

CONTRATO 255/2021
AS N°009

MUNICÍPIO DE ALTO RIO NOVO

**AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO
DE ALTO RIO NOVO**

**VOLUME II – PROJETO
ESTRUTURAL**

TOMO A

**MEMORIAL DESCRITIVO, DE
CÁLCULO E ESPECIFICAÇÕES**

B-029-000-91-4-MC-0001

Cliente:

CESAN
COMPANHIA ESPIRITO SANTENSE DE SANEAMENTO

Codificação Consórcio SDV: B-4-SDV-009-91-MC-001	Codificação CESAN: B-029-000-91-4-MC-0001	Revisão: 00	Data de Emissão: JANEIRO/23
--	---	-----------------------	---------------------------------------

**ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS DIVERSOS, INCLUSIVE REVISÕES
E/OU COMPLEMENTAÇÕES PARA SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E
SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO, EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DO
ESPIRITO SANTO**

**AS 009 – AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE ALTO
RIO NOVO**

VOLUME II - PROJETO ESTRUTURAL

TOMO A

MEMORIAL DESCRITIVO, DE CÁLCULO E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Emitido por:

CONSÓRCIO SDV

Local:

Vitória-ES

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é parte integrante do Contrato nº 255/2021, firmado entre a CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento e o Consórcio SDV, referente à Elaboração de Estudos e Projetos Diversos, Inclusive Revisões e/ou Complementações para Sistemas de Abastecimento de Água e Sistemas de Esgotamento Sanitário, em Municípios do Estado do Espírito Santo.

Os serviços foram desenvolvidos em consonância com a Autorização de Serviço Nº009/255/2021 para elaboração de projetos para ampliação do Sistema de Esgotamento Sanitário de Alto Rio Novo.

O projeto é composto dos seguintes documentos:

VOLUME I – PROJETO ESTRUTURAL

TOMO A – Memorial Descritivo, de Cálculo e Especificações Técnicas

TOMO B – Desenhos

VOLUME II – PROJETO ESTRUTURAL

TOMO A – Memorial Descritivo, de Cálculo e Especificações Técnicas;

TOMO B – Desenhos.

VOLUME III – PROJETO ELÉTRICO

TOMO A – Memorial Descritivo, de Cálculo e Especificações Técnicas;

TOMO B – Desenhos.

VOLUME IV – ORÇAMENTO

SUMÁRIO

1. NORMAS TÉCNICAS.....	5
2. DOCUMENTOS UTILIZADOS	5
3. ESQUEMA ESTRUTURAL E CONCEPÇÃO ESTRUTURAL	7
4. PARÂMETROS DE DURABILIDADE – NBR 6118	7
4.1. VIDA ÚTIL DE PROJETO	7
4.2. MANUTENÇÃO DA ESTRUTURA	7
4.3. PARÂMETROS DE DURABILIDADE DA EEEB-A / EEEB-B / EEEB-C2	9
5. APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA.....	9
5.1. CRITÉRIOS DE MODELAGEM	9
5.2. SISTEMA ESTRUTURAL	10
6. AÇÕES E COMBINAÇÕES	11
6.1. AÇÕES VERTICAIS.....	11
6.2. AÇÕES HORIZONTAIS	11
6.3. COMBINAÇÕES	12
7. MATERIAIS.....	14
7.1. CONCRETO.....	14
7.2. MÓDULO DE ELASTICIDADE	14
7.3. AÇO DE ARMADURA PASSIVA.....	15
8. ANÁLISE ESTRUTURAL E DETALHAMENTO DA ESTRUTURA – EEEB-A	15
8.1. LAJES	15
8.1.1. LAJES DO BIOFILTRO	17
8.1.1.1. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO.....	17
8.1.2. LAJES DA CAIXA DE DESCARGA	18
8.1.2.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	18
8.1.3. LAJES DO PV DE ENTRADA	20
8.1.3.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	20
8.1.4. LAJES DA CAIXA DE AREIA	22
8.1.4.1. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO.....	22
8.1.5. LAJES DO POÇO DE SUCÇÃO.....	23
8.1.5.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	23
8.1.6. LAJES DO ABRIGO DO PAINEL ELÉTRICO	25
8.1.6.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	25

8.2.	VIGAS	27
8.2.1.	VIGAS/PAREDES DO POÇO DE SUCÇÃO	28
8.2.1.1.	VIGAS: PAR1	29
8.2.2.	VIGAS/PAREDES DA CAIXA DE AREIA.....	32
8.2.2.1.	VIGAS: PAR1	33
8.2.2.2.	VIGAS: PAR2=PAR3=PAR4	36
8.2.2.3.	VIGAS: PAR5	39
8.2.2.4.	VIGAS: PAR6	42
9.	ANÁLISE ESTRUTURAL E DETALHAMENTO DA ESTRUTURA – EEEB-B	45
9.1.	LAJES	45
9.1.1.	LAJES DO BIOFILTRO	46
9.1.1.1.	ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO.....	46
9.1.2.	LAJES DA CAIXA DE DESCARGA	47
9.1.2.1.	ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	47
9.1.3.	LAJES DO PV DE ENTRADA	49
9.1.3.1.	ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	49
9.1.4.	LAJES DA CAIXA DE AREIA	51
9.1.4.1.	ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO.....	51
9.1.5.	LAJES DO POÇO DE SUCÇÃO.....	52
9.1.5.1.	ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	52
9.1.6.	LAJES DO ABRIGO DO PAINEL ELÉTRICO	54
9.1.6.1.	ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	54
9.2.	VIGAS	56
9.2.1.	VIGAS/PAREDES DO POÇO DE SUCÇÃO	57
9.2.1.1.	VIGAS: PAR1	58
9.2.2.	VIGAS/PAREDES DA CAIXA DE AREIA.....	61
9.2.2.1.	VIGAS: PAR1	62
9.2.2.2.	VIGAS: PAR2=PAR3=PAR6	65
9.2.2.3.	VIGAS: PAR4	68
9.2.2.4.	VIGAS: PAR5	71
10.	ANÁLISE ESTRUTURAL E DETALHAMENTO DA ESTRUTURA – EEEB-C2	74
10.1.	LAJES	74
10.1.1.	LAJES DO ABRIGO DO PAINEL ELÉTRICO	75

10.1.1.1.	ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	75
10.1.2.	LAJES DA CAIXA DE GRADEAMENTO.....	77
10.1.2.1.	ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	77
10.1.3.	LAJES DO PV DE ACÚMULO DE AREIA.....	79
10.1.3.1.	ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	79
10.1.4.	LAJES DO POÇO DE SUCÇÃO.....	81
10.1.4.1.	ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	81
10.1.5.	LAJES DA CAIXA DO BARRILETE.....	83
10.1.5.1.	ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO.....	83
10.2.	VIGAS	85
10.2.1.	VIGAS/PAREDES DA CAIXA DE GRADEAMENTO.....	86
10.2.1.1.	VIGAS: PAR1=PAR2=PAR3=PAR4	87
10.2.2.	VIGAS/PAREDES DO POÇO DE SUCÇÃO	90
10.2.2.1.	VIGAS: PAR1.....	91
10.2.3.	VIGAS/PAREDES DA CAIXA DO BARRILETE.....	94
10.2.3.1.	VIGAS: PAR1=PAR2=PAR3=PAR4	95
11.	RELAÇÃO DE DESENHOS	98

1. NORMAS TÉCNICAS

- NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 14931:2004 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 6122:2019 – Projeto e execução de fundações;
- NBR 7191:1982 – Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado;
- NBR 6120:2019 – Cargas para o cálculo de estruturas.
- NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento
- NBR 155575:2015 – Coletânea de Normas Técnicas - edificações Habitacionais – Desempenho
- NBR 7480:2007 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação
- NBR 12655:2015 – Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento

2. DOCUMENTOS UTILIZADOS

Para elaboração do Projeto Estrutural foram utilizados os seguintes documentos.

PROJETO HIDRÁULICO:

- B-029-000-91-5-XX-0001.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0002.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0003.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0004.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0005.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0011.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0012.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0013.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0014.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0015.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0016.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0017.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0018.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0019.dwg

- B-029-000-91-5-XX-0020.dwg
- B-029-000-91-5-XX-0021.dwg
- B-029-000-96-5-XX-0001.dwg
- B-029-000-96-5-XX-0003.dwg
- B-029-000-96-5-XX-0004.dwg
- B-029-000-96-5-XX-0005.dwg
- B-029-000-96-5-XX-0006.dwg

SONDAGEM:

- A-029-000-90-3-SD-0001.PDF

3. ESQUEMA ESTRUTURAL E CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

Trata-se da implantação de Estações Elevatórias de Esgoto (EEEB-A, EEEB-B e EEEB-C2) a serem construídas em concreto armado em estrutura convencional. As EEEB's estão localizadas no município de Alto Rio Novo / ES.

O sistema estrutural escolhido para a estrutura da EEEB's é o de elementos estruturais em concreto armado convencional, utilizando-se lajes maciças e vigas paredes em concreto armado apoiadas sobre laje em base elástica (radier). A tensão máxima observada da estrutura sobre o solo foi de 0,4 kgf/cm² para os elementos da EEEB's, indicando a possibilidade de trabalhar com elementos apoiados diretamente sobre o solo.

4. PARÂMETROS DE DURABILIDADE – NBR 6118

4.1. VIDA ÚTIL DE PROJETO

Conforme prescrição da NBR 15575-2 edificações habitacionais - Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais, a Vida Útil de Projeto dos sistemas estruturais executados com base neste projeto é estabelecida em 50 anos.

