



Contrato nº 56/2017

Projeto Executivo para a Revitalização e Modernização do Sistema Produtor Bolonha - ETA Bolonha e Ampliação do Sistema de Reservação/Adução de Água de Ananindeua / Marituba

**PRODUTO P7.1 - PROJETO DE ESTRUTURAS E GEOTECNIA
ETA BOLONHA**

Volume I/III - Memoriais e Desenhos

**Tomo II/II - Sistema de Produtos Químicos, Sala Elétrica e
CCO**

Novembro/2019

1707-E-TA-EST-RT-100-R05



ENCIBRA S.A.
Estudos e Projetos de Engenharia

P7.1 – PROJETO DE ESTRUTURAS E GEOTECNIA ETA BOLONHA

Contrato Nº 56 / 2017

**PROJETO EXECUTIVO PARA A REVITALIZAÇÃO E
MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR
BOLONHA - ETA BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO
SISTEMA DE RESERVAÇÃO/ADUÇÃO DE ÁGUA DE
ANANINDEUA / Marituba**


Nº ENCIBRA – 1707-E-TA-EST-RT-100-R05

Volume I/III – Projeto de Estruturas e Geotecnia da ETA Bolonha

Tomo II/II – Sistema de Produtos Químicos, Sala Elétrica e Centro de Comando de Operações

– Memoriais e Desenhos

REV.	DATA	DESCRIÇÃO	EXECUÇÃO	APROVAÇÃO	VISTO
00	08/02/2018	Relatório Técnico Parcial	F.M.M.	A.M.L.	A.R.G.L.
01	27/04/2018	Relatório Técnico	F.M.M.	A.M.L.	A.R.G.L.
02	29/11/2018	Demolição de passarela/Inclusão dos projetos do sistema de produtos químicos	F.M.M.	A.M.L.	A.R.G.L.
03	20/03/2019	Inclusão armação parede decantador	F.M.M.	A.M.L.	A.R.G.L.
04	13/05/2019	Inclusão – Detalhe fixação dos arranques	F.M.M.	A.M.L.	A.R.G.L.
05	05/11/2019	Revisão dos projetos do sistema de produtos químicos e inclusão da sala elétrica e CCO	V.P.B.	A.M.L.	A.R.G.L.



**RESPONSÁVEL
TÉCNICO**
Victor Pereira Braga
CREA/PA: 1518.652.220

APRESENTAÇÃO

A **ENCIBRA S/A Estudos e Projetos de Engenharia**, apresenta por meio deste relatório o **PRODUTO P.7.1 – PROJETO DE ESTRUTURAS E DE GEOTECNIA DA ETA E EEAT BOLONHA – VOLUME I/III PROJETO DE ESTRUTURAS E GEOTECNIA DA ETA**, referente ao “**Projeto Executivo para Revitalização e Modernização do Sistema Produtor Bolonha – ETA Bolonha e Ampliação do Sistema de Reservação/Adução de Água de Ananindeua/Marituba**”, em conformidade ao contrato **Nº56/2017**, firmado com a **COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará**.

Este documento apresenta projeto das unidades do sistema de produtos químicos, sala elétrica e o centro de comando de operações, contendo: memorial descritivo, memoriais de cálculo e desenhos.

O Projeto de Estruturas e de Geotecnia da ETA e EEAT é composto por 03 (três) volumes a saber:

- Volume I/III – Projeto de Estruturas e de Geotecnia da ETA;
- Volume II/III - Projeto de Estruturas e de Geotecnia da EEAT; e
- Volume III/III – Especificações Técnicas.

Sendo o Volume I/III dividido em 2 (dois) tomos a saber:

- Tomo I/II – Reforma dos Decantadores e Filtros; e
- Tomo II/II – Sistema de Produtos Químicos, Sala Elétrica e o Centro de Comando de Operações.

Desta forma, a ENCIBRA colocará à disposição da COSANPA, ao longo deste contrato, toda sua experiência, acervo técnico e conhecimento relativo aos trabalhos de um modo geral e, em especial, naquilo que concerne aos projetos de acordo com o escopo do presente contrato.

SUMÁRIO

1	SISTEMA DE PRODUTOS QUÍMICOS.....	6
1.1	INTRODUÇÃO	6
1.2	DESCRIÇÃO GERAL - ESTRUTURAS.....	6
1.3	MATERIAIS	8
1.4	BASES DOS TANQUES DE PRODUTOS QUÍMICOS	9
1.5	EDIFÍCIO DE BOMBAS	10
1.5.1	Critérios Gerais	10
1.5.2	Cargas	10
1.5.3	Esquemas.....	11
1.5.4	Vigas de Cobertura	13
1.5.5	Pilares.....	17
1.5.6	Fundação.....	19
2	SALA ELÉTRICA	22
2.1	ESQUEMAS.....	22
2.2	BLOCOS	23
2.2.1	Resultado dos Blocos	23
2.2.2	Cálculo do Bloco B1.....	23
2.2.3	Cálculo do Bloco B2.....	25
2.2.4	Cálculo do Bloco B3.....	26
2.2.5	Cálculo do Bloco B4.....	27
2.2.6	Vigas do Cintamento.....	30
2.2.7	Lajes	35
2.2.8	Pilares.....	39
2.2.9	Vigas da Cobertura	42
2.2.10	Lajes de Cobertura.....	44
2.2.11	Fundação.....	48
3	CENTRO DE COMANDO DE OPERAÇÕES	49
3.1	SITUAÇÕES DE PROJETO	49
3.2	CÁLCULO	50
3.2.1	Cargas	50
3.2.2	Resultados.....	51
4	LEVANTAMENTO DE QUANTIDADES	135
4.1	EDIFÍCIO DE BOMBAS	135



4.2	SALA ELÉTRICA	135
4.3	BASES	136
5	DESENHOS.....	138





SISTEMA DE PRODUTOS QUIMICOS



1 SISTEMA DE PRODUTOS QUÍMICOS

1.1 INTRODUÇÃO

O novo sistema de produtos químicos da ETA é composto por bases dos tanques de reservação de produtos químicos, respectivas bacias de contenção, canaletas e o edifício de bombas.

As normas e regulamentos para seu cálculo seguem as mesmas indicadas no início desse relatório.

1.2 DESCRIÇÃO GERAL - ESTRUTURAS

Os reservatórios de produtos químicos, localizados ao lado da ETA, se apoiam em bases de concreto armado apoiadas diretamente no solo. O edifício de bombas possui estrutura convencional em concreto armado e seus pilares se apoiam em blocos sobre estacas do tipo hélice contínua.

Figura 1.1 – Planta Geral – Situação

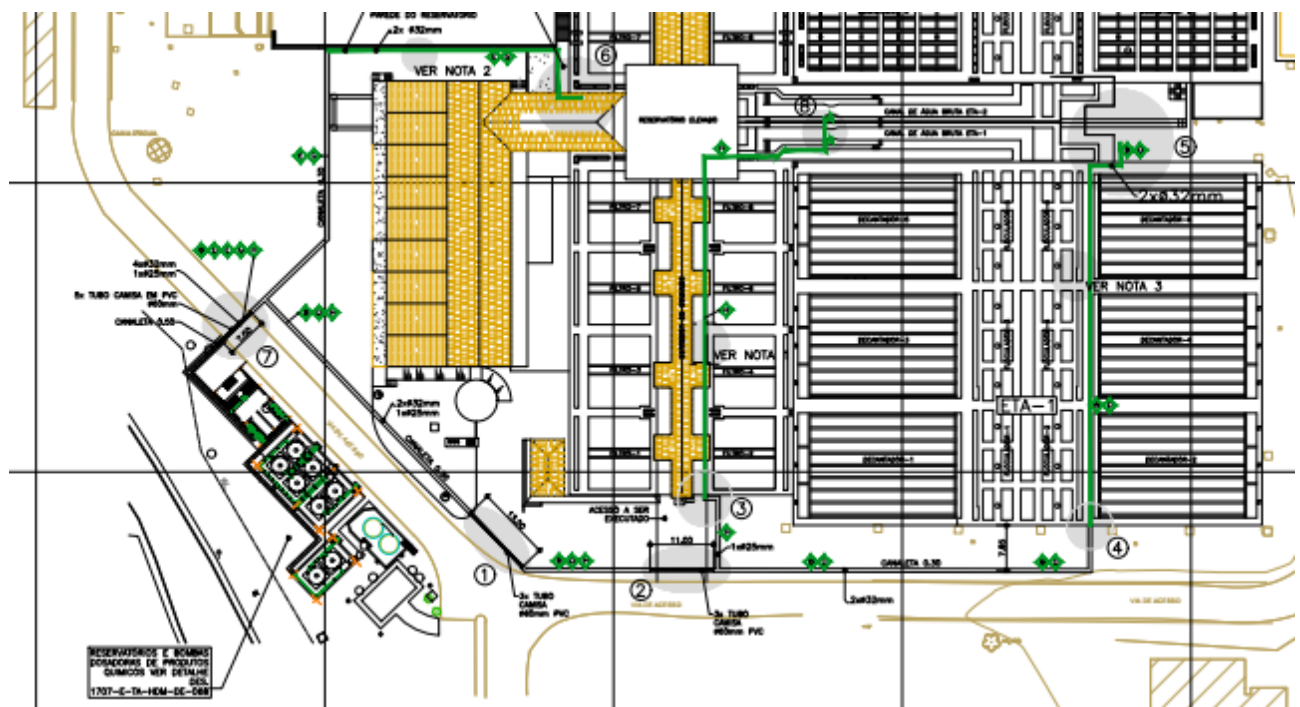
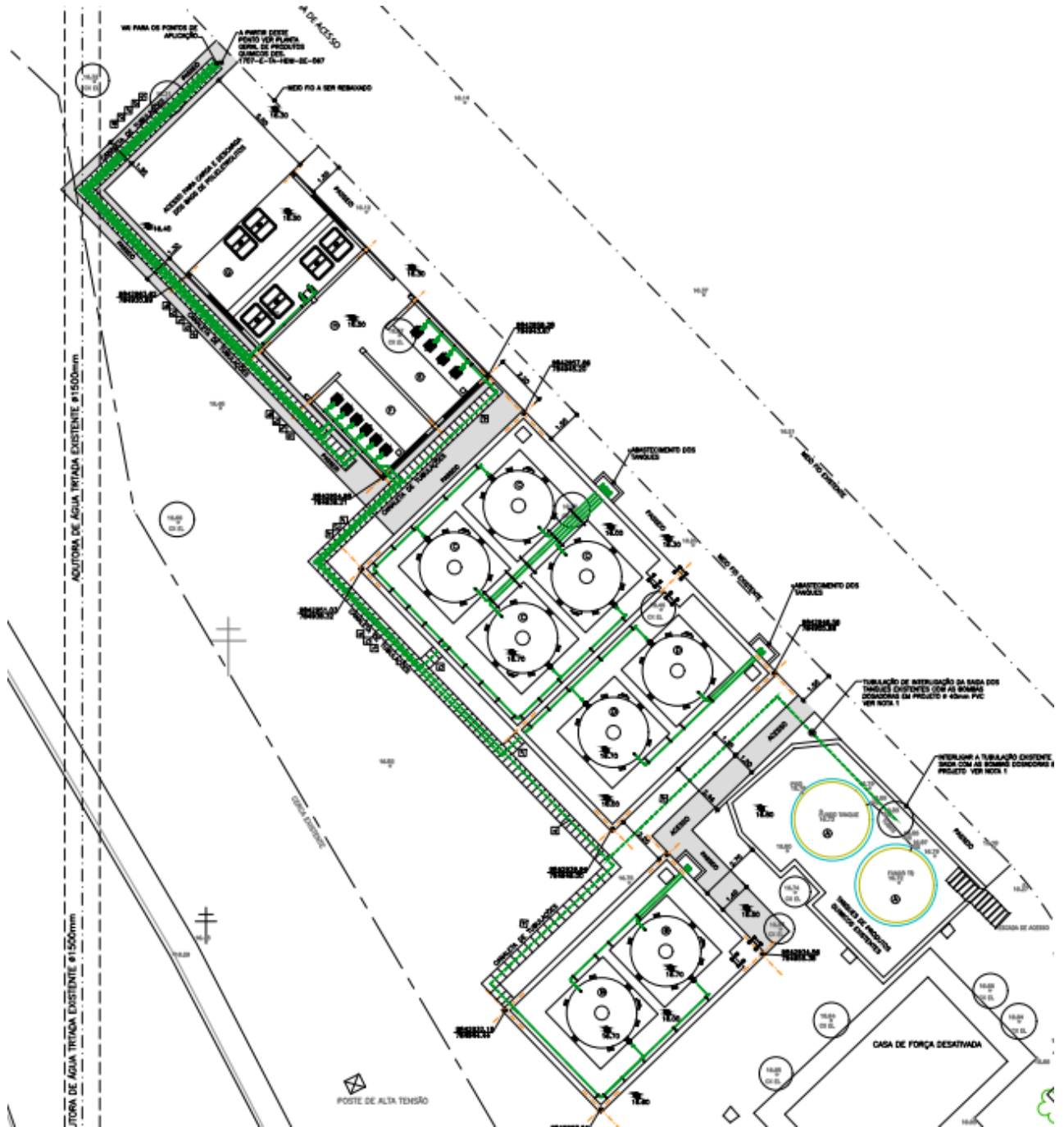


Figura 1.2 - Implantação



1.3 MATERIAIS

Estruturas das bases e edifício de bombas:

- Classe de Agressividade ambiental II – NBR 6118 – Tabela 7.2
- Concreto estrutural: $f_{ck} \geq 25$ MPa
- Módulo de deformação secante: $E_{cs} \geq 24,2$ GPa
- Consumo mínimo de cimento: 280 kg/m³
- Fator máximo água/cimento: $a/c = 0,60$
- Aço CA-50: $f_{yk} = 500$ MPa

1.4 BASES DOS TANQUES DE PRODUTOS QUÍMICOS

Pesos dos tanques de produtos químicos:

Tanque capacidade 25m³ - peso total de cada tanque - 31 toneladas

Tanque capacidade 50m³ - peso total de cada tanque - 62 toneladas

(considerado o peso próprio do tanque)

Verificação da tensão na base:

Tanques altos: Φ 3m h=6,95m – volume 50 m³

Base 3,40 x 3,40 x 1m - $\sigma_1 = 2,50$ tf/m²

Carga Vertical – Tensão na base $\sigma_2 = 62 / 3,40^2 = 5,36$ tf/m²

Portanto $\sigma_G = 7,86$ tf/m²

Vento – considerando 80 kgf/m² (c/ff =1) –

Momento na base : $M = 0,08 \times 3 \times 8^2 / 2 = 7,68$ tfm

$\sigma_{\max/\min} = 7,68 + 7,68 \times 6 / 3,40^3 = 7,86 \pm 1,17$ tf/m²

$\sigma_{\max} = 8,85$ tf/m² < 10 tf/m² ok

$\sigma_{\max/\min} = 6,51$ tf/m² > 0 ok

Armadura adotada – mínima $A_s = 0,15 \times 100 = 15$ cm²/m – Φ 16 C/15

1.5 EDIFÍCIO DE BOMBAS

1.5.1 Critérios Gerais

O cálculo dos esforços dos elementos em concreto das estruturas do edifício de bombas, seu dimensionamento e detalhamento foram desenvolvidos por meio do software EBERICK, para dimensionamento de estruturas, de acordo com as normas brasileiras atualmente vigentes apresentadas anteriormente.

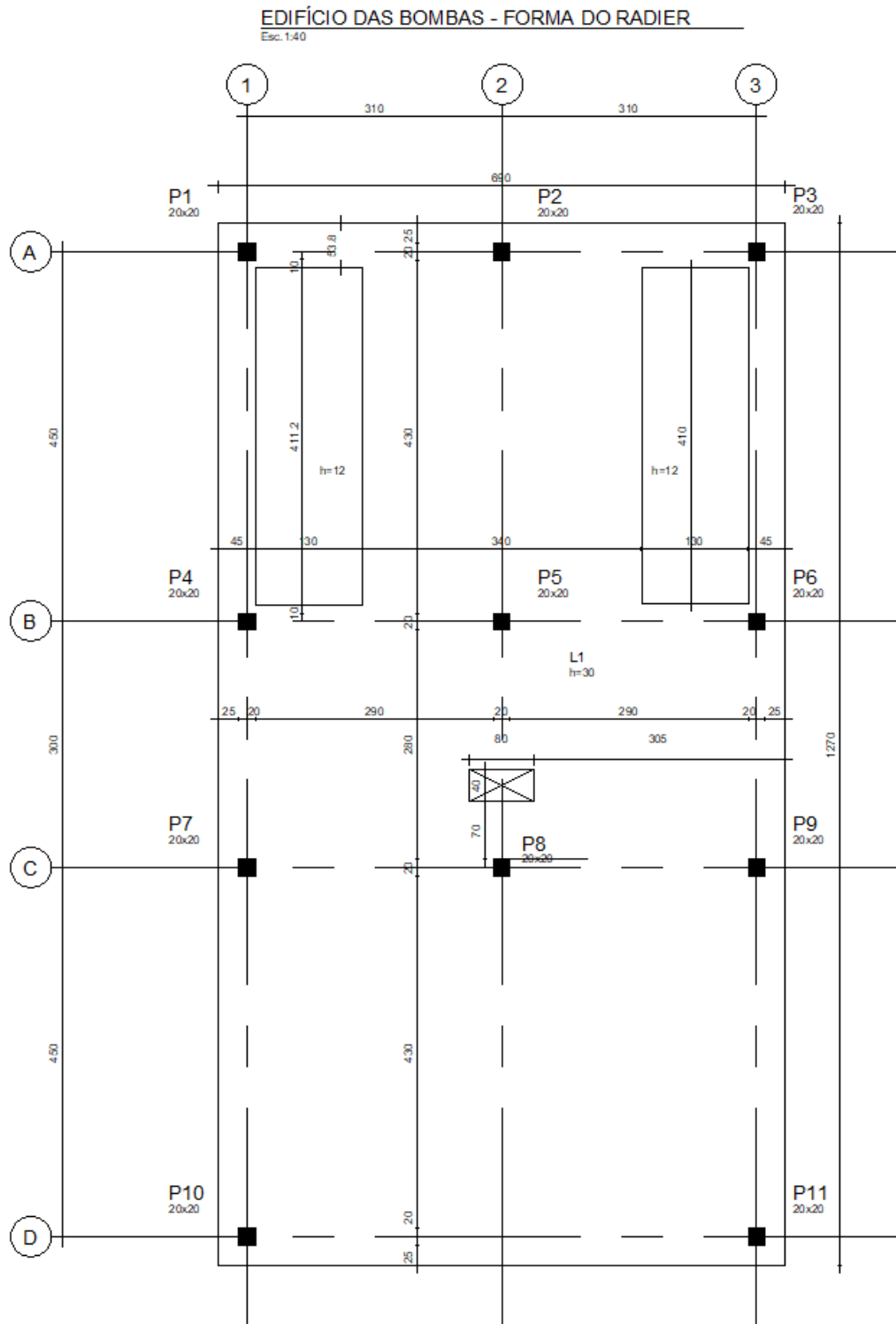
1.5.2 Cargas

As cargas consideradas foram:

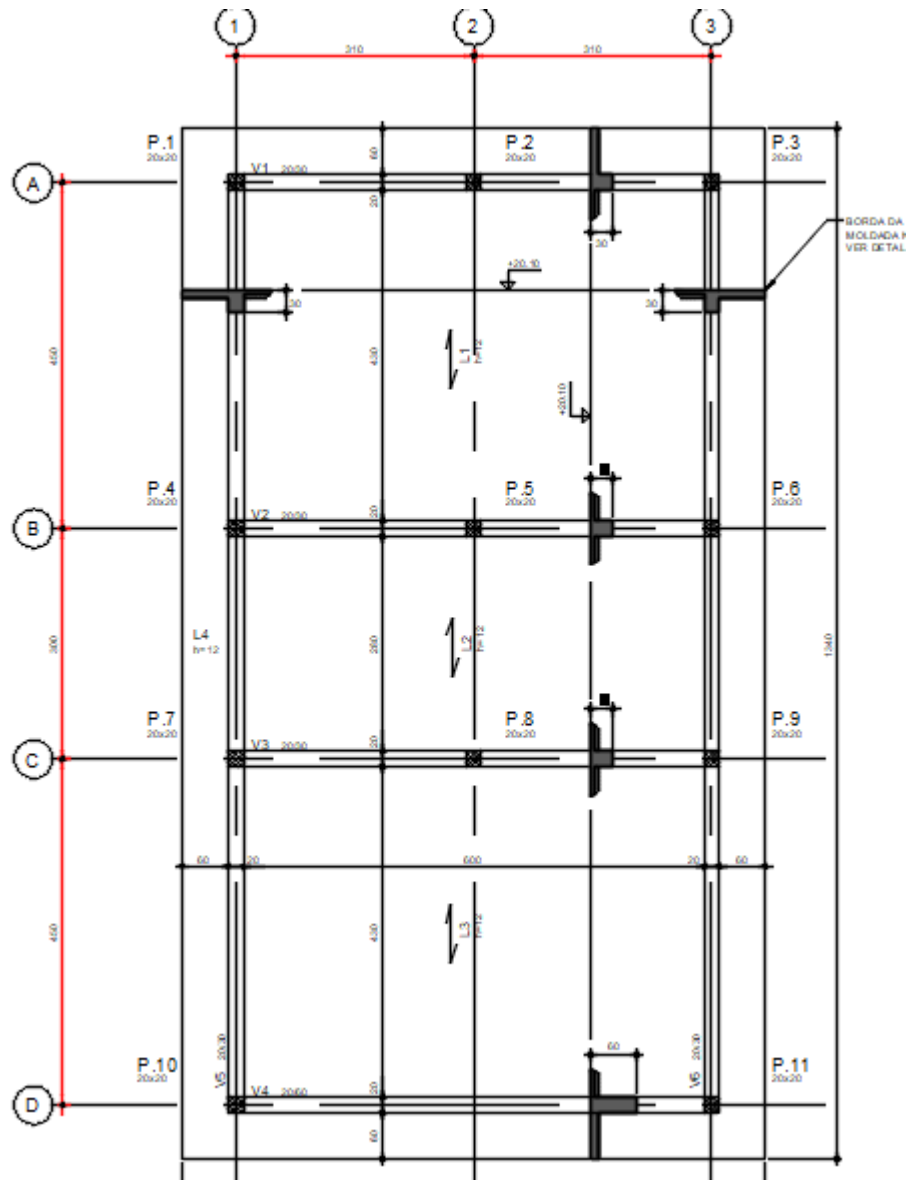
- Peso Próprio – Concreto Armado = 2,5 tf/m³
- Impermeabilização ou Revestimento - laje de cobertura = 80 kgf/m²
- Carga Acidental - laje de cobertura = 100 kgf/m²
- Peso próprio – lajes pré-moldadas = 200 kgf/m²

1.5.3 Esquemas

ESQUEMA DO EDIFÍCIO - FUNDAÇÃO



ESQUEMA DO EDIFÍCIO - COBERTURA



1.5.4 Vigas de Cobertura

$f_{ck} = 250.00 \text{ kgf/cm}^2$	$E_{cs} = 241500 \text{ kgf/cm}^2$
Cobrimento = 2.50 cm	Peso específico = 2500.00 kgf/m ³

Viga	Vãos			Nós		
	Md (kgf.m)	As	Als	Md (kgf.m)	As	Als
V1	805.16	2 ϕ 8.0		-494.19	2 ϕ 8.0	
	805.16	2 ϕ 8.0		-1552.03	2 ϕ 10.0	
				-494.19	2 ϕ 8.0	
V2	992.4	2 ϕ 8.0		-768.86	2 ϕ 8.0	
	992.4	2 ϕ 8.0		-2047.84	2 ϕ 12.5	
				-768.86	2 ϕ 8.0	
V3	1006.89	2 ϕ 8.0		-662.7	2 ϕ 8.0	
	1006.89	2 ϕ 8.0		-2178.94	2 ϕ 12.5	
				-662.7	2 ϕ 8.0	
V4	7661.89	3 ϕ 12.5	2 ϕ 8.0	-1120.14	2 ϕ 12.5	2 ϕ 8.0
				-1120.14	2 ϕ 12.5	2 ϕ 8.0
V5	702.30	2 ϕ 10.0	2 ϕ 8.0	-635.26	2 ϕ 8.0	2 ϕ 8.0
	0.11	2 ϕ 8.0	2 ϕ 8.0	-818.13	2 ϕ 8.0	2 ϕ 8.0
	704.30	2 ϕ 10.0	2 ϕ 8.0	-922.25	2 ϕ 8.0	2 ϕ 8.0
				-539.93	2 ϕ 8.0	2 ϕ 8.0
V6	702.30	2 ϕ 10.0	2 ϕ 8.0	-635.26	2 ϕ 8.0	2 ϕ 8.0
	0.11	2 ϕ 8.0	2 ϕ 8.0	-818.13	2 ϕ 8.0	2 ϕ 8.0
	704.30	2 ϕ 10.0	2 ϕ 8.0	-922.25	2 ϕ 8.0	2 ϕ 8.0
				-539.93	2 ϕ 8.0	2 ϕ 8.0

➤ Esforços da Viga V1

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1	Caso T2 (°C)		Nd (tf)	Rd (tf)						
P1		20.00									1.02				
1	308.00 290.00	290.00	150.00	0.00				0.12	- 0.09	3.00		805.16		-494.19 - 1552.03	-0.45
P2		20.00									4.09				
2	308.00 290.00	290.00	150.00	0.00				0.12	- 0.09	3.00		805.16		- 1552.03 -494.19	-0.45
P3		20.00									1.02				

➤ Esforços da Viga V2

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1	Caso T2 (°C)		Nd (tf)	Rd (tf)						
P4		20.00									1.81				
1	308.00 290.00	290.00	150.00	0.00				0.03	- 0.05	3.42		992.4		-768.86 - 2047.84	-0.41
P5		20.00									4.57				
2	308.00 290.00	290.00	150.00	0.00				0.03	- 0.05	3.42		992.4		- 2047.84 -768.86	-0.41
P6		20.00									1.81				

➤ Esforços da Viga V3

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
P7		20.00									1.76				
1	308.00 290.00	290.00	150.00	0.00				0.02	- 0.04	3.52		1006.89		-662.7 - 2178.94	-0.43
P8		20.00									4.68				
2	308.00 290.00	290.00	150.00	0.00				0.02	- 0.04	3.52		1006.89		- 2178.94 -662.7	-0.43
P9		20.00									1.76				

➤ Esforços da Viga V4

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
P10		20.00									4.19				
1	620.00 600.00	600.00	300.00	0.00				0.18	- 0.01	6.12		7661.89		- 1120.14 - 1120.14	-0.80
P11		20.00									4.19				

➤ Esforços da Viga V5

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
P10		20.00									1.20				
1	448.00 430.00	430.00	150.00	0.00			0.06	- 0.01	1.71			702.30		-635.26 -818.13	-0.54
P7		20.00									1.26				
2	298.00 280.00	280.00	150.00	0.00			0.00	- 0.05	0.73					-603.62 -826.53	
P4		20.00									1.31				
3	448.00 430.00	430.00	150.00	0.00			0.01	- 0.05	1.61			704.30		-922.25 -539.93	-0.50
P1		20.00									1.14				

➤ Esforços da Viga V6

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
P11		20.00									1.20				
1	448.00 430.00	430.00	150.00	0.00			0.06	- 0.01	1.71			702.30		-635.26 -818.13	-0.54
P9		20.00									1.26				
2	298.00 280.00	280.00	150.00	0.00			0.00	- 0.05	0.73					-603.62 -826.53	
P6		20.00									1.31				
3	448.00 430.00	430.00	150.00	0.00			0.01	- 0.05	1.61			704.30		-922.25 -539.93	-0.50
P3		20.00									1.14				



1.5.5 Pilares

Cobertura	fck = 250.00 kgf/cm ²	E = 241500 kgf/cm ²	Peso Espec = 2500.00 kgf/m ³
Lance 2		cobr = 3 cm	

Dados				Resultados								
Pilar	Seção (cm)	Nível Altura (cm)	lib vínc lih vínc (cm)	Nd máx Nd mín (tf)	MBd topo MBd base (kgf.m)	MHd topo MHd base (kgf.m)	As b Armaduras As h % armad total	Estribo Topo Base cota	Esb b Esb h			
P1	20.00	2010.00	360.00	4.66	142	136	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	62.28			
	X		RR				2.40			201	202	1.57 2 ø 10.0
	20.00		360.00				RR					0.8 4 ø 10.0
P2	20.00	2010.00	360.00	6.42	162	49	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	62.28			
	X		RR				3.58			261	49	1.57 2 ø 10.0
	20.00		360.00				RR					0.8 4 ø 10.0
P3	20.00	2010.00	360.00	4.66	142	136	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	62.28			
	X		RR				2.40			201	202	1.57 2 ø 10.0
	20.00		360.00				RR					0.8 4 ø 10.0
P4	20.00	2010.00	360.00	5.90	152	201	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	62.28			
	X		RR				3.11			203	118	1.57 2 ø 10.0
	20.00		360.00				RR					0.8 4 ø 10.0
P5	20.00	2010.00	360.00	7.27	54	28	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	62.28			
	X		RR				3.87			55	65	1.57 2 ø 10.0
	20.00		360.00				RR					0.8 4 ø 10.0
P6	20.00	2010.00	360.00	5.90	152	201	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	62.28			
	X		RR				3.11			203	118	1.57 2 ø 10.0
	20.00		360.00				RR					0.8 4 ø 10.0
P7	20.00	2010.00	360.00	5.57	147	271	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	62.28			
	1:50		X				360.00			3.04	181	158
			360.00									

	20.00		RR				0.8	4 ø 10.0		
P8 1:50	20.00	2010.00	360.00 RR	7.46	58	37	1.57	2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	62.28
	X						1.57	2 ø 10.0		62.28
	20.00	360.00	360.00 RR	3.93	58	50	0.8	4 ø 10.0		
P9 1:50	20.00	2010.00	360.00 RR	5.57	147	271	1.57	2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	62.28
	X						1.57	2 ø 10.0		62.28
	20.00	360.00	360.00 RR	3.04	181	158	0.8	4 ø 10.0		
P10 1:50	20.00	2010.00	360.00 RR	8.27	596	137	1.57	2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	62.28
	X						1.57	2 ø 10.0		62.28
	20.00	360.00	360.00 RR	4.65	104	167	0.8	4 ø 10.0		
P11 1:50	20.00	2010.00	360.00 RR	8.27	596	137	1.57	2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	62.28
	X						1.57	2 ø 10.0		62.28
	20.00	360.00	360.00 RR	4.65	104	167	0.8	4 ø 10.0		

1.5.6 Fundação

O modelo utilizado para cálculo dos esforços no radier se baseia na hipótese de que o elemento é apoiado sobre base elástica, em que a placa é substituída por uma malha sobre apoios elásticos equivalentes. Neste modelo a base é obtida a partir das características do solo e o seu comportamento é baseado na hipótese de Winkler.

Para esse tipo de análise, é assumido que a pressão p e o deslocamento δ de cada ponto estão relacionados por um módulo de reação, ou coeficiente de recalque vertical denominado K_v , determinado através de uma correlação empírica com a tensão admissível do solo.

$$s = 0,2SPT_{\text{médio}}$$

A partir do valor encontrado, obtem o valor de K_v por correlação, utilizando a tabela abaixo.

Tensão admissível (kgf/cm ²)	K_v (kgf/cm ³)	Tensão admissível (kgf/cm ²)	K_v (kgf/cm ³)
0,25	0,65	2,15	4,30
0,30	0,78	2,20	4,40
0,35	0,91	2,25	4,50
0,40	1,04	2,30	4,60
0,45	1,17	2,35	4,70
0,50	1,30	2,40	4,80
0,55	1,39	2,45	4,90
0,60	1,48	2,50	5,00
0,65	1,57	2,55	5,10
0,70	1,66	2,60	5,20
0,75	1,75	2,65	5,30
0,80	1,84	2,70	5,40
0,85	1,93	2,75	5,50
0,90	2,02	2,80	5,60
0,95	2,11	2,85	5,70
1,00	2,20	2,90	5,80
1,05	2,29	2,95	5,90
1,10	2,38	3,00	6,00
1,15	2,47	3,05	6,10
1,20	2,56	3,10	6,20
1,25	2,65	3,15	6,30
1,30	2,74	3,20	6,40
1,35	2,83	3,25	6,50
1,40	2,92	3,30	6,60
1,45	3,01	3,35	6,70
1,50	3,10	3,40	6,80
1,55	3,19	3,45	6,90
1,60	3,28	3,50	7,00
1,65	3,37	3,55	7,10
1,70	3,46	3,60	7,20
1,75	3,55	3,65	7,30
1,80	3,64	3,70	7,40
1,85	3,73	3,75	7,50
1,90	3,82	3,80	7,60
1,95	3,91	3,85	7,70
2,00	4,00	3,90	7,80
2,05	4,10	3,95	7,90
2,10	4,20	4,00	8,00

Fonte: Morrison (1993)

➤ Dados do Radier

Seção (cm)				Cargas (kgf/m ²)			
Radier	H	Elevação	Nível	Peso Próprio	Acidental Revestimento	Paredes Outras	Total
L1	30	0.00	1650.00	750.00	5000.00 100.00	371.20 0.00	6221.20

➤ Resultados do Radier

Nome	Espessura (cm)	Carga (kgf/m ²)	Mdx (kgf.m/m)	Mdy (kgf.m/m)	Asx	Asy	Flecha (cm)
L1	30	6221.20	1886	2344	As = 3.02 cm ² /m (ø10.0 c/20 - 3.93 cm ² /m)	As = 3.02 cm ² /m (ø10.0 c/20 - 3.93 cm ² /m)	-0.46

➤ Cálculos do Radier

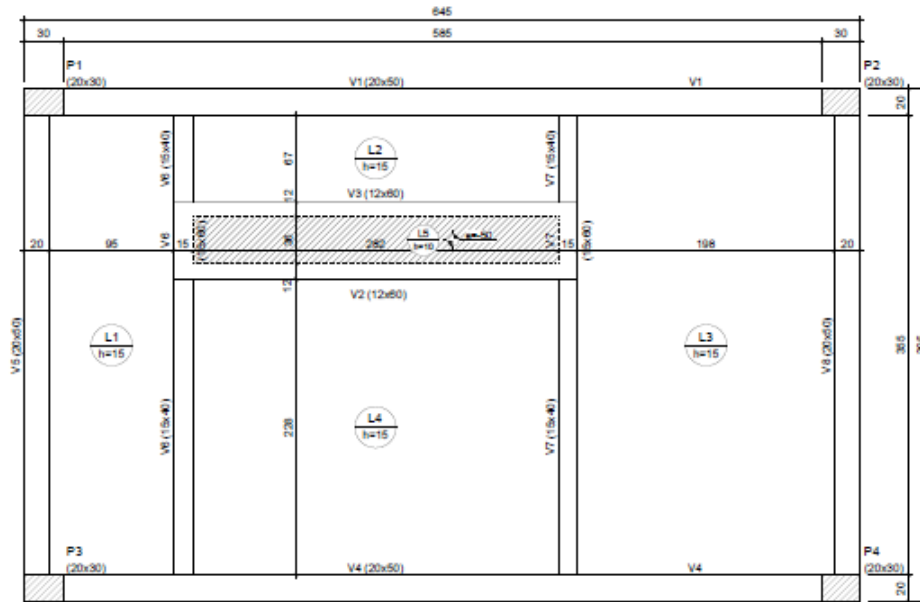
ARMADURAS POSITIVAS (RADIÉR)												
Radier	Direção	Momento positivo				Momento negativo				Armadura inferior	Armadura superior	Cisalhamento
		Seção	Flexão	Verificação axial (compressão)	Verificação axial (tração)	Seção	Flexão	Verificação axial (compressão)	Verificação axial (tração)			
L1	X	bw = 100.0 cm h = 30.0 cm	Md = 2681 kgf.m/m As = 2.36 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.10 tf Situação: GE As = 1.64 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.46 tf Situação: GE As = 1.71 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 30.0 cm	Md = 1667 kgf.m/m As = 1.46 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.10 tf Situação: GE As = 1.44 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.46 tf Situação: GE As = 1.52 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	As = 3.02 cm ² /m ø10.0 c/20 (3.93 cm ² /m) fiss = 0.04 mm		vsd = 16.88 tf/m vrd1 = 14.28 tf/m Modelo I vrd2 = 112.82 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 30.0 cm	Md = 2681 kgf.m/m As = 2.45 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.14 tf Situação: GE As = 2.12 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.18 tf Situação: GE As = 2.16 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 30.0 cm	Md = 1318 kgf.m/m As = 1.20 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.14 tf Situação: GE As = 1.18 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.18 tf Situação: GE As = 1.22 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	As = 3.02 cm ² /m ø10.0 c/20 (3.93 cm ² /m) fiss = 0.06 mm		vsd = 16.12 tf/m vrd1 = 13.87 tf/m vrd2 = 108.48 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m

MALHA BASE SUPERIOR		
Laje	As,cal	As,ef
L1	3.02 cm ² /m	ø10.0 c/15 cm (5.24 cm ² /m)

2 SALA ELÉTRICA

2.1 ESQUEMAS

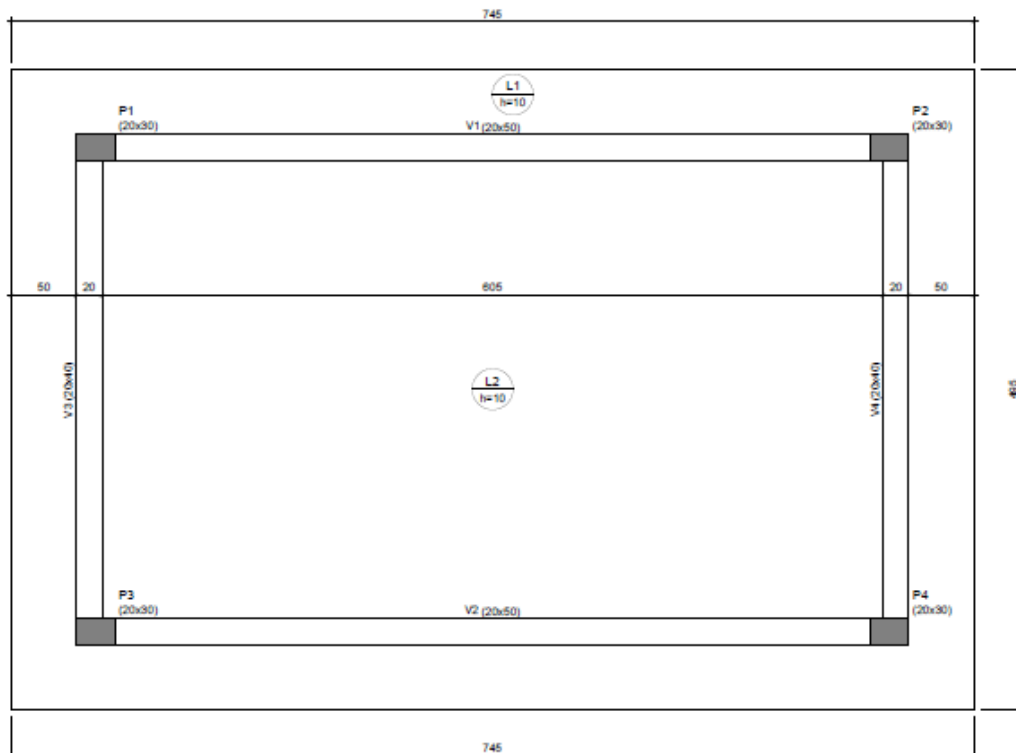
- Esquema do Edifício – Cintamento



Forma do Cintamento (Nível 0)

escala 1:30

- Esquema do Edifício – Cobertura



Forma do pavimento Cobertura (Nível 300)

escala 1:30

2.2 BLOCOS

2.2.1 Resultado dos Blocos

Dados						Resultados				
Blocos	ne Estaca	LB (cm)	NTotal (tf)	MB (kgf.m)	FB (tf)	hb (cm)	As1 (cm ²) Armaduras	As3 (cm ²) Armaduras	As5 (cm ²) Armaduras	As7 (cm ²) Armaduras
		LH		MH	FH		As2	As4	As6	
B1	1	46.50	15.44	0.00	1.76			0.98 5 ϕ 5.0		
	EM	60.60		0.00	8.32			1.25 2 ϕ 6.3		
B2	1	46.50	15.30	0.00	1.91			0.98 5 ϕ 5.0		
	EM	60.60		0.00	8.40			1.25 2 ϕ 6.3		
B3	1	46.50	15.35	0.00	1.81			0.98 5 ϕ 5.0		
	EM	60.60		0.00	8.54			1.25 2 ϕ 6.3		
B4	1	46.50	15.20	0.00	1.86			0.98 5 ϕ 5.0		
	EM	60.60		0.00	8.46			1.25 2 ϕ 6.3		

As1:	Armadura principal na direção X	As2:	Armadura principal na direção Y
As3:	Estribo horizontal	As4:	Estribo vertical
As5:	Armadura superior na direção X	As6:	Armadura superior na direção Y
As7:	Armadura de distribuição		

2.2.2 Cálculo do Bloco B1

- Cálculo das dimensões do bloco

Estaca (cm)		Altura do bloco (cm)		Seção do bloco (cm)	
Tipo	perfil I	Útil	65.00	LB	46.50
Seção	16.50 x 30.60	Total	80.00	LH	60.60
Espaçamento entre estacas (e)	0.00	Cobrimento do bloco na estaca	15.00	Cobrimento do bloco (CB)	15.00

Área de forma	1.71 m ²
Volume concreto	0.22 m ³

➤ Estimativa da carga solicitante

Peso próprio (tf)	Nmax (tf)	Carga momento (tf)	Carga total (tf)
0.54	15.44	0.00	15.98

➤ Determinação do número de estacas

Modelo	NE	Dimensões (cm)	Altura (cm)	Peso próprio (tf)	Carga máx. (tf)	Carga mín. (tf)	Momento (kgf.m)	Força horiz. (tf)
1	1	47x61	80	0.54	15.98	13.80	4756	8.49
Limites					50.00	-2.50	1000	20.00

➤ Estimativa dos esforços nas estacas

Estaca	Carga máx. (tf)	Carga mín. (tf)	Momento (kgf.m)	Força horiz. (tf)
E1-1	15.98	13.80	4756	8.49

➤ Dimensionamento da armadura

Método de cálculo: biela-tirante

	Tensão (tf)	As (cm ²)	Armaduras
Armadura principal na direção X	-	-	-
Armadura principal na direção Y	-	-	-
Estribo horizontal	0.24	0.63	5 ø 5.0
Estribo vertical	0.24	1.21	2 ø 6.3
Armadura superior na direção X	-	-	-
Armadura superior na direção Y	-	-	-
Armadura distribuição	-	-	-

2.2.3 Cálculo do Bloco B2

- Cálculo das dimensões do bloco

Estaca (cm)		Altura do bloco (cm)		Seção do bloco (cm)	
Tipo	perfil I	Útil	80.00	LB	46.50
Seção	16.50 x 30.60	Total	95.00	LH	60.60
Espaçamento entre estacas (e)	0.00	Cobrimento do bloco na estaca	15.00	Cobrimento do bloco (CB)	15.00

Área de forma	2.03 m ²
Volume concreto	0.26 m ³

- Estimativa da carga solicitante

Peso próprio (tf)	Nmax (tf)	Carga momento (tf)	Carga total (tf)
0.65	15.30	0.00	15.95

- Determinação do número de estacas

Modelo	NE	Dimensões (cm)	Altura (cm)	Peso próprio (tf)	Carga máx. (tf)	Carga mín. (tf)	Momento (kgf.m)	Força horiz. (tf)
1	1	47x61	95	0.65	15.95	13.72	6107	8.60
Limites					50.00	-2.50	1000	20.00

- Estimativa dos esforços nas estacas

Estaca	Carga máx. (tf)	Carga mín. (tf)	Momento (kgf.m)	Força horiz. (tf)
E2-1	15.95	13.72	6107	8.60

- Dimensionamento da armadura

Método de cálculo: biela-tirante

	Tensão (tf)	As (cm²)	Armaduras
Armadura principal na direção X	-	-	-
Armadura principal na direção Y	-	-	-
Estribo horizontal	0.20	0.51	5 ø 5.0

Estribo vertical	0.20	1.21	2 ø 6.3
Armadura superior na direção X	-	-	-
Armadura superior na direção Y	-	-	-
Armadura distribuição	-	-	-

2.2.4 Cálculo do Bloco B3

- Cálculo das dimensões do bloc

Estaca (cm)		Altura do bloco (cm)		Seção do bloco (cm)	
Tipo	perfil I	Útil	80.00	LB	46.50
Seção	16.50 x 30.60	Total	95.00	LH	60.60
Espaçamento entre estacas (e)	0.00	Cobrimento do bloco na estaca	15.00	Cobrimento do bloco (CB)	15.00

Área de forma	2.03 m ²
Volume concreto	0.26 m ³

- Estimativa da carga solicitante

Peso próprio	Nmax	Carga momento	Carga total
(tf)	(tf)	(tf)	(tf)
0.65	15.35	0.00	16.00

- Determinação do número de estacas

Modelo	NE	Dimensões	Altura	Peso próprio	Carga máx.	Carga mín.	Momento	Força horiz.
		(cm)	(cm)	(tf)	(tf)	(tf)	(kgf.m)	(tf)
1	1	47x61	95	0.65	16.00	13.72	6188	8.72
Limites					50.00	-2.50	1000	20.00

- Estimativa dos esforços nas estacas

Estaca	Carga máx.	Carga mín.	Momento	Força horiz.
	(tf)	(tf)	(kgf.m)	(tf)
E3-1	16.00	13.72	6188	8.72

➤ Dimensionamento da armadura

Método de cálculo: biela-tirante

	Tensão (tf)	As (cm ²)	Armaduras
Armadura principal na direção X	-	-	-
Armadura principal na direção Y	-	-	-
Estribo horizontal	0.20	0.51	5 ø 5.0
Estribo vertical	0.20	1.21	2 ø 6.3
Armadura superior na direção X	-	-	-
Armadura superior na direção Y	-	-	-
Armadura distribuição	-	-	-

2.2.5 Cálculo do Bloco B4

➤ Cálculo das dimensões do bloco

Estaca (cm)		Altura do bloco (cm)		Seção do bloco (cm)	
Tipo	perfil I	Útil	80.00	LB	46.50
Seção	16.50 x 30.60	Total	95.00	LH	60.60
Espaçamento entre estacas (e)	0.00	Cobrimento do bloco na estaca	15.00	Cobrimento do bloco (CB)	15.00

Área de forma	2.03 m ²
Volume concreto	0.26 m ³

➤ Estimativa da carga solicitante

Peso próprio (tf)	Nmax (tf)	Carga momento (tf)	Carga total (tf)
0.65	15.20	0.00	15.85

➤ Determinação do número de estacas

Modelo	NE	Dimensões (cm)	Altura (cm)	Peso próprio (tf)	Carga máx. (tf)	Carga mín. (tf)	Momento (kgf.m)	Força horiz. (tf)
1	1	47x61	95	0.65	15.85	13.57	6142	8.65
Limites					50.00	-2.50	1000	20.00

➤ Estimativa dos esforços nas estacas

Estaca	Carga máx. (tf)	Carga mín. (tf)	Momento (kgf.m)	Força horiz. (tf)
E4-1	15.85	13.57	6142	8.65

➤ Dimensionamento da armadura

Método de cálculo: biela-tirante

	Tensão (tf)	As (cm ²)	Armaduras
Armadura principal na direção X	-	-	-
Armadura principal na direção Y	-	-	-
Estribo horizontal	0.20	0.51	5 ϕ 5.0
Estribo vertical	0.20	1.20	2 ϕ 6.3
Armadura superior na direção X	-	-	-
Armadura superior na direção Y	-	-	-
Armadura distribuição	-	-	-

➤ Resultados dos Pilares

Dados				Resultados						
Pilar	Seção (cm)	Nível Altura (cm)	lib vínc lib vínc (cm)	Nd máx Nd mín (tf)	MBd topo MBd base (kgf.m)	MHd topo MHd base (kgf.m)	As b Armaduras As h % armad total	Estribo Topo Base cota	Esb b Esb h	
P1 1:25	20.00 X 30.00	0.00 105.00	49.00 RR	20.80	1172	5519	4.02 2 ϕ 16.0	ϕ 5.0 c/6	8.48	
			49.00 RR	13.16	0	0	4.02 2 ϕ 16.0			5.65
P2 1:25	20.00 X 30.00	0.00 120.00	49.00 RR	20.62	1272	5572	2.8 2 ϕ 20.0	ϕ 5.0 c/6	8.48	
			49.00 RR	12.97	0	0	2.1 4 ϕ 20.0			5.65
P3 1:25	20.00 X	0.00 120.00	49.00 RR	20.70	1204	5672	2.8 2 ϕ 20.0	ϕ 5.0 c/5	8.48	
			49.00 RR	12.97	0	0	2.8 2 ϕ 20.0			5.65
							2.1 4 ϕ			



	30.00						20.0		
P4	20.00	0.00	49.00 RR	20.51	1240	5620	2.8 2 ø 20.0	ø 5.0 c/5	8.48
1:25	X	120.00	49.00 RR	12.82	0	0	2.8 2 ø 20.0		5.65
	30.00						2.1 4 ø 20.0		



2.2.6 Vigas do Cintamento

Viga	Vãos			Nós		
	Md (kgf.m)	As	Als	Md (kgf.m)	As	Als
V1	7225.58	2 ø 16.0	2 ø 10.0	-7229.60	2 ø 20.0	2 ø 6.3
				-7344.43	2 ø 20.0	2 ø 6.3
V2	1968.44	2 ø 10.0				
V3	1778.30	2 ø 10.0				
V4	6859.20	2 ø 16.0	2 ø 10.0	-7415.80	2 ø 20.0	2 ø 6.3
				-7412.22	2 ø 20.0	2 ø 6.3
V5	2613.80	2 ø 10.0		-1404.11	2 ø 10.0	
				-1358.66	2 ø 10.0	
V6	2735.74 2728.78 2134.59	2 ø 12.5 2 ø 10.0 2 ø 12.5	2 ø 12.5 2 ø 12.5	-288.48	2 ø 8.0	
				-0.04	2 ø 8.0	
				-0.04	2 ø 8.0	
				-305.37	2 ø 8.0	
V7	3285.58 3292.57 2534.97	2 ø 12.5 2 ø 10.0 2 ø 12.5	2 ø 10.0	-278.86	2 ø 8.0	
				-0.04	2 ø 8.0	
				-0.04	2 ø 10.0	2 ø 6.3
				-283.54	2 ø 10.0	2 ø 6.3
V8	2851.74	2 ø 10.0		-1511.02	2 ø 10.0	
				-1535.19	2 ø 10.0	

➤ Esforços da Viga V1

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
P1		30.00									6.72				
1		85.16	850.00	0.00				9.94	0.00	9.83			2263.08	-7229.60	
		15.00													-0.33
2	615.13 585.13	281.92	850.00	0.00				6.61	0.00	3.18			2146.45 7015.26		-0.71
		15.00													-0.64
3		188.05	850.00	0.00				10.19	0.00	9.33			7225.58		-7344.43
P2		30.00									6.37				

➤ Esforços da Viga V2

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
V6		15.00									1.70				
1	296.92 281.92	281.92	180.00	0.00				0.84	0.00	2.67		1968.44	35.29 109.05		
V7		15.00									1.77				

➤ Esforços da Viga V3

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
V6		15.01									1.09				
1	296.96 281.95	281.95	150.00	0.00				1.27	0.00	1.63		1778.30	130.78 181.96		
V7		15.01									1.11				

➤ Esforços da Viga V4

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
P3		30.00									6.57				
1		85.16	850.00	0.00				10.22	0.00	9.68			1860.00	-7415.80	
		15.00													-0.34
2	615.13 585.13	281.92	850.00	0.00				7.42	0.00	4.12		6844.38	1814.63 6778.69		-0.74
		15.00													-0.65
3		188.05	850.00	0.00				10.28	0.00	9.23			6859.20	-7412.22	
P4		30.00									2.6				

➤ Esforços da Viga V5

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
P3		20.00									2.00				
1	374.96 354.96	354.96	850.00	0.00				1.20	- 0.15	3.80		2613.80		-1404.11 -1358.66	-0.11
P1		20.00									1.98				

➤ Esforços da Viga V6

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
V4		20.00									1.95				
1	244.37 228.37	228.37	150.00	0.00				0.64	- 0.47	2.96			2735.74	-288.48	-0.59
V2		12.00									0.00				
2	47.91 35.91	35.91	225.00	0.00				0.57	0.00	1.35			2728.78 2139.62		
V3		12.00									0.00				
3	82.68 66.68	66.68	150.00	0.00				0.61	- 0.25	4.02			2134.59		-305.37
V1		20.00									2.68				

➤ Esforços da Viga V7

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
V4		20.00									2.83				
1	244.32 228.32	228.32	150.00	0.00				0.58	- 0.10	4.28			3285.58	-278.86	-0.96
V2		12.00									0.00				
2	47.93 35.93	35.93	225.00	0.00				0.53	0.00	1.73			3292.57 2529.98		
V3		12.00									0.00				
3	82.71 66.71	66.71	150.00	0.00				0.54	- 0.06	5.43			2534.97		-283.54
V1		20.00									3.61				

➤ Esforços da Viga V8

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
P4		20.00									2.18				
1	374.96 354.96	354.96	850.00	0.00				1.70	- 0.13	4.02			2851.74	-1511.02 -1535.19	-0.12
P2		20.00									2.19				

2.2.7 Lajes

➤ Dados das Lajes

Seção (cm)						Cargas (kgf/m ²)			
Laje	Tipo	H	ee ec	enx eny	eex eey	Peso Próprio	Acidental Revestimento	Paredes Outras	Total
L1	Maciça	15				375.00	300.00 100.00	0.00 0.00	775.00
L2	Maciça	15				375.00	300.00 100.00	0.00 0.00	775.00
L3	Maciça	15				375.00	300.00 100.00	0.00 0.00	775.00
L4	Maciça	15				375.00	300.00 100.00	0.00 0.00	775.00
L5	Maciça	10				250.00	50.00 50.00	0.00 0.00	350.00

➤ Resultados da Laje

Nome	Espessura (cm)	Carga (kgf/m ²)	Mdx (kgf.m/m)	Mdy (kgf.m/m)	Asx	Asy	Flecha (cm)
L1	15	775.00	255	610	As = 1.51 cm ² /m (ø6.3 c/20 - 1.56 cm ² /m)	As = 1.51 cm ² /m (ø6.3 c/20 - 1.56 cm ² /m)	-0.56
L2	15	775.00	167	1165	As = 1.13 cm ² /m (ø8.0 c/33 - 1.52 cm ² /m)	As = 2.45 cm ² /m (ø8.0 c/20 - 2.51 cm ² /m)	-0.80
L3	15	775.00	348	694	As = 1.51 cm ² /m (ø6.3 c/20 - 1.56 cm ² /m)	As = 1.51 cm ² /m (ø6.3 c/20 - 1.56 cm ² /m)	-0.90
L4	15	775.00	703	662	As = 1.51 cm ² /m (ø6.3 c/20 - 1.56 cm ² /m)	As = 1.51 cm ² /m (ø6.3 c/20 - 1.56 cm ² /m)	-0.90
L5	10	350.00	14	43	As = 1.01 cm ² /m (ø5.0 c/19 - 1.03 cm ² /m)	As = 1.01 cm ² /m (ø5.0 c/19 - 1.03 cm ² /m)	-0.87

➤ Cálculos das Lajes

ARMADURAS POSITIVAS (LAJE)												
Laje	Direção	Momento positivo				Momento negativo				Armadura inferior	Armadura superior	Cisalhamento
		Seção	Flexão	Verificação axial (compressão)	Verificação axial (tração)	Seção	Flexão	Verificação axial (compressão)	Verificação axial (tração)			
L1	X	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm	Md = 670 kgf.m/m As = 1.28 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 3.26 tf Situação: GE As = 0.03 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.34 tf Situação: GE As = 0.53 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm				As = 1.51 cm ² /m ø6.3 c/20 (1.56 cm ² /m) fiss = 0.01 mm		vsd = 2.37 tf/m vrd1 = 7.23 tf/m Modelo I vrd2 = 50.70 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm	Md = 670 kgf.m/m As = 1.36 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 2.78 tf Situação: GE As = 0.83 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.39 tf Situação: GE As = 1.29 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm				As = 1.51 cm ² /m ø6.3 c/20 (1.56 cm ² /m) fiss = 0.09 mm		vsd = 2.08 tf/m vrd1 = 6.90 tf/m vrd2 = 47.97 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
L2	X	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm	Md = 500 kgf.m/m As = 0.96 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.42 tf Situação: GE As = 0.26 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m		bw = 100.0 cm h = 15.0 cm				As = 1.13 cm ² /m ø8.0 c/33 (1.52 cm ² /m) fiss = 0.01 mm		vsd = 2.44 tf/m vrd1 = 7.17 tf/m Modelo I vrd2 = 50.34 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm	Md = 1165 kgf.m/m As = 2.45 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 5.17 tf Situação: GE As = 1.69 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m		bw = 100.0 cm h = 15.0 cm				As = 2.45 cm ² /m ø8.0 c/20 (2.51 cm ² /m) fiss = 0.15 mm		vsd = 7.68 tf/m vrd1 = 6.94 tf/m vrd2 = 46.86 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
L3	X	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm	Md = 670 kgf.m/m As =	Fd = 3.81 tf Situação: GE As = 0.13 cm ² /m	Fd = 0.28 tf Situação: GE As = 0.70	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm				As = 1.51 cm ² /m ø6.3 c/20 (1.56		vsd = 2.22 tf/m vrd1 = 7.23 tf/m

		cm	1.28 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	A's = 0.00 cm ² /m	cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	cm				cm ² /m fiss = 0.03 mm	Modelo I vrd2 = 50.70 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm	Md = 694 kgf.m/m As = 1.41 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 1.05 tf Situação: GE As = 1.25 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.17 tf Situação: GE As = 1.43 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm				As = 1.51 cm ² /m ø6.3 c/20 (1.56 cm ² /m) fiss = 0.11 mm	vsd = 2.05 tf/m vrd1 = 6.90 tf/m vrd2 = 47.97 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
L4	X	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm	Md = 703 kgf.m/m As = 1.35 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.55 tf Situação: GE As = 1.27 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.12 tf Situação: GE As = 1.36 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm				As = 1.51 cm ² /m ø6.3 c/20 (1.56 cm ² /m) fiss = 0.10 mm	vsd = 1.94 tf/m vrd1 = 7.23 tf/m Modelo I vrd2 = 50.70 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 15.0 cm	Md = 670 kgf.m/m As = 1.36 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 4.05 tf Situação: GE As = 0.75 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m		bw = 100.0 cm h = 15.0 cm				As = 1.51 cm ² /m ø6.3 c/20 (1.56 cm ² /m) fiss = 0.09 mm	vsd = 3.10 tf/m vrd1 = 6.90 tf/m vrd2 = 47.97 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
L5	X	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 298 kgf.m/m As = 0.80 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m			bw = 100.0 cm h = 10.0 cm				As = 1.01 cm ² /m ø5.0 c/19 (1.03 cm ² /m) fiss = 0.00 mm	vsd = 0.14 tf/m vrd1 = 4.46 tf/m Modelo I vrd2 = 29.29 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 298 kgf.m/m As = 0.86		Fd = 0.29 tf Situação: GE As = 0.16 cm ² /m A's = 0.00	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm				As = 1.01 cm ² /m ø5.0 c/19 (1.03 cm ² /m) fiss = 0.00	vsd = 0.30 tf/m vrd1 = 4.18 tf/m vrd2 = 27.12 tf/m



			cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m		cm ² /m					mm		vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
--	--	--	---	--	--------------------	--	--	--	--	----	--	--



2.2.8 Pilares

➤ Resultados dos Pilares

Dados					Resultados					
Pilar	Seção (cm)	Nível Altura (cm)	lib vinc (cm)	vinc (cm)	Nd máx (tf)	MBd topo (kgf.m)	MHd topo (kgf.m)	As b Armaduras As h % armad total	Estribo Topo Base cota	Esb b Esb h
P1	20.00	300.00	300.00	RR	8.11	612	1036	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	51.90
	X			5.12	536	1575	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12		
	1:25			300.00	RR	5.12	536			
	30.00							50		
P2	20.00	300.00	300.00	RR	8.08	518	991	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	51.90
	X			5.10	502	1618	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12		
	1:25			300.00	RR	5.10	502			
	30.00							50		
P3	20.00	300.00	300.00	RR	8.11	614	1038	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	51.90
	X			5.12	535	1602	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12		
	1:25			300.00	RR	5.12	535			
	30.00							50		
P4	20.00	300.00	300.00	RR	8.08	517	996	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	51.90
	X			5.10	503	1637	1.57 2 ø 10.0	ø 5.0 c/12		
	1:25			300.00	RR	5.10	503			
	30.00							50		

➤ Cálculo dos Pilares

Dados					Resultados					
Pilar	Seção (cm)	lib vínc	Temperatura Caso T1 Caso T2 (°C)	Retração (%)	Nd máx	MBd topo	MBsdtopo	Madtopo	Processo de cálculo	As b(cm ²)
		esb B			Nd mín	MBd base	MBsdcentro	Madcentro		As h
		lih vínc			(tf)	MHd topo	MHsdtopo	MB2d		
		esb H			ni	MHd base	MHsdcentro	MBcd		% armad
		(cm)			Zr	(kgf.m)	(kgf.m)	MH2d		
								MHcd		
								(kgf.m)		
P1	20.00 X 30.00	300.00 RR			8.11	612	561	0	Msd(x) = 474 kgf.m Msd(y) = 1575 kgf.m Mrd(x) = 759 kgf.m Mrd(y) = 2523 kgf.m Mrd/Msd=1.60	1.57
		51.90			5.12	536	474	0		2 ø 10.0
		300.00 RR			0.08	1036	1036	117		2 ø 10.0
		34.60			0.00	1575	630	8		
					0.00	1575	1575	90		0.5
P2	20.00 X 30.00	300.00 RR			8.08	518	473	0	Msd(x) = 439 kgf.m Msd(y) = 1618 kgf.m Mrd(x) = 691 kgf.m Mrd(y) = 2547 kgf.m Mrd/Msd=1.57	1.57
		51.90			5.10	502	439	0		2 ø 10.0
		300.00 RR			0.08	991	991	109		2 ø 10.0
		34.60			0.00	1618	647	7		
					0.00	1618	1618	91		0.5
P3	20.00 X 30.00	300.00 RR			8.11	614	564	0	Msd(x) = 473 kgf.m Msd(y) = 1602 kgf.m Mrd(x) = 745 kgf.m Mrd(y) = 2525 kgf.m Mrd/Msd=1.58	1.57
		51.90			5.12	535	473	0		2 ø 10.0
		300.00 RR			0.08	1038	1038	117		2 ø 10.0
		34.60			0.00	1602	641	8		
					0.00	1602	1602	91		0.5
P4	20.00 X	300.00 RR			8.08	517	471	0	Msd(x) = 440 kgf.m Msd(y) = 1637 kgf.m	1.57
		51.90			5.10	503	188	0		2 ø 10.0
							440	0		1.57

