3080,697	9211,459	13142,493	5526,876
Minor Moment	0,	2553,513		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	5,266	64,282	Force 0,082	OK
Minor Shear	0,	150,118	Force 0,	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 14:52

Fonte: Autor

Figura 128 – Análise detalhada da barra 6 a temperatura 900 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 6 X Mid: 0, Combo: 900 LERFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: 900C Frame Type: SMF
Loc : 585, Z Mid: 877,5 Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,469 AlphaPr/Pe=1,909 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=13,596 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-206,569	6161,393	0,	-5,266	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 3,333 = 2,54 + 0,793 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,25

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-206,569	81,333	396,815

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	6161,393	6908,594	13142,493	5526,876
Minor Moment	0,	2553,513		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	5,266	64,282	Force OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
Joint Design	141,145	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 14:52

Fonte: Autor

Figura 129 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura 900 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 310, Combo: 900 LERFD Design Type: Beam
Length: 620, Y Mid: 0, Shape: 900C Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1170, Class: Too Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
AlphaPr/Py=0,469 AlphaPr/Pe=1,909 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=13,596 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section is too slender -- (b/t) high
Design can not be completed for this section!

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-5,266	10807,303	0,	-27,369	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: -1, = 0, + 0, + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	2,187

Axial

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-5,266	0,	0,

Major Moment

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	10807,303	0,	13142,493	5526,876
Minor Moment	0,	0,		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	5,266	0,	Force Capacity OK
Minor Shear	0,	0,	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	27,369	27,369

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 14:53

Fonte: Autor

Figura 130 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura 900 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 930,	Combo: 900 LERFD	Design Type: Beam
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 900C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Too Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,469 AlphaPr/Pe=1,909 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=13,596	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section is too slender -- (b/t) high
Design can not be completed for this section!

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900 LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-5,266	0,	0,	17,431	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: -1, = 0, + 0, + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Ltbt	Kltbt	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force -5,266	Capacity 0,	Capacity 0,

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment 0,	Capacity 0,	No LTB 13142,493	Cb=1 5526,876
Minor Moment	0,	0,		

SHEAR CHECK

		Vu	phi*Vn	Stress
Status		Force	Capacity	Ratio
Major Shear	5,266	0,	OK	
Minor Shear	0,	0,	OK	

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	17,431	17,431

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 14:53

Fonte: Autor

Figura 131 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura 1000 °C do EHR3

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 0,	Combo: 1000 LERFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 1000C	Frame Type: SMF
Loc : 585,	Z Mid: 292,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8
AlphaPr/Py=0,468	AlphaPr/Pe=2,88	Tau_b=1,
		EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=8,998	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-206,272	2896,375	0,	-4,951	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)

D/C Ratio: 4,067 = 3,832 + 0,235 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-206,272	53,827	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	2896,375	6096,257	10960,735	3657,754
Minor Moment	0,	1868,096		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	4,951	52,295	0,095
Minor Shear	0,	150,118	0,

	Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	4,951	52,295	0,095	OK
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb
07/09/2022 15:06

Fonte: Autor

Figura 132 – Análise detalhada da barra 6 a temperatura 1000 °C do EHR3

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 6	X Mid: 0,	Combo: 1000_LERFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 1000C	Frame Type: SMF
Loc : 585,	Z Mid: 877,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed

D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8

AlphaPr/Py=0,468 AlphaPr/Pe=2,88 Tau_b=1,

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=8,998	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-206,272	5792,75	0,	-4,951	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 4,958 = 3,832 + 1,126 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,25

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-206,272	53,827	396,815

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	5792,75	4572,193	10960,735	3657,754
Minor Moment	0,	1868,096		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	4,951	52,295	Force	
Minor Shear	0,	150,118	0,095	OK
			0,	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
Joint Design	150,34	0,	N/C	N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 15:06

Fonte: Autor

Figura 133 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura 1000 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 310, Combo: 1000 LERFD Design Type: Beam
Length: 620, Y Mid: 0, Shape: 1000C Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1170, Class: Too Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,468 AlphaPr/Pe=2,88 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=8,998 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section is too slender -- (b/t) high
Design can not be completed for this section!

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-4,951	10991,625	0,	-27,072	0,	0,

PMN DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: -1, = 0, + 0, + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB

	Lltb	Kltb	Cb
1,	1,	1,	2,179

Axial

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
-4,951	0,	0,	

Major Moment

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
10991,625	0,	10960,735	3657,754	
0,	0,			

Minor Moment

0,

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	4,951	0,	Force	OK
Minor Shear	0,	0,	Capacity	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	27,072	27,072

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 15:06

Fonte: Autor

Figura 134 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura 1000 °C do EHR3

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 930, Combo: 1000 LERFD Design Type: Beam
Length: 620, Y Mid: 0, Shape: 1000C Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1170, Class: Too Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,468 AlphaPr/Pe=2,88 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=8,998 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section is too slender -- (b/t) high
Design can not be completed for this section!

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-4,951	0,	0,	17,728	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: -1, = 0, + 0, + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB

	Lltb	Kltb	Cb
1,	1,	1,	1,667

Axial

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
-4,951	0,	0,	

Major Moment

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
0,	0,	10960,735	3657,754	
0,	0,			

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	4,951	0,	Force	OK
Minor Shear	0,	0,	Capacity	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	17,728	17,728

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

07/09/2022 15:07

Fonte: Autor

APÊNDICE C– Resultados das análises dos SAP das do pórtico EGR1 com aplicação das cargas de temperaturas a e combinações de projeto.

Figura 135 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 22 °C do EGR1

SAP2000

Project

Job Number

Engineer

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK

(Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 1

Length: 1170,

Loc : 1170,

X Mid: 0,

Y Mid: 0,

Z Mid: 585,

Combo: COMB1_22C_LRFD

Shape: IPE120

Class: Compact

Design Type: Column

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

D/C Limit=0,95

AlphaPr/Py=0,22

Analysis: Direct Analysis

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Pe=0,251

Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed

EA factor=0,8

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiS=0,9

PhiC=0,9

PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9

PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1320,

J=16900,

E=199,948

RLLF=1,

I33=3180000,

I22=277000,

Fy=0,345

Fu=0,448

r33=49,082

r22=14,486

Ry=1,1

S33=53000,

S22=8656,25

z33=60700,

z22=13600,

Av3=672,

Av2=528,

Cw=895242529,5

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_22C_LRFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

1170,

-100,164

-2228,387

0,

1,905

0,

0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,499 = 0,394 + 0,105 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

1,

1,

1,

1,

1,

0,6

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

Lltb

Kltb

Cb

LTB

1,

1,

1,667

Pu

Force

phi*Pnc

Capacity

Axial

-100,164

254,192

409,549

Mu

Moment

phi*Mn

Capacity

Major Moment

-2228,387

18833,031

18833,031

Minor Moment

0,

4219,592

phi*Mn

No LTB

phi*Mn

Cb=1

16463,773

SHEAR CHECK

Status

Vu

phi*Vn

Stress

Major Shear

1,905

109,213

Force 0,017

Capacity OK

Ratio

Check

Minor Shear

0,

150,118

0,

OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Cont Pl

Dbl Pl

BC Ratio

BC Ratio

Area

Thick

Major

Minor

Joint Design

0,

0,

N/C

N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb

10/07/2022 00:1

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb

10/07/2022 00:12

Fonte: Autor

Fonte: Autor

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb

159

Figura 137 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 22 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1220, Combo: COMB1_22C_LRFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 877,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,237 AlphaPr/Pe=0,068 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_22C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-2451,613	0,	-2,095	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,412 = 0,297 + 0,116 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
1, 1, 1, 1,25

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-107,836	363,513	409,549

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-2451,613	18833,031	18833,031	18833,031
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	2,095	109,213	Force 0,019
Minor Shear	0,	150,118	Capacity OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb

10/07/2022 00:12

Figura 138 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 22 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 1220, Combo: COMB1_22C_LRFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 292,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,237 AlphaPr/Pe=0,068 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_22C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1225,807	0,	-2,095	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,355 = 0,297 + 0,058 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB KltB Cb
1, 1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -107,836 363,513 409,549

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LtB Cb=1
Major Moment -1225,807 18833,031 18833,031 18833,031
Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	2,095	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb

10/07/2022 00:12

Fonte: Autor

Figura 139 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 100 °C do EGR1

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 1 X Mid: 0, Combo: COMB1_100C_LRFD Design Type: Column
 Length: 1170, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
 Loc : 1170, Z Mid: 585, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
 AlphaPr/Py=0,22 AlphaPr/Pe=0,251 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
 PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
 J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
 E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
 RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_100C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1170,	-100,164	-1841,563	0,	1,574	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
 D/C Ratio: 0,481 = 0,394 + 0,087 + 0,
 = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
 1, 1, 1, 1,667

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
 Force Capacity Capacity
 -100,164 254,192 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
 Moment Capacity No LTB Cb=1
 -1841,563 18833,031 18833,031 16463,773

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,574	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Joint Design	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
0,	0,	N/C	N/C	N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb

10/07/2022 00:21

Fonte: Autor

Figura 140 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 100 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 610, Combo: COMB1_100C_LRFD Design Type: Beam
Length: 1220, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 1220, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
AlphaPr/Py=0,003 AlphaPr/Pe=0,004 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_100C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1220,	1,574	-2838,437	0,	3,836	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,153 = 0,002 + 0,151 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
1, 1, 2,207

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
1,574 243,826 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Minor Moment Moment Capacity No LTB Cb=1
-2838,437 18833,031 18833,031 16250,704

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	3,836	109,213	Force	
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK
			Ratio	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	3,836	3,836

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb 10/07/2022 00:21

Fonte: Autor

Figura 141 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 100 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1220, Combo: COMB1_100C_LRFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 877,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
AlphaPr/Py=0,237 AlphaPr/Pe=0,068 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_100C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-2838,437	0,	-2,426	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,431 = 0,297 + 0,134 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
1, 1, 1, 1,25

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-107,836	363,513	409,549

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-2838,437	18833,031	18833,031	18833,031
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	2,426	109,213	Force Capacity Ratio Check
Minor Shear	0,	150,118	0,022 OK OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb

10/07/2022 00:21

Fonte: Autor

Figura 142 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 100 °C do EGR1

SAP2000

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 1220,	Combo: COMB1_100C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 292,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8
AlphaPr/Py=0,237	AlphaPr/Pe=0,068 Tau_b=1,	EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_100C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1419,218	0,	-2,426	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,364 = 0,297 + 0,067 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-107,836	363,513	409,549

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-1419,218	18833,031	18833,031	18833,031
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status			Vu	phi*Vn	Stress	
			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	2,426	109,213	0,022	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb

10/07/2022 00:21

Fonte: Autor

Figura 143 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 200 °C do EGR1

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: COMB1_200C_LRSD	Design Type: Column
Length: 1170,	Y Mid: 0,	Shape: FSEC1	Frame Type: SMF
Loc : 1170,	Z Mid: 585,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis

D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	Reduction: Tau-b Fixed	
AlphaPr/Py=0,22	AlphaPr/Pe=0,279 Tau_b=1,	EA factor=0,8	EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=179,953	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_200C_LRSD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1170,	-100,164	-1444,823	0,	1,235	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,484 = 0,415 + 0,068 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,667

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-100,164	241,072	409,549

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	-1444,823	18833,031	18833,031	16068,391
Minor Moment				
	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,235	109,213	Force 0,011	Capacity OK
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Joint Design	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
	0,	0,	N/C	N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb

10/07/2022 00:48

Fonte: Autor

Figura 144 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 200 °C do EGR1

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 610, Combo: COMB1_200C_LRSD Design Type: Beam
 Length: 1220, Y Mid: 0, Shape: FSEC1 Frame Type: SMF
 Loc : 1220, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
 AlphaPr/Py=0,003 AlphaPr/Pe=0,004 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
 PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
 J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
 E=179,953 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
 RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_200C_LRSD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1220,	1,235	-3235,177	0,	3,836	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
 D/C Ratio: 0,173 = 0,002 + 0,172 + 0,
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
 1, 1, 2,168

Pu phi*Pnc phi*Pnt
 Force Capacity Capacity
 Axial 1,235 230,173 409,549

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
 Moment Capacity No LTB Cb=1
 Major Moment -3235,177 18833,031 18833,031 15833,1
 Minor Moment 0,

4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	3,836	109,213	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			Ratio
			Check

0,035 OK
 0, OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	3,836	3,836

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb

10/07/2022 00:49

Fonte: Autor

Figura 145 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 200 °C do EGR1

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1220, Combo: COMB1_200C_LRSD Design Type: Column
 Length: 585, Y Mid: 0, Shape: FSEC1 Frame Type: SMF
 Loc : 0, Z Mid: 877,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
 AlphaPr/Py=0,237 AlphaPr/Pe=0,075 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
 PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
 J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
 E=179,953 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
 RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_200C_LRSD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-3235,177	0,	-2,765	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
 D/C Ratio: 0,453 = 0,301 + 0,153 + 0,
 = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
 1, 1, 1, 1,25

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
 Force Capacity Capacity
 -107,836 358,728 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
 Moment Capacity No LTB Cb=1
 -3235,177 18833,031 18833,031 18821,296

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	2,765	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb

10/07/2022 00:49

Fonte: Autor

Figura 146 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 200 °C do EGR1

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 1220,	Combo: COMB1_200C_LRSD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: FSEC1	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 292,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis

D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed

AlphaPr/Py=0,237 AlphaPr/Pe=0,075 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=179,953	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_200C_LRSD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1617,589	0,	-2,765	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,377 = 0,301 + 0,076 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-107,836	358,728	409,549

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-1617,589	18833,031	18833,031	18821,296
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	2,765	109,213	Force 0,025	Capacity OK
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\EGR.sdb

10/07/2022 00:49

Fonte: Autor

Figura 147 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 300 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: 300C_LRFD	Design Type: Column
Length: 1170,	Y Mid: 0,	Shape: 300C	Frame Type: SMF
Loc : 1170,	Z Mid: 585,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,227 AlphaPr/Pe=0,315 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=159,958	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1170,	-100,164	-1191,019	0,	1,018	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,509 = 0,451 + 0,058 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force		Capacity	Capacity
Axial	-100,164	222,235	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Moment		Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-1191,019	18160,402	18160,402	14837,661
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	1,018	98,292	0,01
Minor Shear	0,	150,118	0,

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	0,	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:07

Fonte: Autor

Figura 148 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 300 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 610, Combo: 300C_LRFD Design Type: Beam
Length: 1220, Y Mid: 0, Shape: 300C Frame Type: SMF
Loc : 1220, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,002 AlphaPr/Pe=0,003 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=159,958 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1220,	1,018	-3488,981	0,	3,836	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,193 = 0,001 + 0,192 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 2,148

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
1,018 211,268 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-3488,981 18160,402 18160,402 14566,664
Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	3,836	98,292	Force Capacity Ratio Check 0,039 OK
Minor Shear	0,	150,118	0, OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	3,836	3,836

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:07

Fonte: Autor

Figura 149 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 300 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1220, Combo: 300C_LRFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: 300C Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 877,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,085 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=159,958 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-3488,981	0,	-2,982	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,485 = 0,314 + 0,171 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,25

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -107,836 343,277 396,815

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -3488,981 18160,402 18160,402 18008,316
Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	2,982	98,292	Force Capacity Ratio Check
Minor Shear	0,	150,118	0,03 OK OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb
07/09/2022 20:08

Fonte: Autor

Figura 150 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 300 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 1220,	Combo: 300C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 300C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 292,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,085 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=159,958	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1744,491	0,	-2,982	0,	0,

MM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,4 = 0,314 + 0,085 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-107,836	343,277	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-1744,491	18160,402	18160,402	18008,316
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	2,982	98,292	0,03
Minor Shear	0,	150,118	0,

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb
07/09/2022 20:08

Fonte: Autor

Figura 151 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 400 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: 400C_LRFD	Design Type: Column
Length: 1170,	Y Mid: 0,	Shape: 400C	Frame Type: SMF
Loc : 1170,	Z Mid: 585,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,227 AlphaPr/Pe=0,36 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=139,964	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1170,	-100,164	-999,931	0,	0,855	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,539 = 0,49 + 0,049 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-100,164	204,572	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-999,931	18160,402	18160,402	14226,231
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	0,855	98,292	0,009
Minor Shear	0,	150,118	0,

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	0,	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:13

Fonte: Autor

Figura 152 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 400 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 610, Combo: 400C_LRFD Design Type: Beam
Length: 1220, Y Mid: 0, Shape: 400C Frame Type: SMF
Loc : 1220, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,002 AlphaPr/Pe=0,003 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=139,964 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1220,	0,855	-3680,069	0,	3,836	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,204 = 0,001 + 0,203 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 2,039

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
0,855 193,076 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-3680,069 18160,402 18160,402 13923,15
Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	3,836	98,292	Force Capacity Ratio Check 0,039 OK
Minor Shear	0,	150,118	0, OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	3,836	3,836

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:13

Fonte: Autor

Figura 153 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 400 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 1220,	Combo: 400C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 400C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 877,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,097 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=139,964	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-3680,069	0,	-3,145	0,	0,

MM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,501 = 0,321 + 0,18 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,25

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force		Capacity	Capacity
Axial	-107,836	336,243	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Moment		Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-3680,069	18160,402	18160,402	17772,279
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	3,145	98,292	0,032
Minor Shear	0,	150,118	0,

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:14

Fonte: Autor

Figura 154 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 400 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 1220, Combo: 400C_LRFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: 400C Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 292,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,097 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=139,964 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1840,035	0,	-3,145	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,411 = 0,321 + 0,09 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -107,836 336,243 396,815

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -1840,035 18160,402 18160,402 17772,279
Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	3,145	98,292	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:14

Fonte: Autor

Figura 155 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 500 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: 500C_LRFD	Design Type: Column
Length: 1170,	Y Mid: 0,	Shape: 500C	Frame Type: SMF
Loc : 1170,	Z Mid: 585,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,227 AlphaPr/Pe=0,42 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=119,969	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1170,	-100,164	-904,391	0,	0,773	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,591 = 0,547 + 0,044 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-100,164	183,185	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-904,391	18160,402	18160,402	13440,839
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	0,773	98,292	0,008
Minor Shear	0,	150,118	0,

