

MEMORIAL DE PAVIMENTAÇÃO

REFORÇO E ALARGAMENTO DO CAIS 3

PORTO DE IMBITUBA - SC

Cliente: CEJEN

Local: IMBITUBA – SANTA CATARINA / SC

0	31/07/2023	Para comentários	MMSL	FSC	DAC	PR
Rev.	Data	Descrição da revisão	Elaborado por	Verificado por	Aprovado por	CE

CE - Códigos de emissão

CC Conforme construído	ES Estudo	OR Para orçamento	PR Preliminar
CD Cancelado	LF Liberado p/ fabricação	PC Para compra	OT Outro
CO Para comentários	IN Para informação	PD Para detalhamento	
CP Como comprado	LC Liberado p/ Construção	PU Para utilização	

ÍNDICE

1	OBJETIVO	4
2	REFERÊNCIAS	4
3	ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS	5
3.1	BRITA GRADUADA SIMPLES (BGS)	5
3.2	CAMADA DESLIZANTE E BARREIRA DE VAPOR	6
3.3	ARMADURA	6
3.4	CONCRETO	6
3.4.1	CIMENTO	7
3.4.2	AGREGADOS	7
3.4.3	ADITIVOS.....	9
3.4.4	MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO MONOFILAMENTO (MICROFIBRAS).....	9
3.4.5	ÁGUA	9
3.4.6	MANTA DE CURA.....	10
3.4.7	MATERIAIS DE PREENCHIMENTO DAS JUNTAS	10
4	ESPECIFICAÇÕES EXECUTIVAS	11
4.1	PREPARO DO SUBLEITO.....	11
4.2	REFORÇO DO SUBLEITO (CASO NECESSÁRIO).....	11
4.3	SUB-BASE (BGS).....	12
4.4	SUB-BASE (CONCRETO MAGRO).....	12
4.5	ISOLAMENTO SOB A PLACA DE CONCRETO	12
4.6	FÔRMAS	12
4.7	COLOCAÇÃO DAS ARMADURAS	13
4.8	COBRIMENTO DAS TELAS	13
4.9	EMENDA DAS TELAS	13
4.10	BARRAS DE TRANSFERÊNCIA	14
4.11	CONCRETAGEM.....	14
4.11.1	PLANO DE CONCRETAGEM	14
4.11.2	LANÇAMENTO DO CONCRETO	15
4.11.3	ADENSAMENTO.....	16

4.11.4	ACABAMENTO SUPERFICIAL	16
4.11.5	REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE.....	17
4.11.6	DESEMPENO MECÂNICO DO CONCRETO	17
4.11.7	ALISAMENTO SUPERFICIAL	17
4.11.8	CURA.....	18
4.11.9	SERRAGEM DAS JUNTAS.....	19
4.11.10	SELAGEM DAS JUNTAS.....	19
5	CONTROLE DE EXECUÇÃO	20
5.1	Ensaio e especificações para controle de execução:	20
6	MANUTENÇÃO PREVENTIVA	24
6.1	MATERIAL DE PREENCHIMENTO DAS JUNTAS	24
6.2	LIMPEZA DO PISO.....	24
7	MEMÓRIA DE CÁLCULO	26
7.1	MEMÓRIA DE CÁLCULO	27
7.1	ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE RECALQUE k.....	28
7.2	CARGAS ATUANTES.....	29
7.2.1	MHC	29
7.2.2	AÇÕES AMBIENTAIS	30
7.3	ANÁLISE ESTRUTURAL	31
7.3.1	RESULTADOS DA ANÁLISE	35
7.3.2	VERIFICAÇÃO DAS ARMADURAS	40

1 OBJETIVO

Este documento apresenta a memória de cálculo da Pavimentação da Retroárea do Cais 3 do porto de Imbituba em Santa Catarina. Este memorial inclui uma descrição dos principais elementos constituintes de escopo do projeto executivo de Pavimentação.



Figura 1 – Localização do Cais 3 no Porto de Imbituba

2 REFERÊNCIAS

- RDV-303-PE-DES-PAV-801 - PLANTA DA PAVIMENTAÇÃO - LOCAÇÃO DOS PAINEIS - FORMAS - Rev.01
- RDV-303-PE-DES-PAV-802 - SEÇÃO TÍPICAS DO PISO E DETALHE DAS JUNTAS- Rev.01
 - Reported by ACI Committee 360 (ACI 360 R-06) – Design of Slabs-on-Ground – American Concrete Institute.
 - DNIT – MANUAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.

3 ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

3.1 BRITA GRADUADA SIMPLES (BGS)

A brita graduada a ser empregada na confecção da sub-base deverá ter granulometria compreendida entre os limites das faixas apresentadas no Quadro 1 – **Faixa A**.

Quadro 1: Curvas da Brita Graduada (DNIT 141/10-ES)

Peneira, mm	Passando%		
	A	B	C
50	100	100	
25		75 a 90	100
9,5	30 a 65	40 a 75	50 a 85
4,8	25 a 55	30 a 60	35 a 65
2	15 a 40	20 a 45	25 a 50
0,425	8 a 20	15 a 30	15 a 30
0,075	2 a 8	5 a 15	5 a 15

Além da granulometria, o material deverá atender às especificações dos seguintes itens:

A fração que passa na peneira n°40 (0,425mm) deverá apresentar limite de liquidez inferior ou igual a 25% e índice de plasticidade inferior ou igual a 6%; quando esses limites forem ultrapassados, o equivalente de areia deverá ser maior que 30%.

A porcentagem do material que passa na peneira n°200 (0,075mm) não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na peneira n°40.

3.2 CAMADA DESLIZANTE E BARREIRA DE VAPOR

Sobre a camada da sub-base, deverá ser colocada uma camada de filme plástico com espessura mínima de 0,15 mm, que tem o objetivo de reduzir o atrito sob a placa de concreto, reduzindo com isto os riscos de surgir fissuras de retração. Ela também tem o objetivo de funcionar como barreira de vapor do subleito e da sub-base, de forma a manter a integridade dos selantes das juntas.

3.3 ARMADURA

A armadura deve-se constituir por telas soldadas CA – 60, fornecidas em painéis (não será permitido o uso de telas fornecidas em rolo), que atendam à NBR 7481, e por barras de aço (conforme projeto) que atendam à NBR 7480.

Foram adotadas telas tipo Q503 nas partes superior e inferior dos painéis.

3.4 CONCRETO

O concreto deverá atender aos seguintes requisitos mínimos, *Quadro 2*.

Quadro 2: Características do concreto

Característica	Especificação	Norma
1. Resistência à compressão – 28 dias (f_{ck})	$\geq 35,0$ MPa	NBR 5739/07
2. Abatimento	100 a 120 mm (¹)	NBR NM 67/98
3. Teor de argamassa	$49\% \leq a \leq 52\%$	
4. Consumo de cimento	320 a 380 kg/m ³	
5. Consumo de água	≤ 180 litros/m ³	
6. Microfibra de polipropileno monofilamento (²)	600 g/m ³	
7. Retração (8 semanas)	≤ 450 μ m/m	NBR 16834/20
8. Teor de ar incorporado	$\leq 3\%$	NBR NM 47/02
9. Exsudação	$\leq 4\%$	NBR 15558/08
10. Relação água / cimento	$\leq 0,55$	NBR 6118/14

Notas:

No caso de concreto bombeado o abatimento deverá ser verificado na saída do mangote.

No caso de concreto com super ou hiper plastificante o abatimento deverá ser controlado através do abatimento inicial (antes da colocação do super ou hiper plastificante). Neste caso o abatimento inicial deverá ser 50 ± 10 ou 60 ± 10 mm.

As microfibras de polipropileno fazem parte da composição do concreto; não tem efeito estrutural, mas são responsáveis por absorver as tensões de retração, principalmente nas primeiras idades.

A escolha dos materiais utilizados para a produção do concreto deverá ser norteada pelos seguintes princípios:

3.4.1 CIMENTO

Deverão ser empregados cimentos tipo CP-II, CP-III, CPIV ou CP-V, de acordo com as normas técnicas *NBR 11578, 5733, 5735, 5736*. A dosagem do concreto deve ser feita levando em consideração o tempo de corte das juntas, a exsudação e as retrações plástica e hidráulica, variáveis para cada tipo de cimento.

3.4.2 AGREGADOS

Os agregados deverão atender às prescrições da norma *NBR 7211*, sendo que os miúdos deverão ser preferencialmente areia natural de origem quartzosa, de granulometria média grossa a grossa, ou areia artificial, oriunda da britagem de rochas convenientemente dosada com areia natural para corrigir deficiência de finos.