	30.00	300.00 RR 34.60			0.08 0.00 0.00	996 1637 655 1637		109 7 92 8	Mrd(x) = 685 kgf.m Mrd(y) = 2550 kgf.m Mrd/Msd=1.56	2 ø 10.0 0.5
--	-------	-----------------------	--	--	----------------------	----------------------------	--	---------------------	---	-----------------

(*) Quantidade de barras alterada pelo usuário (para mais)

2.2.9 Vigas da Cobertura

Viga	Vãos			Nós			Avisos
	Md (kgf.m)	As	Als	Md (kgf.m)	As	Als	
V1	7212.91	2 ø 16.0	2 ø 10.0	-0.04 -0.04	2 ø 10.0 2 ø 10.0	2 ø 6.3 2 ø 6.3	
V2	7211.97	2 ø 16.0	2 ø 10.0	-0.04 -0.04	2 ø 10.0 2 ø 10.0	2 ø 6.3 2 ø 6.3	
V3	2655.27	3 ø 12.5	2 ø 10.0	-0.04 -0.04	2 ø 12.5 2 ø 12.5	2 ø 10.0 2 ø 10.0	
V4	2795.40	3 ø 12.5	2 ø 10.0	-0.04 -0.04	2 ø 12.5 2 ø 12.5	2 ø 10.0 2 ø 10.0	

➤ Esforços da Viga V1

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
P1		30.00									3.44				
1	615.13 585.13	585.13	250.00	0.00			0.76	0.00	4.84			7212.91			-1.00
P2		30.00									3.50				

➤ Esforços da Viga V2

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
P3		30.00									3.44				
1	615.13 585.13	585.13	250.00	0.00			0.77	0.00	4.83			7211.97			-1.00
P4		30.00									3.49				

➤ Esforços da Viga V3

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
P3		20.00									1.86				
1	374.96 354.96	354.96	200.00	0.00			0.31	0.00	2.58			2655.27			-0.28
P1		20.00									1.86				

➤ Esforços da Viga V4

Dados							Envoltória								
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (cm)	Larg Barra (cm)	Carga distribuída		Temperatura		Retração (‰)	Esforço axial		Vd (tf)	Rmáx (tf)	Mdmáx (kgf.m)	Md+ (kgf.m)	Md- (kgf.m)	flecha (cm)
			Perm. (kgf/m)	Acid. (kgf/m)	Caso T1 Caso T2 (°C)	Nd (tf)		Rd (tf)							
P4		20.00									2.01				
1	374.96 354.96	354.96	200.00	0.00			0.11	- 0.05	3.13			2795.40			-0.30
P2		20.00									2.01				

2.2.10 Lajes de Cobertura

➤ Dados das Lajes

Seção (cm)						Cargas (kgf/m ²)			
Laje	Tipo	H	ee ec	enx eny	eex eey	Peso Próprio	Acidental Revestimento	Paredes Outras	Total
L1	Maciça	10				250.00	50.00 181.50	0.00 0.00	481.50
L2	Maciça	10				250.00	50.00 181.50	0.00 0.00	481.50
L1.1	Maciça	10				250.00	50.00 181.50	0.00 0.00	481.50

➤ Resultados da Laje

Nome	Espessura (cm)	Carga (kgf/m ²)	Mdx (kgf.m/m)	Mdy (kgf.m/m)	Asx	Asy	Flecha (cm)
L1	10	481.50	243	429	As = 1.01 cm ² /m (ø5.0 c/19 - 1.03 cm ² /m)	As = 2.32 cm ² /m (ø8.0 c/20 - 2.51 cm ² /m)	-0.98
L2	10	481.50	396	294	As = 1.30 cm ² /m (ø6.3 c/20 - 1.56 cm ² /m)	As = 1.01 cm ² /m (ø5.0 c/19 - 1.03 cm ² /m)	-1.55
L1.1	10	481.50	48	171	As = 1.01 cm ² /m (ø5.0 c/19 - 1.03 cm ² /m)	As = 1.01 cm ² /m (ø5.0 c/19 - 1.03 cm ² /m)	-0.27

ARMADURA NEGATIVA							
Dados				Resultados			
Viga	Trecho	Laje 1	Laje 2	Reação 1 (kgf.m/m)	Reação 2 (kgf.m/m)	Md (kgf.m/m)	As (cm ²)
V1.1	1	L1	L1.1	-571	1060	-1171	As = 6.62 cm ² /m (ø12.5 c/18 - 6.82 cm ² /m)
V1	1	L1	L2	414	466	-513	As = 2.62 cm ² /m (ø10.0 c/20 - 3.93 cm ² /m)
V4	1	L1	L2	184	683	-1072	As = 5.97 cm ² /m (ø12.5 c/20 - 6.14 cm ² /m)

V2	1	L1	L2	414	466	-511	As = 2.61 cm ² /m (ø10.0 c/20 - 3.93 cm ² /m)
V2.1	1	L1	L1.1	-571	1063	-1175	As = 6.64 cm ² /m (ø12.5 c/18 - 6.82 cm ² /m)
V3	1	L1.1	L2	6	760	-1132	As = 6.32 cm ² /m (ø12.5 c/19 - 6.46 cm ² /m)

➤ Cálculos das Lajes

ARMADURAS POSITIVAS (LAJE)												
Laje	Direção	Momento positivo				Momento negativo				Armadura inferior	Armadura superior	Cisalhamento
		Seção	Flexão	Verificação axial (compressão)	Verificação axial (tração)	Seção	Flexão	Verificação axial (compressão)	Verificação axial (tração)			
L1	X	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 352 kgf.m/m As = 0.95 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.18 tf Situação: GE As = 0.93 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.26 tf Situação: GE As = 0.98 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 374 kgf.m/m As = 1.23 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.18 tf Situação: GE As = 1.20 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.26 tf Situação: GE As = 1.27 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	As = 1.01 cm ² /m ø5.0 c/19 (1.03 cm ² /m) fiss = 0.21 mm		vsd = 2.85 tf/m vrd1 = 4.46 tf/m Modelo I vrd2 = 29.29 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 623 kgf.m/m As = 2.28 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.21 tf Situação: GE As = 2.25 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.23 tf Situação: GE As = 2.32 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 732 kgf.m/m As = 2.76 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.21 tf Situação: GE As = 2.72 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.23 tf Situação: GE As = 2.80 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	As = 2.32 cm ² /m ø8.0 c/20 (2.51 cm ² /m) fiss = 0.14 mm	A's = 1.69 cm ² /m ø10.0 c/20 (3.93 cm ² /m)	
L2	X	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 396 kgf.m/m As = 1.30 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.51 tf Situação: GE As = 1.22 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m		bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 513 kgf.m/m As = 1.72 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.51 tf Situação: GE As = 1.64 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m		As = 1.30 cm ² /m ø6.3 c/20 (1.56 cm ² /m) fiss = 0.09 mm		vsd = 1.01 tf/m vrd1 = 4.53 tf/m Modelo I vrd2 = 29.01 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m

	Y	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 298 kgf.m/m As = 0.88 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.05 tf Situação: GE As = 0.88 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 1132 kgf.m/m As = 4.55 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.24 tf Situação: GE As = 4.51 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.05 tf Situação: GE As = 4.56 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	As = 1.01 cm ² /m (1.03 cm ² /m) fiss = 0.17 mm	vsd = 2.00 tf/m vrd1 = 4.11 tf/m vrd2 = 26.56 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
L1.1	X	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 298 kgf.m/m As = 0.80 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.03 tf Situação: GE As = 0.18 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm				As = 1.01 cm ² /m (1.03 cm ² /m) fiss = 0.01 mm	vsd = 1.49 tf/m vrd1 = 4.46 tf/m Modelo I vrd2 = 29.29 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm ² /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 298 kgf.m/m As = 0.86 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.24 tf Situação: GE As = 0.75 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 1697 kgf.m/m As = 7.33 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.11 tf Situação: GE As = 7.31 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.24 tf Situação: GE As = 7.37 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	As = 1.01 cm ² /m (1.03 cm ² /m) fiss = 0.12 mm	vsd = 8.08 tf/m vrd1 = 4.18 tf/m vrd2 = 27.12 tf/m vsw = 3.27 tf/m asw = 23.29 cm ² /m

ARMADURAS NEGATIVAS (NA CONTINUIDADE)

Viga	Laje 1	Momento negativo				Momento positivo				Armaduras finais
		Seção	Flexão	Flexo compressão	Flexo tração	Seção	Flexão	Flexo compressão	Flexo tração	
Trecho	Laje 2									
V1.1 1	L1 L1.1	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm	Md = 1697 kgf.m/m As = 6.58 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.11 tf Situação: GE As = 6.56 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.24 tf Situação: GE As = 6.62 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm				As = 6.62 cm ² /m (ø12.5 c/18 - 6.82 cm ² /m) fiss = 0.21 mm
V1	L1	bw = 100.0 cm	Md = 744 kgf.m/m	Fd = 0.48 tf Situação: GE	Fd = 0.25 tf Situação:	bw = 100.0 cm				As = 2.62 cm ² /m (ø10.0 c/20 - 3.93

1	L2	h = 10.0 cm	As = 2.58 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	As = 2.51 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	GE As = 2.62 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	h = 10.0 cm				cm ² /m) fiss = 0.09 mm
V4	L1	bw = 100.0 cm	Md = 1555 kgf.m/m As = 5.93 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.05 tf Situação: GE As = 5.93 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.23 tf Situação: GE As = 5.97 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm				As = 5.97 cm ² /m (ø12.5 c/20 - 6.14 cm ² /m) fiss = 0.22 mm
1	L2	h = 10.0 cm								
V2	L1	bw = 100.0 cm	Md = 741 kgf.m/m As = 2.57 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.51 tf Situação: GE As = 2.49 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.26 tf Situação: GE As = 2.61 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm				As = 2.61 cm ² /m (ø10.0 c/20 - 3.93 cm ² /m) fiss = 0.09 mm
1	L2	h = 10.0 cm								
V2.1	L1	bw = 100.0 cm	Md = 1703 kgf.m/m As = 6.61 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.11 tf Situação: GE As = 6.59 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.23 tf Situação: GE As = 6.64 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	bw = 100.0 cm h = 10.0 cm				As = 6.64 cm ² /m (ø12.5 c/18 - 6.82 cm ² /m) fiss = 0.21 mm
1	L1.1	h = 10.0 cm								
V3	L1.1	bw = 100.0 cm	Md = 1641 kgf.m/m As = 6.32 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Fd = 0.02 tf Situação: GE As = 6.32 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m		bw = 100.0 cm h = 10.0 cm				As = 6.32 cm ² /m (ø12.5 c/19 - 6.46 cm ² /m) fiss = 0.22 mm
1	L2	h = 10.0 cm								

2.2.11 Fundação

A fundação da Sala Elétrica está dimensionada utilizando estaca metálica.

A capacidade foi avaliada pelo método de Décourt-Quaresma de acordo com o laudo de sondagem fornecido. Os resultados estão nas tabelas abaixo.

➤ SPT01

Prof. (m)	SPT	Solo	Décourt-Quaresma						
			K (kN/m ²)	qp (kN/m ²)	Qp (kN)	qs (kN/m ²)	Qs (kN)	Qtotal (kN)	Q/CS (kN)
0	-	Silte arenoso	250	0	0	10	0	0	0
1	7	Silte arenoso	250	1750	870	33	42	912	456
2	7	Argila siltosa	120	840	417	33	85	502	251
3	3	Argila siltosa	120	360	179	20	110	289	144
4	3	Argila siltosa	120	360	179	20	135	314	157
5	4	Argila siltosa	120	480	239	23	165	403	202
6	3	Argila siltosa	120	360	179	20	190	369	185
7	4	Argila siltosa	120	480	239	23	220	458	229
8	4	Argila siltosa	120	480	239	23	249	488	244

➤ SPT02

Prof. (m)	SPT	Solo	Décourt-Quaresma						
			K (kN/m ²)	qp (kN/m ²)	Qp (kN)	qs (kN/m ²)	Qs (kN)	Qtotal (kN)	Q/CS (kN)
0	-	Silte arenoso	250	0	0	10	0	0	0
1	8	Silte arenoso	250	2000	994	37	46	1040	520
2	3	Argila siltosa	120	360	179	20	72	251	125
3	4	Argila siltosa	120	480	239	23	101	340	170
4	5	Argila siltosa	120	600	298	27	135	433	217
5	6	Argila siltosa	120	720	358	30	173	531	266
6	5	Argila siltosa	120	600	298	27	207	505	253
7	3	Argila siltosa	120	360	179	20	232	411	206
8	3	Argila siltosa	120	360	179	20	258	437	218

3 CENTRO DE COMANDO DE OPERAÇÕES

3.1 SITUAÇÕES DE PROJETO

Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

- - Com coeficientes de combinação

- - Sem coeficientes de combinação

Onde:

G_k Ação permanente

P_k Ação de pré-esforço

Q_k Ação variável

g_G Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes

g_P Coeficiente parcial de segurança da ação de pré-esforço

$g_{Q,1}$ Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal

$g_{Q,i}$ Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento

$y_{p,1}$ Coeficiente de combinação da ação variável principal

$y_{a,i}$ Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento

Para cada situação de projeto e estado limite, os coeficientes a utilizar serão:

- E.L.U. Aço laminado: ABNT NBR 8800:2008

Normal				
	Coeficientes parciais de segurança (g)		Coeficientes de combinação (y)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (y_p)	Acompanhamento (y_a)
Permanente (G)	1.000	1.500	-	-

- Deslocamentos

Ações variáveis sem sismo		
	Coeficientes parciais de segurança (g)	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000

3.2 CÁLCULO

3.2.1 Cargas

3.2.1.1 Barras

➤ Referências:

'P1', 'P2':

- Cargas pontuais, uniformes, em faixa e momentos pontuais: 'P1' é o valor da carga. 'P2' não se utiliza.
- Cargas trapezoidais: 'P1' é o valor da carga no ponto onde começa (L1) e 'P2' é o valor da carga no ponto onde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' é o valor máximo da carga. 'P2' não se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' e 'P2' são os valores da temperatura nas faces exteriores ou paramentos da peça. A orientação da variação do incremento de temperatura sobre a seção transversal dependerá da direção selecionada.

'L1', 'L2':

- Cargas e momentos pontuais: 'L1' é a distância entre o nó inicial da barra e a posição onde se aplica a carga. 'L2' não se utiliza.
- Cargas trapezoidais, em faixa, e triangulares: 'L1' é a distância entre o nó inicial da barra e a posição onde começa a carga, 'L2' é a distância entre o nó inicial da barra e a posição onde termina a carga.

Unidades:

- Cargas concentradas: t
- Momentos pontuais: t·m.
- Cargas uniformes, em faixa, triangulares e trapezoidais: t/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas em barras										
Barra	Hipótese	Tipo	Valores		Posição		Direção			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Eixos	X	Y	Z
N2/N3	Peso próprio	Uniforme	0.024	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N2/N3	CP 1	Uniforme	0.300	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N3/N8	Peso próprio	Uniforme	0.024	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N3/N8	CP 1	Uniforme	0.300	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N2/N4	Peso próprio	Uniforme	0.024	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N2/N4	CP 1	Uniforme	0.300	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N1/N8	Peso próprio	Uniforme	0.024	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N1/N8	CP 1	Uniforme	0.300	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N6/N3	Peso próprio	Uniforme	0.023	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N7/N8	Peso próprio	Uniforme	0.023	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N5/N2	Peso próprio	Uniforme	0.023	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000

3.2.2 Resultados

3.2.2.1 Nós

➤ Deslocamentos

Referências:

Dx, Dy, Dz: Deslocamentos dos nós em eixos globais.

Gx, Gy, Gz: Rotações dos nós em eixos globais.

Hipótese

Deslocamentos dos nós, por hipóteses/ações							
Referência	Descrição	Deslocamentos em eixos globais					
		Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	Gx (mRad)	Gy (mRad)	Gz (mRad)
N1	Peso próprio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CP 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Peso próprio	0.027	0.011	-0.005	-	-	-
	CP 1	0.342	0.142	-0.050	-	-	-
N3	Peso próprio	-0.086	0.073	-0.006	-	-	-
	CP 1	-1.089	0.922	-0.068	-	-	-
N4	Peso próprio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CP 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N5	Peso próprio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CP 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N6	Peso próprio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CP 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N7	Peso próprio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CP 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N8	Peso próprio	-0.015	-0.072	-0.005	-	-	-
	CP 1	-0.192	-0.909	-0.055	-	-	-

Combinações

Deslocamentos dos nós, por combinação								
Referência	Combinação		Deslocamentos em eixos globais					
	Tipo	Descrição	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	Gx (mRad)	Gy (mRad)	Gz (mRad)
N1	Deslocamentos	PP+CP1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Deslocamentos	PP+CP1	0.369	0.154	-0.055	-	-	-
N3	Deslocamentos	PP+CP1	-1.175	0.995	-0.074	-	-	-
N4	Deslocamentos	PP+CP1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N5	Deslocamentos	PP+CP1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N6	Deslocamentos	PP+CP1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N7	Deslocamentos	PP+CP1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N8	Deslocamentos	PP+CP1	-0.208	-0.981	-0.060	-	-	-

Envoltórias

Envoltória dos deslocamentos em nós								
Referência	Combinação		Deslocamentos em eixos globais					
	Tipo	Descrição	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	Gx (mRad)	Gy (mRad)	Gz (mRad)
N1	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	0.369	0.154	-0.055	-	-	-
		Valor máximo da envoltória	0.369	0.154	-0.055	-	-	-
N3	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	-1.175	0.995	-0.074	-	-	-
		Valor máximo da envoltória	-1.175	0.995	-0.074	-	-	-
N4	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N5	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N6	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N7	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo da envoltória	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N8	Deslocamentos	Valor mínimo da envoltória	-0.208	-0.981	-0.060	-	-	-
		Valor máximo da envoltória	-0.208	-0.981	-0.060	-	-	-

➤ Reações

Referências:

Rx, Ry, Rz: Reações em nós com deslocamentos restringidos (forças).

Mx, My, Mz: Reações em nós com rotações restringidas (momentos).

Hipótese

Reações nos nós, por hipóteses/ações							
Referência	Descrição	Reações em eixos globais					
		Rx (t)	Ry (t)	Rz (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)
N1	Peso próprio	0.000	0.000	0.070	0.000	-0.065	0.000
	CP 1	-0.003	0.001	0.881	0.000	-0.825	0.003
N4	Peso próprio	0.000	0.000	0.063	-0.054	0.000	0.000
	CP 1	0.000	0.002	0.796	-0.674	0.000	-0.001
N5	Peso próprio	-0.001	0.000	0.160	0.000	-0.004	0.000
	CP 1	-0.019	-0.002	1.349	0.006	-0.045	0.000
N6	Peso próprio	0.002	-0.004	0.197	0.010	0.004	0.000
	CP 1	0.019	-0.051	1.816	0.122	0.046	0.000
N7	Peso próprio	0.000	0.004	0.170	-0.010	0.001	0.000
	CP 1	0.003	0.050	1.475	-0.120	0.008	0.000

3.2.2.2 Barras

➤ Esforços

Referências:

N: Esforço axial (t)

Vy: Esforço cortante segundo o eixo local Y da barra. (t)

Vz: Esforço cortante segundo o eixo local Z da barra. (t)

Mt: Momento torsor (t·m)

My: Momento fletor no plano 'XZ' (rotação da seção em relação ao eixo local 'Y' da barra).
(t·m)

Mz: Momento fletor no plano 'XY' (rotação da seção em relação ao eixo local 'Z' da barra).
(t·m)

Hipótese

Esforços em barras, por hipóteses/ações												
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra									
			0.076 m	0.782 m	1.488 m	6.194 m	2.900 m	3.606 m	4.312 m	5.018 m	5.724 m	
N2/N3	Peso próprio	N	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.069	-0.050	-0.034	-0.017	0.000	0.017	0.034	0.050	0.069	
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	0.005	0.047	0.076	0.094	0.100	0.094	0.076	0.047	0.005	
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CP 1	N	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.870	-0.635	-0.424	-0.212	0.000	0.212	0.424	0.635	0.870	
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	0.063	0.586	0.960	1.184	1.259	1.184	0.960	0.586	0.063	
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esforços em barras, por hipóteses/ações												
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra									
			0.076 m	0.845 m	1.614 m	2.383 m	3.153 m	3.922 m	4.691 m	5.460 m	2.29 m	
N3/N8	Peso próprio	N	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.075	-0.055	-0.037	-0.018	0.000	0.018	0.037	0.055	0.075	
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	0.005	0.054	0.090	0.111	0.118	0.111	0.090	0.054	0.005	
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CP 1	N	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.946	-0.692	-0.461	-0.231	0.000	0.231	0.461	0.692	0.946	
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	0.066	0.687	1.131	1.397	1.485	1.397	1.130	0.687	0.066	
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esforços em barras, por hipóteses/ações												
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra									
			0.076 m	0.598 m	1.120 m	1.641 m	6.163 m	6.685 m	3.207 m	3.728 m	4.250 m	
N2/N4	Peso próprio	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.038	-0.024	-0.011	0.001	0.014	0.026	0.038	0.051	0.063	
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	0.003	0.018	0.028	0.030	0.026	0.016	-0.001	-0.024	-0.054	
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CP 1	N	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.479	-0.300	-0.143	0.014	0.170	0.327	0.483	0.640	0.796	
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	0.035	0.232	0.348	0.382	0.334	0.204	-0.007	-0.300	-0.675	
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001

Esforços em barras, por hipóteses/ações												
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra									
			0.000 m	0.578 m	1.156 m	1.734 m	2.312 m	2.890 m	3.468 m	4.046 m	4.624 m	
N1/N8	Peso próprio	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.070	-0.056	-0.042	-0.029	-0.015	-0.001	0.013	0.026	0.042	0.042
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-0.065	-0.029	-0.001	0.020	0.032	0.037	0.034	0.022	0.003	0.003
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CP 1	N	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	-0.881	-0.707	-0.534	-0.360	-0.187	-0.014	0.160	0.333	0.529	0.529
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-0.825	-0.366	-0.008	0.251	0.409	0.467	0.424	0.282	0.039	0.039
		Mz	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000

Esforços em barras, por hipóteses/ações											
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.760 m	1.980 m	2.00 m
N6/N3	Peso próprio	N	-0.197	-0.192	-0.187	-0.177	-0.172	-0.167	-0.157	-0.152	-0.147
		Vy	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
		Vz	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	0.010	0.009	0.008	0.006	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001
		Mz	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	0.000
	CP 1	N	-1.816	-1.816	-1.816	-1.816	-1.816	-1.816	-1.816	-1.816	-1.816
		Vy	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019
		Vz	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	0.122	0.110	0.099	0.077	0.065	0.054	0.032	0.020	0.009
		Mz	-0.046	-0.041	-0.037	-0.029	-0.025	-0.021	-0.012	-0.008	-0.004

Esforços em barras, por hipóteses/ações											
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.760 m	1.980 m	2.00 m
N7/N8	Peso próprio	N	-0.170	-0.165	-0.160	-0.150	-0.145	-0.140	-0.130	-0.125	-0.120
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-0.010	-0.009	-0.008	-0.006	-0.005	-0.004	-0.002	-0.002	-0.001
		Mz	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CP 1	N	-1.475	-1.475	-1.475	-1.475	-1.475	-1.475	-1.475	-1.475	-1.475
		Vy	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
		Vz	-0.050	-0.050	-0.050	-0.050	-0.050	-0.050	-0.050	-0.050	-0.050
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-0.120	-0.109	-0.098	-0.076	-0.064	-0.053	-0.031	-0.020	-0.009
		Mz	-0.008	-0.007	-0.007	-0.005	-0.004	-0.004	-0.002	-0.002	-0.001

Esforços em barras, por hipóteses/ações											
Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.760 m	1.980 m	2.00 m
N5/N2	Peso próprio	N	-0.160	-0.155	-0.150	-0.140	-0.135	-0.130	-0.120	-0.115	-0.110
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	0.000
		Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CP 1	N	-1.349	-1.349	-1.349	-1.349	-1.349	-1.349	-1.349	-1.349	-1.349
		Vy	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		Vz	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019
		Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		My	-0.045	-0.041	-0.037	-0.028	-0.024	-0.020	-0.012	-0.008	-0.004
		Mz	0.006	0.005	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001

Combinações

Esforços em barras, por combinação												
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra								
	Tipo	Descrição		0.076 m	0.782 m	1.488 m	6.194 m	2.900 m	3.606 m	4.312 m	5.018 m	5.724 m
N2/N3	Aço laminado	PP+CP1	N	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-0.939	-0.686	-0.457	-0.229	0.000	0.229	0.457	0.686	0.939
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	0.068	0.633	1.036	1.278	1.359	1.278	1.036	0.633	0.068
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.5-PP+CP1	N	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-0.973	-0.711	-0.474	-0.237	0.000	0.237	0.474	0.711	0.973
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	0.070	0.656	1.074	1.325	1.409	1.325	1.074	0.656	0.070
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+1.5-CP1	N	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-1.374	-1.003	-0.669	-0.335	0.000	0.334	0.669	1.003	1.374
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	0.099	0.926	1.516	1.870	1.988	1.870	1.516	0.926	0.099
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.5-PP+1.5-CP1	N	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-1.408	-1.029	-0.686	-0.343	0.000	0.343	0.686	1.029	1.408
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	0.102	0.949	1.554	1.917	2.038	1.917	1.554	0.949	0.102
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esforços em barras, por combinação													
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra									
	Tipo	Descrição		0.076 m	0.845 m	1.614 m	2.383 m	3.153 m	3.922 m	4.691 m	5.460 m	2.29 m	
N3/N8	Aço laminado	PP+CP1	N	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-1.021	-0.747	-0.498	-0.249	0.000	0.249	0.498	0.747	1.021	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	0.071	0.741	1.220	1.507	1.603	1.507	1.220	0.741	0.071	
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.5-PP+CP1	N	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-1.058	-0.774	-0.516	-0.258	0.000	0.258	0.516	0.774	1.058	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	0.074	0.769	1.265	1.563	1.662	1.563	1.265	0.769	0.074	
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+1.5-CP1	N	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-1.494	-1.093	-0.729	-0.364	0.000	0.364	0.729	1.093	1.494	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	0.104	1.085	1.785	2.06	2.346	2.06	1.785	1.085	0.104	
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		1.5-PP+1.5-CP1	N	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-1.531	-1.121	-0.747	-0.374	0.000	0.374	0.747	1.121	1.531	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	0.106	1.112	1.830	2.61	2.405	2.61	1.830	1.112	0.106	
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esforços em barras, por combinação													
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra									
	Tipo	Descrição		0.076 m	0.598 m	1.120 m	1.641 m	6.163 m	6.685 m	3.207 m	3.728 m	4.250 m	
N2/N4	Aço laminado	PP+CP1	N	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	-0.517	-0.323	-0.154	0.015	0.184	0.353	0.521	0.690	0.859	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	0.038	0.251	0.375	0.412	0.360	0.220	-0.008	-0.324	-0.728	
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	
		1.5-PP+CP1	N	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	-0.536	-0.335	-0.160	0.015	0.190	0.365	0.541	0.716	0.891	
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			My	0.040	0.260	0.389	0.427	0.373	0.228	-0.008	-0.336	-0.755	
			Mz	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	
		PP+1.5-CP1	N	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	-0.756	-0.473	-0.226	0.021	0.269	0.516	0.763	1.010	1.257	
			Mt	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	
			My	0.056	0.367	0.549	0.603	0.527	0.322	-0.011	-0.474	-1.065	
			Mz	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	
		1.5-PP+1.5-CP1	N	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	-0.775	-0.485	-0.231	0.022	0.275	0.529	0.782	1.036	1.289	
			Mt	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	
			My	0.057	0.376	0.563	0.618	0.540	0.330	-0.012	-0.486	-1.092	
			Mz	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	

Esforços em barras, por combinação														
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra										
	Tipo	Descrição		0.000 m	0.578 m	1.156 m	1.734 m	2.312 m	2.890 m	3.468 m	4.046 m	4.624 m		
N1/N8	Aço laminado	PP+CP1	N	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
			Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
			Vz	-0.950	-0.763	-0.576	-0.389	-0.202	-0.015	0.173	0.360	0.571		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-0.891	-0.396	-0.009	0.270	0.441	0.504	0.458	0.304	0.042		
			Mz	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.000		
		1.5-PP+CP1	N	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
			Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
			Vz	-0.985	-0.791	-0.597	-0.403	-0.209	-0.015	0.179	0.373	0.592		
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-0.923	-0.410	-0.009	0.280	0.457	0.522	0.475	0.315	0.044		
			Mz	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.000		
		PP+1.5-CP1	N	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
			Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
			Vz	-1.391	-1.117	-0.843	-0.569	-0.295	-0.021	0.252	0.526	0.836		
			Mt	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
			My	-1.303	-0.579	-0.012	0.396	0.645	0.737	0.670	0.445	0.062		
			Mz	-0.005	-0.005	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	0.000		
		1.5-PP+1.5-CP1	N	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
			Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
			Vz	-1.425	-1.145	-0.864	-0.583	-0.303	-0.022	0.259	0.539	0.857		
			Mt	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
			My	-1.336	-0.593	-0.013	0.405	0.662	0.755	0.687	0.456	0.063		
			Mz	-0.005	-0.005	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	0.000		

Esforços em barras, por combinação													
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra									
	Tipo	Descrição		0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.760 m	1.980 m	2.00 m	
N6/N3	Aço laminado	PP+CP1	N	-2.013	-2.008	-2.003	-1.993	-1.988	-1.983	-1.973	-1.968	-1.963	
			Vy	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021
			Vz	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	0.131	0.119	0.107	0.083	0.071	0.058	0.034	0.022	0.010	
			Mz	-0.049	-0.045	-0.040	-0.031	-0.027	-0.022	-0.013	-0.009	-0.004	
		1.5-PP+CP1	N	-6.112	-6.104	-2.097	-2.082	-2.074	-2.067	-2.052	-2.044	-2.037	
			Vy	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021
			Vz	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	0.136	0.124	0.111	0.086	0.073	0.061	0.035	0.023	0.010	
			Mz	-0.051	-0.046	-0.042	-0.032	-0.028	-0.023	-0.014	-0.009	-0.004	
		PP+1.5-CP1	N	-2.921	-2.916	-2.911	-2.901	-2.896	-2.891	-2.881	-2.876	-2.871	
			Vy	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030
			Vz	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	0.192	0.174	0.157	0.121	0.103	0.086	0.050	0.032	0.014	
			Mz	-0.072	-0.065	-0.059	-0.046	-0.039	-0.032	-0.019	-0.013	-0.006	
		1.5-PP+1.5-CP1	N	-3.020	-3.012	-3.005	-2.990	-2.982	-2.975	-2.960	-2.952	-2.945	
			Vy	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031
			Vz	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	0.197	0.179	0.161	0.124	0.106	0.088	0.051	0.033	0.015	
			Mz	-0.074	-0.067	-0.060	-0.047	-0.040	-0.033	-0.020	-0.013	-0.006	

Esforços em barras, por combinação													
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra									
	Tipo	Descrição		0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.760 m	1.980 m	2.00 m	
N7/N8	Aço laminado	PP+CP1	N	-1.646	-1.641	-1.636	-1.626	-1.621	-1.616	-1.606	-1.601	-1.596	
			Vy	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
			Vz	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-0.129	-0.117	-0.105	-0.081	-0.070	-0.058	-0.034	-0.022	-0.022	-0.010
			Mz	-0.009	-0.008	-0.007	-0.006	-0.005	-0.004	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001
		1.5-PP+CP1	N	-1.731	-1.723	-1.716	-1.701	-1.693	-1.686	-1.671	-1.663	-1.663	-1.656
			Vy	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
			Vz	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-0.134	-0.122	-0.109	-0.084	-0.072	-0.060	-0.035	-0.022	-0.022	-0.010
			Mz	-0.009	-0.008	-0.007	-0.006	-0.005	-0.004	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001
		PP+1.5-CP1	N	-2.383	-2.378	-2.373	-2.363	-2.358	-2.353	-2.343	-2.338	-2.338	-2.333
			Vy	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
			Vz	-0.080	-0.080	-0.080	-0.080	-0.080	-0.080	-0.080	-0.080	-0.080	-0.080
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-0.189	-0.172	-0.154	-0.119	-0.102	-0.084	-0.049	-0.032	-0.032	-0.014
			Mz	-0.013	-0.011	-0.010	-0.008	-0.007	-0.006	-0.004	-0.002	-0.002	-0.001
		1.5-PP+1.5-CP1	N	-2.469	-2.461	-2.454	-2.439	-2.431	-2.424	-2.409	-2.401	-2.401	-2.394
			Vy	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
			Vz	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-0.194	-0.176	-0.158	-0.122	-0.104	-0.086	-0.050	-0.032	-0.032	-0.015
			Mz	-0.013	-0.012	-0.011	-0.008	-0.007	-0.006	-0.004	-0.002	-0.002	-0.001

Esforços em barras, por combinação													
Barra	Combinação		Esforço	Posições na barra									
	Tipo	Descrição		0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.760 m	1.980 m	2.00 m	
N5/N2	Aço laminado	PP+CP1	N	-1.509	-1.504	-1.499	-1.489	-1.484	-1.479	-1.469	-1.464	-1.459	
			Vy	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
			Vz	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-0.049	-0.044	-0.040	-0.031	-0.026	-0.022	-0.013	-0.008	-0.008	-0.004
			Mz	0.006	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001
		1.5-PP+CP1	N	-1.590	-1.582	-1.575	-1.560	-1.552	-1.545	-1.530	-1.522	-1.522	-1.515
			Vy	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
			Vz	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-0.050	-0.046	-0.041	-0.032	-0.027	-0.023	-0.013	-0.009	-0.009	-0.004
			Mz	0.007	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001
		PP+1.5-CP1	N	-6.184	-6.179	-6.174	-6.164	-6.159	-6.154	-6.144	-6.139	-6.139	-6.134
			Vy	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
			Vz	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-0.071	-0.064	-0.058	-0.045	-0.038	-0.032	-0.019	-0.012	-0.012	-0.006
			Mz	0.009	0.008	0.008	0.006	0.005	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001
		1.5-PP+1.5-CP1	N	-2.64	-2.56	-2.49	-2.34	-2.26	-2.19	-2.04	-6.196	-6.196	-6.189
			Vy	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
			Vz	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030
			Mt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			My	-0.073	-0.066	-0.059	-0.046	-0.039	-0.033	-0.019	-0.013	-0.013	-0.006
			Mz	0.010	0.009	0.008	0.006	0.005	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001

Envoltórias

Envoltórias dos esforços em barras												
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra									
			0.076 m	0.782 m	1.488 m	6.194 m	2.900 m	3.606 m	4.312 m	5.018 m	5.724 m	
N2/N3	Aço laminado	N_{\min}	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
		N_{\max}	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
		$V_{y\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$V_{y\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$V_{z\min}$	-1.408	-1.029	-0.686	-0.343	0.000	0.229	0.457	0.686	0.939	
		$V_{z\max}$	-0.939	-0.686	-0.457	-0.229	0.000	0.343	0.686	1.029	1.408	
		$M_{t\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{t\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{y\min}$	0.068	0.633	1.036	1.278	1.359	1.278	1.036	0.633	0.068	
		$M_{y\max}$	0.102	0.949	1.554	1.917	2.038	1.917	1.554	0.949	0.102	
		$M_{z\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{z\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Envoltórias dos esforços em barras												
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra									
			0.076 m	0.845 m	1.614 m	2.383 m	3.153 m	3.922 m	4.691 m	5.460 m	2.29 m	
N3/N8	Aço laminado	N_{\min}	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055
		N_{\max}	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
		$V_{y\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$V_{y\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$V_{z\min}$	-1.531	-1.121	-0.747	-0.374	0.000	0.249	0.498	0.747	1.021	
		$V_{z\max}$	-1.021	-0.747	-0.498	-0.249	0.000	0.374	0.747	1.121	1.531	
		$M_{t\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{t\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{y\min}$	0.071	0.741	1.220	1.507	1.603	1.507	1.220	0.741	0.071	
		$M_{y\max}$	0.106	1.112	1.830	2.61	2.405	2.61	1.830	1.112	0.106	
		$M_{z\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{z\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Envoltórias dos esforços em barras												
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra									
			0.076 m	0.598 m	1.120 m	1.641 m	6.163 m	6.685 m	3.207 m	3.728 m	4.250 m	
N2/N4	Aço laminado	N_{\min}	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		N_{\max}	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
		$V_{y\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$V_{y\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$V_{z\min}$	-0.775	-0.485	-0.231	0.015	0.184	0.353	0.521	0.690	0.859	
		$V_{z\max}$	-0.517	-0.323	-0.154	0.022	0.275	0.529	0.782	1.036	1.289	
		$M_{t\min}$	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		$M_{t\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{y\min}$	0.038	0.251	0.375	0.412	0.360	0.220	-0.012	-0.486	-1.092	
		$M_{y\max}$	0.057	0.376	0.563	0.618	0.540	0.330	-0.008	-0.324	-0.728	
		$M_{z\min}$	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		$M_{z\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001

Envoltórias dos esforços em barras												
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra									
			0.000 m	0.578 m	1.156 m	1.734 m	2.312 m	2.890 m	3.468 m	4.046 m	4.624 m	
N1/N8	Aço laminado	N_{\min}	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
		N_{\max}	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		$V_{y\min}$	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		$V_{y\max}$	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		$V_{z\min}$	-1.425	-1.145	-0.864	-0.583	-0.303	-0.022	0.173	0.360	0.571	
		$V_{z\max}$	-0.950	-0.763	-0.576	-0.389	-0.202	-0.015	0.259	0.539	0.857	
		$M_{t\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{t\max}$	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		$M_{y\min}$	-1.336	-0.593	-0.013	0.270	0.441	0.504	0.458	0.304	0.042	
		$M_{y\max}$	-0.891	-0.396	-0.009	0.405	0.662	0.755	0.687	0.456	0.063	
		$M_{z\min}$	-0.005	-0.005	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	0.000	
		$M_{z\max}$	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.000	

Envoltórias dos esforços em barras											
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.760 m	1.980 m	2.00 m
N6/N3	Aço laminado	N_{\min}	-3.020	-3.012	-3.005	-2.990	-2.982	-2.975	-2.960	-2.952	-2.945
		N_{\max}	-2.013	-2.008	-2.003	-1.993	-1.988	-1.983	-1.973	-1.968	-1.963
		$V_{y\min}$	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031
		$V_{y\max}$	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021	-0.021
		$V_{z\min}$	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055
		$V_{z\max}$	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
		$M_{t\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{t\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{y\min}$	0.131	0.119	0.107	0.083	0.071	0.058	0.034	0.022	0.010
		$M_{y\max}$	0.197	0.179	0.161	0.124	0.106	0.088	0.051	0.033	0.015
		$M_{z\min}$	-0.074	-0.067	-0.060	-0.047	-0.040	-0.033	-0.020	-0.013	-0.006
		$M_{z\max}$	-0.049	-0.045	-0.040	-0.031	-0.027	-0.022	-0.013	-0.009	-0.004

Envoltórias dos esforços em barras											
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.760 m	1.980 m	2.00 m
N7/N8	Aço laminado	N_{\min}	-2.469	-2.461	-2.454	-2.439	-2.431	-2.424	-2.409	-2.401	-2.394
		N_{\max}	-1.646	-1.641	-1.636	-1.626	-1.621	-1.616	-1.606	-1.601	-1.596
		$V_{y\min}$	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
		$V_{y\max}$	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
		$V_{z\min}$	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082	-0.082
		$V_{z\max}$	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054
		$M_{t\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{t\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{y\min}$	-0.194	-0.176	-0.158	-0.122	-0.104	-0.086	-0.050	-0.032	-0.015
		$M_{y\max}$	-0.129	-0.117	-0.105	-0.081	-0.070	-0.058	-0.034	-0.022	-0.010
		$M_{z\min}$	-0.013	-0.012	-0.011	-0.008	-0.007	-0.006	-0.004	-0.002	-0.001
		$M_{z\max}$	-0.009	-0.008	-0.007	-0.006	-0.005	-0.004	-0.002	-0.002	-0.001

Envoltórias dos esforços em barras											
Barra	Tipo de combinação	Esforço	Posições na barra								
			0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.760 m	1.980 m	2.00 m
N5/N2	Aço laminado	N_{\min}	-2.64	-2.56	-2.49	-2.34	-2.26	-2.19	-2.04	-6.196	-6.189
		N_{\max}	-1.509	-1.504	-1.499	-1.489	-1.484	-1.479	-1.469	-1.464	-1.459
		$V_{y\min}$	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		$V_{y\max}$	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
		$V_{z\min}$	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030
		$V_{z\max}$	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020
		$M_{t\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{t\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{y\min}$	-0.073	-0.066	-0.059	-0.046	-0.039	-0.033	-0.019	-0.013	-0.006
		$M_{y\max}$	-0.049	-0.044	-0.040	-0.031	-0.026	-0.022	-0.013	-0.008	-0.004
		$M_{z\min}$	0.006	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001
		$M_{z\max}$	0.010	0.009	0.008	0.006	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001

➤ Resistência

Referências:

N: Esforço axial (t)

V_y : Esforço cortante segundo o eixo local Y da barra. (t)

V_z : Esforço cortante segundo o eixo local Z da barra. (t)

M_t : Momento torsor (t·m)

M_y : Momento fletor no plano 'XZ' (rotação da seção em relação ao eixo local 'Y' da barra).
(t·m)

M_z : Momento fletor no plano 'XY' (rotação da seção em relação ao eixo local 'Z' da barra).
(t·m)

Os esforços indicados são os correspondentes à combinação desfavorável, ou seja, aquela que solicita a máxima resistência da seção.

Origem dos esforços desfavoráveis:

- G: Verticais
- GV: Verticais + vento
- GSis: Verticais + sismo
- GVSis: Verticais + vento + sismo

Aproveitamento da resistência. A barra cumpre as condições de resistência da Norma se cumprir que 100 %.

Verificação de resistência										
Barra	□ (%)	Posição (m)	Esforços desfavoráveis						Origem	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N2/N3	38.35	2.900	0.031	0.000	0.000	0.000	2.038	0.000	G	Passa
N3/N8	45.29	3.153	0.083	0.000	0.000	0.000	2.405	0.000	G	Passa
N2/N4	20.67	4.250	0.004	0.000	1.289	-0.001	-1.092	-0.002	G	Passa
N1/N8	25.60	0.000	0.005	-0.001	-1.425	0.001	-1.336	-0.005	G	Passa
N6/N3	9.19	0.000	-3.020	-0.031	0.083	0.000	0.197	-0.074	G	Passa
N7/N8	6.04	0.000	-2.469	-0.005	-0.082	0.000	-0.194	-0.013	G	Passa
N5/N2	3.45	0.000	-2.64	0.004	-0.030	0.000	-0.073	0.010	G	Passa

➤ Flechas

Referências:

Pos.: Valor da coordenada sobre o eixo 'X' local do grupo de flecha no ponto onde se produz o valor péssimo da flecha.

L.: Distância entre dois pontos de corte consecutivos da deformada com a reta que une os nós extremos do grupo de flecha.

Flechas									
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha ativa absoluta xy		Flecha ativa absoluta xz		
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha ativa relativa xy		Flecha ativa relativa xz		
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	
N2/N3	3.530	0.00	2.824	17.00	0.000	0.00	0.000	0.00	
	3.530	L(>1000)	2.824	L/332.	-	L(>1000)	-	L(>1000)	
N5/N2	0.880	0.03	0.880	0.06	0.000	0.00	0.000	0.00	
	0.880	L(>1000)	0.880	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)	
N6/N3	0.880	0.21	0.880	0.17	0.000	0.00	0.000	0.00	
	0.880	L(>1000)	0.880	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)	
N2/N4	2.348	0.04	1.826	6.14	0.000	0.00	0.000	0.00	
	2.348	L(>1000)	1.826	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)	
N3/N8	6.692	0.00	3.077	23.74	0.000	0.00	0.000	0.00	
	6.692	L(>1000)	3.077	L/259.2	-	L(>1000)	-	L(>1000)	
N1/N8	2.023	0.14	6.601	3.18	0.000	0.00	0.000	0.00	
	2.023	L(>1000)	6.601	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)	
N7/N8	0.880	0.04	0.880	0.17	0.000	0.00	0.000	0.00	
	0.880	L(>1000)	0.880	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)	

➤ 2.2.4.- Verificações E.L.U. (Completo)

Barra N2/N3

Perfil: W150X24 Material: Aço (A-572 345MPa)						
Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N2	N3	5.800	30.28	1331.10	182.52	8.85
Notas: (1) Inércia em relação ao eixo indicado (2) Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral		
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.	
<input type="checkbox"/>		1.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		5.800	5.800	0.000	0.000	
C _b		-		1.000		
Notação: <input type="checkbox"/> : Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _b : Fator de modificação para o momento crítico						

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

$$\sigma < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

N_{t,Sd}: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{N_{t,Sd}} : \underline{0.031} \text{ t}$$

A força axial de tração resistente de cálculo, **N_{t,Rd}**, deve ser determinada pela expressão:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{96.797} \text{ t}$$

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

$$\mathbf{A_g} : \underline{30.28} \text{ cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kg/cm}^2$$

α_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

$$\mathbf{\alpha_{a1}} : \underline{1.10}$$

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\sigma : \underline{0.336} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.900 m do nó N2, para a combinação de ações 1.5-PP+1.5-CP1.

M_{sd}^+ : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{sd}^+ : \underline{2.038} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Já que ' $\lambda < \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

$$21.12 < 137.24$$

Onde:

$$\lambda : \underline{21.12}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{139.40} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\lambda_r : \underline{137.24}$$

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : \underline{6.067} \text{ t}\cdot\text{m}$$

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.):

$$M_{Rd} : \underline{7.979} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_x : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_x : \underline{166.39} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$4.95 < 9.15$$

$$M_{Rd} : \underline{6.067} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{4.95}$$

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{102.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.**E**: $\frac{2038736}{}$ kgf/cm²**f_y**: Resistência ao escoamento do aço.**f_y**: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²**M_{pl}**: $\frac{6.674}{}$ t

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.**Z_x**: $\frac{189.78}{}$ cm³**f_y**: Resistência ao escoamento do aço.**f_y**: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²**□_{a1}**: Coeficiente de segurança do material.**□_{a1}**: $\frac{1.10}{}$

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

21.12 □ 90.53**M_{Rd}**: $\frac{6.067}{}$ t·m

Onde:

□: $\frac{21.12}{}$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.**h**: $\frac{139.40}{}$ mm**t_w**: Espessura da alma.**t_w**: $\frac{6.60}{}$ mm**□_p**: $\frac{90.53}{}$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.**E**: $\frac{2038736}{}$ kgf/cm²**f_y**: Resistência ao escoamento do aço.**f_y**: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²**M_{pl}**: $\frac{6.674}{}$ t

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.**Z_x**: $\frac{189.78}{}$ cm³**f_y**: Resistência ao escoamento do aço.**f_y**: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²**□_{a1}**: Coeficiente de segurança do material.**□_{a1}**: $\frac{1.10}{}$ **Resistência à flexão eixo Y** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

□: $\frac{0.070}{}$ ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.076 m do nó N2, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

V_{sd} : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{sd} : \underline{1.408} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é determinada pela expressão:

$$21.12 \square 59.22$$

$$V_{Rd} : \underline{20.257} \text{ t}$$

Onde:

$$\square : \underline{21.12}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{139.40} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{59.22}$$

Sendo:

k_v : Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{5.00}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} : \underline{22.83} \text{ t}$$

Sendo:

A_w : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{10.56} \text{ cm}^2$$

d : Altura total da seção transversal.

$$d : \underline{160.00} \text{ mm}$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.336} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.900 m do nó N2, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

$N_{t,sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,sd} : \underline{0.031} \text{ t}$$

$M_{x,sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,sd}^+ : \underline{2.038} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{y,sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{y,sd}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

0.000 0.200

: 0.336

Onde:

$N_{t,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2). $N_{t,Rd}$: 96.797 t

$M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2). $M_{x,Rd}$: 6.067 t·m
 $M_{y,Rd}$: 1.716 t·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.6.1)

Já que a norma não proporciona uma verificação geral para seções não tubulares submetidas exclusivamente à torção, considera-se que este elemento também deve cumprir o seguinte critério:

Deve satisfazer:

: 0.002

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·CP1.

T_{sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

T_{sd} : 0.000 t·m

O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd} , é determinado pela expressão:

T_{Rd} : 0.165 t·m

Onde:

W_T : Módulo de resistência à torção.

W_T : 8.59 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

α_{a1} : 1.10

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.)

Este caso não está contemplado pela norma e, portanto, não é possível realizar a verificação.

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

: 0.383

: 0.002

(Já que a norma não proporciona uma verificação da tensão total para seções submetidas a torção combinada com outros esforços, considera-se que este elemento também deve cumprir os seguintes critérios para a tensão de Von Mises:)

$$\sigma : \underline{0.349} \quad \checkmark$$

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se em um ponto situado a uma distância 2.900 m do nó N2 para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1 e no ponto da seção transversal de coordenadas X = -51.00 mm, Y = -80.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões normais σ_{Sd} são dadas por:

$$\sigma_{Sd} : \underline{1226.03} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$\sigma_{NSd} : \underline{1.02} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,Sd} : \underline{0.031} \text{ t}$$

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{30.28} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{Mx,Sd} : \underline{1225.01} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$M_{x,Sd}^+$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,Sd}^+ : \underline{2.038} \text{ t}\cdot\text{m}$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1331.10} \text{ cm}^4$$

Y: Coordenada, em relação ao eixo Y, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta.

$$Y : \underline{-80.00} \text{ mm}$$

$$\sigma_{My,Sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$M_{y,Sd}^-$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{y,Sd}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{182.52} \text{ cm}^4$$

X: Coordenada, em relação ao eixo X, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta.

$$X : \underline{-51.00} \text{ mm}$$

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

$$\tau_{Sd} : \underline{-3.84} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$\tau_{Vx,Sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{x,Sd}^-$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{x,Sd}^- : \underline{0.000} \text{ t}$$

S_y : Momento estático, em relação ao eixo Y, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_y : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{182.52} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\tau_{Vy,Sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{y,Sd}^-$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{y,Sd}^- : \underline{0.000} \text{ t}$$

S_x : Momento estático, em relação ao eixo X, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_x : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1331.10} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\sigma_{Tsd} : \underline{-3.84} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

T_{sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

$$T_{sd} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

J: Constante de torção da seção transversal.

$$J : \underline{8.85} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

As tensões totais f_{sd} são dadas por:

$$f_{sd} : \underline{1226.05} \text{ kgf/cm}^2$$

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$\sigma_{Rd} : \underline{3197.11} \text{ kgf/cm}^2$$

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão normal:

$$\sigma_{Rd} : \underline{3197.11} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

σ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\sigma_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão normal:

$$\sigma_{Rd} : \underline{3197.11} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

σ : Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

$$\sigma : \underline{1.000}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

σ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\sigma_{a1} : \underline{1.10}$$

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$\sigma_{Rd} : \underline{1899.57} \text{ kgf/cm}^2$$

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

$$\sigma_{Rd} : \underline{1918.27} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

σ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\sigma_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

$$\sigma_{Rd} : \underline{1899.57} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

σ : Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

$$\square : \underline{0.990}$$

Sendo:

$$\square_0 : \underline{0.153}$$

$$\square_e : \underline{90188.97} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square_E : \underline{75157.48} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_v : Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3).

E : Módulo de elasticidade do aço.

\square : Coeficiente de Poisson.

t : Espessura.

h : Largura.

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$k_v : \underline{1.20}$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square : \underline{0.30}$$

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$h : \underline{51.00} \text{ mm}$$

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

A tensão resistente de cálculo, f_{Rd} é dada por:

$$f_{Rd} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Barra N3/N8

Perfil: W150X24 Material: Aço (A-572 345MPa)						
Nós	Comprimento (m)	Características mecânicas				
		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N3	N8	6.305	30.28	1331.10	182.52	8.85
Notas: (1) Inércia em relação ao eixo indicado (2) Momento de inércia à torção uniforme						
Flambagem		Flambagem lateral				
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.		
<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	6.305	6.305	0.000	0.000		
C _b	-		1.000			
Notação: <input type="checkbox"/> : Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _b : Fator de modificação para o momento crítico						

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

N_{t,Sd}: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{N}_{t,Sd} : \underline{0.083} \text{ t}$$

 A força axial de tração resistente de cálculo, N_{t,Rd}, deve ser determinada pela expressão:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{96.797} \text{ t}$$

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

$$\mathbf{A}_g : \underline{30.28} \text{ cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.396} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 3.153 m do nó N3, para a combinação de ações 1.5-PP+1.5-CP1.

M_{sd}^+ : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{sd}^+ : \underline{2.405} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Já que ' $\lambda < \lambda_1 < \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

$$21.12 < \underline{137.24}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{21.12}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{139.40} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\lambda_r : \underline{137.24}$$

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : \underline{6.067} \text{ t}\cdot\text{m}$$

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.):

$$M_{Rd} : \underline{7.979} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_x : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_x : \underline{166.39} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$4.95 < \underline{9.15}$$

$$M_{Rd} : \underline{6.067} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{4.95}$$

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{102.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.**E**: $\frac{2038736}{}$ kgf/cm²**f_y**: Resistência ao escoamento do aço.**f_y**: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²**M_{pl}**: $\frac{6.674}{}$ t

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.**Z_x**: $\frac{189.78}{}$ cm³**f_y**: Resistência ao escoamento do aço.**f_y**: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²**□_{a1}**: Coeficiente de segurança do material.**□_{a1}**: $\frac{1.10}{}$

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

21.12 □ 90.53**M_{Rd}**: $\frac{6.067}{}$ t·m

Onde:

□: $\frac{21.12}{}$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.**h**: $\frac{139.40}{}$ mm**t_w**: Espessura da alma.**t_w**: $\frac{6.60}{}$ mm**□_p**: $\frac{90.53}{}$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.**E**: $\frac{2038736}{}$ kgf/cm²**f_y**: Resistência ao escoamento do aço.**f_y**: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²**M_{pl}**: $\frac{6.674}{}$ t

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.**Z_x**: $\frac{189.78}{}$ cm³**f_y**: Resistência ao escoamento do aço.**f_y**: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²**□_{a1}**: Coeficiente de segurança do material.**□_{a1}**: $\frac{1.10}{}$ **Resistência à flexão eixo Y** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

□: $\frac{0.076}{}$ ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 2.29 m do nó N3, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

V_{sd} : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.
 A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é determinada pela expressão:

$$V_{sd} : \underline{1.531} \text{ t}$$

$$21.12 \square 59.22$$

$$V_{Rd} : \underline{20.257} \text{ t}$$

Onde:

$$\square : \underline{21.12}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distância entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{139.40} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{59.22}$$

Sendo:

k_v : Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{5.00}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} : \underline{22.83} \text{ t}$$

Sendo:

A_w : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{10.56} \text{ cm}^2$$

d : Altura total da seção transversal.

$$d : \underline{160.00} \text{ mm}$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

esistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.397} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 3.153 m do nó N3, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,Sd} : \underline{0.083} \text{ t}$$

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,Sd}^+ : \underline{2.405} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{y,Sd}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$0.001 \square 0.200$$

$$\square : \underline{0.397}$$

Onde:

$N_{t,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2).

$$N_{t,Rd} : \underline{96.797} \text{ t}$$

$M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).

$M_{x,Rd}$: 6.067 t·m

$M_{y,Rd}$: 1.716 t·m

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.6.1)

Já que a norma não proporciona uma verificação geral para seções não tubulares submetidas exclusivamente à torção, considera-se que este elemento também deve cumprir o seguinte critério:

Deve satisfazer:

: 0.001 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·CP1.

T_{sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

T_{sd} : 0.000 t·m

O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd} , é determinado pela expressão:

T_{Rd} : 0.165 t·m

Onde:

W_T : Módulo de resistência à torção.

W_T : 8.59 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

α_{a1} : 1.10

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.)

Este caso não está contemplado pela norma e, portanto, não é possível realizar a verificação.

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

: 0.453 ✓

: 0.001 ✓

(Já que a norma não proporciona uma verificação da tensão total para seções submetidas a torção combinada com outros esforços, considera-se que este elemento também deve cumprir os seguintes critérios para a tensão de Von Mises:)

: 0.412 ✓

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se em um ponto situado a uma distância 3.153 m do nó N3 para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1 e no ponto da seção transversal de coordenadas X = -51.00 mm, Y = -80.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões normais σ_{Sd} são dadas por:

$$\sigma_{Sd} : \underline{1448.01} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$\sigma_{NSd} : \underline{2.73} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,Sd} : \underline{0.083} \text{ t}$$

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{30.28} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{Mx,Sd} : \underline{1445.28} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$M_{x,Sd}^+$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,Sd}^+ : \underline{2.405} \text{ t}\cdot\text{m}$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1331.10} \text{ cm}^4$$

Y : Coordenada, em relação ao eixo Y, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta.

$$Y : \underline{-80.00} \text{ mm}$$

$$\sigma_{My,Sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$M_{y,Sd}^-$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{y,Sd}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{182.52} \text{ cm}^4$$

X : Coordenada, em relação ao eixo X, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta.

$$X : \underline{-51.00} \text{ mm}$$

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

$$\tau_{Sd} : \underline{-6.60} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$\tau_{Vx,Sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{x,Sd}^-$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{x,Sd}^- : \underline{0.000} \text{ t}$$

S_y : Momento estático, em relação ao eixo Y, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_y : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{182.52} \text{ cm}^4$$

t : Espessura.

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\tau_{Vy,Sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{y,Sd}^-$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{y,Sd}^- : \underline{0.000} \text{ t}$$

S_x : Momento estático, em relação ao eixo X, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_x : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1331.10} \text{ cm}^4$$

t : Espessura.

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\tau_{TSd} : \underline{-6.60} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

T_{Sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

J : Constante de torção da seção transversal.

t : Espessura.

T_{Sd} : 0.000 t.m

J : 8.85 cm⁴

t : 10.30 mm

As tensões totais f_{Sd} são dadas por:

f_{Sd} : 1448.02 kgf/cm²

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

σ_{Rd} : 3197.11 kgf/cm²

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 3197.11 kgf/cm²

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

α_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão normal:

σ_{Rd} : 3197.11 kgf/cm²

Onde:

α : Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

α : 1.000

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

α_{a1} : 1.10

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

σ_{Rd} : 1899.57 kgf/cm²

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

σ_{Rd} : 1918.27 kgf/cm²

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

α_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

σ_{Rd} : 1899.57 kgf/cm²

Onde:

α : Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

α : 0.990

Sendo:

σ_o : 0.153

$$\sigma_e : \underline{90188.97} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_E : \underline{75157.48} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_v : Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3).

E : Módulo de elasticidade do aço.

ν : Coeficiente de Poisson.

t : Espessura.

h : Largura.

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$k_v : \underline{1.20}$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\nu : \underline{0.30}$$

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$h : \underline{51.00} \text{ mm}$$

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

A tensão resistente de cálculo, f_{Rd} é dada por:

$$f_{Rd} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

Barra N2/N4

Perfil: W150X24 Material: Aço (A-572 345MPa)							
Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N2	N4	4.250	30.28	1331.10	182.52	8.85	
Notas: (1) Inércia em relação ao eixo indicado (2) Momento de inércia à torção uniforme							
		Flambagem		Flambagem lateral			
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.		
<input type="checkbox"/>		1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K		4.250	4.250	0.000	0.000		
C _b		-		1.000			
Notação: <input type="checkbox"/> : Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _b : Fator de modificação para o momento crítico							

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

$$\square < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

 N_{t,sd}: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,sd} : \underline{0.004} \text{ t}$$

 A força axial de tração resistente de cálculo, N_{t,Rd}, deve ser determinada pela expressão:

$$N_{t,Rd} : \underline{96.797} \text{ t}$$

Onde:

 A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{30.28} \text{ cm}^2$$

 f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.180} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N4, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

M_{sd} : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{sd} : \underline{1.092} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Já que ' $\lambda > \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

$$21.12 < 137.24$$

Onde:

$$\lambda : \underline{21.12}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{139.40} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\lambda_r : \underline{137.24}$$

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : \underline{6.067} \text{ t}\cdot\text{m}$$

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.):

$$M_{Rd} : \underline{7.979} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_x : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_x : \underline{166.39} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$4.95 < 9.15$$

$$M_{Rd} : \underline{6.067} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{4.95}$$

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{102.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.
f_y: Resistência ao escoamento do aço.

E: $\frac{2038736}{}$ kgf/cm²
f_y: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²

M_{pl}: $\frac{6.674}{}$ t

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.
f_y: Resistência ao escoamento do aço.
 α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

Z_x: $\frac{189.78}{}$ cm³
f_y: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²
 α_{a1} : $\frac{1.10}{}$

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

21.12 α **90.53**

M_{Rd}: $\frac{6.067}{}$ t·m

Onde:

α : $\frac{21.12}{}$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.
t_w: Espessura da alma.

h: $\frac{139.40}{}$ mm

t_w: $\frac{6.60}{}$ mm

α_p : $\frac{90.53}{}$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.
f_y: Resistência ao escoamento do aço.

E: $\frac{2038736}{}$ kgf/cm²
f_y: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²

M_{pl}: $\frac{6.674}{}$ t

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.
f_y: Resistência ao escoamento do aço.
 α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

Z_x: $\frac{189.78}{}$ cm³
f_y: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²
 α_{a1} : $\frac{1.10}{}$

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

α : $\frac{0.001}{}$ ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N4, para a combinação de ações PP+1.5·CP1.

M_{sdl}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

M_{sdl}: $\frac{0.002}{}$ t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

M_{Rd}: $\frac{1.716}{}$ t·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.):

$$M_{Rd} : \underline{1.716} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_y : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_y : \underline{35.79} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$4.95 \leq \lambda \leq 9.15$$

$$M_{Rd} : \underline{1.762} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{4.95}$$

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{102.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\alpha_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$M_{pl} : \underline{1.939} \text{ t}$$

Onde:

Z_y : Módulo de resistência plástico.

$$Z_y : \underline{55.12} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

(c) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$21.12 \leq \lambda \leq 26.97$$

$$M_{Rd} : \underline{1.762} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{21.12}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{139.40} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\alpha_p : \underline{26.97}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.
f_y: Resistência ao escoamento do aço.

E : $\frac{2038736}{}$ kgf/cm²
f_y : $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²

M_{pl} : $\frac{1.939}{}$ t

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico.
f_y: Resistência ao escoamento do aço.

Z_y : $\frac{55.12}{}$ cm³
f_y : $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²

□_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

□_{a1} : $\frac{1.10}{}$

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

□ < 0.001 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·CP1.