Entende-se por Vida Útil de Projeto, o período estimado para o qual este sistema estrutural está sendo projetado, a fim de atender aos requisitos de desempenho da NBR 15575-2.

Para que a Vida Útil de Projeto tenha condições de ser atingida, se faz necessário que a execução da estrutura siga fielmente todas as prescrições constantes no projeto estrutural, bem como todas as normas pertinentes à execução de estruturas de concreto e as boas práticas de execução.

O executor das obras deverá se assegurar de que todos os insumos utilizados na produção da estrutura atendem as especificações exigidas neste projeto, bem como em normas específicas de produção e controle, através de relatórios de ensaios que atestem os parâmetros de qualidade e resistência; o executor das obras deverá também manter registros que possibilitem a rastreabilidade destes insumos.

Eventuais não conformidades executivas deverão ser comunicadas a tempo ao Escritório para que venham a ser corrigidas, de forma a não prejudicar a qualidade e o desempenho dos elementos da estrutura.

Este memorial apresenta também a instrução referente à manutenção que deverá ser realizada, necessária para que a Vida Útil de Projeto tenha condições de ser atingida, conforme item 4.2 deste documento.

Desde que haja um bom controle e execução correta da estrutura, que seja dado o uso adequado à edificação e que seja cumprida a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no Manual de Uso, Operação e Manutenção dos Imóveis, a Vida Útil de Projeto do sistema estrutural terá condições de ser atingida e até mesmo superada.

É importante destacar que a Vida Útil de Projeto é uma estimativa e não deve ser confundida com a vida útil efetiva ou com prazo de garantia. Ela pode ou não ser confirmada em função da qualidade da execução da estrutura, da eficiência e correção das atividades de manutenção periódicas, de alterações no entorno da edificação, ou de alterações ambientais e climáticas.

4.2. MANUTENÇÃO DA ESTRUTURA

Uma edificação começa a deteriorar-se a partir do momento em que está concluída. Isso se deve à ação de vários agentes, como variações térmicas, poluição ambiental, produtos químicos, biológicos e mecânicos, clima, alterações no entorno da edificação e outros que ocasionam deteriorações provocando o envelhecimento, perda de desempenho, funcionalidade e conforto do usuário.

Para proteger a estrutura da edificação desses agentes, ações de manutenção preventiva devem ser previstas, visando manter e prolongar a sua vida útil e evitar custos de recuperação que podem se tornar cada vez mais significativos, quanto mais tempo se demorar a fazer a prevenção e a recuperação.

A norma de desempenho, ABNT NBR 15575, Parte 1, seção 5.4.2, prevê que ao Construtor ou Incorporador cabe elaborar o Manual de Uso, Operação e Manutenção dos Imóveis, conforme ABNT NBR 14037.

Para o bom desempenho da estrutura durante sua vida útil é dever do usuário cumprir as seguintes orientações quanto à Manutenção, sobretudo quanto a se evitar a corrosão das armaduras, devendo ser corrigida a patologia, tão logo verificada, para evitar uma deterioração maior do elemento estrutural:

- Manutenção periódica da impermeabilização nos trechos em que a estrutura está sujeita a intempéries;
- Manutenção de elementos de fachada de modo que os elementos estruturais não fiquem expostos;
- Evitar o acúmulo de água em locais onde não houve proteção adequada à estrutura. Exemplos: Vazamentos, acúmulo de água em fachadas e marquises;
- Manutenção periódica dos lugares com pouca ventilação e submetidos à umidade excessiva e constante.
- Não deverão ser utilizados na limpeza de paredes e pisos produtos que contenham ácidos de qualquer tipo em sua composição, pois estes poderão atacar o concreto e suas armaduras, gerando patologias que somente serão detectadas em estágios avançados.

A Inspeção periódica das estruturas deve ser uma das recomendações do Manual de Uso, Operação e Manutenção dos Imóveis para se detectar precocemente sinais patológicos nos elementos estruturais, como:

- deformações excessivas;
- recalques;
- lixiviação;
- expansões;
- desagregações;
- fissuras, trincas e rachaduras;
- lascamentos;
- ferros aparentes;
- corrosão de armaduras;
- manchas de umidade;
- perda de elasticidade de juntas de dilatação.

Recomenda-se que os manuais de uso, operação e manutenção dos imóveis, visando atender a VUP, estabeleçam inspeções quinquenais visuais para detectar tais sintomas e inspeções decenais (ou antes, caso indicado na inspeção quinquenal) por meio de instrumentação adequada para prospecção de aspectos mais específicos, como profundidades de frentes de cloretos, carbonatação, resistividade elétrica e potencial de corrosão eletroquímica.

Estas inspeções devem ser realizadas por profissional habilitado com experiência em patologias de estruturas de concreto. Ao final da inspeção, deverá ser elaborado um relatório descrevendo as principais patologias detectadas, classificando-as segundo o seu grau de gravidade.

Caso o profissional que realizou a inspeção tenha experiência em reabilitação, este apresentará as soluções para sanar as patologias.

4.3. PARÂMETROS DE DURABILIDADE DA EEEB-A / EEEB-B / EEEB-C2

Os parâmetros de durabilidade adotados para os elementos estruturais das Estações Elevatórias de Esgoto Básico são apresentados abaixo:

Classe de Agressividade Ambiental: CAA III

Classe do Concreto: 30 MPa

Relação Água-Cimento: 0.55

Cobrimentos de Vigas: 4,0 cm

Cobrimento de Lajes: 3,5 cm

Cobrimento de Pilares: 4,0 cm

Cobrimento de Fundação: 4,0 cm

A CAA III foi definida pois trata-se de um ambiente com agressividade forte devida à presença de esgoto.

5. APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA

5.1. CRITÉRIOS DE MODELAGEM

Na análise estrutural do edifício foi utilizada a modelagem global de todos os elementos estruturais no sistema TQS. Esta modelagem consiste em dois modelos de cálculo:

- Modelo de grelha para os pavimentos;
- Modelo de pórtico espacial para a análise global.

O edifício será modelado por um único pórtico espacial mais os modelos dos pavimentos. O pórtico será composto apenas por barras que simulam as vigas e pilares da estrutura, com o efeito de diafragma rígido das lajes devidamente incorporado ao modelo. Os efeitos oriundos das ações verticais e horizontais nas vigas e pilares serão calculados com o pórtico espacial.

Nas lajes, somente os efeitos gerados pelas ações verticais serão calculados. Nos pavimentos simulados por grelha de lajes, os esforços resultantes das barras de lajes sobre as vigas serão transferidos como cargas para o pórtico espacial, ou seja, há uma 'certa' integração entre ambos os modelos (pórtico e grelha). Para os demais tipos de modelos de pavimentos, as cargas das lajes serão transferidas para o pórtico por meio de quinhões de carga.

A análise do comportamento estrutural dos pavimentos foi realizada através de modelos de grelha ou pórtico plano. Nestes modelos as lajes foram integralmente consideradas, junto com as vigas e os apoios formados pelos pilares existentes.

Para a avaliação das deformações dos pavimentos em serviço, também foram realizadas análises considerando a não linearidade física, onde através de incrementos de carga, as inércias reais das seções são estimadas considerando as armaduras de projeto e a fissuração nos estádios I, II ou III.

Os esforços obtidos dos modelos estruturais dos pavimentos foram utilizados para o dimensionamento das lajes à flexão e cisalhamento. Nestes modelos foi utilizado o módulo de elasticidade secante do concreto

Com relação aos critérios de projetos, a seguir são apresentadas algumas considerações de projeto utilizadas para a análise estrutura do edifício em questão:

- Utilização da flexibilização das ligações viga/pilar;
- Método para análise de 2ª. Ordem global: P-Delta

O modelo ELU foi utilizado para obtenção dos esforços necessários para o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais. O módulo de elasticidade utilizado no modelo foi de secante, de acordo com o f_{ck} do elemento estrutural (já apresentado anteriormente). O modelo ELS foi utilizado para análise de deslocamento do edifício, verificação da deformação excessiva e fissuração. Neste modelo a inércia utilizada para os elementos estruturais foi a bruta.

Com relação à fundação, todas foram consideradas rigidamente conectadas à base. O dimensionamento da fundação foi realizado de acordo com o projeto geotécnico.

Os esforços obtidos na análise de pórtico foram utilizados para o dimensionamento de vigas e pilares, onde um conjunto de combinações conciliando os esforços de cargas verticais e de vento são agrupados e ponderados segundo as prescrições das normas NBR8681 e NBR6118.

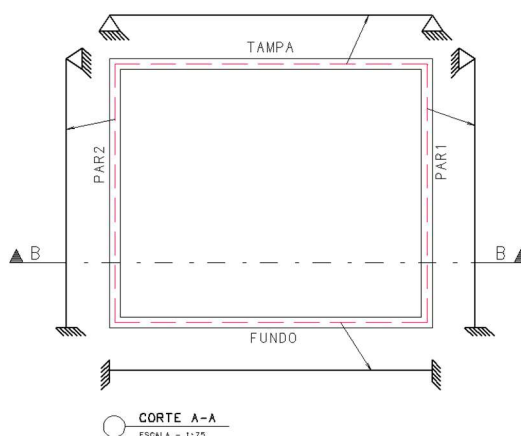
No dimensionamento das armaduras das vigas é utilizada uma envoltória de esforços solicitantes de todas as combinações pertencentes ao grupo ELU1. Para o dimensionamento de armaduras dos pilares são utilizadas todas as hipóteses de solicitações (combinações do grupo ELU2).

