

UNIS - CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA CIVIL
JULIO CESAR ALEXANDRE FERREIRA

N. CLASS.	M. 624
CUTTER	F 383 d
ANO/ED.	2014

DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DE VIGAS DE UM PAVIMENTO
COMERCIAL: "Comparativo entre a NBR 6118: 2003 e a NBR 6118: 2014."

Varginha-MG
2014

FEPESMIG

JULIO CESAR ALEXANDRE FERREIRA

DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DE VIGAS DE UM PAVIMENTO

COMERCIAL: “Comparativo entre a NBR 6118: 2003 e a NBR 6118: 2014.”

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do professor MSc. Antônio de Faria.

Varginha-MG
2014

JULIO CESAR ALEXANDRE FERREIRA

**DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DE VIGAS DE UM PAVIMENTO
COMERCIAL: “Comparativo entre a NBR 6118: 2003 e a NBR 6118: 2014.”**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. M.Sc. Antônio de Faria

Prof. Armando Belato Pereira

Prof. Leopoldo Freire Bueno

OBS:

Dedico este trabalho a todos que
contribuíram direta ou indiretamente em
minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

A Jesus Cristo, amigo sempre presente, sem o qual nada teria feito.

Aos meus familiares, que sempre incentivaram meus sonhos e estiveram sempre ao meu lado.

Aos meus amigos e colegas de classe pela amizade e companheirismo que recebi.

Ao Prof.º Antônio de Faria, que me acompanhou, transmitindo-me tranquilidade e aos demais professores que fizeram parte de minha formação.

RESUMO

Este trabalho visa comparar os procedimentos exigidos pela NBR 6118: 2003 e a NBR 6118: 2014, no dimensionamento e detalhamento de vigas de um pavimento comercial em termos quantitativos e qualitativos, tendo como análise nove vigas com cargas elevadas e comprimentos extensos. Dessa forma o comparativo se faz necessário para se obter indicadores precisos em cada item analisado, tendo considerações finais que será de grande valia para o Engenheiro Civil.

Palavras - chave: Vigas, Comparativo, Engenheiro Civil.

ABSTRACT

To compare the procedures required by NBR 6118: 2003 and NBR 6118: 2014 in the design and detailing of beams of a trading floor in quantitative and qualitative terms, with the analysis of nine beams with high loads and long lengths. Thus the comparison is necessary to obtain accurate metrics on each item examined and final considerations that will be valuable for future Civil Engineer.

KEYWORDS: *Beams, Comparative, Civil Engineer.*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo NBR 6118:2003 e o NBR 6118:2014	16
Tabela 2 – Taxas Mínimas de Armadura de Flexão para vigas (NBR 6118: 2003)	17
Tabela 3 – Taxas Mínimas de Armadura de Flexão para vigas (NBR 6118: 2014)	17
Tabela 4 – Dimensionamento de Seção Retangular	23
Tabela 5 – Legenda.....	24
Tabela 6 – Consumo de Aço	24
Tabela 7 – Consumo de Concreto	25
Tabela 8 – Consumo de Forma.....	25
Tabela 9 – Taxa de Armadura	26
Tabela 10 – Taxa de Armadura de todas as vigas	26
Tabela 11 – Resumo viga 2	28
Tabela 12 – Consumo de Aço viga 2.....	28
Tabela 13 – Dados Preliminares para Dimensionamento das Lajes.....	32
Tabela 14 – Verificação das Flechas Elástica das Lajes	32
Tabela 15 – Reações Finais nas Vigas	34
Tabela 16 – Quadro Geral das Solicitações de Projetos.....	35
Tabela 17 – Dimensionamento f_{ck} 30 MPa – NBR 6118: 2003/2014	48
Tabela 18 – Dimensionamento f_{ck} 60 MPa – NBR 6118:2014 c/ seção pré-estabelecida ..	58
Tabela 19 – Dimensionamento f_{ck} 60 MPa – NBR 6118: 2014	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fachada	20
Figura 2 – Projeto Arquitetônico do 1º pavimento	21
Figura 3 – Projeto Arquitetônico do 2º pavimento	21
Figura 4 – Pré-Forma.....	22
Figura 5 – Reações das Lajes	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira do Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

ELU – Estado Limite Último

ELS – Estado Limite de Serviço

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

γ – Peso Específico

x – Altura da linha neutra

z – Braço de alavanca

y – Altura da linha neutra convencional

h – Altura total da viga

d – Distância do centro de gravidade da armadura longitudinal tracionada até a borda mais comprimida da seção transversal;

d' – Distância do centro de gravidade da armadura longitudinal tracionada até a borda mais próximo deste;

M_{Sd} – Momento fletor solicitante de cálculo

M_{Rd} – Momento fletor resistente de cálculo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	14
1.2 Objetivo	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 Metodologia	15
2 CRITÉRIOS NORMATIVOS NBR 6118: 2003/2014	16
2.1 Limites para redistribuição de momentos e condições de ductilidades	16
2.2 Armadura de tração	16
2.3 Armadura de pele	17
2.4 Armadura de tração e de compressão	18
3 DIAGNÓSTICO	19
4 RESULTADOS	20
4.1 Projeto proposto	20
4.2 Pré forma	22
4.3 Dimensionamento de k_x e k_z	23
5 COMPARATIVO DOS RESULTADOS	24
5.1 Consumo de aço	24
5.2 Consumo de concreto	25
5.3 Consumo de forma	25
5.4 Taxa de armadura	25
5.4.1 Detalhamento da taxa de armadura das vigas	26
5.4.2 Detalhamento de consumo "VIGA 2"	27
5.4.2.1 Redimensionamento "VIGA 2"	28
6 CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	31
APÊNDICE A – Determinação das reações nas vigas	32
APÊNDICE B – Dimensionamento e detalhamento da viga 03	36
APÊNDICE C – Dimensionamento e detalhamento das vigas com f_{ck} 30 MPa de acordo com a NBR 6118: 2003/2014	48

APÊNDICE D – Dimensionamento e detalhamento das vigas com f_{ck} 60 MPa de acordo com a NBR 6118:2014 utilizando a mesma seção transversal dimensionada com f_{ck} 30 MPa.....58

APÊNDICE E – Dimensionamento e detalhamento das vigas com f_{ck} 60 MPa de acordo com a NBR 6118:201468

APÊNDICE F – Dimensionamento e detalhamento da viga 02 para armadura dupla.....78

1 INTRODUÇÃO

A Norma brasileira NBR 6118, editada em março de 2003 pela ABNT, sob o título: PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO-PROCEDIMENTO, substituiu as normas precedentes, NB 1:78 e NBR 6118:80, considerada a norma mãe da engenharia civil.

Passados 10 anos a NBR 6118:2003 desde de junho de 2013 esta em processo de revisão. A nova NBR 6118: 2014 foi publicada dia 29 de abril e entrou em vigor no dia 29 de maio de 2014. As alterações e inovações presentes no novo texto normativo são reflexo do processo de evolução das técnicas nas áreas do conhecimento e do avanço das ferramentas utilizadas nos processos de cálculo estrutural. Pode-se considerar que, com estas mudanças, a etapa de projeto se tornou mais complexa, e cresceram as responsabilidades dos projetistas.

Apesar de se reconhecer que foram realizados avanços, persiste certo questionamento quanto ao impacto das mudanças, em termos de peso e de custo das edificações. Buscando colaborar com dados para subsidiar esta discussão, o presente trabalho tem por objetivo comparar os resultados gerados, em termos quantitativos e qualitativos, no dimensionamento de “VIGAS” de um edifício comercial segundo as recomendações da NBR 6118:2003 e da NBR 6118:2014.

1.1 Justificativa

As vigas são elementos estruturais que compõe uma estrutura, geralmente com uma dimensão preponderantes sobre as demais. Segundo Carvalho e Filho (2012), o cálculo, ou dimensionamento, de uma estrutura deve garantir que ela suporte, de forma segura, estável e sem deformações excessivas, todas as solicitações a que esta submetida durante sua execução e utilização.

Este trabalho visa estabelecer indicadores comparativos entre NBR 6118:2003 e a NBR 6118:2014, tomando com base principal a diferença do f_{ck} (resistência do concreto) e da classe do concreto, que por sua vez tem como classe I – C20 a C50 e classe II – C50 a C90. Para este trabalho de conclusão de curso foram adotados para o dimensionamento o concreto com f_{ck} de 30 MPa para classe I e, de 60 MPa para classe II.

A escolha da resistência do concreto de acordo com a classe para o dimensionamento foi feita visando obter valores distintos de indicadores para um melhor comparativo, pois seria inviável os cálculos utilizando todos os valores de f_{ck} .

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo realizar um comparativo em termos quantitativos e qualitativos, no dimensionamento e detalhamento de “VIGAS” de um edifício comercial entre a NBR 6118: 2003 e a NBR 6118: 2014.

1.2.2 Objetivos específicos

- TCC 1
 - a) Identificar os pontos afetados pela mudança entre NBR 6118:2003 e o Projeto de Revisão dimensionamento de “Vigas”;
 - b) Propor um projeto arquitetônico de um edifício comercial com carregamento elevado nas vigas;
 - c) Determinar o carregamento em todas as vigas em estudo;
 - d) Determinar o diagrama de Momento Fletor e Esforço Cortante para cálculo;

- TCC 2
 - a) Dimensionar as vigas com f_{ck} de 30 MPa de acordo com a NBR 6118: 2003;
 - b) Dimensionar as vigas para classe I com f_{ck} de 30 MPa e II com f_{ck} de 60 MPa de acordo com a NBR 6118: 2014;
 - c) Fazer um comparativo em termos quantitativos e qualitativos entre a NBR 6118:2003 e a NBR 6118: 2014 para classe I, II e entre ambas;
 - e) Apresentar os resultados obtidos;

1.3 Metodologia

O trabalho será realizado em duas etapas, que será o TCC 01 no nono período e o TCC 02 no décimo período, que agrupados resultara na proposta final deste trabalho.

Para desenvolvimento desta etapa, será utilizado como base teórica para consulta técnica a NBR 6118:2003 e a NBR 6118: 2014. Será proposto um projeto arquitetônico e os carregamentos finais nas vigas em estudo deste projeto, também será feito um comparativo entre ambos, para determinar as principais alterações ocorridas no dimensionamento de vigas.

2 CRITÉRIOS NORMATIVOS NBR 6118: 2003/ 2014

O comparativo abaixo descreve as mudanças entre a NBR 6118: 2003 e a NBR 6118: 2014. Com as mudanças citadas pode se observar quais foram os pontos mais afetados em um dimensionamento de vigas de edifício. Abaixo serão citados os pontos referentes às mudanças ocorridas.

2.1 Limites para redistribuição de momentos e condições de ductilidade

Conforme item 14.6.4.3 da NBR 6118:2003 e da NBR 6118: 2014, a capacidade de rotação dos elementos estruturais é função da posição da linha neutra no ELU. Quanto menor for x/d , tanto maior será essa capacidade.

Para proporcionar o adequado comportamento dúctil em vigas e lajes, a posição da linha neutra no ELU deve obedecer aos seguintes limites demonstrados na tabela 2:

ITÉM	NBR 6118:2003	NBR 6118:2014
1	$x/d \leq 0,50$ - para concretos com $f_{ck} \leq 35\text{MPa}$	$x/d \leq 0,45$ - para concretos com $f_{ck} \leq 50\text{MPa}$
2	$x/d \leq 0,40$ - para concretos com $f_{ck} > 35\text{MPa}$	$x/d \leq 0,35$ - para concretos com $50\text{MPa} < f_{ck} \leq 90\text{MPa}$

Tabela 1 – Comparativo NBR 6118: 2003 e a NBR 6118: 2014.
Fonte: NBR 6118:2003 e a NBR 6118:2014.

Esses limites podem ser alterados se forem utilizados detalhes especiais de armaduras, como por exemplo, os que produzem confinamento nessas regiões.

Pode ser adotada redistribuição fora dos limites estabelecidos nesta Norma, desde que a estrutura seja calculada mediante o emprego de análise não-linear ou de análise plástica, com verificação explícita da capacidade de rotação das rótulas plásticas.

2.2 Armadura de tração

Conforme item 17.3.5.2.1 da NBR 6118:2003 e da NBR 6118:2014 os valores das taxas mínimas de armaduras de flexão para vigas é dado na tabela 4 e 5.

Forma da seção	Valores de $\rho_{\min}^{1)}$ ($A_{s,\min}/A_c$)							
	f_{ck}	20	25	30	35	40	45	50
	ω_{\min}							
Retangular	0,035	0,150	0,150	0,173	0,201	0,230	0,259	0,288
T (mesa comprimida)	0,024	0,150	0,150	0,150	0,150	0,158	0,177	0,197
T (mesa tracionada)	0,031	0,150	0,150	0,153	0,178	0,204	0,229	0,255
Circular	0,070	0,230	0,288	0,345	0,403	0,460	0,518	0,575

¹⁾ Os valores de ρ_{\min} estabelecidos nesta tabela pressupõem o uso de aço CA-50, $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$. Caso esses fatores sejam diferentes, ρ_{\min} deve ser recalculado com base no valor de ω_{\min} dado.

NOTA Nas seções tipo T, a área da seção a ser considerada deve ser caracterizada pela alma acrescida da mesa colaborante.

Tabela 2 - Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas.

Fonte: Tabela 17.3 - NBR 6118: 2003.

Forma da seção	Valores de $\rho_{\min}^{1)}$ ($A_{s,\min}/A_g$)														
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Retangular	0,150	0,150	0,150	0,164	0,179	0,194	0,208	0,211	0,219	0,226	0,233	0,239	0,245	0,251	0,256

¹⁾ Os valores de ρ_{\min} estabelecidos nesta Tabela pressupõem o uso de aço CA-50, $d/h = 0,8$ e $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$. Caso esses fatores sejam diferentes, ρ_{\min} deve ser recalculado.

Tabela 3 - Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas.

Fonte: Tabela 17.3 – NBR 6118: 2014.

2.3 Armadura de pele

Conforme item 17.3.5.2.3 da NBR 6118:2003 e NBR 6118: 2014, a mínima armadura lateral deve ser 0,10 % A_c , em cada face da alma da viga e composta por barras de CA-50 ou CA-60 com espaçamento não maior que 20 cm e devidamente ancorada nos apoios, respeitado o disposto em 17.3.3.2, não sendo necessária uma armadura superior a 5 cm²/m por face.

Em vigas com altura igual ou inferior a 60 cm, pode ser dispensada a utilização da armadura de pele.

As armaduras principais de tração e de compressão não podem ser computadas no cálculo da armadura de pele.

2.4 Armaduras de tração e compressão

Conforme item 17.3.5.2.4 da NBR 6118:2003 e NBR 6118: 2014, a soma das armaduras de tração e de compressão ($A_s + A_s'$) não deve ter valor maior que 4% A_c , calculada na região fora da zona de emendas, devendo ser garantidas as condições de ductilidade requeridas em 14.6.4.3.

3 DIAGNÓSTICO

Com a mudança da NBR 6118:2003 para NBR 6118: 2014, o cálculo, o dimensionamento e a construção de estruturas de concreto no Brasil passam a ser encarados sob outro prisma. Novos conceitos de exigências de dimensionamento e qualidade provocarão importantes transformações na indústria da construção.

O enfoque do novo texto demonstra a necessidade de maior critério do projetista. Se tratando do elemento estrutural, VIGAS, podemos citar algumas alterações como:

- Limites para redistribuição de momentos e condições de ductilidade (redução da relação entre a posição da linha neutra e a altura útil da viga (x/d));
- Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas;
- Armadura de pele;
- Armaduras de tração e de compressão;
- Alterações no dimensionamento de vigas de acordo com a classe do concreto:
 - $20 \text{ MPa} < \text{classe I} \leq 50 \text{ MPa}$;
 - $50 \text{ MPa} < \text{classe II} \leq 90 \text{ MPa}$;

Assim vale ressaltar que os projetos a serem realizados utilizando a NBR 6118: 2014 possuem algumas seguranças a mais nestes itens citados acima, se comparando com NBR 6118: 2003.

Alguns fatores se tornaram necessário para início de dimensionamento, pois mudanças foram feitas devido a classe do concreto, o k_x e k_z visto na tabela 4 descreve algumas dessas mudanças realizadas.

O dimensionamento e detalhamento serão realizados com f_{ck} de 30 MPa para classe I e f_{ck} de 60 Mpa para classe II, assim poderá obter valores mais precisos para o comparativo proposto, pois seria inviável os cálculos utilizando todos valores f_{ck} .

4 RESULTADOS

4.1 Projeto proposto

Para início de projeto foi adotado uma área extensa. O lote adotado para o projeto é de esquina, obtendo um melhor aproveitamento do local e o tornando um projeto arquitetônico mais amplo, visto que este seria um projeto comercial, para que as vigas sejam maiores e mais solicitadas.

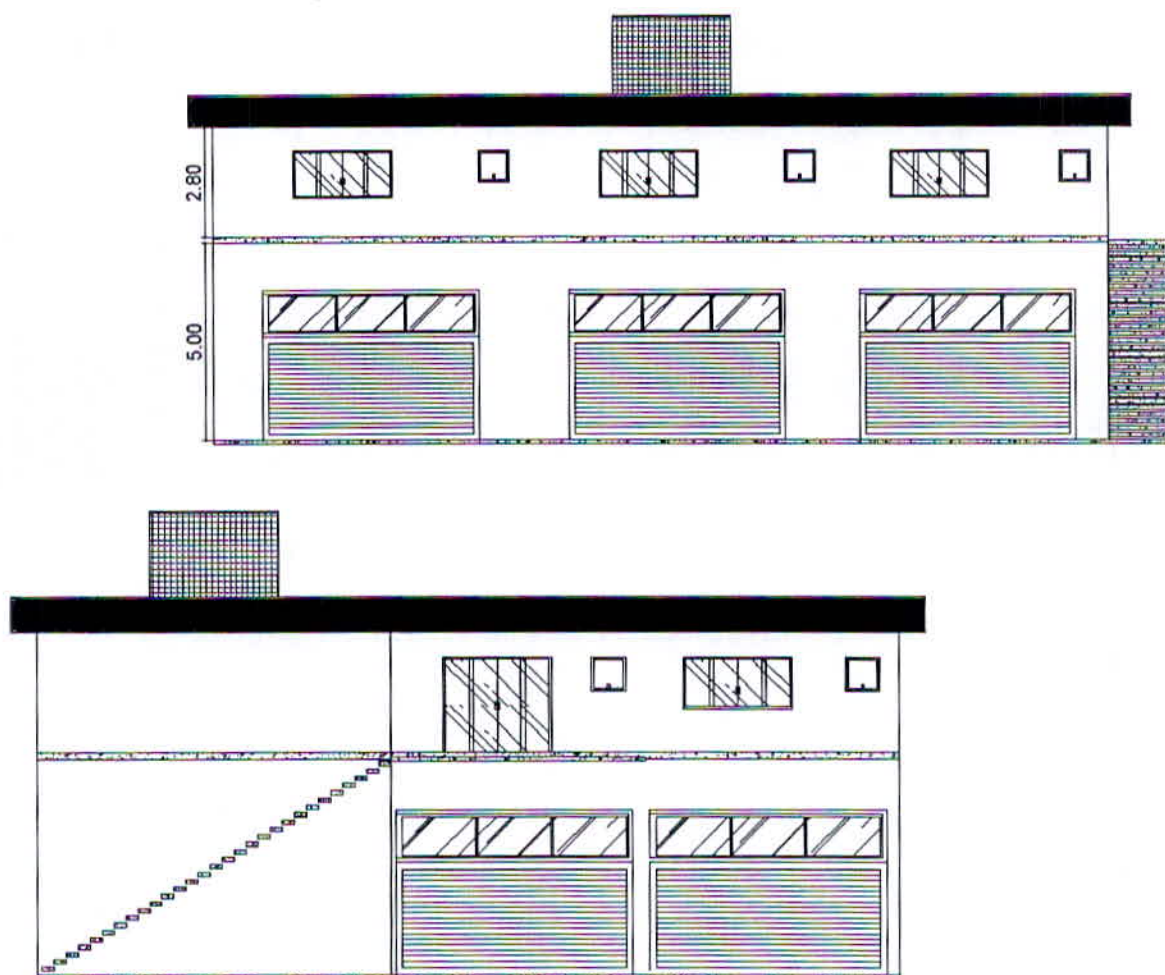


Figura 1 – Fachada – Projeto proposto.
Fonte: Arquivo Pessoal.