V_{sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

V_{sd} □ 0.001 t

A força cortante resistente de cálculo, **V_{Rd}**, é determinada pela expressão:

4.95 □ 29.01

V_{Rd} : $\frac{40.307}{}$ t

Onde:

□ : $\frac{4.95}{}$

Sendo:

b_f: Largura das mesas.
t: Espessura das mesas.

b_f : $\frac{102.00}{}$ mm
t_f : $\frac{10.30}{}$ mm

□_p : $\frac{29.01}{}$

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.
E: Módulo de elasticidade do aço.
f_y: Resistência ao escoamento do aço.

k_v : $\frac{1.20}{}$
E : $\frac{2038736}{}$ kgf/cm²
f_y : $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²

V_{pl} : $\frac{44.337}{}$ t

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

A_w : $\frac{21.01}{}$ cm²

□_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

□_{a1} : $\frac{1.10}{}$

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.064} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N4, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

V_{sd} : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{sd} : \underline{1.289} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é determinada pela expressão:

$$21.12 \square \underline{59.22}$$

$$V_{Rd} : \underline{20.257} \text{ t}$$

Onde:

$$\square : \underline{21.12}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{139.40} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{59.22}$$

Sendo:

k_v : Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{5.00}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} : \underline{22.83} \text{ t}$$

Sendo:

A_w : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{10.56} \text{ cm}^2$$

d : Altura total da seção transversal.

$$d : \underline{160.00} \text{ mm}$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.181} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N4, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

$N_{t,sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,sd} : \underline{0.004} \text{ t}$$

$M_{x,sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,sd} : \underline{1.092} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{y,sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{y,sd} : \underline{0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$0.000 \leq 0.200$$

$$\square : \underline{0.181}$$

Onde:

$N_{t,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2).

$$N_{t,Rd} : \underline{96.797} \text{ t}$$

$M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).

$$M_{x,Rd} : \underline{6.067} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{1.716} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.6.1)

Já que a norma não proporciona uma verificação geral para seções não tubulares submetidas exclusivamente à torção, considera-se que este elemento também deve cumprir o seguinte critério:

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·CP1.

T_{sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

$$T_{sd} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd} , é determinado pela expressão:

$$T_{Rd} : \underline{0.165} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_T : Módulo de resistência à torção.

$$W_T : \underline{8.59} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.207} \quad \checkmark$$

$$\square : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

(Já que a norma não proporciona uma verificação da tensão total para seções submetidas a torção combinada com outros esforços, considera-se que este elemento também deve cumprir os seguintes critérios para a tensão de Von Mises:)

$$\square : \underline{0.188} \quad \checkmark$$

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se no nó N4, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1 no ponto da seção transversal de coordenadas X = 51.00 mm, Y = 80.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões normais σ_{Sd} são dadas por:

$$\sigma_{Sd} : \underline{660.98} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$\sigma_{NSd} : \underline{0.13} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,Sd} : \underline{0.004} \text{ t}$$

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{30.28} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{Mx,Sd} : \underline{656.37} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,Sd} : \underline{1.092} \text{ t}\cdot\text{m}$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1331.10} \text{ cm}^4$$

Y: Coordenada, em relação ao eixo Y, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta.

$$Y : \underline{80.00} \text{ mm}$$

$$\sigma_{My,Sd} : \underline{4.49} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{y,Sd} : \underline{0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{182.52} \text{ cm}^4$$

X: Coordenada, em relação ao eixo X, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta.

$$X : \underline{51.00} \text{ mm}$$

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

$$\tau_{Sd} : \underline{-6.12} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$\tau_{vx,Sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{x,Sd}^+$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{x,Sd}^+ : \underline{0.000} \text{ t}$$

S_y : Momento estático, em relação ao eixo Y, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_y : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{182.52} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\tau_{vy,Sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{y,Sd}^+$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{y,Sd}^+ : \underline{1.289} \text{ t}$$

S_x : Momento estático, em relação ao eixo X, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_x : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1331.10} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\sigma_{Tsd} : \underline{-6.12} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

T_{sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

J : Constante de torção da seção transversal.

t : Espessura.

$$T_{sd} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$J : \underline{8.85} \text{ cm}^4$$

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

As tensões totais f_{sd} são dadas por:

$$f_{sd} : \underline{661.07} \text{ kgf/cm}^2$$

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$\sigma_{Rd} : \underline{3197.11} \text{ kgf/cm}^2$$

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão normal:

$$\sigma_{Rd} : \underline{3197.11} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão normal:

$$\sigma_{Rd} : \underline{3197.11} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

ϕ : Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\phi : \underline{1.000}$$

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$\sigma_{Rd} : \underline{1913.76} \text{ kgf/cm}^2$$

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

$$\sigma_{Rd} : \underline{1918.27} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

$$\sigma_{Rd} : \underline{1913.76} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

ϕ : Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

$$\phi : \underline{0.998}$$

Sendo:

$$\square_o : \underline{0.075}$$

$$\square_e : \underline{375787.38} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square_E : \underline{75157.48} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_v: Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3).

E: Módulo de elasticidade do aço.

\square : Coeficiente de Poisson.

t: Espessura.

h: Largura.

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\mathbf{k_v} : \underline{5.00}$$

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square : \underline{0.30}$$

$$\mathbf{t} : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\mathbf{h} : \underline{51.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

A tensão resistente de cálculo, f_{Rd} é dada por:

$$\mathbf{f_{Rd}} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Barra N1/N8

Perfil: W150X24 Material: Aço (A-572 345MPa)						
Nós	Comprimento (m)	Características mecânicas				
		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N1	N8	4.700	30.28	1331.10	182.52	8.85
Notas: ⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado ⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme						
Flambagem		Flambagem lateral				
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.		
<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	4.700	4.700	0.000	0.000		
C _b	-		1.000			
Notação: <input type="checkbox"/> : Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _b : Fator de modificação para o momento crítico						

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

Deve satisfazer:

$$\square < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

N_{t,sd}: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,sd} : \underline{0.005} \text{ t}$$

A força axial de tração resistente de cálculo, N_{t,Rd}, deve ser determinada pela expressão:

$$N_{t,Rd} : \underline{96.797} \text{ t}$$

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{30.28} \text{ cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

□_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.220} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

M_{sd} : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{sd} : \underline{1.336} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Já que ' $\lambda < \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

$$21.12 < 137.24$$

Onde:

$$\lambda : \underline{21.12}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{139.40} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\lambda_r : \underline{137.24}$$

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : \underline{6.067} \text{ t}\cdot\text{m}$$

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.):

$$M_{Rd} : \underline{7.979} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_x : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_x : \underline{166.39} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$4.95 < 9.15$$

$$M_{Rd} : \underline{6.067} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{4.95}$$

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{102.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\lambda_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E: $\frac{2038736}{}$ kgf/cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²

M_{pl}: $\frac{6.674}{}$ t

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

Z_x: $\frac{189.78}{}$ cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1}: $\frac{1.10}{}$

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

21.12 **γ** **90.53**

M_{Rd}: $\frac{6.067}{}$ t·m

Onde:

γ: $\frac{21.12}{}$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

h: $\frac{139.40}{}$ mm

t_w: Espessura da alma.

t_w: $\frac{6.60}{}$ mm

γ_p: $\frac{90.53}{}$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

E: $\frac{2038736}{}$ kgf/cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²

M_{pl}: $\frac{6.674}{}$ t

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

Z_x: $\frac{189.78}{}$ cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: $\frac{3516.82}{}$ kgf/cm²

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1}: $\frac{1.10}{}$

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

γ: $\frac{0.003}{}$ ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

M_{sdl}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

M_{sdl}: $\frac{0.005}{}$ t·m

O momento fletor resistente de cálculo **M_{Rd}** deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

M_{Rd}: $\frac{1.716}{}$ t·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.):

$$M_{Rd} : \underline{1.716} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_y : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_y : \underline{35.79} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$4.95 \leq 9.15$$

$$M_{Rd} : \underline{1.762} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\gamma : \underline{4.95}$$

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{102.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\gamma_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$M_{pl} : \underline{1.939} \text{ t}$$

Onde:

Z_y : Módulo de resistência plástico.

$$Z_y : \underline{55.12} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(c) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$21.12 \leq 26.97$$

$$M_{Rd} : \underline{1.762} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\gamma : \underline{21.12}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{139.40} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\gamma_p : \underline{26.97}$$

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$



$$M_{pl} : \underline{1.939} \text{ t}$$

Onde:

Z_y : Módulo de resistência plástico.

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$Z_y : \underline{55.12} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$$\alpha < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5-CP1.

V_{sd} : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é determinada pela expressão:

$$V_{sd} : \underline{0.001} \text{ t}$$

$$4.95 \alpha \quad \underline{29.01}$$

$$V_{Rd} : \underline{40.307} \text{ t}$$

Onde:

$$\alpha : \underline{4.95}$$

Sendo:

b_f : Largura das mesas.

t_f : Espessura das mesas.

$$b_f : \underline{102.00} \text{ mm}$$

$$t_f : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\alpha_p : \underline{29.01}$$

Sendo:

k_v : Coeficiente de flambagem.

E : Módulo de elasticidade do aço.

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$k_v : \underline{1.20}$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} : \underline{44.337} \text{ t}$$

Sendo:

A_w : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{21.01} \text{ cm}^2$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$$\alpha : \underline{0.070} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

V_{sd} : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{sd} : \underline{1.425} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é determinada pela expressão:

$$21.12 \square 59.22$$

$$V_{Rd} : \underline{20.257} \text{ t}$$

Onde:

$$\square : \underline{21.12}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{139.40} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{59.22}$$

Sendo:

k_v : Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{5.00}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} : \underline{22.83} \text{ t}$$

Sendo:

A_w : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{10.56} \text{ cm}^2$$

d : Altura total da seção transversal.

$$d : \underline{160.00} \text{ mm}$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.223} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

$N_{t,sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,sd} : \underline{0.005} \text{ t}$$

$M_{x,sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,sd} : \underline{1.336} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{y,sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{y,sd} : \underline{0.005} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$0.000 \square 0.200$$

\square : 0.223

Onde:

 $N_{t,Rd}$: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2). $N_{t,Rd}$: 96.797 t $M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2). $M_{x,Rd}$: 6.067 t·m
 $M_{y,Rd}$: 1.716 t·m**Resistência à torção** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.6.1)

Já que a norma não proporciona uma verificação geral para seções não tubulares submetidas exclusivamente à torção, considera-se que este elemento também deve cumprir o seguinte critério:

Deve satisfazer:

 \square : 0.004 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·CP1.

 T_{sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável. T_{sd} : 0.001 t·mO momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd} , é determinado pela expressão: T_{Rd} : 0.165 t·m

Onde:

 W_T : Módulo de resistência à torção. W_T : 8.59 cm³ f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 3516.82 kgf/cm² \square_{a1} : Coeficiente de segurança do material. \square_{a1} : 1.10**Resistência a interações de esforços e momento de torção** (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

 \square : 0.256 ✓ \square : 0.004 ✓

(Já que a norma não proporciona uma verificação da tensão total para seções submetidas a torção combinada com outros esforços, considera-se que este elemento também deve cumprir os seguintes critérios para a tensão de Von Mises:)

 \square : 0.233 ✓

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1 no ponto da seção transversal de coordenadas X = 51.00 mm, Y = 80.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões normais σ_{Sd} são dadas por:

$$\sigma_{Sd} : \underline{818.43} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$\sigma_{NSd} : \underline{0.17} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$N_{t,Sd}$: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,Sd} : \underline{0.005} \text{ t}$$

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{30.28} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{Mx,Sd} : \underline{803.01} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$M_{x,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,Sd} : \underline{1.336} \text{ t}\cdot\text{m}$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1331.10} \text{ cm}^4$$

Y: Coordenada, em relação ao eixo Y, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta.

$$Y : \underline{80.00} \text{ mm}$$

$$\sigma_{My,Sd} : \underline{15.25} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$M_{y,Sd}$: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{y,Sd} : \underline{0.005} \text{ t}\cdot\text{m}$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{182.52} \text{ cm}^4$$

X: Coordenada, em relação ao eixo X, do ponto desfavorável da seção transversal em relação ao centro de gravidade da seção bruta.

$$X : \underline{51.00} \text{ mm}$$

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

$$\tau_{Sd} : \underline{-7.95} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$\tau_{Vx,Sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{x,Sd}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{x,Sd} : \underline{0.001} \text{ t}$$

S_y : Momento estático, em relação ao eixo Y, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_y : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{182.52} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\tau_{Vy,Sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{y,Sd}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{y,Sd} : \underline{1.425} \text{ t}$$

S_x : Momento estático, em relação ao eixo X, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_x : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1331.10} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$\tau_{TSd} : \underline{-7.95} \text{ kgf/cm}^2$$



Sendo:

T_{sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

J : Constante de torção da seção transversal.

t : Espessura.

$$T_{sd} : \frac{0.001}{t-m}$$

$$J : \frac{8.85}{cm^4}$$

$$t : \frac{10.30}{mm}$$

As tensões totais f_{sd} são dadas por:

$$f_{sd} : \frac{818.55}{kgf/cm^2}$$

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$\sigma_{Rd} : \frac{3197.11}{kgf/cm^2}$$

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão normal:

$$\sigma_{Rd} : \frac{3197.11}{kgf/cm^2}$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \frac{3516.82}{kgf/cm^2}$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \frac{1.10}{}$$

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão normal:

$$\sigma_{Rd} : \frac{3197.11}{kgf/cm^2}$$

Onde:

η : Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

$$\eta : \frac{1.000}{}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \frac{3516.82}{kgf/cm^2}$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \frac{1.10}{}$$

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$\sigma_{Rd} : \frac{1913.76}{kgf/cm^2}$$

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

$$\sigma_{Rd} : \frac{1918.27}{kgf/cm^2}$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \frac{3516.82}{kgf/cm^2}$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \frac{1.10}{}$$

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

$$\sigma_{Rd} : \frac{1913.76}{kgf/cm^2}$$

Onde:

η : Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

$$\eta : \frac{0.998}{}$$

Sendo:

$$\sigma_o : \frac{0.075}{}$$

$$\sigma_e : \underline{375787.38} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_E : \underline{75157.48} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_v : Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3).

E : Módulo de elasticidade do aço.

ν : Coeficiente de Poisson.

t : Espessura.

h : Largura.

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$k_v : \underline{5.00}$$

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\nu : \underline{0.30}$$

$$t : \underline{10.30} \text{ mm}$$

$$h : \underline{51.00} \text{ mm}$$

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

A tensão resistente de cálculo, f_{Rd} é dada por:

$$f_{Rd} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

Barra N6/N3

Perfil: W150X22.5 Material: Aço (A-572 345MPa)						
Inicial	Final	Comprimento (m)	Características mecânicas			
			Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N6	N3	2.360	28.96	1231.97	385.64	4.31
Notas: (1) Inércia em relação ao eixo indicado (2) Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral		
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.	
<input type="checkbox"/>		1.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		2.360	2.360	0.000	0.000	
C _b		-		1.000		
Notação: <input type="checkbox"/> : Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _b : Fator de modificação para o momento crítico						

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

$$\lambda : \underline{64.7} \quad \checkmark$$

Onde:

λ : Índice de esbeltez.

$$\lambda_x : \underline{32.}$$

$$\lambda_y : \underline{64.7}$$

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x \cdot L_x : \underline{2.360} \text{ m}$$

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{2.360} \text{ m}$$

r_x, r_y : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{6.52} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{3.65} \text{ cm}$$

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

$$\lambda : \underline{0.044} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N6, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

N_{c,sd}: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{c,sd} : \underline{3.020} \text{ t}$$

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$$N_{c,Rd} : \underline{68.183 \text{ t}}$$

Onde:

χ : Fator de redução total associado à resistência à compressão.

$$\chi : \underline{0.736}$$

Q : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{1.000}$$

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{28.96 \text{ cm}^2}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82 \text{ kgf/cm}^2}$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

Fator de redução χ : (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

$$\chi : \underline{0.736}$$

Onde:

χ_0 : Índice de esbeltez reduzido.

$$\chi_0 : \underline{0.855}$$

Sendo:

Q : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{1.000}$$

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{28.96 \text{ cm}^2}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82 \text{ kgf/cm}^2}$$

N_e : Força axial de flambagem elástica.

$$N_e : \underline{139.322 \text{ t}}$$

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e , de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

$$N_e : \underline{139.322 \text{ t}}$$

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

$$N_{ex} : \underline{445.079 \text{ t}}$$

Onde:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x \cdot L_x : \underline{2.360 \text{ m}}$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1231.97 \text{ cm}^4}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736 \text{ kgf/cm}^2}$$

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

$$N_{ey} : \underline{139.322 \text{ t}}$$

Onde:

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{2.360 \text{ m}}$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{385.64 \text{ cm}^4}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736 \text{ kgf/cm}^2}$$

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

$$N_{ez} : \underline{\square}$$

Onde:

$K_z \cdot L_z$: Comprimento de flambagem por torção.

$$K_z \cdot L_z : \underline{0.000 \text{ m}}$$

E: Módulo de elasticidade do aço. $E : \frac{2038736}{\text{kgf/cm}^2}$
C_w: Constante de empenamento da seção transversal. $C_w : \frac{20428.94}{\text{cm}^6}$
G: Módulo de elasticidade transversal do aço. $G : \frac{784913}{\text{kgf/cm}^2}$
J: Constante de torção da seção transversal. $J : \frac{4.31}{\text{cm}^4}$
r₀: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

$r_0 : \frac{7.47}{\text{cm}}$

Onde:

r_x, r_y: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente. $r_x : \frac{6.52}{\text{cm}}$
 $r_y : \frac{3.65}{\text{cm}}$
X₀, Y₀: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais X, Y, respectivamente. $X_0 : \frac{0.00}{\text{mm}}$
 $Y_0 : \frac{0.00}{\text{mm}}$

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela F.1.

11.52 □ **13.48**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

(b/t) : $\frac{11.52}{\text{mm}}$

Onde:

b: Largura.

b : $\frac{76.00}{\text{mm}}$

t: Espessura.

t : $\frac{6.60}{\text{mm}}$

(b/t)_{lim}: Relação limite entre largura e espessura.

(b/t)_{lim} : $\frac{13.48}{\text{mm}}$

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$E : \frac{2038736}{\text{kgf/cm}^2}$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$f_y : \frac{3516.82}{\text{kgf/cm}^2}$

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

23.93 □ **35.87**

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

(b/t) : $\frac{23.93}{\text{mm}}$

Onde:

b: Largura.

b : $\frac{138.80}{\text{mm}}$

t: Espessura.

t : $\frac{5.80}{\text{mm}}$

(b/t)_{lim}: Relação limite entre largura e espessura.

(b/t)_{lim} : $\frac{35.87}{\text{mm}}$

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$E : \frac{2038736}{\text{kgf/cm}^2}$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$f_y : \frac{3516.82}{\text{kgf/cm}^2}$

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

□ : $\frac{0.037}{\text{mm}}$ ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N6, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

M_{sd}^+ : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{sd}^+ : \underline{0.197} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Já que ' $\lambda < \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

$$23.93 < 137.24$$

Onde:

$$\lambda : \underline{23.93}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{138.80} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\lambda_r : \underline{137.24}$$

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : \underline{5.303} \text{ t}\cdot\text{m}$$

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.):

$$M_{Rd} : \underline{7.774} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_x : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_x : \underline{166.10} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$11.52 < 9.15$$

$$11.52 < 23.89$$

$$M_{Rd} : \underline{5.303} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda : \underline{11.52}$$

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{152.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square_r : \underline{23.89}$$

Sendo:

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square_r : \underline{1055.05} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\mathbf{M}_{pl} : \underline{6.186} \text{ t}$$

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

$$\mathbf{Z}_x : \underline{175.90} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\mathbf{M}_r : \underline{3.991} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Sendo:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$\mathbf{W}_x : \underline{166.10} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square_r : \underline{1055.05} \text{ kgf/cm}^2$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$\mathbf{23.93} \square \mathbf{90.53}$$

$$\mathbf{M}_{Rd} : \underline{5.624} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\square : \underline{23.93}$$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$\mathbf{h} : \underline{138.80} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$\mathbf{t}_w : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{90.53}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\mathbf{M}_{pl} : \underline{6.186} \text{ t}$$

Onde:

Z_x : Módulo de resistência plástico. Z_x : 175.90 cm³
 f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 3516.82 kgf/cm²
 γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

γ : 0.033 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N6, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

M_{Sd} : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. M_{Sd} : 0.074 t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

M_{Rd} : 2.63 t·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.):

M_{Rd} : 2.433 t·m

Onde:

W_y : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. W_y : 50.74 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 3516.82 kgf/cm²

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

11.52 γ 9.15

11.52 γ 23.89

M_{Rd} : 2.63 t·m

Onde:

γ : 11.52

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida. b_f : 152.00 mm

t_f : Espessura da mesa comprimida. t_f : 6.60 mm

γ_p : 9.15

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço. E : 2038736 kgf/cm²

f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 3516.82 kgf/cm²

γ_r : 23.89

Sendo:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

σ_r : 1055.05 kgf/cm²

M_{pl} : 2.727 t

Onde:

Z_y : Módulo de resistência plástico.

Z_y : 77.54 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

M_r : 1.249 t·m

Sendo:

W_y : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

W_y : 50.74 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

σ_r : 1055.05 kgf/cm²

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

α_{a1} : 1.10

(c) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

23.93 α **26.97**

M_{Rd} : 2.479 t·m

Onde:

α : 23.93

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

h : 138.80 mm

t_w : Espessura da alma.

t_w : 5.80 mm

α_p : 26.97

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

E : 2038736 kgf/cm²

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

M_{pl} : 2.727 t

Onde:

Z_y : Módulo de resistência plástico.

Z_y : 77.54 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

α_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

α : 0.001 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

V_{Sd} : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{Sd} : \underline{0.031} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é determinada pela expressão:

$$11.52 \square 29.01$$

$$V_{Rd} : \underline{38.488} \text{ t}$$

Onde:

$$\square : \underline{11.52}$$

Sendo:

b_f : Largura das mesas.

$$b_f : \underline{152.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura das mesas.

$$t_f : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{29.01}$$

Sendo:

k_v : Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{1.20}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} : \underline{42.337} \text{ t}$$

Sendo:

A_w : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{20.06} \text{ cm}^2$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.005} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

V_{Sd} : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{Sd} : \underline{0.083} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é determinada pela expressão:

$$23.93 \square 59.22$$

$$V_{Rd} : \underline{16.911} \text{ t}$$

Onde:

$$\square : \underline{23.93}$$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$\mathbf{h} : \underline{138.80} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{59.22}$$

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

$$\mathbf{k_v} : \underline{5.00}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\mathbf{V_{pl}} : \underline{18.603} \text{ t}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$\mathbf{A_w} : \underline{8.82} \text{ cm}^2$$

d: Altura total da seção transversal.

$$\mathbf{d} : \underline{152.00} \text{ mm}$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.092} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N6, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

N_{c,sd}: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{N_{c,sd}} : \underline{3.020} \text{ t}$$

M_{x,sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{M_{x,sd}^+} : \underline{0.197} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{y,sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{M_{y,sd}^-} : \underline{0.074} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{0.044} \square \mathbf{0.200}$$

$$\square : \underline{0.092}$$

Onde:

N_{c,Rd}: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3).

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{68.183} \text{ t}$$

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).

$$\mathbf{M_{x,Rd}} : \underline{5.303} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{y,Rd}} : \underline{2.63} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.6.1)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.)

Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

$$\sigma : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5-PP+1.5-CP1 no ponto da seção transversal de coordenadas X = 0.00 mm, Y = 0.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões tangenciais σ_{sd} são dadas por:

$$\sigma_{sd} : \underline{-10.22} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$\sigma_{vx, sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{x, sd}^-$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{x, sd}^- : \underline{0.031} \text{ t}$$

S_y : Momento estático, em relação ao eixo Y, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_y : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{385.64} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\sigma_{vy, sd} : \underline{-10.22} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{y, sd}^+$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{y, sd}^+ : \underline{0.083} \text{ t}$$

S_x : Momento estático, em relação ao eixo X, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_x : \underline{88.26} \text{ cm}^3$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1231.97} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\sigma_{Tsd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

T_{sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

$$T_{sd} : \underline{0.000} \text{ t-m}$$

J: Constante de torção da seção transversal.

$$J : \underline{4.31} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{5.80} \text{ mm}$$

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$\sigma_{Rd} : \underline{1806.11} \text{ kgf/cm}^2$$

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

$$\sigma_{Rd} : \underline{1918.27} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

$$\sigma_{Rd} : \underline{1806.11} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

α : Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

$$\alpha : \underline{0.942}$$

Sendo:

$$\sigma_0 : \underline{0.379}$$

$$\sigma_e : \underline{14660.04} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_E : \underline{2932.01} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_v : Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3).

$$k_v : \underline{5.00}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

ν : Coeficiente de Poisson.

$$\nu : \underline{0.30}$$

t : Espessura.

$$t : \underline{5.80} \text{ mm}$$

h : Largura.

$$h : \underline{145.40} \text{ mm}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

Barra N7/N8

Perfil: W150X22.5 Material: Aço (A-572 345MPa)							
Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N7	N8	2.360	28.96	31.97	385.64	4.31	
Notas: (1) Inércia em relação ao eixo indicado (2) Momento de inércia à torção uniforme							
		Flambagem		Flambagem lateral			
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.		
<input type="checkbox"/>		1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K		2.360	2.360	0.000	0.000		
C _b		-		1.000			
Notação: <input type="checkbox"/> : Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _b : Fator de modificação para o momento crítico							

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

$$\lambda : 64.7 \quad \checkmark$$

Onde:

λ : Índice de esbeltez.

$$\lambda_x : 32.$$

$$\lambda_y : 64.7$$

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x \cdot L_x : 2.360 \text{ m}$$

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y \cdot L_y : 2.360 \text{ m}$$

r_x, r_y : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$r_x : 6.52 \text{ cm}$$

$$r_y : 3.65 \text{ cm}$$

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

$$\lambda : 0.036 \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N7, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

$N_{c,sd}$: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{c,sd} : 2.469 \text{ t}$$

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$$N_{c,Rd} : \underline{68.183 \text{ t}}$$

Onde:

χ : Fator de redução total associado à resistência à compressão.

$$\chi : \underline{0.736}$$

Q : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{1.000}$$

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{28.96 \text{ cm}^2}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82 \text{ kgf/cm}^2}$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

Fator de redução χ : (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

$$\chi : \underline{0.736}$$

Onde:

χ_0 : Índice de esbeltez reduzido.

$$\chi_0 : \underline{0.855}$$

Sendo:

Q : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{1.000}$$

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{28.96 \text{ cm}^2}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82 \text{ kgf/cm}^2}$$

N_e : Força axial de flambagem elástica.

$$N_e : \underline{139.322 \text{ t}}$$

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e , de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

$$N_e : \underline{139.322 \text{ t}}$$

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

$$N_{ex} : \underline{445.079 \text{ t}}$$

Onde:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x \cdot L_x : \underline{2.360 \text{ m}}$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1231.97 \text{ cm}^4}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736 \text{ kgf/cm}^2}$$

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

$$N_{ey} : \underline{139.322 \text{ t}}$$

Onde:

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{2.360 \text{ m}}$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{385.64 \text{ cm}^4}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736 \text{ kgf/cm}^2}$$

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

$$N_{ez} : \underline{\square}$$

Onde:

$K_z \cdot L_z$: Comprimento de flambagem por torção.

$$K_z \cdot L_z : \underline{0.000 \text{ m}}$$

E: Módulo de elasticidade do aço. $E : \frac{2038736}{\text{kgf/cm}^2}$
C_w: Constante de empenamento da seção transversal. $C_w : \frac{20428.94}{\text{cm}^6}$
G: Módulo de elasticidade transversal do aço. $G : \frac{784913}{\text{kgf/cm}^2}$
J: Constante de torção da seção transversal. $J : \frac{4.31}{\text{cm}^4}$
r₀: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

$$r_0 : \frac{7.47}{\text{cm}}$$

Onde:

r_x, r_y: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente. $r_x : \frac{6.52}{\text{cm}}$
 $r_y : \frac{3.65}{\text{cm}}$
X₀, Y₀: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais X, Y, respectivamente. $X_0 : \frac{0.00}{\text{mm}}$
 $Y_0 : \frac{0.00}{\text{mm}}$

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela F.1.

$$11.52 \square 13.48$$

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

$$(b/t) : \frac{11.52}{\text{mm}}$$

Onde:

b: Largura.

$$b : \frac{76.00}{\text{mm}}$$

t: Espessura.

$$t : \frac{6.60}{\text{mm}}$$

(b/t)_{lim}: Relação limite entre largura e espessura.

$$(b/t)_{lim} : \frac{13.48}{\text{mm}}$$

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \frac{2038736}{\text{kgf/cm}^2}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \frac{3516.82}{\text{kgf/cm}^2}$$

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

$$23.93 \square 35.87$$

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

$$(b/t) : \frac{23.93}{\text{mm}}$$

Onde:

b: Largura.

$$b : \frac{138.80}{\text{mm}}$$

t: Espessura.

$$t : \frac{5.80}{\text{mm}}$$

(b/t)_{lim}: Relação limite entre largura e espessura.

$$(b/t)_{lim} : \frac{35.87}{\text{mm}}$$

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \frac{2038736}{\text{kgf/cm}^2}$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \frac{3516.82}{\text{kgf/cm}^2}$$

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.037} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N7, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

M_{sd} : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{sd} : \underline{0.194} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Já que ' $\square \square \square'$, deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

$$23.93 \square \underline{137.24}$$

Onde:

$$\square : \underline{23.93}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{138.80} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\square_r : \underline{137.24}$$

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : \underline{5.303} \text{ t}\cdot\text{m}$$

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.):

$$M_{Rd} : \underline{7.774} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_x : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_x : \underline{166.10} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$11.52 \square \underline{9.15}$$

$$11.52 \square \underline{23.89}$$

$$M_{Rd} : \underline{5.303} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\square : \underline{11.52}$$

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{152.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{9.15}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square_r : \underline{23.89}$$

Sendo:

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square_r : \underline{1055.05} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\mathbf{M}_{pl} : \underline{6.186} \text{ t}$$

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

$$\mathbf{Z}_x : \underline{175.90} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\mathbf{M}_r : \underline{3.991} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Sendo:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$\mathbf{W}_x : \underline{166.10} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\square_r : \underline{1055.05} \text{ kgf/cm}^2$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$\mathbf{23.93} \square \mathbf{90.53}$$

$$\mathbf{M}_{Rd} : \underline{5.624} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\square : \underline{23.93}$$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$\mathbf{h} : \underline{138.80} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$\mathbf{t}_w : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{90.53}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\mathbf{M}_{pl} : \underline{6.186} \text{ t}$$

Onde:

Z_x : Módulo de resistência plástico.	Z_x : <u>175.90</u> cm ³
f_y : Resistência ao escoamento do aço.	f_y : <u>3516.82</u> kgf/cm ²
γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.	γ_{a1} : <u>1.10</u>

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

γ_{a1} : 0.006 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N7, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

M_{Sd} : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável. M_{Sd} : 0.013 t·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

M_{Rd} : 2.63 t·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.):

M_{Rd} : 2.433 t·m

Onde:

W_y : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.	W_y : <u>50.74</u> cm ³
f_y : Resistência ao escoamento do aço.	f_y : <u>3516.82</u> kgf/cm ²
γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.	γ_{a1} : <u>1.10</u>

(b) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

11.52 γ_{a1} 9.15

11.52 γ_{a1} 23.89

M_{Rd} : 2.63 t·m

Onde:

γ_{a1} : 11.52

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida.	b_f : <u>152.00</u> mm
t_f : Espessura da mesa comprimida.	t_f : <u>6.60</u> mm

γ_{a1} : 9.15

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.	E : <u>2038736</u> kgf/cm ²
f_y : Resistência ao escoamento do aço.	f_y : <u>3516.82</u> kgf/cm ²

γ_{a1} : 23.89

Sendo:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

σ_r : 1055.05 kgf/cm²

M_{pl} : 2.727 t

Onde:

Z_y : Módulo de resistência plástico.

Z_y : 77.54 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

M_r : 1.249 t·m

Sendo:

W_y : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

W_y : 50.74 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

σ_r : 1055.05 kgf/cm²

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

α_{a1} : 1.10

(c) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

23.93 α **26.97**

M_{Rd} : 2.479 t·m

Onde:

α : 23.93

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

h : 138.80 mm

t_w : Espessura da alma.

t_w : 5.80 mm

α_p : 26.97

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

E : 2038736 kgf/cm²

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

M_{pl} : 2.727 t

Onde:

Z_y : Módulo de resistência plástico.

Z_y : 77.54 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

α_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$\alpha < 0.001$ ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5-PP+1.5-CP1.

V_{sd} : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{sd} : \underline{0.005} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é determinada pela expressão:

$$11.52 \square 29.01$$

$$V_{Rd} : \underline{38.488} \text{ t}$$

Onde:

$$\square : \underline{11.52}$$

Sendo:

b_f : Largura das mesas.

$$b_f : \underline{152.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura das mesas.

$$t_f : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{29.01}$$

Sendo:

k_v : Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{1.20}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} : \underline{42.337} \text{ t}$$

Sendo:

A_w : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{20.06} \text{ cm}^2$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5-PP+1.5-CP1.

V_{sd} : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{sd} : \underline{0.082} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é determinada pela expressão:

$$23.93 \square 59.22$$

$$V_{Rd} : \underline{16.911} \text{ t}$$

Onde:

$$\square : \underline{23.93}$$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$\mathbf{h} : \underline{138.80} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{59.22}$$

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

$$\mathbf{k_v} : \underline{5.00}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$\mathbf{E} : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f_y} : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\mathbf{V_{pl}} : \underline{18.603} \text{ t}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$\mathbf{A_w} : \underline{8.82} \text{ cm}^2$$

d: Altura total da seção transversal.

$$\mathbf{d} : \underline{152.00} \text{ mm}$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.060} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N7, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

N_{c,Sd}: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{2.469} \text{ t}$$

M_{x,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{M_{x,Sd}} : \underline{0.194} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{y,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{M_{y,Sd}} : \underline{0.013} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{0.036} \square \mathbf{0.200}$$

$$\square : \underline{0.060}$$

Onde:

N_{c,Rd}: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3).

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{68.183} \text{ t}$$

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).

$$\mathbf{M_{x,Rd}} : \underline{5.303} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{y,Rd}} : \underline{2.63} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.6.1)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.)

Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

$$\sigma : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5-PP+1.5-CP1 no ponto da seção transversal de coordenadas X = 0.00 mm, Y = 0.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões tangenciais σ_{Sd} são dadas por:

$$\sigma_{Sd} : \underline{10.08} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$\sigma_{Vx,Sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{x,Sd}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{x,Sd} : \underline{0.005} \text{ t}$$

S_y : Momento estático, em relação ao eixo Y, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_y : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{385.64} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\sigma_{Vy,Sd} : \underline{10.08} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{y,Sd}$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{y,Sd} : \underline{0.082} \text{ t}$$

S_x : Momento estático, em relação ao eixo X, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_x : \underline{88.26} \text{ cm}^3$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1231.97} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\sigma_{TSd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

T_{Sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

$$T_{Sd} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

J: Constante de torção da seção transversal.

$$J : \underline{4.31} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{5.80} \text{ mm}$$

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$\sigma_{Rd} : \underline{1806.11} \text{ kgf/cm}^2$$

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

$$\sigma_{Rd} : \underline{1918.27} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

σ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\sigma_{a1} : \underline{1.10}$$

b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

$$\sigma_{Rd} : \underline{1806.11} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

α : Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

$$\alpha : \underline{0.942}$$

Sendo:

$$\sigma_o : \underline{0.379}$$

$$\sigma_e : \underline{14660.04} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_E : \underline{2932.01} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_v : Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3).

$$k_v : \underline{5.00}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

ν : Coeficiente de Poisson.

$$\nu : \underline{0.30}$$

t : Espessura.

$$t : \underline{5.80} \text{ mm}$$

h : Largura.

$$h : \underline{145.40} \text{ mm}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

Barra N5/N2

Perfil: W150X22.5 Material: Aço (A-572 345MPa)						
Inicial	Final	Comprimento (m)	Características mecânicas			
			Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N5	N2	2.360	28.96	1231.97	385.64	4.31
Notas: (1) Inércia em relação ao eixo indicado (2) Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral		
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.	
<input type="checkbox"/>		1.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		2.360	2.360	0.000	0.000	
C _b		-		1.000		
Notação: <input type="checkbox"/> : Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _b : Fator de modificação para o momento crítico						

Limitação do índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.4)

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

$$\lambda : \underline{64.7} \quad \checkmark$$

Onde:

λ : Índice de esbeltez.

$$\lambda_x : \underline{32.}$$

$$\lambda_y : \underline{64.7}$$

Sendo:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x \cdot L_x : \underline{2.360} \text{ m}$$

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{2.360} \text{ m}$$

r_x, r_y : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{6.52} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{3.65} \text{ cm}$$

Resistência à tração (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.2)

A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3)

Deve satisfazer:

$$\lambda : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N5, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

N_{c,sd}: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{c,sd} : \underline{2.64} \text{ t}$$

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, deve ser determinada pela expressão:

$$N_{c,Rd} : \underline{68.183} \text{ t}$$

Onde:

η : Fator de redução total associado à resistência à compressão.

$$\eta : \underline{0.736}$$

Q : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{1.000}$$

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{28.96} \text{ cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

η_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\eta_{a1} : \underline{1.10}$$

Fator de redução η : (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3)

$$\eta : \underline{0.736}$$

Onde:

η_0 : Índice de esbeltez reduzido.

$$\eta_0 : \underline{0.855}$$

Sendo:

Q : Fator de redução total associado à flambagem local.

$$Q : \underline{1.000}$$

A_g : Área bruta da seção transversal da barra.

$$A_g : \underline{28.96} \text{ cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

N_e : Força axial de flambagem elástica.

$$N_e : \underline{139.322} \text{ t}$$

Força axial de flambagem elástica: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo E)

A força axial de flambagem elástica, N_e , de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

$$N_e : \underline{139.322} \text{ t}$$

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

$$N_{ex} : \underline{445.079} \text{ t}$$

Onde:

$K_x \cdot L_x$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

$$K_x \cdot L_x : \underline{2.360} \text{ m}$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1231.97} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

$$N_{ey} : \underline{139.322} \text{ t}$$

Onde:

$K_y \cdot L_y$: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{2.360} \text{ m}$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{385.64} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

$$N_{ez} : \underline{\quad} \text{ t}$$

Onde:

$K_z \cdot L_z$: Comprimento de flambagem por torção.

E: Módulo de elasticidade do aço.

C_w : Constante de empenamento da seção transversal.

G: Módulo de elasticidade transversal do aço.

J: Constante de torção da seção transversal.

r_0 : Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

$$\begin{aligned} K_z \cdot L_z &: 0.000 \text{ m} \\ E &: 2038736 \text{ kgf/cm}^2 \\ C_w &: 20428.94 \text{ cm}^6 \\ G &: 784913 \text{ kgf/cm}^2 \\ J &: 4.31 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$r_0 : 7.47 \text{ cm}$$

Onde:

r_x, r_y : Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

X_0, Y_0 : Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais X, Y, respectivamente.

$$\begin{aligned} r_x &: 6.52 \text{ cm} \\ r_y &: 3.65 \text{ cm} \\ X_0 &: 0.00 \text{ mm} \\ Y_0 &: 0.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Flambagem local de barras axialmente comprimidas: (ABNT NBR 8800:2008, Anexo F)

Não se aplica nenhuma redução, já que todos os elementos componentes da seção transversal possuem relações entre largura e espessura (b/t) que não superam os valores limite dados na Tabela F.1.

Mesa: Elemento do Grupo 4 da Tabela F.1.

$$11.52 \square 13.48$$

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

$$(b/t) : 11.52$$

Onde:

b: Largura.

t: Espessura.

$$\begin{aligned} b &: 76.00 \text{ mm} \\ t &: 6.60 \text{ mm} \end{aligned}$$

(b/t)_{lim}: Relação limite entre largura e espessura.

$$(b/t)_{lim} : 13.48$$

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço.

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$\begin{aligned} E &: 2038736 \text{ kgf/cm}^2 \\ f_y &: 3516.82 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Alma: Elemento do Grupo 2 da Tabela F.1.

$$23.93 \square 35.87$$

Sendo:

(b/t): Relação entre largura e espessura.

$$(b/t) : 23.93$$

Onde:

b: Largura.

t: Espessura.

$$\begin{aligned} b &: 138.80 \text{ mm} \\ t &: 5.80 \text{ mm} \end{aligned}$$

(b/t)_{lim}: Relação limite entre largura e espessura.

$$(b/t)_{lim} : 35.87$$

Onde:

E: Módulo de elasticidade do aço.

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$\begin{aligned} E &: 2038736 \text{ kgf/cm}^2 \\ f_y &: 3516.82 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Resistência à flexão eixo X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N5, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

M_{sd} : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{sd} : \underline{0.073} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Já que ' $\square \square \square_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G).

$$23.93 \square \underline{137.24}$$

Onde:

$$\square : \underline{23.93}$$

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{138.80} \text{ mm}$$

t_w : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\square_r : \underline{137.24}$$

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : \underline{5.303} \text{ t}\cdot\text{m}$$

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.):

$$M_{Rd} : \underline{7.774} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_x : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_x : \underline{166.10} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$11.52 \square \underline{9.15}$$

$$11.52 \square \underline{23.89}$$

$$M_{Rd} : \underline{5.303} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\square : \underline{11.52}$$

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{152.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura da mesa comprimida.

t_f : 6.60 mm

\square_p : 9.15

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

E : 2038736 kgf/cm²

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

\square_r : 23.89

Sendo:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

\square_r : 1055.05 kgf/cm²

M_{pl} : 6.186 t

Onde:

Z_x : Módulo de resistência plástico.

Z_x : 175.90 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

M_r : 3.991 t·m

Sendo:

W_x : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

W_x : 166.10 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

\square_r : 1055.05 kgf/cm²

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

\square_{a1} : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

23.93 \square **90.53**

M_{Rd} : 5.624 t·m

Onde:

\square : 23.93

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas.

h : 138.80 mm

t_w : Espessura da alma.

t_w : 5.80 mm

\square_p : 90.53

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

E : 2038736 kgf/cm²

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 3516.82 kgf/cm²

M_{pl} : 6.186 t

Onde:

Z_x : Módulo de resistência plástico.	Z_x : <u>175.90</u> cm ³
f_y : Resistência ao escoamento do aço.	f_y : <u>3516.82</u> kgf/cm ²
α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.	α_{a1} : <u>1.10</u>

Resistência à flexão eixo Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N5, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

M_{Sd}^+ : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.	M_{Sd}^+ : <u>0.010</u> t·m
---	-------------------------------

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

M_{Rd} : <u>2.63</u> t·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2.):

M_{Rd} : <u>2.433</u> t·m

Onde:

W_y : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.	W_y : <u>50.74</u> cm ³
f_y : Resistência ao escoamento do aço.	f_y : <u>3516.82</u> kgf/cm ²
α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.	α_{a1} : <u>1.10</u>

(b) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

$$11.52 \square 9.15$$

$$11.52 \square 23.89$$

M_{Rd} : <u>2.63</u> t·m

Onde:

$$\square : \underline{11.52}$$

Sendo:

b_f : Largura da mesa comprimida.	b_f : <u>152.00</u> mm
t_f : Espessura da mesa comprimida.	t_f : <u>6.60</u> mm

α_p : <u>9.15</u>

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.	E : <u>2038736</u> kgf/cm ²
f_y : Resistência ao escoamento do aço.	f_y : <u>3516.82</u> kgf/cm ²

α_r : <u>23.89</u>

Sendo:

f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 3516.82 kgf/cm²

σ_r : 1055.05 kgf/cm²

M_{pl} : 2.727 t

Onde:

Z_y : Módulo de resistência plástico. Z_y : 77.54 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 3516.82 kgf/cm²

M_r : 1.249 t·m

Sendo:

W_y : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão. W_y : 50.74 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 3516.82 kgf/cm²

σ_r : 1055.05 kgf/cm²

σ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

σ_{a1} : 1.10

(c) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, Anexo G):

23.93 σ **26.97**

M_{Rd} : 2.479 t·m

Onde:

σ : 23.93

Sendo:

h : Altura da alma, tomada igual à distancia entre as faces internas das mesas. h : 138.80 mm

t_w : Espessura da alma. t_w : 5.80 mm

σ_p : 26.97

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço. E : 2038736 kgf/cm²

f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 3516.82 kgf/cm²

M_{pl} : 2.727 t

Onde:

Z_y : Módulo de resistência plástico. Z_y : 77.54 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 3516.82 kgf/cm²

σ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

σ_{a1} : 1.10

Resistência ao esforço cortante X (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$$\square < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

V_{sd} : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{sd} : \underline{0.004} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é determinada pela expressão:

$$11.52 \square \underline{29.01}$$

$$V_{Rd} : \underline{38.488} \text{ t}$$

Onde:

$$\square : \underline{11.52}$$

Sendo:

b_f : Largura das mesas.

$$b_f : \underline{152.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura das mesas.

$$t_f : \underline{6.60} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{29.01}$$

Sendo:

k_v : Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{1.20}$$

E : Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} : \underline{42.337} \text{ t}$$

Sendo:

A_w : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{20.06} \text{ cm}^2$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

V_{sd} : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{sd} : \underline{0.030} \text{ t}$$

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é determinada pela expressão:

$$23.93 \square \underline{59.22}$$

$$V_{Rd} : \underline{16.911} \text{ t}$$

Onde:

$$\square : \underline{23.93}$$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distância entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{138.80} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$t_w : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\square_p : \underline{59.22}$$

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{5.00}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{pl} : \underline{18.603} \text{ t}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w : \underline{8.82} \text{ cm}^2$$

d: Altura total da seção transversal.

$$d : \underline{152.00} \text{ mm}$$

\square_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\square_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistência ao esforço axial e flexão combinados (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.1.2)

Deve satisfazer:

$$\square : \underline{0.035} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N5, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1.

N_{c,Sd}: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{c,Sd} : \underline{2.64} \text{ t}$$

M_{x,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,Sd} : \underline{0.073} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{y,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{y,Sd} : \underline{0.010} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$0.033 \square 0.200$$

$$\square : \underline{0.035}$$

Onde:

N_{c,Rd}: Força axial resistente de cálculo de compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3).

$$N_{c,Rd} : \underline{68.183} \text{ t}$$

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.2).

$$M_{x,Rd} : \underline{5.303} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{2.63} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistência à torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.6.1)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.)

Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

Resistência a interações de esforços e momento de torção (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.5.2.3)

Deve satisfazer:

$$\sigma : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·CP1 no ponto da seção transversal de coordenadas X = 0.00 mm, Y = 0.00 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões tangenciais σ_{Sd} são dadas por:

$$\sigma_{Sd} : \underline{3.75} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$\sigma_{Vx,Sd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{x,Sd}^+$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{x,Sd}^+ : \underline{0.004} \text{ t}$$

S_y : Momento estático, em relação ao eixo Y, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_y : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_y : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{385.64} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\sigma_{Vy,Sd} : \underline{3.75} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

$V_{y,Sd}^-$: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{y,Sd}^- : \underline{0.030} \text{ t}$$

S_x : Momento estático, em relação ao eixo X, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$S_x : \underline{88.26} \text{ cm}^3$$

I_x : Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$I_x : \underline{1231.97} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{5.80} \text{ mm}$$

$$\sigma_{TSd} : \underline{0.00} \text{ kgf/cm}^2$$

Sendo:

T_{Sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

$$T_{Sd} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

J: Constante de torção da seção transversal.

$$J : \underline{4.31} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$t : \underline{5.80} \text{ mm}$$

A tensão resistente de cálculo, σ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

$$\sigma_{Rd} : \underline{1806.11} \text{ kgf/cm}^2$$

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

$$\sigma_{Rd} : \underline{1918.27} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

$$\sigma_{Rd} : \underline{1806.11} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

α : Fator de redução total associado à resistência à compressão (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.3.3).

$$\alpha : \underline{0.942}$$

Sendo:

$$\sigma_0 : \underline{0.379}$$

$$\sigma_e : \underline{14660.04} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_E : \underline{2932.01} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_v : Coeficiente de flambagem (ABNT NBR 8800:2008, Artigo 5.4.3).

$$k_v : \underline{5.00}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{2038736} \text{ kgf/cm}^2$$

ν : Coeficiente de Poisson.

$$\nu : \underline{0.30}$$

t: Espessura.

$$t : \underline{5.80} \text{ mm}$$

h: Largura.

$$h : \underline{145.40} \text{ mm}$$

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{3516.82} \text{ kgf/cm}^2$$

α_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

$$\alpha_{a1} : \underline{1.10}$$

➤ 2.2.5.- Verificações E.L.U. (Resumido)

Barras	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)											Estado
	\square	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	T	NMVT	\square \square f	
N2/N3	N.P. ⁽¹⁾	$\square < 0.1$	N.P. ⁽²⁾	x: 2.9 m $\square = 33.6$	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.076 m $\square = 7.0$	x: 2.9 m $\square = 33.6$	$\square = 0.2$	N.P. ⁽⁵⁾	x: 2.9 m $\square = 38.3$	PASSA $\square = 38.3$
N3/N8	N.P. ⁽¹⁾	$\square = 0.1$	N.P. ⁽²⁾	x: 3.153 m $\square = 39.6$	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2.29 m $\square = 7.6$	x: 3.153 m $\square = 39.7$	$\square = 0.1$	N.P. ⁽⁵⁾	x: 3.153 m $\square = 45.3$	PASSA $\square = 45.3$
N2/N4	N.P. ⁽¹⁾	$\square < 0.1$	N.P. ⁽²⁾	x: 4.25 m $\square = 18.0$	x: 4.25 m $\square = 0.1$	$\square < 0.1$	x: 4.25 m $\square = 6.4$	x: 4.25 m $\square = 18.1$	$\square = 0.3$	N.P. ⁽⁵⁾	x: 4.25 m $\square = 20.7$	PASSA $\square = 20.7$
N1/N8	N.P. ⁽¹⁾	$\square < 0.1$	N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\square = 22.0$	x: 0 m $\square = 0.3$	$\square < 0.1$	x: 0 m $\square = 7.0$	x: 0 m $\square = 22.3$	$\square = 0.4$	N.P. ⁽⁵⁾	x: 0 m $\square = 25.6$	PASSA $\square = 25.6$
N6/N3	\square \square 200.0 Passa	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0 m $\square = 4.4$	x: 0 m $\square = 3.7$	x: 0 m $\square = 3.3$	$\square = 0.1$	$\square = 0.5$	x: 0 m $\square = 9.2$	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$\square = 0.6$	PASSA $\square = 9.2$
N7/N8	\square \square 200.0 Passa	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0 m $\square = 3.6$	x: 0 m $\square = 3.7$	x: 0 m $\square = 0.6$	$\square < 0.1$	$\square = 0.5$	x: 0 m $\square = 6.0$	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$\square = 0.6$	PASSA $\square = 6.0$
N5/N2	\square \square 200.0 Passa	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0 m $\square = 3.3$	x: 0 m $\square = 1.4$	x: 0 m $\square = 0.4$	$\square < 0.1$	$\square = 0.2$	x: 0 m $\square = 3.5$	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$\square = 0.2$	PASSA $\square = 3.5$

Notação:
 \square : Limitação do índice de esbeltez
 N_t : Resistência à tração
 N_c : Resistência à compressão
 M_x : Resistência à flexão eixo X
 M_y : Resistência à flexão eixo Y
 V_x : Resistência ao esforço cortante X
 V_y : Resistência ao esforço cortante Y
 NM_xM_y : Resistência ao esforço axial e flexão combinados
 T: Resistência à torção
 NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante
 \square \square f: Resistência a interações de esforços e momento de torção
 x: Distância à origem da barra
 \square : Coeficiente de aproveitamento (%)
 N.P.: Não procede

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.P.):
⁽¹⁾ A verificação não procede, já que não há força axial de compressão.
⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão.
⁽³⁾ A verificação não será executada, já que não existe momento fletor.
⁽⁴⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante.
⁽⁵⁾ Este caso não está contemplado pela norma e, portanto, não é possível realizar a verificação.
⁽⁶⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração.
⁽⁷⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.
⁽⁸⁾ Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.



LEVANTAMENTO DE QUANTIDADES



4 LEVANTAMENTO DE QUANTIDADES

4.1 EDIFÍCIO DE BOMBAS

EDIFÍCIO DE BOMBAS

ITEM	unid	PILARES	VIGAS	LAJES	TOTAL
CONCRETO fck 25	m ³	1,7	3,4	25,3	30
FORMAS APARENTES	m ²	34,3	43,8	30,1	108
FORMAS COMUNS	m ²				0
LAJE PRÉ-MOLDADA C/ VIGOTA 7cm	m ²			75,6	76
CONCRETO LASTRO fck 10	m ³			4,4	4
AÇO CA-50	kg	322	127,1	1687,1	1814,2
AÇO CA-60	kg	36,1	47,7		47,7

4.2 SALA ELÉTRICA

SALA ELÉTRICA

ITEM	unid	PILARES	VIGAS	LAJES	BLOCOS	TOTAL
CONCRETO fck 25	m ³	0,7	5,0	6,2	0,9	13
FORMAS APARENTES	m ²	12,0	64,5	55,1		132
FORMAS COMUNS	m ²				6,9	7
CONCRETO LASTRO fck 10	m ³		0,6		0,3	1
ESTACAS METÁLICAS	m					40
AÇO CA-50	kg	29,3	331,6	264,4	20,8	616,8
AÇO CA-60	kg	16	68,47	70,7	57	196,17

4.3 BASES

BASES - PARTE 1

ITEM	unid	RESERVAT 1					TOTAL
		BASE	PAREDES	BLOCOS	LAJE	CAIXAS	
CONCRETO fck 25	m ³	46,0	46,0	48,6	0,2	0,8	142
FORMAS APARENTES	m ²	15,3	242,8	57,1	0,7	5,3	321
FORMAS COMUNS	m ²						0
CONCRETO LASTRO fck 10	m ³	7,8				0,1	8

	des	119	TOTAL
AÇO CA-50	kg	6728	6.728

BASES - PARTE 2

ITEM	unid	RESERVAT 2					CANALETA1	CANALETA2	TOTAL
		BASE	PAREDES	BLOCOS	LAJE	CAIXAS	L = 41m	L =25m	
CONCRETO fck 25	m ³	17,9	15,9	16,2	0,1	0,4	3,7	3,8	58
FORMAS APARENTES	m ²	9,5	127,2	19,0	0,3	3,3			159
FORMAS COMUNS	m ²						32,0	27,5	59
CONCRETO LASTRO fck 10	m ³	3,1				0,0	1,0	1,0	5

	des	121	113	TOTAL
AÇO CA-50	kg	2644	628	3.272



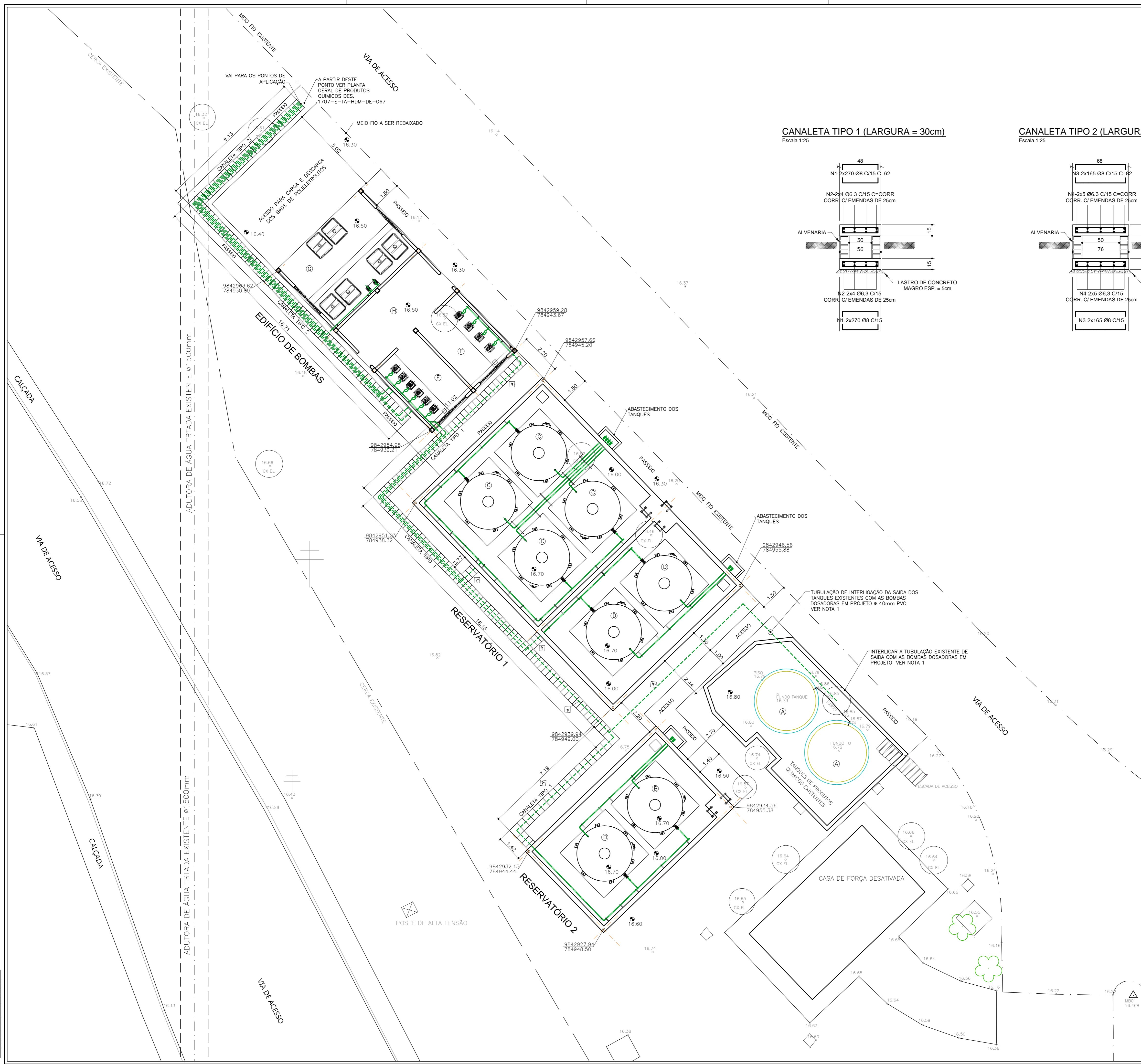
DESENHOS



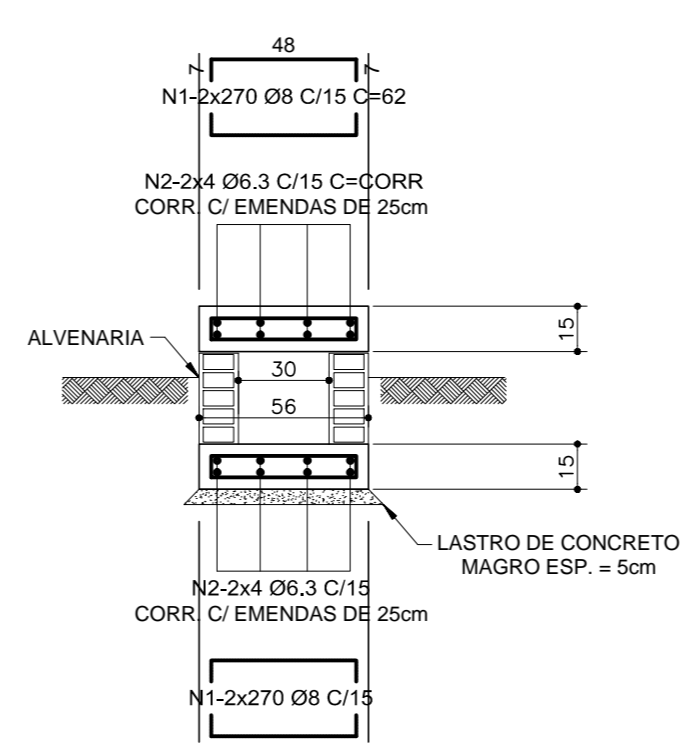
5 DESENHOS

Desenho Nº	Descrição	Revisão
PROJETO ESTRUTURAL		
1707-E-TA-EST-DE-113	RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – PLANTA GERAL – FORMAS E ARMAÇÕES DAS CANALETAS	00
<u>1707-E-TA-EST-DE-114 – ANULADO</u>	<u>RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – EDIFÍCIO DE BOMBAS – FORMAS</u>	<u>01</u>
<u>1707-E-TA-EST-DE-115 - ANULADO</u>	<u>RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – EDIFÍCIO DE BOMBAS – ARMAÇÕES DAS VIGAS DA FUNDAÇÕES</u>	<u>01</u>
<u>1707-E-TA-EST-DE-116 – ANULADO</u>	<u>RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – EDIFÍCIO DE BOMBAS – ARMAÇÕES DAS VIGAS DACOBERTURA</u>	<u>01</u>
<u>1707-E-TA-EST-DE-117 - ANULADO</u>	<u>RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – EDIFÍCIO DE BOMBAS – PISO ARMADO E BASES B1 A B10</u>	<u>01</u>
1707-E-TA-EST-DE-118	RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – EDIFÍCIO DE BOMBAS – ALCALINIZANTES E ÁCIDO FLUOSSILICICO – PLANTA E CORTES	01
1707-E-TA-EST-DE-119	RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – EDIFÍCIO DE BOMBAS – ALCALINIZANTES E ÁCIDO FLUOSSILICICO – ARMAÇÃO	01
1707-E-TA-EST-DE-120	RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – EDIFÍCIO DE BOMBAS – COAGULANTES – PLANTAS E CORTES	00
1707-E-TA-EST-DE-121	RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – EDIFÍCIO DE BOMBAS – COAGULANTES - ARMAÇÃO	00
1707-E-TA-EST-DE-122	RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – EDIFÍCIO DE BOMBAS – FORMAS	00
1707-E-TA-EST-DE-123	RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – EDIFÍCIO DE BOMBAS – RADIER E BASES	00
1707-E-TA-EST-DE-124	RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – EDIFÍCIO DE BOMBAS – ARMAÇÕES DAS VIGAS DA COBERTURA	00

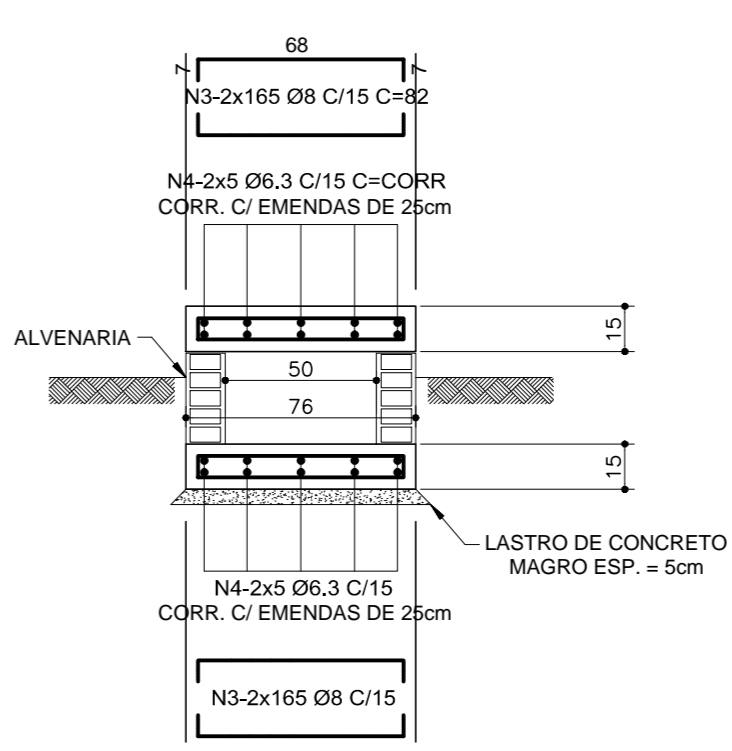
Desenho Nº	Descrição	Revisão
1707-E-TA-EST-DE-125	SALA ELÉTRICA – LOCAÇÃO, FORMA E ARMAÇÃO DA FUNDAÇÃO	00
1707-E-TA-EST-DE-126	SALA ELÉTRICA – FORMA E ARMAÇÃO DA COBERTURA	00
1707-E-TA-EST-DE-127	SALA DE COMANDO DE OPERAÇÕES – ALTERAÇÃO ESTRUTURAL – PLANTAS E CORTES	00
FUNDAÇÕES		
<u>1707-E-TA-FUN-DE-100 - ANULADO</u>	<u>RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS – EDIFÍCIO DE BOMBAS – COAGULANTES - ARMAÇÃO</u>	<u>01</u>



CANALETA TIPO 1 (LARGURA = 30cm)
Escala 1:25



CANALETA TIPO 2 (LARGURA = 50cm)
Escala 1:25



LISTA DE FERROS				
N	Ø (mm)	Q	COMPRIMENTO	
			UNIT.(cm)	TOTAL(cm)
1	8	1080	62	66960
2	6.3	16	CORRIDO	64480
3	8	660	82	54120
4	6.3	20	CORRIDO	50520

RESUMO CA-50		
Ø (mm)	COMPR.(m)	PESO (kg)
6.3	1150.00	282
8	876.00	346
TOTAL:		628

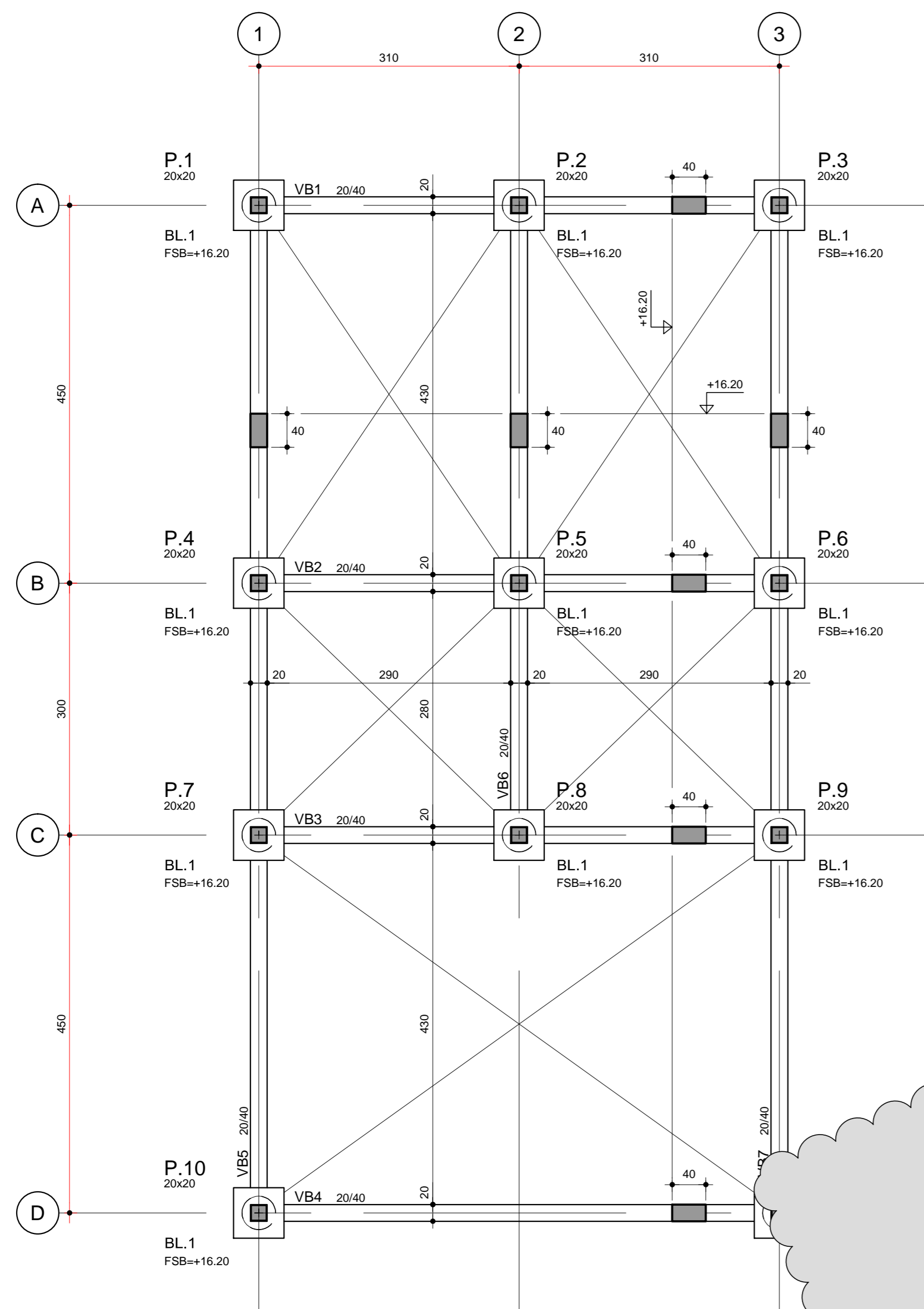
- NOTAS GERAIS**
- 1 - MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO.
 - 2 - CONCRETO ESTRUTURAL: fck ≥ 25MPa. MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE: Ecs ≥ 24.2GPa. CONSIDERANDO ALFA E = 1,0 PARA GRANITO E GNAISSE CASO O AGREGADO USADO NÃO SEJA DE MESMA ORIGEM MINERALÓGICA QUE O ESPECIFICADO, É NECESSÁRIO CONTATAR O PROJETISTA. CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 280kg/m³. FATOR MÁXIMO AGUA/CIMENTO: ac=0,66. DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (VIGAS): 19,0mm (Brita 1). DIMENSÃO MÁX. AGREGADO (LAJES, PILARES): 25,0mm (Brita 2).
 - 3 - CONFIRMAR MEDIDAS E NÍVEIS NO LOCAL.
 - 4 - POSIÇÕES E DIÂMETROS DOS TUBOS P/ SAÍDA DE PRODUTOS QUÍMICOS DEVERÃO SER CONFIRMADAS NO PROJETO HIDROMECÂNICO.
 - 5 - COBRIMENTO DA ARMADURA = 4cm.