5.2. SISTEMA ESTRUTURAL

As imagens abaixo esclarecem como foram consideradas vinculações (engaste ou apoio simples) entre as lajes e paredes, permitindo assim entender o sistema estrutural adotado para a estrutura com um todo (pórtico).

A vinculação entre as lajes de tampa de cada elemento dimensionado foi considerada como apoio simples.

A vinculação entre “Laje do fundo” X “Parede” e “Parede” X “Parede” foram consideradas engastadas, conforme imagem abaixo



6. AÇÕES E COMBINAÇÕES

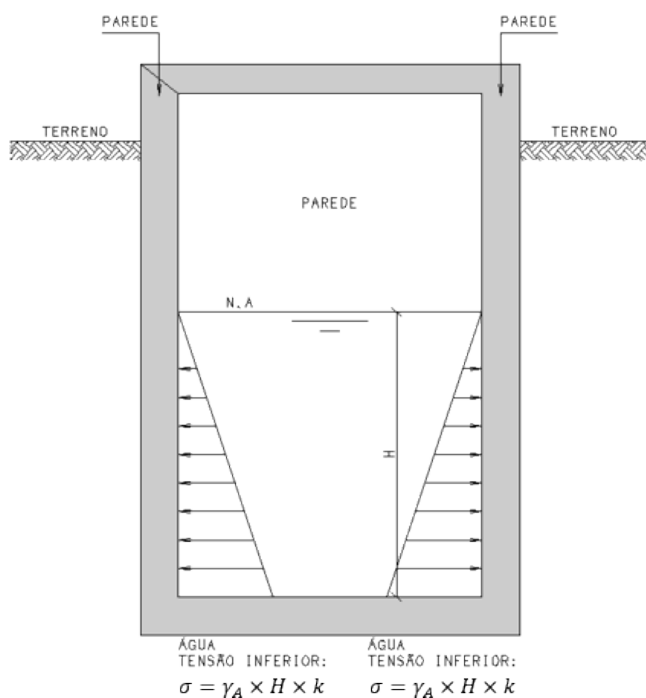
6.1. AÇÕES VERTICAIS

Conforme prescrição da NBR 6120:2019, as cargas que foram consideradas para o dimensionamento da estrutura seguem na tabela abaixo.

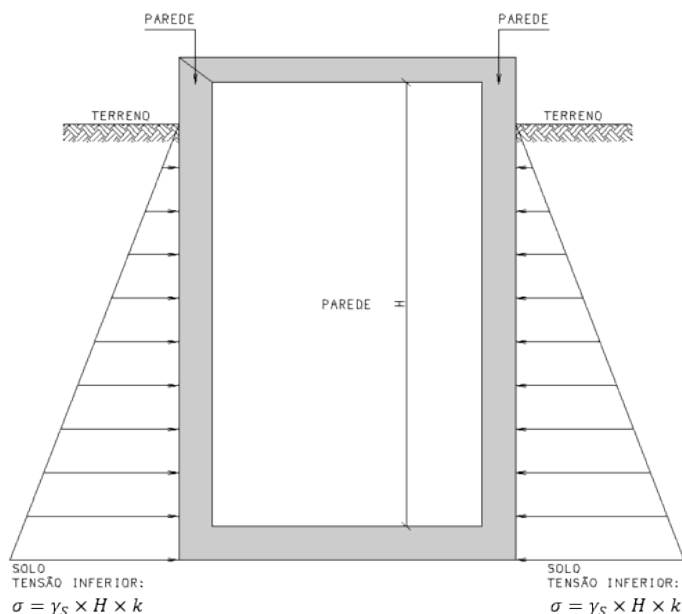
<i>Elevação</i>	<i>Natureza</i>	<i>Descrição da carga</i>	<i>Carga Adotada (kgf/m²)</i>
<i>EEEB</i>	Permanente	Revestimento com 10 cm de espessura	200
	Variável	Circulação comum	300

6.2. AÇÕES HORIZONTAIS

As cargas devidas ao empuxo de água foram aplicadas lateralmente nas paredes dos elementos que apresentam internamente lâmina d'água, conforme imagem abaixo:



As cargas devidas ao empuxo de solo foram aplicadas lateralmente em todos os elementos enterrados, conforme imagem abaixo:



6.3. COMBINAÇÕES

Conforme prescrição da NBR 6118 e NBR 8681, as combinações serão apresentadas neste item.

Os casos de carregamento simples são:

Num	Prefixo	Título
1	TODAS	Todas permanentes e acidentais dos pavimentos
2	PP	Peso Próprio
3	PERM	Cargas permanentes
4	ACID	Cargas acidentais
5	EMPU1	Empuxo (1): Solo
6	EMPU2	Empuxo (2): Água

Os dados por caso simples de carregamento são:

NÚMERO	PREFIXO	TIPO	GAMAF	PSIO	PSI1	PSI2
1	TODAS	TODAS	1.4			
2	PP	PERM.	1.4			
3	PERM	PERM.	1.4			
4	ACID	VARIA.	1.4	0.7	0.6	0.4
5	EMPU1	PERM.	1.4			
6	EMPU2	PERM.	1.4			

As combinações geradas e utilizadas para o dimensionamento da estrutura foram:

- 1 - TODAS - Todas permanentes e acidentais dos pavimentos
- 2 – PP – Caso Simples
- 3 – PERM – Caso Simples

- 4 – ACID – Caso Simples
- 5 - EMPU1 – Caso Simples
- 6 - EMPU2 – Caso Simples
- 7 – ELU1/PERMACID/PP+PERM+EMPU1+ACID
- 8 – ELU1/PERMACID/PP+PERM+EMPU2+ACID
- 9 - ELS/CFREQ/PP+PERM+EMPU1+0.6ACID
- 10 - ELS/CFREQ/PP+PERM+EMPU2+0.6ACID
- 11 - ELS/CQPERM/PP+PERM+EMPU1+0.4ACID
- 12 - ELS/CQPERM/PP+PERM+EMPU2+0.4ACID

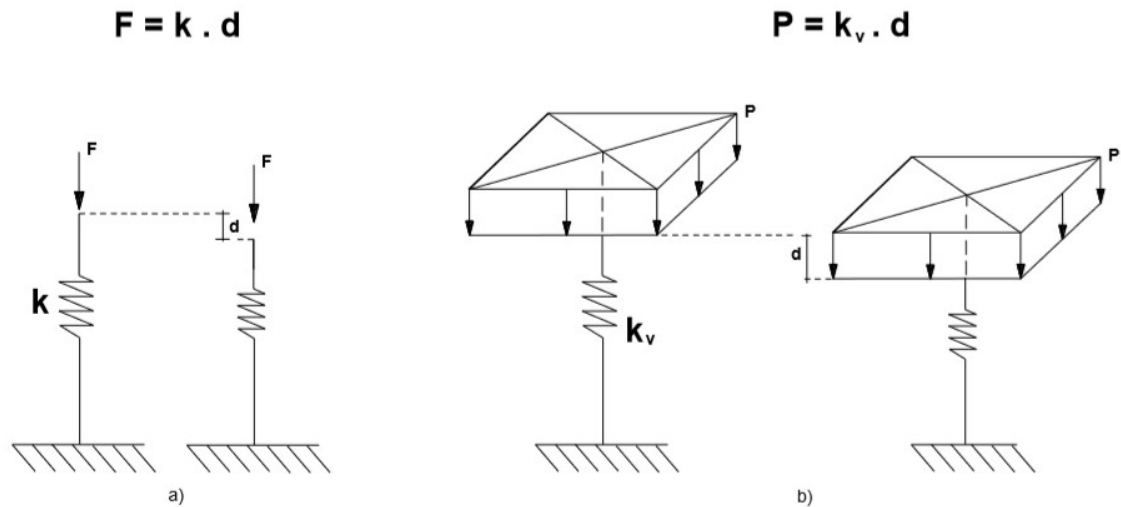
Matriz de combinações – fatores de ponderação						
Caso	1	2	3	4	5	6
7		1.40	1.40	1.40	1.40	
8		1.40	1.40	1.40		1.40
9		1.40	1.40	0.60	1.40	
10		1.40	1.40	0.60		1.40
11		1.40	1.40	0.40	1.40	
12		1.40	1.40	0.40		1.40

As linhas representam combinações e as colunas representam casos simples.

6.4. COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL (CRV)

Para considerar a influência do solo junto à fundação, usou-se a hipótese de Winkler, onde se estabelece que as pressões aplicadas sejam proporcionais, em uma relação escalar, ao recalque mobilizado. Não havendo influência entre o ponto de aplicação desta pressão com sua vizinhança.

Considerando esta hipótese, estabelece-se uma relação discreta (pontual) entre fundação-solo, mediante a definição de uma constante de mola que representará a rigidez do maciço. Para isto, é necessário definir o valor de K_v o qual é denominado de Coeficiente de Reação Vertical (CRV). Este é um valor escalar que representa o coeficiente de rigidez que o solo possui para resistir ao deslocamento mobilizado por uma pressão imposta. Ele é análogo ao coeficiente de mola, mas não relacionado a uma força, mas sim a uma pressão (força por área), de acordo com o exemplo esquemático na figura abaixo:



a) coeficiente de mola, quociente entre força – deslocamento;

b) coeficiente de reação vertical, quociente entre pressão – deslocamento.