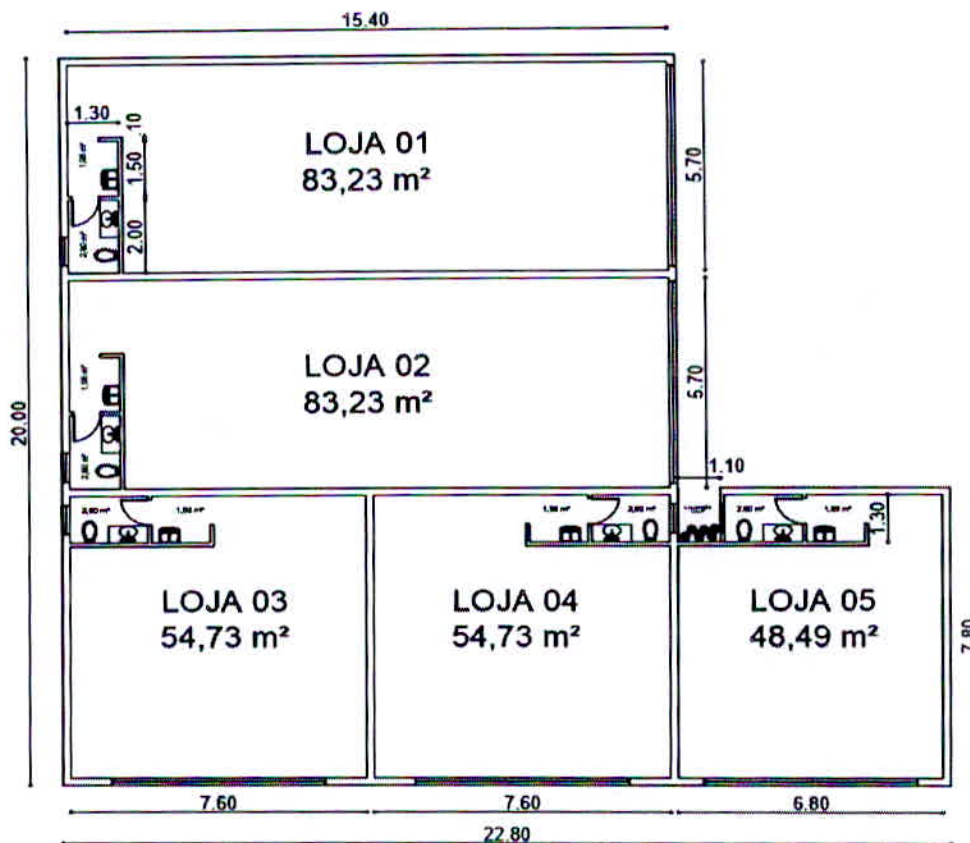


Figura 2 – Projeto Arquitetônico do 1º pavimento – Projeto proposto.
Fonte: Arquivo Pessoal.

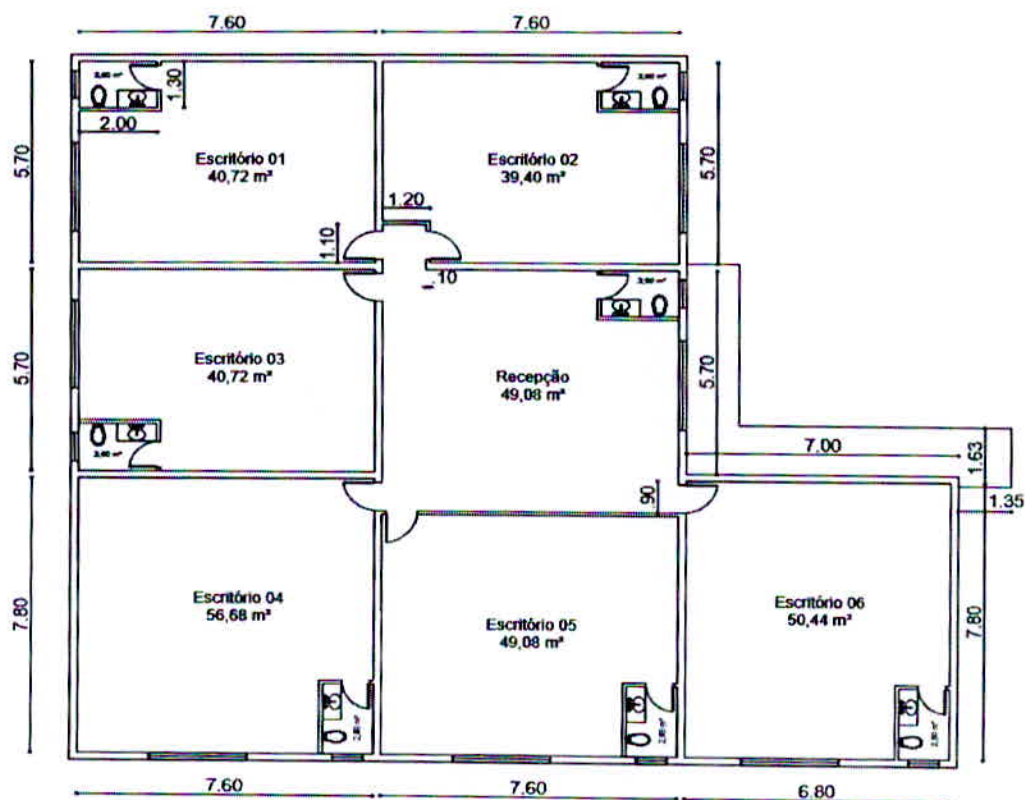


Figura 3 – Projeto Arquitetônico do 2º pavimento – Projeto proposto.
Fonte: Arquivo Pessoal.

4.2 Pré forma

O projeto proposto a seguir é de um pavimento comercial, onde as vigas do pavimento térreo possui um carregamento elevado, principalmente pelo seu comprimento livre e pelo fato de ter-se adotado sobrecarga do pavimento superior como escritório, acrescentando ainda mais no carregamento final das vigas.

Segue na figura 4 a pré-forma do projeto proposto para o desenvolvimento do comparativo entre a NBR 6118: 2003 e a NBR 6118: 2014.

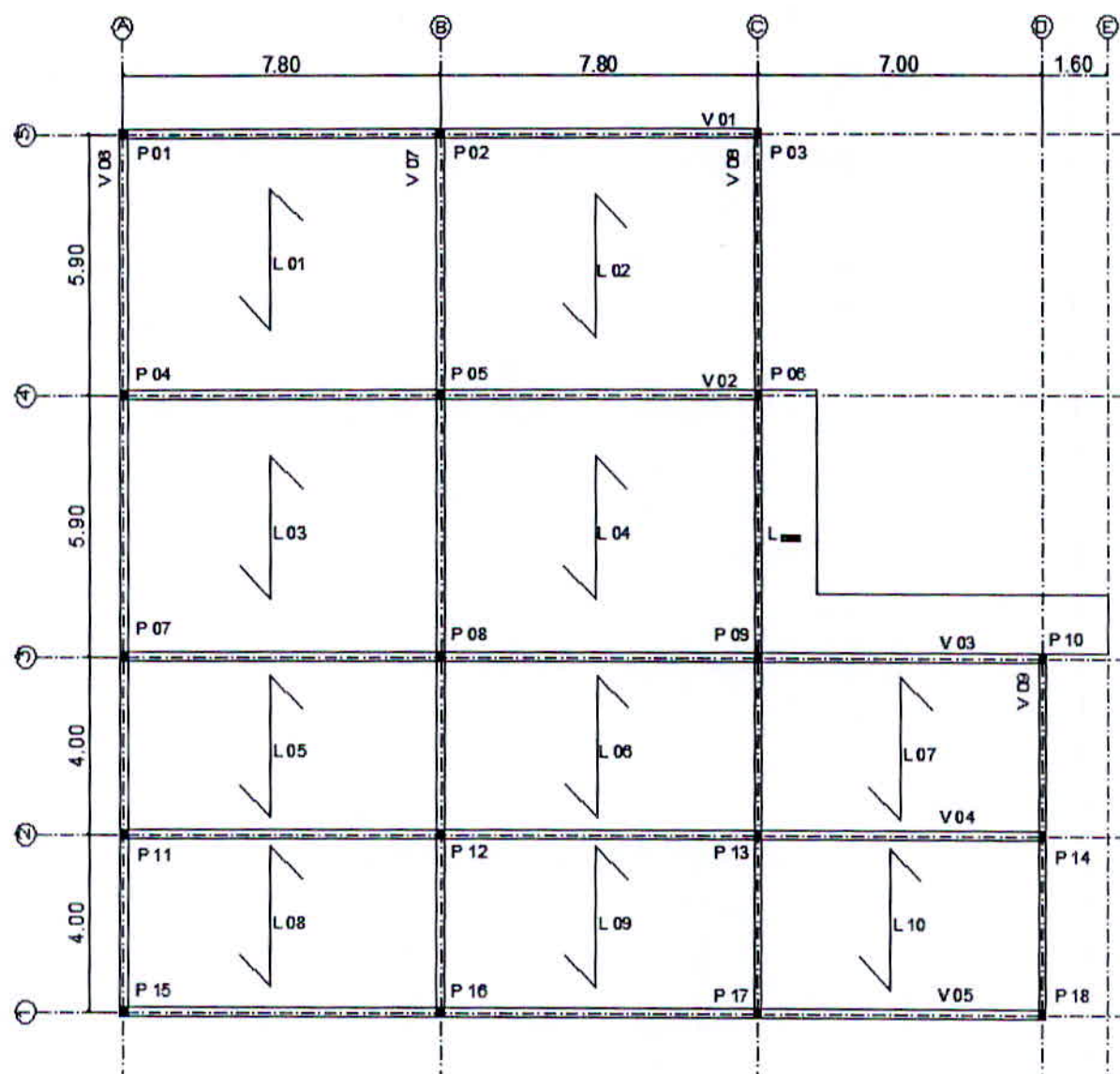


Figura 4 – Pré Forma – Projeto proposto.
Fonte: Arquivo Pessoal.

4.3 Dimensionamento de k_x e k_z

O k_x é o fator de x (posição da linha neutra) por d (altura útil da seção), assim como o k_z é o fator de z (braço de alavanca) por d (altura útil da seção). Esses fatores são imprescindíveis para o dimensionamento de seção retangulares (vigas).

De acordo com a classe e com o f_{ck} foram realizados algumas mudanças no dimensionamento do k_x, k_z e k_{md} . Para se obter os valores indicados na tabela 5, foram adotados os valores (fórmulas) indicados na NBR 6118: 2014 conforme item 17.2.2 (Hipoteses Básicas), que nos retrata as seguintes condições :

- $\lambda = 0,80$ e $\alpha_c = 0,85$ (para $f_{ck} \leq 50$ MPa);
- $\lambda = 0,80 - (f_{ck} - 50)/400$ e $\alpha_c = 0,85 \cdot [1,0 - (f_{ck} - 50)/200]$ (para $f_{ck} > 50$ MPa);

Tabela de Dimensionamento de Seção Retangular - NBR 6118:2014																			
f_{ck} (MPa)	50		55		60		65		70		75		80		85		90		
λ	0,8		0,79		0,78		0,76		0,75		0,74		0,73		0,71		0,70		
α_c	0,85		0,83		0,81		0,79		0,77		0,74		0,72		0,70		0,68		
K_x	K_{md}	K_z	K_{md}	K_x	K_{md}	K_z	K_{md}	K_x	K_{md}	K_z	K_{md}	K_x	K_{md}	K_z	K_{md}	K_x	K_{md}	K_z	K_{md}
0,02	0,013	0,992	0,013	0,992	0,012	0,992	0,012	0,992	0,011	0,993	0,011	0,993	0,010	0,993	0,010	0,993	0,009	0,993	0,993
0,04	0,027	0,984	0,026	0,984	0,025	0,985	0,024	0,985	0,023	0,985	0,022	0,985	0,021	0,986	0,020	0,986	0,019	0,986	0,986
0,06	0,040	0,976	0,038	0,976	0,037	0,977	0,035	0,977	0,034	0,978	0,032	0,978	0,031	0,978	0,029	0,979	0,028	0,979	0,979
0,08	0,053	0,968	0,051	0,969	0,049	0,969	0,046	0,970	0,045	0,970	0,043	0,971	0,041	0,971	0,039	0,972	0,037	0,972	0,972
0,10	0,065	0,960	0,063	0,961	0,060	0,961	0,058	0,962	0,055	0,963	0,053	0,963	0,050	0,964	0,048	0,964	0,046	0,965	0,965
0,12	0,078	0,952	0,075	0,953	0,072	0,954	0,069	0,954	0,066	0,955	0,063	0,956	0,060	0,957	0,057	0,957	0,055	0,958	0,958
0,14	0,090	0,944	0,086	0,945	0,083	0,946	0,079	0,947	0,076	0,948	0,073	0,948	0,070	0,949	0,066	0,950	0,063	0,951	0,951
0,16	0,102	0,936	0,098	0,937	0,094	0,938	0,090	0,939	0,086	0,940	0,083	0,941	0,079	0,942	0,075	0,943	0,072	0,944	0,944
0,18	0,114	0,928	0,109	0,929	0,105	0,930	0,101	0,931	0,096	0,933	0,092	0,934	0,088	0,935	0,084	0,936	0,080	0,937	0,937
0,20	0,125	0,920	0,120	0,921	0,115	0,923	0,111	0,924	0,106	0,925	0,102	0,926	0,097	0,928	0,093	0,929	0,089	0,930	0,930
0,22	0,136	0,912	0,131	0,913	0,126	0,915	0,121	0,916	0,116	0,918	0,111	0,919	0,106	0,920	0,101	0,922	0,097	0,923	0,923
0,24	0,148	0,904	0,142	0,906	0,136	0,907	0,131	0,909	0,125	0,910	0,120	0,912	0,115	0,913	0,110	0,915	0,105	0,916	0,916
0,26	0,158	0,896	0,152	0,898	0,146	0,899	0,140	0,901	0,135	0,903	0,129	0,904	0,123	0,906	0,118	0,907	0,112	0,909	0,909
0,28	0,169	0,888	0,163	0,890	0,156	0,892	0,150	0,893	0,144	0,895	0,138	0,897	0,132	0,899	0,126	0,900	0,120	0,902	0,902
0,30	0,180	0,880	0,173	0,882	0,166	0,884	0,159	0,886	0,153	0,888	0,146	0,889	0,140	0,891	0,134	0,893	0,128	0,895	0,895
0,31	0,185	0,876	0,178	0,878	0,171	0,880	0,164	0,882	0,157	0,884	0,151	0,886	0,144	0,888	0,138	0,890	0,132	0,892	0,892
0,32	0,190	0,872	0,183	0,874	0,175	0,876	0,168	0,878	0,162	0,880	0,155	0,882	0,148	0,884	0,142	0,886	0,135	0,888	0,888
0,33	0,195	0,868	0,187	0,870	0,180	0,872	0,173	0,874	0,166	0,876	0,159	0,878	0,152	0,880	0,145	0,882	0,139	0,885	0,885
0,34	0,200	0,864	0,192	0,866	0,185	0,868	0,177	0,870	0,170	0,873	0,163	0,875	0,156	0,877	0,149	0,879	0,143	0,881	0,881
0,35	0,205	0,860	0,197	0,862	0,189	0,864	0,182	0,867	0,174	0,869	0,167	0,871	0,160	0,873	0,153	0,875	0,146	0,878	0,878
0,36	0,210	0,856																	
0,37	0,214	0,852																	
0,38	0,219	0,848																	
0,39	0,224	0,844																	
0,40	0,228	0,840																	
0,41	0,233	0,836																	
0,42	0,238	0,832																	
0,43	0,242	0,828																	
0,44	0,247	0,824																	
0,45	0,251	0,820																	

$$K_x = \frac{x}{d}$$

$$K_{md} = \alpha_c \cdot \lambda \cdot K_x - \alpha_c \cdot \frac{\lambda^2}{2} \cdot K_x^2$$

$$K_z = \frac{z}{d}$$

$$K_x = \left(1 - \frac{\lambda}{2} - K_x\right)$$

Tabela 4 – Dimensionamento de Seção Retangular.

Fonte: Pessoal.

4.4 Dimensionamento e detalhamento das vigas

Para se dar início ao dimensionamento das vigas, foram calculados as reações das lajes sobre as vigas, peso da parede, peso próprio e demais carregamentos que se atuava sobre as vigas conforme projeto arquitetônico.

Todo dimensionamento e detalhamento das vigas em estudo estão nos APÊNDICES deste trabalho.

5 COMPARATIVO DOS RESULTADOS

O dimensionamento e detalhamento foram realizados com f_{ck} de 30 MPa para classe I de acordo com a NBR 6118: 2003 e NBR 6118: 2014, e f_{ck} de 60 MPa para classe II de acordo com a NBR 6118: 2014.

Para um melhor entendimento foram classificados os tipos de f_{ck} e a NBR utilizada no dimensionamento conforme tabela 6. Para a classe II com f_{ck} de 60 MPa, foram divididas em duas partes, uma delas utilizando a mesma seção utilizada com dimensionamento para f_{ck} de 30 MPa e, a outra utilizando seção calculada com k_x limite.

A	f_{ck} 30 MPa - NBR 6118: 2003
B	f_{ck} 30 MPa - NBR 6118: 2014
C₁	f_{ck} 60 MPa - NBR 6118: 2014
C₂	f_{ck} 60 MPa - NBR 6118: 2014

C₁	Mesma seção f_{ck} 30 MPa
C₂	Seção Definida pelo k_x limite

Tabela 5 – Legenda.
Fonte: Pessoal.

5.1 Consumo de aço

MODELO	AÇO (Kg)	EFICIÊNCIA (%)
A	1427,9	100,0
B	1427,9	100,0
C ₁	1344,5	94,2
C ₂	1528,6	107,1

Tabela 6 – Consumo de Aço.
Fonte: Pessoal.

O consumo de aço do modelo B em relação ao A não teve alteração, isso se deve ao fato dos valores de k_x limite estarem próximos, com isso as vigas teve a mesma seção transversal.

O modelo C₁, foi o que obteve o menor consumo final de aço, pelo fato de que foi adotada a mesma seção do modelo A e B, porém este com um f_{ck} de 60 MPa, com o aumento da resistência do concreto gerou economia no consumo final de aço.

O modelo C₂, consumiu mais aço que os demais modelos, pois sua seção era uma seção inferior às demais, aproximadamente 10 cm a menos na altura de cada viga, pelo fato de ter sido dimensionado com k_x limite.

5.2 Consumo de concreto

MODELO	CONCRETO (m ³)	EFICIÊNCIA (%)
A	16,4	100,0
B	16,4	100,0
C ₁	16,4	100,0
C ₂	14,4	87,9

Tabela 7 – Consumo de Concreto.
Fonte: Pessoal.

O modelo C₂, teve um menor consumo de concreto que os demais modelos, pois a seção das vigas deste modelo é inferior às demais, pelo fato de ter sido dimensionado com k_x limite e com um concreto mais resistente.