CONFIGURAÇÃO	PLATAFORMA (C/10)
1	7,00
2	7,00
3	7,00
4	7,00
5	7,00
6	7,00
7	7,00
8	7,00
9	7,00
10	10,00
11	10,00
12	10,00
13	10,00
14	10,00
15	10,00
16	10,00
17	10,00
18	10,00
19	10,00
20	10,00
21	10,00
22	10,00
23	10,00
24	10,00
25	10,00

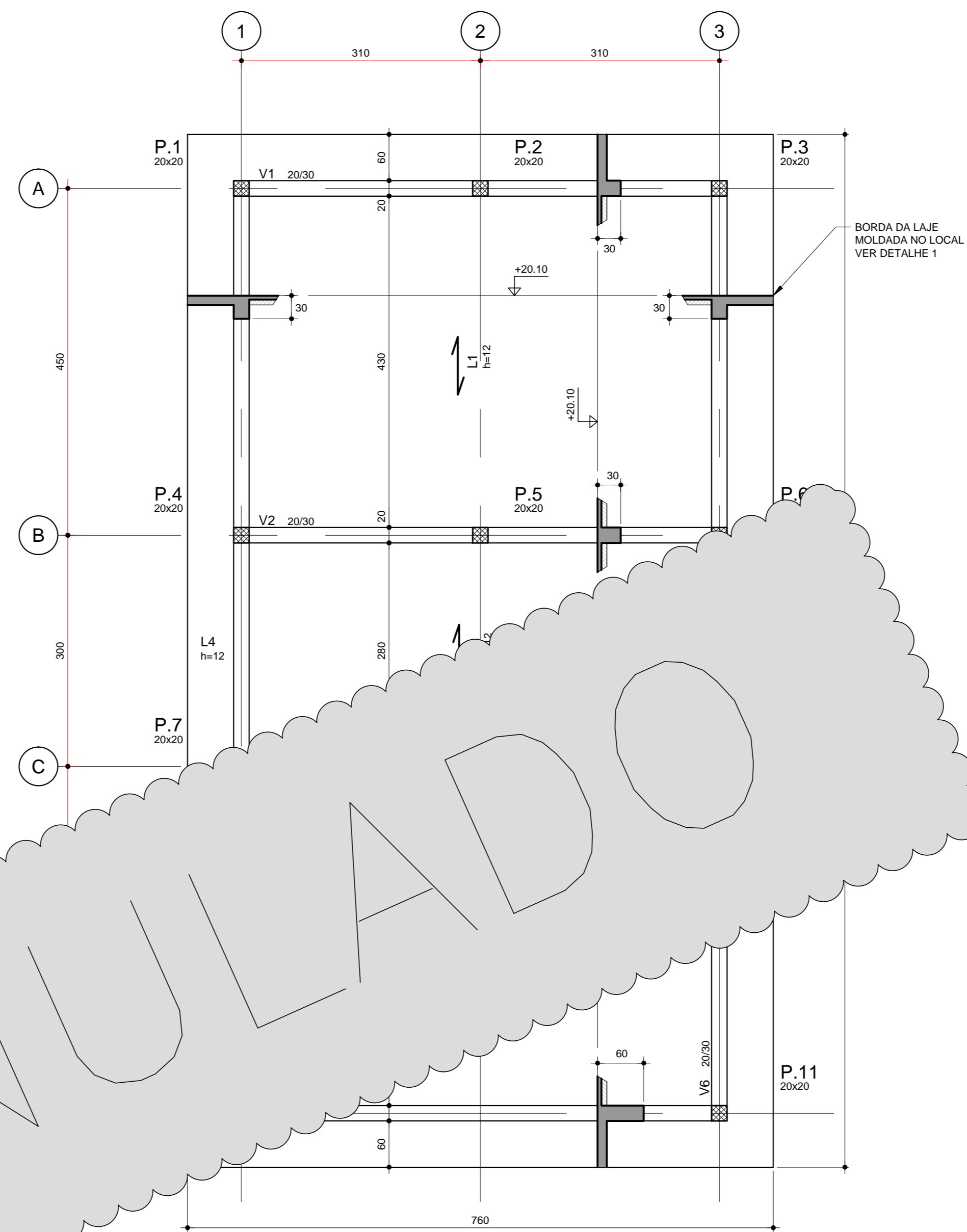
00 11/2018 Emissão Inicial		F.M.M.	A.R.G.L.
Nº DATA	REVISÕES	EXECUTADO POR	RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ			
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA			
PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANÍDEUA-MARITUBA			
PROJETO ESTRUTURAL			
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 e ETA-2			
RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS			
PLANTA GERAL - FORMAS E ARMAÇÕES DAS CANALETAS			
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO PJ_1707 CÓD. DO PROJETO 1707-E-TA-EST-DE-113-R00	
RESP. TEC. FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458	DESENVOLVIDOR FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458	AGENCIADOR DES. DE REFERÊNCIA	DATA Nov/2018 ESCALA 1:100
COSANPA DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA		USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE COGEO	

Arquiteto: A. Simões

EDIFÍCIO DAS BOMBAS - FORMAS DA FUNDAÇÃO
Esc. 1:50



EDIFÍCIO DAS BOMBAS - FORMAS DA COBERTURA
Esc. 1:50



DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1 - Projeto das fundações com definição das estacas ver desenho de número 1707-E-TA-FUN-DE-100.

DETALHE LAJES MACIÇAS/PRÉ-MOLDADAS

O FABRICANTE DAS LAJES DEVERÁ APRESENTAR DESENHO DE MONTAGEM COM INDICAÇÃO DE ARMADURA COMPLEMENTAR.

VER DETALHE 1

CARGAS ADOPTADAS:
ALVENARIA = 1.4 tf/m³
IMPERMEABILIZAÇÃO OU REVESTIMENTO = 80 kgf/m²
SOBRECARGA LAJES DA COBERTURA = 100 kgf/m²
PESO PRÓPRIO LAJES MOLDADAS IN LOCO = 2500 kgf/m³
PESO PRÓPRIO LAJE PRÉ-MOLDADA 12cm = 200 kgf/m²

TABELA DE CARGAS

Elem	Fz	Observações:
P1	6.3	1 - Os valores apresentados referem-se às reações nos apoios.
P2	9.6	2 - Esforços com valores característicos.
P3	6.3	3 - Forças em t.
P4	9.8	4 - Momentos em tfm.
P5	15.2	5 - Sistema de coordenadas GLOBAL.
P6	9.8	6 - CA é a cota de arrasamento/assentamento da fundação.
P7	9.8	7 - Peso próprio dos blocos não incluso na tabela.
P8	13.3	
P9	9.8	
P10	10.4	
P11	10.4	

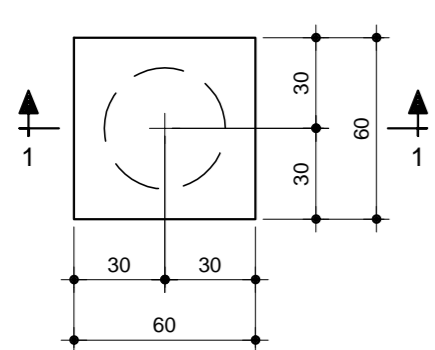
LEGENDA PARA PILARES

PILAR QUE NASCE
 PILAR QUE SEGUE
 PILAR QUE MORRE
 SENTIDO DE APOIO DAS LAJES PRÉ-MOLDADAS

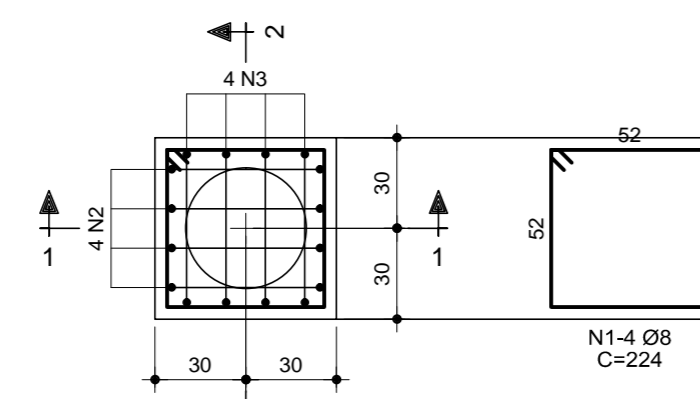
NOTAS GERAIS

- MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO.
- CONCRETO ESTRUTURAL: fck ≥ 25MPa. MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE: Ecs ≥ 24.2GPa. CONSIDERANDO ALFA E = 1.0 PARA GRANITO E GNAISSE. CASO O AGREGADO USADO NÃO SEJA DE MESMA ORIGEM MINERALÓGICA QUE O ESPECIFICADO, É NECESSÁRIO CONTATAR O PROJETISTA. CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 280kg/m³. FATOR MÁXIMO AGUACIMENTO: até +0.60. DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (VIGAS): 19.0mm(Brita 1). DIMENSÃO MÁX. AGREGADO (LAJES, PILARES): 25.0mm(Brita 2).
- CONFIRMAR MEDIDAS E NÍVEIS NO LOCAL.
- O DIÂMETRO E PROFUNDIDADE DAS ESTACAS DEVERÁ SER CONFIRMADO NA OBRA POR ENGENHEIRO GEOTÉCNICO.
- CA = COTA DE ARRASAMENTO/ASSENTAMENTO DA FUNDAÇÃO.
- FSB = FACE SUPERIOR DE BLOCOS E BASES.
- PC = PISO CRÚ.
- POSICÕES E DIÂMETROS DOS TUBOS P/ SAÍDA DE CABOS DEVERÃO SER CONFIRMADOS NO PROJETO DE ELÉTRICA.
- COBRIMENTO DA ARMADURA: FUNDAÇÃO = 4cm, PILARES = 3cm.

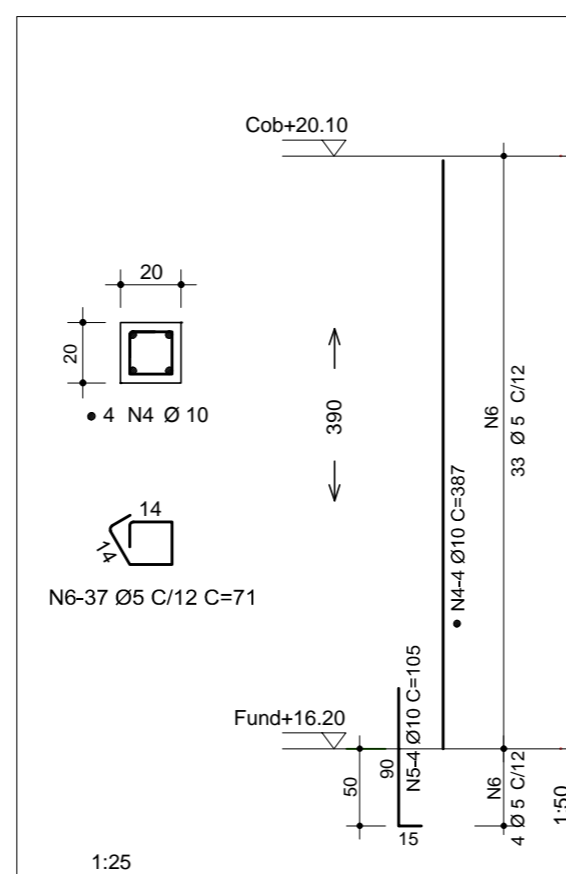
BL.1 H=60 (x11)
Escala 1:25



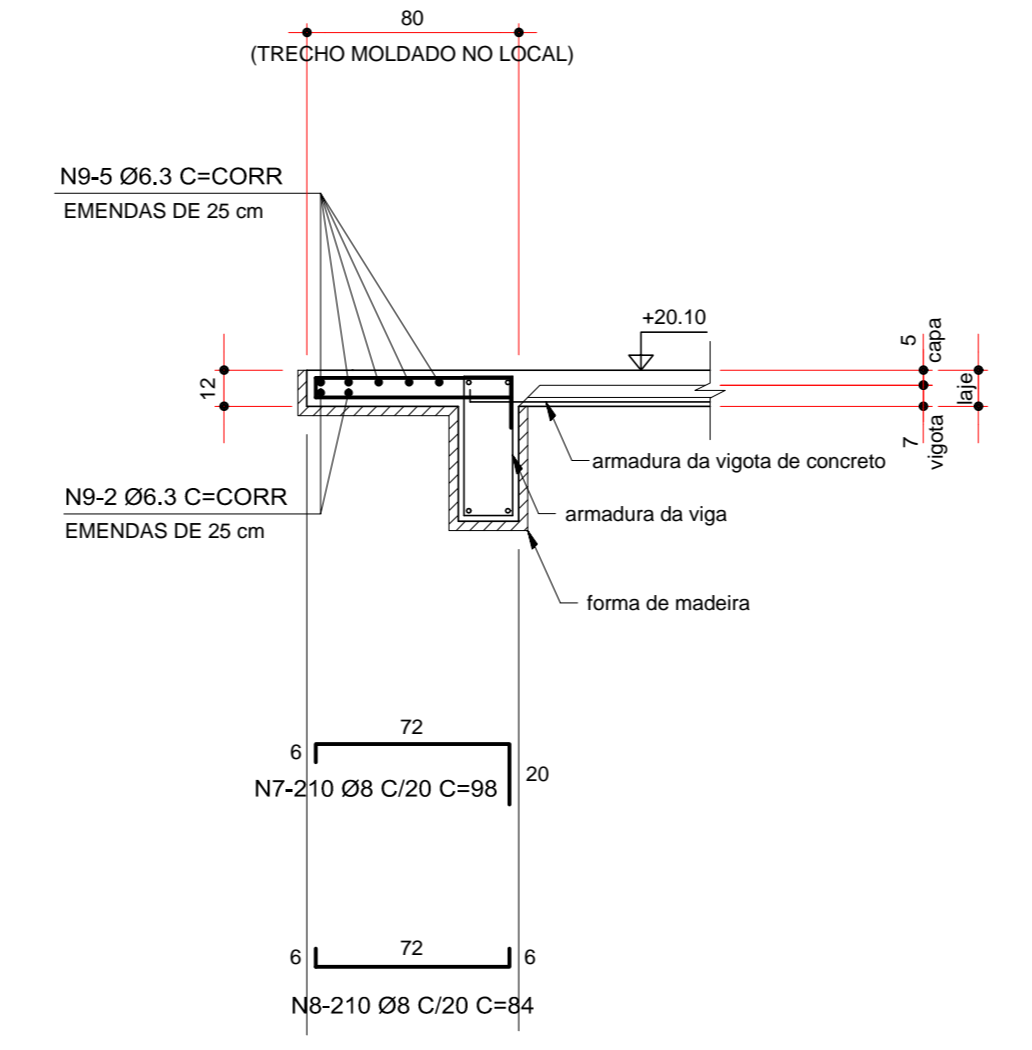
BL.1 (11x)
Escala 1:25



P1 a P11 (11x)
Escala 1:50/25



DETALHE 1 - ARMAÇÃO DA BORDA DA LAJE
Esc. 1:25



LISTA DE FERROS

N	Ø (mm)	Q	COMPRIMENTO	
			UNIT.(cm)	TOTAL(cm)
1	8	44	224	9856
2	10	44	218	9592
3	10	44	222	9768
4	10	44	387	17028
5	10	44	105	4620
6	5	407	71	28897
7	8	210	98	20580
8	8	210	84	17640
9	6.3	7	CORRIDO	30100

RESUMO CA-60

Ø (mm)	COMPR.(m)	PESO (kg)
5	288.97	45
TOTAL:		45

RESUMO CA-50

Ø (mm)	COMPR.(m)	PESO (kg)
6.3	301.00	74
8	480.76	190
10	410.08	253
TOTAL:		517

CONFIGURAÇÃO

ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE
1	7	0.10
2	7	0.20
3	7	0.30
4	7	0.40
5	7	0.50
6	7	0.60
7	7	0.70
8	7	0.80
9	7	0.90
10	10	0.10
11	10	0.20
12	10	0.30
13	33	0.20
14	36	0.20
15	116	0.20
16	180	0.20
17	170	0.20
18	252	0.20
19	253	0.20

ESPECIFICAÇÕES PARA ESTACAS
VER DESENHO 1707-E-TA-FUN-DE-100

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLOMHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANINDEUA-MARITUBA

PROJETO ESTRUTURAL
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 e ETA-2
RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS
EDIFÍCIO DE BOMBAS - FORMAS

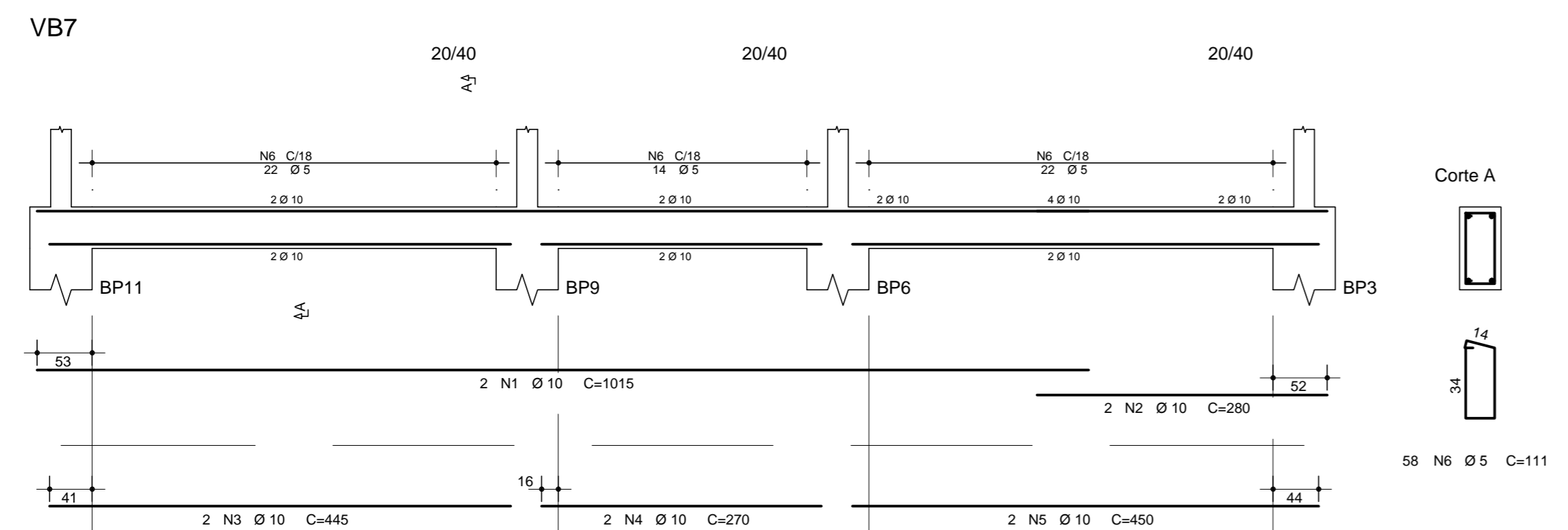
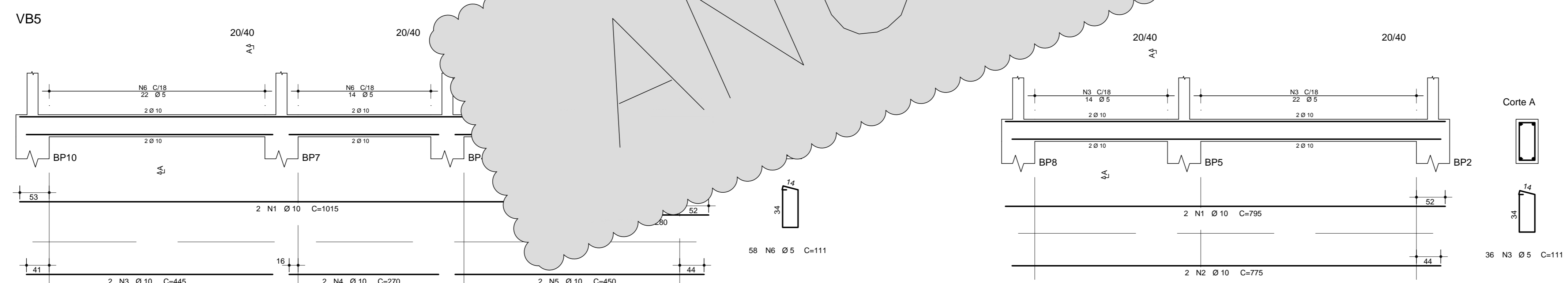
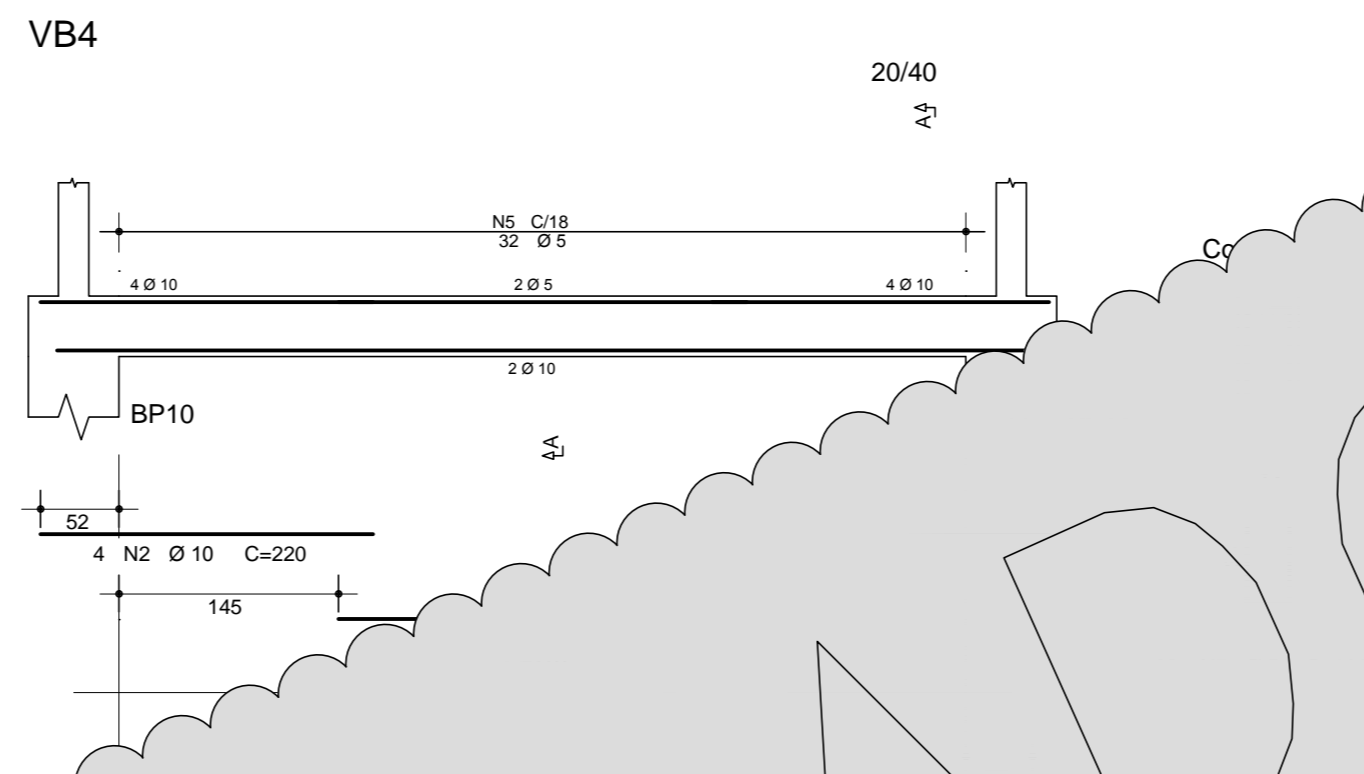
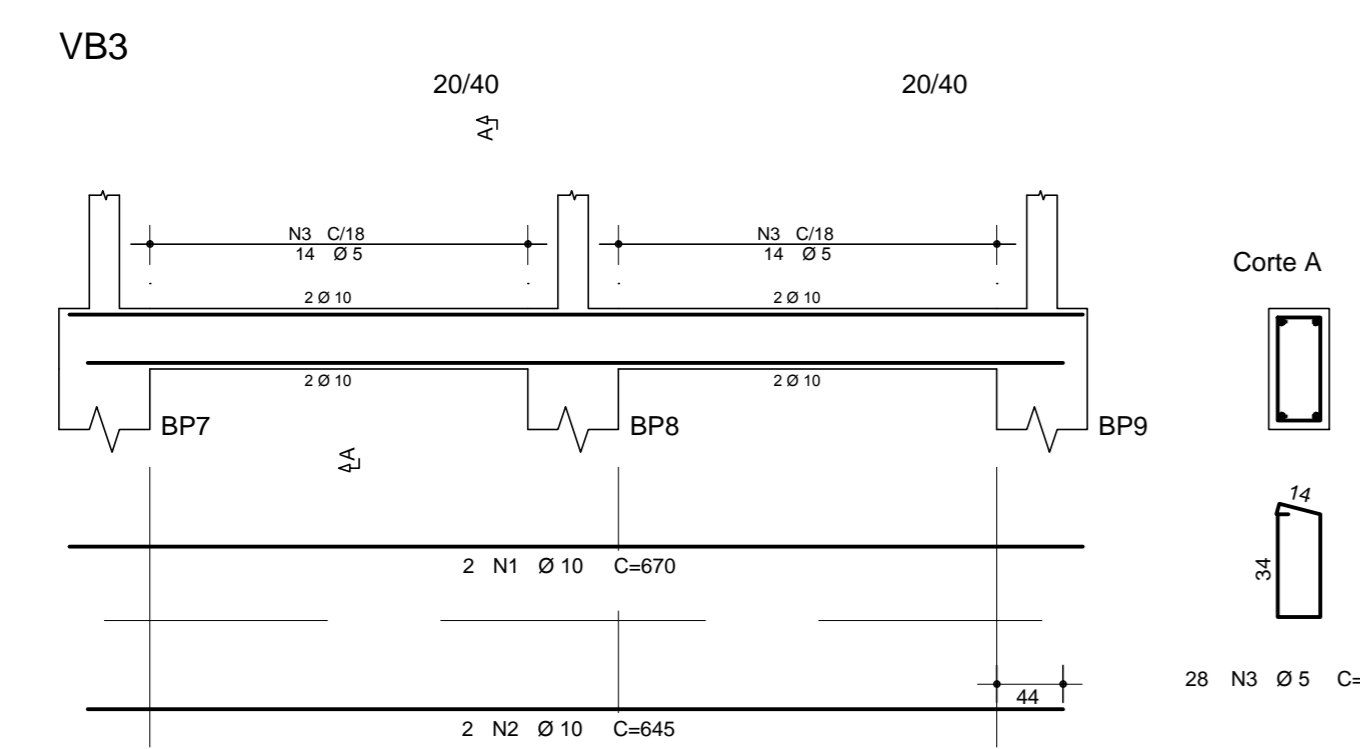
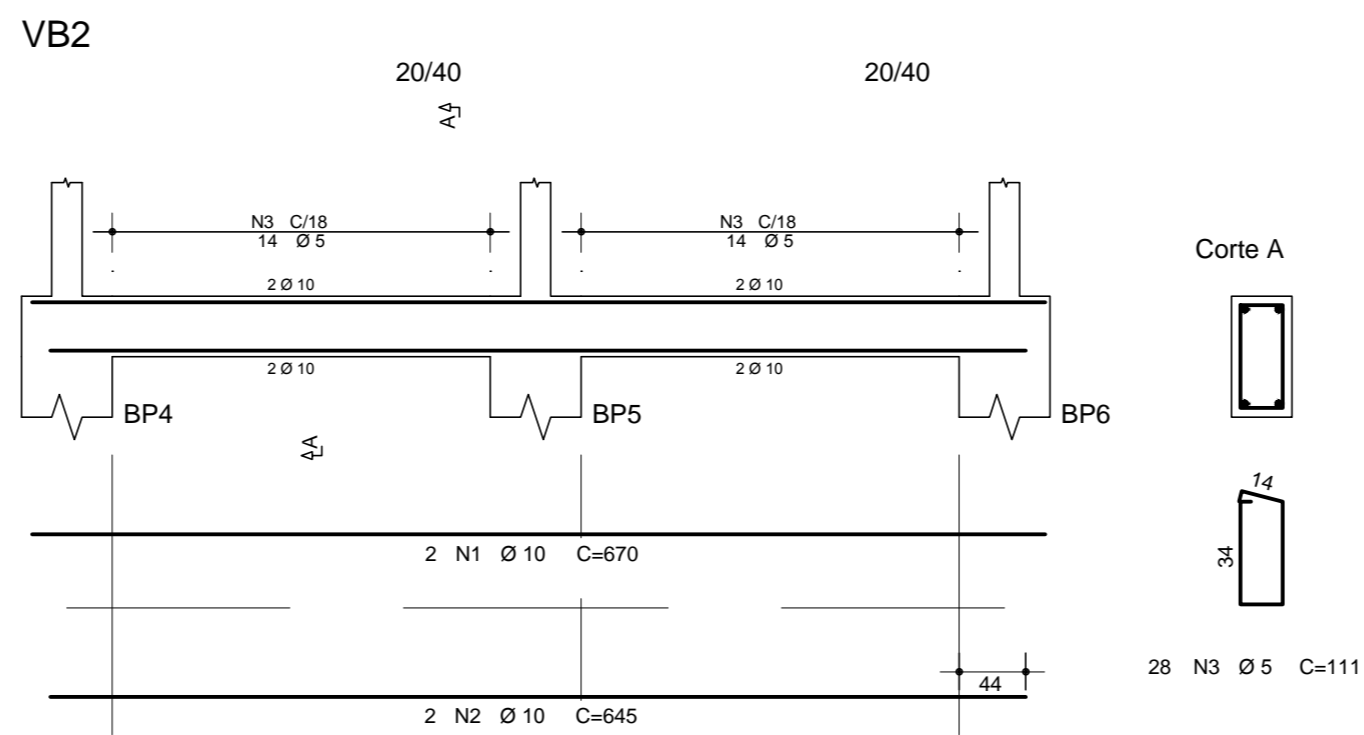
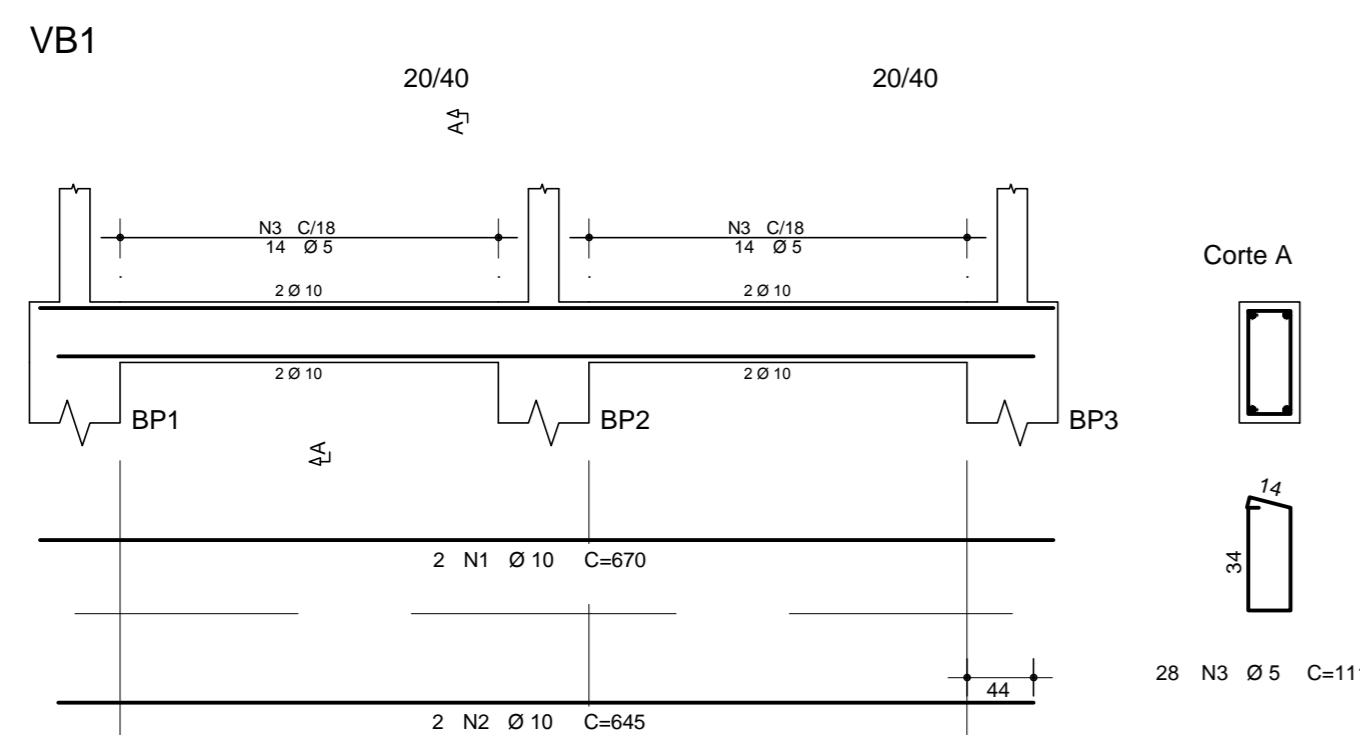
ENCIBRA S. A.
Estudos e Projetos de Engenharia

EMPRESAMENTO
PJ_1707

DATA: 11/2018 Emissão Inicial F.M.M. A.R.G.L.
REVISÕES EXECUTADO POR RESPONSÁVEL

COSANPA
DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA

USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE
COGEO



AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO (cm)	
				UNIT	TOTAL
VB1					
50A	1	10	2	670	1340
50A	2	10	2	645	1290
60A	3	5	28	111	3108
VB2					
50A	1	10	2	670	1340
50A	2	10	2	645	1290
60A	3	5	28	111	3108
VB3					
50A	1	10	2	670	1340
50A	2	10	2	645	1290
60A	3	5	28	111	3108
VB4					
60A	1	5	2	270	540
50A	2	10	4	220	880
50A	3	10	4	223	892
50A	4	10	2	645	1290
60A	5	5	32	111	3552
VB5					
50A	1	10	2	1015	2030
50A	2	10	2	280	560
50A	3	10	2	445	890
50A	4	10	2	270	540
50A	5	10	2	450	900
60A	6	5	58	111	6438
VB6					
50A	1	10	2	795	1590
50A	2	10	2	775	1550
60A	3	5	36	111	3996
VB7					
50A	1	10	2	1015	2030
50A	2	10	2	280	560
50A	3	10	2	445	890
50A	4	10	2	270	540
50A	5	10	2	450	900
60A	6	5	58	111	6438

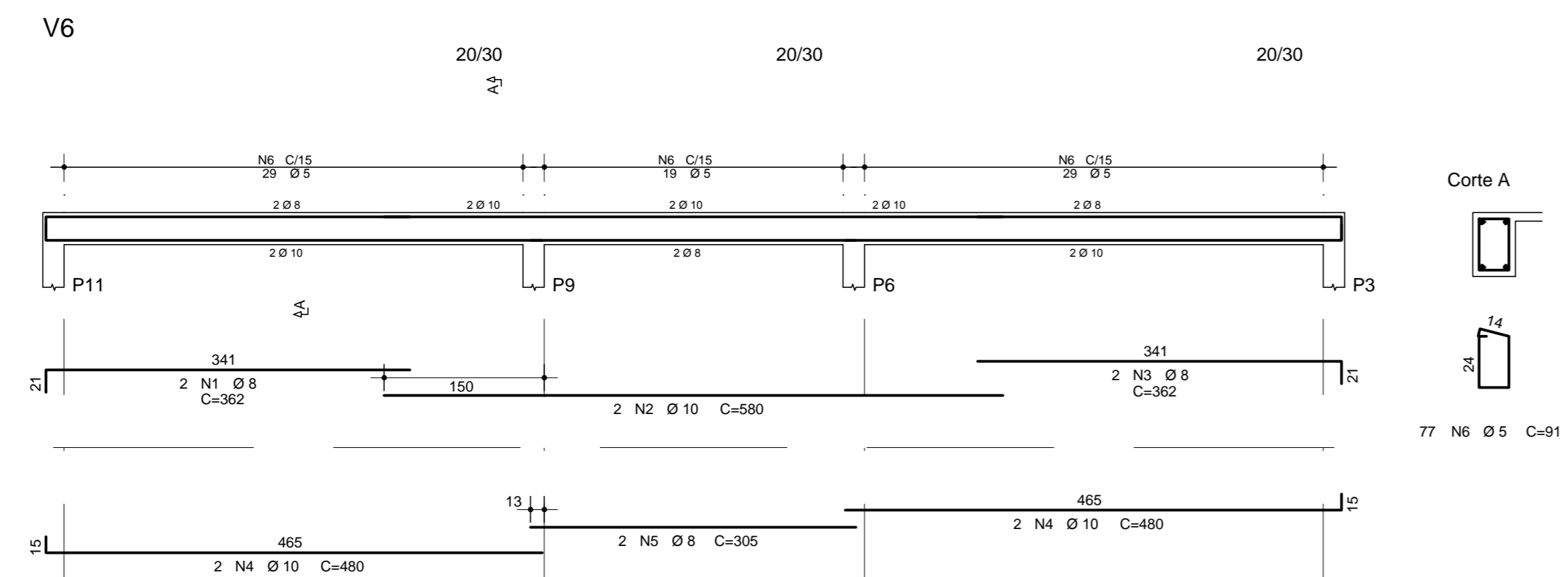
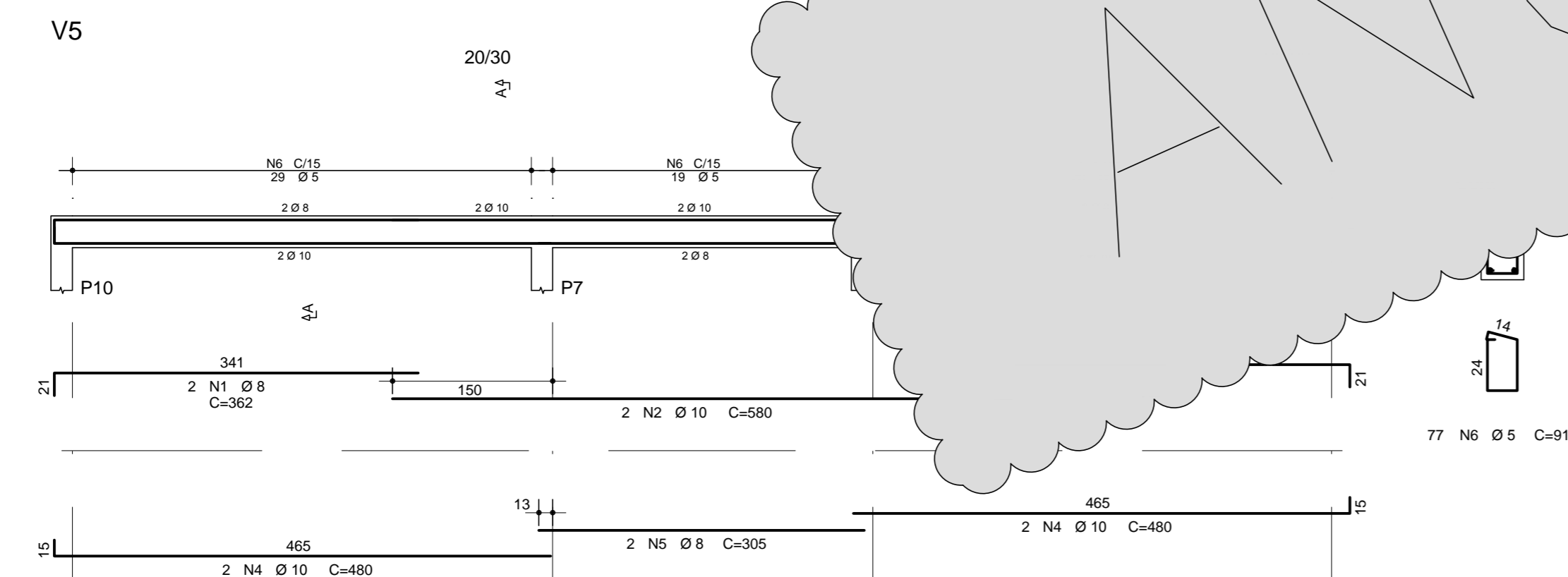
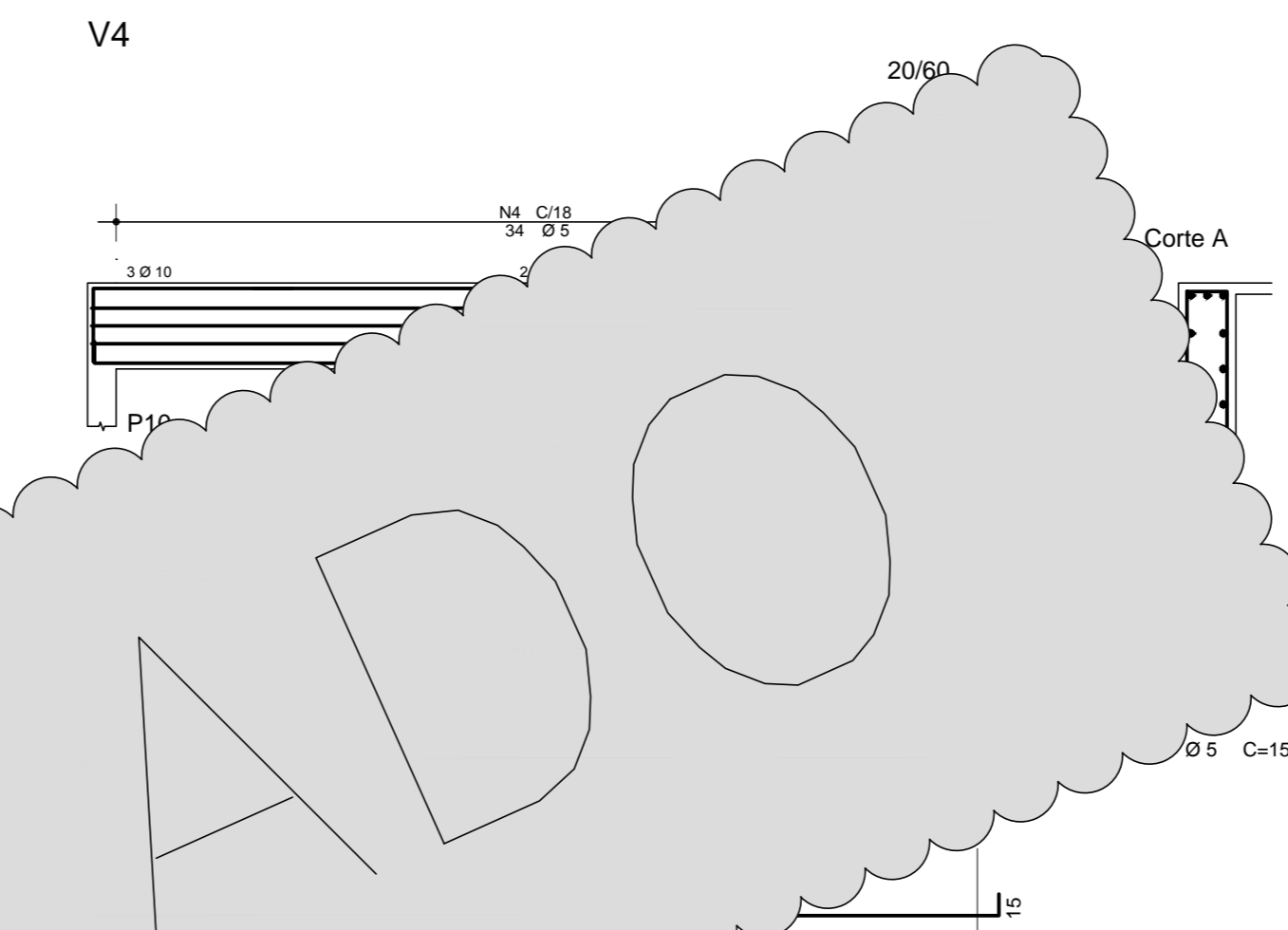
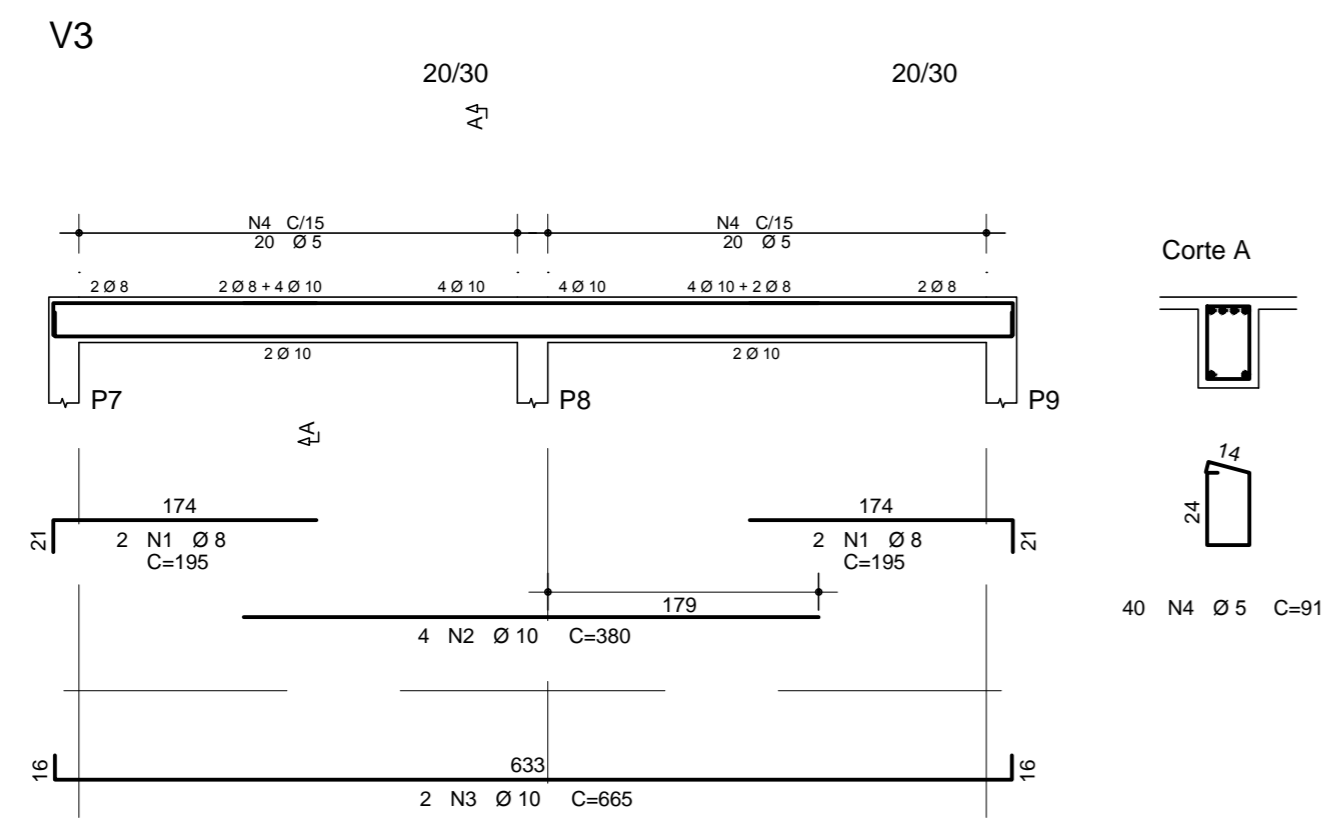
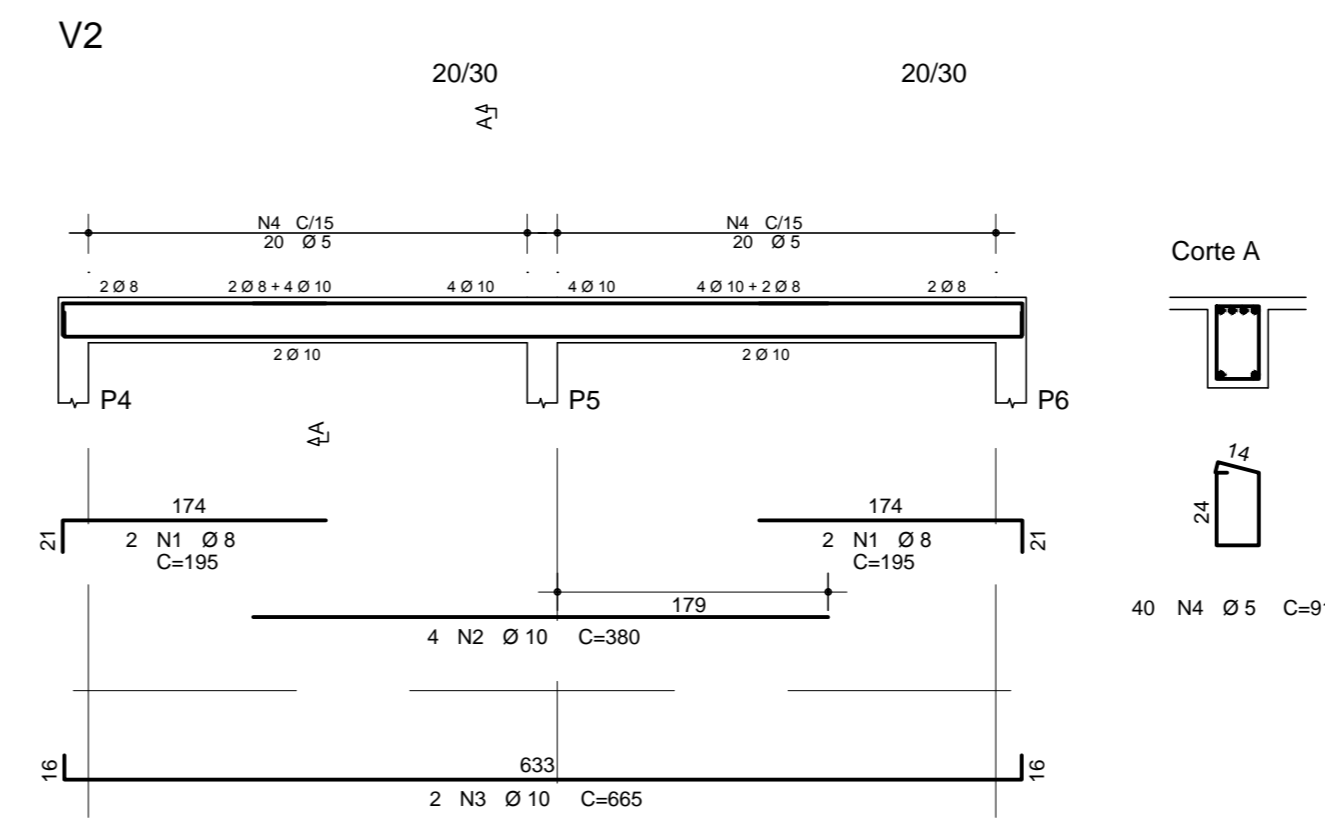
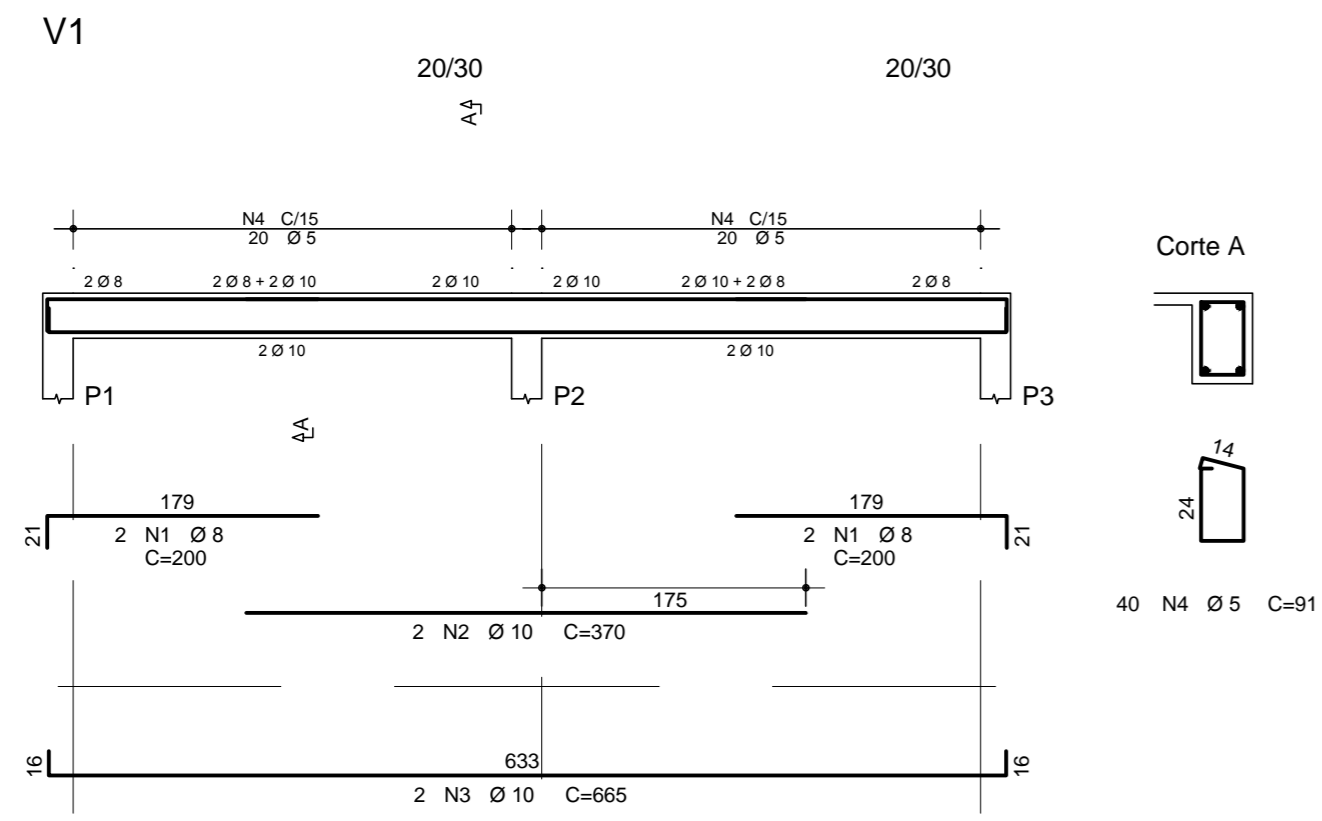
RESUMO AÇO CA 50-60			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	303	47
50A	10	238	148
Peso Total 60A =			47 kg
Peso Total 50A =			148 kg

- NOTAS GERAIS**
- MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO.
 - CONCRETO ESTRUTURAL: fck > 25MPa. MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE: Ecs > 24.2GPa. CONSIDERANDO ALFA = 1,0 PARA GRANITO E GNAISSE. CASO O AGREGADO USADO NÃO SEJA DE MESMA ORIGEM MINERALÓGICA QUE O ESPECIFICADO, É NECESSÁRIO CONTATAR O PROJETISTA. CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 280kg/m³. FATOR MÁXIMO AGUARCIMENTO: αic = 0,60. DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (VIGAS): 19,0mm (Brita 1). DIMENSÃO MÁX. AGREGADO (LAJES, PILARES): 25,0mm (Brita 2).
 - CONFIRMAR MEDIDAS E NÍVEIS NO LOCAL.
 - COBRIMENTO DAS ARMADURAS:
 - FUNDAÇÃO = 4cm
 - DEMÁS ELEMENTOS = 3cm.
 - DOBRAS E GANCHOS CONFORME NBR 6118.