6.4.1. MÉTODO SPT – TENSÃO ADMISSÍVEL

Neste método, obtêm-se a média dos valores do SPT compreendidos dentro do bulbo de pressões. Com o valor do número de golpes médio, calcula-se a tensão admissível pela conhecida relação empírica:

$$\sigma = 0,20 \times SPT_{\text{médio}}$$

De acordo com os relatórios de sondagem, foi admitido uma tensão de 1,00 kgf/cm². Com as tensões admissíveis estimadas, retira-se da tabela SAFE, MORRISON (1993), o valor de Kv em kgf/cm³. Dessa forma, para tensões de 1,00 kgf/cm² o valor de Kv é de 2,20 kgf/cm³.

7. MATERIAIS

7.1. CONCRETO

O valor de f_{ck} para toda obra é de 30 MPa.

7.2. MÓDULO DE ELASTICIDADE

O módulo de elasticidade utilizado para resistência de concreto definida em projeto é listado a seguir:

	AlfaE	E_{cs} (MPa)	E_{ci} (MPa)	G_c (MPa)
C30	1	26838	30672 (31000)	13282

Observação Importante

Para a produção do concreto foi considerada a utilização de agregado graúdo de origem granítica (granito), em especial na avaliação do módulo de elasticidade. Caso sejam utilizados outros tipos de agregados graúdos, o valor do módulo de elasticidade deverá ser ajustado conforme item 8.2.8 da NBR 6118, devendo ser definido antes do início do projeto.

Recomendação Importante:

Para o bom desempenho da estrutura de concreto, e também redução de custo da mesma, recomenda-se a contratação de tecnólogo do concreto com o objetivo de desenvolver o traço do concreto a ser empregado na obra, bem como orientar sobre os procedimentos de cura e desforma.

7.3. AÇO DE ARMADURA PASSIVA

Foram utilizadas as seguintes características para o aço estrutural utilizado no projeto:

Tipo de barra	E_{cs} (MPa)	f_{yk} (MPa)	Massa específica (kgf/m³)	η_1
CA-50	210000	500	7850	2,25
CA-60	210000	600	7850	1,40

8. ANÁLISE ESTRUTURAL E DETALHAMENTO DA ESTRUTURA – EEEB-A

Neste capítulo serão apresentados os esforços solicitantes característicos existentes dos elementos estruturais, a saber: esforço fletor, cortante e normal, quando houver.

O detalhamento será apresentado agrupado por tipo de elemento, a saber:

- Lajes
- Vigas
- Pilares
- Fundação

8.1. LAJES

A apresentação dos resultados para laje será por pavimento (elevação) ou tipo de elemento estrutural.

Os dados preliminares utilizados nas lajes são:

- Modelo estrutural realizado por meio de pórtico espacial e grelha;

- Momento mínimo de cálculo da NBR 6118, de acordo com item 17.3.5.2.1, para laje com espessura de:

- 35cm: $M_{d,min} = 6,65 \text{ tf/m}$ e $M_{k,min} = 4,75 \text{ tf/m}$

- 20cm: $M_{d,min} = 1,89 \text{ tf/m}$ e $M_{k,min} = 1,35 \text{ tf/m}$

- 15cm: $M_{d,min} = 1,03 \text{ tf/m}$ e $M_{k,min} = 0,73 \text{ tf/m}$

- Área de aço mínima, para esforço de momento negativo de laje e espessura de:

- 35cm: $5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$

- 20cm: $2,77 \text{ cm}^2/\text{m}$

- 15cm: $2,10 \text{ cm}^2/\text{m}$

- Área de aço mínima, para momento positivo de laje (armada em 2 direções) e negativo de borda de laje com espessura de ($\rho_s = 0,67 \cdot \rho_{min}$):

- 35cm: $3,37 \text{ cm}^2/\text{m}$

- 20cm: $1,86 \text{ cm}^2/\text{m}$

- 15cm: $1,41 \text{ cm}^2/\text{m}$

Os esforços apresentados são com valores característicos.

8.1.1. LAJES DO BIOFILTRO

8.1.1.1. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.18 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.108382 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.49 \text{ cm}$

$\Delta = 0.08 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

8.1.2. LAJES DA CAIXA DE DESCARGA

8.1.2.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.06 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 2.50 \text{ cm}^2$

$x = 0.050216 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.37 \text{ cm}$

$\Delta = 0.01 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

8.1.2.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.06 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.036062 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.37 \text{ cm}$

$\Delta = 0.11 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

8.1.3. LAJES DO PV DE ENTRADA

8.1.3.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.12 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 2.50 \text{ cm}^2$

$x = 0.100608 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.01$

$\Delta_{lim} = 0.40 \text{ cm}$

$\Delta = 0.02 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

8.1.3.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.07 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.042079 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.40 \text{ cm}$

$\Delta = 0.10 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

8.1.4. LAJES DA CAIXA DE AREIA

8.1.4.1. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.11 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.066163 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.69 \text{ cm}$

$\Delta = 0.16 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

8.1.5. LAJES DO POÇO DE SUCÇÃO

8.1.5.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.25 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 2.50 \text{ cm}^2$

$x = 0.210406 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.02$

$\Delta_{lim} = 0.69 \text{ cm}$

$\Delta = 0.06 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

8.1.5.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.01 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.006006 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.69 \text{ cm}$

$\Delta = 0.23 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

8.1.6. LAJES DO ABRIGO DO PAINEL ELÉTRICO

8.1.6.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.30 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 2.50 \text{ cm}^2$

$x = 0.252863 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.02$

$\Delta_{lim} = 0.29 \text{ cm}$

$\Delta = 0.10 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

8.1.6.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 35 \text{ cm}$

$d = 31 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.99 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 5.03 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 6.54 \text{ cm}^2$

$x = 0.62175 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.02$

$\Delta_{lim} = 0.29 \text{ cm}$

$\Delta = 0.12 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

8.2. VIGAS

A apresentação dos resultados das vigas será por elemento hidráulico.

Os dados preliminares utilizados nas vigas são:

- Modelo estrutural realizado por meio de pórtico espacial e grelha;
- Momento mínimo de cálculo da NBR 6118, de acordo com item 17.3.5.2.1, para vigas:

- $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ e $\rho_{min} = 0,15\%$;

- b_w : largura da viga;

- h : altura da viga;

- $A_c = b_w \cdot h$: largura da viga;

A_c : área da seção transversal da viga.

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot A_c$$

- Os esforços apresentados são com valores característicos;
- Foi adotada armadura mínima de pele para vigas com altura maior que 60cm conforme NBR 6118, item 17.3.5.2.3:

$$A_{s,min,pele} = 0,1\% \cdot A_c \leq 5 \text{ cm}^2$$

No caso das paredes do reservatório, a armadura de pele foi comparada com os esforços obtidos ao longo da altura da parede. A maior armadura foi adotada.

- A armadura mínima transversal para vigas conforme NBR 6118, é de:

$$A_{sw,min} > \frac{20 \cdot f_{ct,m}}{f_{ywk}} \cdot b_w$$

$$f_{ct,m} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{30^2} = 2,89 \text{ MPa}$$

$$f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$$

- O dimensionamento das vigas verificou as seguintes armaduras:
 - Armadura longitudinal superior e inferior (flexão);
 - Armadura Transversal;
 - Armadura de pele ou lateral.

Legenda:

L: Comprimento dos vãos das vigas

H/L: Relação entre altura e comprimento dos vãos das vigas

ps: Taxa geométrica de armadura longitudinal. Obtida em diversas seções ao longo do vão, não considera a armadura lateral.

n: Quantidade de armaduras

Ø: Diâmetro da armadura

As': Indica a existência de armadura negativa

As,lat: Indica a existência de armadura lateral

L/Δ : Relação entre vão e deslocamento máximo

L : Comprimento da faixa

p_{sw} : Taxa geométrica de armadura transversal. Obtida nas faixas existentes no vão

$\varnothing e$: Diâmetro do estribo externo

$\varnothing i$: Diâmetro do estribo interno

c : Espaçamento entre estribos

V_{Sd} : Força cortante solicitante de cálculo

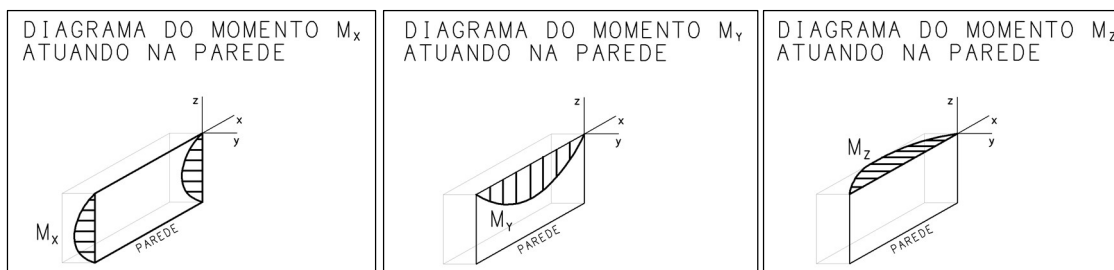
V_{Rd} : Força cortante resistente de cálculo

T_{Sd} : Torção solicitante de cálculo

T_{Rd} : Torção resistente de cálculo

8.2.1. VIGAS/PAREDES DO POÇO DE SUCÇÃO

Os momentos atuantes nas vigas/paredes possuem os seguintes diagramas:



A laje de piso do **POÇO DE SUCÇÃO**, que é a fundação (radier), atua como elemento de apoio para as paredes ao longo de seu comprimento. Dessa forma, os momentos fletores M_y foram iguais a zero.