5.3 Consumo de forma

MODELO	FORMA (m ²)	EFICIÊNCIA (%)
A	160,5	100,0
B	160,5	100,0
C ₁	160,5	100,0
C ₂	138,9	86,5

Tabela 8 – Consumo de Forma.
Fonte: Pessoal.

O modelo C₂, consumiu menos forma que os demais modelos, pois seu consumo de concreto foi inferior.

5.4 Taxa de armadura

MODELO	AÇO (Kg)	CONCRETO (m³)	Tx. ARMADURA (Kg/m³)
			Aço (Kg) / Concreto (m³)
A	1427,9	16,4	87,3
B	1427,9	16,4	87,3
C ₁	1344,5	16,4	82,2
C ₂	1528,6	14,4	106,4

Tabela 9 – Taxa de Armadura.
Fonte: Pessoal.

De acordo com indicadores usuais de estudo, a taxa de armadura ideal de uma viga deve estar entre 80 a 100 Kg de aço por m³ de concreto, ressalva em casos especiais.

A taxa de armadura do modelo B em relação ao modelo A foi a mesma, devido a igualdade no dimensionamento e detalhamento.

O modelo C₁ obteve a menor taxa de armadura, isso deve ao fato de se ter consumido menos aço, fato este ocasionado pelo aumento da resistência do concreto (f_{ck}) e, por ter utilizado a mesma seção transversal dos modelos A e B.

O modelo C₂ teve a maior taxa de armadura, pois o fato de se ter o menor consumo de concreto gerou um aumento no consumo final de aço, visto que quanto maior a resistência do concreto (f_{ck}), maior o nível de segurança pelo k_x limite.

5.4.1 Detalhamento da taxa de armadura das vigas

TAXA DE ARMADURA (Kg/m³)				
VIGAS	A	B	C ₁	C ₂
V1	81,27	81,27	77,22	110,21
V2	100,63	100,63	98,20	101,55
V3	98,64	98,64	87,84	111,54
V4	75,79	75,79	74,96	122,64
V5	75,49	75,49	73,49	117,17
V6	73,29	73,29	68,36	97,08
V7	69,61	69,61	68,06	90,00
V8	116,05	116,05	104,41	101,20
V9	87,20	87,20	78,86	89,43

Tabela 10 – Taxa de Armadura de todas as vigas.
Fonte: Pessoal.

Como vimos na tabela 11 a viga 2 e 8, ultrapassaram este limite em quase todos os modelos, e a viga 4 obteve a maior taxa de armadura do modelo C₂, visto que neste modelo varias outras vigas ultrapassaram este limite.

A viga 2 é a viga com maior carregamento conforme visto no dimensionamento no APÊNDICE A.

A viga 3 e 8 possui uma marquise engastada, demonstrada no projeto arquitetônico, fazendo com que um de seus tramos esteja submetida a torção, uma viga sujeita a torção sua taxa de armadura não pode ser considerada na faixa ideal de dimensionamento e detalhamento.

A viga 4 por sua vez é uma viga muito extensa, e no seu dimensionamento não foi necessário uma altura relevante, ou seja 5% do comprimento do tramo é a altura da viga, considerada baixa em razão do comprimento. No dimensionamento no APÊNDICE E nos permite observar que quanto maior a resistência do concreto (f_{ck}) menor a altura da linha neutra (k_x limite) para dimensionamento, isso faz com que as vigas para este modelo consomem menos concreto e mais aço. Se fosse alterada sua altura, para uma altura de aproximadamente 10 cm a mais, conforme a altura desta viga para os outros modelos, o consumo de aço reduziria consideravelmente e elevaria o consumo de concreto fazendo com a taxa de armadura diminuísse para o limite ideal, podemos concluir que este modelo de dimensionamento tem um consumo de concreto inferior aos demais modelos, porem um consumo elevado de aço se comparado com os outros.

Podemos notar também que a viga 4, 5, 6 e 7 para os modelos A, B e C₁, obteve uma taxa de armadura abaixo da faixa ideal, isso se deve ao baixo carregamento e ao vasto comprimento destas vigas.

5.4.2 Detalhamento de consumo viga 2 (viga com maior carregamento)

A viga 2 foi a viga com maior carregamento, com isso foi a viga escolhida para fazer uma avaliação detalhada.

VIGA - V2	A	B	C ₁	C ₂
SEÇÃO (cm)	20 X 65	20 X 65	20 X 65	20 X 55
AÇO (Kg)	206,70	206,70	201,70	177,10
CONCRETO (m ³)	2,05	2,05	2,05	1,74
FORMA (m ²)	23,70	23,70	23,70	20,54
Tx. ARMADURA (Kg/m ³)	100,63	100,63	98,20	101,55

Tabela 11 – Resumo viga 2.
Fonte: Pessoal.

A tabela 12 nos retrata que não houve discrepância nos resultados obtidos no dimensionamento da viga 2. O modelo C₁ que obteve um consumo de aço abaixo dos demais, foi pelo fato de que este não foi dimensionado no k_x limite, para se ter uma seção semelhante aos modelos A e B, isso gerou um consumo maior de concreto se comparado com o modelo C₂, visto que C₁ e C₂ são da mesma classe de concreto, porem com seções diferentes.

5.4.2.1 Redimensionamento da viga 2

Visto que a viga 2 foi a viga com maior carregamento, optou-se em um dimensionamento e detalhamento como armadura dupla desta viga conforme APÊNDICE F. Este dimensionamento tem por objetivo chegar a valores precisos de comparativo, visto que no dimensionamento global das vigas não se obteve indicadores de comparativo entre o dimensionamento de f_{ck} de 30 MPa para a NBR 6118: 2003/ 2014, ou seja o modelo A e B, não teve alteração no dimensionamento e no detalhamento.

Nesta etapa não existe separação entre o modelo C, visto que sua diferença neste dimensionamento é somente a sua classe de concreto.

VIGA 2	Armadura Dupla - Seção (20x50) cm				
	MODELO	A _{s1} (cm ²)	A _{s2} = A _{s'} (cm ²)	A _s (cm ²)	A _s TOTAL (cm ²)
A	15,42	8,07	23,49	31,56	3,16
B	13,87	9,10	22,97	32,07	3,21
C	20,14	2,59	22,73	25,32	2,53

Tabela 12 – Consumo de Aço V2 – Armadura Dupla.
Fonte: Pessoal.

O modelo A nesta etapa de dimensionamento se difere com os resultados do modelo B, estando diretamente relacionado ao valor de k_x limite, pois o modelo B sofreu uma leve

redução no k_x limite de 0,5 para 0,45, fazendo com que armadura (A_{S1}) para o momento M_{d1} seja menor, e para o momento M_{d2} seja armadura (A_{S2}) maior.

O modelo C por sua vez obteve um consumo final de aço menor que os demais, isso se deve ao fato da classe e da resistência do concreto, resistindo a um momento M_{d1} maior que os outros, quase não sendo necessária a utilização de armadura dupla AS2.

6 CONCLUSÃO

O trabalho apresentado teve como objetivo principal fazer um comparativo em termos quantitativos e qualitativos, no dimensionamento e detalhamento de “VIGAS” de uma edificação comercial entre a NBR 6118: 2003 e a NBR 6118: 2014.

A maior alteração realizada nesta NBR no conceito “VIGAS”, foi a criação de classes de f_{ck} , classe I e II do concreto, devendo-se atentar para o dimensionamento, pois de acordo com a classe se tem um valor de k_x , k_z e k_{md} distintos.

As alterações realizadas na classe I de dimensionamento entre a NBR 6118: 2003 e a NBR 6118: 2014 estão em favor da segurança, pois nos comparativos realizados podemos verificar que consumo final de aço, concreto e forma sofreu uma leve alteração,

Para o dimensionamento com o f_{ck} da classe II pode-se notar que houve um acréscimo na taxa de armadura, isso em razão da redução da posição da linha neutra (k_x), que para a classe I do dimensionamento tem valor maior. No resumo final do dimensionamento concluiu-se que a classe II consumiu menos concreto que a classe I e conseqüentemente mais aço. A viabilidade de uso para dimensionamento com a classe II, seria exclusivamente para obras especiais, ou seja, aquelas que o projeto arquitetônico não permite grandes alturas em vigas, ou aquelas em que é necessário trabalhar com uma resistência do concreto maior devido a agressividade do ambiente ou por outros motivos.

Todo dimensionamento foi executado no ELU (Estado Limite Último), ou seja, o estado limite relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural que determine a paralisação do uso da estrutura. Para o dimensionamento no ELS (Estado Limite de Serviço) teria que verificar Flecha/ Fissuração, pois o estado limite de serviço corresponde às exigências funcionais e de durabilidade da estrutura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificação (NBR 6120). Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento (NBR 6118). Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento (NBR 6118). Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

CARVALHO, R. C.; FILHO, J. R. F. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado ; segundo a NBR 6118 : 2003**. 3ª ed. EdUFScar – Editora da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2012.

FARIA, A.; **Considerações sobre Aspectos Normativos da Revisão da NBR 6118: 2003**. Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG, Varginha/MG, 2013.

APÊNDICE A – Determinação das reações nas vigas

1 Determinação das reações de apoio das lajes sobre as vigas

Para o desenvolvimento deste trabalho foi calculado as reações das lajes sobre as sobre as vigas como sendo lajes maciças, pois assim pode-se obter um carregamento não equalitário, porém em todas as vigas para cada laje calculada, diferentemente se o calculo fosse realizado com laje pre moldada, onde a solicitação seria basicamente em duas vigas por laje, somente no sentido dos trilhos da laje.

O método adotado para o calculo das lajes foi o Método Elástico (placas).

Fck (MPa)	20	Revestimento Piso	
γ_{concreto} (kN/m ³)	25	Espessura Argamassa (cm)	2,00
d' (cm)	3,5	$\gamma_{\text{argamassa}}$ (kN/m ³)	18,0
		Espessura Revestimento (cm)	1,18
		$\gamma_{\text{revestimento}}$ (kN/m ³)	17,0

Tabela 13 – Dados preliminares para dimensionamento das Lajes.
Fonte: Arquivo Pessoal.

1.1 Verificação da flecha elástica

Localização	h_{adotado} (cm)	P.Próprio (kN/m ²)	Revest. (kN/m ²)	Outros (kN/m ²)	Sobrecarga (kN/m ²) NBR 6120	Total (kN/m ²)	Tipo Laje
Laje - L1	12	3,00	0,561	0,39	2,00	5,951	4
Laje - L2	12	3,00	0,561	0,39	2,00	5,951	4
Laje - L3	12	3,00	0,561	0,39	2,00	5,951	8
Laje - L4	12	3,00	0,561	0,39	2,00	5,951	8
Laje - L5	12	3,00	0,561		2,00	5,561	8
Laje - L6	12	3,00	0,561	0,98	2,00	6,541	9
Laje - L7	12	3,00	0,561		2,00	5,561	4
Laje - L8	12	3,00	0,561	0,58	2,00	6,141	4
Laje - L9	12	3,00	0,561	0,58	2,00	6,141	7
Laje - L10	12	3,00	0,561	0,58	2,00	6,141	4

Localização	Vão da Laje		Rel. Vãos λ (ly/lx)	α Centro Laje	Flecha (cm)		Verificação
	Lx (m)	Ly (m)			Centro Laje	Flecha Limite (cm) (L/250) - cm	
Laje - L1	5,90	7,80	1,32	3,73	0,73	2,36	Ok!
Laje - L2	5,90	7,80	1,32	3,73	0,73	2,36	Ok!
Laje - L3	5,90	7,80	1,32	2,42	0,474	2,36	Ok!
Laje - L4	5,90	7,80	1,32	2,42	0,474	2,36	Ok!
Laje - L5	4,00	7,80	1,95	2,89	0,112	1,6	Ok!
Laje - L6	4,00	7,80	1,95	2,89	0,132	1,6	Ok!
Laje - L7	4,00	7,00	1,75	4,97	0,192	1,6	Ok!
Laje - L8	4,00	7,80	1,95	5,31	0,227	1,6	Ok!
Laje - L9	4,00	7,80	1,95	5,08	0,217	1,6	Ok!
Laje - L10	4,00	7,00	1,75	4,97	0,212	1,6	Ok!

Tabela 14 – Verificação da Flecha Elástica das Lajes.
Fonte: Arquivo Pessoal.

1.2 Reações de apoio das lajes sobre as vigas

A figura 6 retrata as reações finais geradas pelas lajes sobre as vigas.

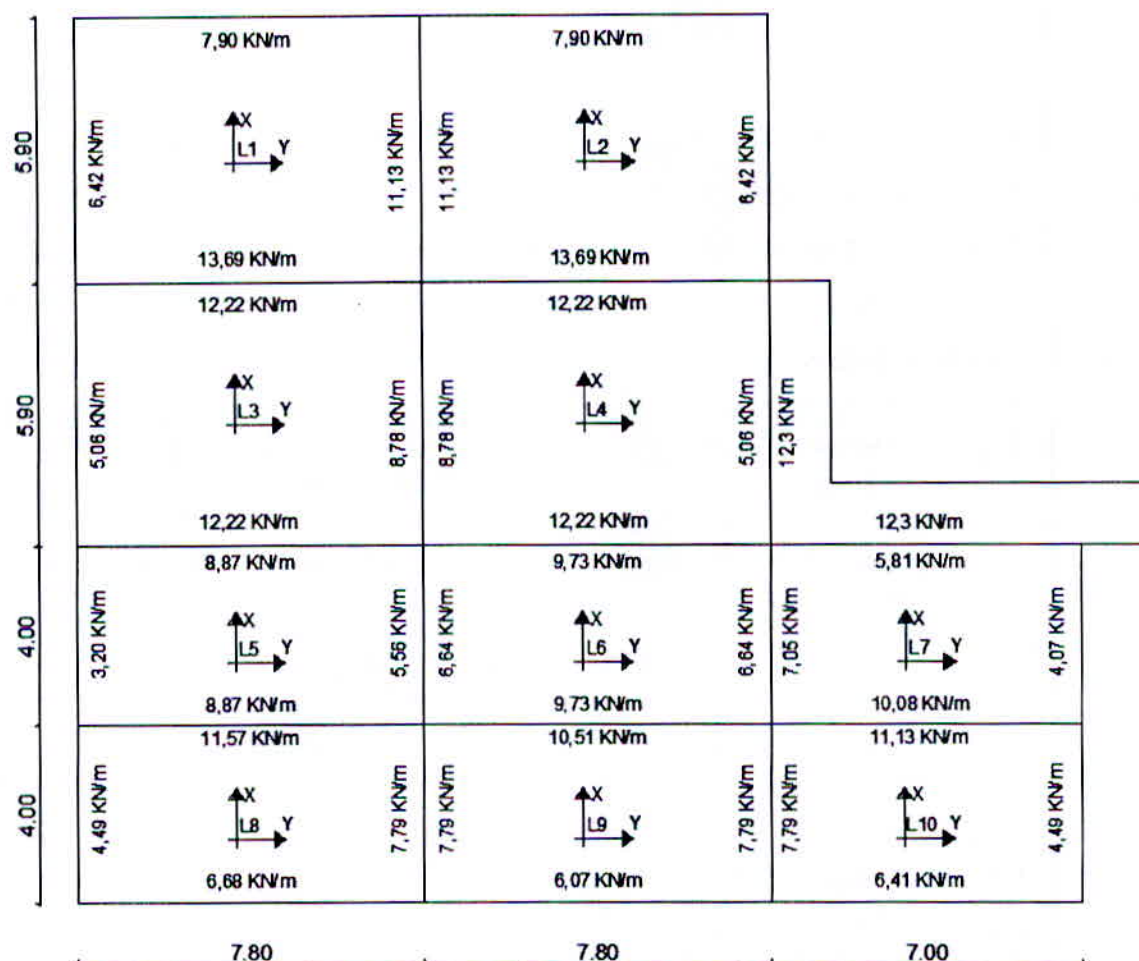


Figura 5 – Reações das Lajes – Projeto proposto.
Fonte: Arquivo Pessoal.

2 Reações finais nas vigas (carregamento)

A tabela 7 descreve as reações finais nas vigas devido ao peso próprio (considerando seção pré estimada), peso da parede e as reações das Lajes. Abaixo segue os dados utilizados para calculo:

- Vigas Externas e Internas com 20 cm de largura;
- Paredes Externas e Internas com 15 cm de largura;

- Pé Direito Pavimento Superior de 2,8 m;

- $\gamma_{\text{tijolo}} = 14 \text{ KN/m}^3$;

- $\gamma_{\text{concreto}} = 25 \text{ KN/m}^3$;

- $\gamma_{\text{revestimento}} = 19 \text{ KN/m}^3$;

- $\gamma_{\text{argamassa}} = 21 \text{ KN/m}^3$;

REAÇÃO NAS VIGAS												
Elemento	Pavimento	Seção (cm)		Pé Dir. (m)	Comprimento (m)				Peso Próprio (KN/m)			
		Base	Altura		1º Tramo	2º Tramo	3º Tramo	4º Tramo	1º Tramo	2º Tramo	3º Tramo	4º Tramo
V 01	Terreo	20	70	2,8	7,8	7,8			3,5	3,5		
V 02	Terreo	20	70	2,8	7,8	7,8			3,5	3,5		
V 03	Terreo	20	70	2,8	7,8	7,8	7,0		3,5	3,5	3,5	
V 04	Terreo	20	70	2,8	7,8	7,8	7,0		3,5	3,5	3,5	
V 05	Terreo	20	70	2,8	7,8	7,8	7,0		3,5	3,5	3,5	
V 06	Terreo	20	50	2,8	4	4	5,9	5,9	2,5	2,5	2,5	2,5
V 07	Terreo	20	50	2,8	4	4	5,9	5,9	2,5	2,5	2,5	2,5
V 08	Terreo	20	50	2,8	4	4	5,9	5,9	2,5	2,5	2,5	2,5
V 09	Terreo	20	40	2,8	4	4			2,0	2,0		
Elemento	Peso da Parede (KN/m)				Reação da Laje (KN/m)				Carga Total (KN/m)			
	1º Tramo	2º Tramo	3º Tramo	4º Tramo	1º Tramo	2º Tramo	3º Tramo	4º Tramo	1º Tramo	2º Tramo	3º Tramo	4º Tramo
V 01	7,6	7,6			7,9	7,9			19,0	19,0	0,0	0,0
V 02	7,6	7,6			25,9	25,9			37,0	37,0	0,0	0,0
V 03	7,6	7,6	7,6		21,1	22,0	5,81		32,2	33,0	16,9	0,0
V 04	-	-	-	-	20,4	20,2	21,21		23,9	23,7	24,7	0,0
V 05	7,6	7,6	7,6		6,7	6,1	6,41		17,7	17,1	17,5	0,0
V 06	7,6	7,6	7,6	7,6	4,5	3,2	5,06	6,42	14,6	13,3	15,1	16,5
V 07	7,6	7,6	7,6	7,6	15,6	12,2	17,56	22,26	25,6	22,3	27,6	32,3
V 08	7,6	7,6	7,6	7,6	15,6	13,7	5,06	6,42	25,6	23,8	15,1	16,5
V 09	7,6	7,6			4,5	4,1			14,1	13,6	0,0	0,0

Tabela 15 – Reações Finais nas Vigas.

Fonte: Pessoal.

As viga 03 e 08 obteve um aumento da reação da laje no 3º tramo devido as reações geradas pela marquise conforme projeto.