CONFIGURAÇÃO PLANIMÉTRICA (C10)

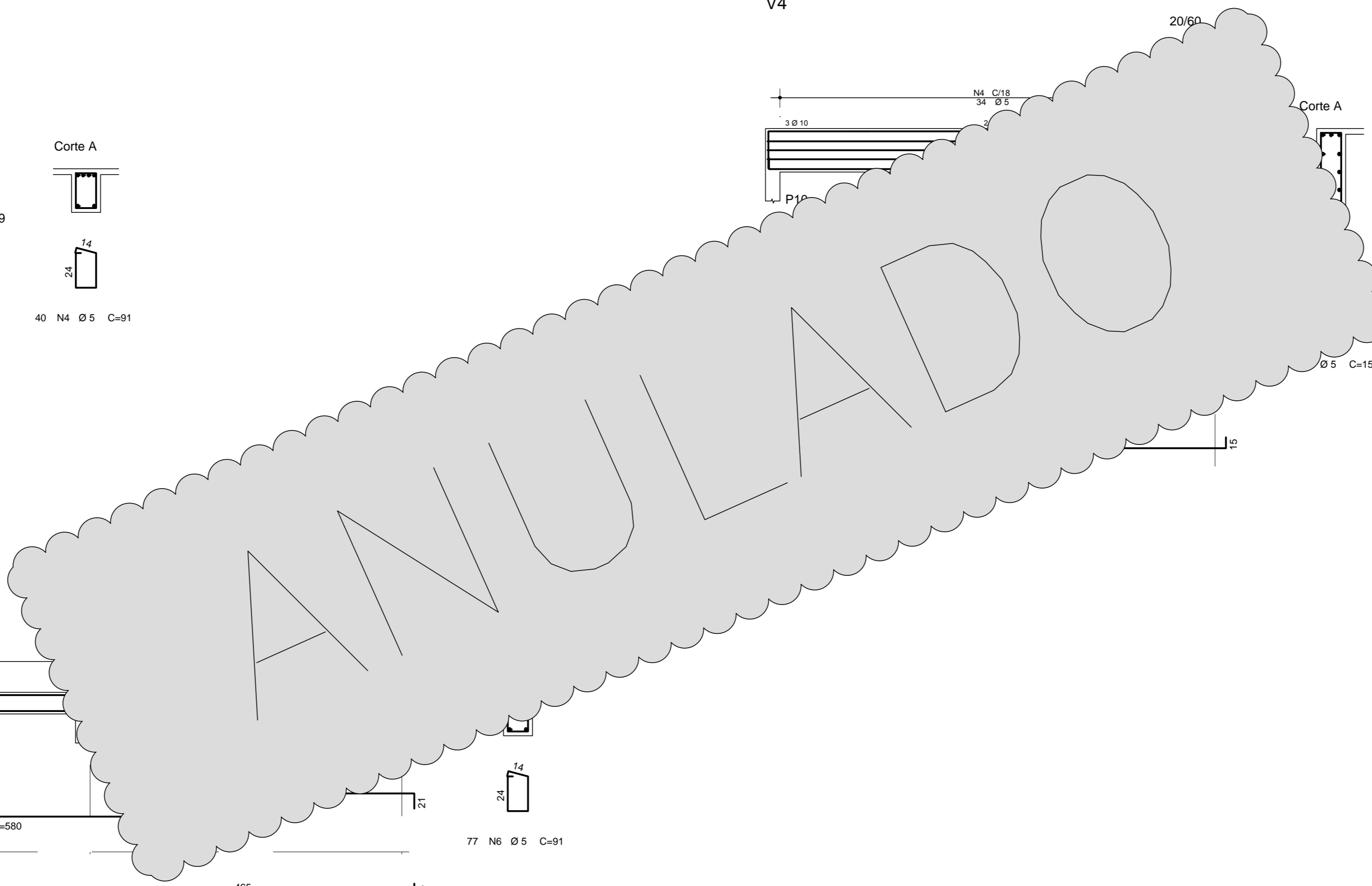
1	7	0,10
2	7	0,20
3	7	0,30
4	7	0,40
5	7	0,50
6	7	0,60
7	7	0,70
8	7	0,80
9	7	0,90
10	7	1,00
11	7	1,10
12	7	1,20
13	7	1,30
14	7	1,40
15	7	1,50
16	7	1,60
17	7	1,70
18	7	1,80
19	7	1,90
20	7	2,00

00 11/2018 Emissão Inicial		F.M.M.	A.R.G.L.
Nº	DATA	REVISÕES	EXECUTADO POR RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANÍDEUA-MARITUBA PROJETO ESTRUTURAL ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 e ETA-2 RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS EDIFÍCIO DE BOMBAS - ARMADURAS DAS VIGAS DA FUNDAÇÃO			
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO PJ_1707 CÓD. DO PROJETO 1707-E-TA-EST-DE-115-R01	
RESP. TEC. FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458	DESENVOLVIDOR FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458	AGENCIADOR DEI DE REFERÊNCIA	DATA Nov/2018 ESCALA 1:50
COSANPA DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA		USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE COGEO	



AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO	
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)
V1					
50A	1	8	4	200	800
50A	2	10	2	370	740
50A	3	10	2	665	1330
60A	4	5	40	91	3640
V2					
50A	1	8	4	195	780
50A	2	10	4	380	1520
50A	3	10	2	665	1330
60A	4	5	40	91	3640
V3					
50A	1	8	4	195	780
50A	2	10	4	380	1520
50A	3	10	2	665	1330
60A	4	5	40	91	3640
V4					
60A	1	5	2	410	820
50A	2	10	6	190	1140
50A	3	10	4	660	2640
60A	4	5	34	151	674
50A	5	8	6	662	3972
V5					
50A	1	8	2	362	724
50A	2	10	2	580	1160
50A	3	8	2	362	724
50A	4	10	4	480	1920
50A	5	8	2	305	610
60A	6	5	77	91	7007
V6					
50A	1	8	2	362	724
50A	2	10	2	580	1160
50A	3	8	2	362	724
50A	4	10	4	480	1920
50A	5	8	2	305	610
60A	6	5	77	91	7007

RESUMO AÇO CA 50-60			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
60A	5	309	48
50A	8	104	41
50A	10	177	109
Peso Total 60A =			48 kg
Peso Total 50A =			151 kg



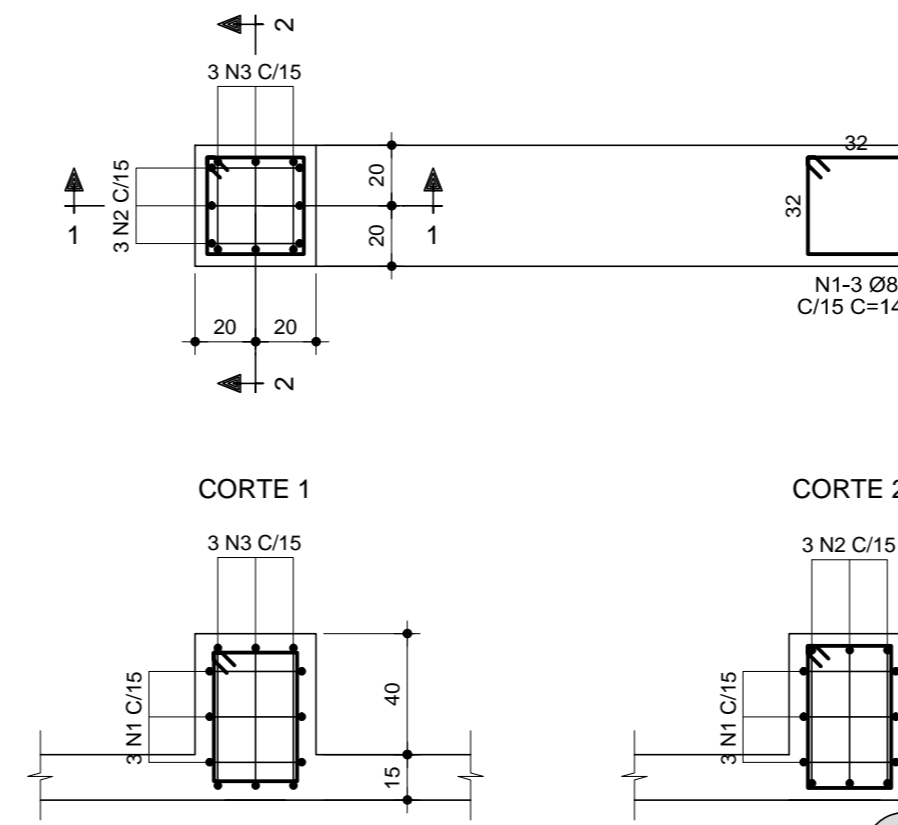
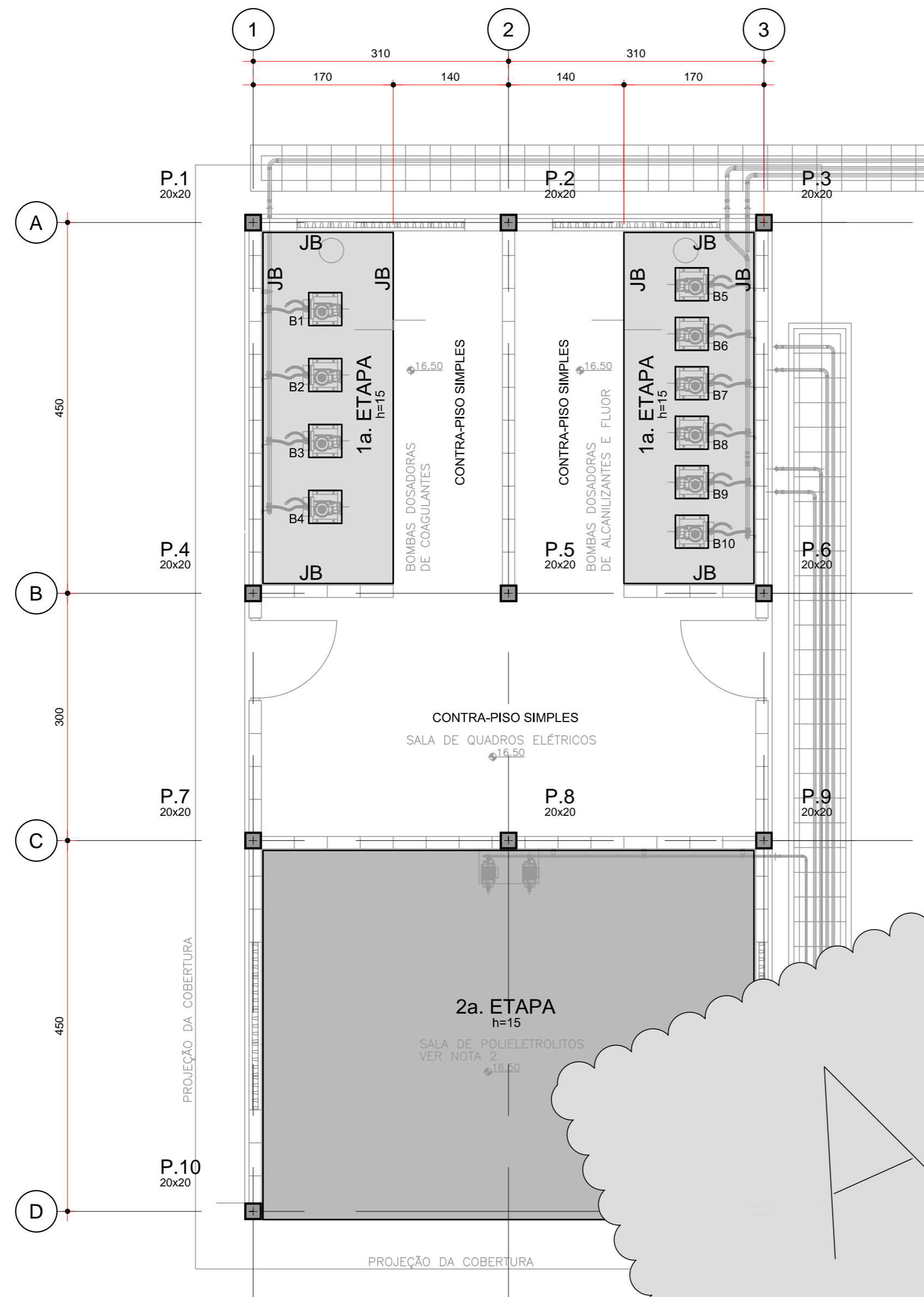
- NOTAS GERAIS**
- 1 - MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO.
 - 2 - CONCRETO ESTRUTURAL: fck > 25MPa. MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE: Ecs > 24.2GPa. CONSIDERANDO ALFA E = 1,0 PARA GRANITO E GNAISSE CASO O AGREGADO USADO NÃO SEJA DE MESMA ORIGEM MINERALÓGICA QUE O ESPECIFICADO, É NECESSÁRIO CONTATAR O PROJETISTA. CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 280kg/m³. FATOR MÁXIMO AGUARCIMENTO: αic = 0,60. DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (VIGAS): 19,0mm (Brita 1). DIMENSÃO MÁX. AGREGADO (LAJES, PILARES): 25,0mm (Brita 2).
 - 3 - CONFIRMAR MEDIDAS E NÍVEIS NO LOCAL.
 - 4 - COBRIMENTO DAS ARMADURAS = 3cm.
 - 5 - DOBRAS E GANCHOS CONFORME NBR 6118.

CONFIGURAÇÃO	QUANTIDADE	VALOR
1	7	0,10
2	7	0,20
3	7	0,30
4	7	0,40
5	7	0,50
6	7	0,60
7	7	0,70
8	7	0,80
9	7	0,90
10	7	1,00
11	7	1,10
12	7	1,20
13	7	1,30
14	7	1,40
15	7	1,50
16	7	1,60
17	7	1,70
18	7	1,80
19	7	1,90
20	7	2,00

00 11/2018 Emissão Inicial		F.M.M.	A.R.G.L.
Nº	DATA	REVISÕES	EXECUTADO POR RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANINDEUA-MARITUBA PROJETO ESTRUTURAL ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 e ETA-2 RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS EDIFÍCIO DE BOMBAS - ARMADURAS DAS VIGAS DA COBERTURA			
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO PJ_1707 CÓD. DO DESENHO 1707-E-TA-EST-DE-116-R01	
RESP. TEC. FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458	DESENVOLVIDOR FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458	AGENCIADOR ARIEL ZOCATELLI CREA/SP: 261091115	DATA Nov/2018 ESCALA 1:50
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE COGEO	

EDIFÍCIO DAS BOMBAS - PISO ARMADO E BASES B1 a B10 (10x)
Esc.1:50

B1 a B10 (10x)
Escala 1:25 (VER NOTA 5)



TELAS - QUANTIDADES	
TIPO	QUANTIDADES (m2)
TELA Q138	42 m2
TELA Q246	42 m2
OBS: INCLUSO 5% PARA EMENDAS	

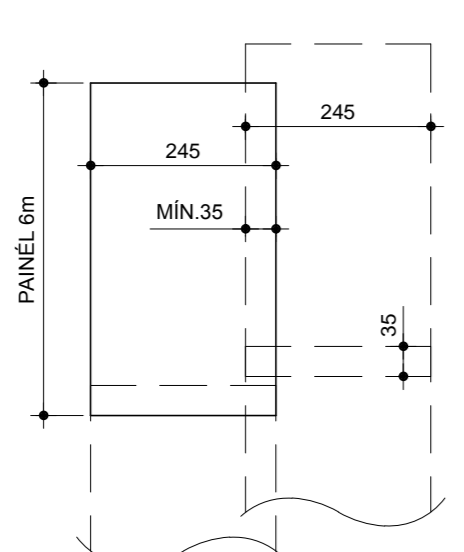
LISTA DE FERROS				
N	Ø (mm)	Q	COMPRIMENTO	
			UNIT.(cm)	TOTAL(cm)
1	8	30	144	4320
2	8	30	166	4980
3	8	30	170	5100

RESUMO CA-50		
Ø (mm)	COMPR.(m)	PESO (kg)
8	144,00	57
TOTAL:		57

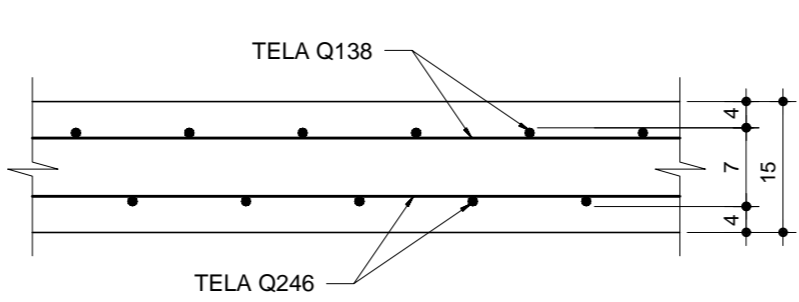
LEGENDA	
	1a. ETAPA DE CONCRETAGEM
	2a. ETAPA DE CONCRETAGEM

- NOTAS:**
- MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO.
 - CARGAS CONSIDERADAS: 5kN/m². EMPILHADEIRAS PARA 2.5t (CARGA NO EIXO DIANTEIRO).
 - NOTAS PARA O CONCRETO DO PISO ARMADO, CUJO TRAÇO DEVERÁ SER DEFINIDO PELA CONCRETEIRA:
 - a- fck = 4.5 MPa.
 - b- fck > 30 MPa.
 - c- CONSUMO DE CIMENTO 420 + 20 kg/m³.
 - d- RELAÇÃO ÁGUA-CIMENTO 0.44 + 0.02 litro/kg.
 - e- EXSUDAÇÃO NÃO MAIOR QUE 2%.
 - f- TEOR ARGAMASSA SECA As = 1+1+1 = 53 + 1%.
 - g- POLÍMERO, REDUTORES DE RETRAÇÃO: POLIBETON, RETRACON OU ACRILBOND (0.5% PESO CIMENTO).
 - h- SLUMP = 100 ± 20mm PARA LANÇAMENTO.
 - i- PERMITE-SE USAR ADITIVO PLASTIFICANTE REDUTOR DE ÁGUA COM CONSUMO MÁXIMO DE 0.25% SOBRE PESO DE CIMENTO.
 - VERIFICAR MEDIDAS E NÍVEIS NO LOCAL.
 - CONCRETO ESTRUTURAL DAS BASES: fck ≥ 25MPa. MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE: Esc. > 24.2GPa. CONSIDERANDO ALFA É = 1.0 PARA GRANITO E GNAISE CASO O AGREGADO USADO NÃO SEJA DE MESMA ORIGEM MINERALÓGICA QUE O ESPECIFICADO, É NECESSÁRIO CONFITAR O PROJETISTA. CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 280kg/m³. FATOR MÁXIMO ÁGUA/CIMENTO: atc = 0.60. DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (VIGAS): 19.0mm (Brita 1). DIMENSÃO MÁX. AGREGADO (LAJES, PILARES): 25.0mm (Brita 2).
 - COBRIMENTO DA ARMADURA = 4cm.

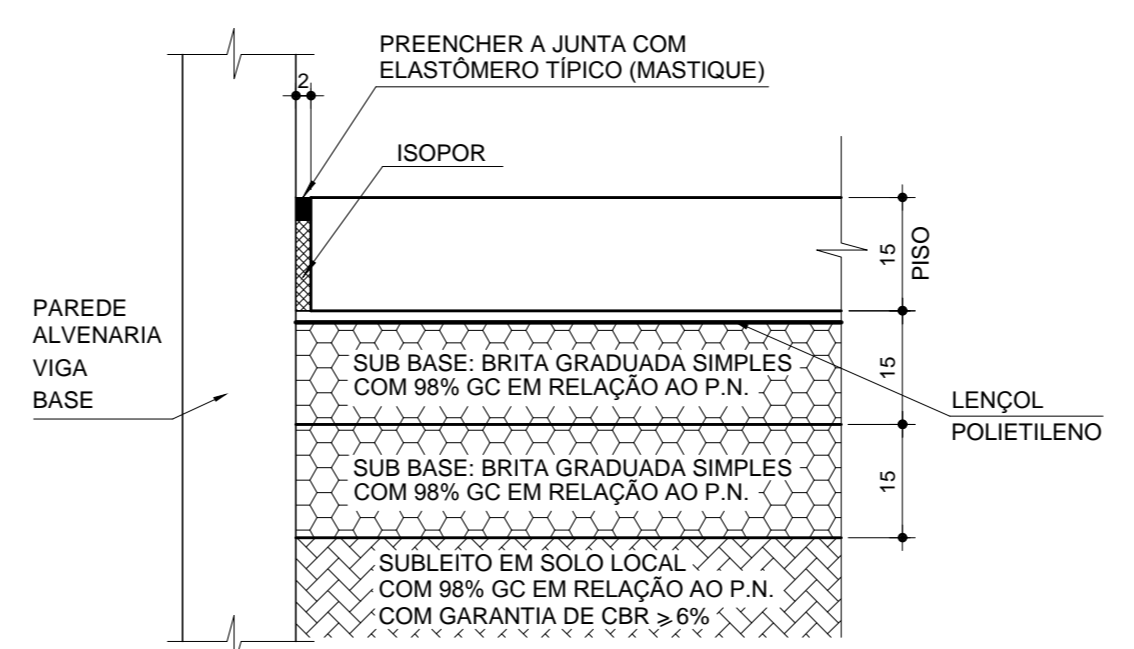
DET. P/ TRASPASSE DOS PAINÉIS DE TELA S/ ESC.



DET. TÍPICO P/ ARMAÇÃO DO PISO h=15cm S/ ESC.



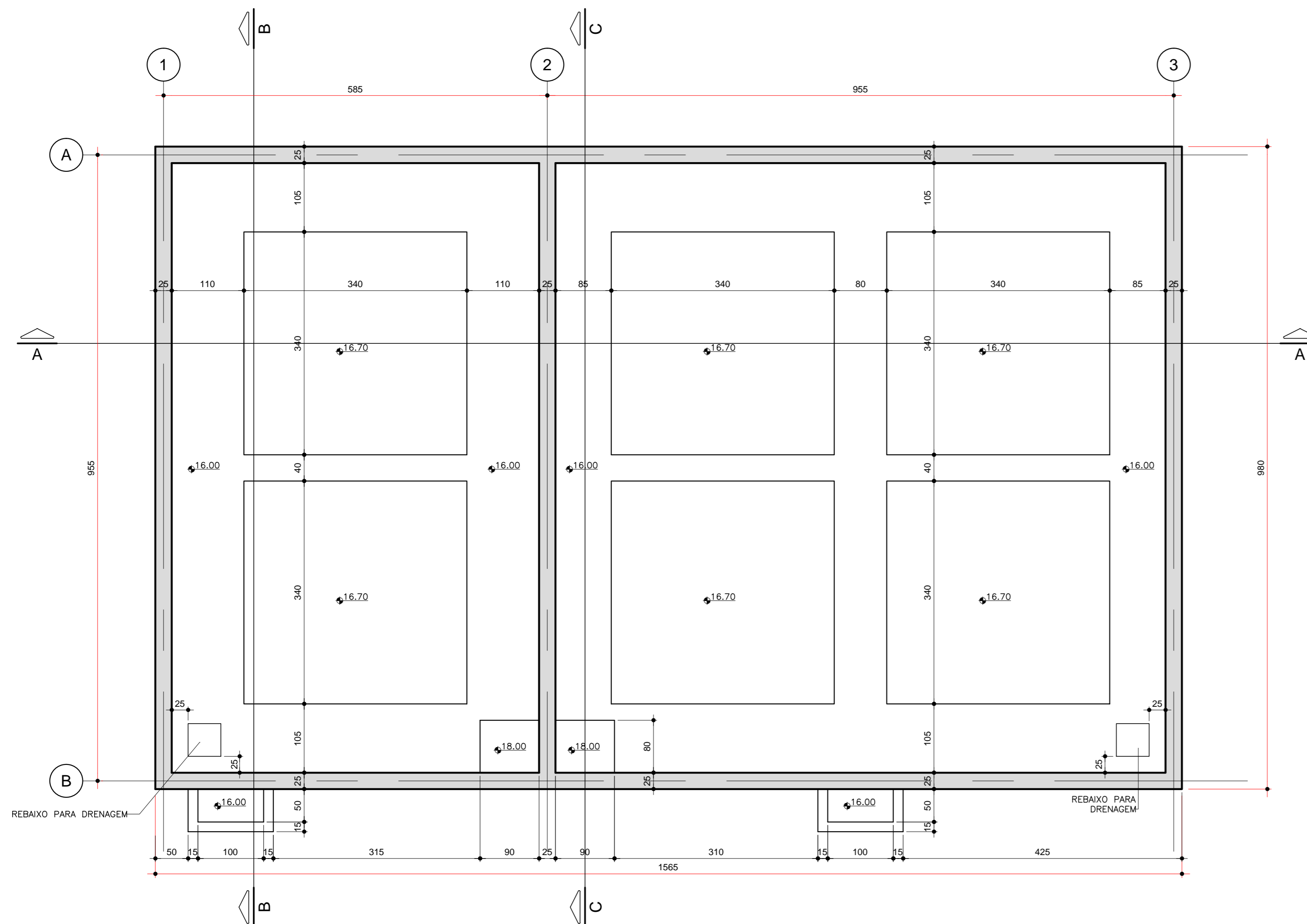
DET. DE JUNTA EM PAREDES E BASES (J.B.) ESC. 1:10



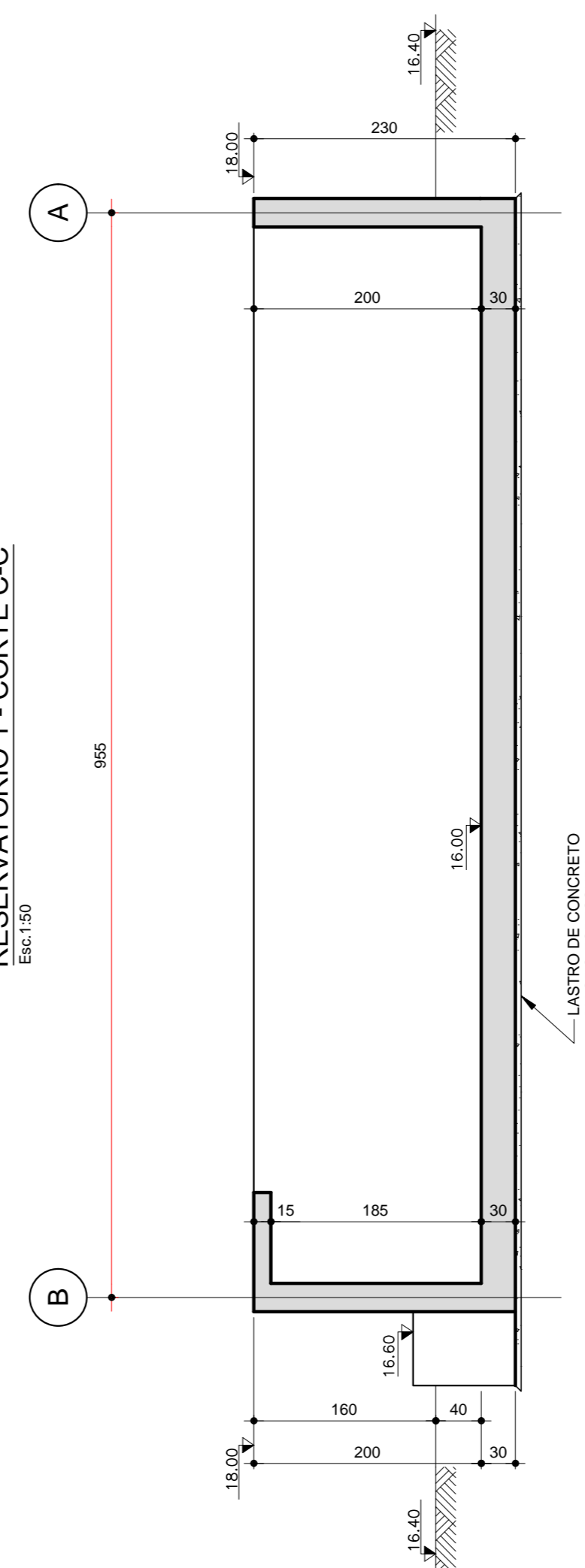
CONFIGURAÇÃO	QTD	UNID.	VALOR
1	7	0.10	0.70
2	7	0.20	1.40
3	7	0.30	2.10
4	7	0.40	2.80
5	7	0.50	3.50
6	7	0.60	4.20
7	7	0.70	4.90
8	7	0.80	5.60
9	7	0.90	6.30
10	7	1.00	7.00
11	7	1.10	7.70
12	7	1.20	8.40
13	7	1.30	9.10
14	7	1.40	9.80
15	7	1.50	10.50
16	7	1.60	11.20
17	7	1.70	11.90
18	7	1.80	12.60
19	7	1.90	13.30
20	7	2.00	14.00

00 11/2018 Emissão Inicial		F.M.M.	A.R.G.L.
Nº DATA	REVISÕES	EXECUTADO POR	RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANINDEUA-MARITUBA PROJETO ESTRUTURAL ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 e ETA-2 RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS EDIFÍCIO DE BOMBAS - PISO ARMADO E BASES B1 a B10			
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO P.J. 1707 1707-E-TA-EST-DE-117-RD1	
RESP. TEC. FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458	DESENVOLVIDOR FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458	AGENCIADOR ARIEL ZOCATELLI CREA/SP: 281051115	DATA Nov/2018 ESCALA IND.
DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE COGEO			

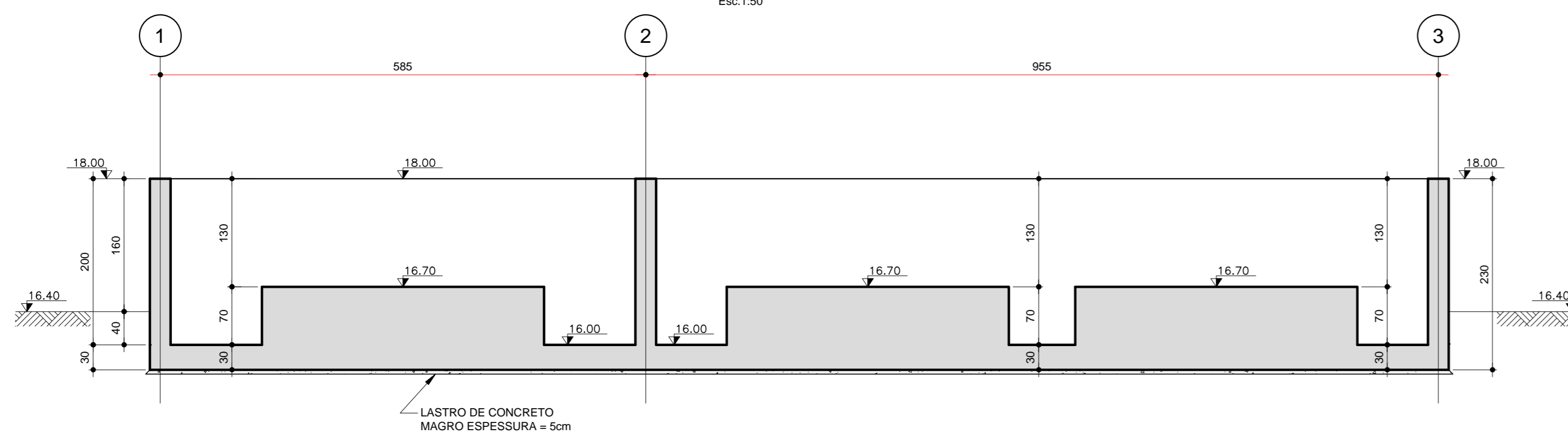
RESERVATÓRIO 1 - PLANTA
Esc. 1:50



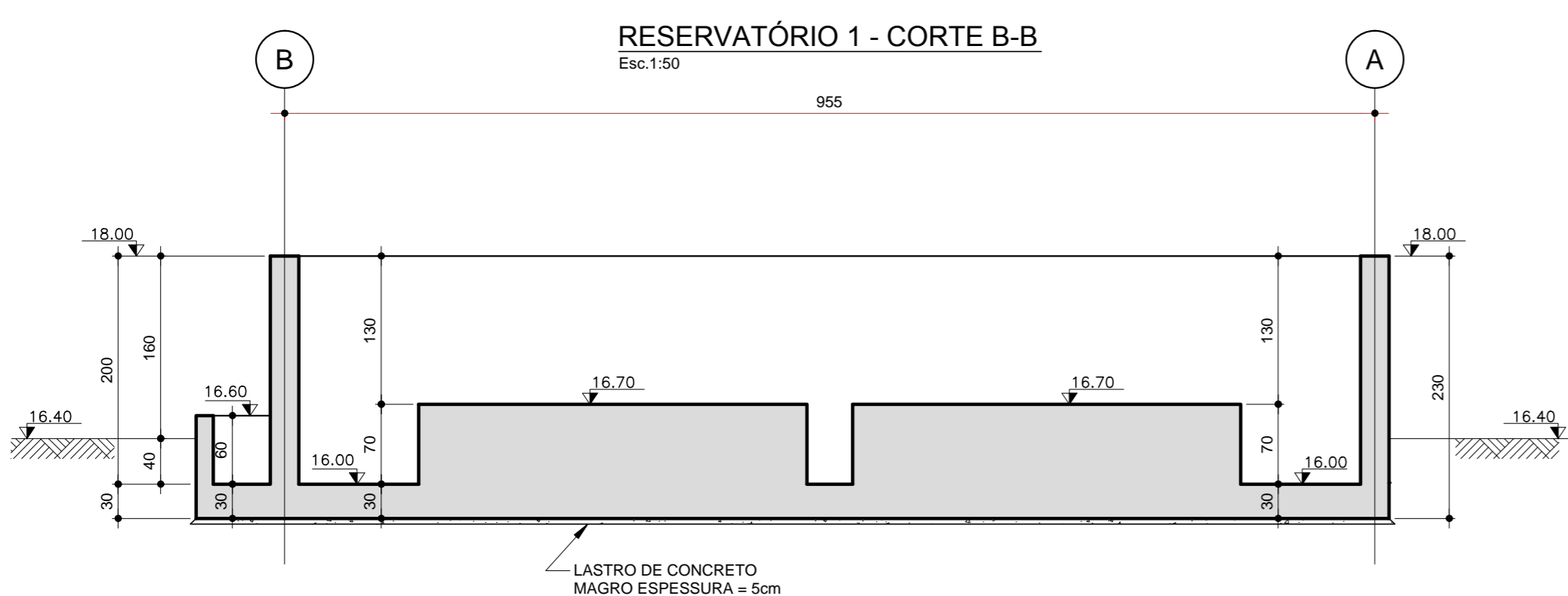
RESERVATÓRIO 1 - CORTE C-C
Esc. 1:50



RESERVATÓRIO 1 - CORTE A-A
Esc. 1:50



RESERVATÓRIO 1 - CORTE B-B
Esc. 1:50



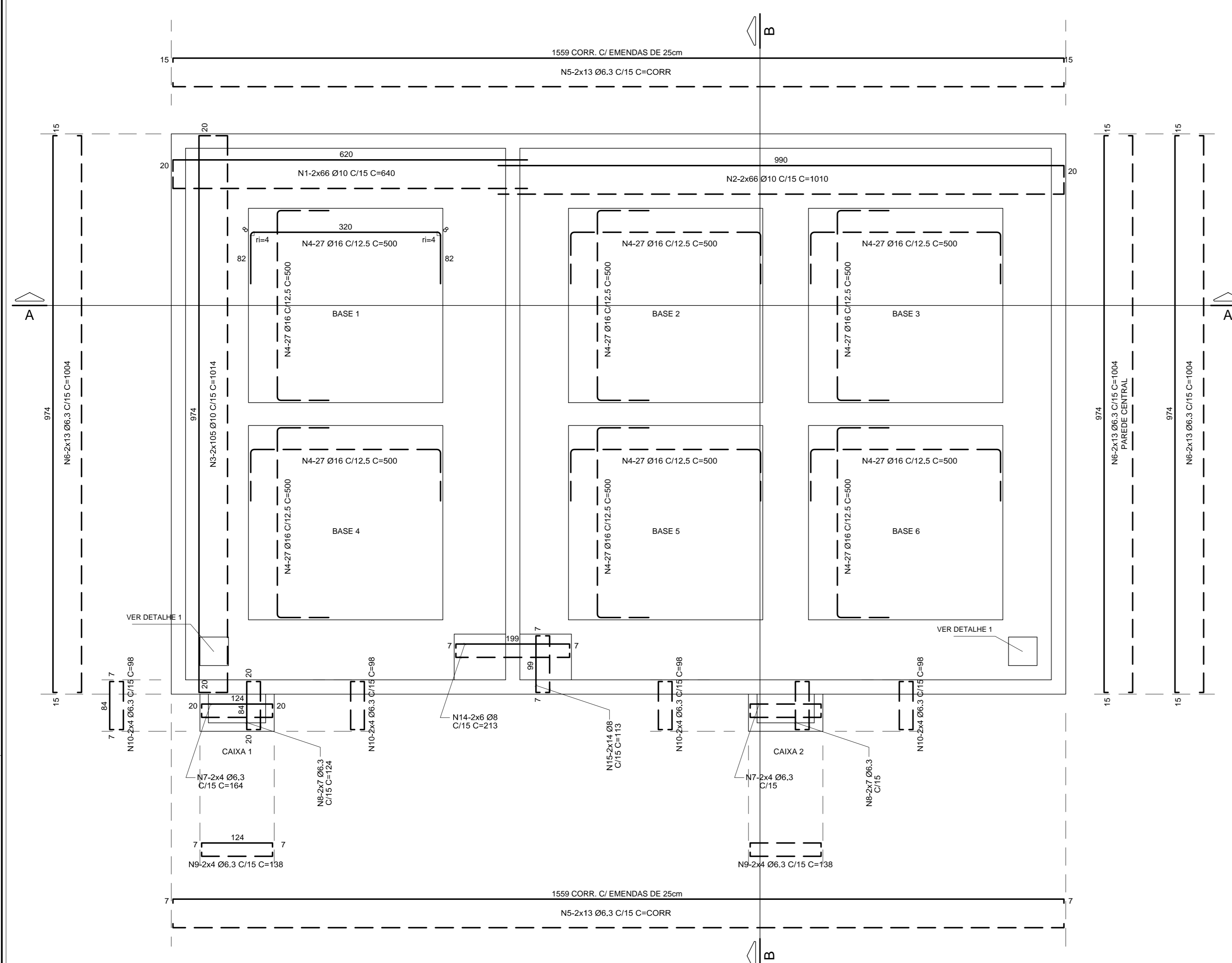
NOTAS GERAIS

- 1 - MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO.
- 2 - CONCRETO ESTRUTURAL: fck ≥ 25MPa. MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE: Ecs ≥ 24.2GPa. CONSIDERANDO ALFA = 1.0 PARA GRÁFITO E GNAISSE. CASO O AGREGADO USADO NÃO SEJA DE MESMA ORIGEM MINERALÓGICA QUE O ESPECIFICADO, É NECESSÁRIO CONTATAR O PROJETISTA. CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 280kg/m³. FATOR MÁXIMO AGUACIMENTO: αic = 0.60. DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (VIGAS): 19.0mm (Brita 1). DIMENSÃO MÁX. AGREGADO (LAJES, PILARES): 25.0mm (Brita 2).
- 3 - CONFIRMAR MEDIDAS E NÍVEIS NO LOCAL.
- 4 - CA = COTA DE ARRASAMENTO/ASSENTAMENTO DA FUNDAÇÃO.
- 5 - POSIÇÕES E DIÂMETROS DOS TUBOS PI SAÍDA DE PRODUTOS DEVERÃO SER CONFIRMADAS NO PROJETO HIDROMECÂNICO.

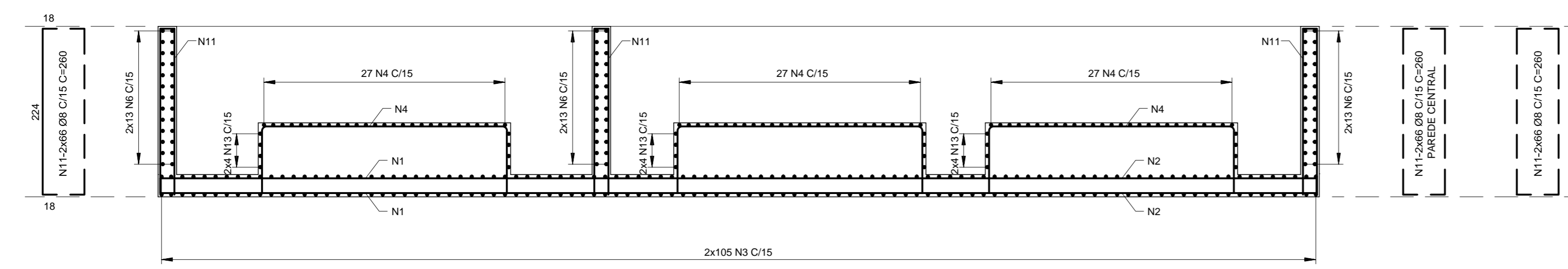
CONFIGURAÇÃO	QTDE	VALOR
1	7	0.10
2	7	0.20
3	7	0.30
4	7	0.40
5	7	0.50
6	7	0.60
7	7	0.70
8	7	0.80
9	7	0.90
10	7	1.00
11	7	1.10
12	7	1.20
13	7	1.30
14	7	1.40
15	7	1.50
16	7	1.60
17	7	1.70
18	7	1.80
19	7	1.90
20	7	2.00

01	11/2019	Revisão Rebaixo para Drenagem	V.P.B.	V.P.B.
00	11/2018	Emissão Inicial	F.M.M.	A.R.G.L.
Nº	DATA	REVISÕES	EXECUTADO POR	RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANINDEUA-MARITUBA PROJETO ESTRUTURAL ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 e ETA-2 RESERVATÓRIOS DE PRODUTOS QUÍMICOS ALCALINIZANTES E ÁCIDO FLUOSSILICICO - PLANTA E CORTES				
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO P.J. 1707 CÓD. DO DESENHO 1707-E-TA-EST-DE-118-R01		
RESP. TEC. FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458	DESENVOLVIDOR FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458	AGENCIADOR ARIEL ZOCATTELLI CREA/SP: 281051113	DATA Nov/2018	ESCALA IND.
DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE COGEO				

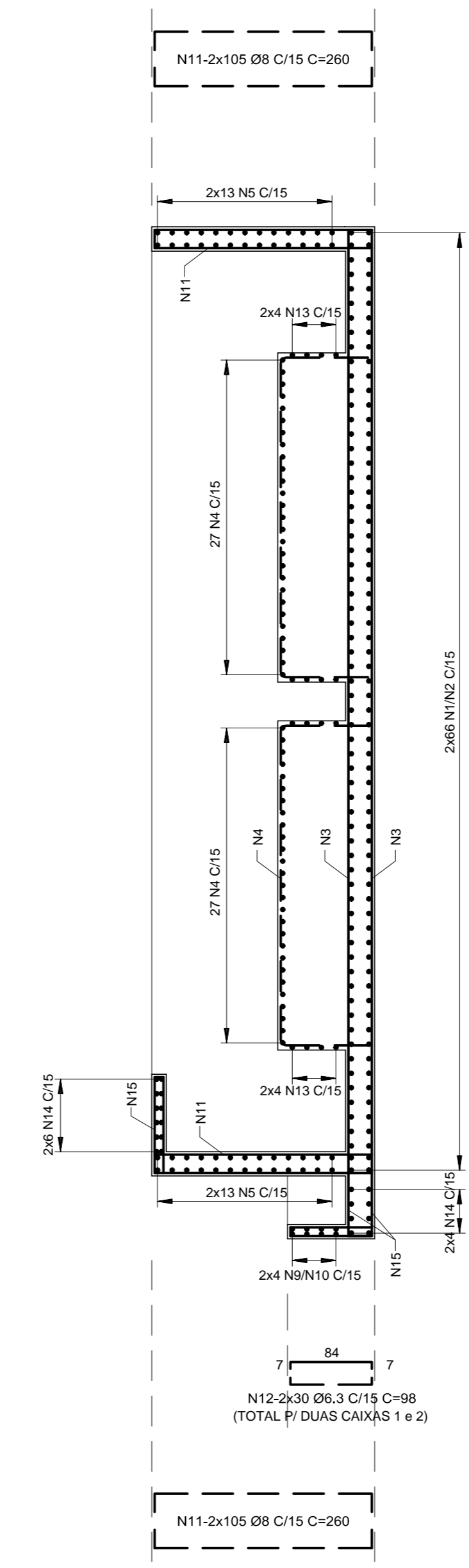
RESERVATÓRIO 1 - PLANTA
Esc.1:50



RESERVATÓRIO 1 - CORTE A-A
Esc.1:50



RESERVATÓRIO 1 - CORTE B-B
Esc.1:50



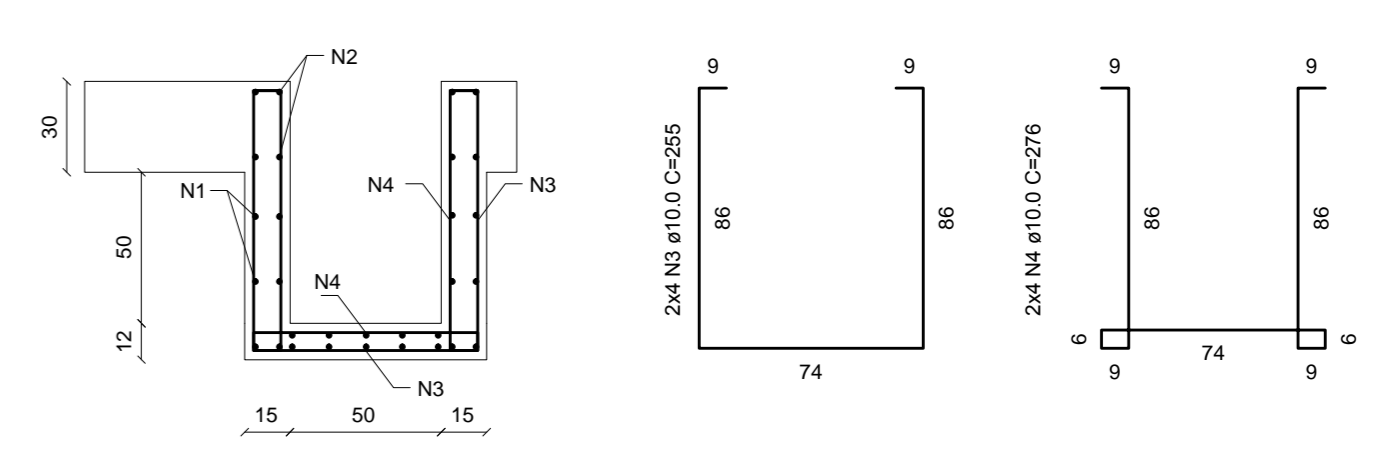
LISTA DE FERROS

N	Ø (mm)	Q	COMPRIMENTO	
			UNIT.(cm)	TOTAL(cm)
1	10	132	640	84480
2	10	132	1010	133320
3	10	210	1014	212940
4	16	324	500	162000
5	6.3	52	CORRIDO	83928
6	6.3	78	1004	78312
7	6.3	16	164	2624
8	6.3	28	124	3472
9	6.3	16	138	2208
10	6.3	32	98	3136
11	8	816	260	212160
12	6.3	60	98	5880
13	10	48	720	34560
14	8	12	213	2556
15	8	28	113	3164

RESUMO CA-50

Ø (mm)	COMPR.(m)	PESO (kg)
6.3	1795.60	440
8	2178.80	861
10	4653.00	2871
16	1620.00	2556
TOTAL:		6728

DETALHE 1 (x2)
Esc.1:50



Relação do aço

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.LIMIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CASO	1	6.0	16	310	3100
	2	6.0	10	238	2380
	3	10.0	18	255	4590
	4	10.0	15	276	4140

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (cm)	PESO (kg)
CASO	6.0	548	21.6
	10.0	85	52.4
PESO TOTAL (kg)			74
CASO	7.6		

NOTAS GERAIS

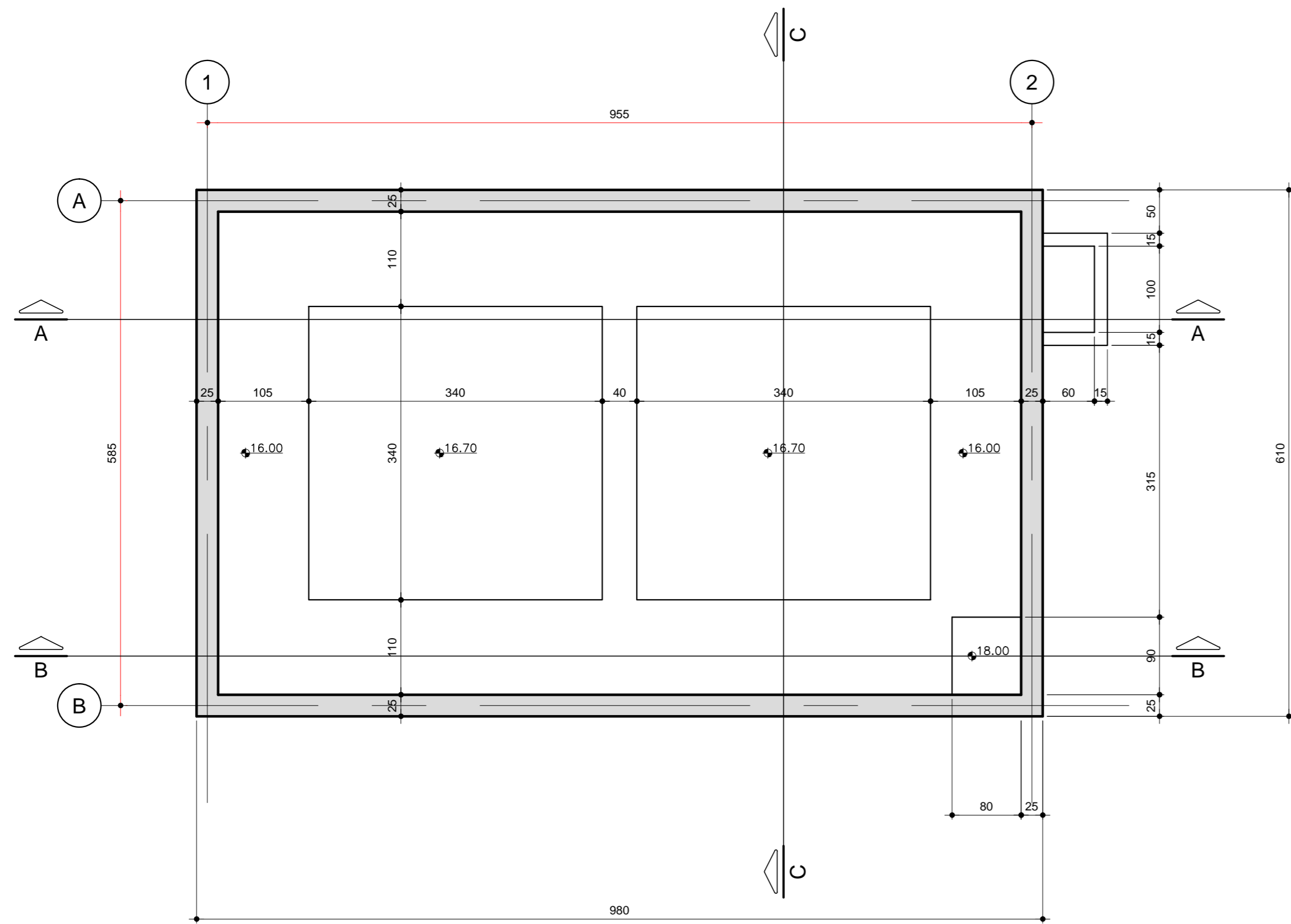
- 1 - MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO.
- 2 - CONCRETO ESTRUTURAL: fck > 25MPa. MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE: Ecs > 24.2GPa. CONSIDERANDO ALFA = 1.0 PARA GRANITO E GNAISSE. CASO O AGREGADO USADO NÃO SEJA DE MESMA ORIGEM MINERALÓGICA QUE O ESPECIFICADO, É NECESSÁRIO CONTATAR O PROJETISTA. CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 280kg/m³. FATOR MÁXIMO AGUARCIMENTO: αic = 0.60. DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (VIGAS): 19.0mm (Brita 1). DIMENSÃO MÁX. AGREGADO (LAJES, PILARES): 25.0mm (Brita 2).
- 3 - CONFIRMAR MEDIDAS E NÍVEIS NO LOCAL.
- 4 - COBRIMENTO DAS ARMADURAS = 3cm.
- 5 - DOBRAS E GANCHOS CONFORME NBR 6118.

01/11/2019	Revisão Armadura do Rebaixo para Drenagem	V.P.B.	V.P.B.
00/11/2018	Emissão Inicial	F.M.M.	A.R.G.L.
Nº DATA	REVISÕES	EXECUTADO POR	RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANÍDEUA-MARITUBA PROJETO ESTRUTURAL ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 e ETA-2 RESERVATÓRIOS DE PRODUTOS QUÍMICOS ALCALINIZANTES E ÁCIDO FLUOSSILICÍCO - ARMADAÇÃO			
RESP.TEC.: FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458		DESARROLHADOR: FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458	
VERIFICADOR: ABEL ZOCATELLI CREA/SP: 26098115		AGENCIADOR: DATA: Nov/2018 DES. DE REFERÊNCIA: ESCALA: IND.	
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO: PJ_1707 CÓD. DO PROJETO: 1707-E-TA-EST-DE-119-R01	
DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA		USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE COGEO	

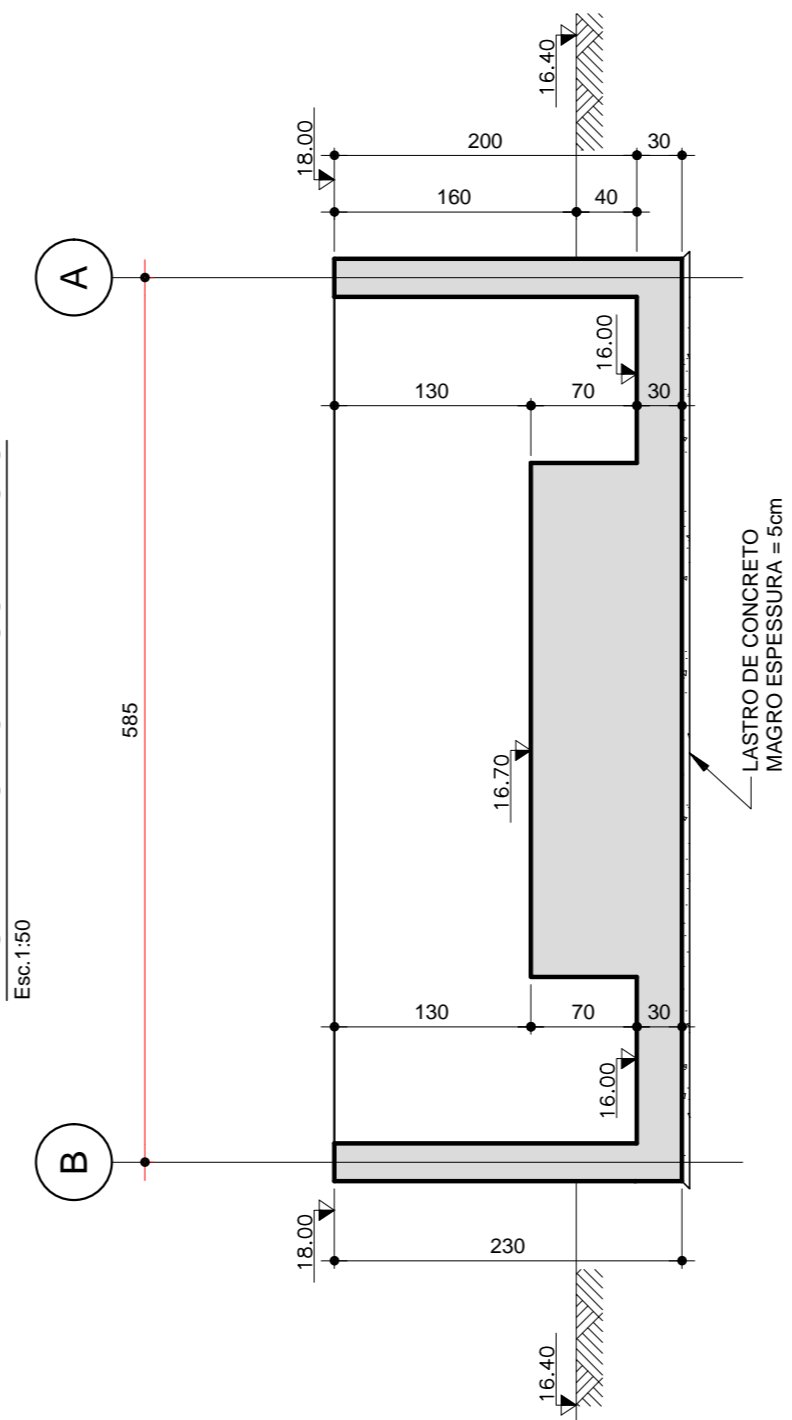
CONFIGURAÇÃO

DIAM (mm)	QUANT	C.LIMIT (cm)	C.TOTAL (cm)
6.3	16	310	3100
8	10	238	2380
10	18	255	4590
16	15	276	4140
6.3	78	1004	78312
6.3	16	164	2624
6.3	28	124	3472
6.3	16	138	2208
6.3	32	98	3136
8	816	260	212160
6.3	60	98	5880
10	48	720	34560
8	12	213	2556
8	28	113	3164

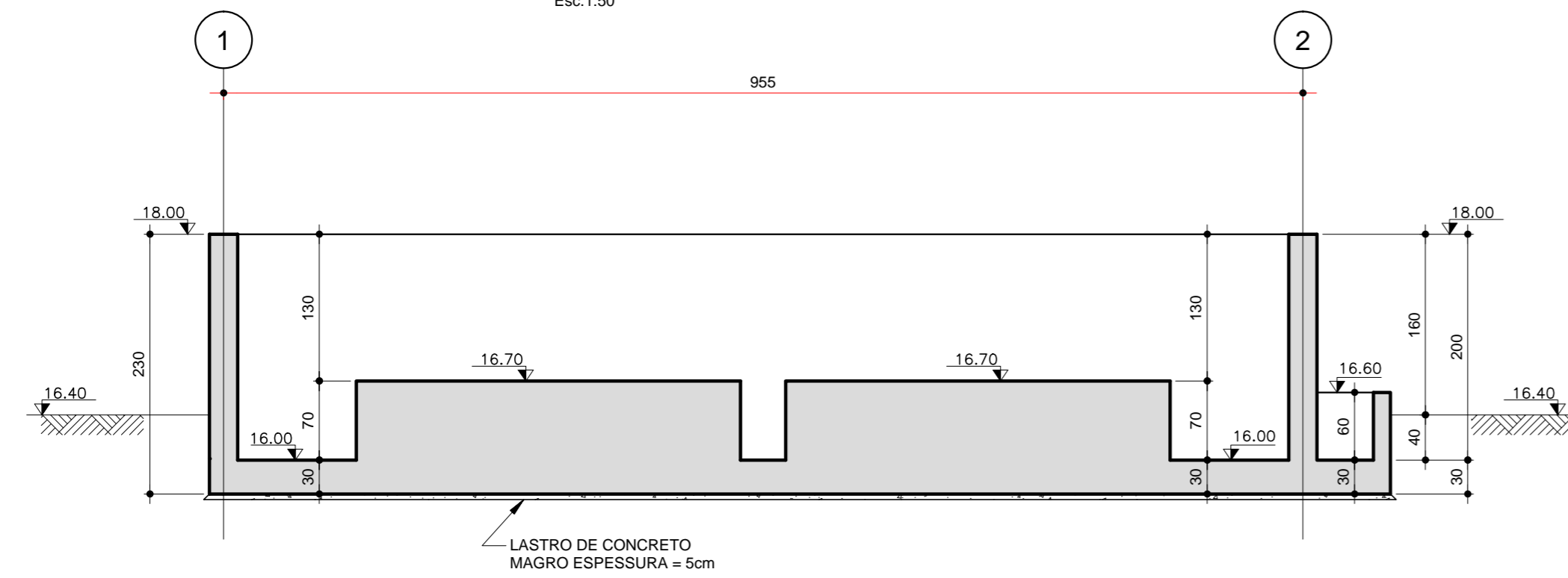
RESERVATÓRIO 2 - PLANTA
Esc. 1:50



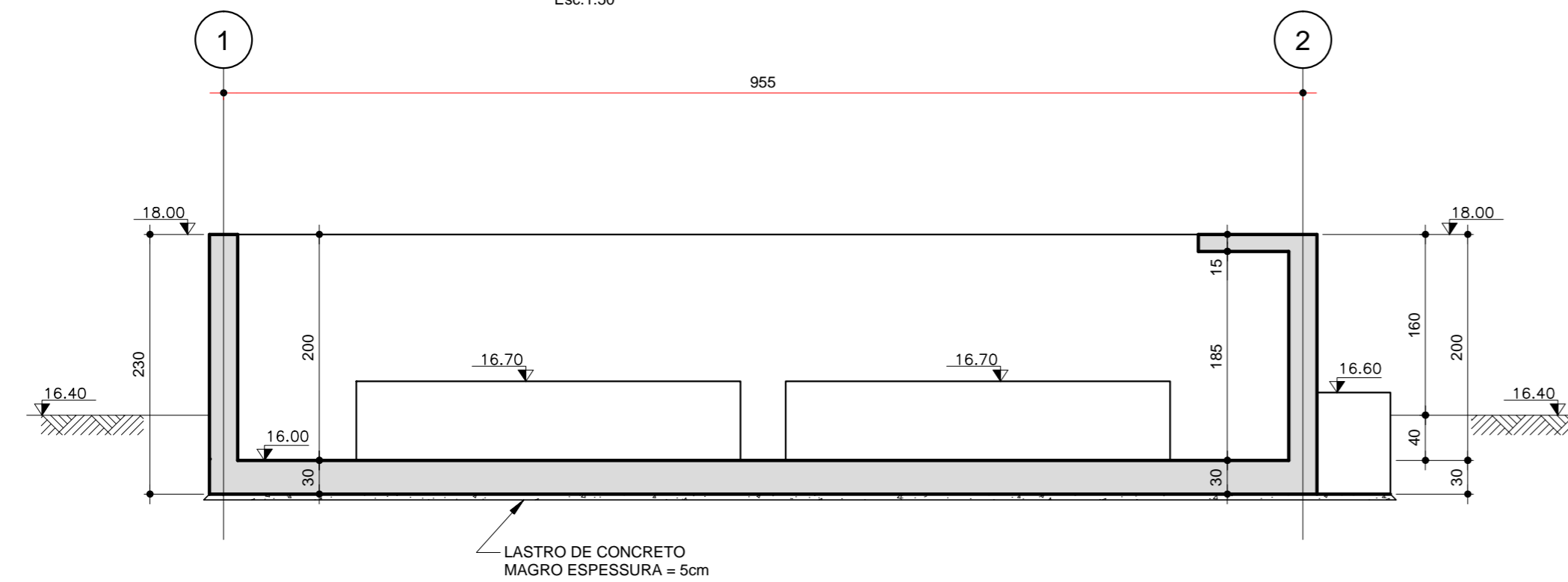
RESERVATÓRIO 2 - CORTE C-C
Esc. 1:50



RESERVATÓRIO 2 - CORTE A-A
Esc. 1:50



RESERVATÓRIO 2 - CORTE B-B
Esc. 1:50

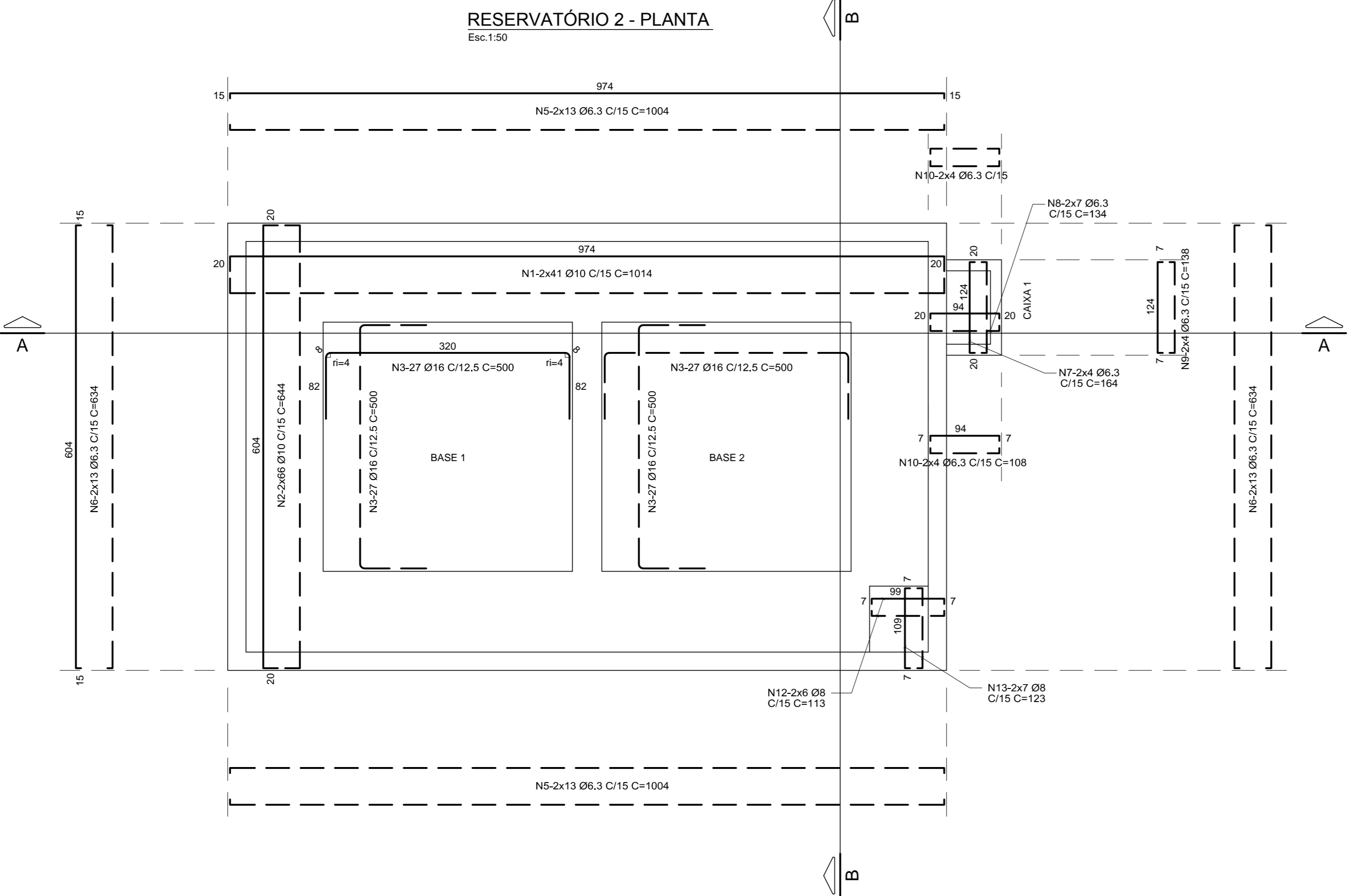


NOTAS GERAIS

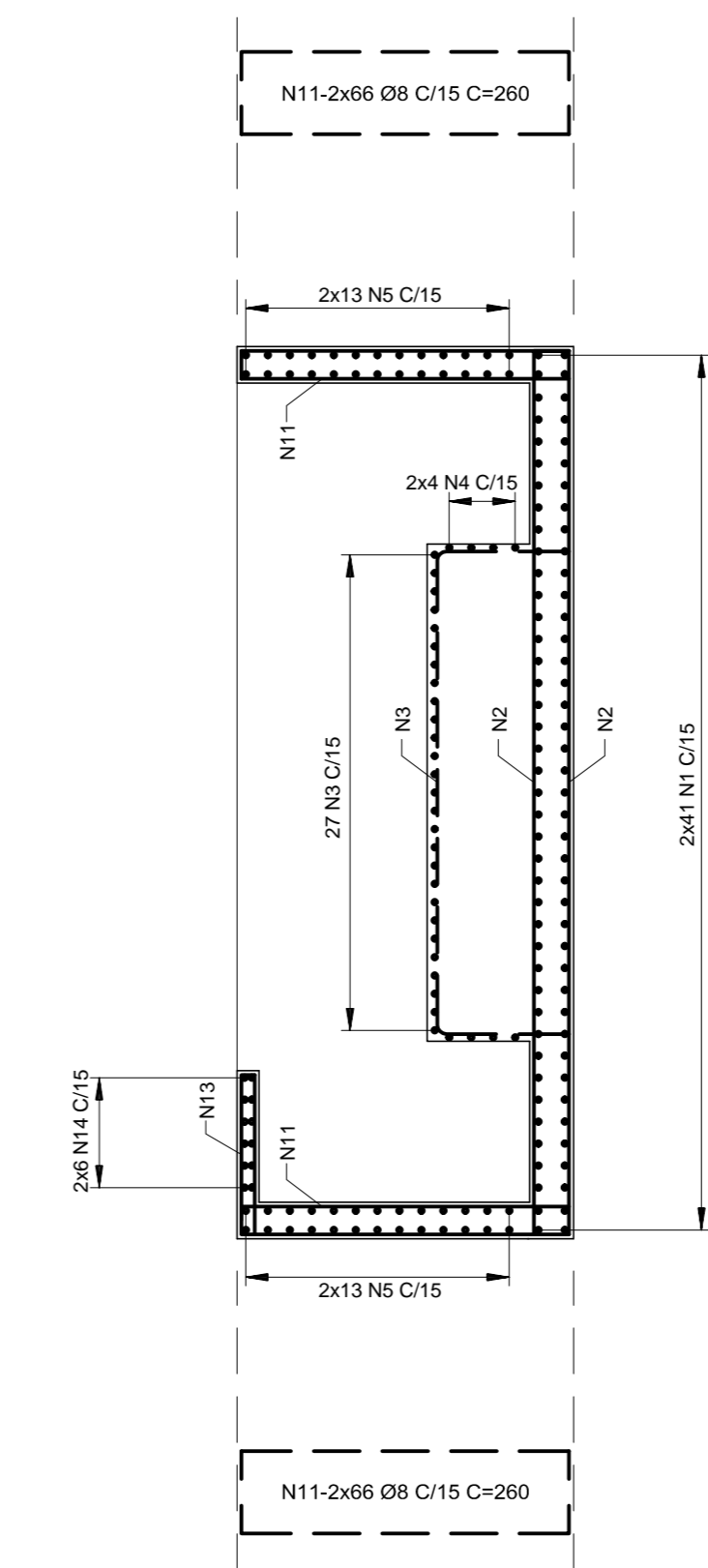
- 1 - MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO.
- 2 - CONCRETO ESTRUTURAL: fck ≥ 25MPa. MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE: Ecs ≥ 24.2GPa. CONSIDERANDO ALFA E = 1,0 PARA GRÁNTIO E GNAISSE. CASO O AGREGADO USADO NÃO SEJA DE MESMA ORIGEM MINERALÓGICA QUE O ESPECIFICADO, É NECESSÁRIO CONTATAR O PROJETISTA. CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 280kg/m³. FATOR MÁXIMO AGUACIMENTO: αic = 0,60. DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (VIGAS): 19,0mm (Brita 1). DIMENSÃO MÁX. AGREGADO (LAJES, PILARES): 25,0mm (Brita 2).
- 3 - CONFIRMAR MEDIDAS E NÍVEIS NO LOCAL.
- 4 - CA = COTA DE ARRASAMENTO/ASSENTAMENTO DA FUNDAÇÃO.
- 5 - POSIÇÕES E DIÂMETROS DOS TUBOS PI SAÍDA DE PRODUTOS DEVERÃO SER CONFIRMADAS NO PROJETO HIDROMECÂNICO.