Deve-se atentar para o fato de que o agregado miúdo irá afetar basicamente a trabalhabilidade do concreto, sendo que se empregar material muito fino irá facilitar as operações de acabamento, mas com aumento da demanda de água;

no outro extremo, a adoção de areia grossa, dificultará o acabamento, tornando a mistura áspera e favorecerá a exsudação do concreto, muito embora possa ocorrer redução do volume de água.

O agregado graúdo deve ser formado preferencialmente pela mistura apropriada das britas 0 a 2, de forma a formar uma granulometria aproximadamente contínua e com baixo volume de vazios. Os agregados deverão obedecer aos requisitos dos Quadros 3 e 4:

Quadro 3: Granulometria dos agregados

Peneira	Porcentagem Passante			
	Brita 0	Brita 1	Brita 2	Areia
32			100	
25		100	75 a 100	
19		90 a 100	0 a 25	
12,5	100	-	0 a 10	
9,5	90 a 100	0 a 20	0 a 5	100
6,3	-	0 a 8		-
4,8	0 a 20	0 a 5		95 a 100
2,4	0 a 5			80 a 90
1,2				50 a 75
0,6				30 a 50
0,3				10 a 20
0,15				2 a 5

Quadro 4: Agregados - características gerais

Propriedade	Agregado Miúdo		Agregado
	Natural	Artificial	Graúdo
Torrões de Argila	máx. 1,5%	máx. 1,5%	máx. 1,0%
Material carbonoso	máx. 1,5%	máx. 1,5%	máx. 0,5%
Material Pulverulento	máx. 3,0%	máx. 10,0%	máx. 1,0%
Impurezas orgânicas	máx. 300 ppm	máx. 300 ppm	-
Índice de forma	-	-	máx. 3

3.4.3 ADITIVOS

O concreto poderá ser dosado com aditivos plastificantes de pega normal, de modo a não interferir e principalmente retardar o período de dormência e postergar as operações de corte das juntas.

3.4.4 MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO MONOFILAMENTO (MICROFIBRAS)

Estas microfibras deverão ter comprimento mínimo de 12 mm e máximo de 20 mm. Elas deverão ser compatíveis ao concreto, devendo ser aditivadas (deverão ter um “coating”) para melhorar tanto a sua adesão à massa do concreto, como também a sua dispersão.

Deve-se solicitar ao fornecedor das microfibras laudos que comprovem a compatibilidade com o concreto.

Devem também atender aos seguintes requisitos, *Quadro 5*:

Quadro 5: Microfibras de polipropileno

Característica	Especificação
1. Número de microfibras / Kg	≥ 200.000.000
2. Resistência à tração	Entre 300 e 1000 MPa
3. Módulo de elasticidade	Entre 3 e 12 GPa

3.4.5 ÁGUA

A água de amassamento do concreto deve atender aos requisitos expressos no *Quadro 6*.

Quadro 6: Requisitos da água de amassamento

Característica	Limites
Matéria orgânica (oxigênio consumido)	≤ 3 mg/L
Ph	Entre 5 e 8
Resíduos sólidos	≤ 5.000 mg/L
Sulfatos (íons SO ₄)	≤ 600 mg/L
Açúcar	≤ 5 mg/L

3.4.6 MANTA DE CURA

As mantas de cura devem ser absorventes, resistentes e permitirem o manuseio em condições de serviço, sem apresentarem rasgos ou furos.

Devem permitir uma perda de água inferior a 0,55 g/m² em 72 horas, quando ensaiadas de acordo com o método ASTM C 156.

3.4.7 MATERIAIS DE PREENCHIMENTO DAS JUNTAS

Os materiais de preenchimento das juntas deverão, necessariamente, ser do tipo moldados in loco, a frio, resistentes às intempéries, óleos e graxas.

Todas as juntas deverão ser seladas com *mastique de poliuretano* - dureza *Shore A = 30 ± 5*.

4 ESPECIFICAÇÕES EXECUTIVAS

4.1 PREPARO DO SUBLEITO

A execução do subleito é cercada de especial interesse a fim de garantir a capacidade estrutural de projeto e, notadamente, a homogeneidade.

O material do subleito deverá apresentar $CBR \geq 8\%$ e expansão $\leq 2\%$; previamente às operações de execução da fundação, o solo do subleito deverá ser caracterizado pela sua curva de compactação, obtida na energia normal.

Caso o subleito não apresente as condições mínimas de compactação, como grau de compactação superior a 98% do Proctor Normal (*PN*), ele deverá ser escarificado até a profundidade mínima de 30 cm e compactado até ser obtido o grau de compactação relativo a 98% do Proctor Normal (*PN*). Durante essa operação, sempre que for observado material de baixa capacidade de suporte (*borrachudo*), esse deverá ser removido e substituído por material de boa qualidade.

Camadas de aterro porventura existentes devem apresentar em toda sua espessura $GC \geq 95\%$ P.N.

Na existência de excesso de umidade, é permitida a execução da camada de bloqueio. As camadas de bloqueio deverão ser constituídas por produto de britagem com 50% do material com granulometria entre 3/4" e 3/8", e 50% do material com granulometria inferior a 3/8", de forma a permitir o travamento da camada de pedra rachão e evitar a subpenetração do material do subleito.

4.2 REFORÇO DO SUBLEITO (CASO NECESSÁRIO)

O reforço do subleito, caso necessário, poderá ser executado com o solo local tratado de forma a obter os seguintes índices:

$CBR \geq 10\%$;

Expansão $\leq 2\%$;

Deverá ser compactada com grau de compactação $GC \geq 98\%$ da energia normal.

4.3 SUB-BASE (BGS)

O material deve ser lançado e espalhado com equipamentos adequados, a fim de assegurar a sua homogeneidade.

A compactação deverá ser efetuada com rolos compactadores vibratórios lisos; nas regiões confinadas, próximas aos pilares e bases deve-se proceder à compactação com placas vibratórias.

4.4 SUB-BASE (CONCRETO MAGRO)

Neste caso, a superfície do concreto magro deverá estar nivelada com variações máximas compatíveis com o Controle de Execução.

4.5 ISOLAMENTO SOB A PLACA DE CONCRETO

O isolamento entre a placa de concreto e a sub-base, com a finalidade principal de reduzir-se o coeficiente de atrito entre ambas, pode ser feito com filme plástico (espessura mínima de 0,15 mm), como as denominadas *lonas pretas*; nas regiões das emendas, deve-se promover uma superposição de pelo menos 15 cm.

4.6 FÔRMAS

As formas devem cumprir os seguintes requisitos:

- Tenham linearidade superior a 3 mm em 5 m;
- Seja rígido o suficiente para suportar as pressões laterais produzidas pelo concreto;
- Sejam estruturadas para suportar os equipamentos de adensamento do tipo réguas vibratórias quando estas são empregadas;

A fixação das formas deve ser efetuada de forma que as características citadas sejam mantidas. No caso da fixação com concreto, é necessário garantir que o

concreto tenha resistência compatível com o da placa e que a aderência entre eles seja promovida, já que ele será parte integrante do piso.

Quando da concretagem de placas intermediárias, isto é, situadas entre duas faixas já concretadas, estas deverão ter suas laterais impregnadas com desmoldante para garantir que não haja aderência do concreto velho com o novo.

4.7 COLOCAÇÃO DAS ARMADURAS

O posicionamento da armadura inferior pode ser efetuado com espaçadores plásticos – taxa de 4 peças por metro quadrado. Para o posicionamento da armadura superior, recomendamos utilizar espaçadores metálicos tipo “W”, com consumo mínimo de 1 unidade de 1 m por m², conforme detalhado no projeto.

Não será permitido, para o posicionamento da armadura, nenhum outro procedimento de posicionamento da armadura que não seja passível de inspeção preliminar ou que não garantam efetivamente o posicionamento final da armadura.

4.8 COBRIMENTO DAS TELAS

O cobrimento da armadura deverá ser conforme especificado no projeto, sendo sua variação máxima de ± 10 mm.

4.9 EMENDA DAS TELAS

A armadura deve ter suas emendas feitas pela superposição de pelo menos duas malhas da tela soldada.

4.10 BARRAS DE TRANSFERÊNCIA

As barras de transferência devem trabalhar com pelo menos uma extremidade não aderida, para permitir que nos movimentos contrativos da placa ela deslize no concreto, sem gerar tensões prejudiciais a ela.

Para que isso ocorra é necessário que pelo menos 60% do comprimento da barra esteja com graxa para impedir a aderência ao concreto.

Os conjuntos de barras devem estar paralelos entre si, tanto no plano vertical como horizontal, e concomitantemente ao eixo da placa.