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	0,	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:29

Fonte: Autor

Figura 156 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 500 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 610, Combo: 500C_LRFD Design Type: Beam
Length: 1220, Y Mid: 0, Shape: 500C Frame Type: SMF
Loc : 1220, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,002 AlphaPr/Pe=0,004 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=119,969 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1220,	0,773	-3775,609	0,	3,836	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,209 = 0, + 0,208 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,987

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
0,773 171,232 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-3775,609 18160,402 18160,402 13097,685

Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	3,836	98,292	Force Capacity Ratio Check
Minor Shear	0,	150,118	0,039 OK OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	3,836	3,836

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:29

Fonte: Autor

Figura 157 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 500 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 1220,	Combo: 500C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 500C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 877,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,113 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=119,969	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-3775,609	0,	-3,227	0,	0,

MM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,514 = 0,33 + 0,185 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,25

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force		Capacity	Capacity
Axial	-107,836	327,087	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Moment		Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-3775,609	18160,402	18160,402	17455,734
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	3,227	98,292	0,033
Minor Shear	0,	150,118	0,

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:29

Fonte: Autor

Figura 158 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 500 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 1220,	Combo: 500C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 500C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 292,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,113 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=119,969	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1887,804	0,	-3,227	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,422 = 0,33 + 0,092 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-107,836	327,087	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-1887,804	18160,402	18160,402	17455,734
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	3,227	98,292	0,033
Minor Shear	0,	150,118	0,

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:30

Fonte: Autor

Figura 159 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 600 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: 600C_LRFD	Design Type: Column
Length: 1170,	Y Mid: 0,	Shape: 600C	Frame Type: SMF
Loc : 1170,	Z Mid: 585,	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Py=0,227 AlphaPr/Pe=0,812 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=61,984	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1170,	-100,164	-1448,974	0,	1,238	0,	0,

PMR DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 1,1 = 1,029 + 0,071 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Ltbt	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force -100,164	Capacity 97,36	Capacity 396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment -1448,974	Capacity 14020,587	No LTB 18160,402	Cb=1 8412,352
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	1,238	98,292	Force 0,013
Minor Shear	0,	150,118	Capacity 0,
			OK OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	0,	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb
07/09/2022 20:31

Fonte: Autor

Figura 160 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 600 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 610, Combo: 600C_LRFD Design Type: Beam
Length: 1220, Y Mid: 0, Shape: 600C Frame Type: SMF
Loc : 1220, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,003 AlphaPr/Pe=0,011 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=61,984 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1220,	1,238	-3231,026	0,	3,836	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,19 = 0,002 + 0,188 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 2,176

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
1,238 89,543 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-3231,026 17153,777 18160,402 7883,192
Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	3,836	98,292	Force Capacity Ratio Check 0,039 OK
Minor Shear	0,	150,118	0, OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	3,836	3,836

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:32

Fonte: Autor

Figura 161 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 600 °C do EGR1

Project

Job Number

Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK

(Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 4

Length: 585,

Loc : 0,

X Mid: 1220,

Y Mid: 0,

Z Mid: 877,5

Combo: 600C_LRFD

Shape: 600C

Class: Slender

Design Type: Column

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

D/C Limit=0,95

AlphaPr/Py=0,245

Analysis: Direct Analysis

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Pe=0,219

Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed

EA factor=0,8

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiS=0,9

PhiC=0,9

PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9

PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1278,96

J=12977,925

E=61,984

RLLF=1,

I33=3063128,321

I22=276013,597

Fy=0,345

Fu=0,448

r33=48,939

r22=14,691

Ry=1,1

S33=51052,139

S22=8625,425

z33=58532,076

z22=13422,216

Av3=672,

Av2=528,

Cw=892054553,8

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

0,

-107,836

-3231,026

0,

-2,762

0,

0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,555 = 0,396 + 0,158 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

2,

1,

1,

1,

1,

1,

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

Lltb

Kltb

Cb

LTB

1,

1,

1,25

Pu

Force

Axial

phi*Pnc

Capacity

272,07

phi*Pnt

Capacity

396,815

Mu

Moment

Major Moment

Minor Moment

phi*Mn

Capacity

18160,402

4164,432

phi*Mn

No LTB

18160,402

phi*Mn

Cb=1

15523,03

SHEAR CHECK

Vu

phi*Vn

Stress

Status

Force

Capacity

Ratio

Check

Major Shear

2,762

98,292

0,028

OK

Minor Shear

0,

150,118

0,

OK

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:33

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:32

Fonte: Autor

Figura 162 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 600 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 1220,	Combo: 600C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 600C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 292,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,219 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=61,984	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1615,513	0,	-2,762	0,	0,

MM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,475 = 0,396 + 0,079 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-107,836	272,07	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-1615,513	18160,402	18160,402	15523,03
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	2,762	98,292	0,028
Minor Shear	0,	150,118	0,

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:32

Fonte: Autor

Figura 163 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 700 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: 700C_LRFD	Design Type: Column
Length: 1170,	Y Mid: 0,	Shape: 700C	Frame Type: SMF
Loc : 1170,	Z Mid: 585,	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,227 AlphaPr/Pe=1,936 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=25,993	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1170,	-100,164	-1902,799	0,	1,626	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 2,56 = 2,453 + 0,107 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force		Capacity	Capacity
Axial	-100,164	40,828	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-1902,799	5879,535	15783,521	3527,721
Minor Moment	0,	3394,463		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	1,626	88,882	0,018
Minor Shear	0,	150,118	0,

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	120,54	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:56

Fonte: Autor

Figura 164 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 700 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 610, Combo: 700C_LRFD Design Type: Beam
Length: 1220, Y Mid: 0, Shape: 700C Frame Type: SMF
Loc : 1220, Z Mid: 1170, Class: Non-Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,004 AlphaPr/Pe=0,034 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=25,993 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1220,	1,626	-2777,201	0,	3,836	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,376 = 0,002 + 0,374 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 2,247

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
1,626 37,55 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-2777,201 7427,956 15783,521 3305,818
Minor Moment 0, 3394,463

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	3,836	88,882	Force Capacity Ratio Check 0,043 OK
Minor Shear	0,	150,118	0, OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	3,836	3,836

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:56

Fonte: Autor

Figura 165 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 700 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 1220,	Combo: 700C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 700C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 877,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,521 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=25,993	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-2777,201	0,	-2,374	0,	0,

PMR DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 0,852 = 0,696 + 0,156 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,25

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-107,836	154,94	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-2777,201	14194,494	15783,521	11355,595
Minor Moment	0,	3394,463		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	2,374	88,882	0,027
Minor Shear	0,	150,118	0,

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:56

Fonte: Autor

Figura 166 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 700 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 1220,	Combo: 700C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 700C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 292,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,521 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=25,993	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1388,601	0,	-2,374	0,	0,

MM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,774 = 0,696 + 0,078 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-107,836	154,94	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-1388,601	15783,521	15783,521	11355,595
Minor Moment	0,	3394,463		

SHEAR CHECK

			Vu	phi*Vn	Stress	
Status			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	2,374	88,882	0,027	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 20:57

Fonte: Autor

Fonte: Autor

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

190

Figura 168 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 800 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2	X Mid: 610,	Combo: 800C_LRFD	Design Type: Beam
Length: 1220,	Y Mid: 0,	Shape: 800C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Too Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,227 AlphaPr/Pe=2,797 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=17,995	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section is too slender -- (b/t) high
Design can not be completed for this section!

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 800C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	1,704	-2686,435	0,	3,836	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: -1, = 0, + 0, + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Ltbb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	2,277

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force 1,704	Capacity 0,	Capacity 0,

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment -2686,435	Capacity 0,	No LTB 14414,197	Cb=1 2442,248
Minor Moment	0,	0,		

SHEAR CHECK

		Vu	phi*Vn	Stress
Status		Force	Capacity	Ratio
Major Shear	1,704	0,	OK	
Minor Shear	0,	0,	OK	

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	3,836	3,836

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 21:09

Fonte: Autor

Figura 169 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 800 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 1220,	Combo: 800C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 800C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 877,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,753 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=17,995	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 800C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-2686,435	0,	-2,296	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 1,167 = 1,002 + 0,166 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,25

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force		Capacity	Capacity
Axial	-107,836	107,649	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-2686,435	10011,221	14414,197	8008,977
Minor Moment	0,	2950,883		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	2,296	73,954	0,031
Minor Shear	0,	150,118	0,

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 21:09

Fonte: Autor

Figura 170 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 800 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 1220,	Combo: 800C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 800C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 292,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,753 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=17,995	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 800C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1343,218	0,	-2,296	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 1,085 = 1,002 + 0,083 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force		Capacity	Capacity
Axial	-107,836	107,649	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-1343,218	13348,295	14414,197	8008,977
Minor Moment	0,	2950,883		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	2,296	73,954	0,031
Minor Shear	0,	150,118	0,

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 21:10

Fonte: Autor

Figura 171 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 900 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: 900C_LRFD	Design Type: Column
Length: 1170,	Y Mid: 0,	Shape: 900C	Frame Type: SMF
Loc : 1170,	Z Mid: 585,	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,227 AlphaPr/Pe=3,702 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=13,596	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1170,	-100,164	-2045,16	0,	1,748	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3b,H1-2)
D/C Ratio: 5,479 = 4,69 + 0,789 + 0,
= (Pr/Pcy) * (1.5 - 0.5*(Pr/Pcy)) + (Mr33/(Cb*Mc33))^2 + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3b,H1-2)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force -100,164	Capacity 21,356	Capacity 396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment -2045,16	Capacity 2302,865	No LTB 13142,493	Cb=1 1381,719
Minor Moment	0,	2553,513		

SHEAR CHECK

	Vu	phi*Vn	Stress
Status	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	1,748	64,282	OK
Minor Shear	0,	150,118	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	120,54	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 21:17

Fonte: Autor

Figura 172 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 900 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2	X Mid: 610,	Combo: 900C_LRFD	Design Type: Beam
Length: 1220,	Y Mid: 0,	Shape: 900C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Too Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,227 AlphaPr/Pe=3,702 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=13,596	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES

Error: Section is too slender -- (b/t) high
Design can not be completed for this section!

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	1,748	-2634,84	0,	3,836	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: -1, = 0, + 0, + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Ltbb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	2,304

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force 1,748	Capacity 0,	Capacity 0,

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment -2634,84	Capacity 0,	No LTB 13142,493	Cb=1 1381,719
Minor Moment	0,	0,		

SHEAR CHECK

		Vu	phi*Vn	Stress
Status		Force	Capacity	Ratio
Major Shear	1,748	0,	OK	
Minor Shear	0,	0,	OK	

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	3,836	3,836

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 21:18

Fonte: Autor

Figura 173 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 900 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 1220,	Combo: 900C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 900C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 877,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,996 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=13,596	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-2634,84	0,	-2,252	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 1,504 = 1,326 + 0,178 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,25

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force -107,836	Capacity 81,333	Capacity 396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment -2634,84	Capacity 6908,594	No LTB 13142,493	Cb=1 5526,876
Minor Moment	0,	2553,513		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	Force 2,252	Capacity 64,282	Ratio OK
Minor Shear	0,	150,118	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 21:18

Fonte: Autor

Figura 174 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 900 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 1220,	Combo: 900C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 900C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 292,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,996 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=13,596	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1317,42	0,	-2,252	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 1,415 = 1,326 + 0,089 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force		Capacity	Capacity
Axial	-107,836	81,333	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-1317,42	9211,459	13142,493	5526,876
Minor Moment	0,	2553,513		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	2,252	64,282	0,035
Minor Shear	0,	150,118	0,

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 21:18

Fonte: Autor

Figura 175 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 1000 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: 1000C_LRFD	Design Type: Column
Length: 1170,	Y Mid: 0,	Shape: 1000C	Frame Type: SMF
Loc : 1170,	Z Mid: 585,	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis

D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed

AlphaPr/Py=0,227 AlphaPr/Pe=5,594 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=8,998	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1170,	-100,164	-2122,53	0,	1,814	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 8,325 = 7,087 + 1,238 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force		Capacity	Capacity
Axial	-100,164	14,133	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-2122,53	1524,064	10960,735	914,439
Minor Moment	0,	1868,096		

SHEAR CHECK

Status			Vu	phi*Vn	Stress	
			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	1,814	52,295	0,035	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	120,54	0,	N/C	N/C

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 21:21

Fonte: Autor

Figura 176 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 1000 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2	X Mid: 610,	Combo: 1000C_LRFD	Design Type: Beam
Length: 1220,	Y Mid: 0,	Shape: 1000C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Too Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,227 AlphaPr/Pe=5,594 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=8,998	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES

Error: Section is too slender -- (b/t) high
Design can not be completed for this section!

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	1,814	-2557,47	0,	3,836	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: -1, = 0, + 0, + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	2,358

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force 1,814	Capacity 0,	Capacity 0,

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment -2557,47	Capacity 0,	No LTB 10960,735	Cb=1 914,439
Minor Moment	0,	0,		

SHEAR CHECK

		Vu	phi*Vn	Stress
Status		Force	Capacity	Ratio
Major Shear	1,814	0,	OK	
Minor Shear	0,	0,	OK	

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	3,836	3,836

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 21:21

Fonte: Autor

Figura 177 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 1000 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 1220,	Combo: 1000C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 1000C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 877,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=1,506 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=8,998	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-2557,47	0,	-2,186	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3b,H1-2)
D/C Ratio: 2,316 = 2,003 + 0,313 + 0,
= (Pr/PCy) * (1.5 - 0.5*(Pr/PCy)) + (Mr33/(Cb*Mc33))^2 +
(Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3b,H1-2)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Ltbb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,25

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-107,836	53,827	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-2557,47	4572,193	10960,735	3657,754
Minor Moment	0,	1868,096		

SHEAR CHECK

			Vu	phi*Vn	Stress	
Status			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	2,186	52,295	0,042	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 21:22

Fonte: Autor

Figura 178 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 1000 °C do EGR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 1220, Combo: 1000C_LRFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: 1000C Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 292,5 Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=1,506 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=8,998 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1278,735	0,	-2,186	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 2,107 = 2,003 + 0,104 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-107,836	53,827	396,815

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-1278,735	6096,257	10960,735	3657,754
Minor Moment	0,	1868,096		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	2,186	52,295	Force 0,042 OK
Minor Shear	0,	150,118	Force 0, OK

	Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	2,186	52,295	0,042	OK
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

07/09/2022 21:22

Fonte: Autor

APÊNDICE D – Resultados das análises dos SAP das do pórtico ZSR1 com aplicação das cargas de temperaturas a e combinações de projeto.

Figura 179 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 22 °C do ZSR1

SAP2000		Project _____
		Job Number _____
		Engineer _____
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)		
Units : KN, mm, C		
Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: COMB1_22C_LRFD Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 1180,	Z Mid: 590,	Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,255	AlphaPr/Pe=0,295 Tau_b=1,	EA factor=0,8 EI factor=0,8
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9
		PhiTF=0,75
A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1
RLLF=1,	Fu=0,448	
		S33=53000,
		S22=8656,25
		z33=60700,
		z22=13600,
		Av3=672,
		Av2=528,
		Cw=895242529,5
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_22C_LRFD)		
Location	Pu	Mu33
1180,	-115,916	-1553,048
		Mu22
		0,
		Vu2
		1,316
		Vu3
		0,
		Tu
		0,
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)		
D/C Ratio: 0,533 = 0,46 + 0,073 + 0,		
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)		
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)		
Factor	L	K1
Major Bending	1,	1,
Minor Bending	1,	1,
		K2
		1,
		B1
		1,
		B2
		1,
		Cm
		0,6
		1,
	Lltb	Kltb
	1,	1,
		Cb
		1,667
	Pu	phi*Pnc
	Force	Capacity
	-115,916	252,12
		phi*Pnt
		Capacity
		409,549
	Mu	phi*Mn
	Moment	Capacity
	-1553,048	18833,031
		phi*Mn
		No LTB
		18833,031
		phi*Mn
		Cb=1
		16421,159
	Major Moment	
	Minor Moment	
	0,	4219,592
SHEAR CHECK		
		Vu
		phi*Vn
		Stress
Status		Force
		Capacity
		Ratio
		Check
	Major Shear	1,316
	Minor Shear	0,
		109,213
		0,012
		0,
		OK
		OK
CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS		
	Cont Pl	Dbl Pl
	Area	Thick
	0,	0,
		BC Ratio
		Major
		N/C
		BC Ratio
		Minor
		N/C
	Joint Design	

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\ZSR.sdb

10/07/2022 01:15

Figura 180 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 22 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 600, Combo: COMB1_22C_LRFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1180, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,003 AlphaPr/Pe=0,003 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_22C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	1,316	1553,048	0,	2,484	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,084 = 0,002 + 0,082 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
1, 1, 2,26

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
1,316 247,973 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
1553,048 18833,031 18833,031 16335,931

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	2,484	109,213	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			Ratio
			Check

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	2,484	2,484

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\ZSR.sdb

10/07/2022 01:15

Fonte: Autor

Figura 181 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura de 22 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 1200, Combo: COMB1_22C_LRFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,261 AlphaPr/Pe=0,303 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_22C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-118,963	-2293,88	0,	-1,944	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,58 = 0,472 + 0,108 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB LtB Kltb Cb
1, 1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -118,963 252,12 409,549

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -2293,88 18833,031 18833,031 16421,159
Minor Moment 0,

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,944	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\ZSR.sdb

10/07/2022 01:15

Figura 182 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 22 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1800, Combo: COMB1_22C_LRFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 1200, Z Mid: 1180, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,007 AlphaPr/Pe=0,009 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_22C_LRFD)
Location Pu Mu33 Mu22 Vu2 Vu3 Tu
1200, 3,26 -1439,472 0, 1,921 0, 0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,08 = 0,004 + 0,076 + 0,
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)
Factor L K1 K2 B1 B2 Cm
Major Bending 1, 1, 1, 1, 1, 1,
Minor Bending 1, 1, 1, 1, 1, 1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1, 2,203

 Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial 3,26 247,973 409,549

 Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -1439,472 18833,031 18833,031 16335,931
Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	
	Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	1,921	109,213	0,018	OK
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	1,921	1,921

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\ZSR.sdb

10/07/2022 01:16

Fonte: Autor

Figura 183 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 22 °C do ZSR1

SAP2000

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 2400,	Combo: COMB1_22C_LRFD	Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8
AlphaPr/Py=0,264	AlphaPr/Pe=0,306 Tau_b=1,	EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_22C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-120,321	-1439,472	0,	-1,22	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,545 = 0,477 + 0,068 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,667

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-120,321	252,12	409,549

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	-1439,472	18833,031	18833,031	16421,159
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,22	109,213	Force 0,011	Capacity OK
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\ZSR.sdb

10/07/2022 01:16

Fonte: Autor

Fonte: Autor

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis_IPE120\ZSR.sdb

207

Figura 185 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 100 °C do ZSR1

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 600, Combo: COMB1_100C_LRFD Design Type: Beam
 Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
 Loc : 1200, Z Mid: 1180, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
 AlphaPr/Py=0,003 AlphaPr/Pe=0,004 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
 PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
 J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
 E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
 RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_100C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	1,376	-2595,395	0,	3,516	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
 D/C Ratio: 0,139 = 0,002 + 0,138 + 0,
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB Lltb Kltb Cb
 1, 1, 1, 2,202

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
 Force Capacity Capacity
 1,376 247,973 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
 -2595,395 Moment Capacity No LTB Cb=1
 Minor Moment 0, 18833,031 18833,031 16335,931

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	3,516	109,213	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			Ratio
			Check

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	3,516	3,516

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\ZSR.sdb

10/07/2022 01:26

Fonte: Autor

Figura 186 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura de 100 °C do ZSR1

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 3	X Mid: 1200,	Combo: COMB1_100C_LRFD	Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis

D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed

AlphaPr/Py=0,266 AlphaPr/Pe=0,308 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_100C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-121,026	-2610,967	0,	-2,213	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,603 = 0,48 + 0,123 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,667

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-121,026	252,12	409,549

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	-2610,967	18833,031	18833,031	16421,159
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	2,213	109,213	Force	
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	
			OK	
			OK	

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\ZSR.sdb
10/07/2022 01:26

Fonte: Autor

Figura 187 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 100 °C do ZSR1

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 1800,	Combo: COMB1_100C_LRFD	Design Type: Beam
Length: 1200,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 1200,	Z Mid: 1180,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8
AlphaPr/Py=0,008	AlphaPr/Pe=0,009 Tau_b=1,	EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1_100C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	3,588	-1052,129	0,	0,89	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)

D/C Ratio: 0,06 = 0,004 + 0,056 + 0,

= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,691

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force 3,588	Capacity 247,973	Capacity 409,549

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment -1052,129	Capacity 18833,031	No LTB 18833,031	Cb=1 16335,931
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	0,89	109,213	0,008
Minor Shear	0,	150,118	0,

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	0,89	0,89

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis IPE120\ZSR.sdb

10/07/2022 01:27

Fonte: Autor

Fonte: Autor

C:\Users\Giovane\Desktop\UFOB\TCC\Perfis_IPE120\ZSR.sdb

211

Figura 189 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 200 °C do ZSR1

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: 200 LRFD	Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE 120*	Frame Type: SMF
Loc : 1180,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8
AlphaPr/Py=0,259	AlphaPr/Pe=0,324 Tau_b=1,	EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=179,953	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 200 LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1180,	-113,995	-1635,228	0,	1,386	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,565 = 0,485 + 0,08 + 0,
 = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	-113,995	234,934	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-1635,228	18160,402	18160,402	15276,547
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	1,386	98,292	0,014
Minor Shear	0,	150,118	0,

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	0,	0,	N/C	N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:11

Fonte: Autor

Figura 190 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 200 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 2	X Mid: 0,6	Combo: 200 LRFD	Design Type: Beam
Length: 1,2	Y Mid: 0,	Shape: IPE 120*	Frame Type: SMF
Loc : 1,2	Z Mid: 1,18	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Py=0,003 AlphaPr/Pe=0,004 Tau_b=1, Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=0,001	I33=3,063E-06	r33=0,049	S33=5,105E-05	Av3=6,720E-04
J=0,	I22=0,	r22=0,015	S22=8,625E-06	Av2=5,280E-04
E=179953200,	Fy=344737,894	Ry=1,1	z33=5,853E-05	Cw=0,
RLLF=1,	Fu=448159,263		z22=1,342E-05	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 200 LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1,2	1,386	-3,651	0,	4,405	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,203 = 0,002 + 0,201 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb	Lltb	Kltb	Cb
1,	1,	1,	2,169

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force 1,386	Capacity 230,762	Capacity 396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment -3,651	Capacity 18,16	No LTB 18,16	Cb=1 15,179
Minor Moment	0,	4,164		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	Force 4,405	Capacity 98,292	Ratio 0,045
Minor Shear	0,	150,118	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	4,405	4,405

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:13

Fonte: Autor

Figura 191 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura de 200 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 1200, Combo: 200 LRFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,279 AlphaPr/Pe=0,349 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=179,953 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 200 LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-122,805	-2837,364	0,	-2,405	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,662 = 0,523 + 0,139 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1, 1,667

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
-122,805 234,934 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-2837,364 18160,402 18160,402 15276,547

Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	2,405	98,292	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:15

Figura 192 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 200 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1800, Combo: 200 LRFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 1200, Z Mid: 1180, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,008 AlphaPr/Pe=0,01 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 200 LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	3,79	-813,807	0,	4,776E-05	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,054 = 0,005 + 0,05 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,005

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
3,79 247,973 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Minor Moment Moment Capacity No LTB Cb=1
-813,807 16417,747 18833,031 16335,931
0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	4,776E-05	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	4,776E-05	4,776E-05

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:15

Figura 193 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 200 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1800, Combo: 200 LRFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 1200, Z Mid: 1180, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,008 AlphaPr/Pe=0,01 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 200 LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	3,79	-813,807	0,	4,776E-05	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,054 = 0,005 + 0,05 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,005

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
3,79 247,973 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-813,807 16417,747 18833,031 16335,931

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	4,776E-05	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	4,776E-05	4,776E-05

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:15

Figura 194 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 300 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1 X Mid: 0, Combo: 300C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 1180, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,257 AlphaPr/Pe=0,362 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=159,958 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1180,	-113,203	-1681,073	0,	1,425	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,597 = 0,514 + 0,082 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1, 1,667

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
-113,203 220,035 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-1681,073 18160,402 18160,402 14783,472

Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,425	98,292	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Joint Design	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
0,	0,	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:17

Figura 195 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 300 °C do ZSR1

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1 X Mid: 0, Combo: 300C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 1180, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Py=0,257 AlphaPr/Pe=0,362 Tau_b=1, Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=159,958 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LRFFD)

Location Pu Mu33 Mu22 Vu2 Vu3 Tu
1180, -113,203 -1681,073 0, 1,425 0, 0,

FPM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,597 = 0,514 + 0,082 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor L K1 K2 B1 B2 Cm
Major Bending 1, 1, 1, 1, 1, 0,6
Minor Bending 1, 1, 1, 1, 1, 1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -113,203 220,035 396,815

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -1681,073 18160,402 18160,402 14783,472
Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status Vu phi*Vn Stress
Major Shear 1,425 98,292 Force 0,014 Capacity OK Ratio Check
Minor Shear 0, 150,118 0, OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Cont Pl Dbl Pl BC Ratio BC Ratio
Area Thick Major Minor
Joint Design 0, 0, N/C N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:17

Fonte: Autor

Figura 196 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura de 300 °C do ZSR1

Project _____	
Job Number _____	
Engineer _____	
SAP2000	
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)	
Units : KN, mm, C	
Frame : 3	X Mid: 1200, Combo: 300C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0, Shape: IPE I20* Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Py=0,282	AlphaPr/Pe=0,397 Tau_b=1, Reduction: Tau-b Fixed
	EA factor=0,8 EI factor=0,8
PhiB=0,9	PhiC=0,9
PhiS=0,9	PhiS-RI=1, PhiTY=0,9
	PhiST=0,9
A=1278,96	I33=3063128,321 r33=48,939
J=12977,925	I22=276013,597 r22=14,691
E=159,958	Fy=0,345 Ry=1,1
RLLF=1,	Fu=0,448
	S33=51052,139 Av3=672,
	S22=8625,425 Av2=528,
	z33=58532,076 Cw=892054553,8
	z22=13422,216
STRESS CHECK FORCES & MOMENTIS (Combo 300C_LRFFD)	
Location	Pu Mu33 Mu22 Vu2 Vu3 Tu
0,	-124,389 -2996,916 0, -2,54 0, 0,
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)	
D/C Ratio: 0,712 = 0,565 + 0,147 + 0,	
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)	
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)	
Factor	L K1 K2 B1 B2 Cm
Major Bending	1, 1, 1, 1, 1, 0,6
Minor Bending	1, 1, 1, 1, 1, 1,
	Lltb Kltb Cb
LTB	1, 1, 1,667
	Pu phi*Pnc phi*Pnt
	Force Capacity Capacity
Axial	-124,389 220,035 396,815
	Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
	Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment	-2996,916 18160,402 18160,402 14783,472
Minor Moment	0, 4164,432
SHEAR CHECK	
Status	Vu phi*Vn Stress
	Force Capacity Ratio Check
Major Shear	2,54 98,292 0,026 OK
Minor Shear	0, 150,118 0, OK

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:17

Fonte: Autor

Figura 197 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 300 °C do ZSR1

Project

Job Number

Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK

(Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 4

Length: 1200,

Loc : 0,

X Mid: 1800,

Y Mid: 0,

Z Mid: 1180,

Combo: 300C_LRFFD

Shape: IPE120

Class: Compact

Design Type: Beam

Frame Type: SMF

Prncpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

D/C Limit=0,95

AlphaPr/Py=0,009

Analysis: Direct Analysis

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Pe=0,01 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed

EA factor=0,8

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiS=0,9

PhiC=0,9

PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9

PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1320,

J=16900,

E=199,948

RLLF=1,

I33=3180000,

I22=277000,

Fy=0,345

Fu=0,448

r33=49,082

r22=14,486

Ry=1,1

S33=53000,

S22=8656,25

z33=60700,

z22=13600,

Av3=672,

Av2=528,

Cw=895242529,5

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LRFFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

0,

3,964

-1558,435

0,

-0,792

0,

0,

FPM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)

D/C Ratio: 0,088 = 0,005 + 0,083 + 0,

= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

LTB

Lltb

Kltb

Cb

1,

1,

1,329

Axial

Pu

Force

3,964

phi*Pnc

Capacity

247,973

phi*Pnt

Capacity

409,549

Major Moment

Minor Moment

-1558,435

0,

phi*Mn

Capacity

18833,031

4219,592

phi*Mn

No LTB

18833,031

phi*Mn

Cb=1

16335,931

SHEAR CHECK

Status

Vu

phi*Vn

Stress

Major Shear

0,792

109,213

Force

0,007

Capacity

OK

Ratio

Check

Minor Shear

0,

150,118

0,

OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

VMajor

Left

Right

Major (V2)

0,792

0,792

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:18

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:18

Figura 198 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 300 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 2400,	Combo: 300C_LRFFD	Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,258 AlphaPr/Pe=0,3 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-117,608	-608,411	0,	-0,516	0,	0,

PMN DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,495 = 0,466 + 0,029 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	-117,608	252,12	409,549

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	-608,411	18833,031	18833,031	16421,159
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

			Vu	phi*Vn	Stress	
Status			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	0,516	109,213	0,005	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb
08/12/2022 20:18

Fonte: Autor

Figura 199 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 400 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1 X Mid: 0, Combo: 400C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 1180, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,255 AlphaPr/Pe=0,411 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=139,964 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1180,	-112,626	-1722,592	0,	1,46	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,641 = 0,557 + 0,084 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
-112,626 202,258 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-1722,592 18160,402 18160,402 14165,601

Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,46	98,292	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Joint Design	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
0,	0,	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:25

Figura 200 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 400 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2	X Mid: 600,	Combo: 400C_LRFFD	Design Type: Beam
Length: 1200,	Y Mid: 0,	Shape: IPE 120*	Frame Type: SMF
Loc : 1200,	Z Mid: 1180,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,003 AlphaPr/Pe=0,006 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=139,964	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	1,46	-5206,683	0,	5,774	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,289 = 0,002 + 0,287 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb	Lltb	Kltb	Cb
1,	1,	1,	2,144

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	1,46	197,652	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
	-5206,683	18160,402	18160,402	14044,368
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	5,774	98,292	0,059
Minor Shear	0,	150,118	0,

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	5,774	5,774

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb
08/12/2022 20:26

Figura 201 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura de 400 °C do ZSR1

Project			
Job Number			
Engineer			
SAP2000			
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)			
Units : KN, mm, C			
Frame : 3	X Mid: 1200,	Combo: 400C_LRFFD	Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE 120*	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8 EI factor=0,8	
AlphaPr/Py=0,285	AlphaPr/Pe=0,458 Tau_b=1,		
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425
E=139,964	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400C_LRFFD)			
Location	Pu	Mu33	Mu22
0,	-125,543	-3057,016	0,
			Vu2
			-2,591
			Vu3
			0,
			Tu
			0,
PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)			
D/C Ratio: 0,77 = 0,621 + 0,15 + 0,			
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)			
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)			
Factor	L	K1	K2
Major Bending	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,
			B1
			1,
			B2
			1,
			Cm
			0,6
			1,
LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,667
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-125,543	202,258	396,815
	Mu	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB
Major Moment	-3057,016	18160,402	18160,402
Minor Moment	0,	4164,432	phi*Mn
			Cb=1
			14165,601
SHEAR CHECK			
Status		Vu	phi*Vn
		Force	Capacity
Major Shear	2,591	98,292	0,026
Minor Shear	0,	150,118	0,
			OK
			OK
		Stress	Ratio
			Check

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:26

Fonte: Autor

Figura 202 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 400 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 1800,	Combo: 400C_LRFFD	Design Type: Beam
Length: 1200,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1180,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,009 AlphaPr/Pe=0,011 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	4,051	-2149,668	0,	-1,369	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,119 = 0,005 + 0,114 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,448

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	4,051	247,973	409,549

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
	-2149,668	18833,031	18833,031	16335,931
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	Force	Capacity	Ratio
Minor Shear	1,369	109,213	0,013
	0,	150,118	0,
			OK
			OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	1,369	1,369

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb
08/12/2022 20:26

Fonte: Autor

Figura 203 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 400 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 2400, Combo: 400C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,287 AlphaPr/Pe=0,298 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 400C_LRFFD)
Location Pu Mu33 Mu22 Vu2 Vu3 Tu
0, -117,031 -506,792 0, -0,429 0, 0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,488 = 0,464 + 0,024 + 0,
= (Pr/Pr) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)
Factor L K1 K2 B1 B2 Cm
Major Bending 1, 1, 1, 1, 1, 0,6
Minor Bending 1, 1, 1, 1, 1, 1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
-117,031 252,12 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-506,792 18833,031 18833,031 16421,159

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status Vu phi*Vn Stress

Major Shear 0,429 109,213 Force Capacity Ratio Check
0, 150,118 0,004 OK OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:27

Fonte: Autor

Figura 204 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 500 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1 X Mid: 0, Combo: 500C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE I20* Frame Type: SMF
Loc : 1180, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
AlphaPr/Py=0,255 AlphaPr/Pe=0,478 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=119,969 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLIF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1180,	-112,301	-1742,037	0,	1,476	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,707 = 0,621 + 0,085 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Axial Pu Force phi*Pnc Capacity phi*Pnt Capacity

-112,301 180,77 396,815

Major Moment Mu Moment phi*Mn Capacity phi*Mn No LTB phi*Mn Cb=1

-1742,037 18160,402 18160,402 13372,199

Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	1,476	98,292	Force 0,015 Capacity OK Ratio Check
Minor Shear	0,	150,118	0, OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Joint Design	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
0,	0,	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:55

Fonte: Autor

Figura 205 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 500 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2	X Mid: 600,	Combo: 500C_LRFFD	Design Type: Beam
Length: 1200,	Y Mid: 0,	Shape: IPE I20*	Frame Type: SMF
Loc : 1200,	Z Mid: 1180,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,003 AlphaPr/Pe=0,007 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=119,969	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	1,476	-5577,044	0,	6,099	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,309 = 0,002 + 0,307 + 0,
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	2,112

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	1,476	175,976	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
	-5577,044	18160,402	18160,402	13234,937
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	Force	Capacity	Ratio
Minor Shear	0,062	OK	Check
	0,	OK	

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	6,099	6,099

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:55

Fonte: Autor

Figura 206 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura de 500 °C do ZSR1 Fonte: Autor