Assim, o dimensionamento das paredes pode ser resumido da seguinte forma:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa):
 - Momentos M_y iguais a zero → Adotar armadura mínima de flexão longitudinal;
- Armadura Transversal (estribos) das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação do esforço cortante como viga (cortante mínimo de $1tf$);
 - Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;
- Armadura de pele ou lateral das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação da armadura de pele como viga;
 - Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;

8.2.1.1. VIGAS: PAR1

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1tf.m)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$
 $h = 408 \text{ cm}$
 $d = 404 \text{ cm}$
 $d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
 $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 $\gamma_c = 1.40$
 $\gamma_s = 1.15$
 $f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$
 $\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_s, \text{calculada} = 12.20 \text{ cm}^2$
 $A_s, \text{existente} = 15.70 \text{ cm}^2$
 $x = 0.118923 \text{ cm}$
 $\beta_x = x/d = 0.00$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$
 $A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 411.39 \text{ tf}$
 $V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$
 $V_c = 70.21 \text{ tf}$
 $V_{sw} = -68.81 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 4.94 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 10.81 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 13.09 \text{ cm}^2$

$x = 3.226714 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.20$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

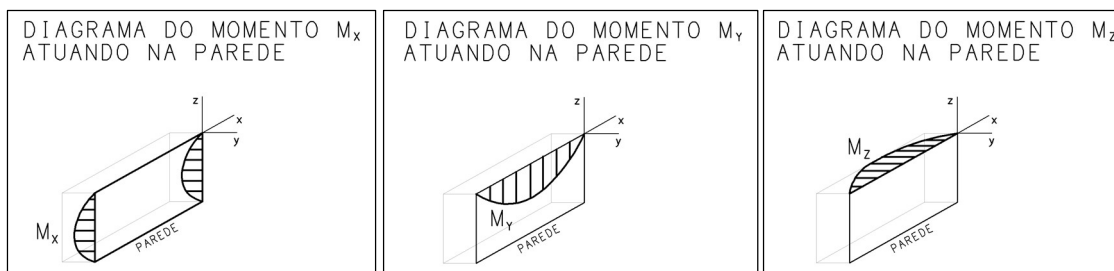
$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

8.2.2. VIGAS/PAREDES DA CAIXA DE AREIA

Os momentos atuantes nas vigas/paredes possuem os seguintes diagramas:



A laje de piso da **CAIXA DE AREIA**, que é a fundação (radier), atua como elemento de apoio para as paredes ao longo de seu comprimento. Dessa forma, os momentos fletores M_y foram iguais a zero.

Assim, o dimensionamento das paredes pode ser resumido da seguinte forma:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa):
 - Momentos M_y iguais a zero → Adotar armadura mínima de flexão longitudinal;
- Armadura Transversal (estribos) das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação do esforço cortante como viga (cortante mínimo de $1tf$);
 - Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;
- Armadura de pele ou lateral das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação da armadura de pele como viga;
 - Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;

8.2.2.1. VIGAS: PAR1

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1t.mf)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$

$h = 178 \text{ cm}$

$d = 174 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_s, \text{calculada} = 5.29 \text{ cm}^2$

$A_s, \text{existente} = 6.03 \text{ cm}^2$

$x = 0.276263 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 117.18 \text{ tf}$

$V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$

$V_c = 30.24 \text{ tf}$

$V_{sw} = -28.84 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.26 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2$

$x = 0.156742 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.01$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

8.2.2.2. VIGAS: PAR2=PAR3=PAR4

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1t.mf)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$

$h = 343 \text{ cm}$

$d = 339 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_{s, \text{calculada}} = 10.25 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 10.05 \text{ cm}^2$

$x = 0.141732 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 345.20 \text{ tf}$

$V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$

$V_c = 58.91 \text{ tf}$

$V_{sw} = -57.51 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 2.75 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 5.78 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2$

$x = 1.725808 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.11$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

8.2.2.3. VIGAS: PAR5

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1t.mf)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$

$h = 65 \text{ cm}$

$d = 61 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_s, \text{calculada} = 1.91 \text{ cm}^2$

$A_s, \text{existente} = 4.02 \text{ cm}^2$

$x = 0.791638 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.01$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 62.12 \text{ tf}$

$V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$

$V_c = 10.60 \text{ tf}$

$V_{sw} = -9.20 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2$

$x = 0.002 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.0$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

8.2.2.4. VIGAS: PAR6

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1t.mf)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$

$h = 298 \text{ cm}$

$d = 294 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_s, \text{calculada} = 8.89 \text{ cm}^2$

$A_s, \text{existente} = 10.05 \text{ cm}^2$

$x = 0.163435 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 299.39 \text{ tf}$

$V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$

$V_c = 51.09 \text{ tf}$

$V_{sw} = -49.69 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.70 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 3.51 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2$

$x = 1.048307 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.07$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

9. ANÁLISE ESTRUTURAL E DETALHAMENTO DA ESTRUTURA – EEEB-B

Neste capítulo serão apresentados os esforços solicitantes característicos existentes dos elementos estruturais, a saber: esforços fletor, cortante e normal, quando houver.

O detalhamento será apresentado agrupado por tipo de elemento, a saber:

- Lajes
- Vigas
- Pilares
- Fundação

9.1. LAJES

A apresentação dos resultados para laje será por pavimento (elevação) ou tipo de elemento estrutural.

Os dados preliminares utilizados nas lajes são:

- Modelo estrutural realizado por meio de pórtico espacial e grelha;
- Momento mínimo de cálculo da NBR 6118, de acordo com item 17.3.5.2.1, para laje com espessura de:
 - 35cm: $M_{d,min} = 6,65 \text{ tf/m}$ e $M_{k,min} = 4,75 \text{ tf/m}$
 - 20cm: $M_{d,min} = 1,89 \text{ tf/m}$ e $M_{k,min} = 1,35 \text{ tf/m}$
 - 15cm: $M_{d,min} = 1,03 \text{ tf/m}$ e $M_{k,min} = 0,73 \text{ tf/m}$
- Área de aço mínima, para esforço de momento negativo de laje e espessura de:
 - 35cm: $5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$
 - 20cm: $2,77 \text{ cm}^2/\text{m}$
 - 15cm: $2,10 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Área de aço mínima, para momento positivo de laje (armada em 2 direções) e negativo de borda de laje com espessura de ($\rho_s = 0,67 \cdot \rho_{min}$):
 - 35cm: $3,37 \text{ cm}^2/\text{m}$
 - 20cm: $1,86 \text{ cm}^2/\text{m}$
 - 15cm: $1,41 \text{ cm}^2/\text{m}$

Os esforços apresentados são com valores característicos.

9.1.1. LAJES DO BIOFILTRO

9.1.1.1. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.18 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.108382 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.49 \text{ cm}$

$\Delta = 0.08 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

9.1.2. LAJES DA CAIXA DE DESCARGA

9.1.2.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.07 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 2.50 \text{ cm}^2$

$x = 0.058602 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.01$

$\Delta_{lim} = 0.37 \text{ cm}$

$\Delta = 0.01 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

9.1.2.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{sk} = 0.07 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 2.50 \text{ cm}^2$

$x = 0.058602 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.01$

$\Delta_{lim} = 0.37 \text{ cm}$

$\Delta = 0.11 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

9.1.3. LAJES DO PV DE ENTRADA

9.1.3.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.12 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 2.50 \text{ cm}^2$

$x = 0.100608 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.01$

$\Delta_{lim} = 0.40 \text{ cm}$

$\Delta = 0.02 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

9.1.3.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.07 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.042079 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.40 \text{ cm}$

$\Delta = 0.10 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

9.1.4. LAJES DA CAIXA DE AREIA

9.1.4.1. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.11 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.066163 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.69 \text{ cm}$

$\Delta = 0.16 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

9.1.5. LAJES DO POÇO DE SUCÇÃO

9.1.5.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.25 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 2.50 \text{ cm}^2$

$x = 0.210406 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.02$

$\Delta_{lim} = 0.69 \text{ cm}$

$\Delta = 0.06 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

9.1.5.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.01 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.006006 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.69 \text{ cm}$

$\Delta = 0.23 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

9.1.6. LAJES DO ABRIGO DO PAINEL ELÉTRICO

9.1.6.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.30 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 2.50 \text{ cm}^2$

$x = 0.252863 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.02$

$\Delta_{lim} = 0.29 \text{ cm}$

$\Delta = 0.10 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

9.1.6.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 35 \text{ cm}$

$d = 31 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.99 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 5.03 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 6.54 \text{ cm}^2$

$x = 0.62175 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.02$

$\Delta_{lim} = 0.29 \text{ cm}$

$\Delta = 0.12 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

9.2. VIGAS

A apresentação dos resultados das vigas será por elemento hidráulico.

Os dados preliminares utilizados nas vigas são:

- Modelo estrutural realizado por meio de pórtico espacial e grelha;
- Momento mínimo de cálculo da NBR 6118, de acordo com item 17.3.5.2.1, para vigas:

- $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ e $\rho_{min} = 0,15\%$;

- b_w : largura da viga;

- h : altura da viga;

- $A_c = b_w \cdot h$: largura da viga;

A_c : área da seção transversal da viga.

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot A_c$$

- Os esforços apresentados são com valores característicos;
- Foi adotada armadura mínima de pele para vigas com altura maior que 60cm conforme NBR 6118, item 17.3.5.2.3:

$$A_{s,min,pele} = 0,1\% \cdot A_c \leq 5 \text{ cm}^2$$

No caso das paredes do reservatório, a armadura de pele foi comparada com os esforços obtidos ao longo da altura da parede. A maior armadura foi adotada.