3 Solicitação de projeto nas vigas

A tabela 8 demonstra as solicitações finais correspondentes às cargas máximas de serviço (cargas de utilização) nas vigas pra seu dimensionamento e detalhamento;

QUADRO GERAL DAS SOLICITAÇÕES DE PROJETO				Momento (KN.m)				Cortante (KN)		
				Positivo (+)		Negativo (-)		Apoio	Inferior	Superior
	Tramo	Comp. (m)	Carga (KN/m)	Tramo	Resultado	Apoio	Resultado	P1	-	55,5
VIGA 01	1º Tramo	7,8	18,96	P1 e P2	81,1	P2	144,2	P2	92,4	92,4
	2º Tramo	7,8	18,96	P2 e P3	81,1	-	-	P3	55,5	-
	3º Tramo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4º Tramo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VIGA 02	Tramo	Comp. (m)	Carga (KN/m)	Tramo	Resultado	Apoio	Resultado	P4	-	108,1
	1º Tramo	7,8	36,97	P4 e P5	158,1	P5	281,2	P5	180,2	180,2
	2º Tramo	7,8	36,97	P5 e P6	158,2	-	-	P6	108,1	-
	3º Tramo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VIGA 03	Tramo	Comp. (m)	Carga (KN/m)	Tramo	Resultado	Apoio	Resultado	P7	-	97,6
	1º Tramo	7,8	32,15	P7 e P8	148,1	P8	216,8	P8	153,2	140,6
	2º Tramo	7,8	33,01	P8 e P9	82,8	P9	124,1	P9	116,9	76,8
	3º Tramo	7,0	16,87	P9 e P10	50,6	-	-	P10	41,3	-
VIGA 04	Tramo	Comp. (m)	Carga (KN/m)	Tramo	Resultado	Apoio	Resultado	P11	-	74,2
	1º Tramo	7,8	23,94	P11 e P12	115,0	P12	149,5	P12	112,5	95,4
	2º Tramo	7,8	23,74	P12 e P13	42,3	P13	127,3	P13	89,8	104,7
	3º Tramo	7,0	24,71	P13 e P14	94,4	-	-	P14	68,3	-
VIGA 05	Tramo	Comp. (m)	Carga (KN/m)	Tramo	Resultado	Apoio	Resultado	P15	-	55,1
	1º Tramo	7,8	17,74	P15 e P16	85,5	P16	110,0	P16	83,3	69,3
	2º Tramo	7,8	17,13	P16 e P17	30,3	P17	90,3	P17	64,3	74,0
	3º Tramo	7,0	17,47	P17 e P18	66,6	-	-	P18	48,2	-
VIGA 06	Tramo	Comp. (m)	Carga (KN/m)	Tramo	Resultado	Apoio	Resultado	P15	-	23,9
	1º Tramo	4,0	14,6	P15 e P11	19,6	P11	21,1	P11	34,5	25,1
	2º Tramo	4,0	13,3	P11 e P7	2,5	P7	27,2	P7	28,1	38,7
	3º Tramo	5,9	15,1	P7 e P4	22,3	P4	62,0	P4	50,4	59,2
VIGA 07	Tramo	Comp. (m)	Carga (KN/m)	Tramo	Resultado	Apoio	Resultado	P15	-	42,2
	1º Tramo	4,0	25,6	P16 e P12	34,7	P12	36,2	P12	60,2	41,9
	2º Tramo	4,0	22,3	P12 e P8	3,2	P8	47,0	P8	47,3	69,3
	3º Tramo	5,9	27,6	P8 e P5	40,0	P5	118,6	P5	93,6	115,4
VIGA 08	Tramo	Comp. (m)	Carga (KN/m)	Tramo	Resultado	Apoio	Resultado	P17	-	40,8
	1º Tramo	4,0	25,6	P17 e P13	32,6	P13	41,4	P13	61,6	50,0
	2º Tramo	4,0	23,8	P13 e P9	11,1	P9	31,9	P9	45,2	39,7
	3º Tramo	5,9	15,1	P9 e P6	20,2	P6	60,8	P6	49,4	59,0
VIGA 09	Tramo	Comp. (m)	Carga (KN/m)	Tramo	Resultado	Apoio	Resultado	P18	-	21,3
	1º Tramo	4,0	14,1	P18 e P14	16,1	P14	27,7	P14	35,1	34,1
	2º Tramo	4,0	13,6	P14 e P10	15,1	-	-	P10	20,3	-
	3º Tramo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4º Tramo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabela 16 – Quadro Geral das Solicitações de Projeto.

Fonte: Pessoal.

Alem da solicitações finais demonstrada na tabela 8, as vigas 03 e 08 obtiveram um momento torçor no 3º tramo devido as reações geradas pela marquise.

APÊNDICE B – Dimensionamento e detalhamento da viga 03

MEMORIAL DE CALCULO

Dimensionamento da Viga 03 (Viga sujeita a torção) – NBR 6118:2003

Dados:

❖ Marquise

- Concreto:
 - $\gamma_{\text{Conc.}} = 25 \text{ KN/m}^3$
 - $h = 10 \text{ cm}$
 - $f_{\text{ck}} = 30 \text{ MPa}$
- Revestimento:
 - $g = 1,0 \text{ KN/m}^2$
- Sobrecarga:
 - $q = 2,5 \text{ KN/m}^2$
- Mureta :
 - $[(0,15 \times 13) + (0,03 \times 19)] \times 1 = 2,55 \text{ KN/m}$

❖ Viga 03

- Reação da Laje maciça sobre a viga 03 = 5,81 KN/m
- Parede :
 - $[(0,15 \times 13) + (0,03 \times 19)] \times 3 = 7,60 \text{ KN/m}$
- Peso próprio:
 - $(0,2 \times 0,7) \times 25 = 3,5 \text{ KN/m}$

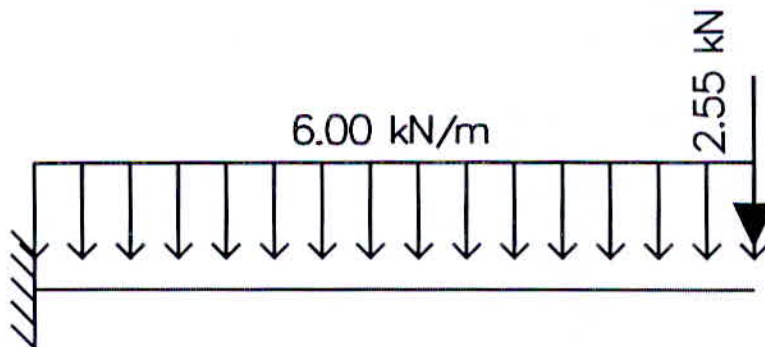
1º Passo:Dimensionamento da marquiseCarga Distribuída

- 2,5 KN/m² (concreto)
- 1,0 KN/m² (revestimento)
- 2,5 KN/m² (sobrecarga)
- 6,0 KN/m²**

Carga Pontual

- 2,55 KN/m (mureta)

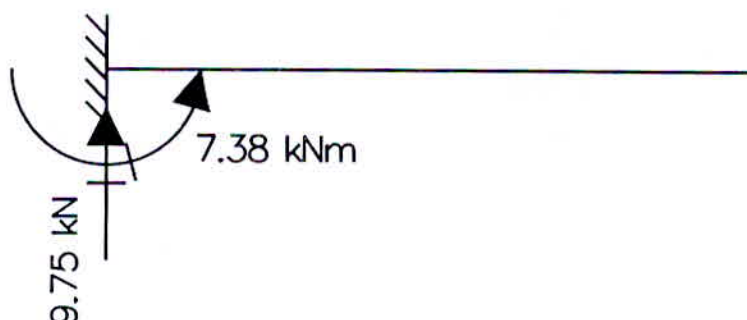
OBS: Considerando o carregamento para cada metro, as disposições das cargas serão:



Para o cálculo do momento e da reação no engaste temos:

$$M_A = (2,55 \times 1,2) + [6,0 \times (1,2^2/2)] = 7,38 \text{ KN.m/m ou } 738 \text{ KN.cm/m}$$

$$V_A = (6,0 \times 1,2) + 2,55 = 9,75 \text{ KN/m}$$



$$K_{Md} = \frac{M_d}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1,4 \cdot 738}{100 \cdot (7,5^2) \cdot \left(\frac{3,0}{1,4}\right)} = 0,09$$

Tabela:

$$K_X = 0,1403$$

$$K_Z = 0,9439$$

$$A_s = \frac{M_d}{K_Z \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1,4 \cdot 738}{0,9439 \cdot 7,5 \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = 3,36 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

- Ø 8,0 mm c/ 15 cm
- Ø 10,0 mm c/ 24 cm

2º Passo:

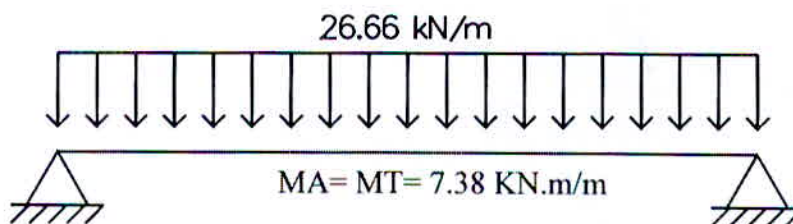
Dimensionamento da Viga 03 (3º tramo)

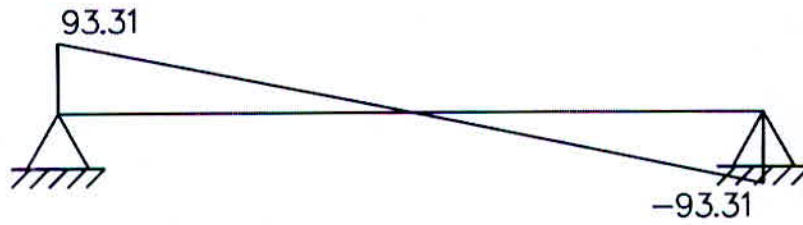
❖ Seção estimada 20 x 70 (cm)

❖ Carregamentos:

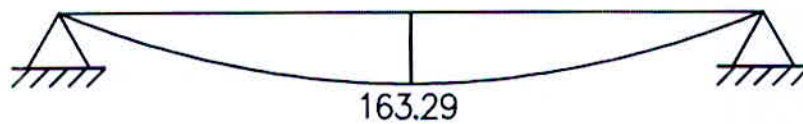
- Reação da marquise = V_A 9,75 KN/m
- Reação da laje 5,81 KN/m
- Peso da parede 7,60 KN/m
- Peso Próprio 3,50 KN/m

- q_{viga} **26,66 KN/m**

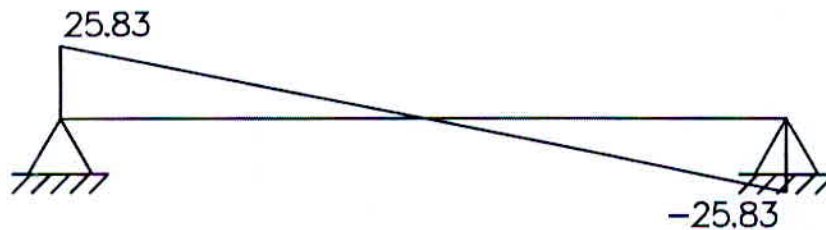


D.E.Q - Diagrama de esforço cortante [KN]

$$Q = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{26,66 \cdot 7}{2} = 93,31 \text{ KN}$$

D.M.F - Diagrama de Momento Fletor [KN.m]

$$M = \frac{q l^2}{8} = \frac{26,66 \cdot 7^2}{8} = 163,29 \text{ KN.m}$$

D.M.T - Diagrama de Momento Torçor [KN.m]

$$T = \frac{t \cdot l}{2} = \frac{7,38 \cdot 7}{2} = 25,83 \text{ KN.m}$$

Cálculos:

$$\triangleright V_{sd} = \gamma_f \cdot V = 1,4 \cdot 93,31 = 130,63 \text{ KN}$$

$$\triangleright T_{sd} = \gamma_f \cdot T = 1,4 \cdot 25,83 = 36,16 \text{ KN}$$

$$\alpha_v = \alpha_{v2} = \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,88$$

$$\text{Sen } 2.45^\circ = \text{Sen } 90^\circ = 1$$

$$C_1 = C + \phi t + \frac{\phi l}{2} = 2,5 + 1,0 + \frac{1,0}{2} = 4,0 \text{ cm}$$

$$\frac{A}{U} = \frac{20.70}{[(20+70).2]} = 7,78 \text{ cm}$$

$$2C_1 \leq H_e \leq \frac{A}{U}$$

$$2 \cdot 4,0 \leq H_e \leq 7,78$$

$$H_e = 7,89 \text{ cm}$$

$$A_e = (20 - H_e) \cdot (70 - H_e) = (20 - 7,89) \cdot (70 - 7,89) = 752,15 \text{ cm}^2$$

$$\triangleright V_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot 0,88 \cdot \left(\frac{3,0}{1,4}\right) \cdot 20 \cdot (70 - 4) = 672,02 \text{ KN}$$

$$\triangleright T_{Rd2} = 0,5 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \cdot A_e \cdot H_e \cdot \text{sen } 2\phi$$

$$T_{Rd2} = 0,5 \cdot 0,88 \cdot \left(\frac{3,0}{1,4}\right) \cdot 752,15 \cdot 7,89 \cdot 1 = 5595,35 \text{ KN.cm}$$

Verificação:

$$\frac{V_{Sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{Sd}}{T_{Rd2}} \leq 1$$

$$\frac{130,63}{672,07} + \frac{36,16}{5595,35} \leq 1$$

$$0,19 + 0,65 \leq 1$$

$$0,84 \leq 1$$

Determinação da armadura Longitudinal e Transversal da seção (NBR 6118:2003)

❖ Torção:

$$T_{Rd3} = \frac{A_{90}}{S} \cdot f_{yd} \cdot 2A_e \cdot \cotg\phi$$

$$T_{Rd4} = \frac{A_{S1}}{U} \cdot f_{yd} \cdot 2A_e \cdot \tg\phi$$

$$\frac{A_{S1}}{U} = \frac{A_{90}}{S} = \frac{T_{Sd}}{2A_e \cdot f_{yd}}$$

$$\frac{A_{S1}}{U} = \frac{A_{90}}{S} = \frac{3616}{2.752,15 \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = 0,055 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \text{ ou } 5,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

❖ Flexão:

$$M = 163,29 \text{ KN.m ou } 16329 \text{ KN.cm}$$

$$M_d = 1,4 \cdot 16329 = \mathbf{22860,6 \text{ KN.cm}}$$

$$K_{Md} = \frac{M_d}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{22860,6}{20 \cdot (66^2) \cdot \left(\frac{3,0}{1,4}\right)} = 0,12$$

Tabela:

$$K_x = 0,1911$$

$$K_z = 0,9236$$

$$A_s = \frac{M_d}{K_z \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{22860,6}{0,9236 \cdot 66 \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = \mathbf{8,63 \text{ cm}^2}$$

❖ Cisalhamento:

$$f_{ctd} = 0,15 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

$$f_{ctd} = 0,15 \cdot \sqrt[3]{30^2} = 1,45 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot \sqrt[3]{30^2} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$V_c = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot bw \cdot d$$

$$V_c = 0,6 \cdot 0,145 \cdot 20 \cdot (70 - 4) = 114,84 \text{ KN}$$

$$V_{sw} = V_{sd} - V_c$$

$$V_{sw} = 130,63 - 114,84 = 15,79 \text{ KN}$$

$$\frac{A_{sw(MIN)}}{S} \geq \frac{0,2 \cdot bw \cdot f_{ctm}}{f_{ywk}}$$

$$\frac{A_{sw(MIN)}}{S} = \frac{0,2 \cdot 20 \cdot 2,90}{500} = 0,0232 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \text{ ou } 2,32 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$V_{sw(MIN)} = \frac{A_{sw(MIN)}}{S} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd}$$

$$V_{sw(MIN)} = 0,0232 \cdot 0,9 \cdot (70 - 4) \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right) = 59,92 \text{ KN}$$

❖ Resumo das Armaduras

→ Torção: $\frac{A_{SI}}{U} = \frac{A_{90}}{S} = 5,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{Face}$

→ Flexão: $A_S = 8,63 \text{ cm}^2$

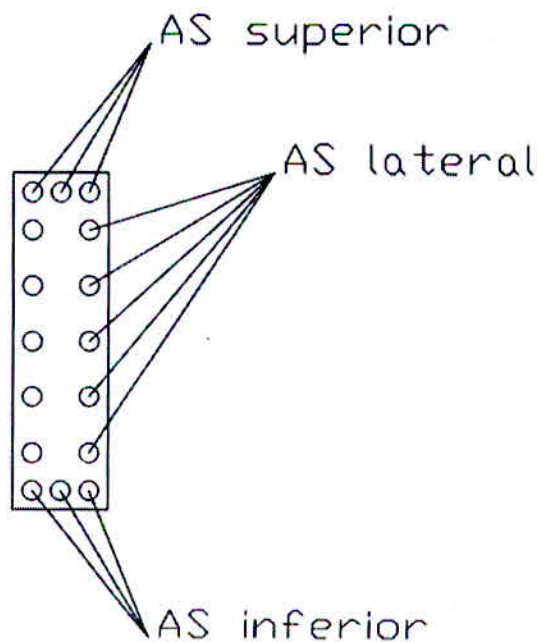
→ Cortante: $\frac{A_{SW (MIN)}}{S} = 2,32 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$

3º Passo:

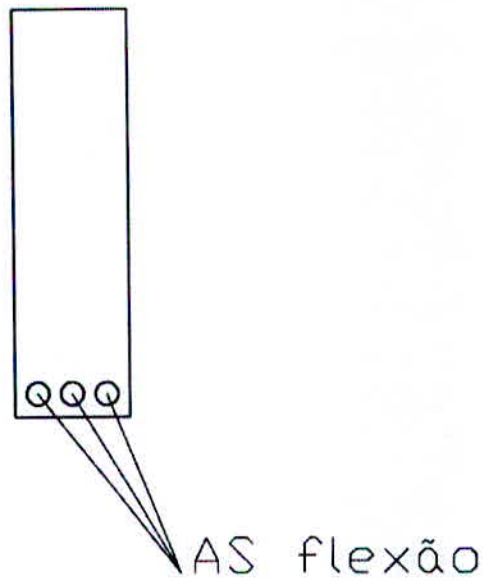
Detalhamento da Viga 03 (3º tramo)

➤ $A_{S-LATERAL} = 0,055 \cdot [70 - (2 \cdot \frac{H_e}{2})] = [70 - (2 \cdot \frac{7,89}{2})] = 3,42 \text{ cm}^2$

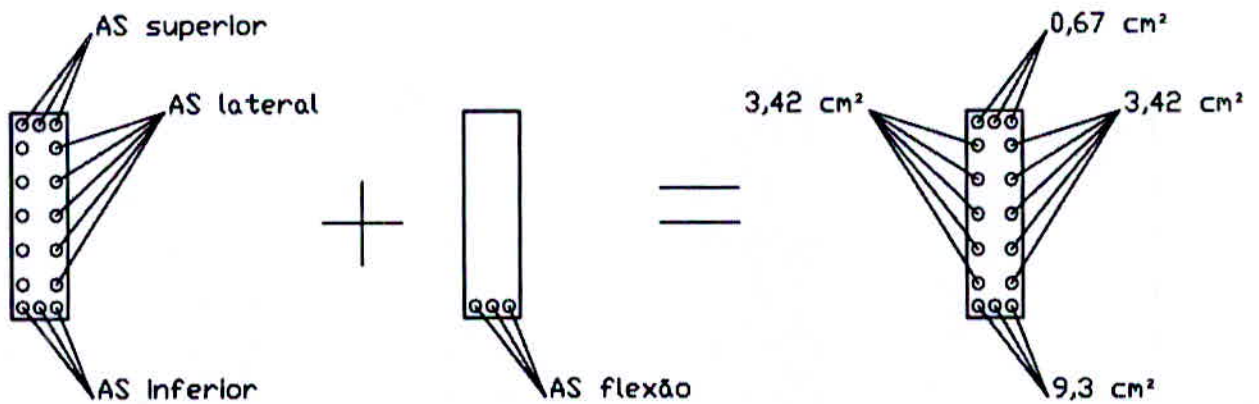
➤ $A_{S-INFERIOR} = A_{S-SUPERIOR} = 0,055 \cdot [20 - (2 \cdot \frac{H_e}{2})] = [20 - (2 \cdot \frac{7,89}{2})] = 0,67 \text{ cm}^2$