SAP2000

```

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK      (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3          X Mid: 1200,        Combo: 500C_LRFFD      Design Type: Column
Length: 1180,      Y Mid: 0,          Shape: IPE 120*      Frame Type: SMF
Loc : 0,           Z Mid: 590,        Class: Compact     Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD    Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95    2nd Order: General 2nd Order      Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,286  AlphaPr/Pe=0,538  Tau_b=1,          EA factor=0,8      EI factor=0,8

PhiB=0,9           PhiC=0,9           PhiTY=0,9          PhiTF=0,75
PhiS=0,9           PhiS-RI=1,         PhiST=0,9

A=1278,96          I33=3063128,321    r33=48,939         S33=51052,139      Av3=672,
J=12977,925        I22=276013,597    r22=14,691         S22=8625,425      Av2=528,
E=119,969          Fy=0,345          Ry=1,1             z33=58532,076      Cw=892054553,8
RLLF=1,            Fu=0,448          z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFFD)
Location          Pu          Mu33          Mu22          Vu2          Vu3          Tu
0,                -126,193    -3015,559      0,            -2,556       0,          0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,846 = 0,698 + 0,148 + 0,
              = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)
Factor            L            K1            K2            B1            B2            Cm
Major Bending     1,           1,           1,           1,           1,           0,6
Minor Bending     1,           1,           1,           1,           1,           1,

Ltb              Lltb          Kltb          Cb
LTB              1,           1,           1,667

Pu              phi*Pnc        phi*Pnt
Force           Capacity       Capacity
Axial           -126,193      180,77        396,815

Mu              phi*Mn         phi*Mn        phi*Mn
Moment          Capacity       No LTB        Cb=1
Major Moment    -3015,559     18160,402     18160,402    13372,199
Minor Moment    0,           4164,432

SHEAR CHECK
Status          Vu          phi*Vn        Stress
Major Shear    2,556       98,292        Force        Capacity     Ratio      Check
Minor Shear    0,          150,118       0,026        OK           OK


```

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb
08/12/2022 20:56

Fonte: Autor

Figura 207 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 500 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1800, Combo: 500C_LRFFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1180, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,009 AlphaPr/Pe=0,011 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	4,032	-2561,485	0,	-1,694	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,141 = 0,005 + 0,136 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1, 1,473

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
4,032 247,973 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
-2561,485 Moment Capacity No LTB Cb=1
Minor Moment 0, 4219,592 18833,031 16335,931

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,694	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	1,694	1,694

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:56

Figura 208 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 500 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 2400, Combo: 500C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,256 AlphaPr/Pe=0,297 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-116,706	-528,804	0,	-0,448	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,488 = 0,463 + 0,025 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1, 1,667

Axial Pu Force phi*Pnc Capacity phi*Pnt Capacity

-116,706 252,12 409,549

Major Moment Mu Moment phi*Mn Capacity phi*Mn No LTB phi*Mn Cb=1
-528,804 18833,031 18833,031 16421,159

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	0,448	109,213	Force 0,004 Capacity OK Ratio	OK
Minor Shear	0,	150,118	Force 0, Capacity OK Ratio	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:56

Figura 209 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 600 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1 X Mid: 0, Combo: 600C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 1180, Z Mid: 590, Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,26 AlphaPr/Pe=0,944 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=61,984 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFFD)
Location Pu Mu33 Mu22 Vu2 Vu3 Tu
1180, -114,431 -1224,693 0, 1,038 0, 0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 1,255 = 1,196 + 0,06 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)
Factor L K1 K2 B1 B2 Cm
Major Bending 1, 1, 1, 1, 1, 0,6
Minor Bending 1, 1, 1, 1, 1, 1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Force Pu phi*Pnc phi*Pnt
Capacity -114,431 95,717 396,815

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -1224,693 13835,56 18160,402 8301,336
Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK
Status Vu phi*Vn Stress
Major Shear 1,038 98,292 Force Capacity Ratio Check
Minor Shear 0, 150,118 0,011 OK OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS
Cont Pl Dbl Pl BC Ratio BC Ratio
Area Thick Major Minor
Joint Design 0, 0, N/C N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:58

Fonte: Autor

Figura 210 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 600 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 600, Combo: 600C_LRFFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 1200, Z Mid: 1180, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,002 AlphaPr/Pe=0,009 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=61,984 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	1,038	-3538,06	0,	3,969	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,204 = 0,001 + 0,203 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 2,155

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
1,038 92,553 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-3538,06 17425,505 18160,402 8087,258

Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	3,969	98,292	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	3,969	3,969

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:58

Figura 211 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura de 500 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 1200, Combo: 600C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 590, Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,277 AlphaPr/Pe=1,005 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=61,984 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-121,933	-2113,179	0,	-1,791	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 1,377 = 1,274 + 0,103 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -121,933 95,717 396,815

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -2113,179 13835,56 18160,402 8301,336
Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,791	98,292	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:58

Figura 212 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 600 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1800, Combo: 600C_LRFFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 1200, Z Mid: 1180, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,006 AlphaPr/Pe=0,007 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	2,829	-1948,529	0,	0,436	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,11 = 0,003 + 0,106 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,125

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
2,829 247,973 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-1948,529 18371,55 18833,031 16335,931

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	0,436	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0,436	0,436

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:59

Figura 213 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 600 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 2400, Combo: 600C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,261 AlphaPr/Pe=0,303 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-118,836	-1948,529	0,	-1,651	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,563 = 0,471 + 0,092 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
-118,836 252,12 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-1948,529 18833,031 18833,031 16421,159

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,651	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 20:59

Figura 214 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 700 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1 X Mid: 0, Combo: 700C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 1180, Z Mid: 590, Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,265 AlphaPr/Pe=2,297 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=25,993 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1180,	-116,805	-480,989	0,	0,408	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 2,937 = 2,91 + 0,027 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -116,805 40,139 396,815

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -480,989 5801,998 15783,547 3481,199
Minor Moment 0, 3394,471

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	0,408	88,882	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	0,	0,	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:01

Fonte: Autor

Figura 215 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 700 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 600, Combo: 700C_LRFFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 1200, Z Mid: 1180, Class: Non-Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,001 AlphaPr/Pe=0,008 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=25,993 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	0,408	-1433,133	0,	1,595	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,197 = 0, + 0,196 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 2,152

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
0,408 38,812 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-1433,133 7298,828 15783,547 3391,425

Minor Moment 0, 3394,471

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,595	88,882	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	1,595	1,595

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:02

Figura 216 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura de 700 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 1200, Combo: 700C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 590, Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,266 AlphaPr/Pe=2,304 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=25,993 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-117,185	-1189,119	0,	-1,008	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 2,986 = 2,919 + 0,067 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -117,185 40,139 396,815

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -1189,119 5801,998 15783,547 3481,199
Minor Moment 0, 3394,471

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	1,008	88,882	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:02

Figura 217 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 700 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1800, Combo: 700C_LRFFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 1200, Z Mid: 1180, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,003 AlphaPr/Pe=0,004 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	1,415	-3616,292	0,	2,81	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,194 = 0,002 + 0,192 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,598

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
1,415 247,973 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-3616,292 18833,031 18833,031 16335,931

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	2,81	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	2,81	2,81

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:02

Figura 218 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 700 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 2400, Combo: 700C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,266 AlphaPr/Pe=0,309 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-121,21	-3616,292	0,	-3,065	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,651 = 0,481 + 0,171 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -121,21 252,12 409,549

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -3616,292 18833,031 18833,031 16421,159
Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	3,065	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:03

Figura 219 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 800 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1 X Mid: 0, Combo: 800C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 1180, Z Mid: 590, Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,266 AlphaPr/Pe=3,334 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=17,995 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 800C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1180,	-117,383	-261,921	0,	0,222	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 4,24 = 4,224 + 0,016 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB

	Lltb	Kltb	Cb
1,	1,	1,667	

Axial

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
-117,383	27,788	396,815	

Major Moment

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
-261,921	4016,703	14414,197	2410,022	

Minor Moment

	0,	2950,883		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	0,222	73,954	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
Joint Design	0,	0,	N/C	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:05

Fonte: Autor

Figura 220 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 700 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 600, Combo: 800C_LRFFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1180, Class: Too Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,266 AlphaPr/Pe=3,334 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=17,995 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section is too slender -- (b/t) high
Design can not be completed for this section!

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 800C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	0,222	-958,876	0,	1,017	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: -1, = 0, + 0, + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	2,044

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	0,222	0,	0,

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-958,876	0,	14414,197	2410,022
Minor Moment	0,	0,		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	0,222	0,	OK
Minor Shear	0,	0,	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	1,017	1,017

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:05

Figura 221 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura de 800 °C do ZSR1

SAP2000

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK

Units : KN, mm, C

(Summary for Combo and Station)

Frame : 3
 Length: 1180,
 Loc : 0,

X Mid: 1200,
 Y Mid: 0,
 Z Mid: 590,

Combo: 800C_LRFFD
 Shape: IPE 120*
 Class: Slender

Design Type: Column
 Frame Type: SMF
 Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8	EI factor=0,8
AlphaPr/Py=0,263	AlphaPr/Pe=3,296 Tau_b=1,		

PhiB=0,9
 PhiS=0,9

PhiC=0,9
 PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9
 PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=17,995	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 800C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-116,029	-907,569	0,	-0,769	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)

D/C Ratio: 4,231 = 4,175 + 0,056 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,667

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-116,029	27,788	396,815

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	-907,569	4016,703	14414,197	2410,022
Minor Moment	0,	2950,883		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
	Force	Capacity	Ratio	
Major Shear	0,769	73,954	0,01	OK
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:05

Fonte: Autor

Figura 222 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 800 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1800, Combo: 800C_LRFFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 1200, Z Mid: 1180, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,002 AlphaPr/Pe=0,003 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 800C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	0,991	-4116,91	0,	3,388	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,22 = 0,001 + 0,219 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,655

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
0,991 247,973 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-4116,91 18833,031 18833,031 16335,931

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	3,388	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	3,388	3,388

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:06

Figura 223 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 800 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 2400, Combo: 800C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,268 AlphaPr/Pe=0,31 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 800C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-121,788	-4116,91	0,	-3,489	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,677 = 0,483 + 0,194 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1, 1,667

Axial Pu Force phi*Pnc Capacity phi*Pnt Capacity

-121,788 252,12 409,549

Major Moment Mu Moment phi*Mn Capacity phi*Mn No LTB phi*Mn Cb=1
-4116,91 18833,031 18833,031 16421,159

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	3,489	109,213	Force 0,032	OK
Minor Shear	0,	150,118	Force 0,	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:06

Figura 224 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 900 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1 X Mid: 0, Combo: 900C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 1180, Z Mid: 590, Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,267 AlphaPr/Pe=4,426 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=13,596 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1180,	-117,726	-126,037	0,	0,107	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 5,616 = 5,607 + 0,009 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -117,726 20,995 396,815

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -126,037 2263,999 13142,493 1358,399
Minor Moment 0, 2553,513

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	0,107	64,282	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	0,	0,	N/C

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:07

Fonte: Autor

Figura 225 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 900 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 600, Combo: 900C_LRFFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1180, Class: Too Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,267 AlphaPr/Pe=4,426 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=13,596 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section is too slender -- (b/t) high
Design can not be completed for this section!

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	0,107	-683,052	0,	0,674	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: -1, = 0, + 0, + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,904

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	0,107	0,	0,

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-683,052	0,	13142,493	1358,399
Minor Moment	0,	0,		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	0,107	0,	OK
Minor Shear	0,	0,	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0,674	0,674

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:07

Figura 226 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura de 900 °C do ZSR1

SAP2000

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3	X Mid: 1200,	Combo: 900C_LRFFD	Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE 120*	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8	EI factor=0,8
AlphaPr/Py=0,262	AlphaPr/Pe=4,336 Tau_b=1,		

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=13,596	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-115,343	-728,299	0,	-0,617	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3b,H1-2)

D/C Ratio: 5,597 = 5,494 + 0,103 + 0,

= (Pr/Pcy)*(1.5 - 0.5*(Pr/Pcy)) + (Mr33/(Cb*Mc33))^2 + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3b,H1-2)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,667

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-115,343	20,995	396,815

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	-728,299	2263,999	13142,493	1358,399
Minor Moment	0,	2553,513		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	0,617	64,282	Force 0,01	Capacity OK
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:07

Figura 227 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 900 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1800, Combo: 900C_LRFFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 1200, Z Mid: 1180, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,002 AlphaPr/Pe=0,002 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	0,724	-4432,064	0,	3,731	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,236 = 0, + 0,235 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LtB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,68

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
0,724 247,973 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LtB Cb=1
-4432,064 18833,031 18833,031 16335,931

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	3,731	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	3,731	3,731

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:08

Figura 228 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 900 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 2400, Combo: 900C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,268 AlphaPr/Pe=0,311 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 900C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-122,131	-4432,064	0,	-3,756	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,694 = 0,484 + 0,209 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Axial Pu Force phi*Pnc Capacity phi*Pnt Capacity

-122,131 252,12 409,549

Major Moment Mu Moment phi*Mn Capacity phi*Mn No LTB phi*Mn Cb=1
-4432,064 18833,031 18833,031 16421,159

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	3,756	109,213	Force 0,034	Capacity OK
Minor Shear	0,	150,118	Force 0,	Capacity OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:08

Figura 229 – Análise detalhada da barra 1 a temperatura de 1000 °C do ZSR1

Project

Job Number

Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK

(Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 1

Length: 1180,

Loc : 1180,

X Mid: 0,

Y Mid: 0,

Z Mid: 590,

Combo: 1000C_LRFFD

Shape: IPE 120*

Class: Slender

Design Type: Column

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

D/C Limit=0,95

AlphaPr/Py=0,268

Analysis: Direct Analysis

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Pe=6,715 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed

EA factor=0,8

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiS=0,9

PhiC=0,9

PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9

PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1278,96

J=12977,925

E=8,998

RLLF=1,

I33=3063128,321

I22=276013,597

Fy=0,345

Fu=0,448

r33=48,939

r22=14,691

Ry=1,1

S33=51052,139

S22=8625,425

z33=58532,076

z22=13422,216

Av3=672,

Av2=528,

Cw=892054553,8

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000C_LRFFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

1180,

-118,216

53,758

0,

-0,046

0,

0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)

D/C Ratio: 8,512 = 8,508 + 0,004 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

1,

1,

1,

1,

1,

0,6

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

LTB

Lltb

Kltb

Cb

1,

1,

1,667

Axial

Pu

Force

phi*Pnc

phi*Pnt

-118,216

13,895

396,815

Major Moment

Minor Moment

Mu

phi*Mn

phi*Mn

phi*Mn

53,758

0,

1498,342

10960,735

899,005

SHEAR CHECK

Status

Vu

phi*Vn

Stress

Major Shear

0,046

52,295

0,001

Capacity

OK

Ratio

Check

Minor Shear

0,

150,118

0,

OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Cont Pl

Dbl Pl

BC Ratio

Area

Thick

Major

BC Ratio

Joint Design

0,

0,

N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:10

Fonte: Autor

Figura 230 – Análise detalhada da barra 2 a temperatura de 1000 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2 X Mid: 600, Combo: 1000C_LRFFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE 120* Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 1180, Class: Too Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,268 AlphaPr/Pe=6,715 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=8,998 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section is too slender -- (b/t) high
Design can not be completed for this section!

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-0,046	0,	0,	0,184	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: -1, = 0, + 0, + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-0,046	0,	0,

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	0,	0,	10960,735	899,005
Minor Moment	0,	0,		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	0,046	0,	Force
Minor Shear	0,	0,	Capacity
			OK
			OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0,184	0,184

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:10

Figura 231 – Análise detalhada da barra 3 a temperatura de 1000 °C do ZSR1

SAP2000

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 3	X Mid: 1200,	Combo: 1000C_LRFFD	Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE 120*	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8	EI factor=0,8
AlphaPr/Py=0,259	AlphaPr/Pe=6,496 Tau_b=1,		

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=8,998	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-114,362	-512,619	0,	-0,434	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3b,H1-2)

D/C Ratio: 8,348 = 8,231 + 0,117 + 0,

= (Pr/Pcy)*(1.5 - 0.5*(Pr/Pcy)) + (Mr33/(Cb*Mc33))^2 + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3b,H1-2)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-114,362	13,895	396,815

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	-512,619	1498,342	10960,735	899,005
Minor Moment	Mu	phi*Mn		
	0,	1868,096		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	0,434	52,295	Force 0,008 Capacity OK	
Minor Shear	0,	150,118	Force 0, Capacity OK	

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:11

Figura 232 – Análise detalhada da barra 4 a temperatura de 1000 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4 X Mid: 1800, Combo: 1000C_LRFFD Design Type: Beam
Length: 1200, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 1200, Z Mid: 1180, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,001 AlphaPr/Pe=0,001 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	0,389	-4827,538	0,	4,221	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,257 = 0, + 0,256 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,724

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
0,389 247,973 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-4827,538 18833,031 18833,031 16335,931

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	4,221	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	4,221	4,221

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:11

Figura 233 – Análise detalhada da barra 5 a temperatura de 1000 °C do ZSR1

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 2400, Combo: 1000C_LRFFD Design Type: Column
Length: 1180, Y Mid: 0, Shape: IPE120 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 590, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,269 AlphaPr/Pe=0,312 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1320, I33=3180000, r33=49,082 S33=53000, Av3=672,
J=16900, I22=277000, r22=14,486 S22=8656,25 Av2=528,
E=199,948 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=60700, Cw=895242529,5
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13600,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 1000C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-122,621	-4827,538	0,	-4,091	0,	0,

BMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,714 = 0,486 + 0,228 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
-122,621 252,12 409,549

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
-4827,538 18833,031 18833,031 16421,159

Minor Moment 0, 4219,592

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	4,091	109,213	Force	OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity	OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 21:11

APÊNDICE E – Resultados das análises dos SAP do pórtico EHR3 usando a degradação do aço proposto por Martines (1997).

Figura 234 – Análise detalhada da barra 5 do pórtico EHR3 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 100 °C.

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 0,	Combo: 100comb LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 100C	Frame Type: SMF
Loc : 585,	Z Mid: 292,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8
AlphaPr/Py=0,47	AlphaPr/Pe=0,133 Tau_b=1,	EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8626,425	Av2=528,
E=195,779	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 100comb LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-207,243	3498,554	0,	-5,98	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,759 = 0,588 + 0,171 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-207,243	352,502	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	3498,554	18160,402	18160,402	18160,402
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

			Vu	phi*Vn	Stress	
Status			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	5,98	98,292	0,061	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb
02/11/2022 11:34

Figura 235 – Análise detalhada da barra 6 do pórtico EHR3 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 100 °C.