- A armadura mínima transversal para vigas conforme NBR 6118, é de:

$$A_{sw,min} > \frac{20 \cdot f_{ct,m}}{f_{ywk}} \cdot b_w$$

$$f_{ct,m} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{30^2} = 2,89 \text{ MPa}$$

$$f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$$

- O dimensionamento das vigas verificou as seguintes armaduras:
 - Armadura longitudinal superior e inferior (flexão);
 - Armadura Transversal;
 - Armadura de pele ou lateral.

Legenda:

L: Comprimento dos vãos das vigas

H/L: Relação entre altura e comprimento dos vãos das vigas

ps: Taxa geométrica de armadura longitudinal. Obtida em diversas seções ao longo do vão, não considera a armadura lateral.

n: Quantidade de armaduras

Ø: Diâmetro da armadura

As': Indica a existência de armadura negativa

As,lat: Indica a existência de armadura lateral

L/Δ : Relação entre vão e deslocamento máximo

L : Comprimento da faixa

p_{sw} : Taxa geométrica de armadura transversal. Obtida nas faixas existentes no vão

$\varnothing e$: Diâmetro do estribo externo

$\varnothing i$: Diâmetro do estribo interno

c : Espaçamento entre estribos

V_{Sd} : Força cortante solicitante de cálculo

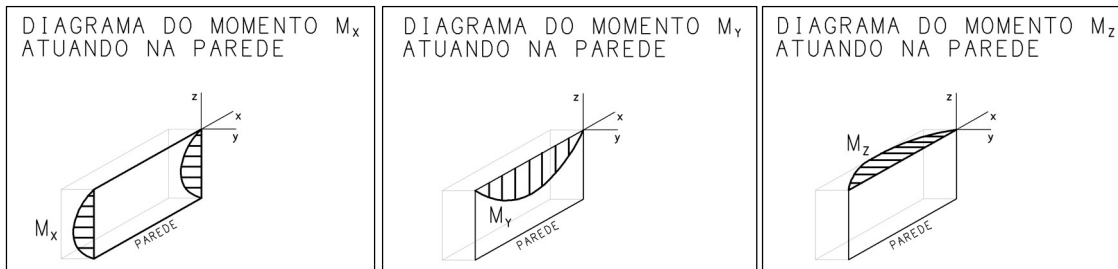
V_{Rd} : Força cortante resistente de cálculo

T_{Sd} : Torção solicitante de cálculo

T_{Rd} : Torção resistente de cálculo

9.2.1. VIGAS/PAREDES DO POÇO DE SUCÇÃO

Os momentos atuantes nas vigas/paredes possuem os seguintes diagramas:



A laje de piso do **POÇO DE SUCÇÃO**, que é a fundação (radier), atua como elemento de apoio para as paredes ao longo de seu comprimento. Dessa forma, os momentos fletores M_y foram iguais a zero.

Assim, o dimensionamento das paredes pode ser resumido da seguinte forma:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa):
 - Momentos M_y iguais a zero → Adotar armadura mínima de flexão longitudinal;
- Armadura Transversal (estribos) das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação do esforço cortante como viga (cortante mínimo de $1tf$);
 - Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;
- Armadura de pele ou lateral das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação da armadura de pele como viga;
 - Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;

9.2.1.1. VIGAS: PAR1

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1tf.m)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$
 $h = 298 \text{ cm}$
 $d = 294 \text{ cm}$
 $d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
 $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 $\gamma_c = 1.40$
 $\gamma_s = 1.15$
 $f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$
 $\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_s, \text{calculada} = 12.50 \text{ cm}^2$
 $A_s, \text{existente} = 15.70 \text{ cm}^2$
 $x = 0.11605 \text{ cm}$
 $\beta_x = x/d = 0.00$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$
 $A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 421.57 \text{ tf}$
 $V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$
 $V_c = 71.95 \text{ tf}$
 $V_{sw} = -70.55 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 5.36 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 11.83 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 13.09 \text{ cm}^2$

$x = 3.530182 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.22$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

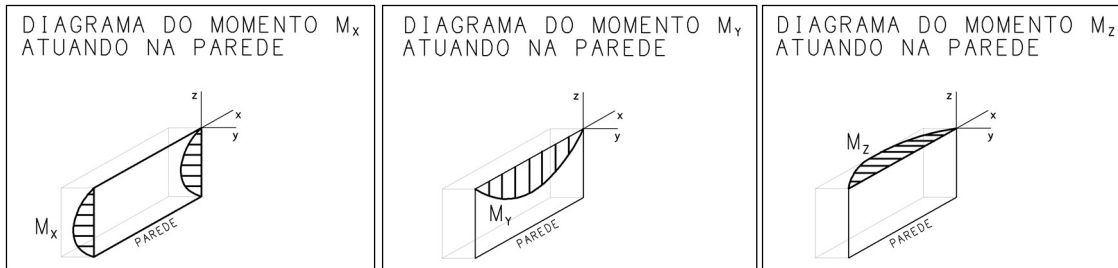
$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

9.2.2. VIGAS/PAREDES DA CAIXA DE AREIA

Os momentos atuantes nas vigas/paredes possuem os seguintes diagramas:



A laje de piso da **CAIXA DE AREIA**, que é a fundação (radier), atua como elemento de apoio para as paredes ao longo de seu comprimento. Dessa forma, os momentos fletores M_y foram iguais a zero.

Assim, o dimensionamento das paredes pode ser resumido da seguinte forma:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa):
 - Momentos M_y iguais a zero → Adotar armadura mínima de flexão longitudinal;
- Armadura Transversal (estribos) das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação do esforço cortante como viga (cortante mínimo de $1tf$);
 - Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;
- Armadura de pele ou lateral das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação da armadura de pele como viga;
 - Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;

9.2.2.1. VIGAS: PAR1

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1t.mf)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$

$h = 160 \text{ cm}$

$d = 156 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_{s, \text{calculada}} = 4.75 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 6.03 \text{ cm}^2$

$x = 0.308187 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 158.85 \text{ tf}$

$V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$

$V_c = 27.11 \text{ tf}$

$V_{sw} = -25.71 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.17 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2$

$x = 0.102345 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.01$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

9.2.2.2. VIGAS: PAR2=PAR3=PAR6

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1t.mf)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$

$h = 320 \text{ cm}$

$d = 316 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_s, \text{calculada} = 9.55 \text{ cm}^2$

$A_s, \text{existente} = 10.05 \text{ cm}^2$

$x = 0.152052 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 321.78 \text{ tf}$

$V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$

$V_c = 54.92 \text{ tf}$

$V_{sw} = -53.52 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 2.17 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 4.52 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2$

$x = 1.348527 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.08$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

9.2.2.3. VIGAS: PAR4

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1t.mf)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$

$h = 275 \text{ cm}$

$d = 271 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_{s, \text{calculada}} = 8.21 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 10.05 \text{ cm}^2$

$x = 0.177313 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 275.96 \text{ tf}$

$V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$

$V_c = 47.10 \text{ tf}$

$V_{sw} = -45.70 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.29 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2$

$x = 0.790245 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.05$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

9.2.2.4. VIGAS: PAR5

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1t.mf)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$

$h = 65 \text{ cm}$

$d = 61 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_s, \text{calculada} = 1.91 \text{ cm}^2$

$A_s, \text{existente} = 4.02 \text{ cm}^2$

$x = 0.791638 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.01$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 62.12 \text{ tf}$

$V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$

$V_c = 10.60 \text{ tf}$

$V_{sw} = -9.20 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2$

$x = 0.002 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.0$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

10. ANÁLISE ESTRUTURAL E DETALHAMENTO DA ESTRUTURA – EEEB-C2

Neste capítulo serão apresentados os esforços solicitantes característicos existentes dos elementos estruturais, a saber: esforços fletor, cortante e normal, quando houver.

O detalhamento será apresentado agrupado por tipo de elemento, a saber:

- Lajes
- Vigas
- Pilares
- Fundação

10.1. LAJES

A apresentação dos resultados para laje será por pavimento (elevação) ou tipo de elemento estrutural.

Os dados preliminares utilizados nas lajes são:

- Modelo estrutural realizado por meio de pórtico espacial e grelha;
- Momento mínimo de cálculo da NBR 6118, de acordo com item 17.3.5.2.1, para laje com espessura de:
 - 35cm: $M_{d,min} = 6,65 \text{ tf/m}$ e $M_{k,min} = 4,75 \text{ tf/m}$
 - 20cm: $M_{d,min} = 1,89 \text{ tf/m}$ e $M_{k,min} = 1,35 \text{ tf/m}$
 - 15cm: $M_{d,min} = 1,03 \text{ tf/m}$ e $M_{k,min} = 0,73 \text{ tf/m}$
- Área de aço mínima, para esforço de momento negativo de laje e espessura de:
 - 35cm: $5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$
 - 20cm: $2,77 \text{ cm}^2/\text{m}$
 - 15cm: $2,10 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Área de aço mínima, para momento positivo de laje (armada em 2 direções) e negativo de borda de laje com espessura de ($\rho_s = 0,67 \cdot \rho_{min}$):
 - 35cm: $3,37 \text{ cm}^2/\text{m}$
 - 20cm: $1,86 \text{ cm}^2/\text{m}$
 - 15cm: $1,41 \text{ cm}^2/\text{m}$

Os esforços apresentados são com valores característicos.