➤ $A_{S-FLEXÃO} = 8,63 \text{ cm}^2$

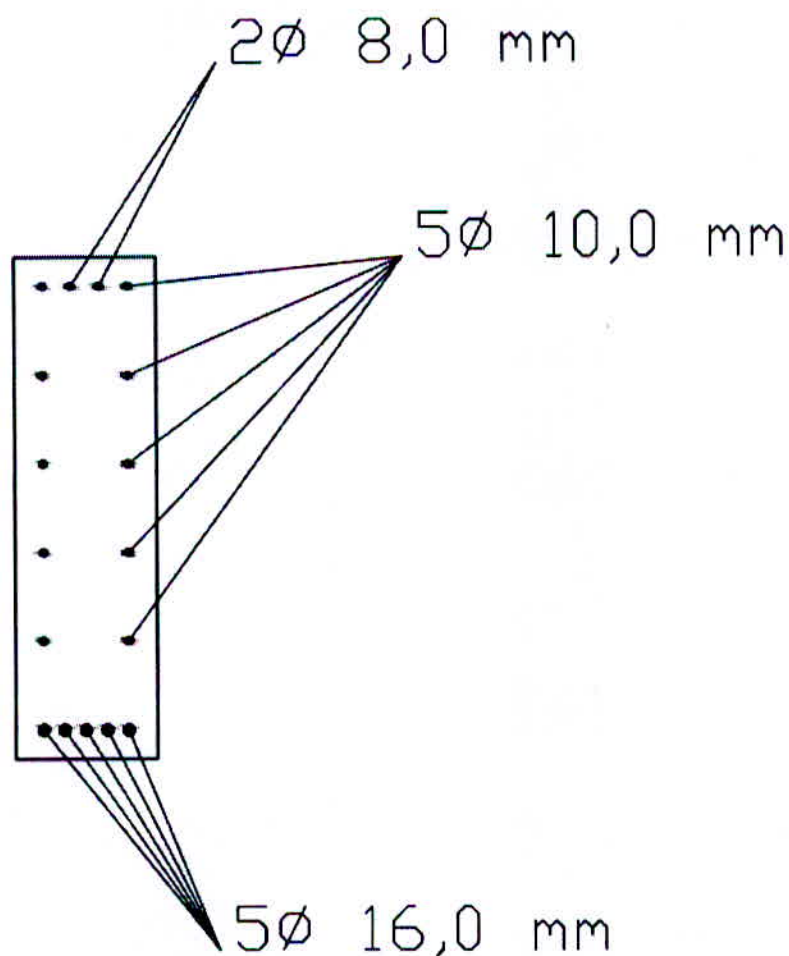


Resumo



Detalhamento Final

- $A_{S-LATERAL} = 5 \cdot \emptyset 10,0 \text{ mm} = 4,0 \text{ cm}^2$
- $A_{S-INFERIOR} = 5 \cdot \emptyset 16,0 \text{ mm} = 10,0 \text{ cm}^2$
- $A_{S-SUPERIOR} = 2 \cdot \emptyset 8,0 \text{ mm} = 1,0 \text{ cm}^2$
 - $A_{S-PELE} = 0,10\% \cdot b_w \cdot h = 1,4 \text{ cm}^2$



Armadura Longitudinal da Laje

- Ø 8,0 mm c/ 15 cm
- Ø 10,0 mm c/ 24 cm

Único Estribo

- $A_S (1 \text{ BARRA}) = \phi 10,0 \text{ mm} = 0,8 \text{ cm}^2$

$$\frac{A_S - TOTAL}{S} = \frac{A_{90}}{S} + \frac{A_{SW}}{2.S}$$

$$\frac{A_S - TOTAL}{S} = 5,5 + \frac{2,05}{2} = 6,525 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$S = \frac{0,8}{0,06525} = 12 \text{ cm}$$

- Ø 10,0 mm c/ 12 cm

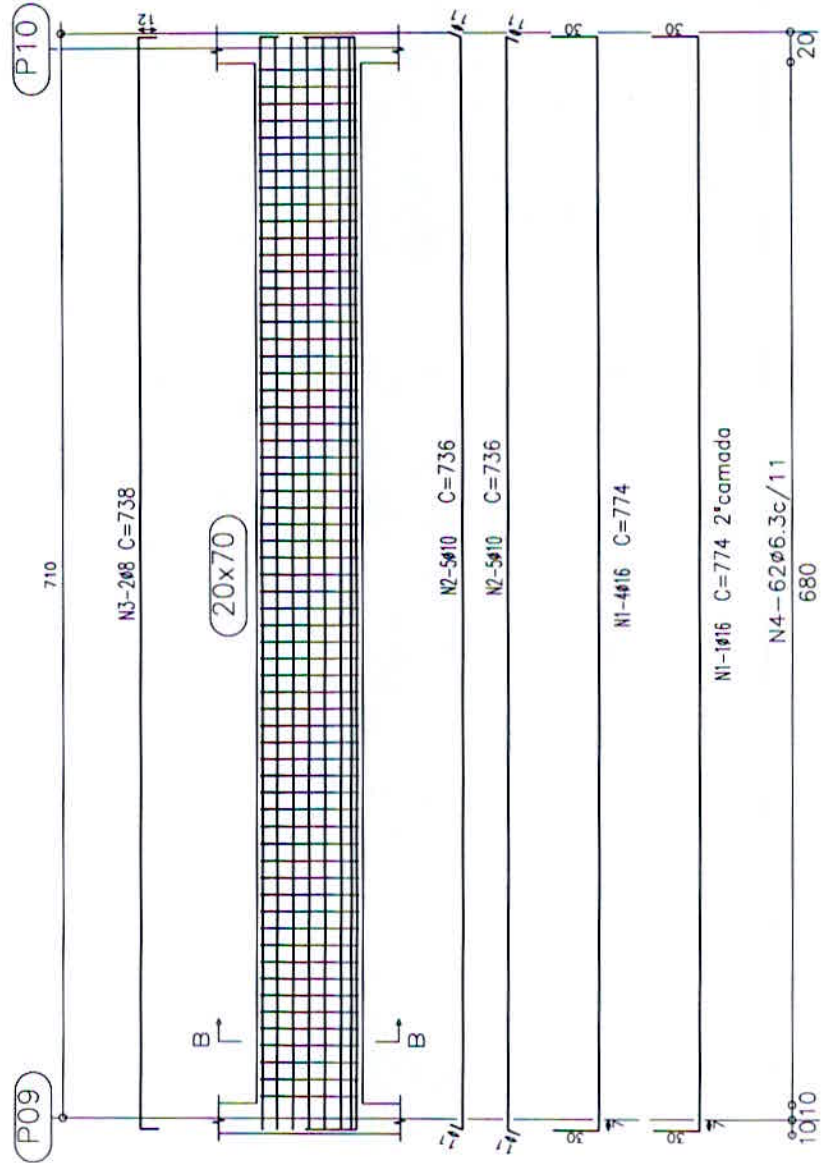
Armadura de Distribuição da Laje

- $A_{S-dist.} \geq \frac{A_{S-PRINCIPAL}}{5} = \frac{3,36}{5} = 0,672 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$
- $A_{S-dist.} \geq 0,9 \text{ cm}^2/\text{m}$
- $A_{S-dist.} \geq 3 \text{ barras/m}$

Ø 5,0 mm c/ 31 cm

Elemento	Pos.	Diam. Q.	Dob. (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)
V 8	1	ø16	5	714	30	774	61.07
	2	ø10	10	714	11	736	45.41
	3	ø8.0	2	714	12	738	05.83
	4	ø6.3	62	170	170	10540	25.82
Total+10%:						151.95	

LOJA
 Desenho de vigas
 Concreto: C30, em geral
 Aço: CA-50
 Escala vigas: 1:50
 Escala seções: 1:20



Corte B-B

62N35ø6.3 C=173

APÊNDICE C – Dimensionamento e detalhamento das vigas com f_{ck} 30 MPa de acordo com a NBR 6118: 2003/ 2014

CALCULO DA ARMADURA (As) - NBR 6118:2003

VIGA 01 NBR 6118:2003		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P02 (-)	TRAMO 02 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	81,1	144,2	81,1	144,2	81,1
d _{substitudo} (cm)	46	d _{substitudo} (cm)	31,21	41,62	31,21	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,9199	0,8450	0,9199	
K _{total} (LIMITE)	0,272	K _{total} (calculado)	0,1252	0,2226	0,1252	
K _s (LIMITE)	0,5	K _s (calculado)	0,2001	0,3874	0,2001	
A _s (calculado (cm²))	1,5	A _s (calculado (cm²))	6,17	11,95	6,17	

VIGA 02 NBR 6118:2003		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P02 (-)	TRAMO 02 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	158,1	281,2	158,2	281,2	158,2
d _{substitudo} (cm)	61	d _{substitudo} (cm)	43,57	58,11	43,59	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,9103	0,8237	0,9102	
K _{total} (LIMITE)	0,272	K _{total} (calculado)	0,1388	0,2469	0,1389	
K _s (LIMITE)	0,5	K _s (calculado)	0,2242	0,4407	0,2244	
A _s (calculado (cm²))	1,95	A _s (calculado (cm²))	9,17	18,02	9,17	

VIGA 03 NBR 6118:2003		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P02 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P03 (-)	TRAMO 03 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	148,1	216,8	82,8	124,1	50,6	124,1	50,6
d _{substitudo} (cm)	56	d _{substitudo} (cm)	42,17	51,03	31,53	38,61	24,65	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,8991	0,8423	0,9464	0,9171	0,9680	
K _{total} (LIMITE)	0,272	K _{total} (calculado)	0,1543	0,2258	0,0863	0,1293	0,0527	
K _s (LIMITE)	0,5	K _s (calculado)	0,2523	0,3943	0,1340	0,2073	0,0801	
A _s (calculado (cm²))	1,80	A _s (calculado (cm²))	9,47	14,80	5,03	7,78	3,01	

VIGA 04 NBR 6118:2003		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P12 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P13 (-)	TRAMO 03 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	115,0	149,5 <td>42,3</td> <td>127,3</td> <td>94,4</td> <td></td> <td></td>	42,3	127,3	94,4		
d _{substitudo} (cm)	46	d _{substitudo} (cm)	37,16	42,37	22,54	39,10	33,67	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,8815	0,8380	0,9600	0,8666	0,9053	
K _{total} (LIMITE)	0,272	K _{total} (calculado)	0,1775	0,2308	0,0653	0,1965	0,1457	
K _s (LIMITE)	0,5	K _s (calculado)	0,2962	0,4050	0,1000	0,3335	0,2367	
A _s (calculado (cm²))	1,50	A _s (calculado (cm²))	9,13	12,49	3,08	10,28	7,30	

VIGA 05 NBR 6118:2003		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P14 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P17 (-)	TRAMO 03 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	85,5	110,0 <td>30,3</td> <td>90,3</td> <td>66,6</td> <td></td> <td></td>	30,3	90,3	66,6		
d _{substitudo} (cm)	41	d _{substitudo} (cm)	32,04	36,35	19,08	32,93	28,28	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,8902	0,8525	0,9641	0,8831	0,9170	
K _{total} (LIMITE)	0,272	K _{total} (calculado)	0,1662	0,2138	0,0589	0,1755	0,1294	
K _s (LIMITE)	0,5	K _s (calculado)	0,2745	0,3687	0,0898	0,2922	0,2076	
A _s (calculado (cm²))	1,35	A _s (calculado (cm²))	7,54	10,13	2,47	8,03	5,70	

VIGA 06 NBR 6118:2003		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P11 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P07 (-)	TRAMO 03 (+)	APOIO P04 (-)	TRAMO 04 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	19,6	21,1 <td>2,5</td> <td>27,2</td> <td>22,3</td> <td>62,0</td> <td>44,2</td> <td></td> <td></td>	2,5	27,2	22,3	62,0	44,2		
d _{substitudo} (cm)	31	d _{substitudo} (cm)	15,34	15,92	5,48	18,07	16,37	27,29	23,04	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,9591	0,9959	0,9950	0,9423	0,9532	0,8550	0,9020	
K _{total} (LIMITE)	0,272	K _{total} (calculado)	0,0666	0,0717	0,0085	0,0925	0,0758	0,2108	0,1502	
K _s (LIMITE)	0,5	K _s (calculado)	0,1022	0,1103	0,0126	0,1443	0,1169	0,3625	0,2450	
A _s (calculado (cm²))	1,05	A _s (calculado (cm²))	2,12	2,29	0,26	3,00	2,43	7,53	5,09	

VIGA 07 NBR 6118:2003		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P12 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P08 (-)	TRAMO 03 (+)	APOIO P05 (-)	TRAMO 04 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	34,7	36,2 <td>3,2</td> <td>47,0</td> <td>40,0</td> <td>118,6</td> <td>87,5</td> <td></td> <td></td>	3,2	47,0	40,0	118,6	87,5		
d _{substitudo} (cm)	41	d _{substitudo} (cm)	20,41	20,85	6,20	23,76	21,92	37,74	32,42	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,9586	0,9567	0,9963	0,9430	0,9520	0,8383	0,8873	
K _{total} (LIMITE)	0,272	K _{total} (calculado)	0,0674	0,0703	0,0062	0,0913	0,0777	0,2305	0,1700	
K _s (LIMITE)	0,5	K _s (calculado)	0,1034	0,1081	0,0092	0,1424	0,1201	0,4043	0,2818	
A _s (calculado (cm²))	1,35	A _s (calculado (cm²))	2,84	2,97	0,25	3,91	3,30	11,11	7,75	

VIGA 08 NBR 6118:2003		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P13 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P09 (-)	TRAMO 03 (+)	APOIO P06 (-)	TRAMO 04 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	32,6	41,4 <td>11,1</td> <td>31,9</td> <td>20,2</td> <td>60,8</td> <td>44,6</td> <td></td> <td></td>	11,1	31,9	20,2	60,8	44,6		
d _{substitudo} (cm)	31	d _{substitudo} (cm)	19,79	22,30	11,55	19,57	15,58	27,02	23,14	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,9299	0,9089	0,9773	0,9315	0,9578	0,8584	0,9010	
K _{total} (LIMITE)	0,272	K _{total} (calculado)	0,1108	0,1407	0,0377	0,1084	0,0687	0,2067	0,1516	
K _s (LIMITE)	0,5	K _s (calculado)	0,1752	0,2277	0,0568	0,1712	0,1054	0,3541	0,2474	
A _s (calculado (cm²))	1,05	A _s (calculado (cm²))	3,64	4,73	1,18	3,56	2,19	7,36	5,14	

VIGA 09 NBR 6118:2003		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P14 (-)	TRAMO 02 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	16,1	27,7 <td>15,1</td> <td></td> <td></td>	15,1		
d _{substitudo} (cm)	26	d _{substitudo} (cm)	13,91	18,24	13,47	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,9519	0,9138	0,9551	
K _{total} (LIMITE)	0,272	K _{total} (calculado)	0,0778	0,1339	0,0730	
K _s (LIMITE)	0,5	K _s (calculado)	0,1202	0,2154	0,1124	
A _s (calculado (cm²))	0,90	A _s (calculado (cm²))	2,09	3,15	1,64	

CALCULO DA ARMADURA (As) - NBR 6118:2014

VIGA 01 NBR 6118:2014		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P02 (-)	TRAMO 02 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	81,1	144,2	81,1	144,2	81,1
d _{substitudo} (cm)	46	d _{substitudo} (cm)	32,49	43,33	32,49	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,9199	0,8450	0,9199	
K _{total} (LIMITE)	0,251	K _{total} (calculado)	0,1252	0,2226	0,1252	
K _s (LIMITE)	0,45	K _s (calculado)	0,2001	0,3874	0,2001	
A _s (calculado (cm²))	1,5	A _s (calculado (cm²))	6,17	11,95	6,17	

VIGA 02 NBR 6118:2014		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P02 (-)	TRAMO 02 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	158,1	281,2	158,2	281,2	158,2
d _{substitudo} (cm)	61	d _{substitudo} (cm)	45,37	60,51	45,38	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,9103	0,8237	0,9102	
K _{total} (LIMITE)	0,251	K _{total} (calculado)	0,1388	0,2469	0,1389	
K _s (LIMITE)	0,45	K _s (calculado)	0,2242	0,4407	0,2244	
A _s (calculado (cm²))	1,95	A _s (calculado (cm²))	9,17	18,02	9,17	

VIGA 03 NBR 6118:2014		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P02 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P03 (-)	TRAMO 03 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	148,1	216,8	82,8	124,1	50,6	124,1	50,6
d _{substitudo} (cm)	56	d _{substitudo} (cm)	43,91	53,13	32,83	40,19	25,67	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,8991	0,8423	0,9464	0,9171	0,9680	
K _{total} (LIMITE)	0,251	K _{total} (calculado)	0,1543	0,2258	0,0863	0,1293	0,0527	
K _s (LIMITE)	0,45	K _s (calculado)	0,2523	0,3943	0,1340	0,2073	0,0801	
A _s (calculado (cm²))	1,80	A _s (calculado (cm²))	9,47	14,80	5,03	7,78	3,01	

VIGA 04 NBR 6118:2014		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P12 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P13 (-)	TRAMO 03 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	115,0	149,5 <td>42,3</td> <td>127,3</td> <td>94,4</td> <td></td> <td></td>	42,3	127,3	94,4		
d _{substitudo} (cm)	46	d _{substitudo} (cm)	38,69	44,12	23,47	40,71	35,06	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,8815	0,8380	0,9600	0,8666	0,9053	
K _{total} (LIMITE)	0,251	K _{total} (calculado)	0,1775	0,2308	0,0653	0,1965	0,1457	
K _s (LIMITE)	0,45	K _s (calculado)	0,2962	0,4050	0,1000	0,3335	0,2367	
A _s (calculado (cm²))	1,50	A _s (calculado (cm²))	9,13	12,49	3,08	10,28	7,30	

VIGA 05 NBR 6118:2014		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P14 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P17 (-)	TRAMO 03 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	85,5	110,0 <td>30,3</td> <td>90,3</td> <td>66,6</td> <td></td> <td></td>	30,3	90,3	66,6		
d _{substitudo} (cm)	41	d _{substitudo} (cm)	33,36	37,84	19,86	34,29	29,45	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,8902	0,8525	0,9641	0,8831	0,9170	
K _{total} (LIMITE)	0,251	K _{total} (calculado)	0,1662	0,2138	0,0589	0,1755	0,1294	
K _s (LIMITE)	0,45	K _s (calculado)	0,2745	0,3687	0,0898	0,2922	0,2076	
A _s (calculado (cm²))	1,35	A _s (calculado (cm²))	7,54	10,13	2,47	8,03	5,70	