SAP2000

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 6	X Mid: 0,	Combo: 100comb LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 100C	Frame Type: SMF
Loc : 585,	Z Mid: 877,5	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8 EI factor=0,8
AlphaPr/Py=0,47	AlphaPr/Pe=0,133 Tau_b=1,	

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=195,779	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 100comb LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-207,243	6997,108	0,	-5,98	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,93 = 0,588 + 0,342 + 0,

= (Pr/Pr) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,25

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-207,243	352,502	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
	6997,108	18160,402	18160,402	18160,402
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

	Vu	phi*Vn	Stress
Status	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	5,98	98,292	0,061
Minor Shear	0,	150,118	0,

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
Joint Design	Area	Thick	Major	Minor
	120,54	0,	N/C	N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

02/11/2022 11:35

Figura 236 – Análise detalhada da barra 3 do pórtico EHR3 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 100 °C.

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3 X Mid: 310, Combo: 100comb LRFD Design Type: Beam
Length: 620, Y Mid: 0, Shape: 100C Frame Type: SMF
Loc : 620, Z Mid: 1170, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,014 AlphaPr/Pe=0,004 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=195,779 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 100comb LRFD)

Location Pu Mu33 Mu22 Vu2 Vu3 Tu
620, -5,98 10389,446 0, -28,043 0, 0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,581 = 0,009 + 0,572 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor L K1 K2 B1 B2 Cm
Major Bending 2, 1, 1, 1, 1, 1,
Minor Bending 1, 1, 1, 1, 1, 1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 2,207

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
-5,98 347,395 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
10389,446 18160,402 18160,402 18142,93
Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status Vu phi*Vn Stress
Force Capacity Ratio Check
Major Shear 28,043 98,292 0,285 OK
Minor Shear 0, 150,118 0, OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

VMajor VMajor
Left Right
Major (V2) 28,043 28,043

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

02/11/2022 11:35

Fonte: Autor

Figura 237 – Análise detalhada da barra 4 do pórtico EHR3 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 100 °C.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 930,	Combo: 100comb LRFD	Design Type: Beam
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 100C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,014 AlphaPr/Pe=0,004 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=195,779	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 100comb LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-5,98	10389,446	0,	16,757	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
 D/C Ratio: 0,581 = 0,009 + 0,572 + 0,
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-5,98	347,395	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
	10389,446	18160,402	18160,402	18142,93
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	16,757	98,292	0,17
Minor Shear	0,	150,118	0,
			OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	16,757	16,757

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

02/11/2022 11:36

Fonte: Autor

Figura 238 – Análise detalhada da barra 5 do pórtico EHR3 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 200 °C.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5
Length: 585,
Loc : 585,

X Mid: 0,
Y Mid: 0,
Z Mid: 292,5

Combo: 200comb LRFD
Shape: 200C
Class: Compact

Design Type: Column
Frame Type: SMF
Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD
D/C Limit=0,95
AlphaPr/Py=0,474

Analysis: Direct Analysis
2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Pe=0,139 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9
PhiS=0,9

PhiC=0,9
PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9
PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1278,96
J=12977,925
E=188,219
RLLF=1,

I33=3063128,321
I22=276013,597
Fy=0,345
Fu=0,448

r33=48,939
r22=14,691
Ry=1,1

S33=51052,139
S22=8625,425
z33=58532,076
z22=13422,216

Av3=672,
Av2=528,
Cw=892054553,8

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 200comb LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-208,901	4526,822	0,	-7,738	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,817 = 0,595 + 0,222 + 0,
= (Pr/Pr) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb

Lltb 1,
Kltb 1,
Cb 1,667

Axial

Pu Force -208,901
phi*Pnc Capacity 350,829
phi*Pnt Capacity 396,815

Major Moment

Mu Moment 4526,822
phi*Mn Capacity 18160,402
phi*Mn No LTB 18160,402
phi*Mn Cb=1 18160,402

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	7,738	98,292	Force 0,079 Capacity OK Ratio OK
Minor Shear	0,	150,118	Force 0, Capacity OK

Figura 239 – Análise detalhada da barra 6 do pórtico EHR3 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 200 °C.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 6 X Mid: 0, Combo: 200comb LRFD Design Type: Column
 Length: 585, Y Mid: 0, Shape: 200C Frame Type: SMF
 Loc : 585, Z Mid: 877,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,474 AlphaPr/Pe=0,139 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
 PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
 J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
 E=188,219 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
 RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
 Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 200comb LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-208,901	9053,643	0,	-7,738	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
 D/C Ratio: 1,039 = 0,595 + 0,443 + 0,
 = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB

	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,25

Axial

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-208,901	350,829	396,815

Major Moment

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	9053,643	18160,402	18160,402	18160,402

Minor Moment

	Mu	phi*Mn
	0,	4164,432

SHEAR CHECK

	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	7,738	98,292	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
Joint Design	150,385	0,	N/C	N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb 02/11/2022 14:19

Fonte: Autor

Figura 240 – Análise detalhada da barra 3 do pórtico EHR3 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 200 °C.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)									
Units : KN, mm, C									
Frame : 3	X Mid: 310,	Combo: 200comb LRFD	Design Type: Beam						
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 200C	Frame Type: SMF						
Loc : 620,	Z Mid: 1170,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees						
Provision: LRFD		Analysis: Direct Analysis							
D/C Limit=0,95		2nd Order: General 2nd Order							
AlphaPr/Py=0,018		AlphaPr/Pe=0,006 Tau_b=1,		Reduction: Tau-b Fixed					
				EA factor=0,8		EI factor=0,8			
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75						
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9							
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,					
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,					
E=188,219	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8					
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 200comb LRFD)									
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu			
620,	-7,738	9361,178	0,	-29,701	0,	0,			
PMN DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)									
D/C Ratio: 0,527 = 0,011 + 0,515 + 0,									
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)									
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)									
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm			
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,			
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,			
LTB	Lltb	Kltb	Cb						
	1,	1,	2,266						
Axial	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt						
	Force	Capacity	Capacity						
	-7,738	345,544	396,815						
Major Moment	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn					
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1					
	9361,178	18160,402	18160,402	18085,805					
Minor Moment	0,	4164,432							
SHEAR CHECK									
Status	Vu	phi*Vn	Stress						
	Force	Capacity	Ratio	Check					
Major Shear	29,701	98,292	0,302	OK					
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK					
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS									
Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right							
	29,701	29,701							

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

02/11/2022 14:19

Fonte: Autor

Figura 241 – Análise detalhada da barra 4 do pórtico EHR3 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 200 °C.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 930,	Combo: 200comb LRFD	Design Type: Beam
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 200C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8
AlphaPr/Py=0,018	AlphaPr/Pe=0,006 Tau_b=1,	EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=188,219	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 200comb LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-7,738	9361,178	0,	15,099	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0,527 = 0,011 + 0,515 + 0,
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb	Lltb	Kltb	Cb
1,	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-7,738	345,544	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Minor Moment	0,	4164,432	18160,402	18085,805

SHEAR CHECK

			Vu	phi*Vn	Stress
Status			Force	Capacity	Ratio
Major Shear	15,099	98,292	0,154	OK	Check
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK	

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	15,099	15,099

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

02/11/2022 14:20

Fonte: Autor

Figura 242 – Análise detalhada da barra 5 do pórtico EHR3 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 300 °C.

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 0, Combo: 300C_LERFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: 300C Frame Type: SMF
Loc : 585, Z Mid: 292,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,477 AlphaPr/Pe=0,149 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
E=176,864 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LERFD)

Location Pu Mu33 Mu22 Vu2 Vu3 Tu
585, -210,317 5404,23 0, -9,238 0, 0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,869 = 0,604 + 0,265 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor L K1 K2 B1 B2 Cm
Major Bending 2, 1, 1, 1, 1, 1,
Minor Bending 1, 1, 1, 1, 1, 1,

LTB Ltbt Kltb Cb
1, 1, 1,667

Axial Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
-210,317 348,066 396,815

Major Moment Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
5404,23 18160,402 18160,402 18160,402
Minor Moment 0, 4164,432

SHEAR CHECK

Status Vu phi*Vn Stress
Force Capacity Ratio Check
Major Shear 9,238 98,292 0,094 OK
Minor Shear 0, 150,118 0, OK

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

02/11/2022 14:27

Fonte: Autor

Figura 243 – Análise detalhada da barra 6 do pórtico EHR3 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 300 °C.

Project

Job Number

Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 6

Length: 585,

Loc : 585,

X Mid: 0,

Y Mid: 0,

Z Mid: 877,5

Combo: 300C_LERFD

Shape: 300C

Class: Compact

Design Type: Column

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

D/C Limit=0,95

AlphaPr/Py=0,477

Analysis: Direct Analysis

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Pe=0,149 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed

EA factor=0,8

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiS=0,9

PhiC=0,9

PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9

PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1278,96

J=12977,925

E=176,864

RLLF=1,

I33=3063128,321

I22=276013,597

Fy=0,345

Fu=0,448

r33=48,939

r22=14,691

Ry=1,1

S33=51052,139

S22=8625,425

z33=58532,076

z22=13422,216

Av3=672,

Av2=528,

Cw=892054553,8

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LERFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

585,

-210,317

10808,461

0,

-9,238

0,

0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 1,133 = 0,604 + 0,529 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

2,

1,

1,

1,

1,

1,

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

Ltbt

1,

Kltb

1,

Cb

1,25

Pu

Force

phi*Pnc

Capacity

phi*Pnt

Capacity

Axial

-210,317

348,066

396,815

Mu

Moment

phi*Mn

Capacity

phi*Mn

No LTB

phi*Mn

Cb=1

Major Moment

10808,461

18160,402

18160,402

18160,402

Minor Moment

0,

4164,432

SHEAR CHECK

Status

Vu

phi*Vn

Stress

Major Shear

9,238

98,292

Force

0,094

Capacity

OK

Ratio

Check

Minor Shear

0,

150,118

0,

OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Cont Pl

Dbl Pl

BC Ratio

BC Ratio

Area

Thick

Major

Minor

Joint Design

200,453

0,21

N/C

N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

02/11/2022 14:27

Fonte: Autor

Figura 244 – Análise detalhada da barra 3 do pórtico EHR3 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 300 °C.

SAP2000		Project _____
		Job Number _____
		Engineer _____
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)		
Units : KN, mm, C		
Frame : 3	X Mid: 310,	Combo: 300C_LERFD
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 300C
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Compact
		Design Type: Beam
		Frame Type: SMF
		Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,021	AlphaPr/Pe=0,007 Tau_b=1,	EA factor=0,8 EI factor=0,8
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9
		PhiTF=0,75
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691
E=176,864	Fy=0,345	Ry=1,1
RLLF=1,	Fu=0,448	
		S33=51052,139
		S22=8625,425
		z33=58532,076
		z22=13422,216
		Av3=672,
		Av2=528,
		Cw=892054553,8
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LERFD)		
Location	Pu	Mu33
0,	-9,238	-10808,461
		Mu22
		0,
		Vu2
		-31,117
		Vu3
		0,
		Tu
		0,
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)		
D/C Ratio:	0,609 = 0,013 + 0,595 + 0,	
	= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)	
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)		
Factor	L	K1
Major Bending	2,	1,
Minor Bending	1,	1,
		B1
		1,
		B2
		1,
		Cm
		1,
		1,
	Lltb	Kltb
LTB	1,	1,
		Cb
		2,229
	Pu	phi*Pnc
	Force	Capacity
Axial	-9,238	342,488
		phi*Pnt
		Capacity
		396,815
	Mu	phi*Mn
	Moment	Capacity
Major Moment	-10808,461	18160,402
Minor Moment	0,	4164,432
		phi*Mn
		No LTB
		17989,633
		phi*Mn
		Cb=1
SHEAR CHECK		
		Vu
		phi*Vn
		Stress
Status		Force
		Capacity
Major Shear	31,117	98,292
Minor Shear	0,	150,118
		0,317
		0,
		OK
		OK
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS		
	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	31,117	31,117

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

02/11/2022 14:28

Fonte: Autor

Figura 245 – Análise detalhada da barra 4 do pórtico EHR3 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 300 °C.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 930,	Combo: 300C_LERFD	Design Type: Beam
Length: 620,	Y Mid: 0,	Shape: 300C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1170,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,021 AlphaPr/Pe=0,007 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=176,864	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 300C_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-9,238	8483,77	0,	13,683	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
 D/C Ratio: 0,481 = 0,013 + 0,467 + 0,
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb	Lltb	Kltb	Cb
1,	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force -9,238	Capacity 342,488	Capacity 396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment 8483,77	Capacity 18160,402	No LTB 18160,402	Cb=1 17989,633
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

	Vu	phi*Vn	Stress
Status	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	13,683	98,292	0,139
Minor Shear	0,	150,118	0,
			OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	13,683	13,683

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb
02/11/2022 14:28

Fonte: Autor

APÊNDICE F – Resultados das análises dos SAP do pórtico EGR1 usando a degradação do aço proposto por Martines (1997).

Figura 246 – Análise detalhada da barra 1 do pórtico EGR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 500 °C.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 1 X Mid: 0, Combo: 500C_LRFD Design Type: Column
 Length: 1170, Y Mid: 0, Shape: 500C Frame Type: SMF
 Loc : 1170, Z Mid: 585, Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,227 AlphaPr/Pe=0,369 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
 PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=1278,96 I33=3063128,321 r33=48,939 S33=51052,139 Av3=672,
 J=12977,925 I22=276013,597 r22=14,691 S22=8625,425 Av2=528,
 E=136,55 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=58532,076 Cw=892054553,8
 RLLF=1, Fu=0,448 z22=13422,216

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1170,	-100,164	-706,325	0,	0,604	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
 D/C Ratio: 0,532 = 0,498 + 0,035 + 0,
 = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb 1, Kltb 1, Cb 1,667

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-100,164	201,211	396,815

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-706,325	18160,402	18160,402	14106,191
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	0,604	98,292	Force OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
Joint Design	0,	0,	N/C	N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 15:48

Figura 247 – Análise detalhada da barra 2 do pórtico EGR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 500 °C.

Project

Job Number

Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK

(Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 2

Length: 1220,

Loc : 1220,

X Mid: 610,

Y Mid: 0,

Z Mid: 1170,

Combo: 500C_LRFD

Shape: 500C

Class: Compact

Design Type: Beam

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

D/C Limit=0,95

AlphaPr/Py=0,001

Analysis: Direct Analysis

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Pe=0,002

Reduction: Tau-b Fixed

EA factor=0,8

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiS=0,9

PhiC=0,9

PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9

PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1278,96

J=12977,925

E=136,55

RLLF=1,

I33=3063128,321

I22=276013,597

Fy=0,345

Fu=0,448

r33=48,939

r22=14,691

Ry=1,1

S33=51052,139

S22=8625,425

z33=58532,076

z22=13422,216

Av3=672,

Av2=528,

Cw=892054553,8

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

1220,

0,604

-3973,675

0,

3,836

0,

0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)

D/C Ratio: 0,22 = 0, + 0,219 + 0,

= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

LTB

Lltb

Kltb

Cb

1,

1,

1,893

Axial

Pu

Force

0,604

phi*Pnc

Capacity

189,629

phi*Pnt

Capacity

396,815

Major Moment

Minor Moment

Mu

Moment

-3973,675

0,

phi*Mn

Capacity

18160,402

4164,432

phi*Mn

No LTB

18160,402

phi*Mn

Cb=1

13796,909

SHEAR CHECK

Status

Major Shear

Minor Shear

3,836

0,

98,292

150,118

Force

0,039

0,

Capacity

OK

OK

Ratio

Check

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

VMajor

Left

Major (V2)

3,836

VMajor

Right

3,836

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 15:4

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 15:48

Fonte: Autor

Figura 248 – Análise detalhada da barra 4 do pórtico EGR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 500 °C.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4
Length: 585,
Loc : 0,

X Mid: 1220,
Y Mid: 0,
Z Mid: 877,5

Combo: 500C_LRFD
Shape: 500C
Class: Compact

Design Type: Column
Frame Type: SMF
Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD
D/C Limit=0,95
AlphaPr/Py=0,245

Analysis: Direct Analysis
2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Pe=0,099 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9
PhiS=0,9

PhiC=0,9
PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9
PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1278,96
J=12977,925
E=136,55
RLLF=1,

I33=3063128,321
I22=276013,597
Fy=0,345
Fu=0,448

r33=48,939
r22=14,691
Ry=1,1

S33=51052,139
S22=8625,425
z33=58532,076
z22=13422,216

Av3=672,
Av2=528,
Cw=892054553,8

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-3973,675	0,	-3,396	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,517 = 0,322 + 0,194 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB

Lltb	Kltb	Cb
1,	1,	1,25

Axial

Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
-107,836	334,853	396,815

Major Moment

Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
-3973,675	18160,402	18160,402	17724,788

Minor Moment

0,	4164,432
----	----------

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress			
Major Shear	3,396	98,292	Force 0,035	Capacity OK	Ratio	Check
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

Figura 249 – Análise detalhada da barra 5 do pórtico EGR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 500 °C.

Project _____	
Job Number _____	
Engineer _____	
SAP2000	
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)	
Units : KN, mm, C	
Frame : 5	X Mid: 1220, Combo: 500C_LRFD Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0, Shape: 500C Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 292,5 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Py=0,245	AlphaPr/Pe=0,099 Tau_b=1, Reduction: Tau-b Fixed
	EA factor=0,8 EI factor=0,8
PhiB=0,9	PhiC=0,9
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,
	PhiTY=0,9
	PhiST=0,9
	PhiTF=0,75
A=1278,96	I33=3063128,321
J=12977,925	I22=276013,597
E=136,55	Fy=0,345
RLLF=1,	Fu=0,448
	r33=48,939
	r22=14,691
	Ry=1,1
	S33=51052,139
	S22=8625,425
	z33=58532,076
	z22=13422,216
	Av3=672,
	Av2=528,
	Cw=892054553,8
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 500C_LRFD)	
Location	Pu
0,	-107,836
	Mu33
	-1986,837
	Mu22
	0,
	Vu2
	-3,396
	Vu3
	0,
	Tu
	0,
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)	
D/C Ratio: 0,419 = 0,322 + 0,097 + 0,	
= (Pr/Pr) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)	
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)	
Factor	L
Major Bending	2,
Minor Bending	1,
	K1
	1,
	K2
	1,
	B1
	1,
	B2
	1,
	Cm
	1,
	1,
LTB	Lltb
	1,
	Kltb
	1,
	Cb
	1,667
	Pu
	Force
Axial	-107,836
	phi*Pnc
	Capacity
	334,853
	phi*Pnt
	Capacity
	396,815
	Mu
	Moment
Major Moment	-1986,837
Minor Moment	0,
	phi*Mn
	Capacity
	18160,402
	phi*Mn
	No LTB
	18160,402
	phi*Mn
	Cb=1
	17724,788
SHEAR CHECK	
Status	Vu
	phi*Vn
	Stress
Major Shear	3,396
Minor Shear	0,
	Force
	0,035
	Capacity
	OK
	Ratio
	Check

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 15:49

Figura 250 – Análise detalhada da barra 1 do pórtico EGR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 600 °C.