10.1.1. LAJES DO ABRIGO DO PAINEL ELÉTRICO

10.1.1.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.30 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 2.50 \text{ cm}^2$

$x = 0.252863 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.02$

$\Delta_{lim} = 0.29 \text{ cm}$

$\Delta = 0.10 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

10.1.1.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 35 \text{ cm}$

$d = 31 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.99 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculado}} = 5.03 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 6.54 \text{ cm}^2$

$x = 0.62175 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.02$

$\Delta_{lim} = 0.29 \text{ cm}$

$\Delta = 0.12 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

10.1.2. LAJES DA CAIXA DE GRADEAMENTO

10.1.2.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.11 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.092197 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.01$

$\Delta_{lim} = 0.57 \text{ cm}$

$\Delta = 0.01 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

10.1.2.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.09 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.054117 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.46 \text{ cm}$

$\Delta = 0.27 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

10.1.3. LAJES DO PV DE ACÚMULO DE AREIA

10.1.3.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.10 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.083791 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.01$

$\Delta_{lim} = 0.45 \text{ cm}$

$\Delta = 0.02 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

10.1.3.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.03 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.018023 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.43 \text{ cm}$

$\Delta = 0.11 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

10.1.4. LAJES DO POÇO DE SUCÇÃO

10.1.4.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.33 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.278399 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.02$

$\Delta_{lim} = 0.79 \text{ cm}$

$\Delta = 0.08 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

10.1.4.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.01 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.006006 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.69 \text{ cm}$

$\Delta = 0.28 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

10.1.5. LAJES DA CAIXA DO BARRILETE

10.1.5.1. ARMADURA DA LAJE DE TAMPA E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$d = 11.5 \text{ cm}$

$d' = 3.5 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.33 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.10 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.159625 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.01$

$\Delta_{lim} = 0.60 \text{ cm}$

$\Delta = 0.02 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

10.1.5.2. ARMADURA DA LAJE DE FUNDO E DEFORMAÇÃO

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 0.07 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.042079 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

$\Delta_{lim} = 0.71 \text{ cm}$

$\Delta = 0.15 \text{ cm}$ - Flecha obtida da grelha linear

10.2. VIGAS

A apresentação dos resultados das vigas será por elemento hidráulico.

Os dados preliminares utilizados nas vigas são:

- Modelo estrutural realizado por meio de pórtico espacial e grelha;
- Momento mínimo de cálculo da NBR 6118, de acordo com item 17.3.5.2.1, para vigas:

- $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ e $\rho_{min} = 0,15\%$;

- b_w : largura da viga;

- h : altura da viga;

- $A_c = b_w \cdot h$: largura da viga;

A_c : área da seção transversal da viga.

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot A_c$$

- Os esforços apresentados são com valores característicos;
- Foi adotada armadura mínima de pele para vigas com altura maior que 60cm conforme NBR 6118, item 17.3.5.2.3:

$$A_{s,min,pele} = 0,1\% \cdot A_c \leq 5 \text{ cm}^2$$

No caso das paredes do reservatório, a armadura de pele foi comparada com os esforços obtidos ao longo da altura da parede. A maior armadura foi adotada.

- A armadura mínima transversal para vigas conforme NBR 6118, é de:

$$A_{sw,min} > \frac{20 \cdot f_{ct,m}}{f_{ywk}} \cdot b_w$$

$$f_{ct,m} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{30^2} = 2,89 \text{ MPa}$$

$$f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$$

- O dimensionamento das vigas verificou as seguintes armaduras:
 - Armadura longitudinal superior e inferior (flexão);
 - Armadura Transversal;
 - Armadura de pele ou lateral.

Legenda:

L: Comprimento dos vãos das vigas

H/L: Relação entre altura e comprimento dos vãos das vigas

ps: Taxa geométrica de armadura longitudinal. Obtida em diversas seções ao longo do vão, não considera a armadura lateral.

n: Quantidade de armaduras

Ø: Diâmetro da armadura

As': Indica a existência de armadura negativa

As,lat: Indica a existência de armadura lateral

L/Δ : Relação entre vão e deslocamento máximo

L : Comprimento da faixa

p_{sw} : Taxa geométrica de armadura transversal. Obtida nas faixas existentes no vão

$\varnothing e$: Diâmetro do estribo externo

$\varnothing i$: Diâmetro do estribo interno

c : Espaçamento entre estribos

V_{Sd} : Força cortante solicitante de cálculo

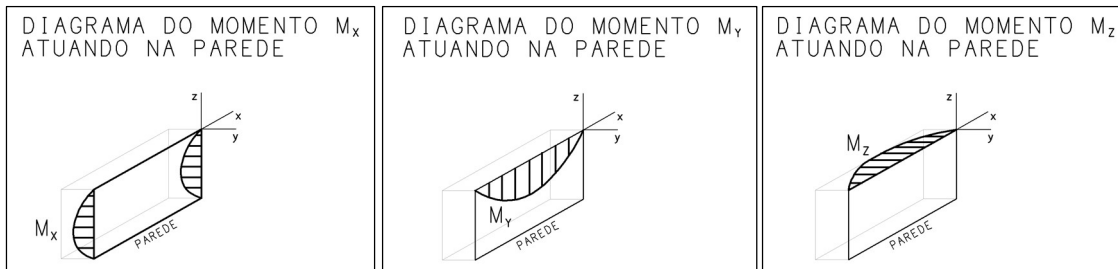
V_{Rd} : Força cortante resistente de cálculo

T_{Sd} : Torção solicitante de cálculo

T_{Rd} : Torção resistente de cálculo

10.2.1. VIGAS/PAREDES DA CAIXA DE GRADEAMENTO

Os momentos atuantes nas vigas/paredes possuem os seguintes diagramas:



A laje de piso da **CAIXA DE GRADEAMENTO**, que é a fundação (radier), atua como elemento de apoio para as paredes ao longo de seu comprimento. Dessa forma, os momentos fletores M_y foram iguais a zero.

Assim, o dimensionamento das paredes pode ser resumido da seguinte forma:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa):
 - Momentos M_y iguais a zero → Adotar armadura mínima de flexão longitudinal;
- Armadura Transversal (estribos) das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação do esforço cortante como viga (cortante mínimo de $1tf$);
 - Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;
- Armadura de pele ou lateral das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação da armadura de pele como viga;
 - Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;

10.2.1.1. VIGAS: PAR1=PAR2=PAR3=PAR4

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1tf.m)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$

$h = 327 \text{ cm}$

$d = 323 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_s, \text{calculada} = 9.77 \text{ cm}^2$

$A_s, \text{existente} = 10.05 \text{ cm}^2$

$x = 0.148756 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 328.91 \text{ tf}$

$V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$

$V_c = 56.13 \text{ tf}$

$V_{sw} = -54.73 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{sk} = 3.46 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 7.37 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2$

$x = 2.198535 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.09$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

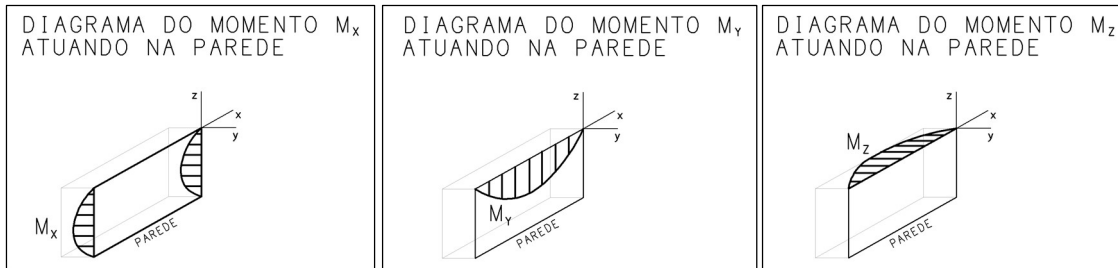
$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

10.2.2. VIGAS/PAREDES DO POÇO DE SUCÇÃO

Os momentos atuantes nas vigas/paredes possuem os seguintes diagramas:



A laje de piso do **POÇO DE SUCÇÃO**, que é a fundação (radier), atua como elemento de apoio para as paredes ao longo de seu comprimento. Dessa forma, os momentos fletores M_y foram iguais a zero.

Assim, o dimensionamento das paredes pode ser resumido da seguinte forma:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa):
 - Momentos M_y iguais a zero → Adotar armadura mínima de flexão longitudinal;
- Armadura Transversal (estribos) das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação do esforço cortante como viga (cortante mínimo de $1tf$);
 - Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;
- Armadura de pele ou lateral das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação da armadura de pele como viga;
 - Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;

10.2.2.1. VIGAS: PAR1

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1tf.m)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$
 $h = 327 \text{ cm}$
 $d = 323 \text{ cm}$
 $d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
 $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 $\gamma_c = 1.40$
 $\gamma_s = 1.15$
 $f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$
 $\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_s, \text{calculada} = 12.68 \text{ cm}^2$
 $A_s, \text{existente} = 15.70 \text{ cm}^2$
 $x = 0.114392 \text{ cm}$
 $\beta_x = x/d = 0.00$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$
 $A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 427.68 \text{ tf}$
 $V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$
 $V_c = 72.99 \text{ tf}$
 $V_{sw} = -71.59 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{sk} = 3.02 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 6.38 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2$

$x = 1.904122 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.12$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

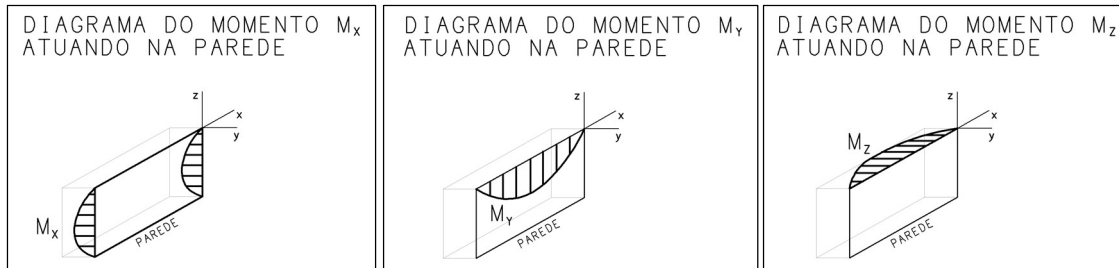
$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

10.2.3. VIGAS/PAREDES DA CAIXA DO BARRILETE

Os momentos atuantes nas vigas/paredes possuem os seguintes diagramas:



A laje de piso da **CAIXA DO BARRILETE**, que é a fundação (radier), atua como elemento de apoio para as paredes ao longo de seu comprimento. Dessa forma, os momentos fletores M_y foram iguais a zero.