Nas juntas serradas, as barras de transferência deverão ser posicionadas exclusivamente com o auxílio de espaçadores, que deverão possuir dispositivos de fixação que garantam o paralelismo citado.

Os fixadores não devem impedir a livre movimentação da placa. Alternativamente, pode-se empregar duas treliças paralelas à junta como dispositivo de fixação das barras.

4.11 CONCRETAGEM

4.11.1 PLANO DE CONCRETAGEM

A execução do piso deverá ser feita por faixas, onde um longo pano é concretado e posteriormente a faixa é cortada formando as placas do piso. Este sistema permite que haja continuidade nas juntas longitudinais e que os mecanismos de transferência de carga nas juntas serradas também possam dar-se por intertravamento dos agregados.

Buscar prevenção contra ações da natureza, como a incidência direta do sol, chuva ou vento, em áreas consideradas vulneráveis a estes fenômenos.

Não é permitido a concretagem em damas (placas alternadas).

4.11.2 LANÇAMENTO DO CONCRETO

O lançamento do concreto pode ser feito com o emprego de bomba (concreto bombeado), diretamente dos caminhões betoneira ou por meio de *dumpers*.

Deve-se controlar o diferencial de temperatura do concreto em relação ao meio ambiente, o qual não deve ser superior a 15° C.

O intervalo de chegada dos caminhões betoneira / lançamento do concreto, deverá ser de 15 a 20 minutos. Intervalos muito grandes poderão proporcionar graves complicações, como, pega diferenciada e, conseqüentemente, “juntas frias”.

Durante as operações de lançamento deve-se proceder de modo a não alterar a posição original da armação, evitando-se o trânsito excessivo de operários sobre a tela durante os trabalhos, municiando-os com ferramentas adequadas para que possam espalhar o concreto externamente à região.

O espalhamento deve ser uniforme e em quantidade tal que, após o adensamento, sobre pouco material para ser removido, facilitando os trabalhos com a régua vibratória (ou com outro tipo de equipamento destinado a adensar e nivelar o concreto).

Deve-se, principalmente em áreas externas, atentar-se à taxa de evaporação, que deverá ser inferior a 0,5 kg/m²/h. Caso esta taxa seja superior ao especificado, providências deverão ser tomadas com o intuito de controlar a evaporação excessiva, tais como, promover fechamentos laterais provisórios ou até mesmo mudar o horário das concretagens, passando a realizá-las com condições de temperaturas mais amenas.

4.11.3 ADENSAMENTO

A vibração do concreto deve ser feita com emprego de vibradores de imersão consorciados com as régua vibratórias ou outro tipo de equipamento, capaz de garantir o adensamento adequado e os índices de nivelamento exigidos no projeto. As régua vibratórias deverão possuir rigidez apropriada para as larguras das faixas propostas, devendo ser convenientemente calibrada.

O vibrador de imersão deve ser usado em toda a área concretada e primordialmente junto às formas, sendo inserido em um ângulo de 90° em relação à superfície do concreto e retirado **logo após o adensamento**, impedindo a formação de vazios junto às barras de transferência. O *Quadro 7* serve apresenta orientações para os tipos de vibradores de imersão adequados a cada tipo de projeto.

Quadro 7: Tipos de vibradores de imersão

Diâmetro (mm)	Frequência (rpm)	Espessura (cm)
25	10.000	Até 10
35	10.000	Entre 10 e 15
45	10.000	Acima de 15

Deve-se tomar especial cuidado com a quantidade de concreto deixado à frente da régua vibratória. O excesso pode provocar deformação superior da régua, formando uma superfície convexa, e a falta pode produzir vazios prejudicando a planicidade (F_F).

4.11.4 ACABAMENTO SUPERFICIAL

O acabamento superficial é formado pela regularização da superfície, e pela texturização do concreto.

4.11.5 REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE

A regularização da superfície do concreto é fundamental para a obtenção de um piso com bom desempenho em termos de planicidade. Deve ser efetuada com ferramenta denominada *rodo de corte*, constituída por uma régua de alumínio ou magnésio, de três metros (ou mais) de comprimento, fixada a um cabo com dispositivo que permita a sua mudança de ângulo, fazendo com que o "rodo" possa cortar o concreto quando vai e volta, ou apenas alisá-lo, quando a régua está plana.

Deve ser aplicado no sentido transversal da concretagem, algum tempo após a concretagem, quando o material está um pouco mais rígido. Seu uso irá reduzir consideravelmente as ondas que a régua vibratória e o sarrafeamento deixaram.

4.11.6 DESEMPENO MECÂNICO DO CONCRETO

O desempenho mecânico do concreto (*floating*) é executado com a finalidade de embeber as partículas dos agregados na pasta de cimento, remover protuberâncias e vales e promover o adensamento superficial do concreto. Para a sua execução, a superfície deverá estar suficientemente rígida e livre da água superficial de exsudação. A operação mecânica pode ser executada quando o concreto suportar o peso de uma pessoa, deixando uma marca entre 2 a 4 mm de profundidade.

4.11.7 ALISAMENTO SUPERFICIAL

O alisamento superficial ou desempenho fino (*troweling*) é executado após o desempenho, para produzir uma superfície densa, lisa e dura. Normalmente são necessárias duas ou mais operações para garantir o resultado final, dando tempo para que o concreto possa gradativamente enrijecer-se.

O equipamento deve ser o mesmo empregado no desempenho mecânico, com a diferença de que as lâminas são mais finas, com cerca de 150 mm de largura. O

alisamento deve iniciar-se na mesma direção do desempenho, mas a segunda passada deve ser transversal a esta, alternando-se nas operações seguintes.

Na primeira passada, a lâmina deve estar absolutamente plana e de preferência empregando-se uma lâmina já usada, que possui os bordos arredondados; nas seguintes deve-se aumentar gradativamente o ângulo de inclinação, de modo que aumente a pressão de contato à medida que o concreto vá ganhando resistência. Não é permitido o lançamento de água a fim de facilitar as operações de acabamento superficial, visto que o procedimento reduz a resistência ao desgaste do concreto.

4.11.8 CURA

A cura do piso pode ser do tipo química ou úmida.

Na cura química deve ser aplicada à base imediatamente após ao acabamento podendo ser esta de PVA, acrílico ou qualquer outro composto capaz de produzir um filme impermeável e que atenda a norma *ASTM C 309*.

É necessário que o filme formado seja estável para garantir a cura complementar do concreto por pelo menos 7 dias. Caso isso não seja possível, deverá ser empregada complementarmente a cura com água, com auxílio de tecidos de cura ou filmes plásticos.

Na cura úmida deverão ser empregados tecidos de algodão (não tingidos) ou sintéticos, que deverão ser mantidos permanentemente úmidos pelo menos até que o concreto tenha alcançado 75% da sua resistência final.

Os filmes plásticos, transparentes ou opacos, popularmente conhecidos por *lona preta*, podem ser empregados como elementos de cura, mas que exigem maior cuidado com a superfície, visto que podem danificá-la na sua colocação. Além disso, por não ficarem firmemente aderidos ao concreto, formam uma câmara de vapor, que condensando pode provocar manchas no concreto.

Nota importante: Caso esteja sendo previsto algum tipo de revestimento no piso, como o epóxi, a cura química não deverá ser empregada.

4.11.9 SERRAGEM DAS JUNTAS

As juntas tipo *serradas* deverão ser cortadas logo após o concreto tenha resistência suficiente para não se desagregar, devendo obedecer à ordem cronológica do lançamento.

As juntas tipo *construção* (formação do reservatório do selante), só poderão ser serradas quando for visível o deslocamento entre as placas adjacentes.

Importante: Logo após o corte das juntas, remover completamente a nata de cimento gerada pela operação do corte.

4.11.10 SELAGEM DAS JUNTAS

A selagem das juntas deverá ser feita quando o concreto atingir pelo menos 70% de sua retração final.

Pode-se executar um tratamento provisório selando as juntas com mastique de poliuretano (dureza shore A = 30 ±5), caso necessite utilizar a área antes do tempo previsto para o tratamento definitivo. Deve-se, porém tratar as juntas conforme o projeto logo que a retração atingir os 70% de seu valor máximo.