Project _____			
Job Number _____			
Engineer _____			
SAP2000			
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)			
Units : KN, mm, C			
Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: 600C_LRFD	Design Type: Column
Length: 1170,	Y Mid: 0,	Shape: 600C	Frame Type: SMF
Loc : 1170,	Z Mid: 585,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8 EI factor=0,8	
AlphaPr/Py=0,227	AlphaPr/Pe=0,498 Tau_b=1,		
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425
E=100,986	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216
			Av3=672,
			Av2=528,
			Cw=892054553,8
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFD)			
Location	Pu	Mu33	Mu22
1170,	-100,164	-889,887	0,
			Vu2
			0,761
			Vu3
			0,
			Tu
			0,
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)			
D/C Ratio: 0,676 = 0,632 + 0,044 + 0,			
= (Pr/Pr) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)			
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)			
Factor	L	K1	K2
Major Bending	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,
			B1
			1,
			B2
			1,
			Cm
			0,6
			1,
LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,667
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-100,164	158,411	396,815
	Mu	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB
Major Moment	-889,887	18160,402	18160,402
Minor Moment	0,	4164,432	12459,343
			phi*Mn
			Cb=1
SHEAR CHECK			
		Vu	phi*Vn
Status		Force	Capacity
Major Shear	0,761	98,292	0,008
Minor Shear	0,	150,118	0,
			OK
			OK
			Ratio
			Check
CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS			
	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio
	Area	Thick	Major
Joint Design	0,	0,	N/C
			BC Ratio
			Minor
			N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 15:52

Figura 251 – Análise detalhada da barra 2 do pórtico EGR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 600 °C.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)									
Units : KN, mm, C									
Frame : 2	X Mid: 610,	Combo: 600C_LRFD	Design Type: Beam						
Length: 1220,	Y Mid: 0,	Shape: 600C	Frame Type: SMF						
Loc : 1220,	Z Mid: 1170,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees						
Provision: LRFD		Analysis: Direct Analysis							
D/C Limit=0,95		2nd Order: General 2nd Order							
AlphaPr/Py=0,002		AlphaPr/Pe=0,004 Tau_b=1,		Reduction: Tau-b Fixed					
				EA factor=0,8		EI factor=0,8			
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75						
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9							
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,					
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,					
E=100,986	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8					
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFD)									
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu			
1220,	0,761	-3790,113	0,	3,836	0,	0,			
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)									
D/C Ratio: 0,21 = 0, + 0,209 + 0,									
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)									
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)									
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm			
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,			
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,			
LTB	Lltb	Kltb	Cb						
	1,	1,	1,98						
Axial	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt						
	Force	Capacity	Capacity						
	0,761	145,886	396,815						
Major Moment	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn					
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1					
	-3790,113	18160,402	18160,402	12067,506					
Minor Moment	0,	4164,432							
SHEAR CHECK									
Status	Vu	phi*Vn	Stress						
	Force	Capacity	Ratio	Check					
Major Shear	3,836	98,292	0,039	OK					
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK					
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS									
	VMajor	VMajor							
	Left	Right							
Major (V2)	3,836	3,836							

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 15:52

Figura 252 – Análise detalhada da barra 4 do pórtico EGR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 600 °C.

SAP2000		Project _____
		Job Number _____
		Engineer _____
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)		
Units : KN, mm, C		
Frame : 4	X Mid: 1220,	Combo: 600C_LRFD
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 600C
Loc : 0,	Z Mid: 877,5	Class: Compact
		Design Type: Column
		Frame Type: SMF
		Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245	AlphaPr/Pe=0,134 Tau_b=1,	EA factor=0,8 EI factor=0,8
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9
		PhiTF=0,75
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691
E=100,986	Fy=0,345	Ry=1,1
RLLF=1,	Fu=0,448	
		S33=51052,139
		S22=8625,425
		z33=58532,076
		z22=13422,216
		Av3=672,
		Av2=528,
		Cw=892054553,8
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFD)		
Location	Pu	Mu33
0,	-107,836	-3790,113
		Mu22
		0,
		Vu2
		-3,239
		Vu3
		0,
		Tu
		0,
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)		
D/C Ratio: 0,527 = 0,342 + 0,186 + 0,		
= (Pr/Pr) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)		
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)		
Factor	L	K1
Major Bending	2,	1,
Minor Bending	1,	1,
		K2
		1,
		B1
		1,
		B2
		1,
		Cm
		1,
		1,
	Lltb	Kltb
	1,	1,
		Cb
		1,25
	Pu	phi*Pnc
	Force	Capacity
	-107,836	315,419
		phi*Pnt
		Capacity
		396,815
	Mu	phi*Mn
	Moment	Capacity
	-3790,113	18160,402
		phi*Mn
		No LTB
		18160,402
		phi*Mn
		Cb=1
		17043,843
	Major Moment	
	Minor Moment	
	0,	4164,432
SHEAR CHECK		
		Vu
		phi*Vn
		Stress
Status		Force
		Capacity
		Ratio
		Check
Major Shear	3,239	98,292
Minor Shear	0,	150,118
		0,033
		0,
		OK
		OK

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 15:52

Fonte: Autor

Figura 253 – Análise detalhada da barra 5 do pórtico EGR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 600 °C.

SAP2000		Project _____
		Job Number _____
		Engineer _____
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)		
Units : KN, mm, C		
Frame : 5	X Mid: 1220,	Combo: 600C_LRFD
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 600C
Loc : 0,	Z Mid: 292,5	Class: Compact
		Design Type: Column
		Frame Type: SMF
		Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245	AlphaPr/Pe=0,134 Tau_b=1,	EA factor=0,8 EI factor=0,8
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9
		PhiTF=0,75
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691
E=100,986	Fy=0,345	Ry=1,1
RLLF=1,	Fu=0,448	
		S33=51052,139
		S22=8625,425
		z33=58532,076
		z22=13422,216
		Av3=672,
		Av2=528,
		Cw=892054553,8
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFD)		
Location	Pu	Mu33
0,	-107,836	-1895,057
		Mu22
		0,
		Vu2
		-3,239
		Vu3
		0,
		Tu
		0,
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)		
D/C Ratio:	0,435 = 0,342 + 0,093 + 0,	
	= (Pr/Pr) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)	
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)		
Factor	L	K1
Major Bending	2,	1,
Minor Bending	1,	1,
		B1
		1,
		B2
		1,
		Cm
		1,
		1,
	Lltb	Kltb
	1,	1,
		Cb
		1,667
	Pu	phi*Pnc
	Force	Capacity
Axial	-107,836	315,419
		phi*Pnt
		Capacity
		396,815
	Mu	phi*Mn
	Moment	Capacity
Major Moment	-1895,057	18160,402
Minor Moment	0,	4164,432
		phi*Mn
		No LTB
		17043,843
		phi*Mn
		Cb=1
SHEAR CHECK		
		Vu
		phi*Vn
		Stress
Status		Force
		Capacity
Major Shear	3,239	98,292
Minor Shear	0,	150,118
		0,033
		0,
		OK
		OK
		Ratio
		Check

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 15:53

Fonte: Autor

Figura 254 – Análise detalhada da barra 1 do pórtico EGR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 700 °C.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: 700C_LRFD	Design Type: Column
Length: 1170,	Y Mid: 0,	Shape: 700C	Frame Type: SMF
Loc : 1170,	Z Mid: 585,	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,227 AlphaPr/Pe=1,116 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=45,116	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1170,	-100,164	-1582,988	0,	1,353	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
 D/C Ratio: 1,494 = 1,413 + 0,081 + 0,
 = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force -100,164	Capacity 70,865	Capacity 396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment -1582,988	Capacity 10205,075	No LTB 17418,131	Cb=1 6123,045
Minor Moment	0,	3923,98		

SHEAR CHECK

	Vu	phi*Vn	Stress
Status	Force	Capacity	Ratio
Major Shear	1,353	98,292	0,014
Minor Shear	0,	150,118	0,
			OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
	Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	0,	0,	N/C	N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb
02/11/2022 16:06

Fonte: Autor

Figura 255 – Análise detalhada da barra 2 do pórtico EGR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 700 °C.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 2	X Mid: 610,	Combo: 700C_LRFD	Design Type: Beam
Length: 1220,	Y Mid: 0,	Shape: 700C	Frame Type: SMF
Loc : 1220,	Z Mid: 1170,	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,003 AlphaPr/Pe=0,016 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=45,116	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1220,	1,353	-3097,012	0,	3,836	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
 D/C Ratio: 0,248 = 0,002 + 0,246 + 0,
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	2,194

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force 1,353	Capacity 65,175	Capacity 396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment -3097,012	Capacity 12587,635	No LTB 17418,131	Cb=1 5737,889
Minor Moment	0,	3923,98		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	3,836	98,292	Force 0,039
Minor Shear	0,	150,118	Capacity 0,
			OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	3,836	3,836

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb
02/11/2022 16:06

Fonte: Autor

Figura 256 – Análise detalhada da barra 4 do pórtico EGR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 700 °C.

SAP2000		Project _____
		Job Number _____
		Engineer _____
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)		
Units : KN, mm, C		
Frame : 4	X Mid: 1220,	Combo: 700C_LRFD
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 700C
Loc : 0,	Z Mid: 877,5	Class: Slender
		Design Type: Column
		Frame Type: SMF
		Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,245	AlphaPr/Pe=0,3 Tau_b=1,	EA factor=0,8 EI factor=0,8
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9
		PhiTF=0,75
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691
E=45,116	Fy=0,345	Ry=1,1
RLLF=1,	Fu=0,448	
		S33=51052,139
		S22=8625,425
		z33=58532,076
		z22=13422,216
		Av3=672,
		Av2=528,
		Cw=892054553,8
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFD)		
Location	Pu	Mu33
0,	-107,836	-3097,012
		Mu22
		0,
		Vu2
		-2,647
		Vu3
		0,
		Tu
		0,
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)		
D/C Ratio: 0,624 = 0,466 + 0,158 + 0,		
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)		
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)		
Factor	L	K1
Major Bending	2,	1,
Minor Bending	1,	1,
		K2
		1,
		B1
		1,
		B2
		1,
		Cm
		1,
		1,
LTB	Lltb	Kltb
	1,	1,
		Cb
		1,25
	Pu	phi*Pnc
	Force	Capacity
Axial	-107,836	231,219
		phi*Pnt
		Capacity
		396,815
	Mu	phi*Mn
	Moment	Capacity
Major Moment	-3097,012	17418,131
Minor Moment	0,	3923,98
		phi*Mn
		No LTB
		17418,131
		phi*Mn
		Cb=1
		14232,398
SHEAR CHECK		
Status	Vu	phi*Vn
	Force	Capacity
Major Shear	2,647	98,292
Minor Shear	0,	150,118
	0,027	0,
	OK	OK
	Ratio	Check

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 16:06

Figura 257 – Análise detalhada da barra 5 do pórtico EGR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 700 °C.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 1220,	Combo: 700C_LRFD	Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0,	Shape: 700C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 292,5	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,245 AlphaPr/Pe=0,3 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=45,116	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-107,836	-1548,506	0,	-2,647	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
 D/C Ratio: 0,545 = 0,466 + 0,079 + 0,
 = (Pr/Pr) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-107,836	231,219	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
	-1548,506	17418,131	17418,131	14232,398
Minor Moment	0,	3923,98		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	Force	Capacity	Ratio
Minor Shear	0,027	OK	Check
	0,	OK	

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb
02/11/2022 16:07

Fonte: Autor

APÊNDICE G – Resultados das análises dos SAP do pórtico ZSR1 usando a degradação do aço proposto por Martines (1997).

Figura 258 – Análise detalhada da barra 1 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 500 °C.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 0, Combo: 700C_LRFFD Design Type: Column
 Length: 1,18 Y Mid: 0, Shape: IPE I20* Frame Type: SMF
 Loc : 1,18 Z Mid: 0,59 Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,261 AlphaPr/Pe=1,304 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
 PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=0,001 I33=3,063E-06 r33=0,049 S33=5,105E-05 Av3=6,720E-04
 J=0, I22=0, r22=0,015 S22=8,625E-06 Av2=5,280E-04
 E=45115900, Fy=344737,894 Ry=1,1 z33=5,853E-05 Cw=0,
 RLLF=1, Fu=448159,263 z22=1,342E-05

DESIGN MESSAGES
 Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1,18	-115,122	-0,992	0,	0,841	0,	0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
 D/C Ratio: 1,703 = 1,652 + 0,051 + 0,
 = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB

	LtLb	Kltb	Cb
LtLb	1,	1,	1,667

Axial

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-115,122	69,669	396,815

Major Moment

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	-0,992	10,07	17,418	6,042
Minor Moment	0,	3,924		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	0,841	98,292	Force OK
Minor Shear	0,	150,118	Capacity OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor
Joint Design	0,	0,	N/C	N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 23:06

Fonte: Autor

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise ZSR\ZSR1.sdb

282

Fonte: Autor

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise ZSR\ZSR1.sdb

283

Figura 261 – Análise detalhada da barra 4 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 500 °C.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 4
Length: 1200,
Loc : 1200,

X Mid: 1800,
Y Mid: 0,
Z Mid: 1180,

Combo: 700C_LRFFD
Shape: IPE120
Class: Compact

Design Type: Beam
Frame Type: SMF
Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD
D/C Limit=0,95
AlphaPr/Py=0,005

Analysis: Direct Analysis
2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Pe=0,006 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9
PhiS=0,9

PhiC=0,9
PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9
PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1320,
J=16900,
E=199,948
RLLF=1,

I33=3180000,
I22=277000,
Fy=0,345
Fu=0,448

r33=49,082
r22=14,486
Ry=1,1

S33=53000,
S22=8656,25
z33=60700,
z22=13600,

Av3=672,
Av2=528,
Cw=895242529,5

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	2,341	-2523,91	0,	1,128	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)

D/C Ratio: 0,137 = 0,003 + 0,134 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb

Lltb 1,
Kltb 1,
Cb 1,277

Axial

Pu Force 2,341
phi*Pnc Capacity 247,973
phi*Pnt Capacity 409,549

Major Moment

Mu Moment -2523,91
phi*Mn Capacity 18833,031
phi*Mn No LTB 18833,031
phi*Mn Cb=1 16335,931

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	1,128	109,213	Force 0,01 Capacity OK Ratio OK
Minor Shear	0,	150,118	

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	1,128	1,128

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 23:08

Figura 262 – Análise detalhada da barra 5 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 500 °C.

SAP2000

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 5	X Mid: 2400,	Combo: 700C_LRFFD	Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Py=0,263 AlphaPr/Pe=0,304 Tau_b=1, Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-119,528	-2523,91	0,	-2,139	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,593 = 0,474 + 0,119 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	-119,528	Capacity 252,12	Capacity 409,549

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	-2523,91	Capacity 18833,031	No LTB 18833,031	Cb=1 16421,159
Minor Moment	0,	4219,592		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress	Check
Major Shear	2,139	109,213	Force 0,02	Capacity OK
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 23:08

Fonte: Autor

Figura 263 – Análise detalhada da barra 1 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 600 °C.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)									
Units : KN, mm, C									
Frame : 1	X Mid: 0,	Combo: 600C_LRFFD	Design Type: Column						
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: 600C	Frame Type: SMF						
Loc : 1180,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees						
Provision: LRFD		Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Fixed					
D/C Limit=0,95		2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0,8 EI factor=0,8					
AlphaPr/Py=0,255		AlphaPr/Pe=0,569 Tau_b=1,							
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75						
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9							
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,					
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,					
E=100,986	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8					
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFFD)									
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu			
1180,	-112,346	-1796,536	0,	1,522	0,	0,			
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)									
D/C Ratio: 0,808 = 0,72 + 0,088 + 0,									
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)									
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)									
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm			
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6			
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,			
LTB	Lltb	Kltb	Cb						
	1,	1,	1,667						
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt						
	Force	Capacity	Capacity						
Axial	-112,346	155,933	396,815						
	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn					
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1					
Major Moment	-1796,536	18160,402	18160,402	12380,976					
Minor Moment	0,	4164,432							
SHEAR CHECK									
Status			Vu	phi*Vn	Stress				
			Force	Capacity	Ratio	Check			
Major Shear	1,522	98,292	0,015	OK					
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK					
CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS									
	Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio					
	Area	Thick	Major	Minor					
Joint Design	0,	0,	N/C	N/C					

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

02/11/2022 17:10

Fonte: Autor

Figura 264 – Análise detalhada da barra 2 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 600 °C.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 2
Length: 1200,
Loc : 1200,

X Mid: 600,
Y Mid: 0,
Z Mid: 1180,

Combo: 600C_LRFFD
Shape: 600C
Class: Compact

Design Type: Beam
Frame Type: SMF
Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD
D/C Limit=0,95
AlphaPr/Py=0,003

Analysis: Direct Analysis
2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Pe=0,008 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9
PhiS=0,9

PhiC=0,9
PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9
PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1278,96
J=12977,925
E=100,986
RLLF=1,

I33=3063128,321
I22=276013,597
Fy=0,345
Fu=0,448

r33=48,939
r22=14,691
Ry=1,1

S33=51052,139
S22=8625,425
z33=58532,076
z22=13422,216

Av3=672,
Av2=528,
Cw=892054553,8

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1200,	1,522	-5468,483	0,	6,054	0,	0,

PMN DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)

D/C Ratio: 0,303 = 0,002 + 0,301 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltb

Lltb 1,
Kltb 1,
Cb 2,143

Axial

Pu Force 1,522
phi*Pnc Capacity 150,789
phi*Pnt Capacity 396,815

Major Moment

Mu Moment -5468,483
phi*Mn Capacity 18160,402
phi*Mn No LTB 18160,402
phi*Mn Cb=1 12224,241

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	6,054	98,292	Force 0,062 Capacity OK Ratio OK
Minor Shear	0,	150,118	Force 0,062 Capacity OK Ratio OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	6,054	6,054

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

02/11/2022 17:10

Figura 265 – Análise detalhada da barra 3 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 600 °C.