CONFIGURAÇÃO	PLANTA	PROJETO
01	1	0,10
02	2	0,20
03	3	0,30
04	4	0,40
05	5	0,50
06	6	0,60
07	7	0,70
08	8	0,80
09	9	0,90
10	10	1,00
11	11	1,10
12	12	1,20
13	13	1,30
14	14	1,40
15	15	1,50
16	16	1,60
17	17	1,70
18	18	1,80
19	19	1,90
20	20	2,00

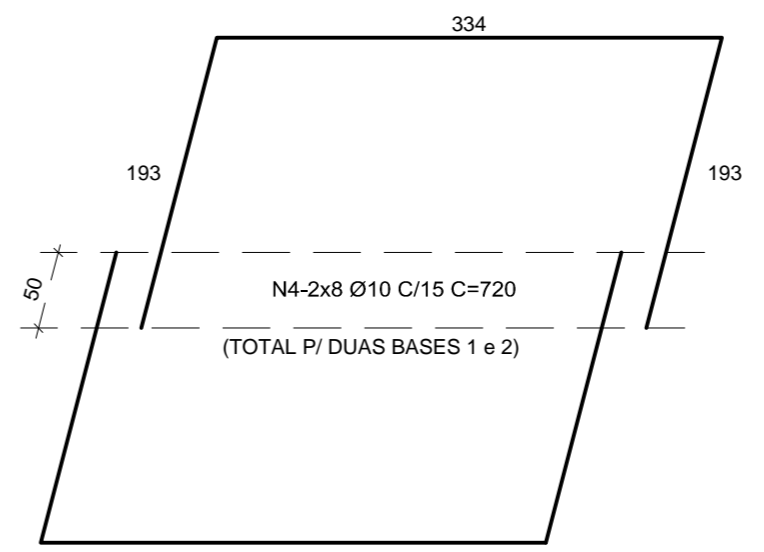
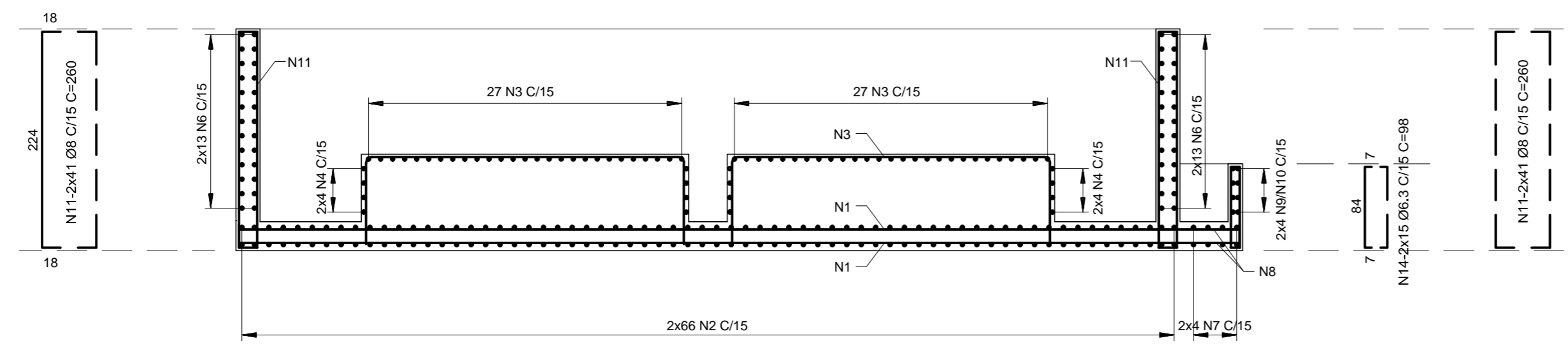
00	11/2018	Emissão Inicial		F.M.M.	A.R.G.L.
Nº	DATA	REVISÕES	EXECUTADO POR	RESPONSÁVEL	
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANÍDEUA-MARITUBA PROJETO ESTRUTURAL ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 e ETA-2 RESERVATÓRIOS DE PRODUTOS QUÍMICOS COAGULANTES - PLANTA E CORTES					
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPRESAMENTO		DATA	
		COD. DO PROJETO: PJ_1707		Nov/2018	
RESP. TEC.: FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458		DES. DO PROJETO: FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458		AGENCIADOR: FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060086458	
VERIFICADO: ABEL ZOCATELLI CREA/SP: 281091115		DES. DE REFERÊNCIA: 1707-E-TA-EST-DE-120-R00		ESCALA: IND.	
DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA			USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE COGEO		



RESERVATÓRIO 2 - CORTE B-B
Esc.1:20



RESERVATÓRIO 2 - CORTE A-A
Esc.1:50



LISTA DE FERROS				
N	Ø (mm)	Q	COMPRIMENTO	
			UNIT.(cm)	TOTAL(cm)
1	10	82	1014	83148
2	10	132	644	85008
3	16	108	500	54000
4	10	16	720	11520
5	6.3	52	1004	52208
6	6.3	52	634	32968
7	6.3	8	164	1312
8	6.3	14	134	1876
9	6.3	8	138	1104
10	6.3	16	108	1728
11	8	428	260	111280
12	8	12	113	1356
13	8	14	123	1722
14	6.3	30	98	2940

RESUMO CA-50		
Ø (mm)	COMPR. (m)	PESO (kg)
6.3	941.36	231
8	1143.58	452
10	1796.76	1109
16	540.00	852
TOTAL:		2644

- NOTAS GERAIS**
- 1 - MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO.
 - 2 - CONCRETO ESTRUTURAL: fck > 25MPa. MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE: Ecs > 24.2GPa. CONSIDERANDO ALFA E = 1,0 PARA GRANITO E GNAIASE CASO O AGREGADO USADO NÃO SEJA DE MESMA ORIGEM MINERALÓGICA QUE O ESPECIFICADO, É NECESSÁRIO CONTATAR O PROJETISTA. CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 280kg/m³. FATOR MÁXIMO AGUACIAMENTO: αic = 0,60. DIMENSÃO MÁX. DO AGREGADO (VIGAS): 19,0mm (Brita 1). DIMENSÃO MÁX. AGREGADO (LAJES, PILARES): 25,0mm (Brita 2).
 - 3 - CONFIRMAR MEDIDAS E NÍVEIS NO LOCAL.
 - 4 - COBRIMENTO DAS ARMADURAS = 3cm.
 - 5 - DOBRAS E GANCHOS CONFORME NBR 6118.

00	11/2018	Emissão Inicial	F.M.M.	A.R.G.L.
Nº	DATA	REVISÕES	EXECUTADO POR	RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANINDEUA-MARITUBA PROJETO ESTRUTURAL ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 e ETA-2 RESERVATÓRIOS DE PRODUTOS QUÍMICOS COAGULANTES - ARMAÇÃO				
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO P1_1707 CÓD. DO PROJETO 1707-E-TA-EST-DE-121-R00		
RESP.TEC.	DESENVOLVIDOR:	AGENCIADOR:	DATA:	
FERNANDO DE MORAES MHALIK	FERNANDO DE MORAES MHALIK	CREA/SP-000686458	Nov/2018	
VERIFICADO:	ARIEL ZOCATELLI	DES. DE REFERÊNCIA:	ESCALA:	
CREA/SP-060686458	CREA/SP-240158115	IND.	IND.	

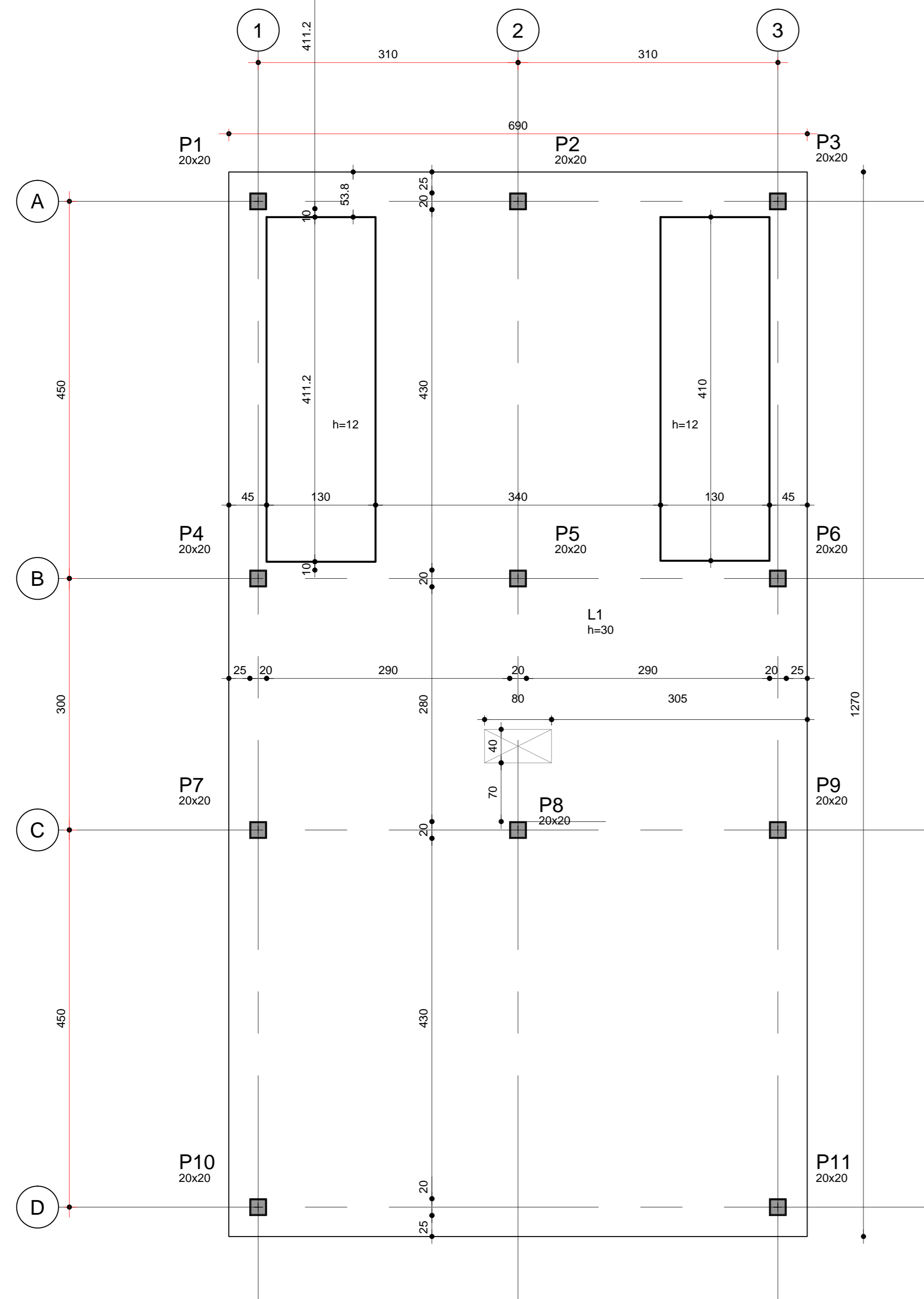


DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA
USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE
COGEO

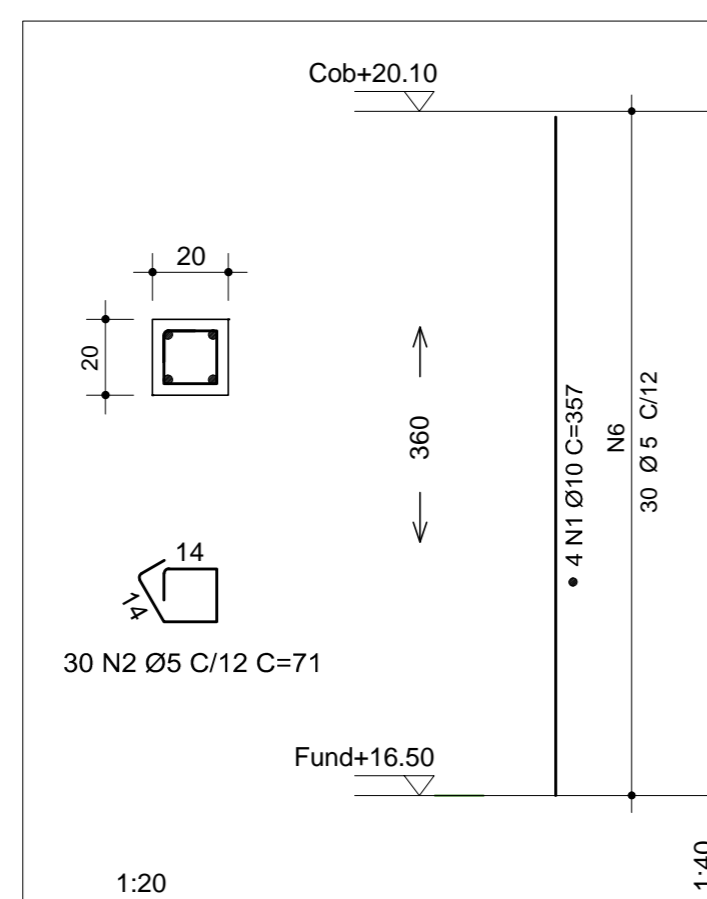
CONFIGURAÇÃO	PI	Q	Ø (mm)	C	C=
1	7	0.10			
2	7	0.20			
3	7	0.30			
4	7	0.40			
5	7	0.50			
6	7	0.60			
7	7	0.70			
8	7	0.80			
9	7	0.90			
10	10	0.10			
11	10	0.20			
12	10	0.30			
13	10	0.40			
14	10	0.50			
15	10	0.60			
16	10	0.70			
17	10	0.80			
18	10	0.90			
19	16	0.20			
20	16	0.30			
21	16	0.40			
22	16	0.50			
23	16	0.60			
24	16	0.70			
25	16	0.80			
26	16	0.90			

EDIFÍCIO DAS BOMBAS - FORMA DO RADIER

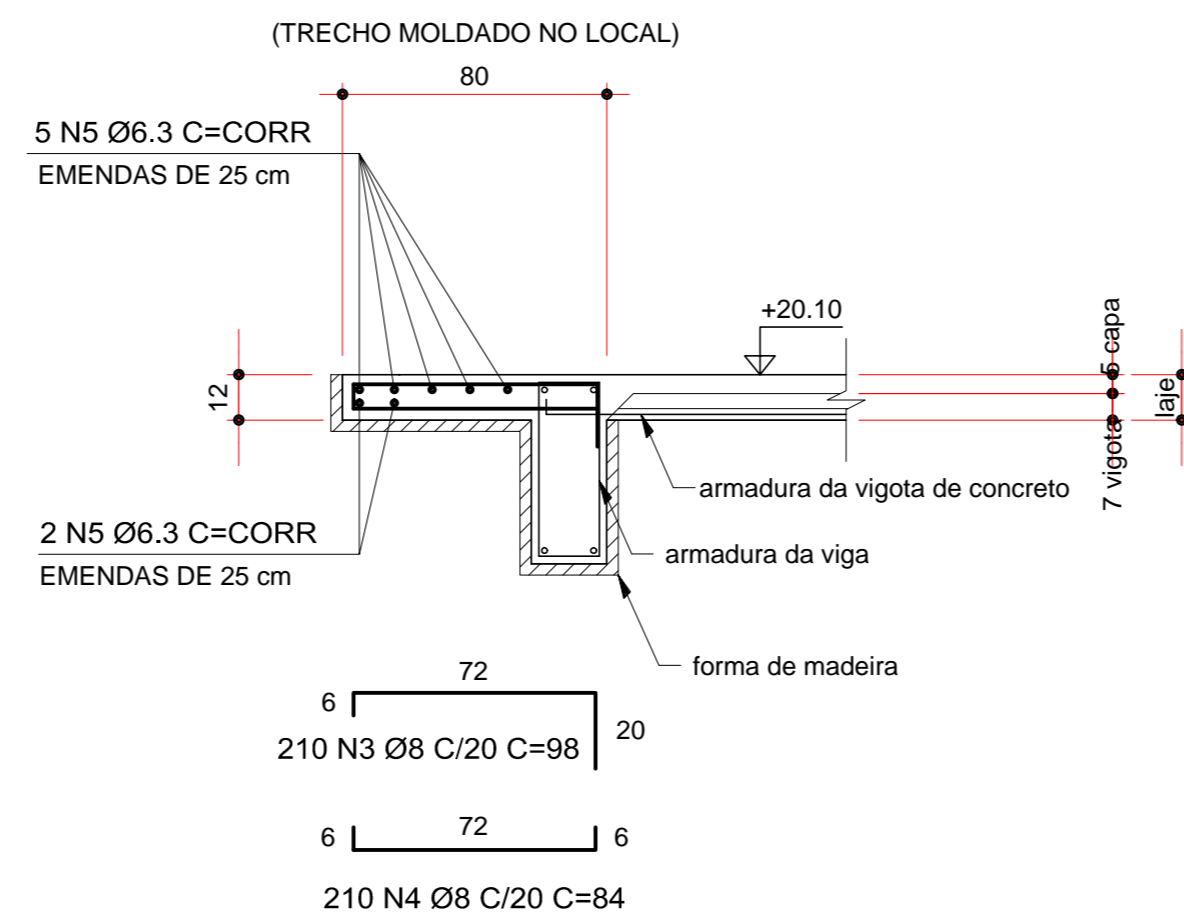
Esc.1:40



P1 a P11 (11x)
Escala 1:40/20

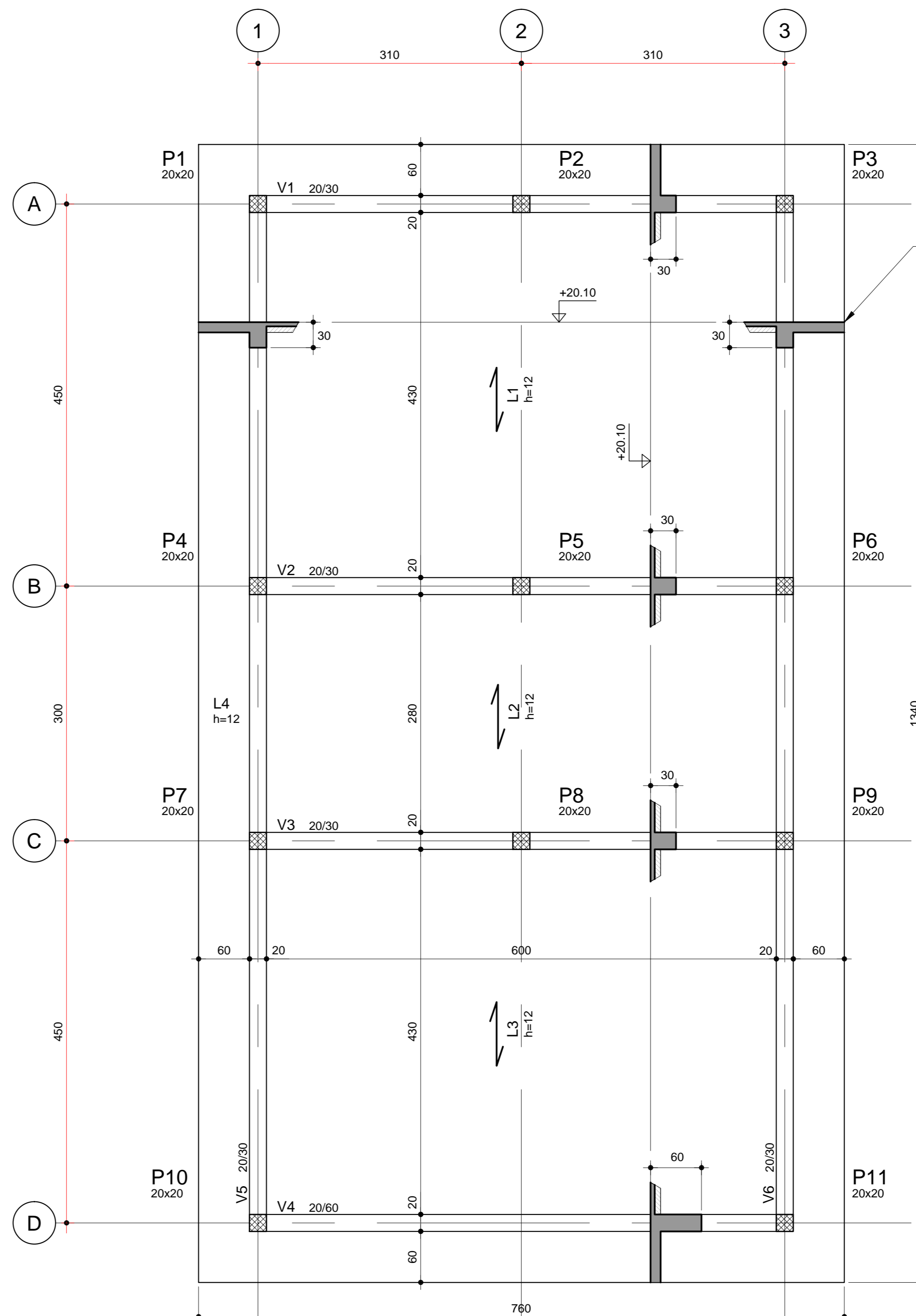


DETALHE 1 - ARMAÇÃO DA BORDA DA LAJE
Esc.1:20



EDIFÍCIO DAS BOMBAS - FORMAS DA COBERTURA

Esc.1:40



LISTA DE FERROS

N	Ø (mm)	Q	COMPRIMENTO	
			UNIT.(cm)	TOTAL(cm)
1	10	44	357	15708
2	5	330	71	23430
3	8	210	98	20580
4	8	210	84	17640
5	6.3	7	CORRIDO	30100

RESUMO CA-60

Ø (mm)	COMPR.(m)	PESO (kg)
5	234.3	36.1
TOTAL:		36.1

RESUMO CA-50

Ø (mm)	COMPR.(m)	PESO (kg)
6.3	301.00	74
8	382.20	151
10	157.08	97
TOTAL:		322

DETALHE LAJES MACIÇAS/PRÉ-MOLDADAS

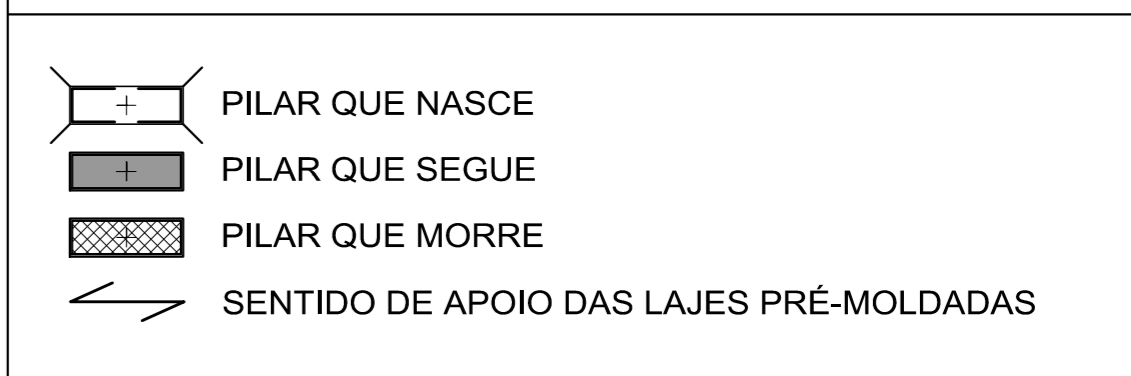
O FABRICANTE DAS LAJES DEVERÁ APRESENTAR DESENHO DE MONTAGEM COM INDICAÇÃO DE ARMADURA COMPLEMENTAR.

CARGAS ADOTADAS:
ALVENARIA = 1.4 tf/m3
IMPERMEABILIZAÇÃO OU REVESTIMENTO = 80 kgf/m2.
SOBRECARGA LAJES DA COBERTURA = 100 kgf/m2.
PESO PRÓPRIO LAJES MOLDADAS IN LOCO = 2500 kgf/m3.
PESO PRÓPRIO LAJE PRÉ-MOLDADA 12cm = 200 kgf/m2.

TABELA DE CARGAS

Elem	Fz	Observações:
P1	6.3	1 - Os valores apresentados referem-se às reações nos apoios. 2 - Esforços com valores característicos. 3 - Forças em tf. 4 - Momentos em tfm. 5 - Sistema de coordenadas GLOBAL. 6 - CA é a cota de arrasamento/assentamento da fundação. 7 - Peso próprio dos blocos não incluso na tabela.
P2	9.6	
P3	6.3	
P4	9.8	
P5	15.2	
P6	9.8	
P7	9.8	
P8	13.3	
P9	9.8	
P10	10.4	
P11	10.4	

LEGENDA PARA PILARES



NOTAS GERAIS

- MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO.
- CONCRETO ESTRUTURAL: fck ≥ 25MPa. MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE: Ecs ≥ 24.2GPa. CONSIDERANDO ALFA E = 1.0 PARA GRANITO E GNAISSE CASO O AGREGADO USADO NÃO SEJA DE MESMA ORIGEM MINERALÓGICA QUE O ESPECIFICADO, É NECESSÁRIO CONTATAR O PROJETISTA. CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 280kg/m3. FATOR MÁXIMO ÁGUA/CIMENTO: a/c = 0.60. DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (VIGAS): 19,0mm(Brita 1). DIMENSÃO MÁX. AGREGADO (LAJES,PILARES): 25,0mm(Brita 2).
- CONFIRMAR MEDIDAS E NÍVEIS NO LOCAL.
- POSIÇÕES E DIÂMETROS DOS TUBOS P/ SAÍDA DE CABOS DEVERÃO SER CONFIRMADAS NO PROJETO DE ELÉTRICA.
- COBRIMENTO DA ARMADURA: FUNDAÇÃO = 4cm, PILARES = 3cm.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANÍDEUA-MARITUBA

PROJETO ESTRUTURAL
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 e ETA-2
RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS
EDIFÍCIO DE BOMBAS - FORMAS

ENCIBRA S. A.
Estudos e Projetos de Engenharia

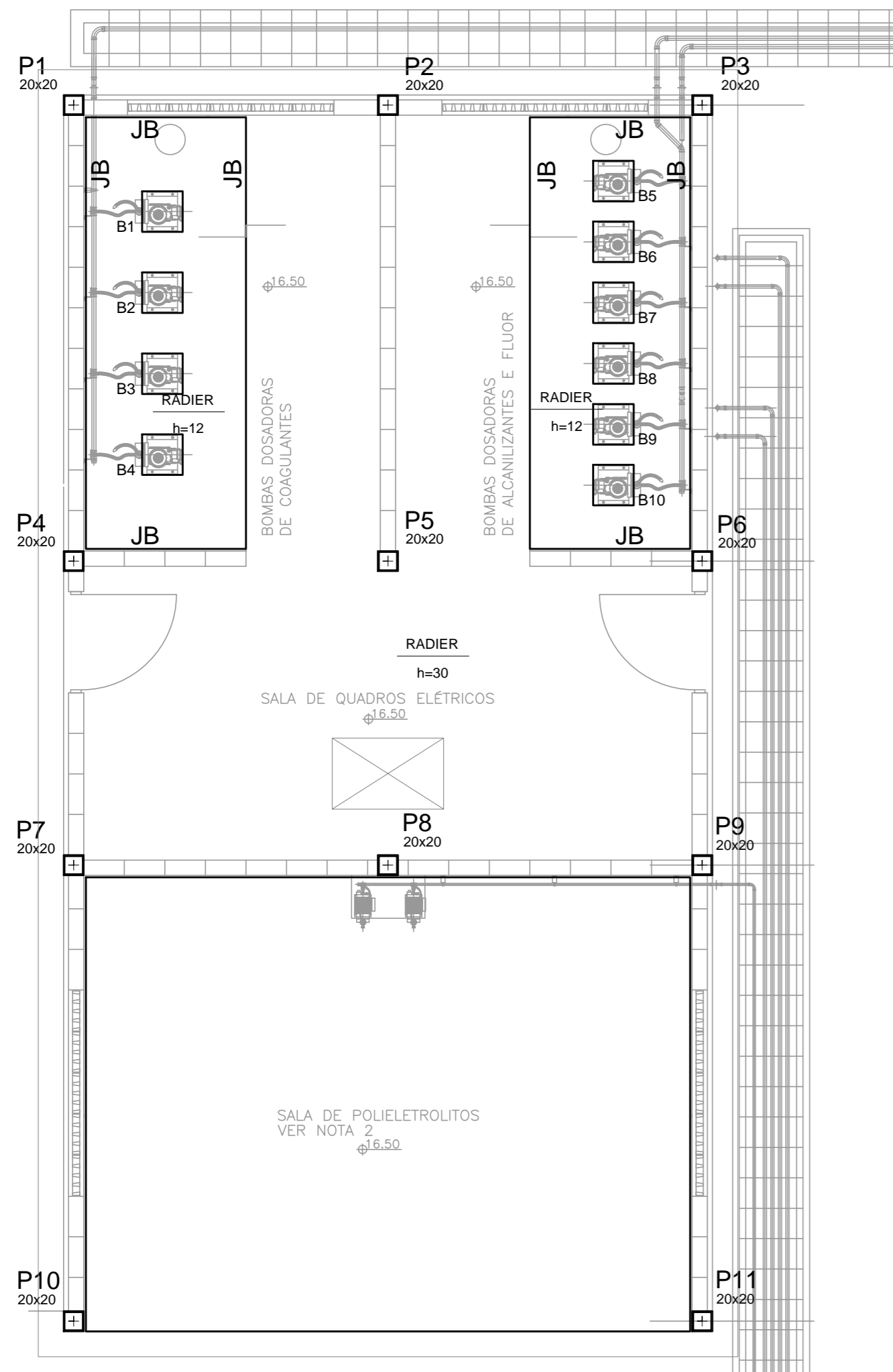
EMPENHAMENTO
PJ_1707

DATA: Nov/2019
ESCALA: IND.

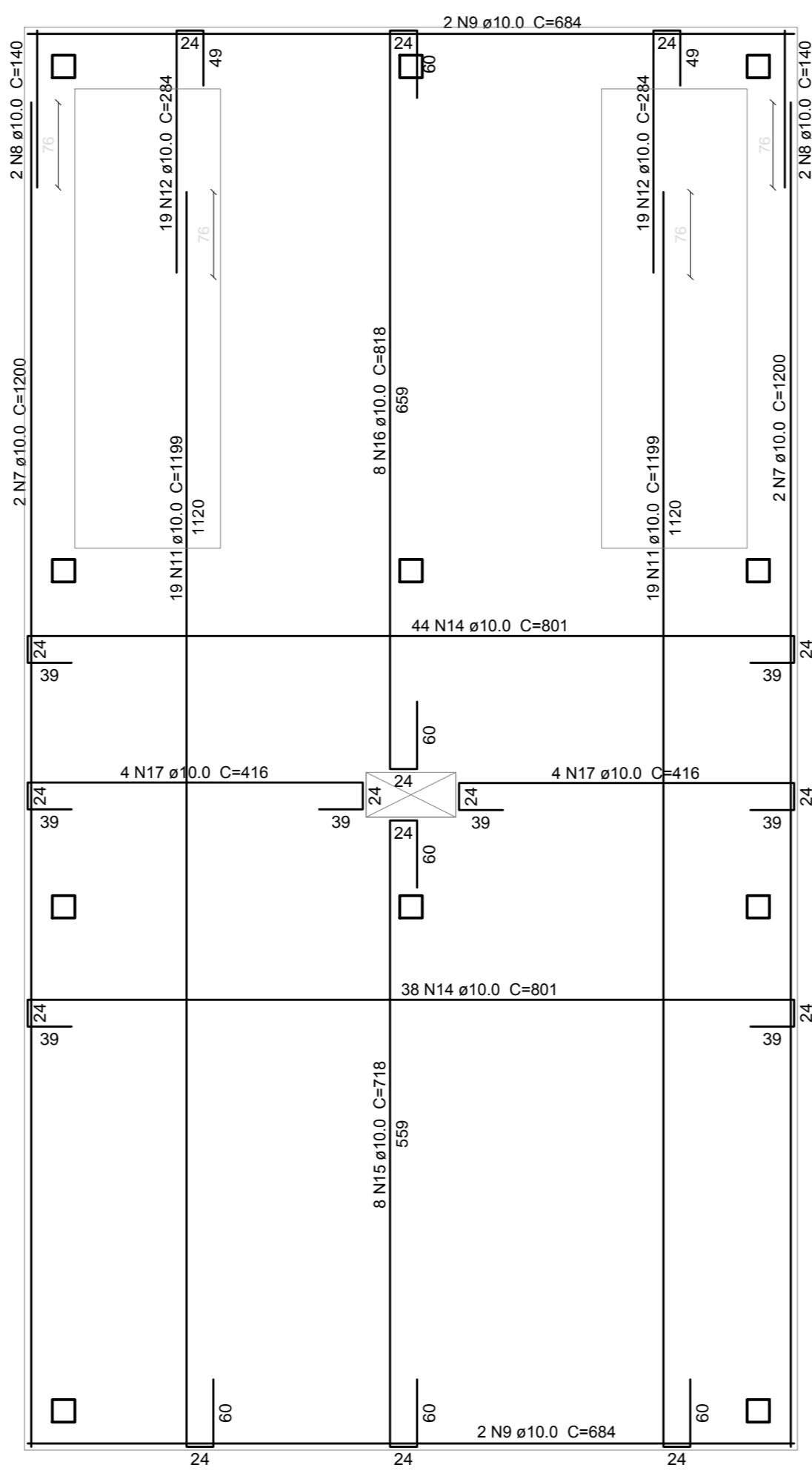
DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA
USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE
COGEO

CONFIGURAÇÃO

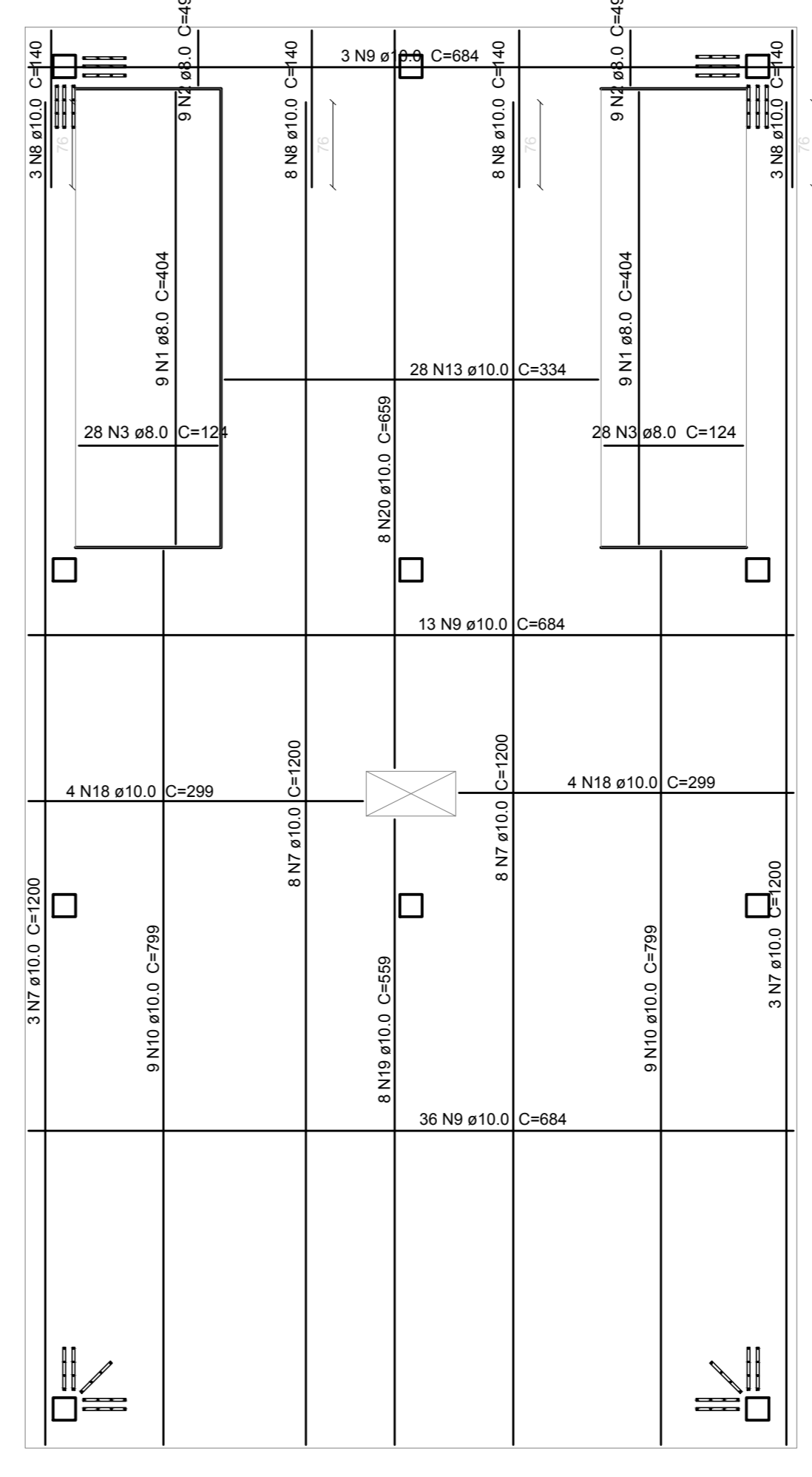
ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE	VALOR
1	7	0.10	0.70
2	7	0.20	1.40
3	7	0.30	2.10
4	7	0.40	2.80
5	7	0.50	3.50
6	7	0.60	4.20
7	7	0.70	4.90
8	7	0.80	5.60
9	7	0.90	6.30
10	7	1.00	7.00
11	7	1.10	7.70
12	7	1.20	8.40
13	7	1.30	9.10
14	7	1.40	9.80
15	7	1.50	10.50
16	7	1.60	11.20
17	7	1.70	11.90
18	7	1.80	12.60
19	7	1.90	13.30
20	7	2.00	14.00
21	7	2.10	14.70
22	7	2.20	15.40
23	7	2.30	16.10
24	7	2.40	16.80
25	7	2.50	17.50
26	7	2.60	18.20
27	7	2.70	18.90
28	7	2.80	19.60
29	7	2.90	20.30
30	7	3.00	21.00



EDIFÍCIO DAS BOMBAS - RADIER E BASES
Esc: 1:40



ARMADURA POSITIVA DO RADIER
ESC: 1:50



ARMADURA NEGATIVA DO RADIER
ESC: 1:50

Relação do aço

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.LINHT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	8.0	18	404	7272
	2	8.0	18	49	882
	3	8.0	56	124	6944
	4	8.0	30	176	5280
	5	8.0	30	180	5400
	6	8.0	40	144	5760
	7	10.0	26	1200	31200
	8	10.0	26	140	3640
	9	10.0	56	604	33304
	10	10.0	18	798	14382
	11	10.0	38	1199	45562
	12	10.0	38	284	10792
	13	10.0	28	334	9352
	14	10.0	80	601	48080
	15	10.0	8	693	5544
	16	10.0	8	813	6504
	17	10.0	8	401	3208
	18	10.0	8	284	2272
	19	10.0	8	534	4272
	20	10.0	8	654	5232
	21	12.5	62	94	5828

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO (kg)
CA50	8.0	315.4	124.4
	10.0	2443.5	1506.5
	12.5	63.3	56.1
PESO TOTAL (kg)			1687.1

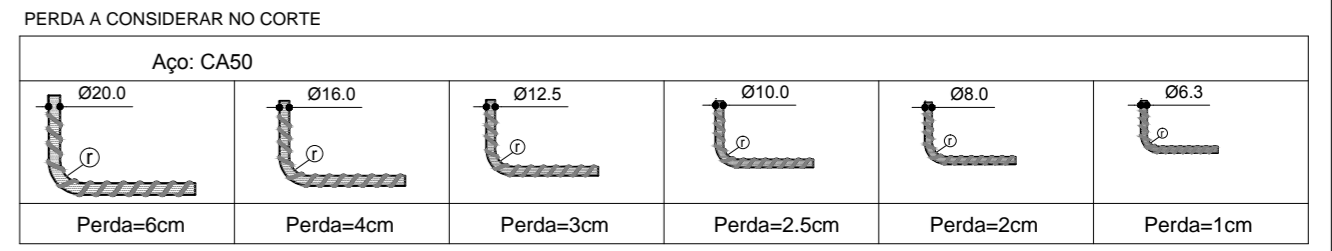
Volume de concreto (C-25) = 25.31 m³
Área de forma = 30.14 m²

ARMADURA DE PUNÇÃO

Conjunto	Quant.	Dim. chapa (cm)	Características dos conectores				Quant. por chapa	Quant. total
			Aço (mm)	Comp. (cm)	Espac. Pilar (cm)	Espac. Conectores (cm)		
1	22	38.5x22.5	CA24	6.3	25.6	8	172	88

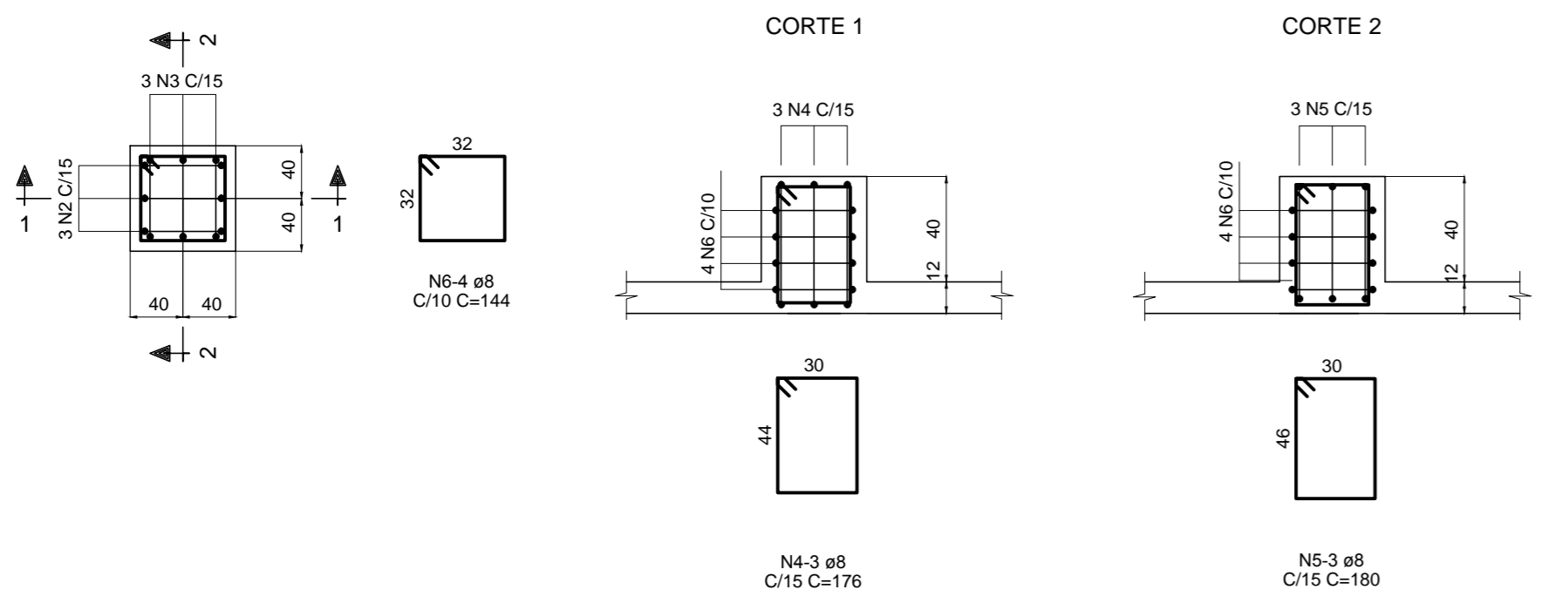
- NOTAS:
- MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO.
 - CARGAS CONSIDERADAS: 5t/m2.
EMPILHADEIRAS PARA 2.5t (CARGA NO EIXO DIANTEIRO).
 - VERIFICAR MEDIDAS E NÍVEIS NO LOCAL.
 - CONCRETO ESTRUTURAL DAS BASES: fck ≥ 25MPa.
MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE: Ecs ≥ 24,2GPa.
CONSIDERANDO ALFA E = 1,0 PARA GRANITO E GNAISSE
CASO O AGREGADO USADO NÃO SEJA DE MESMA ORIGEM MINERALÓGICA QUE O ESPECIFICADO, É NECESSÁRIO CONTATAR O PROJETISTA.
CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 280kg/m3.
FATOR MÁXIMO ÁGUA/CIMENTO: a/c = 0,60.
DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (VIGAS): 19,0mm (Brita 1).
DIMENSÃO MÁX. AGREGADO (LAJES, PILARES): 25,0mm (Brita 2).
 - COBRIMENTO DA ARMADURA = 4cm.

Obs: o comprimento total da barra apresentada na tabela de relação de aço é o comprimento de corte. Já o comprimento dos trechos equivale ao comprimento do trecho reto medido pela parte externa da armadura

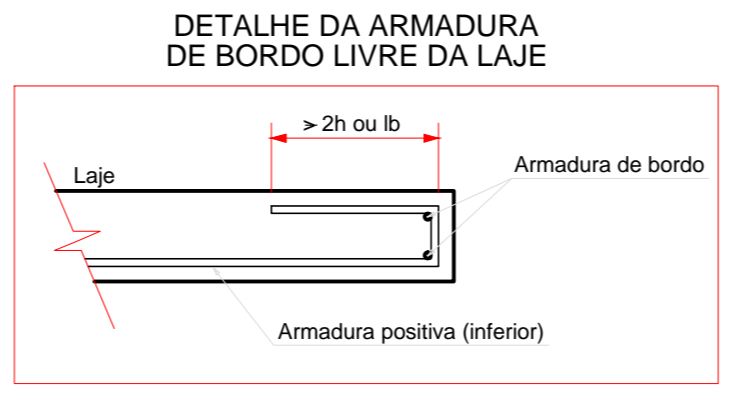
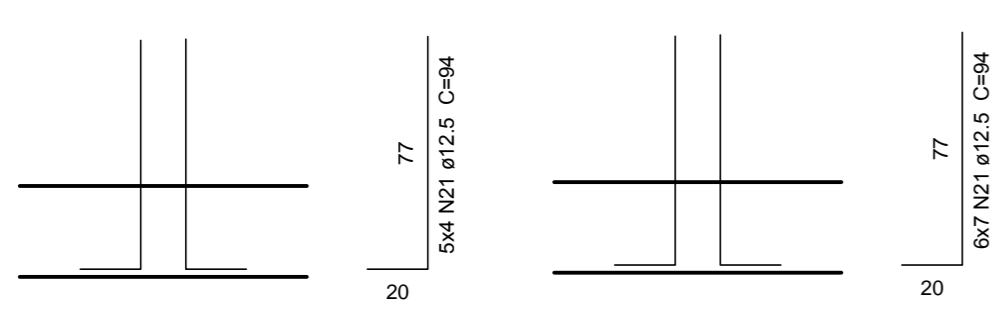


00	11/2019	Emissão Inicial		V.P.B.	M.F.T.
Nº	DATA	REVISÕES		EXECUTADO POR	RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANÍDEUA-MARITUBA PROJETO ESTRUTURAL ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 e ETA-2 RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS EDIFÍCIO DE BOMBAS - RADIER E BASES					
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO PJ_1707 COD DO DESENHO 1707-E-TA-EST-DE-123-R00		 DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA	
RESP.TEC: VICTOR PEREIRA BRAGA CREA/PA: 1518622/20	DESARROLVIMENTO: VICTOR PEREIRA BRAGA CREA/PA: 1518622/20	APROVADOR: ARIEL ZOCATELLI CREA/PA: 206198/18	DATA: Nov/2019		

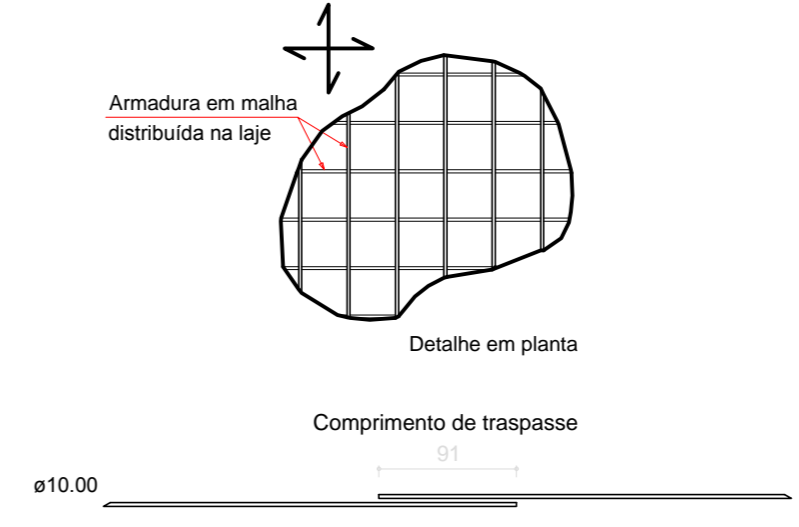
B1 a B10 (10x)
Escala 1:25 (VER NOTA 5)



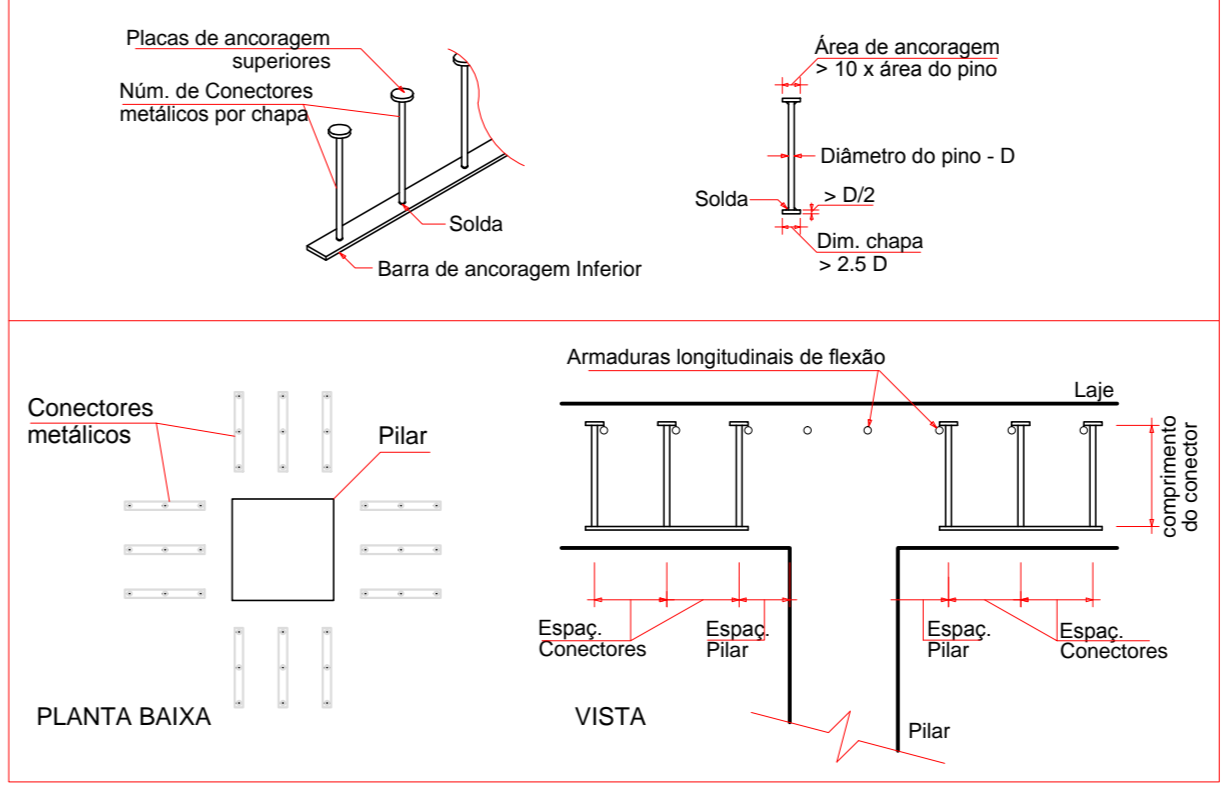
Esperas dos pilares P7, P8, P9, P10, e P11 escala 1:25