5 CONTROLE DE EXECUÇÃO

5.1 Ensaios e especificações para controle de execução:

Subleito			
Ensaio	Especificação	Frequência	Norma
CBR	$\geq 8\%$	1 a cada 1000m ²	NBR 9895/87
Expansão	$\leq 2\%$	1 a cada 1000m ²	NBR 9895/87
Densidade em laborat.	Aferida no laboratório	1 a cada 1000m ²	NBR 7182/86
Grau de compactação	$\geq 98\%$ PN	1 a cada 1000m ²	NBR 9813/87 NBR 12102/91 NBR 7185/86
Taxa no solo	$\geq 3,0$ kg/cm ²	(*)	

(*) Apenas para os pisos armados com vergalhões (piso calculado para patolamento de guindaste)

Reforço do subleito (Caso necessário)			
Ensaio	Especificação	Frequência	Norma
CBR	$\geq 10\%$	1 a cada 1000m ²	NBR 9895/87
Expansão	$\leq 2\%$	1 a cada 1000m ²	NBR 9895/87
Densidade em laborat.	Aferida no laboratório	1 a cada 1000m ²	NBR 7182/86
Grau de compactação	$\geq 98\%$ PN	1 a cada 1000m ²	NBR 9813/87 NBR 12102/91 NBR 7185/86
Taxa no solo	$\geq 3,0$ kg/cm ²	(*)	

(*) Apenas para os pisos armados com vergalhões (piso calculado para patolamento de guindaste)

Sub-base (BGS)			
Ensaio	Especificação	Frequência	Norma
Granulometria	Faixa A	1 a cada 200m ³	DNIT 141/10-ES
Densidade em laborat.	Aferida no laboratório	1 a cada 1000m ²	NBR 7182/86
Grau de compactação	≥ 100% PM	1 a cada 1000m ²	NBR 9813/87 NBR 12102/91 NBR 7185/86
Espessura	Máx. variação ± 10%		
Planicidade	Entre +5 mm e -10 mm		

Sub-base (Concreto Magro)			
Ensaio	Especificação	Frequência	Norma
Espessura	Máx. variação ± 10%		
Planicidade	Entre +5 mm e -10 mm		

Fôrmas			
Ensaio	Especificação	Frequência	Norma
Alinhamento das fôrmas	± 3 mm a cada 5,0 m	Após colocação das fôrmas	Medição local

Armadura			
Ensaio	Especificação	Frequência	Norma
Posicionamento da tela	± 10 mm da posição projetada	Verificar toda a faixa a ser concretada	Medição local
Espaçamento entre barras de transf.	Máx. variação da posição projetada ± 25 mm no plano horizontal	Verificar todas as juntas	Medição local

Placa de concreto			
Ensaio	Especificação	Frequência	Norma
Espessura da placa	- 5 mm e + 10 mm	Em toda faixa a ser concretada	Medição local
Abatimento	100 a 120 mm	Todos os caminhões	NBR NM 67/98
Resistência à compressão	$\geq 35,0$ MPa	1 exemplar (2 cp`s) a cada caminhão	NBR 5739/07
Teor de ar incorporado	$\leq 3\%$	1 ensaio na faixa-teste	NBR NM 47/02
Exsudação	$\leq 4\%$	1 ensaio na faixa-teste	NBR 15558/08
Retração	≤ 450 $\mu\text{m}/\text{m}$	1 exemplar (3 cp`s) na faixa teste (*)	NBR 16834/20
Diferencial de temperatura entre conc. e ambiente (durante lançamento)	$\leq 15^{\circ}\text{C}$	Todos os caminhões	
Taxa de evaporação	$\leq 0,5$ Kg/m ² /h	Ao longo da concretagem	Medição local

(*) E a cada vez que houver mudança de material na composição do concreto

Corte das juntas			
Ensaio	Especificação	Frequência	Norma
Profundidade do corte	± 5 mm da profundidade do projeto	Após a execução de cada corte	Medição local

Requisitos superficiais			
Ensaio	Especificação	Frequência	Norma
Acabamento externo	Camurçado	Após a execução de cada faixa	Identificação visual
Índice de Planicidade (*)	FF global ≥ 25	Após a execução de cada faixa	ASTM E-1155/96
Resistência à abrasão	Classe B		NBR 11801/12

(*) É recomendável que as primeiras medições dos *F-Numbers* (FF) sejam realizadas dentro do período máximo de 72 horas após a concretagem, conforme orientação da norma.

Importante: Antes da inicialização das concretagens, recomendamos a realização dos seguintes procedimentos:

1. A rodagem do traço em laboratório, para verificação das características reais deste concreto, sejam elas:
 - Abatimento;
 - Perda de abatimento com o tempo (simulando-se o percurso do caminhão betoneira até a obra e o tempo de concretagem)
 - Teor de ar incorporado;
 - Exsudação;
 - Retração;
 - Tempo de início de pega;
 - Evolução das resistências.

2. Realização de reunião técnica entre os envolvidos da obra, para planejar e alinhar as informações relacionadas à execução.

3. Após a reunião técnica, seja executada uma faixa-teste, se possível englobando uma junta serrada. Isto tem como objetivo avaliar:
 - O tempo de início de pega do concreto;

- A exsudação;
- A qualidade do acabamento;
- Demais procedimentos, correlacionados com os materiais ou com a mão de obra, que possam prejudicar a qualidade esperada para o piso.

6 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Para se assegurar a durabilidade da estrutura do piso é necessário atender os limites impostos em projeto, especificações e recomendações deste memorial, bem como a execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais. O piso em concreto é um elemento estrutural, estético, e também funcional que interfere na operação da edificação, e que apresenta a vantagem de demandar pouca manutenção. Contudo deve-se prever a manutenção dos seguintes aspectos: material de preenchimento das juntas e limpeza do piso conforme os itens abaixo.

6.1 MATERIAL DE PREENCHIMENTO DAS JUNTAS

Como o material de tratamento das juntas tem uma vida útil, normalmente estipulada pelo seu fornecedor, recomendamos prever um programa de inspeção anual para avaliar se existe algum ponto que necessita ser refeito ou necessita de algum tratamento específico. É recomendado também prever um plano de troca do material das juntas a cada 5 anos, ou conforme a garantia estabelecida pelo fornecedor do sistema de juntas.

6.2 LIMPEZA DO PISO

A limpeza do piso deverá ser feita apenas por produtos neutros, jamais devendo utilizar produtos ácidos ou básicos. Produtos ácidos ou extremamente alcalinos reagem com a superfície do concreto comprometendo seu acabamento e

podendo, inclusive, impactar em sua resistência superficial à abrasão, permitindo a formação de pó e perda de material superficial que poderá, em curto período, comprometer a funcionalidade e a durabilidade do piso. Após a limpeza com detergentes (neutros), é necessária uma segunda limpeza utilizando apenas água.

7 MEMÓRIA DE CÁLCULO

O Projeto Executivo adota uniformização da solução para as áreas de patolamento dos MHCs e trânsito geral. Adota, também, pavimento de concreto em placas de dimensões **de até 8,00m** e espessura de 28,0cm sobre base de BGS com espessura de 30cm.

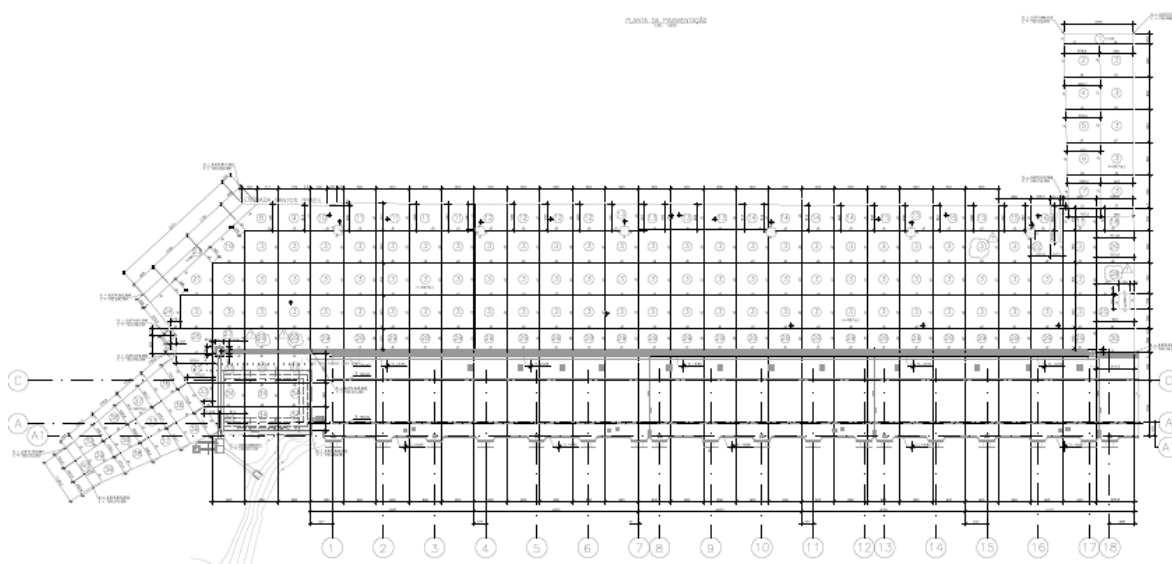


Figura 2 - Paginação da pavimentação

7.1 MEMÓRIA DE CÁLCULO

O índice de resistência do solo “k” foi estimado conforme correlações dos resultados de 6 ensaios CBR no subleito (abaixo) e a sub-base adotada:

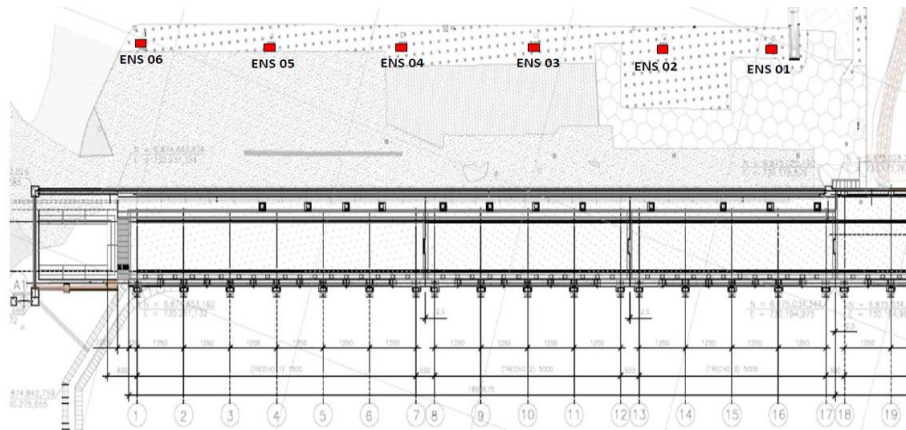
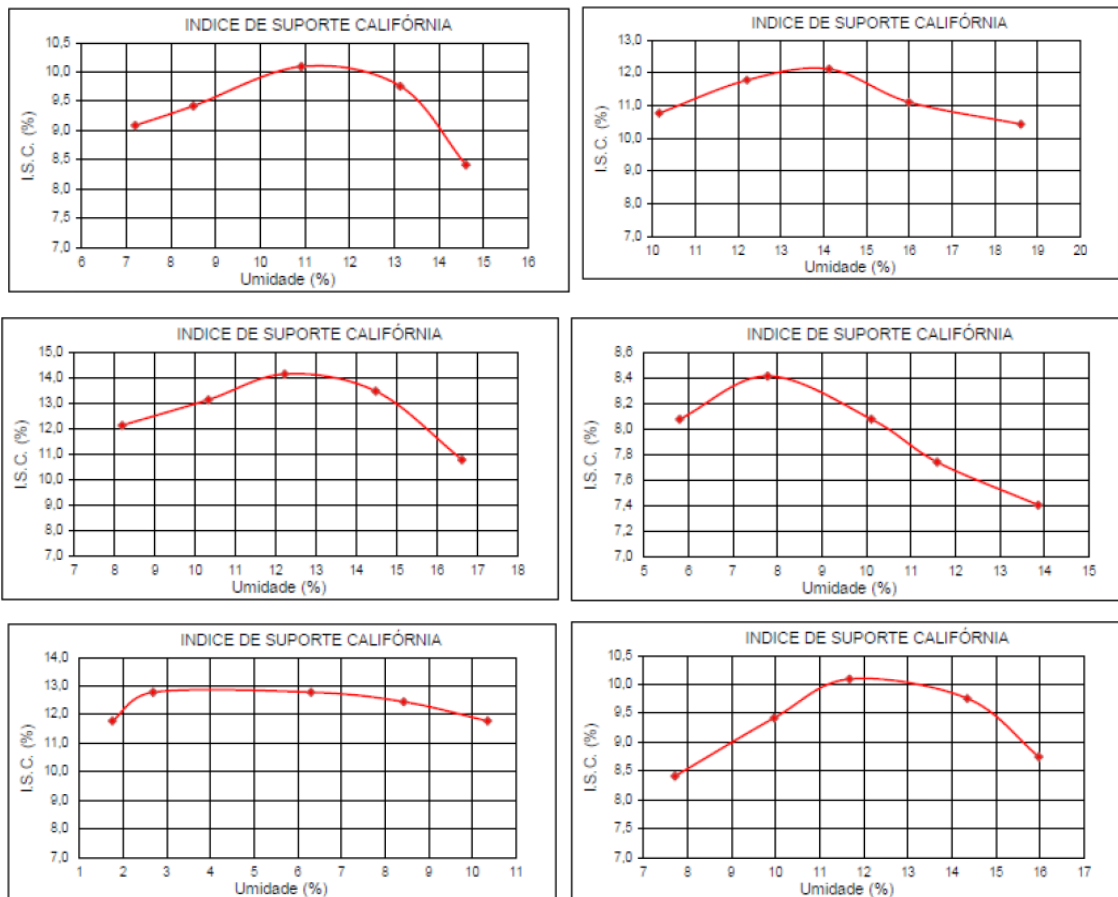


Figura 3 - Localização dos Ensaios

Os valores de ISC (CBR) variaram entre 8,4% e 14,1% , com média de 11,2% indicando subleito com capacidades dentro do esperado inicialmente.



7.1 ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE RECALQUE k

O Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT sugere o aumento do valor de k conforme relação entre o valor de CBR e a espessura do sub-leito (neste caso, em Brita Graduada Simples) a partir do seguinte ábaco.

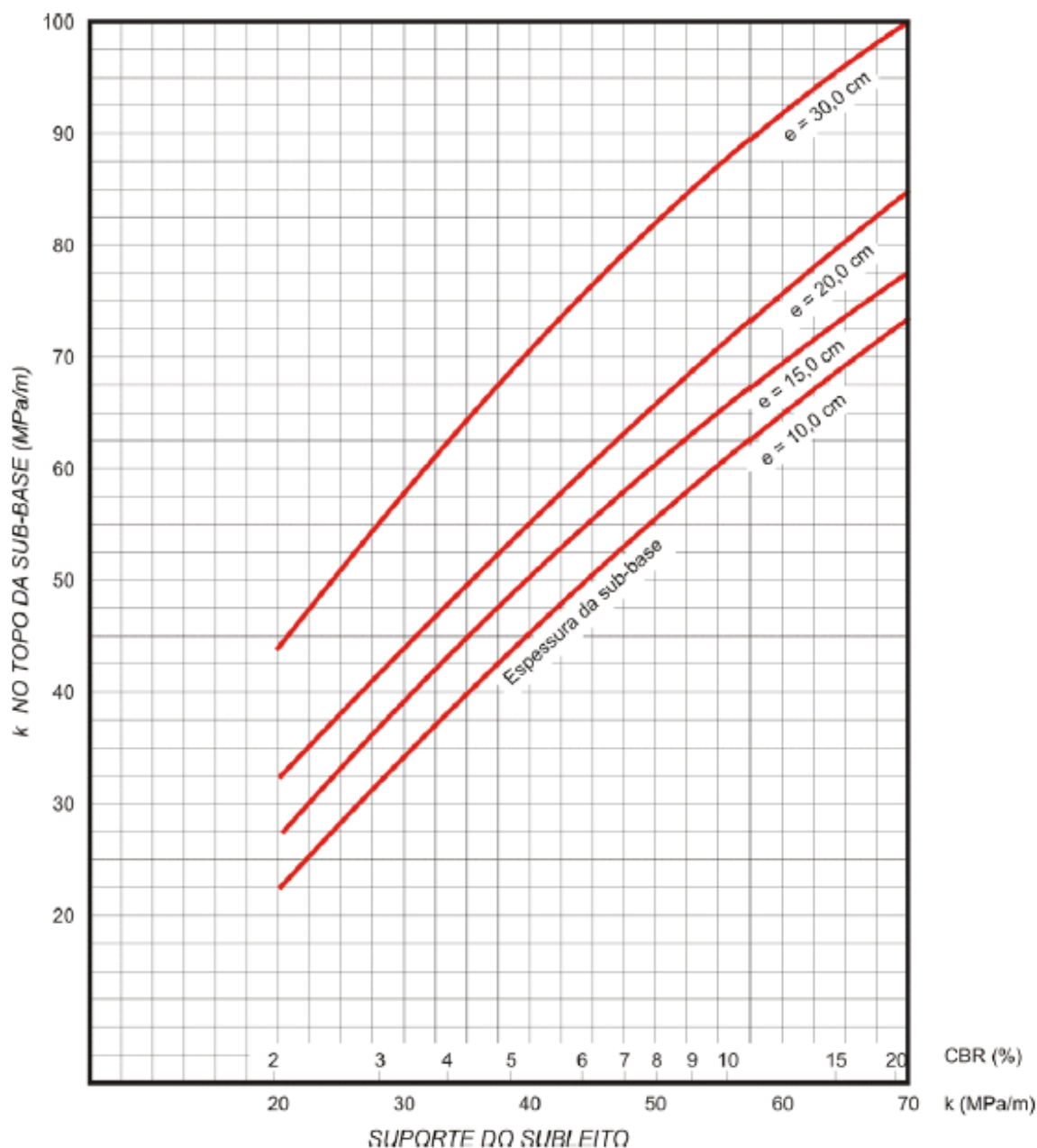


Figura 4 - Aumento de k devido à presença de sub-base granular

Para CBR = 11%, o coeficiente do sub-leito se apresenta por volta de 58 MPa/m, entretanto, a presença de sub-leito em BGS com espessura de 30cm eleva o valor de k abaixo do pavimento para 90 MPa/m.