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, mm, C

Frame : 3	X Mid: 1200,	Combo: 600C_LRFFD	Design Type: Column
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: 600C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,286 AlphaPr/Pe=0,638 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=100,986	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-126,103	-3391,097	0,	-2,874	0,	0,

PMN DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
 D/C Ratio: 0,975 = 0,809 + 0,166 + 0,
 = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	-126,103	155,933	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	-3391,097	18160,402	18160,402	12380,976
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	2,874	98,292	Force
Minor Shear	0,	150,118	0,029
			Capacity
			OK
			Ratio
			Check

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb
02/11/2022 17:10

Fonte: Autor

Figura 266 – Análise detalhada da barra 4 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 600 °C.

Project _____

Job Number _____

Engineer _____

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 4	X Mid: 1800,	Combo: 600C_LRFFD	Design Type: Beam
Length: 1200,	Y Mid: 0,	Shape: 600C	Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 1180,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
AlphaPr/Py=0,01 AlphaPr/Pe=0,023 Tau_b=1,

PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	

A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,
E=100,986	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	4,396	-2077,385	0,	-1,649	0,	0,

PMN DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
D/C Ratio: 0,12 = 0,006 + 0,114 + 0,
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,634

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	Force	Capacity	Capacity
	4,396	150,789	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-2077,385	18160,402	18160,402	12224,241
Minor Moment	0,	4164,432		

SHEAR CHECK

			Vu	phi*Vn	Stress	
Status			Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	1,649	98,292	0,017	OK		
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK		

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	1,649	1,649

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

02/11/2022 17:10

Figura 267 – Análise detalhada da barra 5 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 600 °C.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)									
Units : KN, mm, C									
Frame : 5	X Mid: 2400,	Combo: 600C_LRFFD	Design Type: Column						
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: 600C	Frame Type: SMF						
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees						
Provision: LRFD		Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Fixed					
D/C Limit=0,95		2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0,8 EI factor=0,8					
AlphaPr/Py=0,265		AlphaPr/Pe=0,591 Tau_b=1,							
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75						
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9							
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139	Av3=672,					
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425	Av2=528,					
E=100,986	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076	Cw=892054553,8					
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 600C_LRFFD)									
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu			
0,	-116,751	-98,767	0,	-0,084	0,	0,			
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)									
D/C Ratio: 0,754 = 0,749 + 0,005 + 0,									
= (Pr/Pr) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)									
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)									
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm			
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6			
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,			
LTB	Lltb	Kltb	Cb						
	1,	1,	1,667						
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt						
Axial	Force	Capacity	Capacity						
	-116,751	155,933	396,815						
	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn					
Major Moment	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1					
Minor Moment	0,	4164,432	18160,402	12380,976					
SHEAR CHECK									
Status			Vu	phi*Vn	Stress				
			Force	Capacity	Ratio	Check			
Major Shear	0,084	98,292	0,001	OK					
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK					

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

02/11/2022 17:11

Figura 268 – Análise detalhada da barra 1 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 700 °C.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1
Length: 1180,
Loc : 1180,

X Mid: 0,
Y Mid: 0,
Z Mid: 590,

Combo: 700C_LRFFD
Shape: 700C
Class: Slender

Design Type: Column
Frame Type: SMF
Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD
D/C Limit=0,95
AlphaPr/Py=0,259

Analysis: Direct Analysis
2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Pe=1,294 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed
EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9
PhiS=0,9

PhiC=0,9
PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9
PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1278,96
J=12977,925
E=45,116
RLLF=1,

I33=3063128,321
I22=276013,597
Fy=0,345
Fu=0,448

r33=48,939
r22=14,691
Ry=1,1

S33=51052,139
S22=8625,425
z33=58532,076
z22=13422,216

Av3=672,
Av2=528,
Cw=892054553,8

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1180,	-114,194	-1670,488	0,	1,416	0,	0,

PMN DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 1,724 = 1,639 + 0,085 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Ltbt

Ltbt	Kltb	Cb
1,	1,	1,667

Pu

Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force	Capacity	Capacity
-114,194	69,669	396,815

Mu

Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
-1670,488	10070,44	17418,137	6042,264

Major Moment

Minor Moment

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	1,416	98,292	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Cont Pl	Dbl Pl	BC Ratio	BC Ratio
Area	Thick	Major	Minor
Joint Design	0,	0,	N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

05/11/2022 11:43

Fonte: Autor

Figura 269 – Análise detalhada da barra 2 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 700 °C.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)									
Units : KN, mm, C									
Frame : 2	X Mid: 600,	Combo: 700C_LRFFD	Design Type: Beam						
Length: 1200,	Y Mid: 0,	Shape: 700C	Frame Type: SMF						
Loc : 1200,	Z Mid: 1180,	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 0, degrees						
Provision: LRFD		Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Fixed					
D/C Limit=0,95		2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0,8 EI factor=0,8					
AlphaPr/Py=0,003		AlphaPr/Pe=0,017 Tau_b=1,							
PhiB=0,9		PhiC=0,9		PhiTY=0,9		PhiTF=0,75			
PhiS=0,9		PhiS-RI=1,		PhiST=0,9					
A=1278,96		I33=3063128,321		r33=48,939		S33=51052,139		Av3=672,	
J=12977,925		I22=276013,597		r22=14,691		S22=8625,425		Av2=528,	
E=45,116		Fy=0,345		Ry=1,1		z33=58532,076		Cw=892054553,8	
RLLF=1,		Fu=0,448				z22=13422,216			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)									
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu			
1200,	1,416	-3376,219	0,	4,206	0,	0,			
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)									
D/C Ratio: 0,264 = 0,002 + 0,262 + 0,									
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)									
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)									
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm			
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,			
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,			
LTB	Lltb	Kltb	Cb						
	1,	1,	2,191						
Axial	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt						
	Force	Capacity	Capacity						
	1,416	67,366	396,815						
Major Moment	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn					
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1					
	-3376,219	12896,455	17418,137	5886,444					
Minor Moment	0,	3923,982							
SHEAR CHECK									
Status	Vu	phi*Vn	Stress						
	Force	Capacity	Ratio	Check					
Major Shear	4,206	98,292	0,043	OK					
Minor Shear	0,	150,118	0,	OK					
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS									
	VMajor	VMajor							
	Left	Right							
Major (V2)	4,206	4,206							

Figura 270 – Análise detalhada da barra 3 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 700 °C.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 3X Mid: 1200,Combo: 700C_LRFFDDesign Type: Column
Length: 1180,Y Mid: 0,Shape: 700CFrame Type: SMF
Loc : 0,Z Mid: 590,Class: SlenderPrincpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFDAnalysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,952nd Order: General 2nd OrderReduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,278AlphaPr/Pe=1,387Tau_b=1,EA factor=0,8EI factor=0,8

PhiB=0,9PhiC=0,9PhiTY=0,9PhiTF=0,75
PhiS=0,9PhiS-RI=1,PhiST=0,9

A=1278,96I33=3063128,321r33=48,939S33=51052,139Av3=672,
J=12977,925I22=276013,597r22=14,691S22=8625,425Av2=528,
E=45,116Fy=0,345Ry=1,1z33=58532,076Cw=892054553,8
RLlF=1,Fu=0,448z22=13422,216

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0,	-122,406	-2822,951	0,	-2,392	0,	0,

PMN DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1a)
D/C Ratio: 1,901 = 1,757 + 0,144 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,	1,	1,667

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Axial	-122,406	69,669	396,815

	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
Major Moment	-2822,951	10070,44	17418,137	6042,264
Minor Moment	0,	3923,982		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	2,392	98,292	Force
Minor Shear	0,	150,118	Capacity
			Ratio
			Check

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

05/11/2022 11:43

Fonte: Autor

Figura 271 – Análise detalhada da barra 4 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 700 °C.

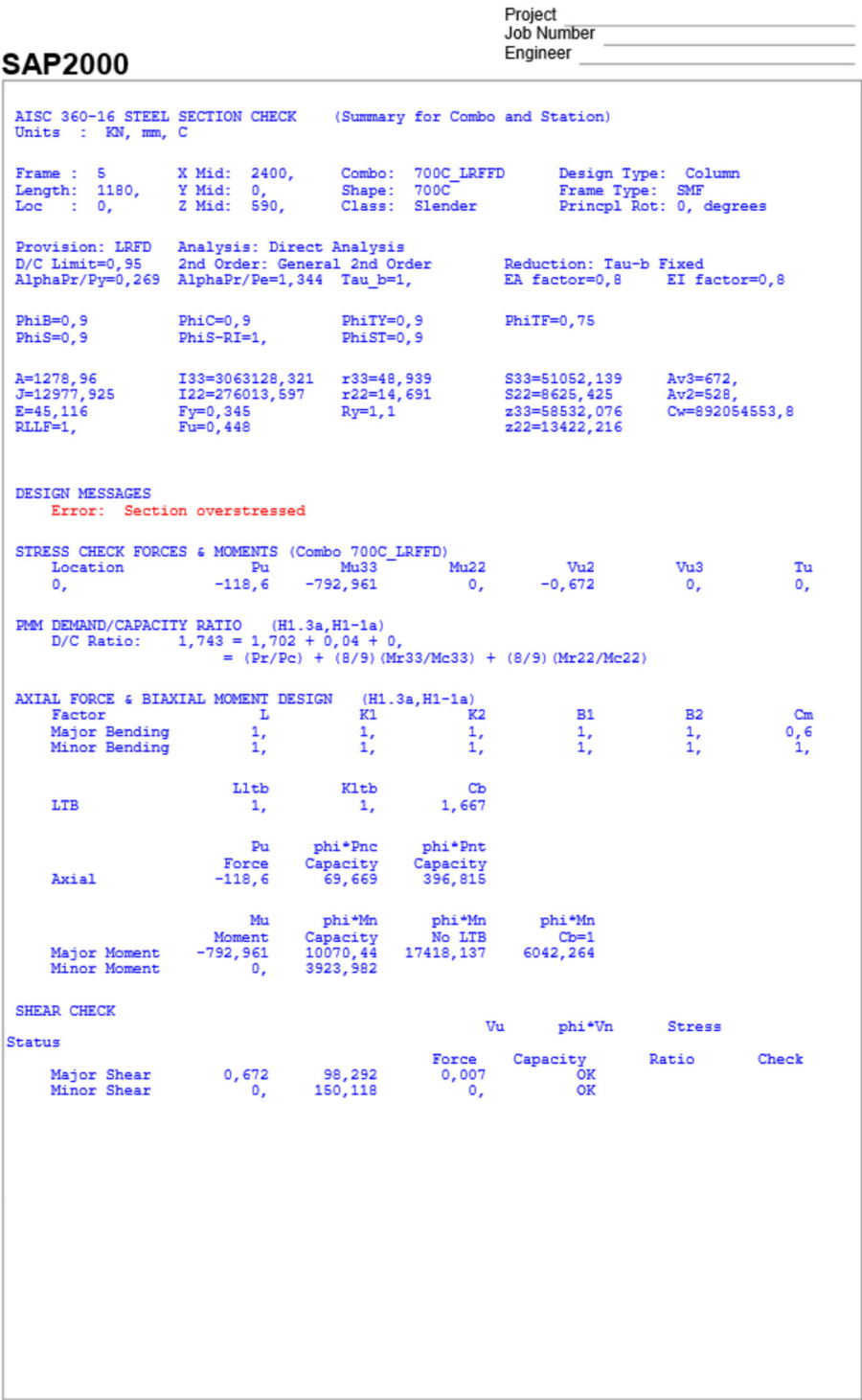
SAP2000		Project	
		Job Number	
		Engineer	
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)			
Units : KN, mm, C			
Frame : 4	X Mid: 1800,	Combo: 700C_LRFFD	Design Type: Beam
Length: 1200,	Y Mid: 0,	Shape: 700C	Frame Type: SMF
Loc : 1200,	Z Mid: 1180,	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis	Reduction: Tau-b Fixed	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order	EA factor=0,8	
AlphaPr/Py=0,009	AlphaPr/Pe=0,045 Tau_b=1,	EI factor=0,8	
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9	
A=1278,96	I33=3063128,321	r33=48,939	S33=51052,139
J=12977,925	I22=276013,597	r22=14,691	S22=8625,425
E=45,116	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=58532,076
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13422,216
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)			
Location	Pu	Mu33	Mu22
1200,	3,808	-792,961	0,
			Vu2
			0,2
			Vu3
			0,
			Tu
			0,
PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)			
D/C Ratio: 0,121 = 0,005 + 0,116 + 0,			
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)			
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)			
Factor	L	K1	K2
Major Bending	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,
			B1
			1,
			B2
			1,
			Cm
			1,
			1,
LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	1,163
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	3,808	67,366	396,815
	Mu	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB
Major Moment	-792,961	6843,817	17418,137
Minor Moment	0,	3923,982	5886,444
			phi*Mn
			Cb=1
SHEAR CHECK			
		Vu	phi*Vn
Status		Force	Capacity
Major Shear	0,2	98,292	0,002
Minor Shear	0,	150,118	0,
			OK
			OK
			Ratio
			Check
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS			
	VMajor	VMajor	
	Left	Right	
Major (V2)	0,2	0,2	

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

05/11/2022 11:44

Fonte: Autor

Figura 272 – Análise detalhada da barra 5 do pórtico ZSR1 com degradação do aço proposto por Martines (1997) para a temperatura de 700 °C.



C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

05/11/2022 11:44

Fonte: Autor

APÊNDICE H – Resultados das análises e sugestão dos SAP para perfis dos pórticos usando a degradação do aço NBR14323 e temperatura de 700 °C.

Figura 273 – Análise detalhada da barra 5 sugerida pelo SAP para suportar carga térmica de 700°C do pórtico EHR3.

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 0, Combo: 700_LERFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: W250X28.4 Frame Type: SMF
Loc : 585, Z Mid: 292,5 Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,221 AlphaPr/Pe=0,206 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=3630, I33=40100000, r33=105,104 S33=309652,51 Av3=1700,
J=97000, I22=1790000, r22=22,206 S22=35098,039 Av2=1644,65
E=25,993 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=354000, Cw=27745447500,
RLIF=1, Fu=0,448 z22=54900,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700_LERFD)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
585,	-276,026	45582,78	0,	-77,919	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,875 = 0,445 + 0,43 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	2,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1, 1,667

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-276,026	619,975	1126,259

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	45582,78	94200,282	94200,282	88000,548
Minor Moment	0,	13886,472		

SHEAR CHECK

Status	Vu	phi*Vn	Stress
Major Shear	77,919	191,914	Force OK
Minor Shear	0,	379,763	Capacity OK

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

02/11/2022 21:15

Figura 274 – Análise detalhada da barra 6 sugerida pelo SAP para suportar carga térmica de 700°C do pórtico EHR3.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 6 X Mid: 0, Combo: 700_LERFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: W250X38.5 Frame Type: SMF
Loc : 585, Z Mid: 877,5 Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,163 AlphaPr/Pe=0,063 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=4910, I33=59900000, r33=110,452 S33=457251,908 Av3=2744,
J=167000, I22=58700000, r22=34,576 S22=79863,946 Av2=1729,2
E=25,993 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=513000, Cw=92306689340,
RLLF=1, Fu=0,448 z22=123000,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700_LERFD)

Location Pu Mu33 Mu22 Vu2 Vu3 Tu
585, -275,586 91165,559 0, -77,919 0, 0,

PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,94 = 0,278 + 0,662 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor L K1 K2 B1 B2 Cm
Major Bending 2, 1, 1, 1, 1, 1,
Minor Bending 1, 1, 1, 1, 1, 1,
LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,25
Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -275,586 991,708 1523,397
Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment 91165,559 122341,808 122341,808 146311,173
Minor Moment 0, 25545,908

SHEAR CHECK

Status Vu phi*Vn Stress
Major Shear 77,919 208,977 Force 0,373 Capacity OK Ratio Check
Minor Shear 0, 612,983 0, OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS

Cont Pl Dbl Pl BC Ratio BC Ratio
Area Thick Major Minor
Joint Design 1523,7 3,075 N/C N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

02/11/2022 21:16

Fonte: Autor

Figura 275 – Análise detalhada da barra 3 sugerida pelo SAP para suportar carga térmica de 700°C do pórtico EHR3.