DETALHE DA ARMADURA DE MALHA BASE

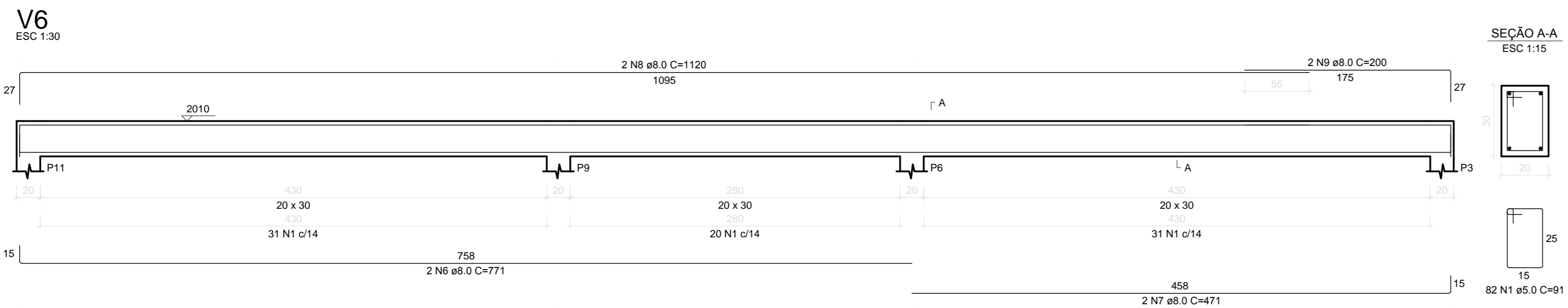
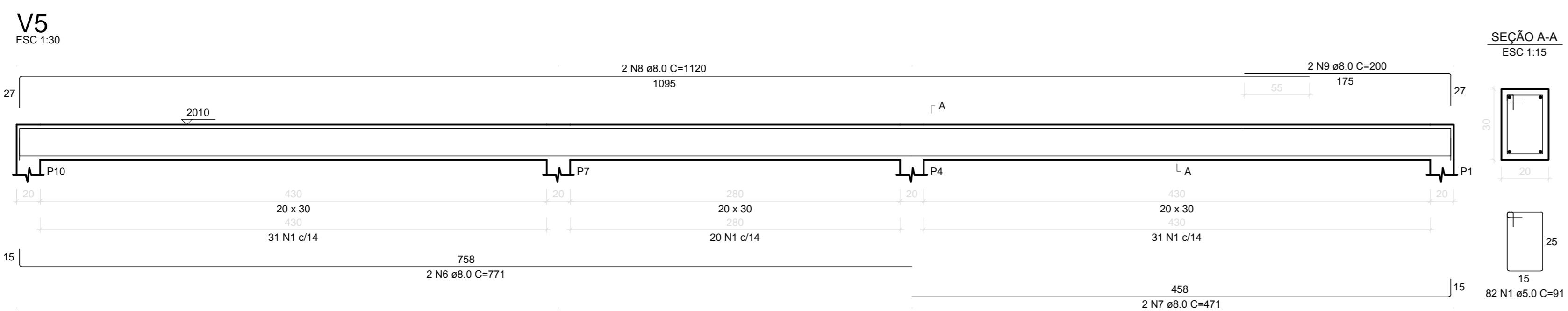
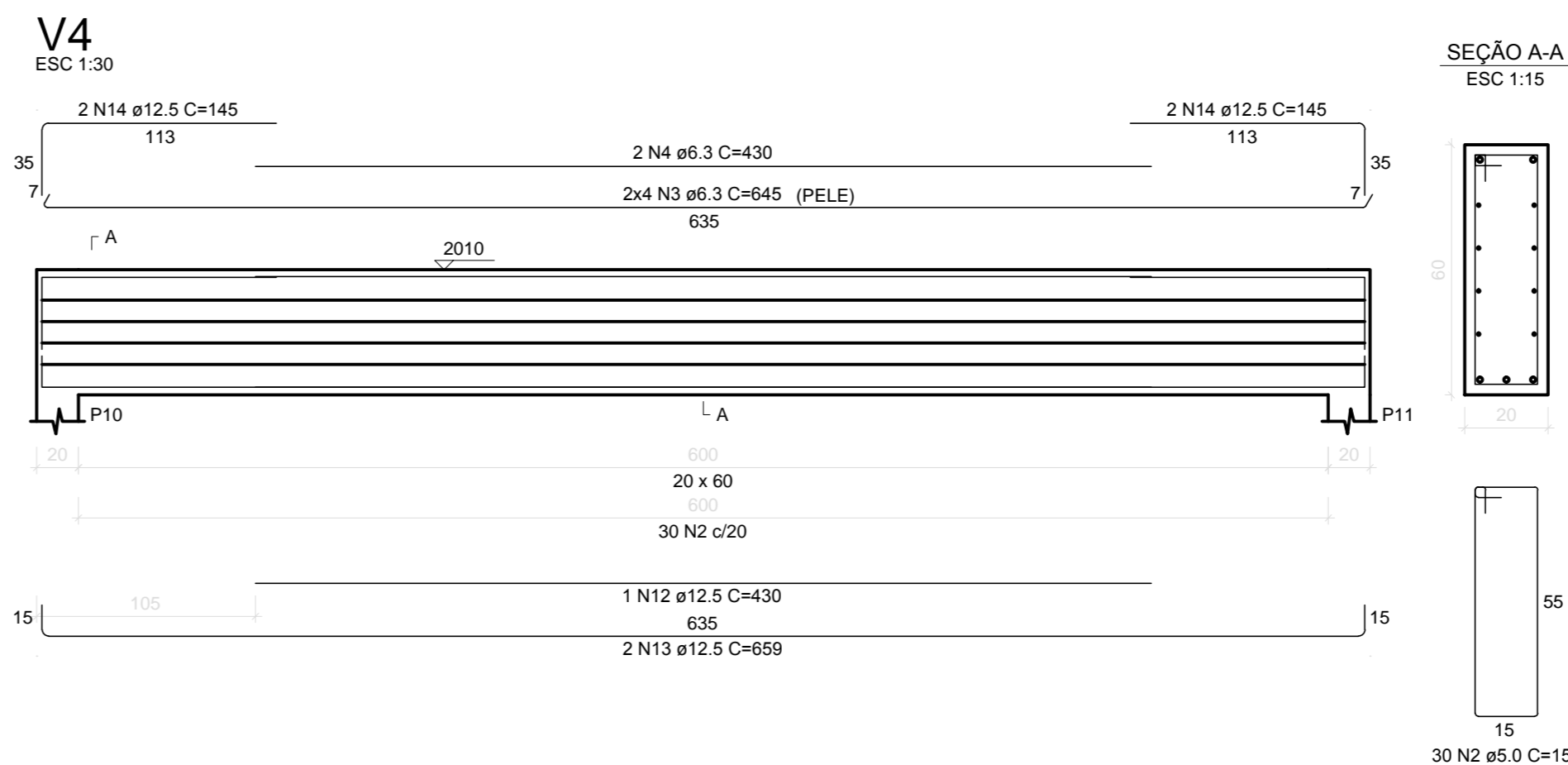
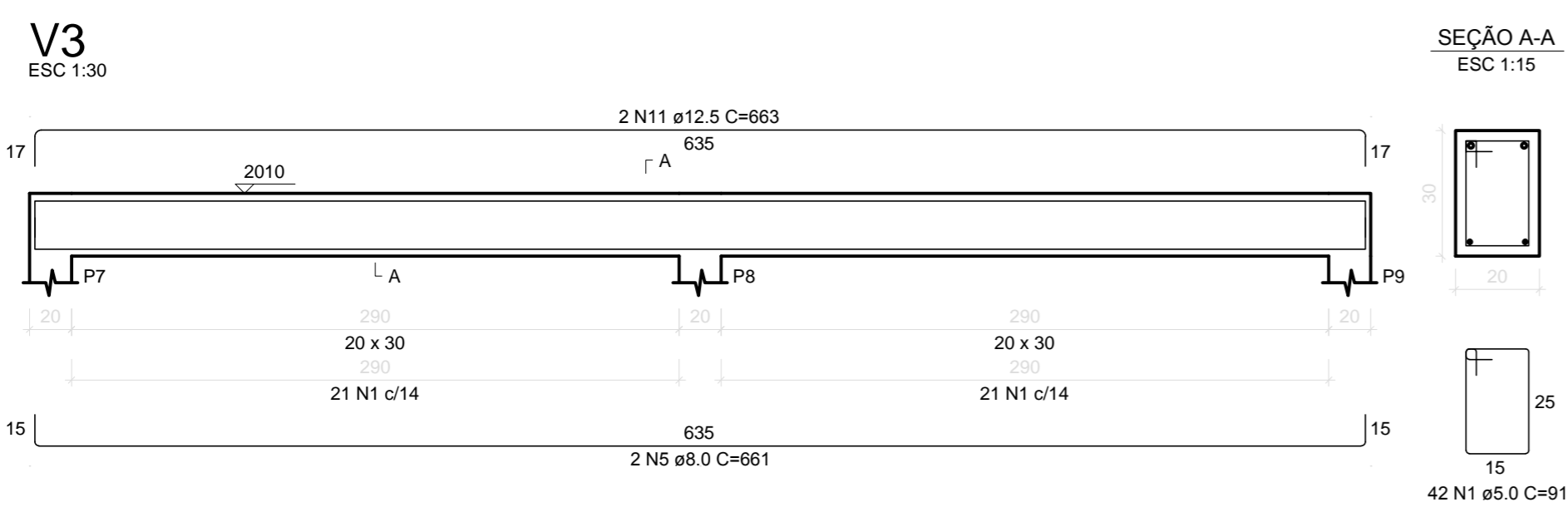
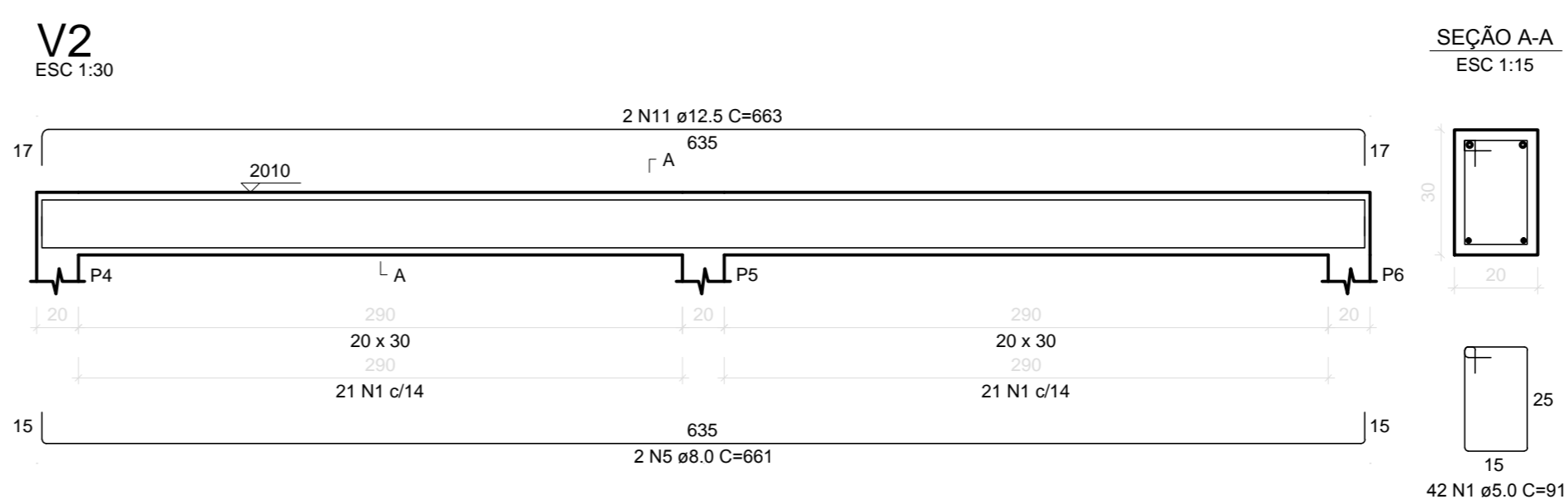
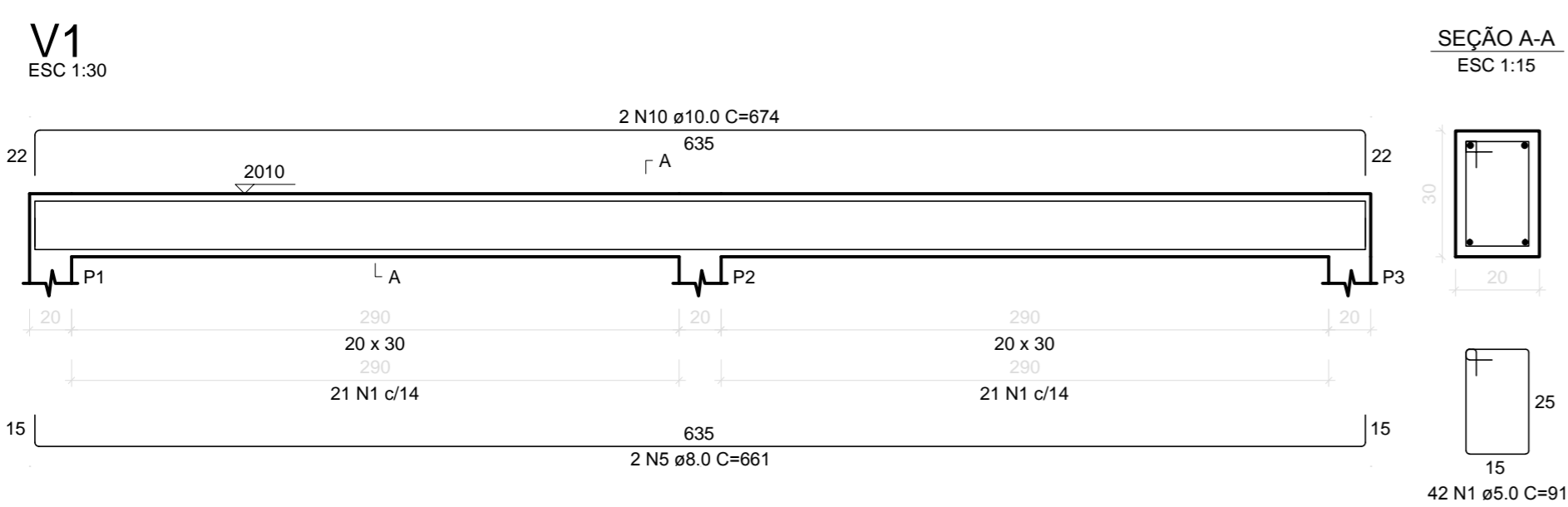


DETALHE DA ARMADURA DE PUNÇÃO



CONFIGURAÇÃO

DIAM. (mm)	QUANT.	DIAM. (mm)	QUANT.
8.0	18	10.0	26
8.0	18	10.0	26
8.0	56	10.0	56
8.0	30	10.0	38
8.0	30	10.0	38
8.0	40	10.0	40
10.0	26	10.0	26
10.0	26	10.0	26
10.0	56	10.0	56
10.0	18	10.0	18
10.0	38	10.0	38
10.0	38	10.0	38
10.0	28	10.0	28
10.0	80	10.0	80
10.0	8	10.0	8
10.0	8	10.0	8
10.0	8	10.0	8
10.0	8	10.0	8
12.5	62	12.5	62



RELAÇÃO DO AÇO

ACO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	5.0	290	81	26590
	2	6.3	30	191	4930
CA50	3	6.3	8	645	5100
	4	6.3	2	430	860
	5	8.0	6	891	3956
	6	8.0	4	771	3084
	7	8.0	4	471	1884
	8	8.0	4	1120	4480
	9	8.0	4	200	800
	10	10.0	2	674	1348
	11	12.5	4	663	2652
	12	12.5	1	430	430
	13	12.5	2	659	1318
	14	12.5	4	145	580

RESUMO DO AÇO

ACO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 0% (kg)
CA50	6.3	69.2	14.7
	8.0	142.1	66.1
	10.0	13.5	8.3
	12.5	49.6	48
CA60	5.0	309.2	47.7
PESO TOTAL		127.1	47.7

Volume de concreto (C-25) = 3.38 m³
Área de forma = 43.84 m²

- NOTAS GERAIS**
- 1 - MEDIDAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO.
 - 2 - CONCRETO ESTRUTURAL: fck ≥ 25MPa. MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE: Ecs ≥ 24.2GPa. CONSIDERANDO ALFA = 1.0 PARA GRANITO E GNAISSÉ MINERALÓGICA QUE O ESPECIFICADO, E NECESSÁRIO CONTATAR O PROJETISTA. CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 280kg/m³. FATOR MÁXIMO AGUACIMENTO: alc = 0.60. DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (VIGAS): 19.0mm(Brita 1). DIMENSÃO MÁX. AGREGADO (LAJES, PILARES): 25.0mm(Brita 2).
 - 3 - CONFIRMAR MEDIDAS E NÍVEIS NO LOCAL.
 - 4 - COBRIMENTO DAS ARMADURAS = 2.5 cm.
 - 5 - DOBRAS E GANCHOS CONFORME NBR 6118.

CONFIGURAÇÃO PLANALMONTA (CM)

1	7	0.10
2	7	0.20
3	7	0.30
4	7	0.40
5	7	0.50
6	7	0.60
7	7	0.70
8	7	0.80
9	7	0.90
10	7	1.00
11	7	1.10
12	7	1.20
13	7	1.30
14	7	1.40
15	7	1.50
16	7	1.60
17	7	1.70
18	7	1.80
19	7	1.90
20	7	2.00

00 11/2019 Emissão Inicial		V.P.B.	M.F.T.
Nº	DATA	REVISÕES	EXECUTADO POR RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANINDEUA-MARITUBA PROJETO ESTRUTURAL ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 e ETA-2 RESERVATÓRIOS E BOMBAS DOSADORAS DE PRODUTOS QUÍMICOS EDIFÍCIO DE BOMBAS - ARMADOURAS DAS VIGAS DA COBERTURA			
 ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO P.J. 1707 CDD DO DESENHO 1707-E-TA-EST-DE-124-RDD	
RESP.TEC. VICTOR PEREIRA BRAGA CREAPA: 151862220	DESENVOLVIDOR VICTOR PEREIRA BRAGA CREAPA: 151862220	AGENCIADOR VICTOR PEREIRA BRAGA CREAPA: 151862220	DATA Nov/2019
VERIFICADOR ARIEL ZOCATELLI CREA/P: 200381818	DES. DE REFERÊNCIA	ESCALA IND.	USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE COGEO

COSANPA
DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA

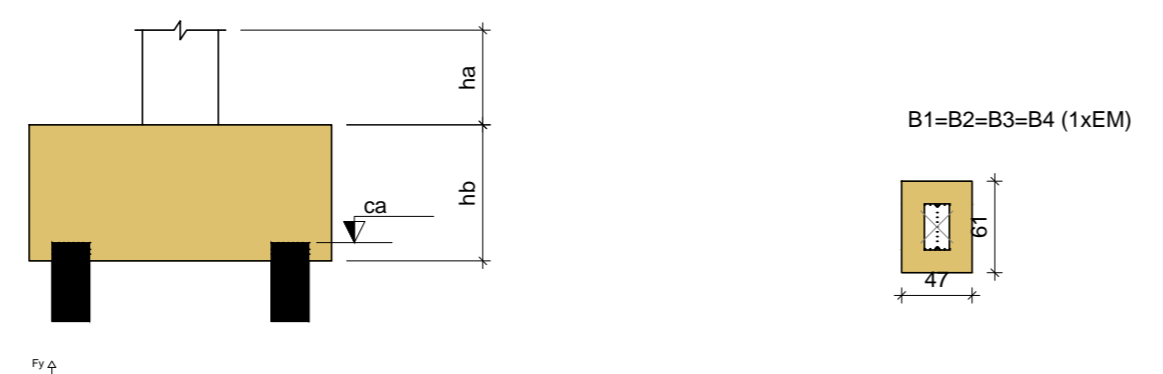


Planta de localização
escala 1:50

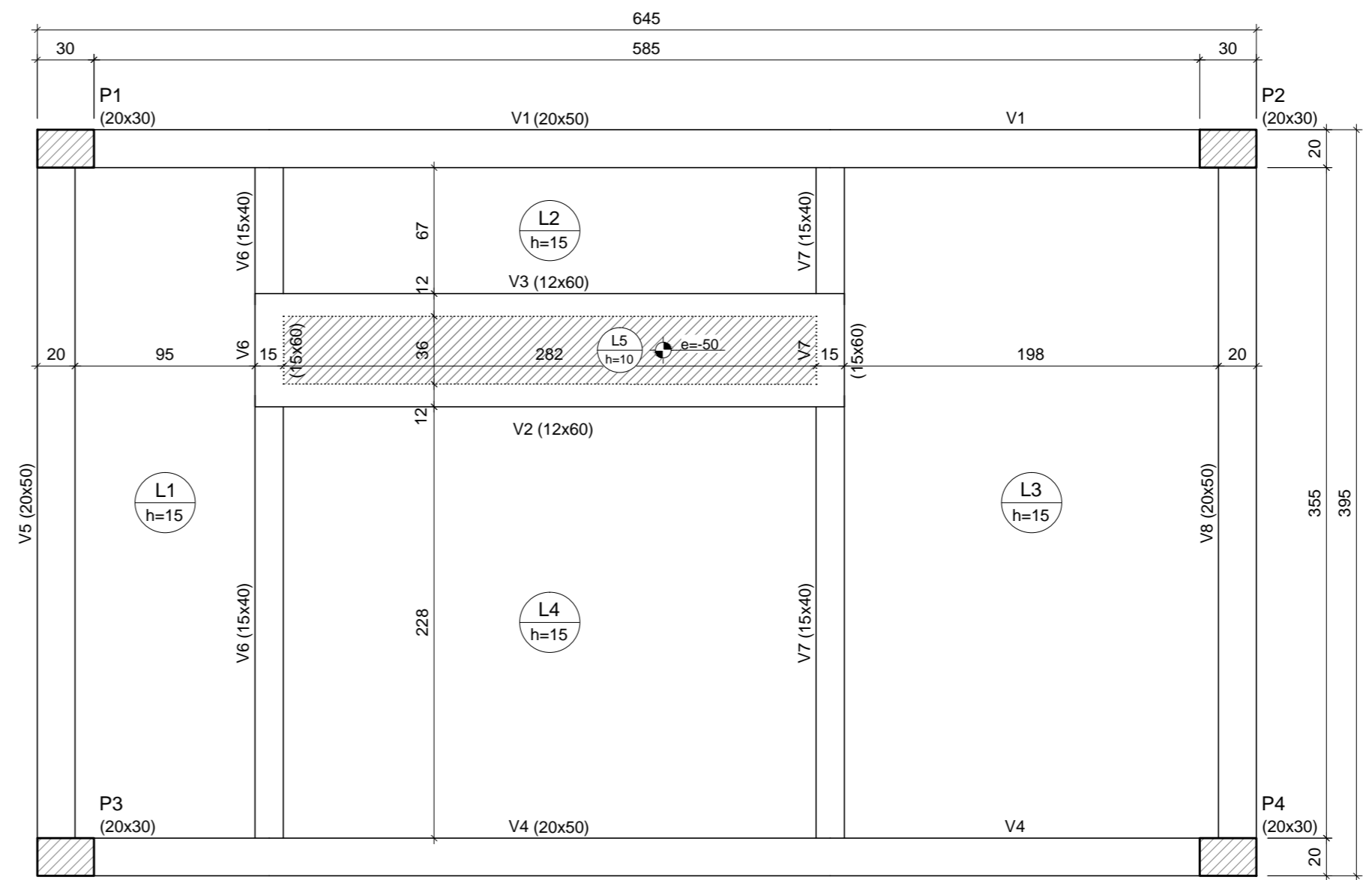
Pilar		Fundação				Bloco				
Nome	Seção (cm)	Carga Máx. (tf)	Nome	Lado B (cm)	Lado H (cm)	h0 / ha (cm)	h1 / hb (cm)	ne	Estaca	ca (cm)
P1	20x30	12.0	B1	47	61	40	65	1	EM	-90
P2	20x30	12.0	B2	47	61	40	65	1	EM	-90
P3	20x30	12.0	B3	47	61	40	65	1	EM	-90
P4	20x30	11.9	B4	47	61	40	65	1	EM	-90

Os esforços indicados nesta tabela são os valores máximos obtidos pela envoltória de todas as combinações definidas para as fundações. Para análises complementares, deve-se consultar o relatório de esforços na fundação, que apresenta os valores calculados para cada combinação.

Simbologia		Estacas				Quantidade
Nome	d (cm)	b (cm)	tw (cm)	tf (cm)		
EM	30.60	16.50	0.58	0.97	4	



Legenda dos blocos
escala 1:50

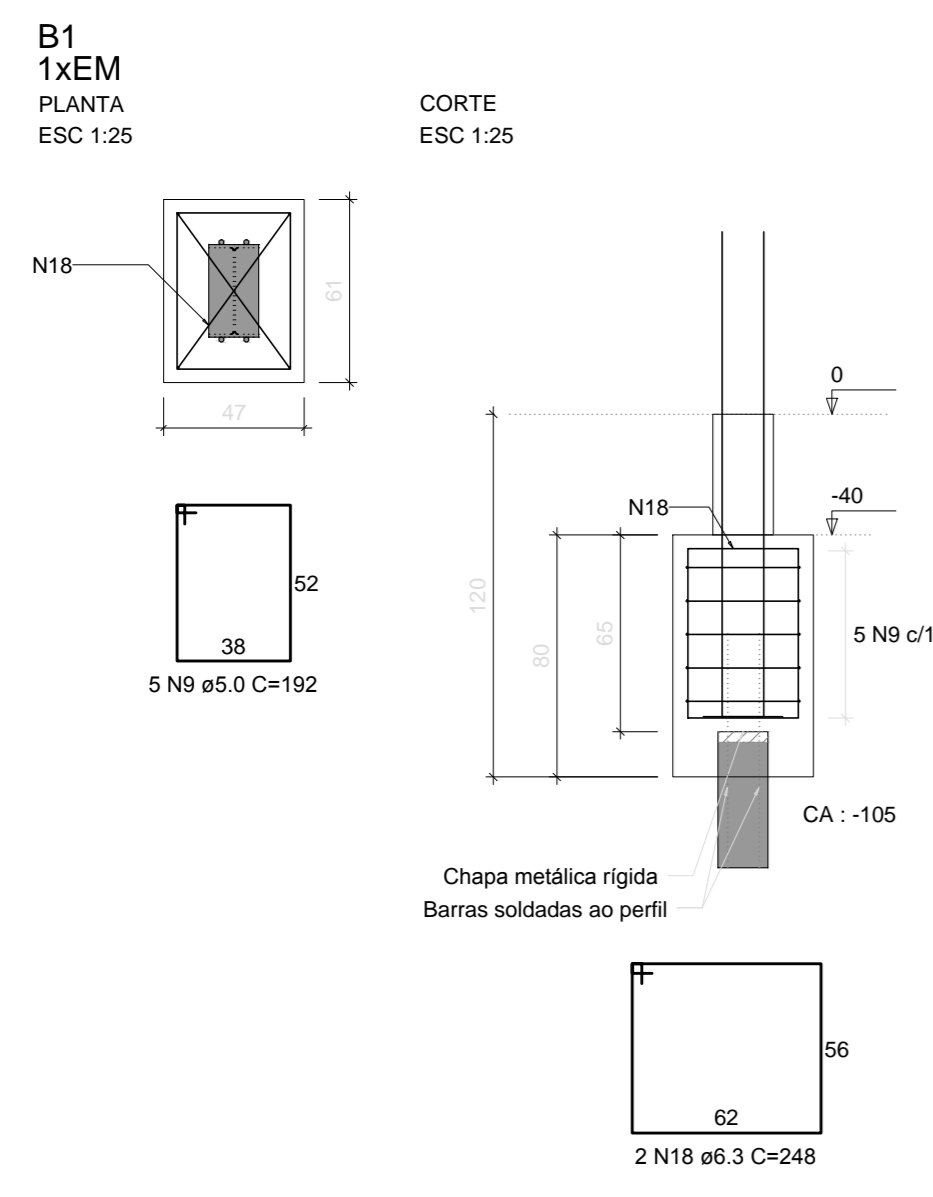


Forma do Cintamento (Nível 0)
escala 1:30

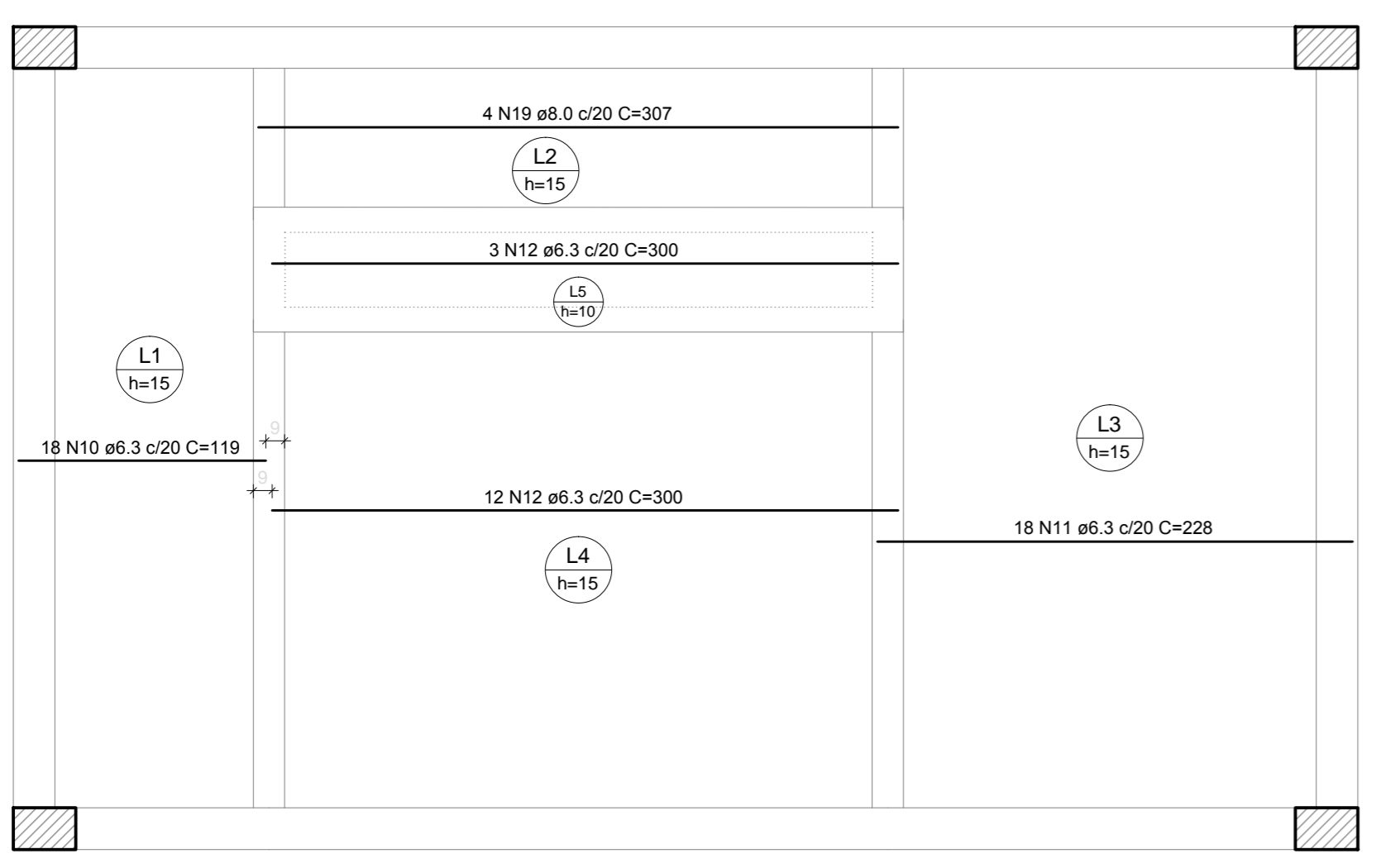
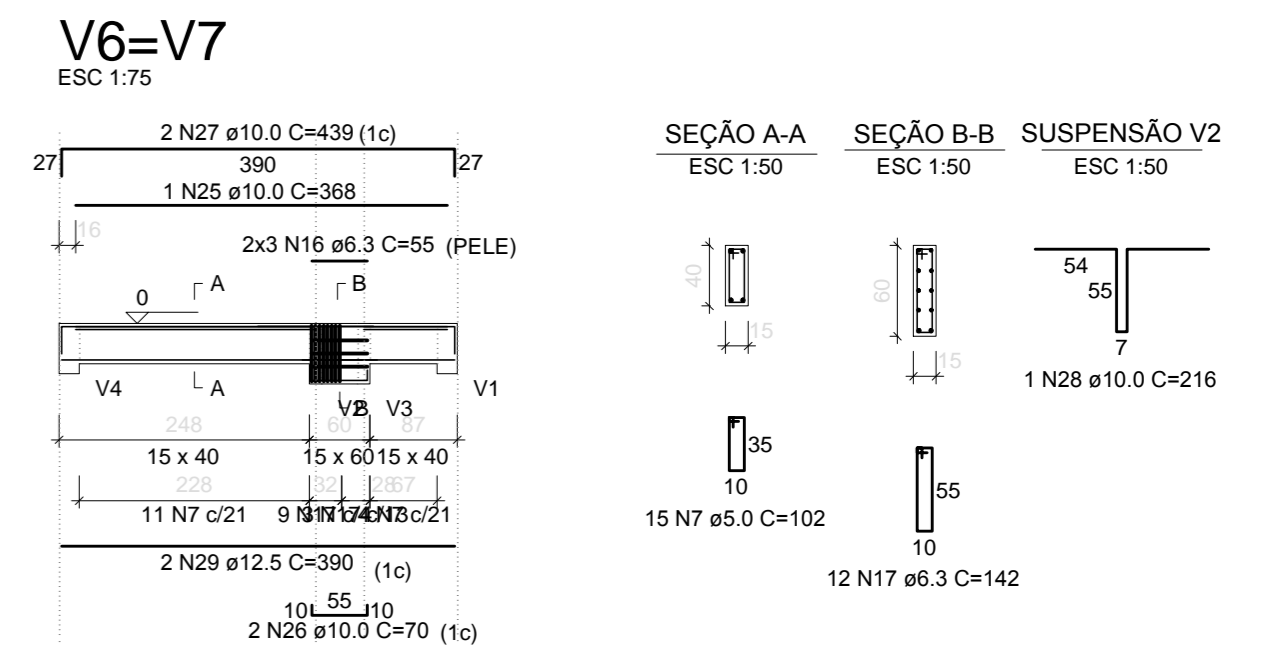
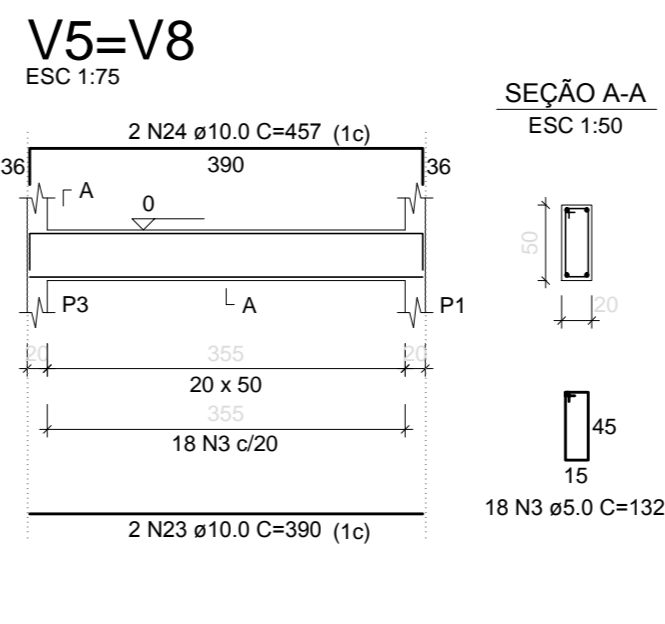
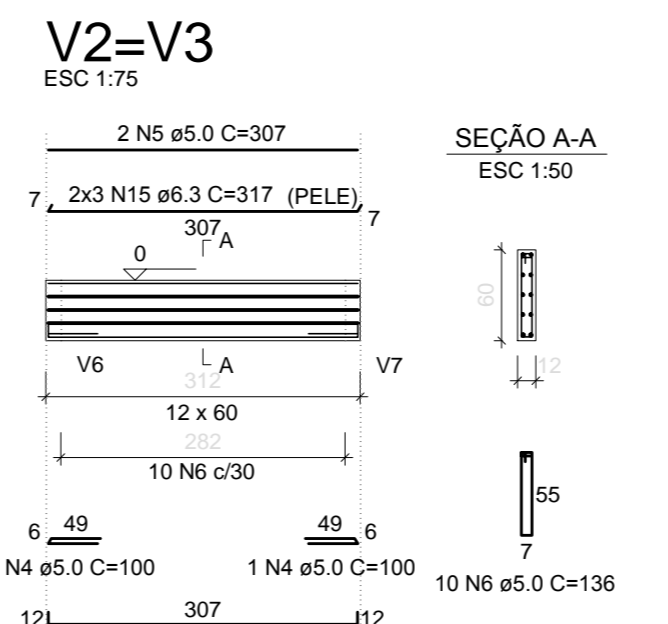
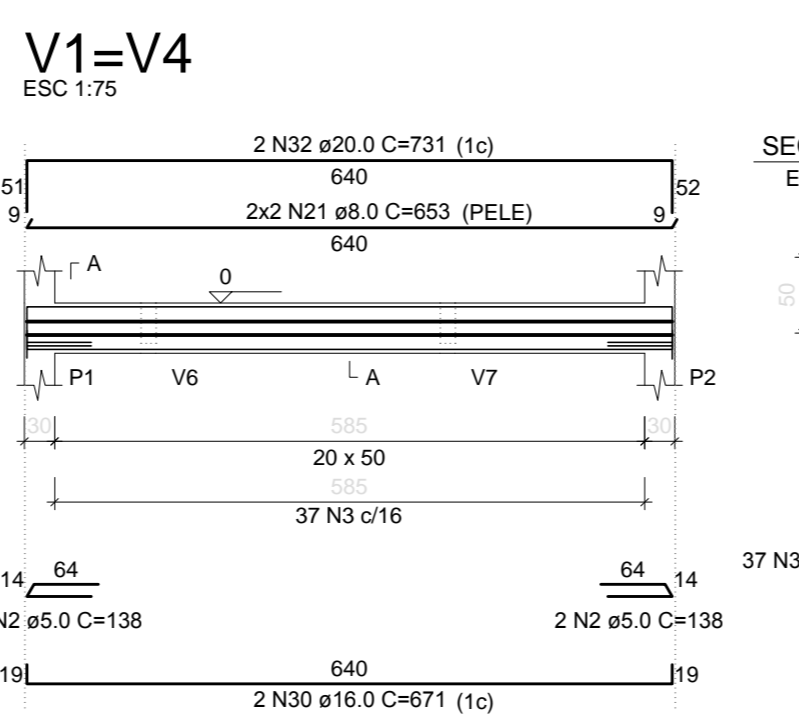
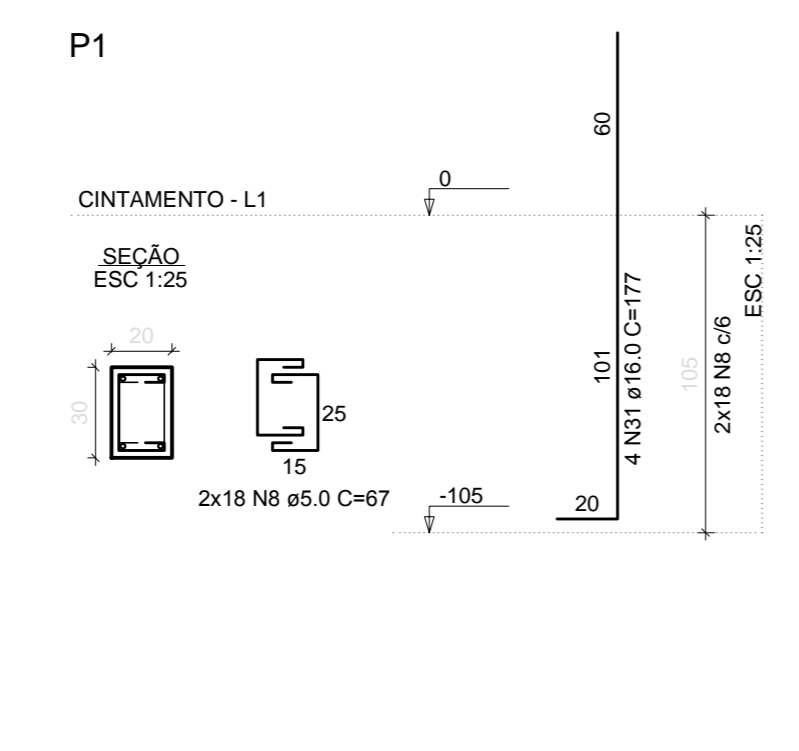
Vigas				Pilares		
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Nome	Seção (cm)	Nível (cm)
V1	20x50	0	0	P1	20x30	0
V2	12x60	0	0	P2	20x30	0
V3	12x60	0	0	P3	20x30	0
V4	20x50	0	0	P4	20x30	0
V5	20x50	0	0			
V6	15x40	0	0			
V7	15x40	0	0			
V8	20x50	0	0			

Lajes					
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)
L1	Maciça	15	0	0	375
L2	Maciça	15	0	375	100
L3	Maciça	15	0	375	100
L4	Maciça	15	0	375	100
L5	Maciça	10	-50	-50	250

Sobrecargas (kgf/m²)					
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)
					Adicional
					Acidental



Aviso - Bloco com estaca metálica. Prever dimensionamento da ligação estaca-bloco.



Armação positiva das lajes do Cintamento (Eixo X)
escala 1:30



Armação positiva das lajes do Cintamento (Eixo Y)
escala 1:30

Relação do aço

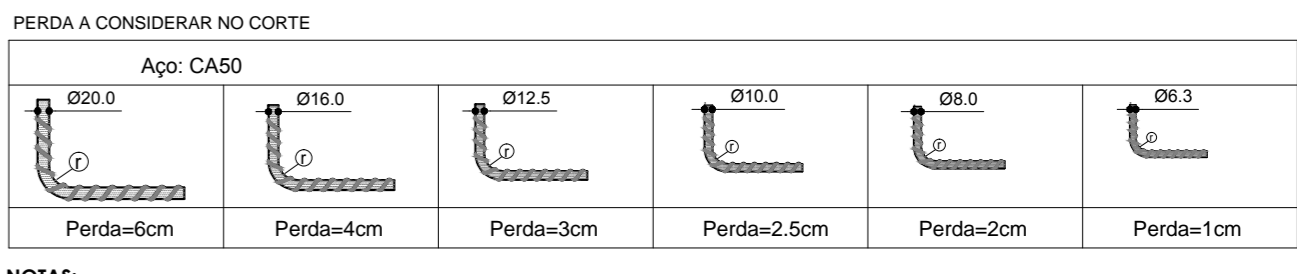
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.LIMIT (mm)	C.TOTAL (cm)
CABO	1	5.0	15	54	810
	2	5.0	8	138	1104
	3	5.0	110	132	14520
	4	5.0	4	100	400
	5	5.0	4	307	1228
	6	5.0	20	136	2720
	7	5.0	30	102	3060
	8	5.0	144	87	9548
	9	5.0	20	192	3840
	10	6.3	18	119	2142
	11	6.3	18	228	4104
	12	6.3	18	300	4500
	13	6.3	15	390	5850
	14	6.3	14	255	3870
	15	6.3	12	517	3804
	16	6.3	12	95	588
	17	6.3	24	142	3408
	18	6.3	9	249	1984
	19	6.3	4	307	1228
	20	6.0	9	95	855
	21	6.0	8	653	5224
	22	10.0	4	326	1304
	23	10.0	4	326	1304
	24	10.0	4	457	1828
	25	10.0	2	368	736
	26	10.0	4	70	280
	27	10.0	4	438	1752
	28	10.0	2	216	432
	29	12.5	4	390	1560
	30	16.0	4	671	2684
	31	16.0	18	177	3386
	32	20.0	4	731	2924

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (cm)	PESO (kg)
CABO	6.3	390.3	73.5
	8.0	73.1	28.9
	10.0	79	48.7
	12.5	19.6	18
	16.0	55.2	87.1
	20.0	29.3	72.1
CABO	5.0	373.3	57.6
PESO TOTAL (kg)			
CABO	325.3		
CABO	47.6		

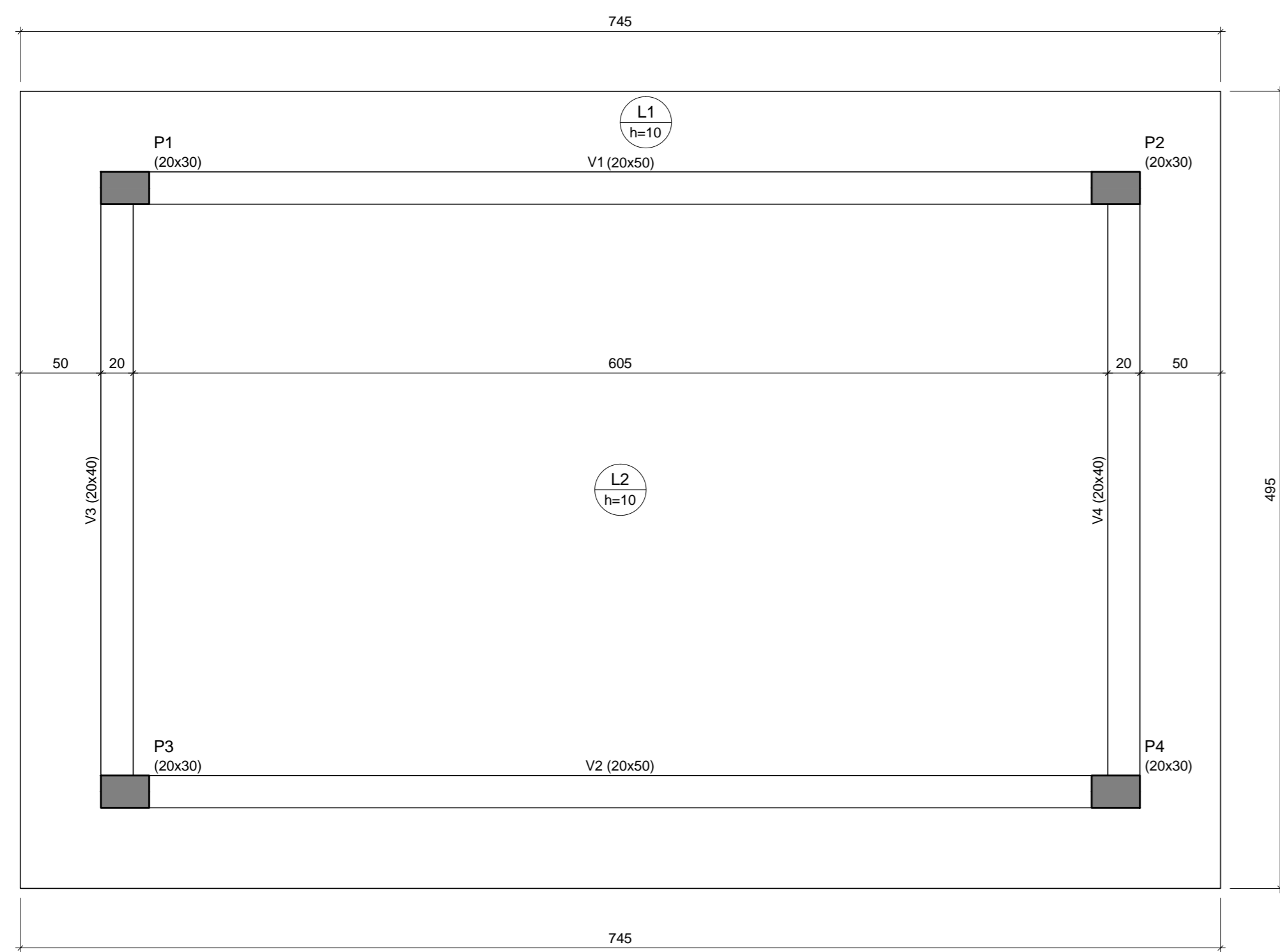
Volume de concreto (C-25) = 8.82 m³
Área de forma = 67.72 m²

Obs: o comprimento total da barra apresentada na tabela de relação de aço é o comprimento de corte. Já o comprimento dos trechos equivale ao comprimento do trecho reto medido pela parte externa da armadura



- NOTAS:**
- 1 - COTAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO EXCETO ONDE INDICADO.
 - 2 - ESTE PROJETO ESTÁ DE ACORDO COM AS PRESCRIÇÕES DA NBR-6118/2014. A EXECUÇÃO DA ESTRUTURA DEVERÁ OBEDECER A NBR 14931/2003 E O CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO A NBR 12655/2006.
 - 3 - ANTES DA EXECUÇÃO DA OBRA, ESTE PROJETO DEVERÁ SER ANALISADO JUNTO COM O PROJETO ARQUITETÔNICO E OUTROS COMPLEMENTARES, SENDO VERIFICADAS INTERFERÊNCIAS EVENTUAIS.
 - 4 - DEVERÁ SER DADA ESPECIAL ATENÇÃO AO PROJETO DE CIMBRAMENTO E DESCIMBRAMENTO PARA EVITAR DEFORMAÇÕES EXCESSIVAS NA ESTRUTURA, QUANDO SUBMETIDA ÀS CARGAS ATUANTES DURANTE A OBRA, TAIS COMO: PESO DO CONCRETO LANÇADO, PESO PRÓPRIO DAS FORMAS E ESCORAMENTOS E AINDA OUTRAS CARGAS ACIDENTAIS QUE POSSAM ATUAR.
 - 5 - CLASSE DE AGRESSIVIDADE II E DE ACORDO COM A NORMA NBR-6118/2014 TAB 6.1 ITEM 6.4.2. RELAÇÃO ÁGUA/CEMENTO ≤= 0.40 ITEM 7.4.2 TAB 7.1
 - 5.1 - COBRIMENTO:
 - a) VIGAS = 2.0 cm
 - b) LAJES = 2.0 cm
 - 6 - CONTROLE RIGOROSO NAS DIMENSÕES DOS ELEMENTOS E SEUS RESPECTIVOS COBRIMENTOS
 - 7 - CONCRETO C=25 MPa, LASTRO DE CONCRETO 12 MPa e=4 cm e CAMADA DE BETA DE 10 cm.
 - 8 - QUALQUER ALTERAÇÃO EVENTUALMENTE FEITA NESTE PROJETO SEM A AUTORIZAÇÃO ESCRITA DO PROJETISTA, EXIME-O DA RESPONSABILIDADE SOBRE O MESMO.

00 11/2019 EMISSÃO INICIAL		V.P.B.	M.F.T.
1º DATA	REVISÕES	EXECUTADO POR	RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ			
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA			
PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANINDEUA-MARITUBA			
PROJETO ESTRUTURAL			
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA1 E ETA2			
SALA ELÉTRICA			
LOCAÇÃO, FORMA E ARMADURA DA FUNDAÇÃO E CINTAMENTO			
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO PJ.1707	DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA
RESPEC.:	DESENVOLVIMENTO:	AGENCIADOR:	DATA:
VICTOR FERREIRA BRAGA CEA/PA 19188/2021	ABEL ZOCATELLI CEA/PA 08018/13	DES. DE REFERÊNCIA:	Maio/2019
VERIFICAÇÃO:	DES. DE REFERÊNCIA:	ESCALA:	
VICTOR FERREIRA BRAGA CEA/PA 19188/2021	ABEL ZOCATELLI CEA/PA 08018/13		

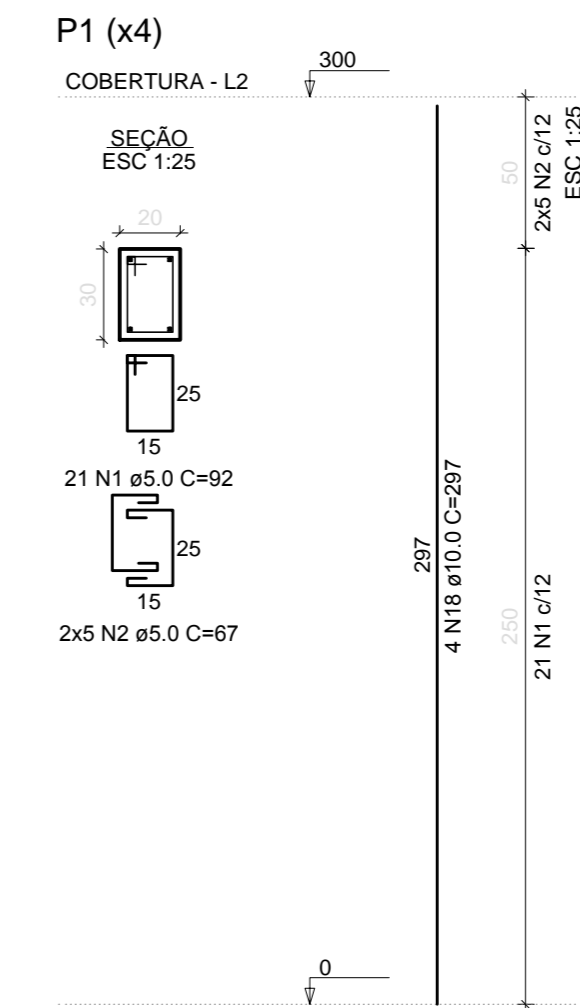
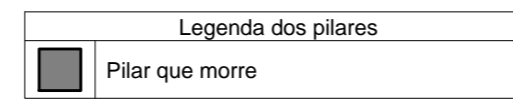


Forma da Cobertura (Nível 300)
escala 1:30

Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V1	20x50	0	300
V2	20x50	0	300
V3	20x40	0	300
V4	20x40	0	300
V1.1	20x10	0	300
V2.1	20x10	0	300

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x30	0	300
P2	20x30	0	300
P3	20x30	0	300
P4	20x30	0	300

Lajes							
Nome	Tipo	Altura (cm)	Dados		Sobrecarga (kgf/m²)		
			Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Adicional	Acidental
L1	Maciça	10	0	300	250	182	50
L2	Maciça	10	0	300	250	182	50
L1.1	Maciça	10	0	300	250	182	50



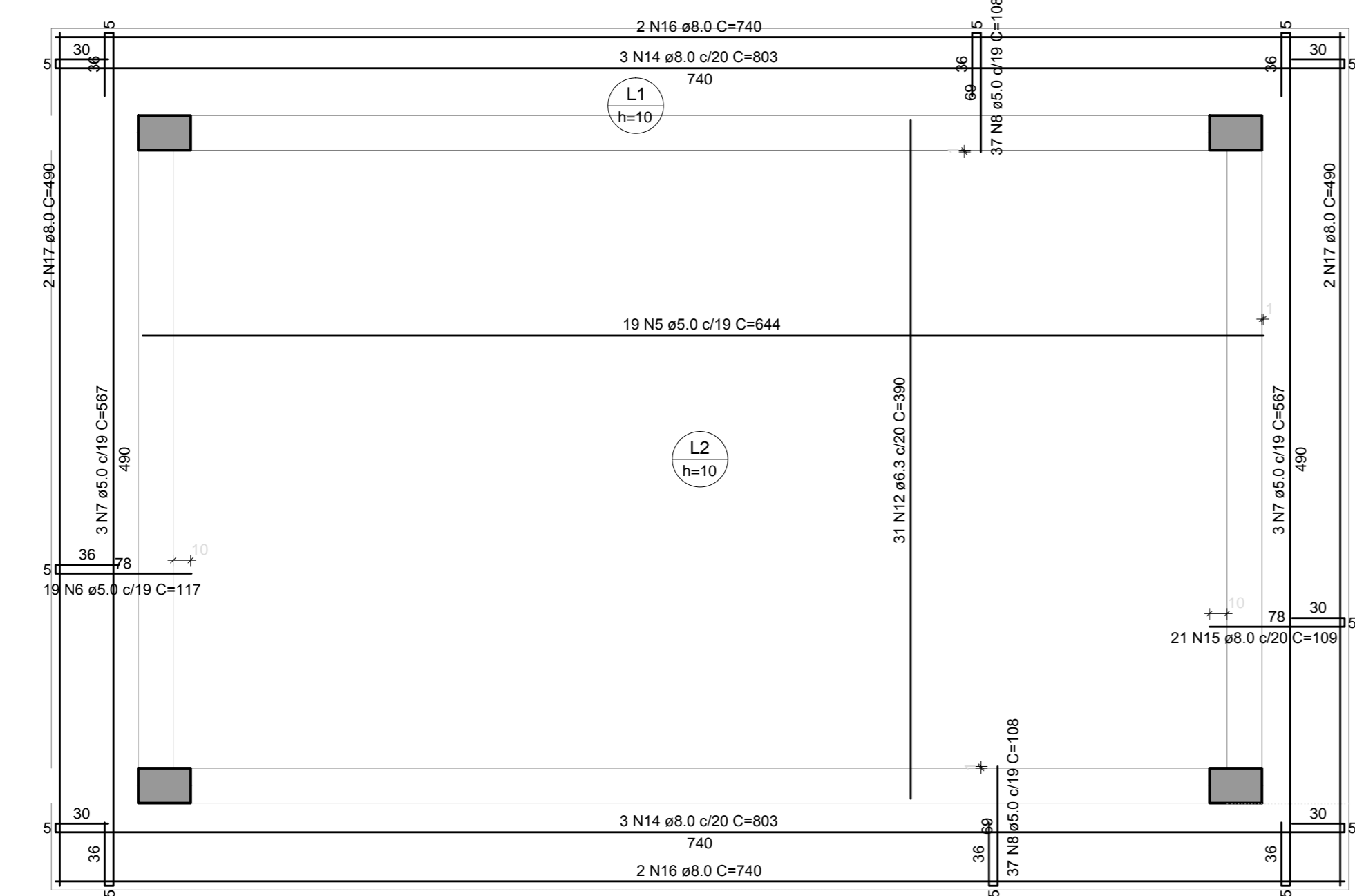
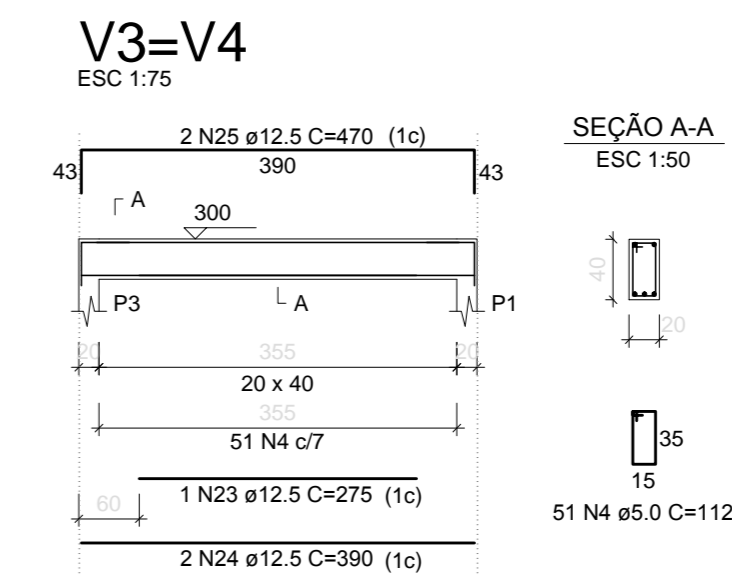
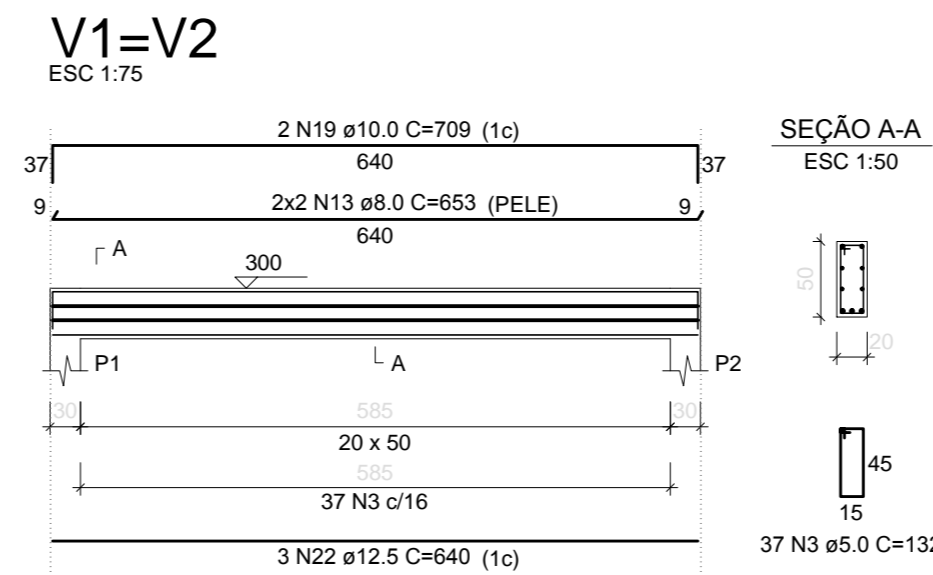
Relação do aço

ACO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CASO	1	5.0	21	92	1932
	2	5.0	10	67	670
	3	5.0	74	132	9768
	4	5.0	102	112	11424
	5	5.0	19	644	12236
	6	5.0	19	117	2223
	7	5.0	6	567	3402
	8	5.0	74	106	7902
	9	5.0	30	49	1490
	10	5.0	22	375	8250
	11	5.0	16	635	10000
	12	6.3	31	380	12050
	13	6.3	6	853	5118
	14	8.0	6	603	3618
	15	8.0	21	109	2289
	16	8.0	4	740	2960
	17	8.0	4	400	1600
	18	10.0	16	297	4752
	19	10.0	4	709	2836
	20	10.0	12	94	1128
	21	10.0	82	149	12218
	22	12.5	6	640	3840
	23	12.5	2	275	550
	24	12.5	4	360	1440
	25	12.5	4	470	1880
	26	12.5	36	190	6840

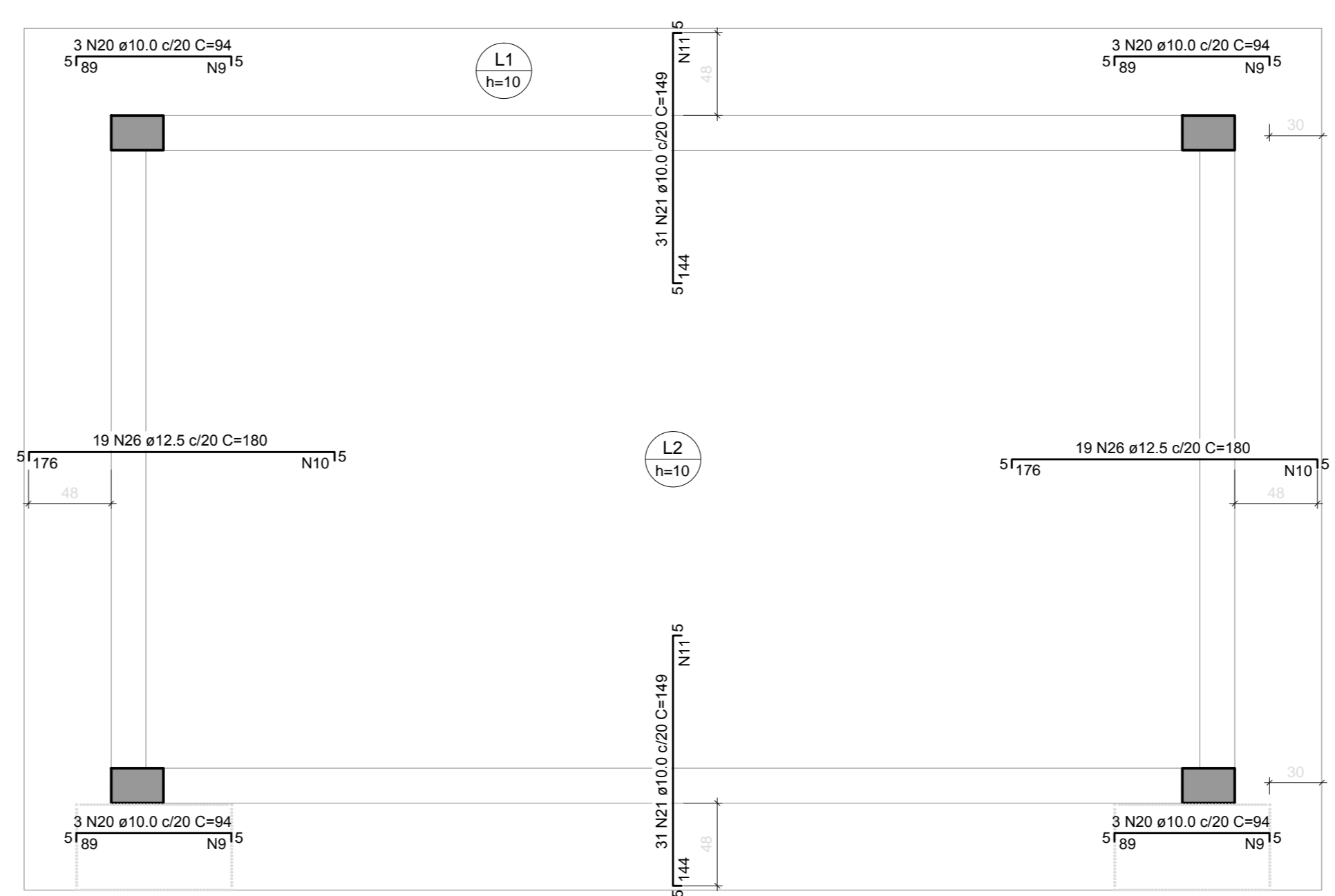
Resumo do aço

ACO	DIAM (mm)	C.TOTAL (cm)	PESO (kg)
CASO	5.0	120.9	29.6
	8.0	172.6	68.1
	10.0	179.6	110.7
	12.5	146.7	141.3
	5.0	766.9	118.2
PESO TOTAL (kg)			
CASO			360.5
CASO			118.8

Volume de concreto (C-25) = 5.52 m³
Área de forma = 70.67 m²



Armação positiva das lajes da Cobertura
escala 1:30

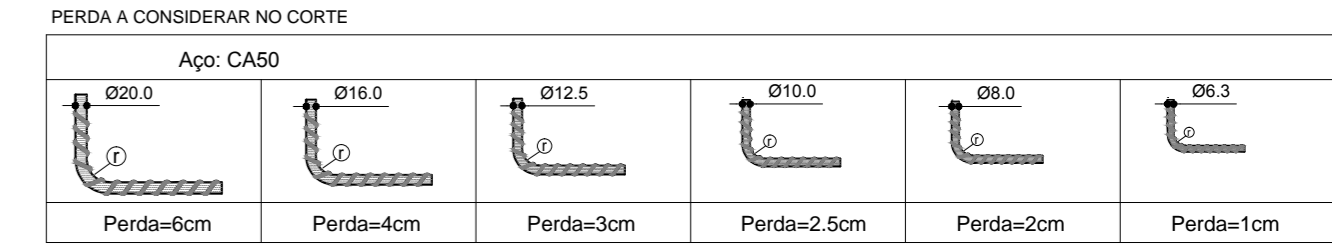


Armação negativa das lajes da Cobertura
escala 1:30

Armaduras de distribuição

Armadura	Armadura de distribuição
N20	5 N9 ø5.0 c/20 C=49
N20	5 N9 ø5.0 c/20 C=49
N20	5 N9 ø5.0 c/20 C=49
N20	5 N9 ø5.0 c/20 C=49
N26	11 N10 ø5.0 c/16 C=375
N21	8 N11 ø5.0 c/20 C=625
N21	8 N11 ø5.0 c/20 C=625

Obs: o comprimento total da barra apresentada na tabela de relação de aço é o comprimento de corte. Já o comprimento dos trechos equivale ao comprimento do trecho reto medido pela parte externa da armadura.