7.2 CARGAS ATUANTES

7.2.1 MHC

Foram consideradas duas condições críticas de esforços no pavimento da retroárea sendo a carga de tráfego do guindaste e a carga devido ao patolamento do MHC mais carregado – HMK 6407.

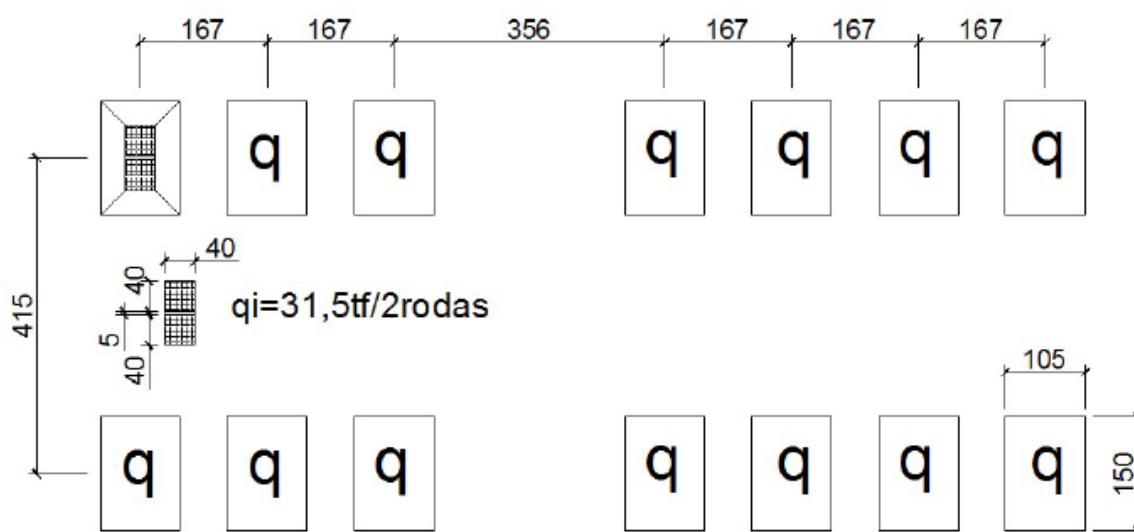


Figura 5 - Configuração do MHC em trânsito

Crane in Operation:

Maximum propping forces [Heavy load - 75%]

Boom Position	I	II	III
Load:	100,0 t	96,0 t	96,0 t
Radius:	24 m	25 m	25 m
Stabilizer pad loading:	210,7 t	249,6 t	219,9 t
Pad(s) on which load is exerted:	A, D	A	A, B
Stabilizer Pad Area:	9,00 m ²	9,00 m ²	9,00 m ²
Ground Pressure :	2,34 kg/cm ²	2,77 kg/cm ²	2,44 kg/cm ²

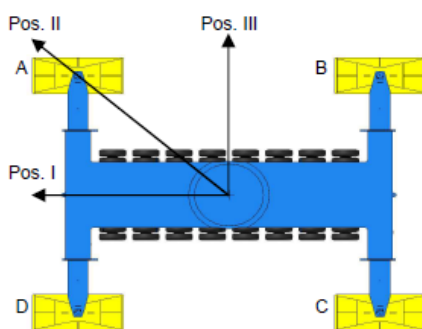


Figure 2: Determination of boom and pad position *

Área por PAD = 2,00m x 4,50m = 9,00 m²

- Caso 1: MHC trabalhando à 0 ou 90 graus;

Carga total dividida pelos PADs frontais ou laterais:

520,00/2= 260,00 tf; Carga por área 260,00/9,00 = **29 tf/m²**

- Caso 2: MHC trabalhando à 45 graus

PAD toma 60% da carga máxima:

520,00tf x 0,60= 312,00 tf; Carga por área = 312,00/9,00 = **35,00 tf/m²**

7.2.2 AÇÕES AMBIENTAIS

Foi considerado um gradiente de temperatura de $\pm 10^\circ \text{C}$.

7.3 ANÁLISE ESTRUTURAL

Para o dimensionamento do pavimento foi executado modelo em elementos finitos através do software SAP2000 v24, aplicando as cargas citadas acima em diferentes posições críticas e com a adoção de coeficiente de reação $k = 90.000 \text{ kN/m}^2$.

Das análises, resultou a necessidade de reforço das entradas para a retroárea considerando o tráfego do MHC de projeto. Este reforço foi feito através de placas mais esbeltas, com altura de 50cm para que haja melhor distribuição das tensões nos elementos do pavimento.

Foram feitas ligações entre as placas simulando as barras de transferência.

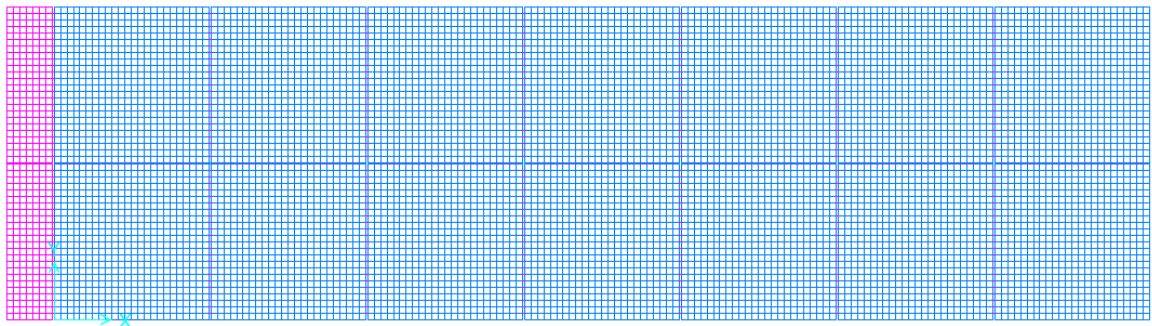


Figura 6 - Modelo de Cálculo

S Shell Section Data

Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Type

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

Thickness

Membrane:

Bending:

Material

Material Name: 5000Psi

Material Angle:

Time Dependent Properties

Concrete Shell Section Design Parameters

Stiffness Modifiers

Temp Dependent Properties

S Shell Section Data

Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Type

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

Thickness

Membrane:

Bending:

Material

Material Name: 5000Psi

Material Angle:

Time Dependent Properties

Concrete Shell Section Design Parameters

Stiffness Modifiers

Temp Dependent Properties

Figura 7 - Propriedades das seções de placas - 28cm e 50cm

Section Property	
Section Name	PLACA 28
Section Type	Shell (Shell-Thin)
Property Modifiers	None
Material Overwrite	None
Thickness Overwrite	None
Joint Offset Overwrite	None
Local Axes	Default
Area Spring	
Spring Type	Simple
Stiffness/Length ²	90000,
Springs Resists	Compression Only
Spring Tension Dir Type	Normal To Face
Face	Top