Project

Job Number

Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK

(Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 3

Length: 620,

Loc : 0,

X Mid: 310,

Y Mid: 0,

Z Mid: 1170,

Combo: 700 LERFD

Shape: W200X41.7

Class: Slender

Design Type: Beam

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

D/C Limit=0,95

AlphaPr/Py=0,042

Analysis: Direct Analysis

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Pe=0,013 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed

EA factor=0,8

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiS=0,9

PhiC=0,9

PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9

PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=5320,

J=224000,

E=25,993

RLLF=1,

I33=40800000,

I22=90300000,

Fy=0,345

Fu=0,448

r33=87,574

r22=41,199

Ry=1,1

S33=398048,78

S22=108795,181

z33=446000,

z22=166000,

Av3=3264,667

Av2=1484,2

Cw=84263986634,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700_LERFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

0,

-77,919

-91165,559

0,

-96,386

0,

0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0,924 = 0,033 + 0,891 + 0,

= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

2,

1,

1,

1,

1,

1,

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

Ltb

Lltb

Kltb

Cb

1,

1,

1,355

Axial

Major Moment

Minor Moment

Pu

Force

Mu

Moment

-77,919

-91165,559

0,

phi*Pnc

Capacity

phi*Mn

Capacity

1173,693

102359,514

32168,933

phi*Pnt

Capacity

phi*Mn

No LTB

phi*Mn

Cb=1

1650,605

102359,514

138377,791

SHEAR CHECK

Status

Major Shear

Minor Shear

Vu

Force

0,352

0,

phi*Vn

Capacity

OK

OK

Stress

Ratio

Check

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)

VMajor

Left

96,386

VMajor

Right

95,921

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analyse FHR\FHR1.sdb

02/11/2022 21:11

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

02/11/2022 21:16

Figura 276 – Análise detalhada da barra 1 sugerida pelo SAP para suportar carga térmica de 700°C do pórtico EHR3.

Project

Job Number

Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 4

Length: 620,

Loc : 0,

X Mid: 930,

Y Mid: 0,

Z Mid: 1170,

Combo: 700_LERFD

Shape: W200X19.3

Class: Slender

Design Type: Beam

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

D/C Limit=0,95

AlphaPr/Py=0,091

Analysis: Direct Analysis

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Pe=0,102 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed

EA factor=0,8

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiS=0,9

PhiC=0,9

PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9

PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=2480,

J=36300,

E=25,993

RLLF=1,

I33=16500000,

I22=1140000,

Fy=0,345

Fu=0,448

r33=81,567

r22=21,44

Ry=1,1

S33=162561,576

S22=22352,941

z33=187000,

z22=35200,

Av3=1101,6

Av2=1185,52

Cw=11006731462,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700_LERFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

0,

-77,919

-31550,448

0,

-51,121

0,

0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,934 = 0,21 + 0,724 + 0,

= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

2,

1,

1,

1,

1,

1,

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

LTB

Lltb

Kltb

Cb

1,

1,

1,668

Axial

Pu

Force

phi*Pnc

Capacity

phi*Pnt

Capacity

-77,919

371,455

769,455

Major Moment

Minor Moment

Mu

Moment

phi*Mn

Capacity

phi*Mn

No LTB

phi*Mn

Cb=1

-31550,448

0,

38735,714

5770,791

38735,714

45932,451

SHEAR CHECK

Status

Major Shear

Minor Shear

51,121

0,

162,747

246,087

Vu

Force

0,314

0,

phi*Vn

Capacity

OK

OK

Stress

Ratio

Check

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

VMajor

Left

Right

51,121

50,655

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EHR\EHR1.sdb

02/11/2022 21:17

Fonte: Autor

Figura 277 – Análise detalhada da barra 1 sugerida pelo SAP para suportar carga térmica de 700°C do pórtico EGR1.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 1 X Mid: 0, Combo: 700C_LRFD Design Type: Column
Length: 1170, Y Mid: 0, Shape: W200X26.6 Frame Type: SMF
Loc : 1170, Z Mid: 585, Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,086 AlphaPr/Pe=0,162 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=3390, I33=25800000, r33=87,239 S33=249275,362 Av3=1857,567
J=71600, I22=3320000, r22=31,295 S22=49924,812 Av2=1208,88
E=25,993 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=279000, Cw=32743420614,
RLLF=1, Fu=0,448 z22=76400,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFD)
Location Pu Mu33 Mu22 Vu2 Vu3 Tu
1170, -100,647 28314,525 0, -24,2 0, 0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)
D/C Ratio: 0,668 = 0,239 + 0,429 + 0,
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)
Factor L K1 K2 B1 B2 Cm
Major Bending 1, 1, 1, 1, 1, 0,6
Minor Bending 1, 1, 1, 1, 1, 1,
LTB Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667
Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -100,647 421,146 1051,795
Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment 28314,525 58642,451 58642,451 56441,745
Minor Moment 0, 12629,265

SHEAR CHECK
Status Vu phi*Vn Stress
Major Shear 24,2 165,764 Force 0,146 Capacity OK Ratio Check
Minor Shear 0, 414,962 0, OK

CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS
Cont Pl Dbl Pl BC Ratio BC Ratio
Area Thick Major Minor
Joint Design 457,35 0, N/C N/C

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 21:38

Fonte: Autor

Figura 278 – Análise detalhada da barra 2 sugerida pelo SAP para suportar carga térmica de 700°C do pórtico EGR1.

Project

Job Number

Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK

(Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 2

Length: 1220,

Loc : 1220,

X Mid: 610,

Y Mid: 0,

Z Mid: 1170,

Combo: 700C_LRFD

Shape: W200X26.6

Class: Slender

Design Type: Beam

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

D/C Limit=0,95

AlphaPr/Py=0,021

Analysis: Direct Analysis

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Pe=0,042 Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed

EA factor=0,8

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiS=0,9

PhiC=0,9

PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9

PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=3390,

J=71600,

E=25,993

RLLF=1,

I33=25800000,

I22=33200000,

Fy=0,345

Fu=0,448

r33=87,239

r22=31,295

Ry=1,1

S33=249275,362

S22=49924,812

z33=279000,

z22=76400,

Av3=1857,567

Av2=1208,88

Cw=32743420614,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

1220,

-24,2

-32994,525

0,

4,319

0,

0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1b)

D/C Ratio: 0,593 = 0,03 + 0,563 + 0,

= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1b)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

Ltb

Lltb

Kltb

Cb

1,

1,

1,063

Axial

Pu

Force

-24,2

phi*Pnc

Capacity

401,434

phi*Pnt

Capacity

1051,795

Major Moment

Minor Moment

-32994,525

0,

Mu

phi*Mn

phi*Mn

phi*Mn

Moment

Capacity

No LTB

Cb=1

57693,661

12629,265

58642,451

54264,474

SHEAR CHECK

Status

Vu

phi*Vn

Stress

Major Shear

Minor Shear

4,319

0,

165,764

414,962

Force

0,026

0,

Capacity

OK

OK

Ratio

Check

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

VMajor

VMajor

Left

Right

Major (V2)

3,353

4,319

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 21:33

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 21:38

Figura 279 – Análise detalhada da barra 4 sugerida pelo SAP para suportar carga térmica de 700°C do pórtico EGR1.

Project _____	
Job Number _____	
Engineer _____	
SAP2000	
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)	
Units : KN, mm, C	
Frame : 4	X Mid: 1220, Combo: 700C_LRFD Design Type: Column
Length: 585,	Y Mid: 0, Shape: W200X26.6 Frame Type: SMF
Loc : 0,	Z Mid: 877,5 Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order
AlphaPr/Py=0,093	AlphaPr/Pe=0,044 Tau_b=1, Reduction: Tau-b Fixed
	EA factor=0,8 EI factor=0,8
PhiB=0,9	PhiC=0,9
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,
	PhiTY=0,9
	PhiST=0,9
	PhiTF=0,75
A=3390,	I33=25800000,
J=71600,	I22=3320000,
E=25,993	Fy=0,345
RLLF=1,	Fu=0,448
	r33=87,239
	r22=31,295
	Ry=1,1
	S33=249275,362
	S22=49924,812
	z33=279000,
	z22=76400,
	Av3=1857,567
	Av2=1208,88
	Cw=32743420614,
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFD)	
Location	Pu Mu33 Mu22 Vu2 Vu3 Tu
0,	-108,319 -32994,525 0, -28,2 0, 0,
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)	
D/C Ratio: 0,649 = 0,087 + 0,563 + 0,	
= (1/2) (Pr/Pe) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)	
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)	
Factor	L K1 K2 B1 B2 Cm
Major Bending	2, 1, 1, 1, 1, 1,
Minor Bending	1, 1, 1, 1, 1, 1,
Ltb	Lltb Kltb Cb
1,	1, 1, 25
	Pu phi*Pnc phi*Pnt
	Force Capacity Capacity
Axial	-108,319 624,049 1051,795
	Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
	Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment	-32994,525 58642,451 58642,451 81915,815
Minor Moment	0, 12629,265
SHEAR CHECK	
	Vu phi*Vn Stress
Status	Force Capacity Ratio Check
Major Shear	28,2 165,764 0,17 OK
Minor Shear	0, 414,962 0, OK

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 21:38

Fonte: Autor

Figura 280 – Análise detalhada da barra 5 sugerida pelo SAP para suportar carga térmica de 700°C do pórtico EGR1.

Project
Job Number
Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, mm, C

Frame : 5 X Mid: 1220, Combo: 700C_LRFD Design Type: Column
Length: 585, Y Mid: 0, Shape: W200X26.6 Frame Type: SMF
Loc : 0, Z Mid: 292,5 Class: Slender Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,093 AlphaPr/Pe=0,044 Tau_b=1, EA factor=0,8 EI factor=0,8

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=3390, I33=25800000, r33=87,239 S33=249275,362 Av3=1857,567
J=71600, I22=3320000, r22=31,295 S22=49924,812 Av2=1208,88
E=25,993 Fy=0,345 Ry=1,1 z33=279000, Cw=32743420614,
RLLF=1, Fu=0,448 z22=76400,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFD)

Location Pu Mu33 Mu22 Vu2 Vu3 Tu
0, -108,783 -16497,263 0, -28,2 0, 0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)
D/C Ratio: 0,368 = 0,087 + 0,281 + 0,
= (1/2) (Pr/Pe) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor L K1 K2 B1 B2 Cm
Major Bending 2, 1, 1, 1, 1, 1,
Minor Bending 1, 1, 1, 1, 1, 1,

Ltb Lltb Kltb Cb
1, 1, 1,667

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
Axial -108,783 624,049 1051,795

Mu phi*Mn phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB Cb=1
Major Moment -16497,263 58642,451 58642,451 81915,815
Minor Moment 0, 12629,265

SHEAR CHECK

Status Vu phi*Vn Stress
Major Shear 28,2 165,764 Force Capacity Ratio Check
Minor Shear 0, 414,962 0, OK OK

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\análise EGR\EGR1.sdb 02/11/2022 21:33

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise EGR\EGR1.sdb

02/11/2022 21:38

Fonte: Autor

Fonte: Autor

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb 08/12/2022 22:21

Figura 282 – Análise detalhada da barra 2 sugerida pelo SAP para suportar carga térmica de 700°C do pórtico ZSR1.

SAP2000				Project _____
				Job Number _____
				Engineer _____
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)				
Units : KN, mm, C				
Frame : 2	X Mid: 600,	Combo: 700C_LRFFD	Design Type: Beam	
Length: 1200,	Y Mid: 0,	Shape: W200X26.6	Frame Type: SMF	
Loc : 1200,	Z Mid: 1180,	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees	
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Fixed	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0,8	
AlphaPr/Py=0,01	AlphaPr/Pe=0,02 Tau_b=1,		EI factor=0,8	
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75	
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9		
A=3390,	I33=25800000,	r33=87,239	S33=249275,362	Av3=1857,567
J=71600,	I22=3320000,	r22=31,295	S22=49924,812	Av2=1208,88
E=25,993	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=279000,	Cw=32743420614,
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=76400,	
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)				
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2
1200,	-11,745	-35686,605	0,	18,64
				Vu3
				0,
				Tu
				0,
FMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)				
D/C Ratio: 0,623 = 0,014 + 0,609 + 0,				
= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)				
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)				
Factor	L	K1	K2	B1
Major Bending	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,
				B2
				1,
				Cm
				0,755
				1,
LTB	Lltb	Kltb	Cb	
	1,	1,	1,328	
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt	
	Force	Capacity	Capacity	
Axial	-11,745	409,33	1051,795	
	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-35686,605	58642,414	58642,414	55135,34
Minor Moment	0,	12629,25		
SHEAR CHECK				
			Vu	phi*Vn
Status			Force	Capacity
Major Shear	18,64	165,764	0,112	OK
Minor Shear	0,	414,962	0,	OK
				Stress
				Ratio
				Check
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS				
	VMajor	VMajor		
	Left	Right		
Major (V2)	17,739	18,64		

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 22:22

Figura 283 – Análise detalhada da barra 3 sugerida pelo SAP para suportar carga térmica de 700°C do pórtico ZSR1.

SAP2000				Project _____
				Job Number _____
				Engineer _____
AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)				
Units : KN, mm, C				
Frame : 3	X Mid: 1200,	Combo: 700C_LRFFD	Design Type: Column	
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: W200X26.6	Frame Type: SMF	
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Slender	Princpl Rot: 0, degrees	
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Fixed	
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0,8	
AlphaPr/Py=0,129	AlphaPr/Pe=0,247 Tau_b=1,		EI factor=0,8	
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75	
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9		
A=3390,	I33=25800000,	r33=87,239	S33=249275,362	Av3=1857,567
J=71600,	I22=3320000,	r22=31,295	S22=49924,812	Av2=1208,88
E=25,993	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=279000,	Cw=32743420614,
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=76400,	
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)				
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2
0,	-150,825	-24292,84	0,	-20,587
				Vu3
				0,
				Tu
				0,
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)				
D/C Ratio: 0,73 = 0,362 + 0,368 + 0,				
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)				
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)				
Factor	L	K1	K2	B1
Major Bending	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,
				B2
				1,
				Cm
				0,6
				1,
	Lltb	Kltb	Cb	
LTB	1,	1,	1,667	
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt	
	Force	Capacity	Capacity	
Axial	-150,825	417,212	1051,795	
	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1
Major Moment	-24292,84	58642,414	58642,414	56006,249
Minor Moment	0,	12629,25		
SHEAR CHECK				
			Vu	phi*Vn
Status			Force	Capacity
Major Shear	20,587	165,764	0,124	OK
Minor Shear	0,	414,962	0,	OK
			Ratio	Check

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 22:22

Figura 284 – Análise detalhada da barra 4 sugerida pelo SAP para suportar carga térmica de 700°C do pórtico ZSR1.

SAP2000

Project

Job Number

Engineer

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK

(Summary for Combo and Station)

Units : KN, mm, C

Frame : 4

Length: 1200,

Loc : 0,

X Mid: 1800,

Y Mid: 0,

Z Mid: 1180,

Combo: 700C_LRFFD

Shape: IPE120

Class: Compact

Design Type: Beam

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD

D/C Limit=0,95

AlphaPr/Py=0,019

Analysis: Direct Analysis

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Pe=0,023

Tau_b=1,

Reduction: Tau-b Fixed

EA factor=0,8

EI factor=0,8

PhiB=0,9

PhiS=0,9

PhiC=0,9

PhiS-RI=1,

PhiTY=0,9

PhiST=0,9

PhiTF=0,75

A=1320,

J=16900,

E=199,948

RLLF=1,

I33=3180000,

I22=277000,

Fy=0,345

Fu=0,448

r33=49,082

r22=14,486

Ry=1,1

S33=53000,

S22=8656,25

z33=60700,

z22=13600,

Av3=672,

Av2=528,

Cw=895242529,5

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

0,

8,842

-11393,765

0,

-13,784

0,

0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)

D/C Ratio: 0,616 = 0,011 + 0,605 + 0,

= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

Minor Bending

1,

1,

1,

1,

1,

1,

LTB

Lltb

Kltb

Cb

1,

1,

2,19

Axial

Pu

Force

phi*Pnc

Capacity

phi*Pnt

Capacity

8,842

247,973

409,549

Major Moment

Minor Moment

Mu

Moment

phi*Mn

Capacity

phi*Mn

No LTB

phi*Mn

Cb=1

-11393,765

0,

18833,031

4219,592

18833,031

16335,931

SHEAR CHECK

Status

Vu

phi*Vn

Stress

Force

Capacity

Ratio

Check

Major Shear

Minor Shear

13,784

0,

109,213

150,118

0,126

0,

OK

OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

VMajor

Left

Right

Major (V2)

13,784

13,784

C:\Users\Giovane\Desktop\TCC Revisão\analise ZSR\ZSR1.sdb

08/12/2022 22:22

Figura 285 – Análise detalhada da barra 5 sugerida pelo SAP para suportar carga térmica de 700°C do pórtico SZR1.

Project

Job Number

Engineer

SAP2000

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)							
Units : KN, mm, C							
Frame : 5	X Mid: 2400,	Combo: 700C_LRFFD	Design Type: Column				
Length: 1180,	Y Mid: 0,	Shape: IPE120	Frame Type: SMF				
Loc : 0,	Z Mid: 590,	Class: Compact	Princpl Rot: 0, degrees				
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis						
D/C Limit=0,95	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed				
AlphaPr/Py=0,23	AlphaPr/Pe=0,266 Tau_b=1,		EA factor=0,8 EI factor=0,8				
PhiB=0,9	PhiC=0,9	PhiTY=0,9	PhiTF=0,75				
PhiS=0,9	PhiS-RI=1,	PhiST=0,9					
A=1320,	I33=3180000,	r33=49,082	S33=53000,	Av3=672,			
J=16900,	I22=277000,	r22=14,486	S22=8656,25	Av2=528,			
E=199,948	Fy=0,345	Ry=1,1	z33=60700,	Cw=895242529,5			
RLLF=1,	Fu=0,448		z22=13600,				
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo 700C_LRFFD)							
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu	
0,	-104,616	5147,41	0,	4,362	0,	0,	
PM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)							
D/C Ratio: 0,658 = 0,415 + 0,243 + 0,							
= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)							
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)							
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm	
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	0,6	
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,	
LTB	Lltb	Kltb	Cb				
	1,	1,	1,667				
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	-104,616	252,12	409,549				
	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn			
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1			
Major Moment	5147,41	18833,031	18833,031	16421,159			
Minor Moment	0,	4219,592					
SHEAR CHECK							
Status	Vu	phi*Vn	Stress				
Major Shear	4,362	109,213	Force	Capacity	Ratio	Check	
Minor Shear	0,	150,118	0,04	OK			
			0,	OK			