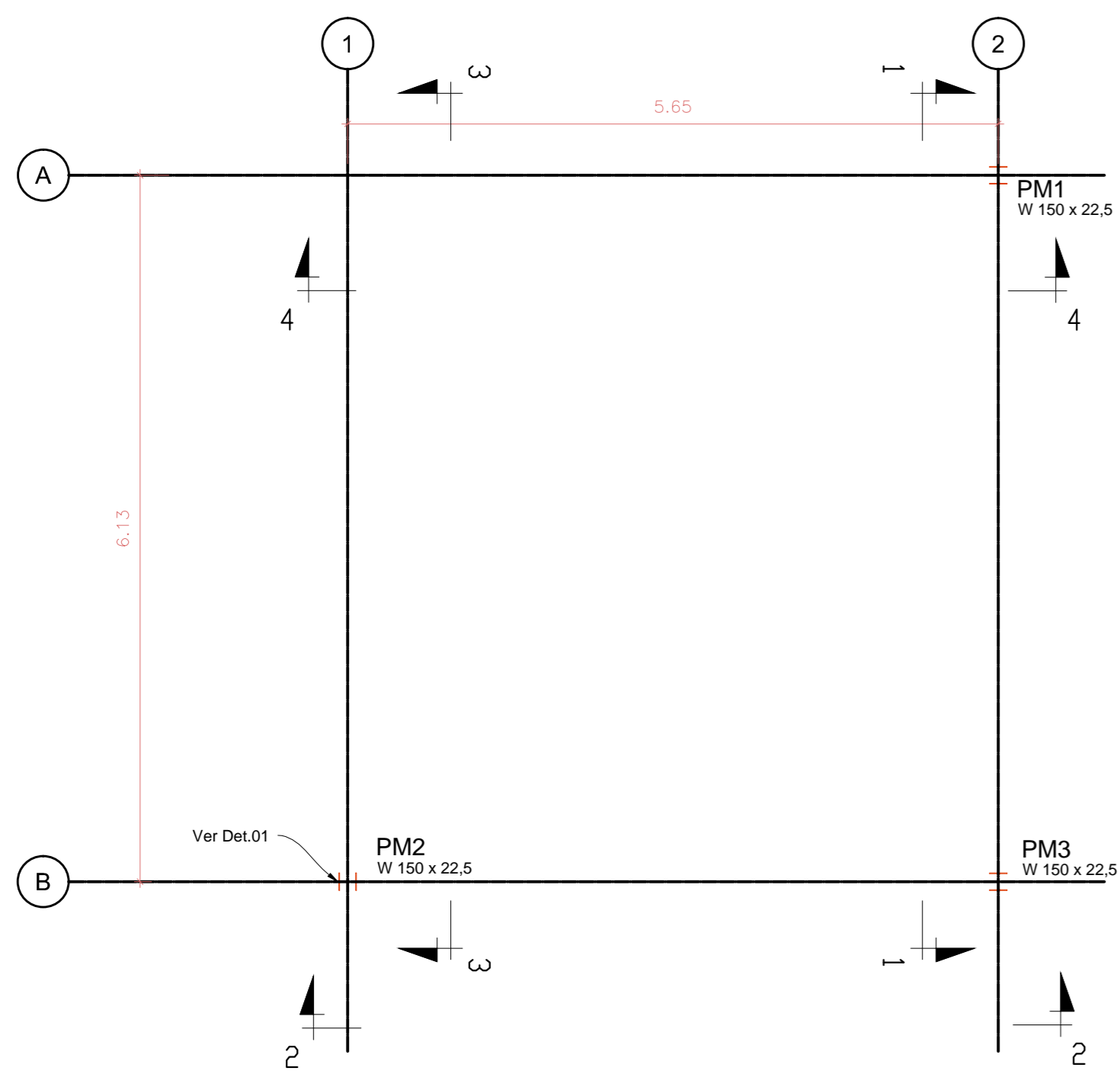


- NOTAS:
- COTAS EM CENTÍMETRO, NÍVEIS EM METRO EXCETO ONDE INDICADO.
 - ESTE PROJETO ESTÁ DE ACORDO COM AS PRESCRIÇÕES DA NBR-6118/2014. A EXECUÇÃO DA ESTRUTURA DEVERÁ OBEDECER A NBR 14931/2003 E O CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO A NBR 12655/2004.
 - ANTES DA EXECUÇÃO DA OBRA, ESTE PROJETO DEVERÁ SER ANALISADO JUNTO COM O PROJETO ARQUITETÔNICO E OUTROS COMPLEMENTARES, SENDO VERIFICADAS INTERFERÊNCIAS EVENTUAIS.
 - DEVERÁ SER DADA ESPECIAL ATENÇÃO AO PROJETO DE CIMBRAMENTO E DESCIMBRAMENTO PARA EVITAR DEFORMAÇÕES EXCESSIVAS NA ESTRUTURA, QUANDO SUBMETIDA ÀS CARGAS ATUANTES DURANTE A OBRA, TAIS COMO: PESO DO CONCRETO LANÇADO, PESO PRÓPRIO DAS FORMAS E ESCORAMENTOS E AINDA OUTRAS CARGAS ACIDENTAIS QUE POSSAM ATUAR.
 - CLASSE DE AGRESSIVIDADE II DE ACORDO COM A NORMA NBR-6118/2014 TAB. 6.1 ITEM 6.4.2. RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO <= 0.40 ITEM 7.4.2 TAB 7.1
 - COBRIMENTO:
 - VIGAS = 2.0 cm
 - LAJES = 2.0 cm
 - CONTROLE RIGOROSO NAS DIMENSÕES DOS ELEMENTOS E SEUS RESPECTIVOS COBRIMENTOS
 - CONCRETO C=25 MPa. LASTRO DE CONCRETO 12 MPa ø=5 cm e CAMADA DE BETA DE 10 cm.
 - QUALQUER ALTERAÇÃO EVENTUALMENTE FEITA NESTE PROJETO SEM A AUTORIZAÇÃO ESCRITA DO PROJETISTA, EXIME-O DA RESPONSABILIDADE SOBRE O MESMO.

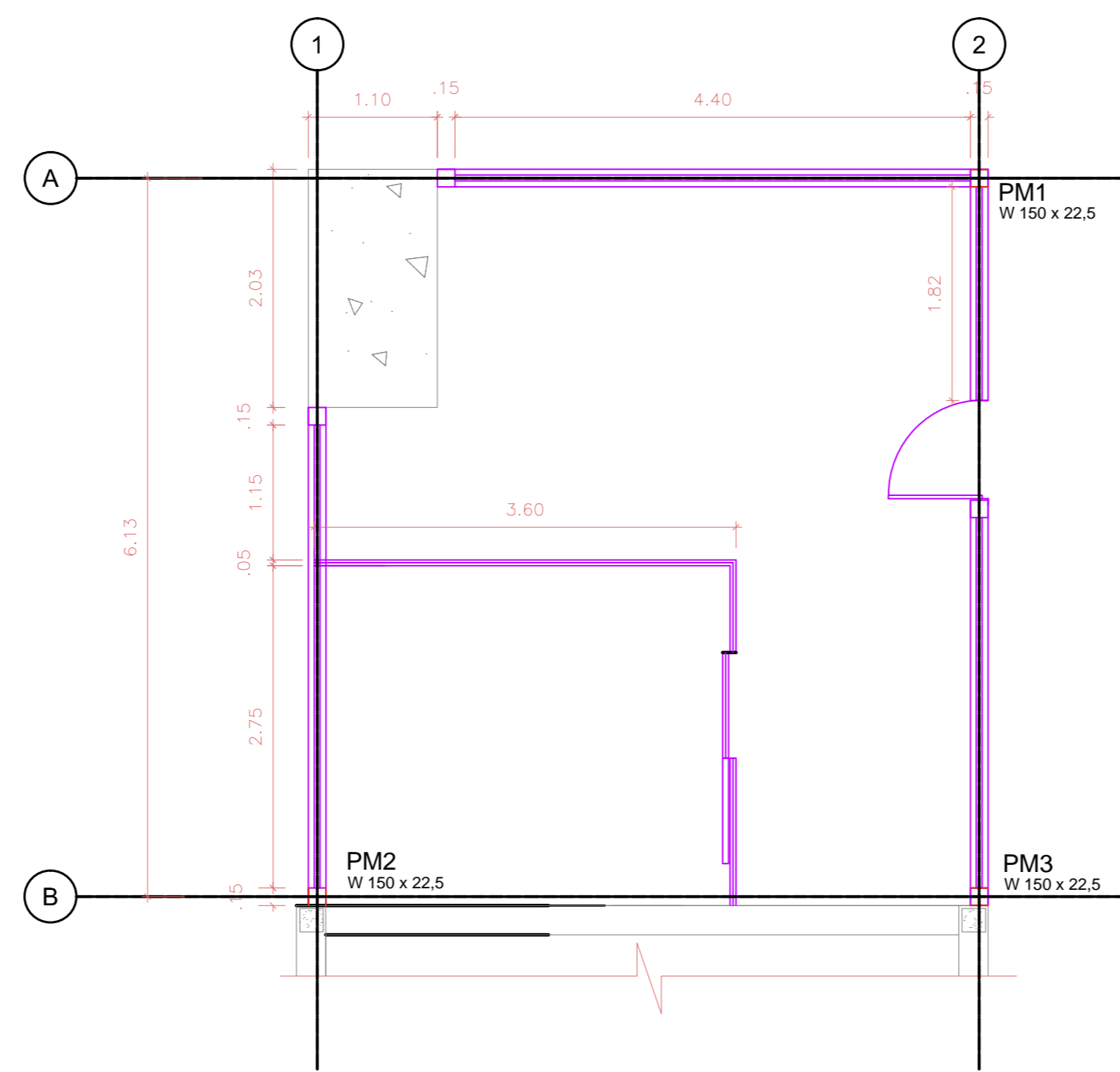
CONFIGURAÇÃO

DIÁMETRO (mm)	QUANTIDADE	COMPRIMENTO (cm)	PESO (kg)
5.0	21	92	1932
5.0	10	67	670
5.0	74	132	9768
5.0	102	112	11424
5.0	19	644	12236
5.0	19	117	2223
5.0	6	567	3402
5.0	74	106	7902
5.0	30	49	1490
5.0	22	375	8250
5.0	16	635	10000
6.3	31	380	12050
6.3	6	853	5118
8.0	6	603	3618
8.0	21	109	2289
8.0	4	740	2960
8.0	4	400	1600
10.0	16	297	4752
10.0	4	709	2836
10.0	12	94	1128
10.0	82	149	12218
12.5	6	640	3840
12.5	2	275	550
12.5	4	360	1440
12.5	4	470	1880
12.5	36	190	6840

00	11/2019	EMISSÃO INICIAL		V.P.B.	M.F.T.
Nº	DATA	REVISÕES		EXECUTADO POR	RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANINDEUA-MARITUBA PROJETO ESTRUTURAL ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA1 E ETA2 SALA ELÉTRICA FORMA E ARMADURA DA COBERTURA					
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO COD DO PROJETO: PJ_1707 COD DO DESENHO: 1006-TAEST-08-000		DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE COGEO	
RESP.TEC:	DESARROLVIMENTO:	AGENCIADOR:	DATA:		
VICTOR PEREIRA BRAGA CRA-PA 191802220	VICTOR PEREIRA BRAGA CRA-PA 191802220		Nov/2019		
VERIFICADO:	DES. DE REFERÊNCIA:	ESCALA:			
ANIL ZUCATELLI CRA-SP 081300113					

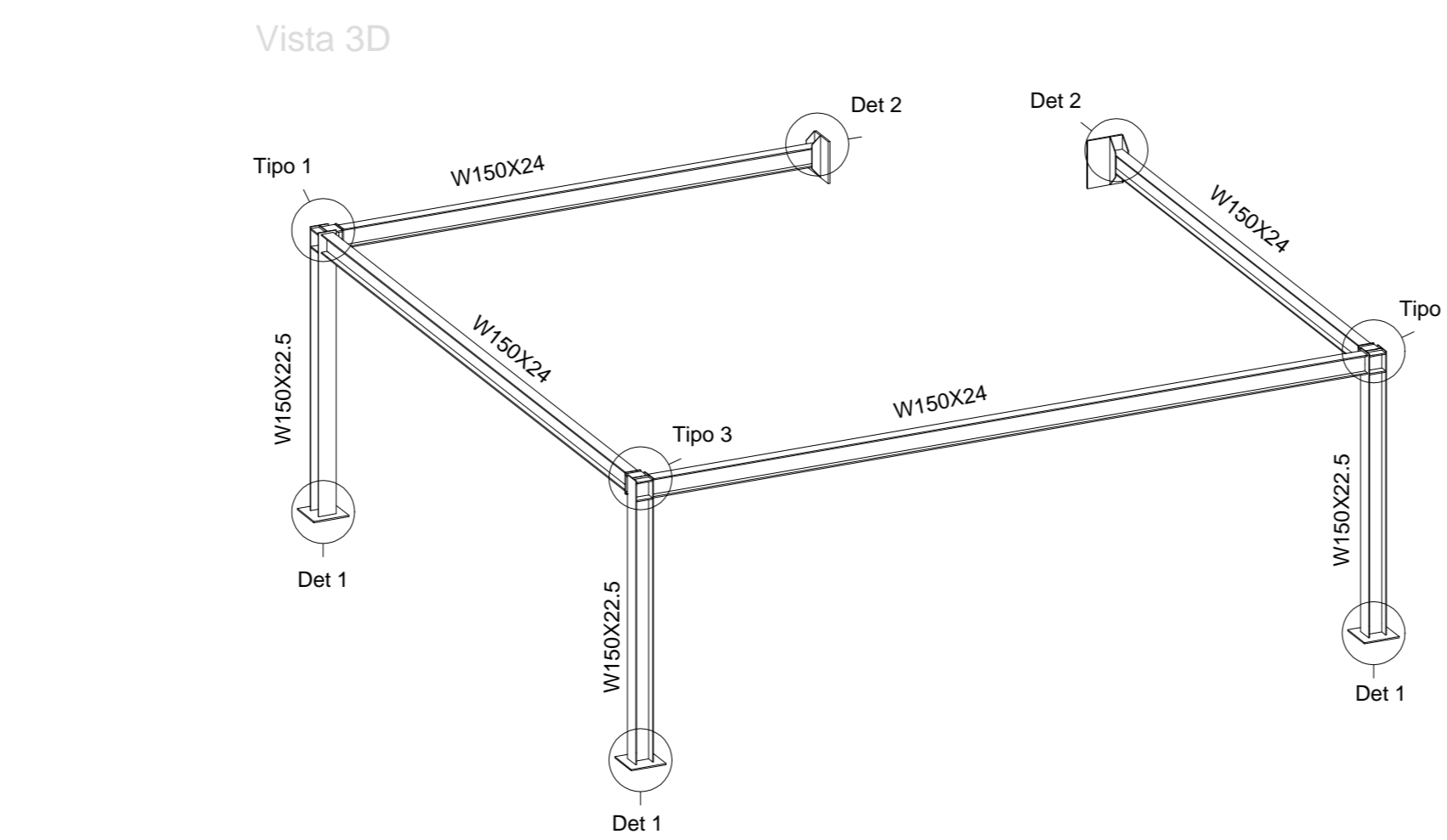
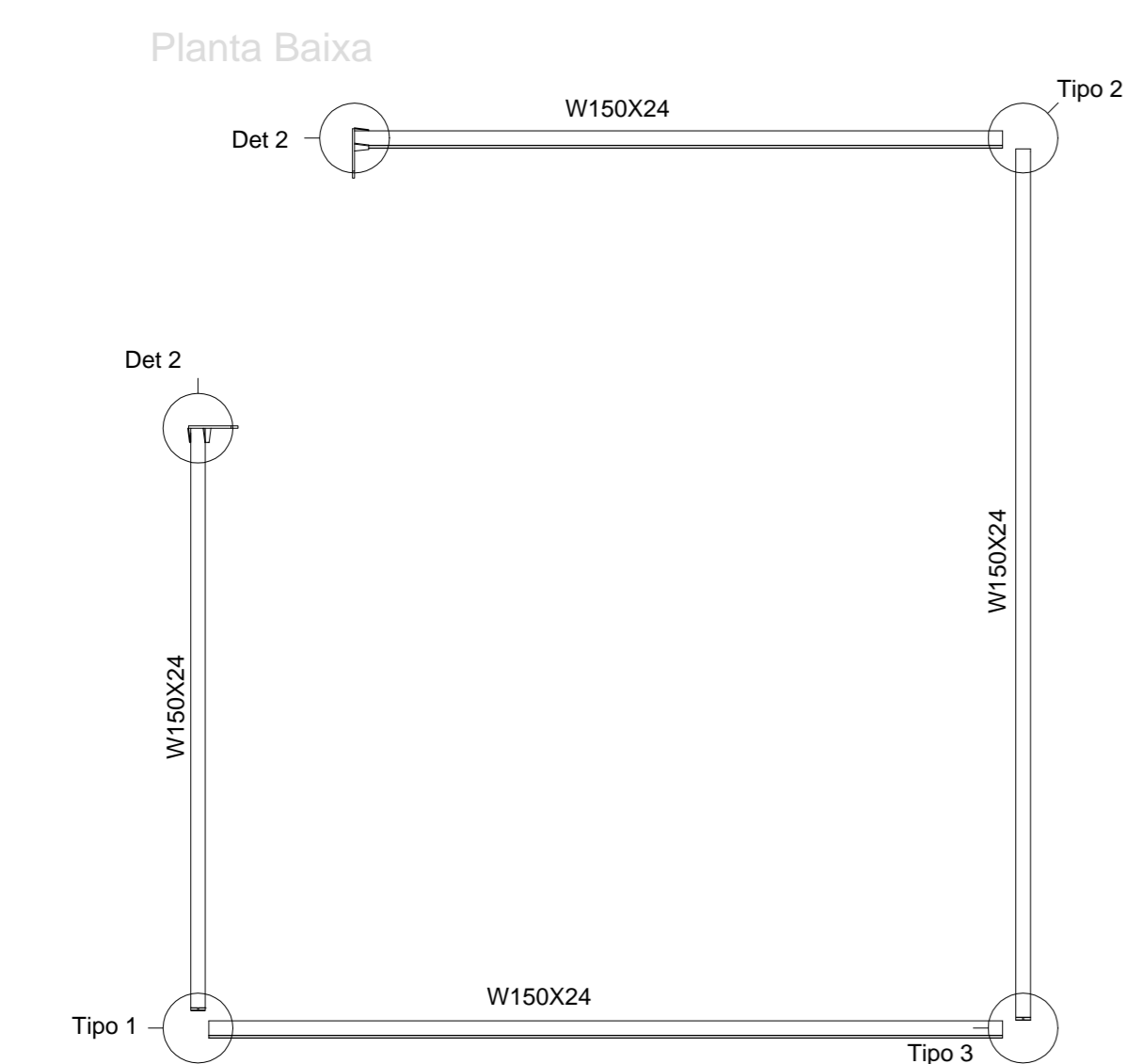
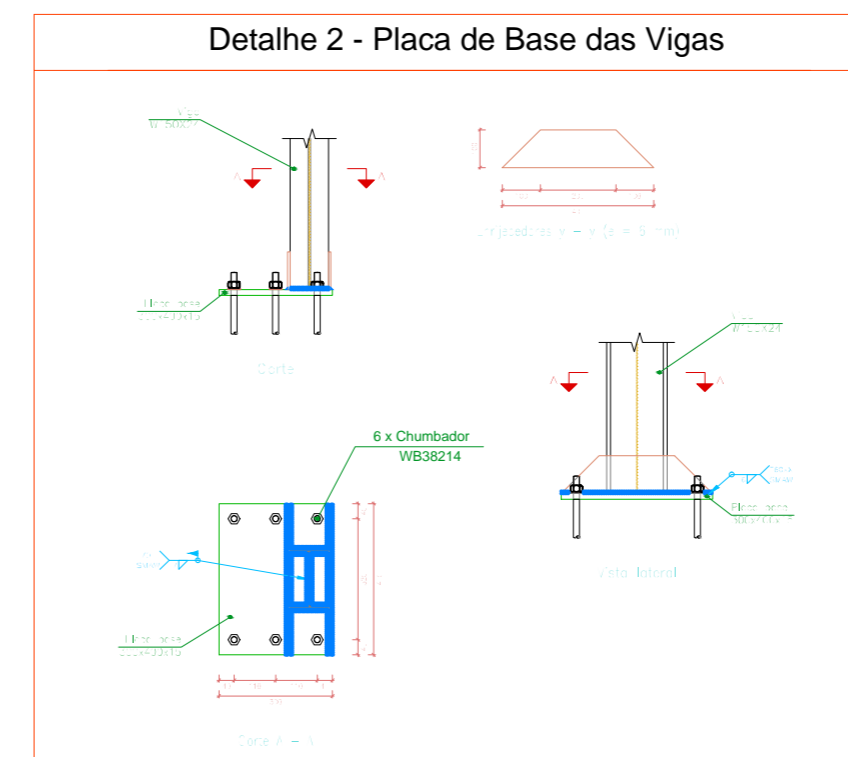
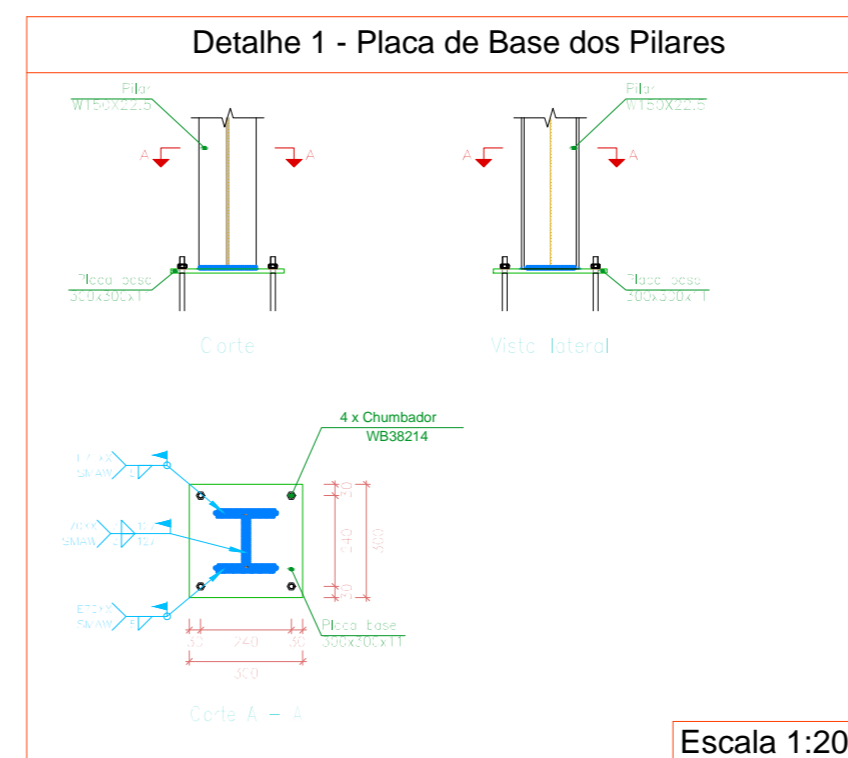
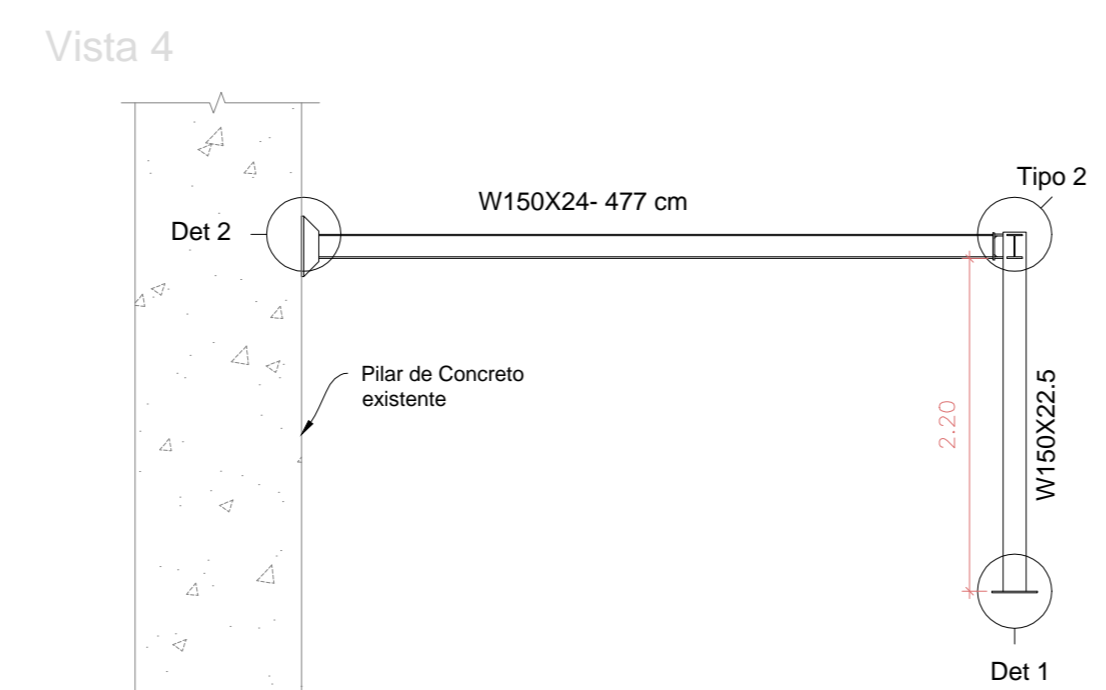
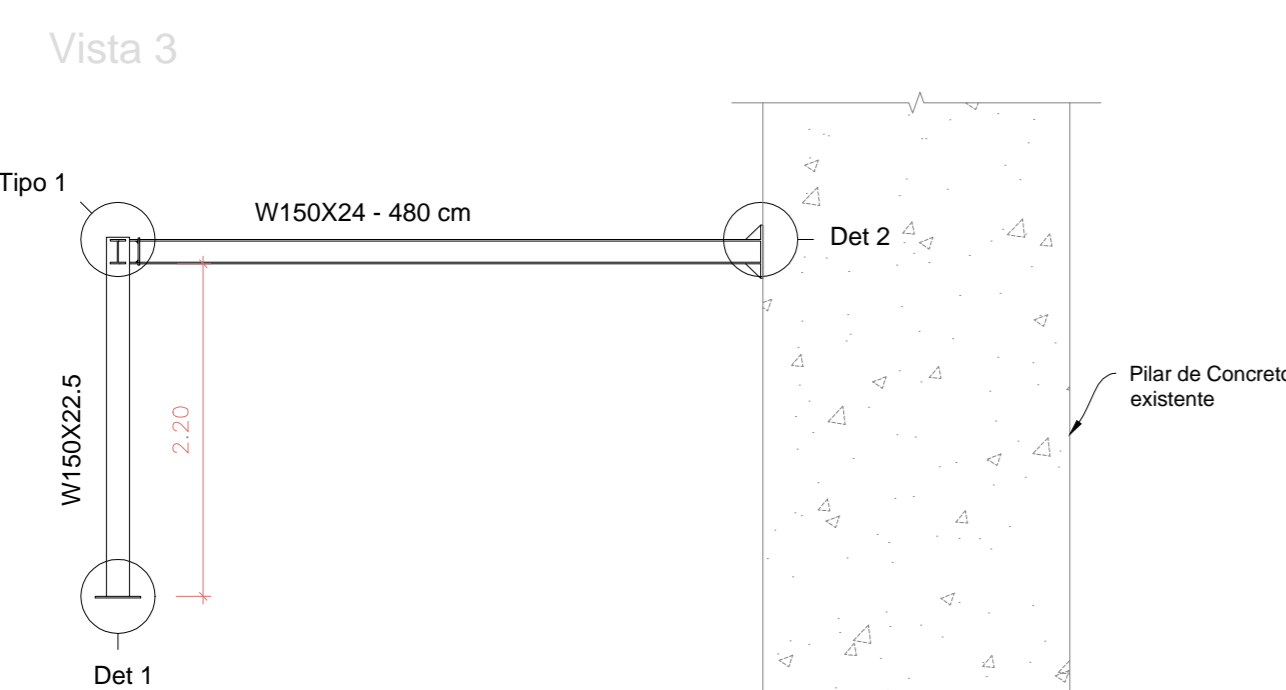
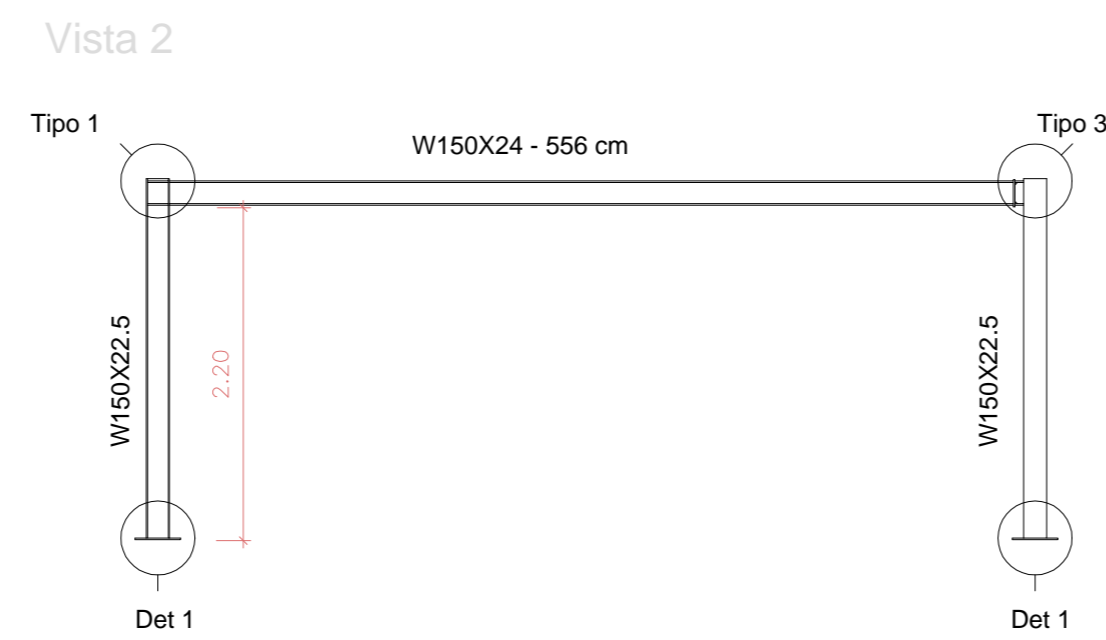
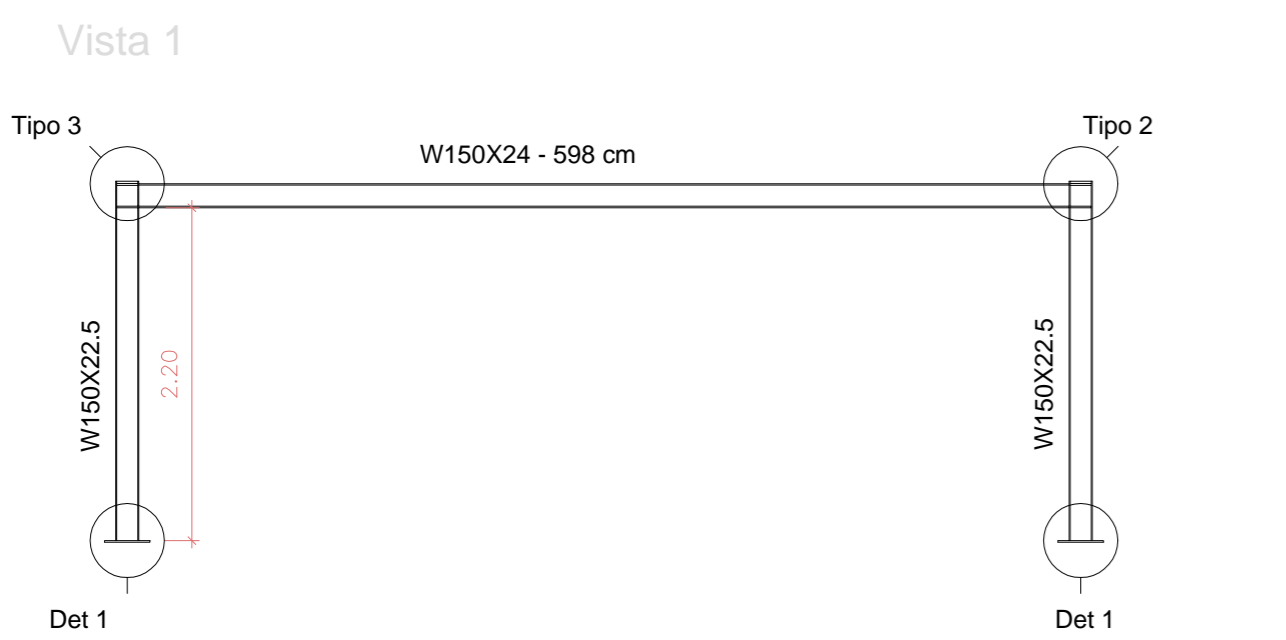
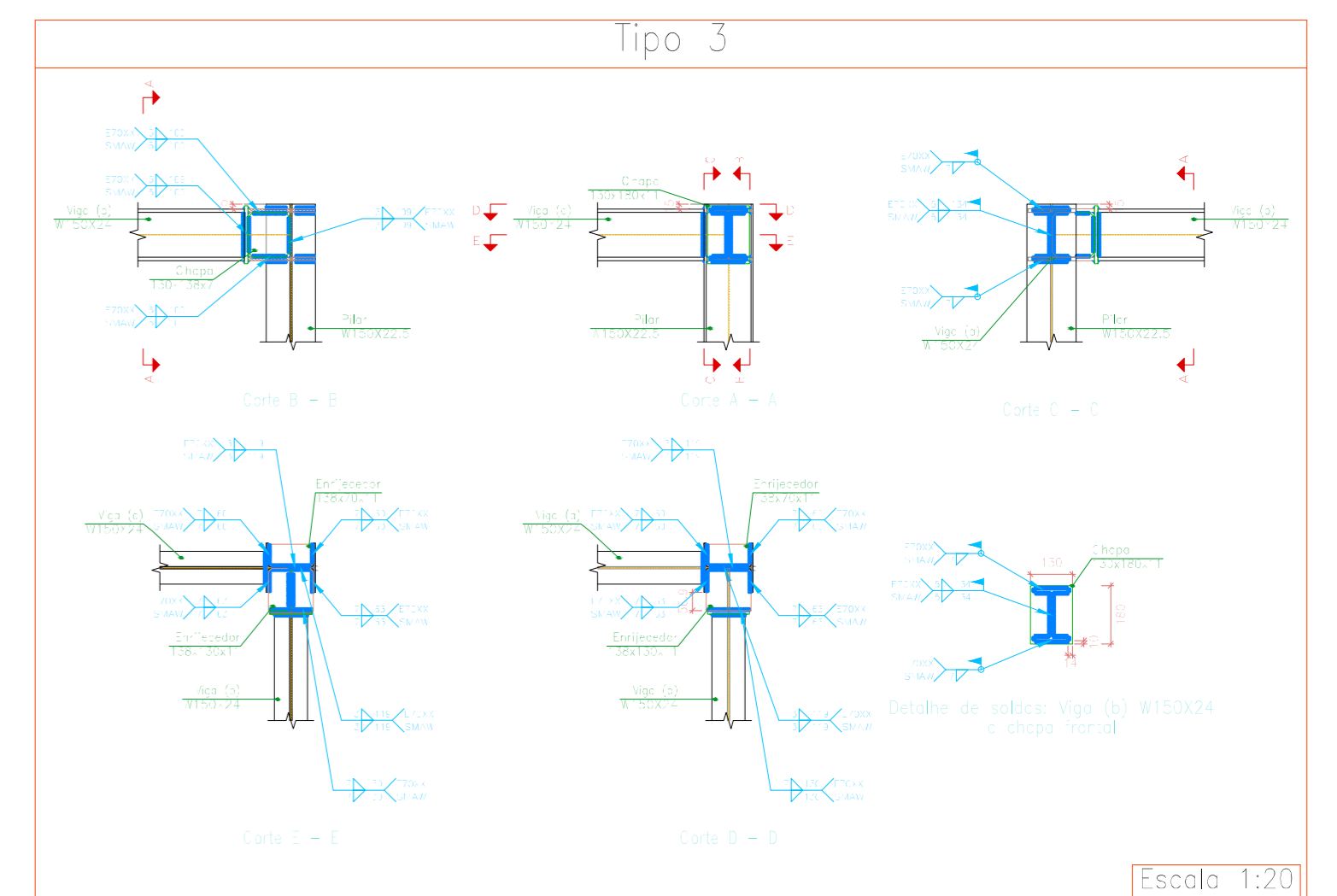
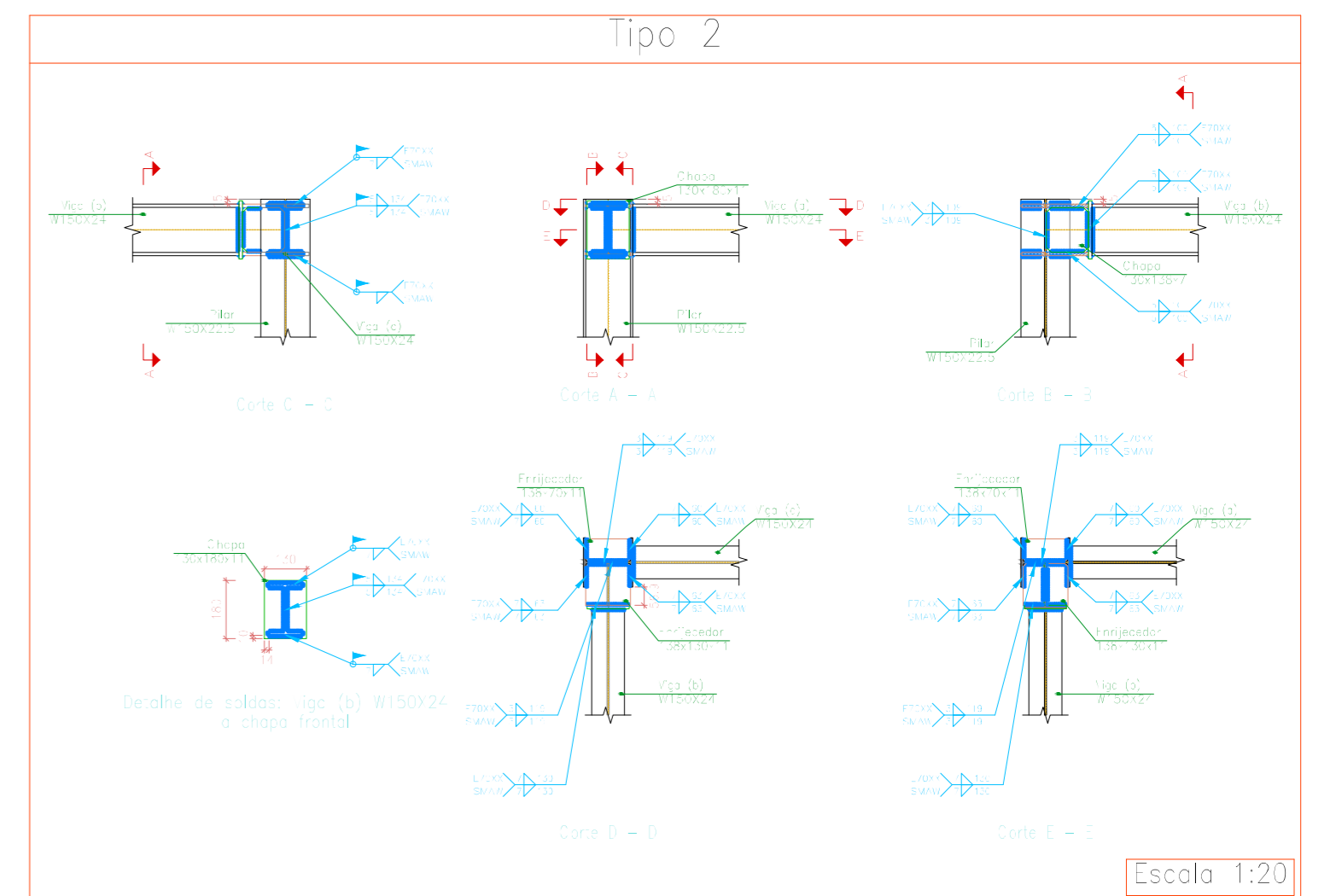
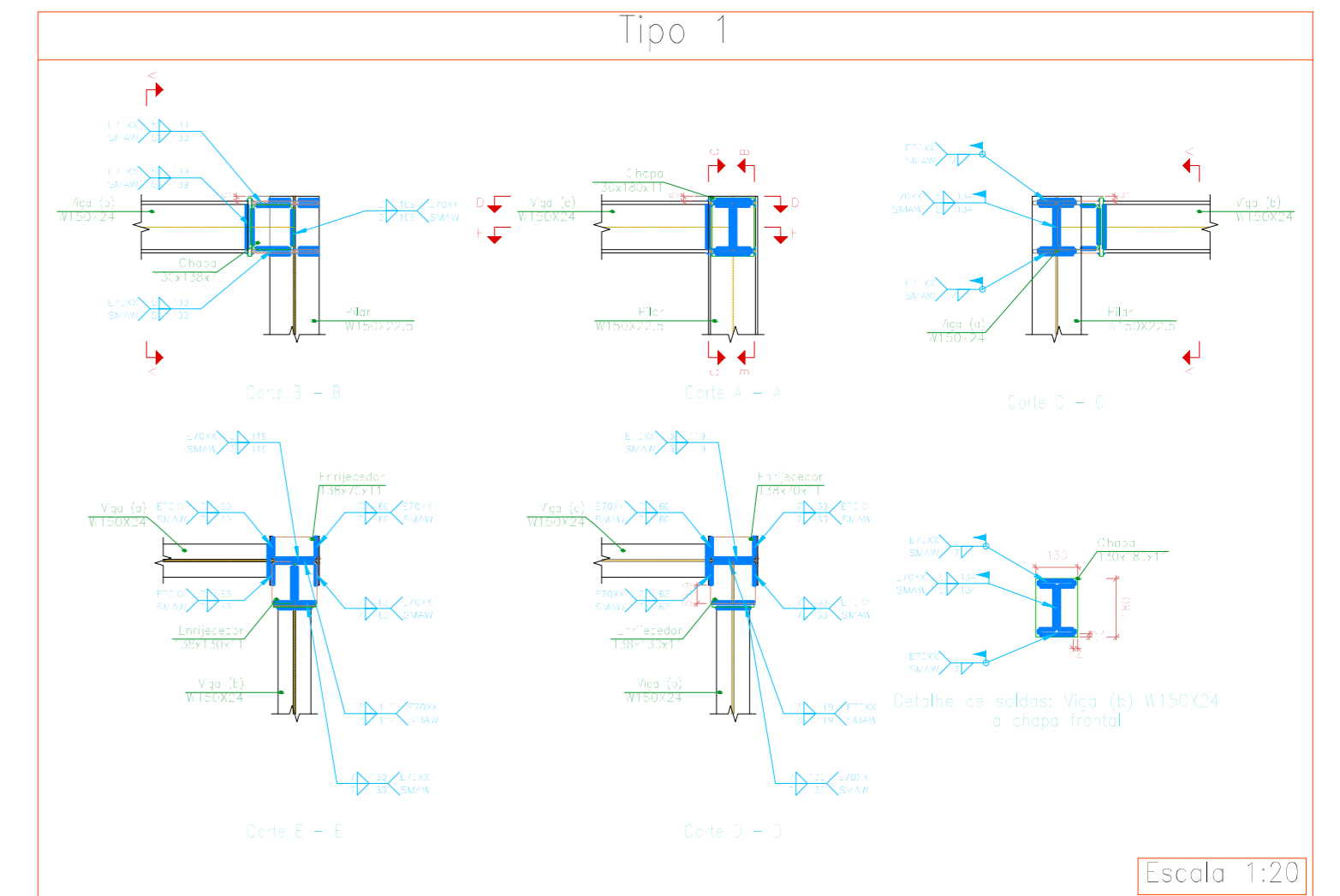


LOCAÇÃO
ESC 1:50



LOCAÇÃO COM ARQUITETÔNICO
ESC 1:50

Tabela resumo					
Material	Designação	Série	Perfil	Peso (kg)	Material (kg)
Aço laminado	A-572	345MPa	W150X24	500.41	661.37
			W150X22.5	160.95	661.37



CONFIGURAÇÃO	QTD	ESCALA
1	7	0.10
2	7	0.20
3	7	0.30
4	7	0.40
5	7	0.50
6	7	0.60
7	7	0.20
8	8	0.20
9	10	0.10
10	10	0.10
11	10	0.10
12	10	0.10
13	33	0.20
14	36	0.20
15	116	0.20
16	180	0.20
17	170	0.20
18	252	0.20
19	253	0.20

- NOTAS:
- 1- AÇO ASTM A-572 PERFIS. SAE-1020 PARA OS CHUMBADORES;
 - 2- SOLDA: ELETRODO E70-XX;
 - 3- PORÇAS SEXTAVADAS SERIE NORMAL LEVE;
 - 4- NOS ENCONTROS DE PERFIS O RECORTE DEVE SER FEITO NO PERFIL MAIS LEVE.

00 11/2019 Emissão Inicial		V.P.B.		M.F.T.
Nº	DATA	REVISÕES	EXECUTADO POR	RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO / ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANINDEUA-MARITUBA PROJETO ESTRUTURAL COS - CENTRO DE COMANDO DE OPERAÇÕES ALTERAÇÃO ESTRUTURAL - PLANTAS E CORTES				
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO PJ_1707		
		CÓDIGO DO PROJETO 1707-E-TA-EST-DE-127-R00		
RESP. TEC. VICTOR PEREIRA BRAGA CREA-PA: 151862220	DESENVOLVIDOR VICTOR PEREIRA BRAGA CREA-PA: 151862220	AGENCIADOR APRIL ZOCATELLI CREA-SP: 500301818	DATA Nov/2019	ESCALA IND.
DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA		USPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE COGEO		

CONVENÇÕES

- Sondagens a percussão
- 16.20 Cota de implantação do Edifício de Bombas
- CP = Cota de ponta da estaca
- (11) ● Estacas tipo Hélice Contínua Monitorada para carga admissível de até 30 tf com diâmetro mínimo de 40cm e comprimento útil mínimo de 12,00m.

TABELA RESUMO ARMAÇÕES DAS ESTACAS TIPO HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA

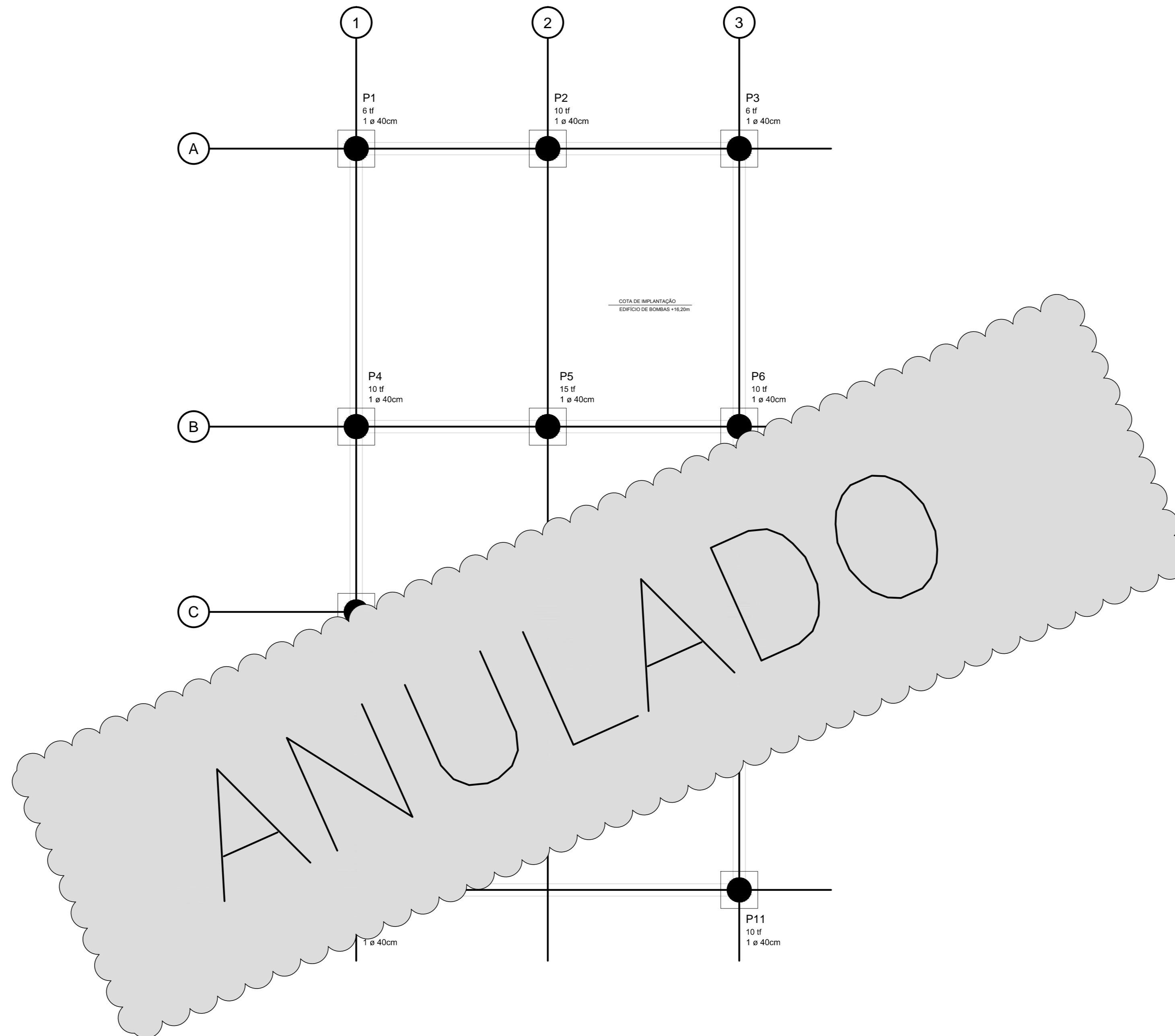
DIÂMETRO ESTACA (cm)	NÚMERO DE ESTACAS	VOLUME TEÓRICO POR METRO DE ESTACA (m³/m)	ARMAÇÃO LONGITUDINAL CA-50A					ARMAÇÃO TRANSVERSAL CA-50A				
			BITOLA (mm)	QUANT	POS.	COMPRIENTO UNITÁRIO (m)	COMPRIENTO TOTAL (m)	POSICIAÇÃO	BITOLA (mm)	N2	COMPRIENTO UNITÁRIO (m)	COMPRIENTO TOTAL (m)
40	11	0,13	16	4	P1	24,00	264,00	P2	6,3	28	28,00	308,00
TOTAL		11	TOTAL					TOTAL				

RESUMO AÇO ESTACAS (EDIFÍCIO DE BOMBAS)

Ø (mm)	COMPRIENTO TOTAL (m)	PESO UNIT. (kg/m)	PESO TOTAL (kg)
6,3	308,00	0,25	77,00
16,0	264,00	1,60	422,40
PESO TOTAL			499,40

NOTAS REFERENTES AS ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA

- As cotas de arrasamento das estacas serão definidas no projeto estrutural.
- No final do estaqueamento deverão ser verificadas as posições reais das estacas em seus respectivos níveis de arrasamento, para avaliações das excentricidades e introdução de eventuais reforços.
- É aceitável, sem verificação, um desvio de até 10% do diâmetro da estaca em relação a sua posição de projeto.
- Os comprimentos das estacas deverão ser confirmados no campo, conforme orientação de engenheiro geotécnico.
- A locação dos pilares deverá seguir o desenho do projeto estrutural (em hipótese nenhuma, o arquivo na extensão "dwg" do projeto de fundações, deverá ser utilizado para qualquer locação topográfica no campo, pois corresponderia a "tomar medidas do desenho em escala", prática que conduz a erros).
- O equipamento utilizado deverá obedecer a tabela F.1 do anexo F.3 da norma da ABNT NBR 6122/2010.
- A pressão do concreto deve ser positiva durante todo o processo de concretagem para evitar a interrupção do fuste, sendo controlada pelo operador.
- A armadura em forma de gaiola deve ser colocada imediatamente após o término da concretagem.
- O concreto para preenchimento das estacas deverá apresentar resistência mínima $f_{ck}=20MPa$, consumo de cimento de, no mínimo, $400kg/m^3$ e slump de $22cm \pm 3cm$.
- É vetada a execução, no mesmo dia, de duas estacas situadas a uma distância eixo a eixo, inferior a 5 (cinco) vezes seu diâmetro.
- As estacas deverão penetrar, no mínimo, em 5,00cm, no bloco de coroamento.
- Todas as estacas deverão receber registro completo de profundidade, consumo de concreto, diâmetro, data etc.
- A execução do estaqueamento deverá atender todas as recomendações da norma da ABNT NBR-6122 (principalmente Anexo F - Estacas hélice contínua monitorada).



DESEMPENHO DAS FUNDAÇÕES PROVAS DE CARGA

- Conforme determinação da norma da ABNT NBR-6122/2010, é obrigatória a execução de provas de carga estáticas, em no mínimo, 1% (um por cento) da quantidade total de estacas da obra, arredondando-se sempre para mais. Esta determinação é aplicável para obras com quantidade inferior a 500 estacas. Em obras com quantidade superior a 500 estacas, o número de provas de carga adicionais fica a critério do projetista.
- Assim, para todo o Sistema ETA Bolonha, recomendamos que sejam executadas, no mínimo, 06 (seis) provas de carga estáticas.
- As provas de carga estáticas devem ser executadas até cargas máximas de 2 (duas) vezes o valor da capacidade admissível indicada neste projeto, ou até que se observe um deslocamento que caracterize a ruptura.
- Para comprovação de desempenho das estacas, as provas de carga estática s podem ser substituídas por ensaios de carregamento dinâmico na proporção de cinco ensaios dinâmicos para cada prova de carga estática (porém deve-se realizar no mínimo uma prova de carga estática), ou ainda, substituídas integralmente por ensaios com células expansivas, na proporção de um para um.

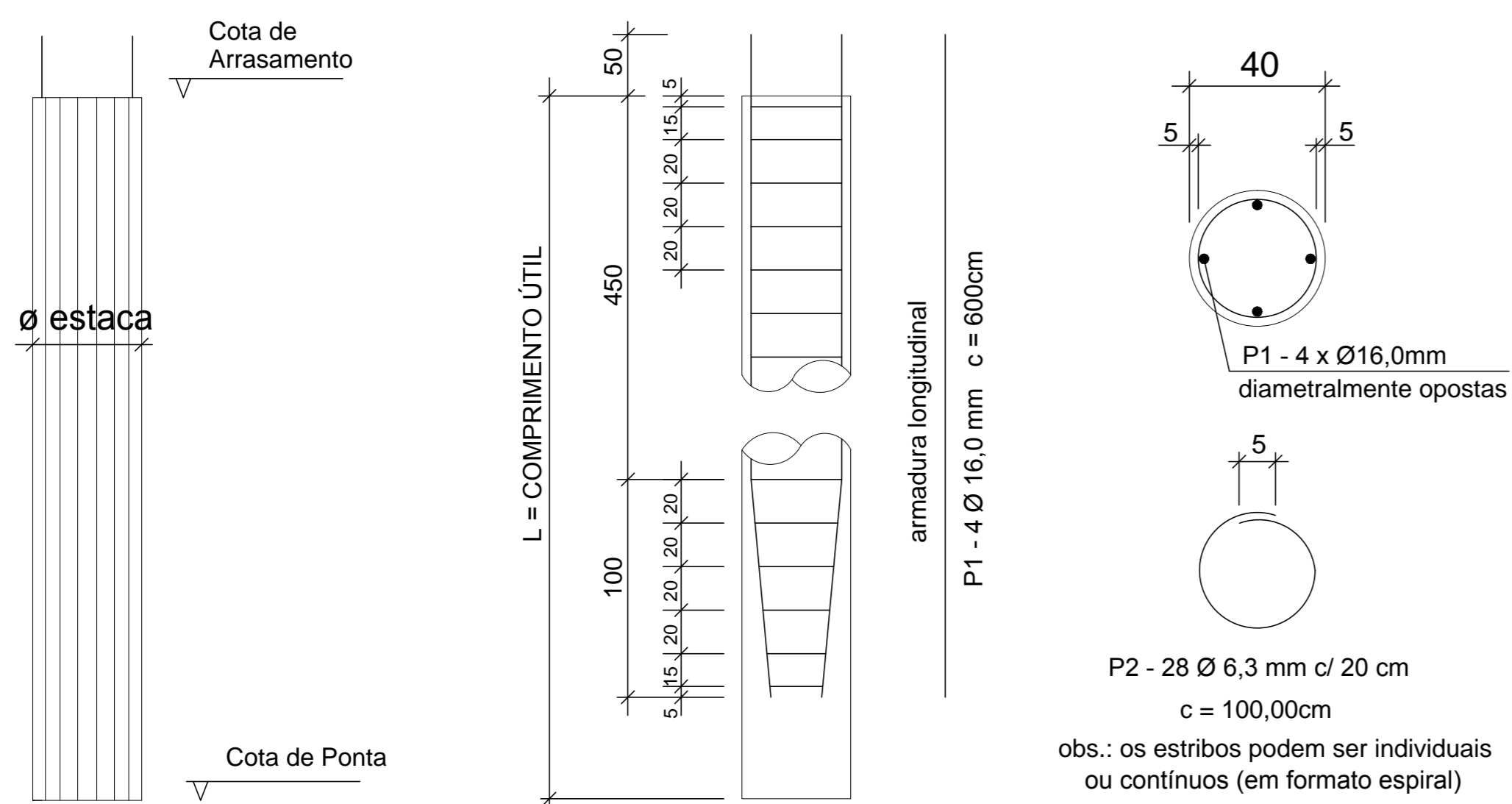
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

- A empresa executora das estacas tipo hélice contínua deve dispor equipamento que garanta perfurações em solo com NSPT > 40.

REFERÊNCIAS

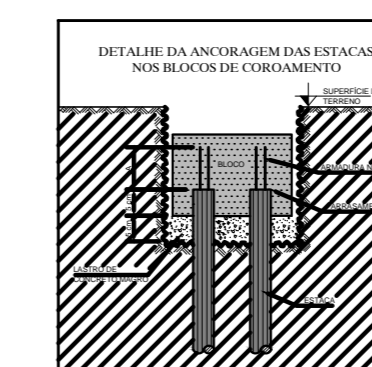
- Relatório das sondagens a percussão elaborado por Projeta Sondagens, datados de 2015.

DETALHE TÍPICO DAS ARMADURAS DAS ESTACAS TIPO HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA



RESUMO CONCRETO ESTACAS (EDIFÍCIO DE BOMBAS)

Ø estaca	QUANTIDADE DE ESTACAS	VOLUME UN. ESTACA (m³)	VOLUME TOTAL (m³)
40	11	1,38	15,20
PERDA ESTIMADA			25%
TOTAL			19,00



00/11/2018	Emissão Inicial	Alexandre	A.R.P.
Nº	DATA	REVISÕES	EXECUTADO POR RESPONSÁVEL
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROJETO EXECUTIVO PARA A CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DEFINIDAS NO PROJETO BÁSICO DA REVITALIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTOR BOLONHA E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO E ADUÇÃO DE ÁGUA DE ANANDEUA-MARITUBA PROJETO DAS FUNDAÇÕES ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA-1 E ETA-2 RESERVATÓRIOS E BOMBAS PRODUTOS QUÍMICOS - EDIFÍCIO DE BOMBAS			
ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia		EMPREENDIMENTO COD. DO PROJETO: P.J.1707 COD. DO DESENHO: 1707-E-TA-FUN-DE-100-R01	
RESP. TEC. FERNANDO DE MORAES MHALIK CREA/SP: 060088458	DESENVOLVIDOR ALEXANDRE ROBLES PINTO CREA/SP: 5962114197	AGREMENTOR VERIFICAÇÃO CARLOS JOSÉ TATELLI CREA/SP: 5061088118	DATA Nov/2018 ESCALA 1:50
DIRETORIA DE EXPANSÃO E TECNOLOGIA		USIPA - PROJETO E MEIO AMBIENTE COGEO	