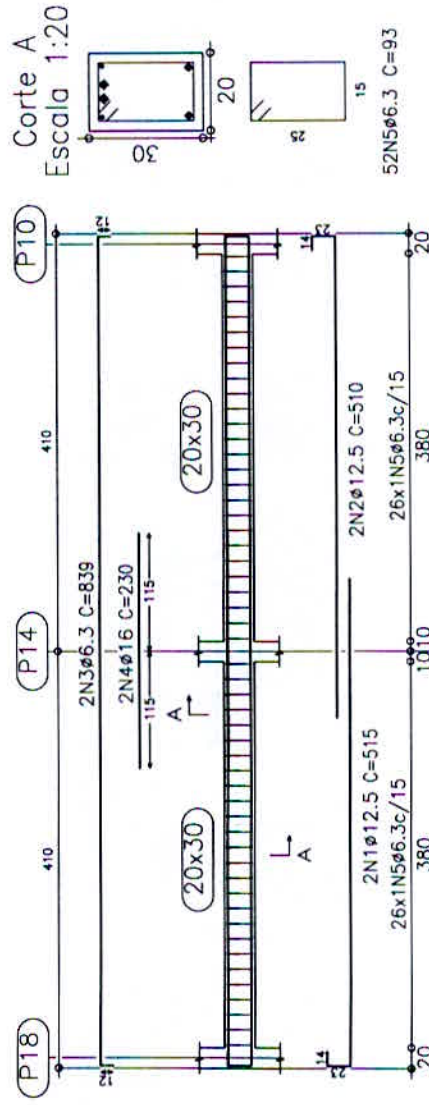
VIGA 06 NBR 6118:2014		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P11 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P07 (-)	TRAMO 03 (+)	APOIO P04 (-)	TRAMO 04 (+)
H _{total} (cm)	(DN.m)	19,6	21,1 <td>2,5</td> <td>27,2</td> <td>22,3</td> <td>62,0</td> <td>44,2</td> <td></td> <td></td>	2,5	27,2	22,3	62,0	44,2		
d _{substitudo} (cm)	31	d _{substitudo} (cm)	15,97	16,57	5,70	18,82	17,04	28,41	23,99	
d' (cm)	4	K _s (calculado)	0,9591	0,9959	0,9950	0,9423	0,9532	0,8550	0,9020	
K _{total} (LIMITE)	0,251	K _{total} (calculado)	0,0666	0,0717	0,0085	0,0925	0,0758	0,2108	0,1502	
K _s (LIMITE)	0,45	K _s (calculado)	0,1022	0,1103	0,0126	0,1443	0,1169	0,3625	0,2450	
A _s (calculado (cm²))	1,05	A _s (calculado (cm²))	2,12	2,29	0,26	3,00	2,43	7,53	5,09	

VIGA 07 NBR 6118:2014		MOMENTO		TRAMO 01 (+)	APOIO P12 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P08 (-)	TRAMO 03 (+)	APOIO P05 (-)	TRAMO 0
--------------------------	--	---------	--	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	---------------	---------

Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Dob. (cm)	Reto (cm)	Dob. (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)
V 9	1	ø12.5	2	37	478		515	1030	9.9
	2	ø12.5	2		473	37	510	1020	9.8
	3	ø6.3	2	12	815	12	839	1678	4.1
	4	ø16	2		230		230	460	7.3
	5	ø6.3	52		230		93	4836	11.8
Total+10%:								47.2	
								ø6.3:	17.5
								ø12.5:	21.7
								ø16:	8.0
								Total:	47.2

LOJA
 Desenho de vigas
 Concreto: C30, em geral
 Aço: CA-50
 Escala vigas: 1:75
 Escala seções: 1:20

V 9
 Escala 1:75



APÊNDICE D – Dimensionamento e detalhamento das vigas com f_{ck} 60 MPa de acordo com a NBR 6118: 2014, utilizando a mesma seção transversal dimensionada com f_{ck} 30 MPa

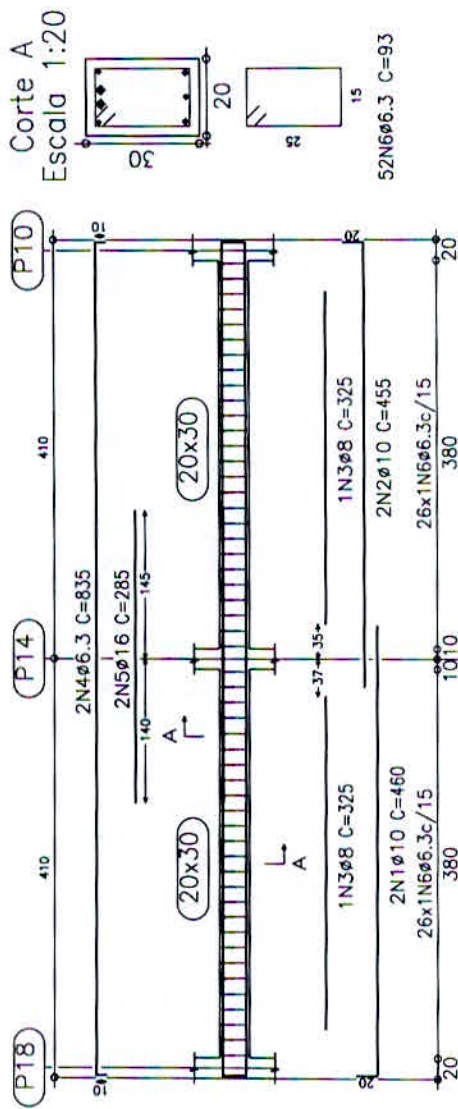
CALCULO DA ARMADURA (As) - NBR 6118:2014									
F_{ck} (Mpa)	60	Aço - CA	50	bw	20				
VIGA 01 NBR 6118:2014	MOMENTO (KN.m)	TRAMO 01 (+)	APOIO P02 (-)	TRAMO 02 (+)					
$H_{substituido}$ (cm)	50	81,1	144,2	81,1					
$d_{substituido}$ (cm)	46	d_{minimo} (cm)	26,34	35,12	26,34				
$d'_{substituido}$ (cm)	4	K_{rel} (calculado)	0,9597	0,9258	0,9597				
K_{rel} (LIMITE)	0,191	K_{rel} (calculado)	0,0626	0,1113	0,0626				
K_w (LIMITE)	0,350	K_w (calculado)	0,1032	0,1903	0,1032				
$A_{s,minimo}$ (cm ²)	3,50	A_s (calculado (cm ²))	5,92	10,90	5,92				
VIGA 02 NBR 6118:2014	MOMENTO (KN.m)	TRAMO 01 (+)	APOIO P05 (-)	TRAMO 02 (+)					
$H_{substituido}$ (cm)	65	158,1	281,2	158,2					
$d_{substituido}$ (cm)	61	d_{minimo} (cm)	36,77	49,04	36,79				
$d'_{substituido}$ (cm)	4	K_{rel} (calculado)	0,9552	0,9169	0,9551				
K_{rel} (LIMITE)	0,191	K_{rel} (calculado)	0,0694	0,1234	0,0694				
K_w (LIMITE)	0,35	K_w (calculado)	0,1150	0,2131	0,1151				
$A_{s,minimo}$ (cm ²)	3,95	A_s (calculado (cm ²))	8,74	16,19	8,74				
VIGA 03 NBR 6118:2014	MOMENTO (KN.m)	TRAMO 01 (+)	APOIO P08 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P09 (-)	TRAMO 03 (+)			
$H_{substituido}$ (cm)	60	148,1	216,8	82,8	124,1	50,6			
$d_{substituido}$ (cm)	56	d_{minimo} (cm)	35,59	43,06	26,61	32,58	20,80		
$d'_{substituido}$ (cm)	4	K_{rel} (calculado)	0,9499	0,9246	0,9726	0,9584	0,9835		
K_{rel} (LIMITE)	0,191	K_{rel} (calculado)	0,0771	0,1129	0,0431	0,0646	0,0264		
K_w (LIMITE)	0,35	K_w (calculado)	0,1285	0,1933	0,0702	0,1067	0,0424		
$A_{s,minimo}$ (cm ²)	3,80	A_s (calculado (cm ²))	8,97	13,48	4,89	7,45	2,96		
VIGA 04 NBR 6118:2014	MOMENTO (KN.m)	TRAMO 01 (+)	APOIO P12 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P13 (-)	TRAMO 03 (+)			
$H_{substituido}$ (cm)	50	115,0	149,5	42,3	127,3	94,4			
$d_{substituido}$ (cm)	46	d_{minimo} (cm)	31,36	35,76	19,02	33,00	28,42		
$d'_{substituido}$ (cm)	4	K_{rel} (calculado)	0,9418	0,9228	0,9794	0,9351	0,9528		
K_{rel} (LIMITE)	0,191	K_{rel} (calculado)	0,0888	0,1154	0,0327	0,0983	0,0729		
K_w (LIMITE)	0,35	K_w (calculado)	0,1492	0,1979	0,0528	0,1663	0,1210		
$A_{s,minimo}$ (cm ²)	3,50	A_s (calculado (cm ²))	8,55	11,34	3,02	9,53	6,94		
VIGA 05 NBR 6118:2014	MOMENTO (KN.m)	TRAMO 01 (+)	APOIO P16 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P17 (-)	TRAMO 03 (+)			
$H_{substituido}$ (cm)	45	85,5	110,0	30,3	90,3	66,6			
$d_{substituido}$ (cm)	41	d_{minimo} (cm)	27,04	30,67	16,10	27,79	23,87		
$d'_{substituido}$ (cm)	4	K_{rel} (calculado)	0,9458	0,9290	0,9815	0,9425	0,9583		
K_{rel} (LIMITE)	0,191	K_{rel} (calculado)	0,0831	0,1069	0,0294	0,0877	0,0647		
K_w (LIMITE)	0,35	K_w (calculado)	0,1390	0,1821	0,0475	0,1473	0,1069		
$A_{s,minimo}$ (cm ²)	3,35	A_s (calculado (cm ²))	7,10	9,30	2,42	7,52	5,46		
VIGA 06 NBR 6118:2014	MOMENTO (KN.m)	TRAMO 01 (+)	APOIO P11 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P07 (-)	TRAMO 03 (+)	APOIO P04 (-)	TRAMO 04 (+)	
$H_{substituido}$ (cm)	35	19,6	21,1	2,5	27,2	22,3	62,0	44,2	
$d_{substituido}$ (cm)	31	d_{minimo} (cm)	12,95	13,43	4,62	15,25	13,81	23,03	19,44
$d'_{substituido}$ (cm)	4	K_{rel} (calculado)	0,9790	0,9773	0,9974	0,9706	0,9760	0,9301	0,9513
K_{rel} (LIMITE)	0,191	K_{rel} (calculado)	0,0333	0,0359	0,0042	0,0462	0,0379	0,1054	0,0751
K_w (LIMITE)	0,35	K_w (calculado)	0,0539	0,0581	0,0067	0,0754	0,0615	0,1793	0,1250
$A_{s,minimo}$ (cm ²)	3,05	A_s (calculado (cm ²))	2,08	2,24	0,26	2,91	2,37	6,92	4,83
VIGA 07 NBR 6118:2014	MOMENTO (KN.m)	TRAMO 01 (+)	APOIO P12 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P08 (-)	TRAMO 03 (+)	APOIO P01 (-)	TRAMO 04 (+)	
$H_{substituido}$ (cm)	45	34,7	36,2	3,2	47,0	40,0	118,6	87,5	
$d_{substituido}$ (cm)	41	d_{minimo} (cm)	17,23	17,60	5,23	20,05	18,50	31,85	27,36
$d'_{substituido}$ (cm)	4	K_{rel} (calculado)	0,9787	0,9778	0,9981	0,9710	0,9754	0,9229	0,9444
K_{rel} (LIMITE)	0,191	K_{rel} (calculado)	0,0337	0,0352	0,0031	0,0457	0,0389	0,1152	0,0850
K_w (LIMITE)	0,35	K_w (calculado)	0,0545	0,0569	0,0049	0,0744	0,0631	0,1976	0,1425
$A_{s,minimo}$ (cm ²)	3,35	A_s (calculado (cm ²))	2,78	2,91	0,25	3,80	3,22	10,09	7,28
VIGA 08 NBR 6118:2014	MOMENTO (KN.m)	TRAMO 01 (+)	APOIO P13 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P05 (-)	TRAMO 03 (+)	APOIO P06 (-)	TRAMO 04 (+)	
$H_{substituido}$ (cm)	35	32,6	41,4	11,1	31,9	20,2	60,8	44,6	
$d_{substituido}$ (cm)	31	d_{minimo} (cm)	16,70	18,82	9,74	16,52	13,14	22,81	19,53
$d'_{substituido}$ (cm)	4	K_{rel} (calculado)	0,9645	0,9545	0,9882	0,9653	0,9783	0,9315	0,9508
K_{rel} (LIMITE)	0,191	K_{rel} (calculado)	0,0554	0,0704	0,0189	0,0542	0,0343	0,1033	0,0758
K_w (LIMITE)	0,35	K_w (calculado)	0,0909	0,1167	0,0302	0,0889	0,0555	0,1756	0,1262
$A_{s,minimo}$ (cm ²)	3,05	A_s (calculado (cm ²))	3,51	4,51	1,17	3,43	2,14	6,78	4,87
VIGA 09 NBR 6118:2014	MOMENTO (KN.m)	TRAMO 01 (+)	APOIO P14 (-)	TRAMO 02 (+)					
$H_{substituido}$ (cm)	30	16,1	27,7	15,1					
$d_{substituido}$ (cm)	26	d_{minimo} (cm)	11,74	15,39	11,37				
$d'_{substituido}$ (cm)	4	K_{rel} (calculado)	0,9754	0,9568	0,9769				
K_{rel} (LIMITE)	0,191	K_{rel} (calculado)	0,0389	0,0669	0,0365				
K_w (LIMITE)	0,35	K_w (calculado)	0,0631	0,1107	0,0591				
$A_{s,minimo}$ (cm ²)	0,90	A_s (calculado (cm ²))	2,04	3,59	1,91				

Tabela 18 – Dimensionamento f_{ck} 60 MPa – NBR 6118:2014 com seção pré-estabelecida.
Fonte: Pessoal.

Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Dob.	Reta	Dob.	Comp.	Total	CA-50
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)
V 9	1	Ø10	2	20	440		460	920	5.7
	2	Ø10	2		435	20	455	910	5.6
	3	Ø8	2		325		325	650	2.6
	4	Ø6.3	2	10	815	10	835	1670	4.1
	5	Ø16	2		285		285	570	9.0
	6	Ø6.3	52				93	4836	11.8
Total+10%:								42.7	
Ø6.3:								17.5	
Ø8:								2.9	
Ø10:								12.4	
Ø16:								9.9	
Total:								42.7	

LOJA
 Desenho de vigas
 Concreto: C60, em geral
 Aço: CA-50
 Escala vigas: 1:75
 Escala seções: 1:20

V 9
 Escala 1:75



APÊNDICE E – Dimensionamento e detalhamento das vigas com f_{ck} 60 MPa de acordo com a NBR 6118:2014

CALCULO DA ARMADURA (A_s) - NBR 6118:2014											
F_{ck} (Mpa)	60	Aço - CA	50	bw	20						
VIGA 01 NBR 6118:2014		MOMENTO (KN.m)			TRAMO 01 (+)	APOIO P02 (-)	TRAMO 02 (+)				
$H_{substitudo}$ (cm)	40	d (cm)	36	d' (cm)	4	81,1	144,2	81,1			
$d_{substitudo}$ (cm)	36	d mínimo (cm)	26,34	d' (cm)	4	0,9323	0,8712	0,9323			
K_{red} (LIMITE)	0,191	K_{red} (calculado)	0,1022	K_s (LIMITE)	0,350	0,1022	0,1817	0,1022			
K_s (LIMITE)	0,350	K_s (calculado)	0,1735	K_e (LIMITE)	0,350	0,1735	0,3302	0,1735			
A_s mínimo (cm ²)	1,20	A_s calculado (cm ²)	7,78	A_s calculado (cm ²)	7,78	7,78	14,80	7,78			
VIGA 02 NBR 6118:2014		MOMENTO (KN.m)			TRAMO 01 (+)	POSO P05 (-)	TRAMO 02 (+)				
$H_{substitudo}$ (cm)	55	d (cm)	51	d' (cm)	4	158,1	281,2	158,2			
$d_{substitudo}$ (cm)	51	d mínimo (cm)	36,77	d' (cm)	4	0,9344	0,8755	0,9344			
K_{red} (LIMITE)	0,191	K_{red} (calculado)	0,0993	K_s (LIMITE)	0,35	0,0993	0,1766	0,0993			
K_s (LIMITE)	0,35	K_s (calculado)	0,1682	K_e (LIMITE)	0,35	0,1682	0,3192	0,1683			
A_s mínimo (cm ²)	1,65	A_s calculado (cm ²)	10,68	A_s calculado (cm ²)	10,68	10,68	20,28	10,69			
VIGA 03 NBR 6118:2014		MOMENTO (KN.m)			TRAMO 01 (+)	APOIO P08 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P09 (-)	TRAMO 03 (+)		
$H_{substitudo}$ (cm)	50	d (cm)	46	d' (cm)	4	148,1	216,8	82,8	124,1		
$d_{substitudo}$ (cm)	46	d mínimo (cm)	35,59	d' (cm)	4	0,9236	0,8830	0,9589	0,9369		
K_{red} (LIMITE)	0,191	K_{red} (calculado)	0,1143	K_s (LIMITE)	0,35	0,1143	0,1673	0,0639	0,0958		
K_s (LIMITE)	0,35	K_s (calculado)	0,1959	K_e (LIMITE)	0,35	0,1959	0,3000	0,1055	0,1618		
A_s mínimo (cm ²)	1,50	A_s calculado (cm ²)	11,22	A_s calculado (cm ²)	11,22	11,22	17,19	6,04	9,27		
VIGA 04 NBR 6118:2014		MOMENTO (KN.m)			TRAMO 01 (+)	APOIO P12 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P13 (-)	TRAMO 03 (+)		
$H_{substitudo}$ (cm)	40	d (cm)	36	d' (cm)	4	115	149,5	42,3	127,3		
$d_{substitudo}$ (cm)	36	d mínimo (cm)	31,36	d' (cm)	4	0,9007	0,8656	0,9659	0,8885		
K_{red} (LIMITE)	0,191	K_{red} (calculado)	0,1449	K_s (LIMITE)	0,35	0,1449	0,1884	0,0533	0,1604		
K_s (LIMITE)	0,35	K_s (calculado)	0,2547	K_e (LIMITE)	0,35	0,2547	0,3445	0,0874	0,2858		
A_s mínimo (cm ²)	1,20	A_s calculado (cm ²)	11,42	A_s calculado (cm ²)	11,42	11,42	15,45	3,92	12,81		
VIGA 05 NBR 6118:2014		MOMENTO (KN.m)			TRAMO 01 (+)	APOIO P16 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P17 (-)	TRAMO 03 (+)		
$H_{substitudo}$ (cm)	35	d (cm)	31	d' (cm)	4	85,5	110	30,3	90,3		
$d_{substitudo}$ (cm)	31	d mínimo (cm)	27,04	d' (cm)	4	0,9004	0,8669	0,9671	0,8940		
K_{red} (LIMITE)	0,191	K_{red} (calculado)	0,1453	K_s (LIMITE)	0,35	0,1453	0,1870	0,0515	0,1535		
K_s (LIMITE)	0,35	K_s (calculado)	0,2555	K_e (LIMITE)	0,35	0,2555	0,3414	0,0843	0,2717		
A_s mínimo (cm ²)	1,05	A_s calculado (cm ²)	9,86	A_s calculado (cm ²)	9,86	9,86	13,18	3,25	10,49		
VIGA 06 NBR 6118:2014		MOMENTO (KN.m)			TRAMO 01 (+)	APOIO P13 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P07 (-)	TRAMO 03 (+)	APOIO P04 (-)	TRAMO 04 (+)
$H_{substitudo}$ (cm)	30	d (cm)	26	d' (cm)	4	19,6	21,1	2,5	27,2	22,3	62,0
$d_{substitudo}$ (cm)	26	d mínimo (cm)	12,95	d' (cm)	4	0,9699	0,9675	0,9963	0,9576	0,9656	0,8969
K_{red} (LIMITE)	0,191	K_{red} (calculado)	0,0474	K_s (LIMITE)	0,35	0,0474	0,0510	0,0060	0,0657	0,0539	0,1498
K_s (LIMITE)	0,35	K_s (calculado)	0,0773	K_e (LIMITE)	0,35	0,0773	0,0834	0,0096	0,1086	0,0883	0,2644
A_s mínimo (cm ²)	0,90	A_s calculado (cm ²)	2,50	A_s calculado (cm ²)	2,50	2,50	2,70	0,31	3,52	2,86	8,56
VIGA 07 NBR 6118:2014		MOMENTO (KN.m)			TRAMO 01 (+)	APOIO P12 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P08 (-)	TRAMO 03 (+)	APOIO P05 (-)	TRAMO 04 (+)
$H_{substitudo}$ (cm)	40	d (cm)	36	d' (cm)	4	34,7	36,2	3,2	47,0	40,0	118,6
$d_{substitudo}$ (cm)	36	d mínimo (cm)	17,23	d' (cm)	4	0,9722	0,9710	0,9975	0,9620	0,9678	0,8972
K_{red} (LIMITE)	0,191	K_{red} (calculado)	0,0437	K_s (LIMITE)	0,35	0,0437	0,0456	0,0040	0,0592	0,0504	0,1495
K_s (LIMITE)	0,35	K_s (calculado)	0,0712	K_e (LIMITE)	0,35	0,0712	0,0744	0,0064	0,0975	0,0824	0,2637
A_s mínimo (cm ²)	1,20	A_s calculado (cm ²)	3,19	A_s calculado (cm ²)	3,19	3,19	3,33	0,29	4,37	3,70	11,82
VIGA 08 NBR 6118:2014		MOMENTO (KN.m)			TRAMO 01 (+)	APOIO P13 (-)	TRAMO 02 (+)	APOIO P09 (-)	TRAMO 03 (+)	APOIO P06 (-)	TRAMO 04 (+)
$H_{substitudo}$ (cm)	30	d (cm)	26	d' (cm)	4	32,6	41,4	11,1	31,9	20,2	60,8
$d_{substitudo}$ (cm)	26	d mínimo (cm)	16,70	d' (cm)	4	0,9488	0,9339	0,9832	0,9499	0,9689	0,8991
K_{red} (LIMITE)	0,191	K_{red} (calculado)	0,0788	K_s (LIMITE)	0,35	0,0788	0,1000	0,0268	0,0771	0,0488	0,1469
K_s (LIMITE)	0,35	K_s (calculado)	0,1314	K_e (LIMITE)	0,35	0,1314	0,1695	0,0432	0,1284	0,0797	0,2586
A_s mínimo (cm ²)	0,90	A_s calculado (cm ²)	4,26	A_s calculado (cm ²)	4,26	4,26	5,49	1,40	4,16	2,58	8,37
VIGA 09 NBR 6118:2014		MOMENTO (KN.m)			TRAMO 01 (+)	APOIO P14 (-)	TRAMO 02 (+)				
$H_{substitudo}$ (cm)	30	d (cm)	26	d' (cm)	4	16,1	27,7	15,1			
$d_{substitudo}$ (cm)	26	d mínimo (cm)	11,74	d' (cm)	4	0,9754	0,9568	0,9769			
K_{red} (LIMITE)	0,191	K_{red} (calculado)	0,0389	K_s (LIMITE)	0,35	0,0389	0,0669	0,0365			
K_s (LIMITE)	0,35	K_s (calculado)	0,0631	K_e (LIMITE)	0,35	0,0631	0,1107	0,0591			
A_s mínimo (cm ²)	0,90	A_s calculado (cm ²)	2,04	A_s calculado (cm ²)	2,04	2,04	3,59	1,91			