Assim, o dimensionamento das paredes pode ser resumido da seguinte forma:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa):
 - Momentos M_y iguais a zero → Adotar armadura mínima de flexão longitudinal;
- Armadura Transversal (estribos) das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação do esforço cortante como viga (cortante mínimo de $1tf$);
 - Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;
- Armadura de pele ou lateral das paredes: Adotar o pior caso entre:
 - Verificação da armadura de pele como viga;
 - Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;
 - Verificação da armadura mínima como viga ou laje, e adotar o maior valor;

10.2.3.1. VIGAS: PAR1=PAR2=PAR3=PAR4

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como VIGA para as seguintes verificações:

- Armadura longitudinal de flexão (positiva e negativa) (admitir ao menor Momento de 1t.mf)
- Verificação do esforço cortante como viga (admitir ao menos cortante de 1tf);
- Verificação da armadura de pele como vigas;
- Verificação da armadura mínima (flexão e cortante) como viga;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 20 \text{ cm}$

$h = 327 \text{ cm}$

$d = 323 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

Flexão

$A_s, \text{calculada} = 4.46 \text{ cm}^2$

$A_s, \text{existente} = 6.03 \text{ cm}^2$

$x = 0.329333 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.00$

Cisalhamento

$A_{sw, \text{calculada}} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$A_{sw, \text{existente}} = 10.47 \text{ cm}^2/\text{m} - 2R$

$V_{Rd2} = 148.67 \text{ tf}$

$V_{Rd3} = 1.40 \text{ tf}$

$V_c = 25.37 \text{ tf}$

$V_{sw} = -23.97 \text{ tf}$

A tabela a seguir apresenta o detalhamento como LAJE para as seguintes verificações:

- Verificação da flexão simples (M_x) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje;

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{sk} = 0.33 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_s, \text{ calculada} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_s, \text{ existente} = 10.47 \text{ cm}^2$

$x = 0.199153 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.01$

- Verificação da flexão simples (M_z) devido às cargas laterais (empuxo de solo e/ou água) como laje; (Foi adotado valor mínimo de 1tfm)

Dados

Informações gerais

Norma utilizada: NBR-6118:2014

Geometria

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$d = 16 \text{ cm}$

$d' = 4 \text{ cm}$

Materiais

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.40$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{ctk} = 4 \text{ MPa}$

Esforços

$M_{Sk} = 1.00 \text{ tfm}$

$\gamma_f = 1.40$

Resultados

$A_{s, \text{calculada}} = 2.77 \text{ cm}^2$

$A_{s, \text{existente}} = 3.35 \text{ cm}^2$

$x = 0.609786 \text{ cm}$

$\beta_x = x/d = 0.04$

11. RELAÇÃO DE DESENHOS

PROJETO ESTRUTURAL - TOMO B - DESENHOS

1	B-029-000-91-4-MD-0001	B-4-SDV-009-91-MD-001	MEMORIAL DESCRITIVO E DE CALCULO
2	B-029-000-91-4-XX-0001	B-4-SDV-009-91-XX-001	FORMAS DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
3	B-029-000-91-4-XX-0002	B-4-SDV-009-91-XX-002	FORMAS E ARMAÇÃO DO ABRIGO DO PAINEL ELÉTRICO
4	B-029-000-91-4-XX-0003	B-4-SDV-009-91-XX-003	FORMAS DO POÇO DE SUCÇÃO
5	B-029-000-91-4-XX-0004	B-4-SDV-009-91-XX-004	ARMAÇÃO DO POÇO DE SUCÇÃO
6	B-029-000-91-4-XX-0005	B-4-SDV-009-91-XX-005	FORMAS DA CAIXA DE AREIA
7	B-029-000-91-4-XX-0006	B-4-SDV-009-91-XX-006	ARMAÇÃO DA CAIXA DE AREIA
8	B-029-000-91-4-XX-0007	B-4-SDV-009-91-XX-007	ARMAÇÃO DA CAIXA DE AREIA
9	B-029-000-91-4-XX-0008	B-4-SDV-009-91-XX-008	FORMAS E ARMAÇÃO DO PV DE ENTRADA
10	B-029-000-91-4-XX-0009	B-4-SDV-009-91-XX-009	FORMAS E ARMAÇÃO DA CAIXA DE DESCARGA
11	B-029-000-91-4-XX-0010	B-4-SDV-009-91-XX-010	FORMAS DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
12	B-029-000-91-4-XX-0011	B-4-SDV-009-91-XX-011	FORMAS E ARMAÇÃO DO ABRIGO DO PAINEL ELÉTRICO
13	B-029-000-91-4-XX-0012	B-4-SDV-009-91-XX-012	FORMAS DO POÇO DE SUCÇÃO
14	B-029-000-91-4-XX-0013	B-4-SDV-009-91-XX-013	ARMAÇÃO DO POÇO DE SUCÇÃO
15	B-029-000-91-4-XX-0014	B-4-SDV-009-91-XX-014	FORMAS DA CAIXA DE AREIA
16	B-029-000-91-4-XX-0015	B-4-SDV-009-91-XX-015	ARMAÇÃO DA CAIXA DE AREIA
17	B-029-000-91-4-XX-0016	B-4-SDV-009-91-XX-016	ARMAÇÃO DA CAIXA DE AREIA
18	B-029-000-91-4-XX-0017	B-4-SDV-009-91-XX-017	FORMAS E ARMAÇÃO DO PV DE ENTRADA
19	B-029-000-91-4-XX-0018	B-4-SDV-009-91-XX-018	FORMAS E ARMAÇÃO DA CAIXA DE DESCARGA
20	B-029-000-91-4-XX-0019	B-4-SDV-009-91-XX-019	FORMAS DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
21	B-029-000-91-4-XX-0020	B-4-SDV-009-91-XX-020	FORMAS E ARMAÇÃO DA CAIXA DE GRADEAMENTO
22	B-029-000-91-4-XX-0021	B-4-SDV-009-91-XX-021	ARMAÇÃO DA CAIXA DE GRADEAMENTO

23	B-029-000-91-4-XX-0022	B-4-SDV-009-91-XX-022	FORMAS E ARMAÇÃO DO PV DE ACÚMULO DE AREIA
24	B-029-000-91-4-XX-0023	B-4-SDV-009-91-XX-023	FORMAS E ARMAÇÃO DO POÇO DE SUCÇÃO
25	B-029-000-91-4-XX-0024	B-4-SDV-009-91-XX-024	ARMAÇÃO DO POÇO DE SUCÇÃO
26	B-029-000-91-4-XX-0025	B-4-SDV-009-91-XX-025	FORMAS E ARMAÇÃO DA CAIXA DO BARRILETE
27	B-029-000-91-4-XX-0026	B-4-SDV-009-91-XX-026	ARMAÇÃO DA CAIXA DO BARRILETE
28	B-029-000-91-4-XX-0027	B-4-SDV-009-91-XX-027	FORMAS E ARMAÇÃO DO ABRIGO DO PAINEL ELÉTRICO
29	B-029-000-91-4-XX-0028	B-4-SDV-009-91-XX-028	FORMAS DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
30	B-029-000-91-4-XX-0029	B-4-SDV-009-91-XX-029	FORMAS E ARMAÇÃO DA CAIXA DE GRADEAMENTO
31	B-029-000-91-4-XX-0030	B-4-SDV-009-91-XX-030	ARMAÇÃO DA CAIXA DE GRADEAMENTO
32	B-029-000-91-4-XX-0031	B-4-SDV-009-91-XX-031	FORMAS E ARMAÇÃO DO PV DE ACÚMULO DE AREIA
33	B-029-000-91-4-XX-0032	B-4-SDV-009-91-XX-032	FORMAS E ARMAÇÃO DO POÇO DE SUCÇÃO
34	B-029-000-91-4-XX-0033	B-4-SDV-009-91-XX-033	ARMAÇÃO DO POÇO DE SUCÇÃO
35	B-029-000-91-4-XX-0034	B-4-SDV-009-91-XX-034	FORMAS E ARMAÇÃO DA CAIXA DO BARRILETE
36	B-029-000-91-4-XX-0035	B-4-SDV-009-91-XX-035	ARMAÇÃO DA CAIXA DO BARRILETE
37	B-029-000-91-4-XX-0036	B-4-SDV-009-91-XX-036	FORMAS E ARMAÇÃO DO ABRIGO DO PAINEL ELÉTRICO