Tabela 19 – Dimensionamento f_{ck} 60 MPa – NBR 6118:2014.

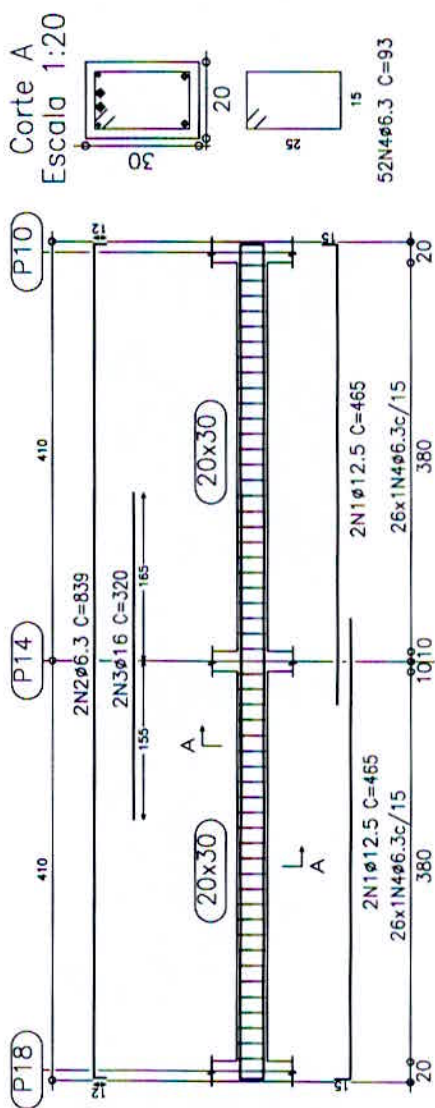
Fonte: Pessoal.

Elemento	Pos.	Diam.	Q.	Dob. (cm)	Retd (cm)	Dob. (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50 (kg)
V 9	1	Ø12.5	4	15	450		465	1860	17.9
	2	Ø6.3	2	12	815	12	839	1678	4.1
	3	Ø16	2		320		320	640	10.1
	4	Ø6.3	52				93	4836	11.8
Total+10%:								48.3	
								Ø6.3:	17.5
								Ø12.5:	19.7
								Ø16:	11.1
								Total:	48.3

LOJA
 Desenho de vigas
 Concreto: C60, em geral
 Aço: CA-50
 Escala vigas: 1:75
 Escala seções: 1:20

V 9

Escala 1:75



APÊNDICE F – Dimensionamento e detalhamento da viga 02 para armadura dupla

MEMORIAL DE CALCULO

Dimensionamento da Viga 02 - $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ - NBR 6118:2003

- Aço CA-50
- H: 50,0 cm
- d' : 4,0 cm
- d: 46,0 cm
- bw: 20,0 cm

1º Passo:

Calculo da Altura Mínima

❖ Momento: 281,2 KN.m

❖ $K_x \text{ LIMITE: } 0,5$
 $K_{Md} \text{ LIMITE: } 0,272$

$$d_{\min} = \sqrt{M_d / (K_{Md} \cdot bw \cdot f_{cd})} = \sqrt{(1,4 \cdot 28120) / [0,272 \cdot 29 \cdot \left(\frac{3}{1,4}\right)]} = 58,11 \text{ cm}$$

OBS: Como $d = 46,0 \text{ cm} < 58,11 \text{ cm} \rightarrow$ Armadura Dupla!

2º Passo:

Calculo de M_{d1}

❖ $X = K_x \cdot d \rightarrow 0,5 \cdot 0,46 = 0,230$

$$M_{d1} = (\alpha \cdot f_{cd} \cdot bw \cdot \lambda \cdot x) \cdot \left(d - \frac{\lambda}{2} \cdot x\right) =$$

$$M_{d1} = \left(0,85 \cdot \left(\frac{30000}{1,4} \right) \cdot 0,2 \cdot 0,8 \cdot 0,50 \cdot 0,46 \right) \cdot \left(0,46 - \frac{0,8}{2} \cdot 0,50 \cdot 0,46 \right) =$$

$$M_{d1} = 246,67 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

3° Passo:

Calculo de M_{d2}

$$M_{d2} = M_{d(\text{LIMITE})} - M_{d1}$$

$$M_{d2} = (1,4 \cdot 281,2) - 246,67 = 147,01 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

4° Passo:

Calculo de A_s

$$\diamond x = 0,50 \cdot d$$

$$\diamond d' = 4,0 \text{ cm}$$

$$\diamond K_x = 0,50$$

$$\diamond K_z = 1 - \frac{\lambda}{2} \cdot K_x = 0,80$$

$$A_s = \frac{M_{d1}}{K_z \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{M_{d2}}{(d - d') \cdot f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{246,67}{0,8 \cdot 0,46 \cdot \left(\frac{50}{1,15} \right)} = \frac{147,01}{(0,46 - 0,04) \cdot \left(\frac{50}{1,15} \right)} =$$

$$A_s = 15,42 + 8,05 = 23,47 \text{ cm}^2$$

5º Passo:Calculo de $A_{s'}$

OBS: É necessário conhecer antes f_s' e, portanto, $\epsilon_{s'}$.

$$\epsilon'_{s'} = \frac{0,0035 \cdot (x - d')}{x} = \frac{0,0035 \cdot (0,50 \cdot 0,46 - 0,04)}{0,50 \cdot 0,46} = \mathbf{0,00289}$$

OBS: Como $\epsilon_{s'} > \epsilon_{yd}$ ($\epsilon_{yd} = 0,207\%$, CA - 50) $\rightarrow f_{s'} = f_{yd}$.

$$A_{s'} = \frac{M_{dz}}{(d - d') \cdot f_{yd}}$$

$$A_{s'} = \frac{147,01}{(0,46 - 0,04) \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = \mathbf{8,05 \text{ cm}^2}$$

6º Passo:Detalhamento Longitudinal da Armadura

2,0 cm

2,0 cm

 $e_h \geq \emptyset L \rightarrow 2,5 \text{ cm}$ $e_v \geq \emptyset L \rightarrow 2,5 \text{ cm}$ $1,2 \cdot D_{MAX} = 1,2 \cdot 1,9 = 0,95$ $0,5 \cdot D_{MAX} = 0,5 \cdot 1,9 = 0,95 \text{ cm}$ **D_{MAX} : BRITA 01= 1,9**

$$\frac{\text{Nº Barras}}{\text{camada}} = \frac{bw \cdot 2 \cdot \left(e \cdot \emptyset t \cdot \frac{\emptyset l}{2}\right)}{eh + \emptyset l} + 1 = \frac{20 \cdot 2 \cdot \left(2,5 \cdot 0,63 \cdot \frac{2,5}{2}\right)}{2,5 + 2,5} + 1 = \mathbf{3,25 \text{ barras}}$$

7º Passo:Cálculo do comprimento das barras

$$M_{\text{NEGATIVO}} = 281,2 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$A_S = 23,47 \text{ cm}^2$$

$$A_{S'} = 8,05 \text{ cm}^2$$

$$M_{\text{POSITIVO}} = 158,1 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$A_S = 13,39 \text{ cm}^2$$

$$4\emptyset 25,0 \text{ mm} \rightarrow 20,00 \text{ cm}^2$$

$$1\emptyset 20,0 \text{ mm} \rightarrow \underline{3,15 \text{ cm}^2}$$

$$23,15 \text{ cm}^2$$

$$3\emptyset 20,0 \text{ mm} \rightarrow 9,45 \text{ cm}^2$$

$$2\emptyset 16,0 \text{ mm} \rightarrow \underline{4,00 \text{ cm}^2}$$

$$13,45 \text{ cm}^2$$

- Determinação da distancia entre barras (regra de três simples)

M_{NEGATIVO}

$$23,15 \text{ cm}^2 \rightarrow 156$$

$$5,00 \text{ cm}^2 \rightarrow X$$

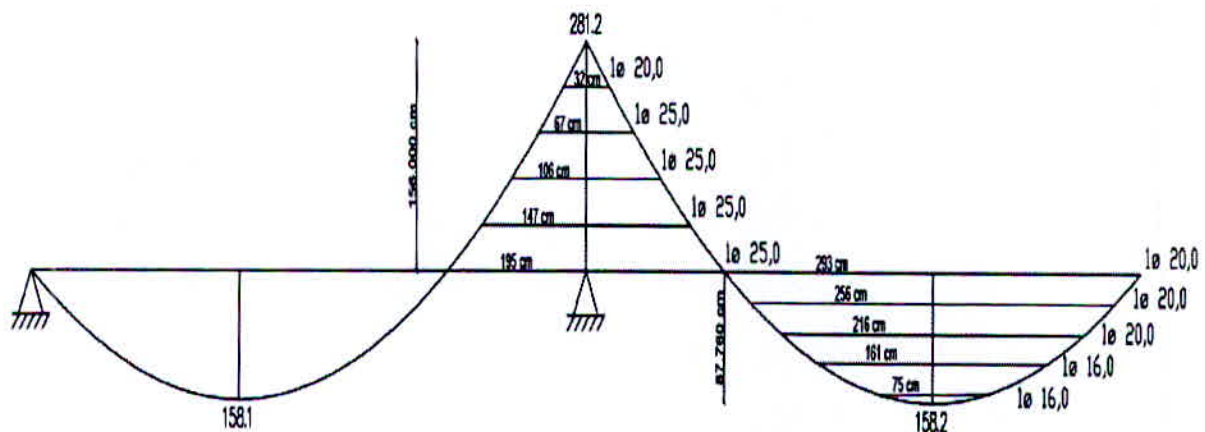
$$X = 33,7$$

M_{POSITIVO}

$$13,45 \text{ cm}^2 \rightarrow 87,76$$

$$3,15 \text{ cm}^2 \rightarrow X$$

$$X = 20,6$$



8º Passo:Cálculo da Armadura Transversal

$$f_{ctd} = 0,15 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

$$f_{ctd} = 0,15 \cdot \sqrt[3]{30^2} = 1,45 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot \sqrt[3]{30^2} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$\alpha_v = \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,88$$

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V = 1,4 \cdot 180,2 = 252,28 \text{ KN}$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot 0,88 \cdot \left(\frac{3,0}{1,4}\right) \cdot 20 \cdot (50 - 4) = 468,41 \text{ KN}$$

$$\frac{A_{SW(MIN)}}{S} \geq \frac{0,2 \cdot b_w \cdot f_{ctm}}{f_{yk}}$$

$$\frac{A_{SW(MIN)}}{S} \geq \frac{0,2 \cdot 20 \cdot 2,90}{500} = 0,0232 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \text{ ou } 2,32 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$V_{SW(MIN)} = \frac{A_{SW(MIN)}}{S} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd}$$

$$V_{SW(MIN)} = 0,0232 \cdot 0,9 \cdot (50 - 4) \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right) = 41,76 \text{ KN}$$

$$V_c = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot bw \cdot d$$

$$V_c = 0,6 \cdot 0,145 \cdot 20 \cdot (50 - 4) = 80 \text{ KN}$$

$$V_{sw} = V_{sd} - V_c$$

$$V_{sw} = 252,28 - 80 = 172,28 \text{ KN}$$

$$\frac{A_{sw}}{S} = \frac{V_{sw}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{172,28}{0,9 \cdot 46 \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = 0,096 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \text{ ou } 9,6 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$S = \frac{2 \cdot 0,5}{0,09} = 11 \text{ cm}$$

Ø 8,0 mm c/ 11cm

70 Ø 8,0 mm c/11 cm

VIGA 02 (20x50)

Escala - 1:75

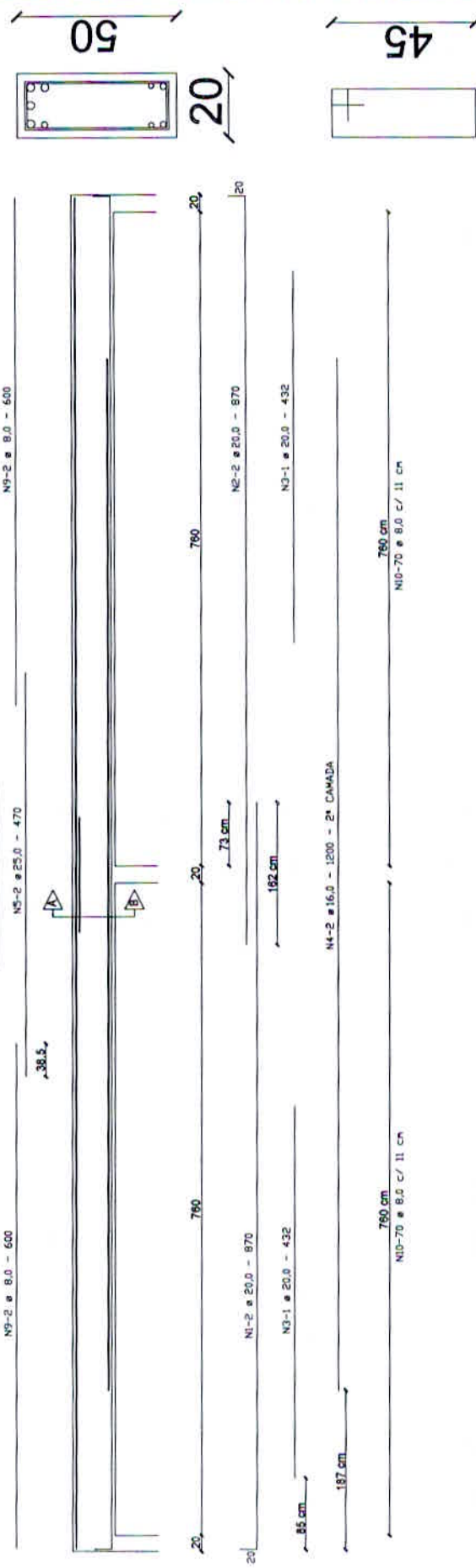
CORTE A-B

Escala - 1:20

NB-1 ø 20,0 - 64 - 2ª CAMADA
 N7-1 ø 25,0 - 134 - 2ª CAMADA
 NB-1 ø 25,0 - 212
 NS-2 ø 25,0 - 470

NP-2 ø 8,0 - 600

NP-2 ø 8,0 - 600



N4-2 ø 16,0 - 1200 - 2ª CAMADA

N10-70 ø 8,0 c/ 11 cm

N10-70 ø 8,0 c/ 11 cm

N10-70 ø 8,0 c/ 11 cm

Elemento	Pos.	Diâm.	Quant.	Dob. (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50 (Kg)
VIGA 02 - NBR 6118:2003	1	Ø 20,0	2	20	870		890	1780	43,89
	2	Ø 20,0	2		870	20	890	1780	43,89
	3	Ø 20,0	2		432		432	864	21,31
	4	Ø 16,0	2		1200		1200	2400	37,87
	5	Ø 25,0	2		470		470	940	36,22
	6	Ø 25,0	1		212		212	212	8,17
	7	Ø 25,0	1		134		134	134	5,16
	8	Ø 20,0	1		64		64	64	1,58
	9	Ø 8,0	4		600		600	2400	9,48
	10	Ø 8,0	140		130		130	18200	71,89
CONCRETO 30 Mpa									
TOTAL									279,47
TOTAL + 10%									307,41

Dimensionamento da Viga 02 - $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ - NBR 6118:2014

- Aço CA-50
- H: 50,0 cm
- d' : 4,0 cm
- d: 46,0 cm
- bw: 20,0 cm

1º Passo:

Calculo da Altura Mínima

❖ Momento: 281,2 KN.m

❖ $K_x \text{ LIMITE: } 0,45$

$K_{Md} \text{ LIMITE: } 0,272$

$$d_{\min} = \sqrt{M_d / (K_{Md} \cdot bw \cdot f_{cd})} = \sqrt{(1,4 \cdot 28120) / [0,251 \cdot 29 \cdot \left(\frac{3}{1,4}\right)]} = 60,51 \text{ cm}$$

OBS: Como $d = 46,0 \text{ cm} < 60,51 \text{ cm} \rightarrow$ Armadura Dupla!

2º Passo:

Calculo de M_{d1}

❖ $x = K_x \cdot d \rightarrow 0,45 \cdot 0,46 = 0,207$

$$M_{d1} = (\alpha_c \cdot f_{cd} \cdot bw \cdot \lambda \cdot x) \cdot \left(d - \frac{\lambda}{2} \cdot x\right) =$$

$$M_{d1} = \left(0,85 \cdot \left(\frac{30000}{1,4}\right) \cdot 0,2 \cdot 0,8 \cdot 0,45 \cdot 0,46\right) \cdot \left(0,46 - \frac{0,8}{2} \cdot 0,45 \cdot 0,46\right) =$$

$$M_{d1} = 227,55 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

3° Passo:**Calculo de M_{d2}**

$$M_{d2} = M_d (\text{LIMITE}) - M_{d1}$$

$$M_{d2} = (1,4 \cdot 281,2) - 227,55 = 166,13 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

4° Passo:**Calculo de A_s**

$$\diamond x = 0,45 \cdot d$$

$$\diamond d' = 4,0 \text{ cm}$$

$$\diamond K_x = 0,45$$

$$\diamond K_z = 1 - \frac{\lambda}{2} \cdot K_x = 0,82$$

$$A_s = \frac{M_{d1}}{K_z \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{M_{d2}}{(d - d') \cdot f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{227,55}{0,82 \cdot 0,46 \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = \frac{166,13}{(0,46 - 0,04) \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} =$$

$$A_s = 13,87 + 9,10 = 22,97 \text{ cm}^2$$

5º Passo:Calculo de $A_{s'}$

OBS: É necessário conhecer antes f_s e, portanto, ϵ_s .

$$\epsilon'_s = \frac{0,0035 \cdot (x - d')}{x} = \frac{0,0035 \cdot (0,45 \cdot 0,46 - 0,04)}{0,45 \cdot 0,46} = 0,00282$$

OBS: Como $\epsilon_s > \epsilon_{yd}$ ($\epsilon_{yd} = 0,207\%$, CA - 50) $\rightarrow f_s = f_{yd}$.

$$A_{s'} = \frac{M_{d2}}{(d - d') \cdot f_{yd}}$$

$$A_{s'} = \frac{166,13}{(0,46 - 0,04) \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = 9,10 \text{ cm}^2$$

6º Passo:Detalhamento Longitudinal da Armadura

2,0 cm	2,0 cm
$e_h \geq \emptyset L \rightarrow 2,5 \text{ cm}$	$e_v \geq \emptyset L \rightarrow 2,5 \text{ cm}$
$1,2 \cdot D_{MAX} = 1,2 \cdot 1,9 = 0,95$	$0,5 \cdot D_{MAX} = 0,5 \cdot 1,9 = 0,95 \text{ cm}$

$$\frac{\text{Nº Barras}}{\text{camada}} = \frac{bw \cdot 2 \cdot \left(e \cdot \emptyset t \cdot \frac{\emptyset l}{2}\right)}{eh + \emptyset l} + 1 = \frac{20 \cdot 2 \cdot \left(2,5 \cdot 0,63 \cdot \frac{2,5}{2}\right)}{2,5 + 2,5} + 1 = 3,25 \text{ barras}$$

7º Passo:Cálculo do comprimento das barras

$$M_{\text{NEGATIVO}} = 281,2 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = 22,97 \text{ cm}^2$$

$$A'_s = 9,10 \text{ cm}^2$$

$$4\emptyset 25,0 \text{ mm} \rightarrow 20,00 \text{ cm}^2$$

$$1\emptyset 16,0 \text{ mm} \rightarrow \underline{2,00 \text{ cm}^2}$$

$$22,00 \text{ cm}^2$$

$$M_{\text{POSITIVO}} = 158,1 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = 13,39 \text{ cm}^2$$

$$3\emptyset 20,0 \text{ mm} \rightarrow 9,45 \text{ cm}^2$$

$$2\emptyset 16,0 \text{ mm} \rightarrow \underline{4,00 \text{ cm}^2}$$

$$13,45 \text{ cm}^2$$

- Determinação da distancia entre barras (regra de três simples)

M_{NEGATIVO}

$$22,00 \text{ cm}^2 \rightarrow 156$$

$$5,00 \text{ cm}^2 \rightarrow X$$

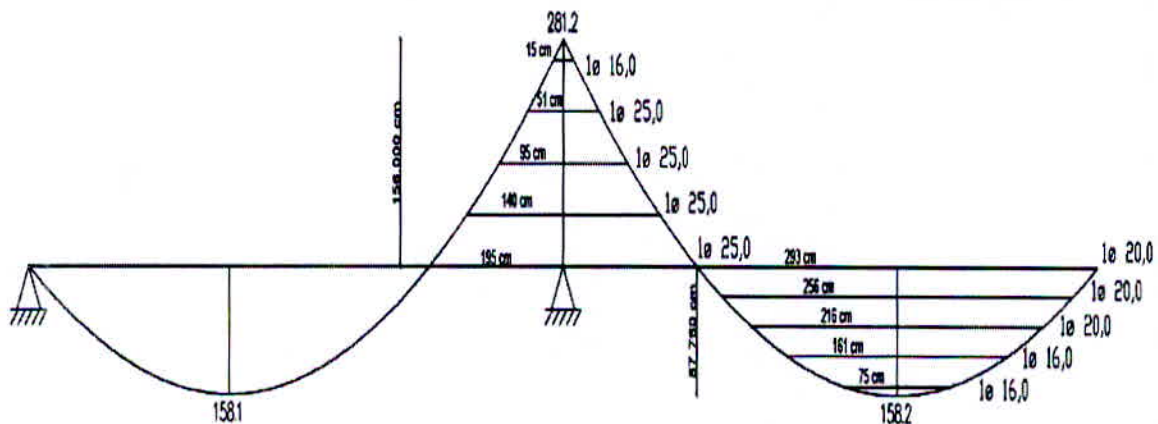
$$X = 35,5$$

M_{POSITIVO}

$$13,45 \text{ cm}^2 \rightarrow 87,76$$

$$3,15 \text{ cm}^2 \rightarrow X$$

$$X = 20,6$$



8º Passo:Cálculo da Armadura Transversal

$$f_{ctd} = 0,15 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

$$f_{ctd} = 0,15 \cdot \sqrt[3]{30^2} = 1,45 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot \sqrt[3]{30^2} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$\alpha_v = \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,88$$

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V = 1,4 \cdot 180,2 = 252,28 \text{ KN}$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot 0,88 \cdot \left(\frac{3,0}{1,4}\right) \cdot 20 \cdot (50 - 4) = 468,41 \text{ KN}$$

$$\frac{A_{SW(MIN)}}{S} \geq \frac{0,2 \cdot b_w \cdot f_{ctm}}{f_{ywK}}$$

$$\frac{A_{SW(MIN)}}{S} \geq \frac{0,2 \cdot 20 \cdot 2,90}{500} = 0,0232 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \text{ ou } 2,32 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$V_{SW(MIN)} = \frac{A_{SW(MIN)}}{S} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd}$$

$$V_{SW(MIN)} = 0,0232 \cdot 0,9 \cdot (50 - 4) \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right) = 41,76 \text{ KN}$$

$$V_c = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot bw \cdot d$$

$$V_c = 0,6 \cdot 0,145 \cdot 20 \cdot (50 - 4) = 80 \text{ KN}$$

$$V_{sw} = V_{sd} - V_c$$

$$V_{sw} = 252,28 - 80 = 172,28 \text{ KN}$$

$$\frac{A_{sw}}{S} = \frac{V_{sw}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{172,28}{0,9 \cdot 46 \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = 0,096 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \text{ ou } 9,6 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$S = \frac{2 \cdot 0,5}{0,09} = 11 \text{ cm}$$

Ø 8,0 mm c/ 11cm

70 Ø 8,0 mm c/11 cm

Dimensionamento da Viga 02 - $f_{ck} = 60 \text{ MPa}$ - NBR 6118:2014

- Aço CA-50
- H: 50,0 cm
- d' : 4,0 cm
- d: 46,0 cm
- bw: 20,0 cm

1º Passo:

Calculo da Altura Mínima

❖ Momento: 281,2 KN.m

❖ $K_x \text{ LIMITE: } 0,35$
 $K_{Md} \text{ LIMITE: } 0,191$

$$d_{\min} = \sqrt{M_d / (K_{Md} \cdot bw \cdot f_{cd})} = \sqrt{(1,4 \cdot 28120) / [0,191 \cdot 29 \cdot \left(\frac{6}{1,4}\right)]} = 49,03 \text{ cm}$$

OBS: Como $d = 46,0 \text{ cm} < 49,03 \text{ cm} \rightarrow$ Armadura Dupla!

2º Passo:

Calculo de M_{d1}

❖ $x = K_x \cdot d \rightarrow 0,35 \cdot 0,46 = 0,161$

$$M_{d1} = (\alpha_c \cdot f_{cd} \cdot bw \cdot \lambda \cdot x) \cdot \left(d - \frac{\lambda}{2} \cdot x\right) =$$

$$M_{d1} = \left(0,81 \cdot \left(\frac{60000}{1,4}\right) \cdot 0,2 \cdot 0,78 \cdot 0,35 \cdot 0,46\right) \cdot \left(0,46 - \frac{0,78}{2} \cdot 0,35 \cdot 0,46\right) =$$

$$M_{d1} = 346,32 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

3° Passo:**Calculo de M_{d2}**

$$M_{d2} = M_{d(LIMITE)} - M_{d1}$$

$$M_{d2} = (1,4 \cdot 281,2) - 346,32 = 47,36 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

4° Passo:**Calculo de A_s**

$$\diamond x = 0,35 \cdot d$$

$$\diamond d' = 4,0 \text{ cm}$$

$$\diamond K_x = 0,35$$

$$\diamond K_z = 1 - \frac{\lambda}{2} \cdot K_x = 0,86$$

$$A_s = \frac{M_{d1}}{K_z \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{M_{d2}}{(d - d') \cdot f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{346,32}{0,86 \cdot 0,46 \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = \frac{47,36}{(0,46 - 0,04) \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} =$$

$$A_s = 20,14 + 2,59 = 22,73 \text{ cm}^2$$

5º Passo:Calculo de A_s .

OBS: É necessário conhecer antes f_s' e, portanto, ϵ_s' .

$$\epsilon_s' = \frac{0,0035 \cdot (x - d')}{x} = \frac{0,0035 \cdot (0,35 \cdot 0,46 - 0,04)}{0,35 \cdot 0,46} = 0,00263$$

OBS: Como $\epsilon_s' > \epsilon_{yd}$ ($\epsilon_{yd} = 0,207\%$, CA - 50) $\rightarrow f_s' = f_{yd}$.

$$A_{s'} = \frac{M_{d2}}{(d - d') \cdot f_{yd}}$$

$$A_{s'} = \frac{47,36}{(0,46 - 0,04) \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = 2,59 \text{ cm}^2$$

6º Passo:Detalhamento Longitudinal da Armadura

2,0 cm	2,0 cm
$e_h \geq \emptyset L \rightarrow 2,5 \text{ cm}$	$e_v \geq \emptyset L \rightarrow 2,5 \text{ cm}$
$1,2 \cdot D_{MAX} = 1,2 \cdot 1,9 \text{ (Brita 01)}$ $= 0,95$	$0,5 \cdot D_{MAX} = 0,5 \cdot 1,9 \text{ (Brita 01)}$ $= 0,95 \text{ cm}$

$$\frac{N^{\circ} \text{ Barras}}{\text{camada}} = \frac{b_w \cdot 2 \cdot \left(e \cdot \emptyset t \cdot \frac{\emptyset l}{2}\right)}{e_h + \emptyset l} + 1 = \frac{20 \cdot 2 \cdot \left(2,5 \cdot 0,63 \cdot \frac{2,5}{2}\right)}{2,5 + 2,5} + 1 = 3,25 \text{ barras}$$

7º Passo:Cálculo do comprimento das barras

$$M_{\text{NEGATIVO}} = 281,2 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = 22,73 \text{ cm}^2$$

$$A'_s = 2,59 \text{ cm}^2$$

$$4\emptyset 25,0 \text{ mm} \rightarrow 20,00 \text{ cm}^2$$

$$1\emptyset 16,0 \text{ mm} \rightarrow \underline{2,00 \text{ cm}^2}$$

$$22,00 \text{ cm}^2$$

$$M_{\text{POSITIVO}} = 158,1 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = 12,06 \text{ cm}^2$$

$$6\emptyset 16,0 \text{ mm} \rightarrow 12,00 \text{ cm}^2$$

- Determinação da distancia entre barras (regra de três simples)

M_{NEGATIVO}

$$22,00 \text{ cm}^2 \rightarrow 156$$

$$5,00 \text{ cm}^2 \rightarrow X$$

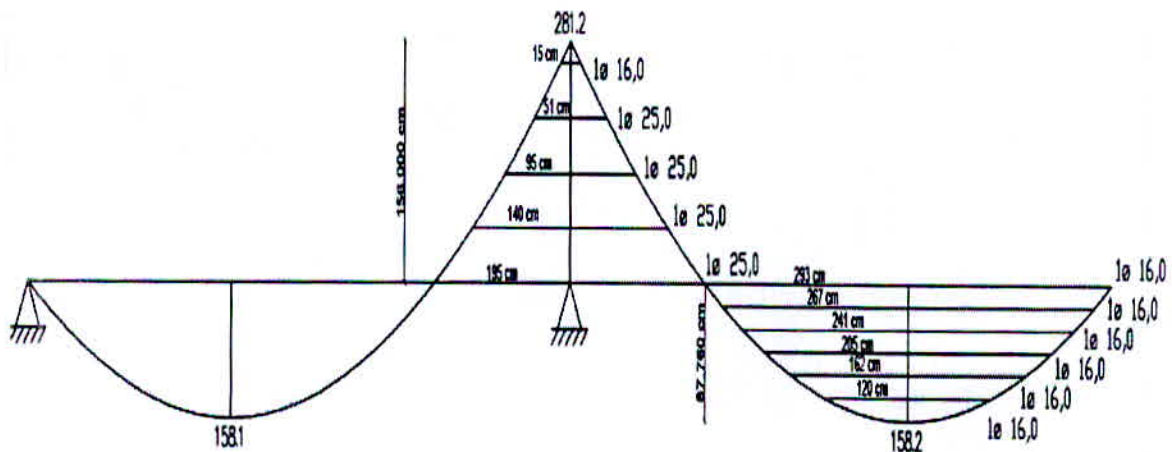
$$X = 35,5$$

M_{POSITIVO}

$$12,00 \text{ cm}^2 \rightarrow 87,76$$

$$2,00 \text{ cm}^2 \rightarrow X$$

$$X = 14,6$$



8º Passo:Cálculo da Armadura Transversal

$$f_{ctd} = 0,15 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

$$f_{ctd} = 0,15 \cdot \sqrt[3]{60^2} = 2,30 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot \sqrt[3]{60^2} = 4,60 \text{ MPa}$$

$$\alpha_v = \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = \left(1 - \frac{60}{250}\right) = 0,76$$

$$V_{sd} = 1,4 \cdot V = 1,4 \cdot 180,2 = 252,28 \text{ KN}$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot 0,76 \cdot \left(\frac{6,0}{1,4}\right) \cdot 20 \cdot (50 - 4) = 809 \text{ KN}$$

$$\frac{A_{SW(MIN)}}{S} \geq \frac{0,2 \cdot b_w \cdot f_{ctm}}{f_{ywK}}$$

$$\frac{A_{SW(MIN)}}{S} \geq \frac{0,2 \cdot 20 \cdot 4,60}{500} = 0,0368 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \text{ ou } 3,68 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$V_{SW(MIN)} = \frac{A_{SW(MIN)}}{S} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd}$$

$$V_{SW(MIN)} = 0,0368 \cdot 0,9 \cdot (50 - 4) \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right) = 66,24 \text{ KN}$$

$$V_c = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot bw \cdot d$$

$$V_c = 0,6 \cdot 0,230 \cdot 20 \cdot (50 - 4) = 126,96 \text{ KN}$$

$$V_{sw} = V_{sd} - V_c$$

$$V_{sw} = 252,28 - 126,96 = 125,32 \text{ KN}$$

$$\frac{A_{sw}}{S} = \frac{V_{sw}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{125,32}{0,9 \cdot 46 \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = 0,07 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \text{ ou } 7,0 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$S = \frac{2 \cdot 0,5}{0,07} = 14 \text{ cm}$$

Ø 8,0 mm c/ 14cm

55 Ø 8,0 mm c/14 cm

VIGA 02 (20x50)
Escala- 1:75

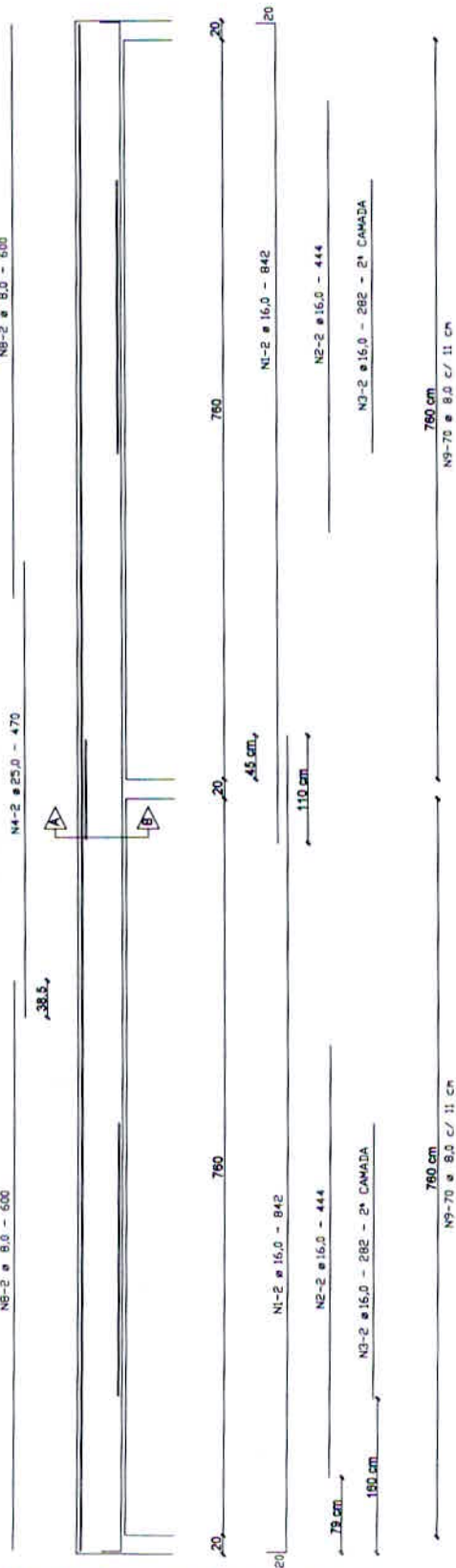
CORTE A-B
Escala- 1:20

NB-1 ø 20,0 - 30 - 2ª CAMADA
N7-1 ø 25,0 - 102 - 2ª CAMADA

N6-1 ø 25,0 - 190
N4-2 ø 25,0 - 470

NB-2 ø 8,0 - 600

NB-2 ø 8,0 - 600



Elemento	Pos.	Dfâm.	Quant.	Dob. (cm)	Reta (cm)	Dob. (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50 (Kg)
VIGA 02 - NBR 6118:2014	1	Ø 16,0	4	20	842		862	3448	54,41
	2	Ø 16,0	4		444		444	1776	28,03
	3	Ø 16,0	4		282		282	1128	17,80
	4	Ø 25,0	2		470		470	940	36,22
	5	Ø 25,0	1		190		190	190	7,32
	6	Ø 25,0	1		102		102	102	3,93
	7	Ø 20,0	1		30		30	30	0,74
	8	Ø 8,0	4		600		600	2400	9,48
	9	Ø 8,0	140		130		130	18200	71,89
CONCRETO 60 Mpa									
TOTAL									229,81
TOTAL + 10%									252,79

N10-70 ø 8,0 c/ 11 cm