Figura 8 - Aplicação de coeficiente de reação $k = 90.000 \text{ kN/m}^2$

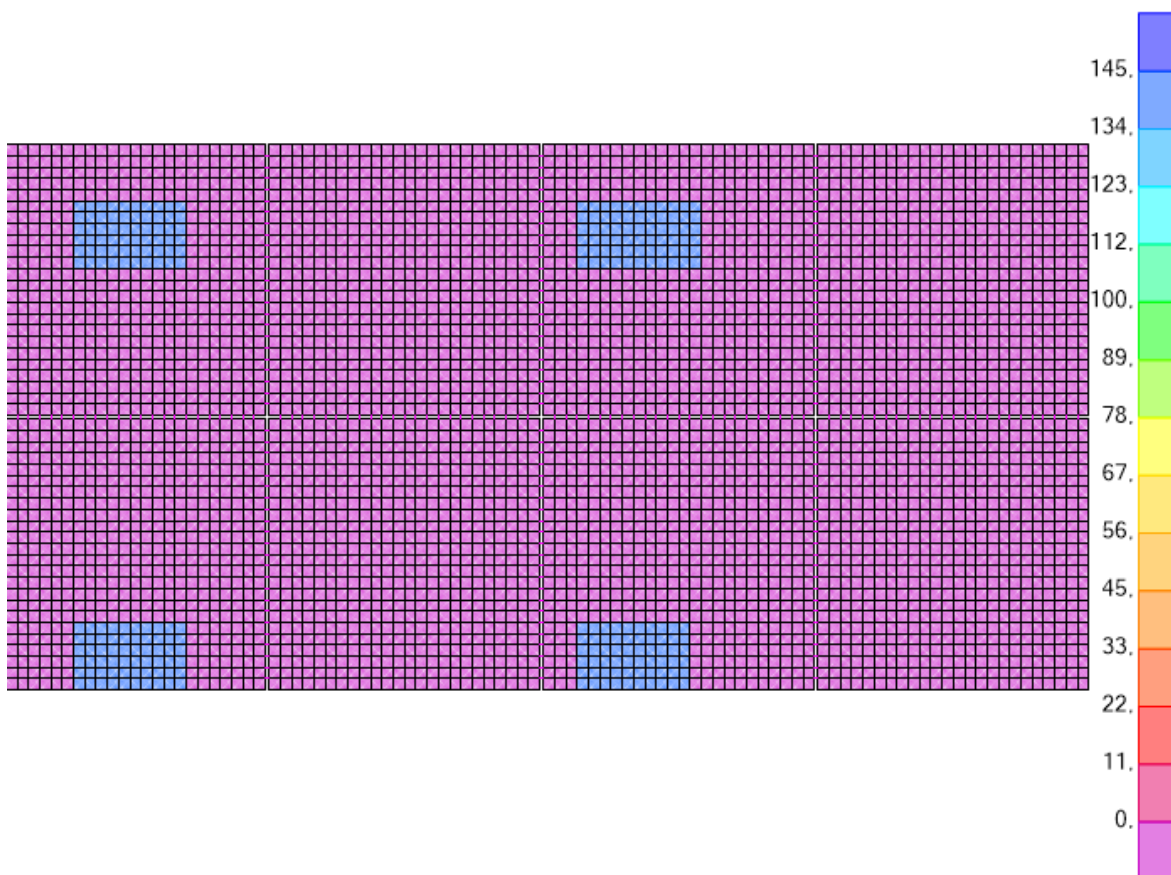


Figura 9 - Aplicação de carga de patolamento

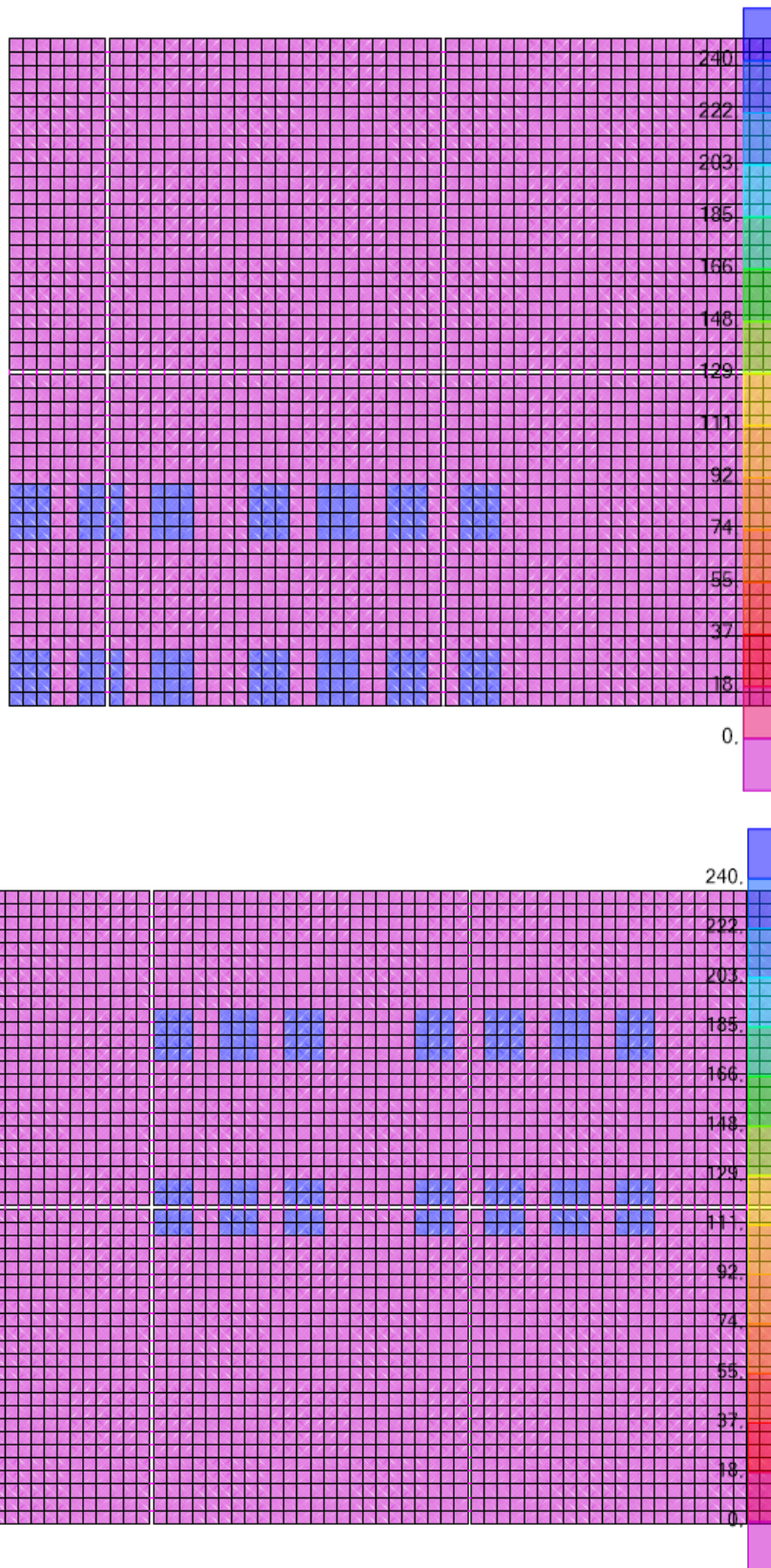


Figura 10 - Aplicações de carga de MHC em trânsito

7.3.1 RESULTADOS DA ANÁLISE

Foram incluídas combinações de carga com as cargas citadas acima além das variações de temperatura e peso próprio. Os esforços mais críticos foram observados com a passagem do MHC em diferentes pontos.

Os diagramas são indicados abaixo:

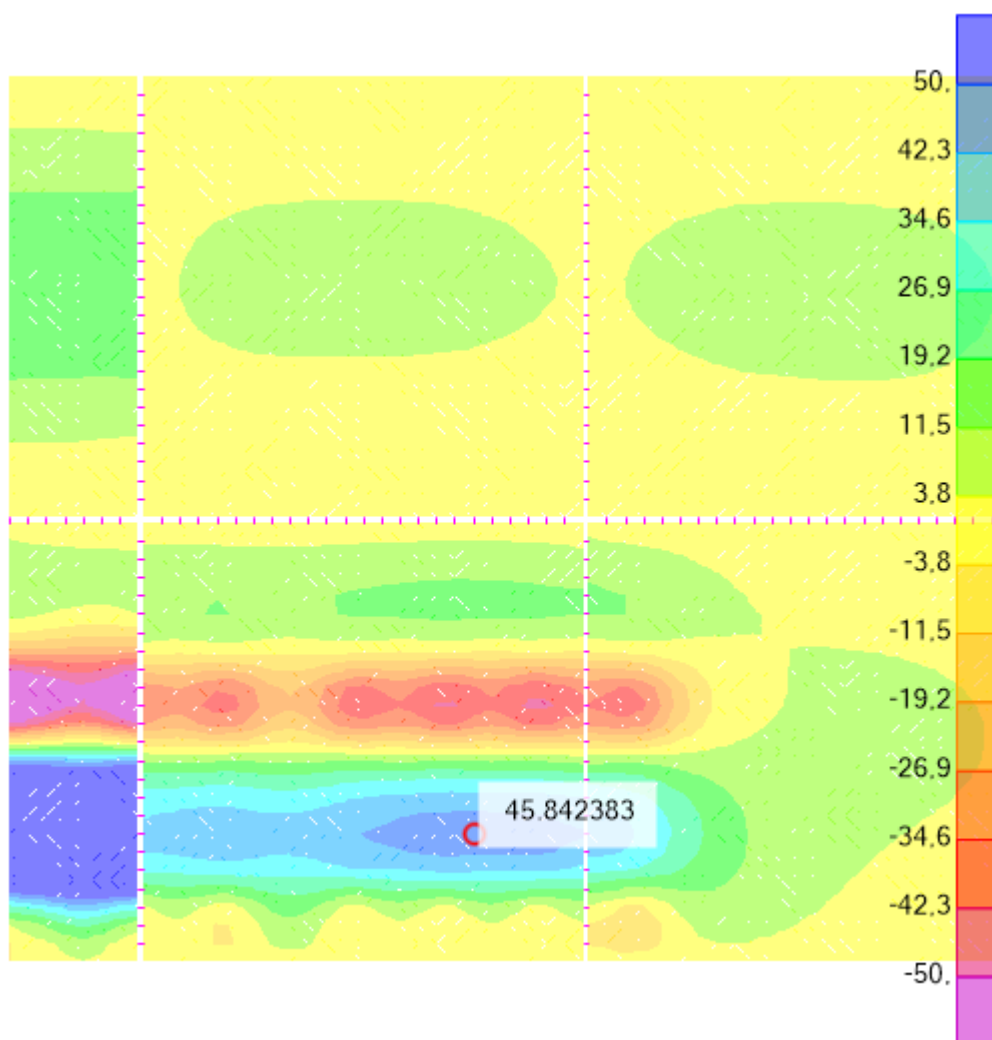


Figura 11 - Momentos Fletores máximos negativos – $M = 45,8 \text{ kNm/m}$ (LAJE $e=28\text{cm}$)

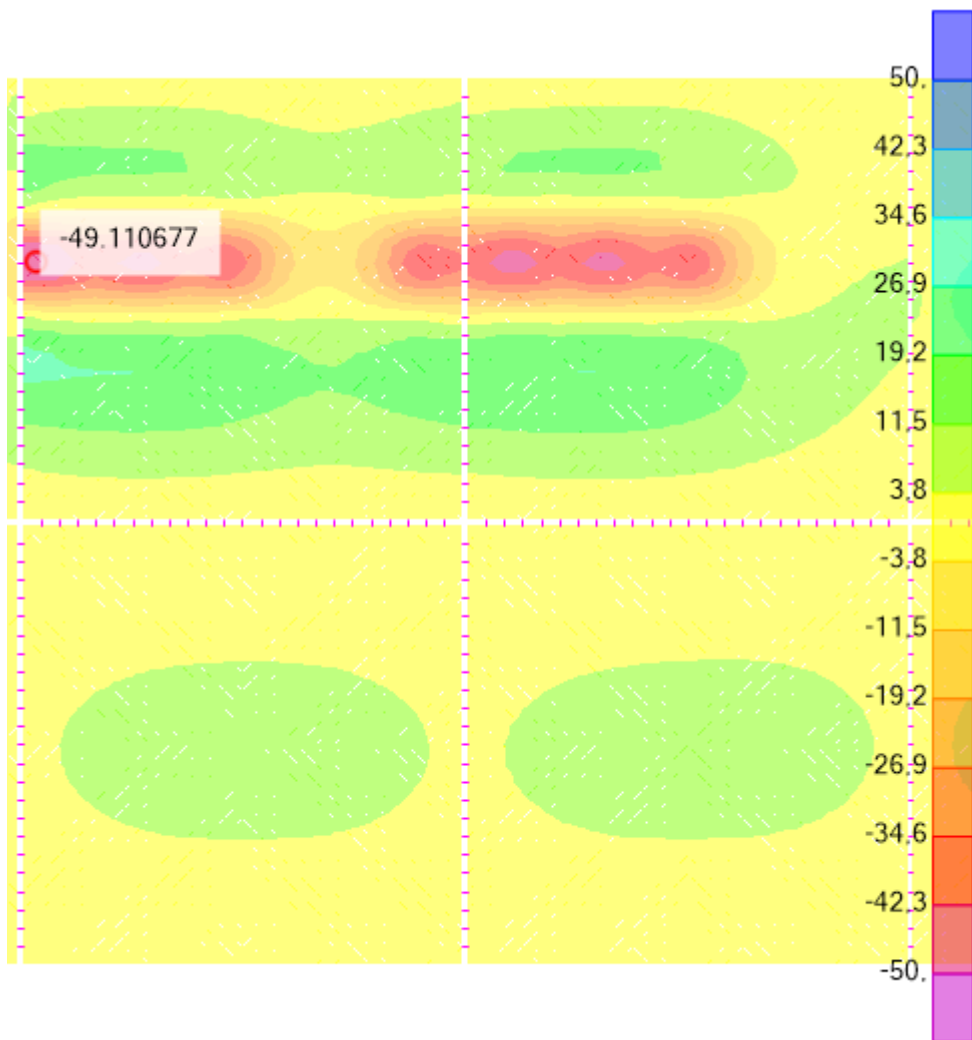


Figura 12 - Momentos Fletores máximos positivos – $M = 49,1 \text{ kNm/m}$ (LAJE $e=28\text{cm}$)

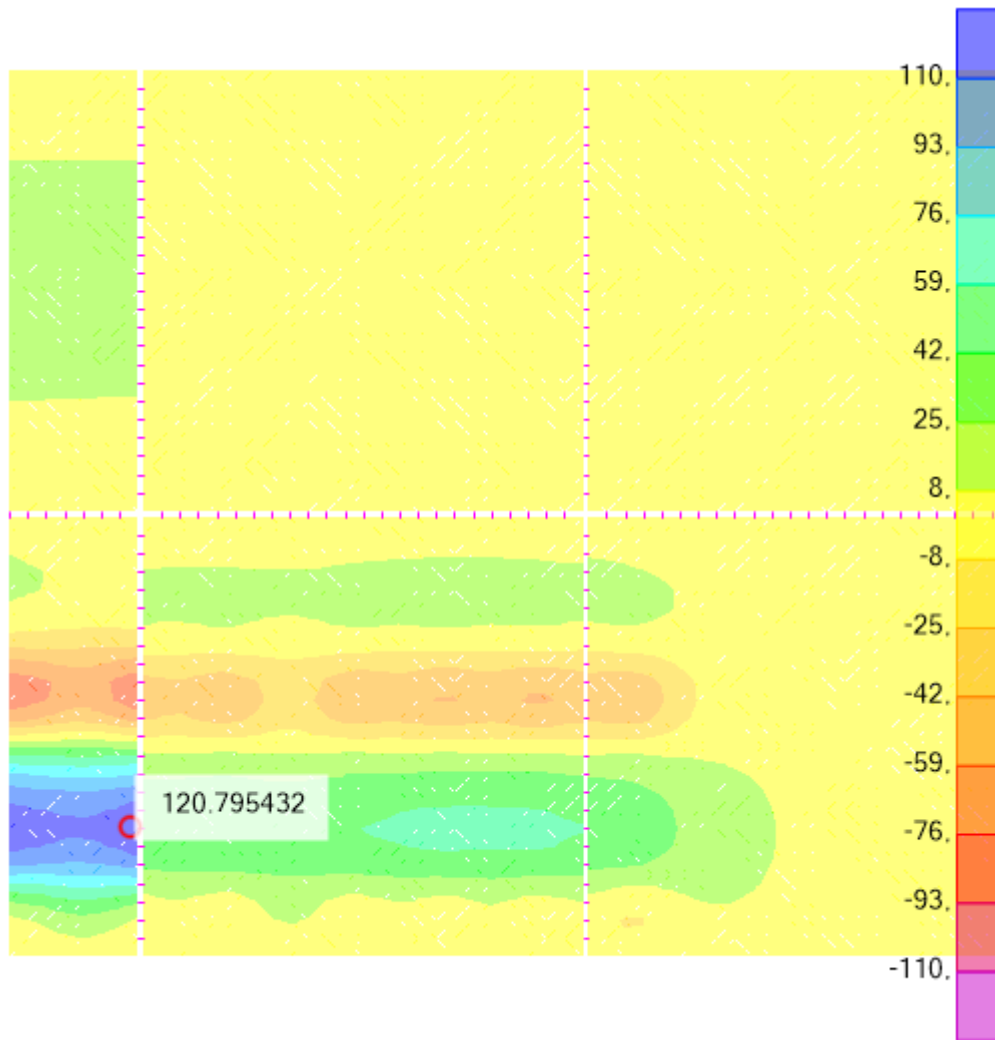


Figura 13 - Momentos Fletores máximos negativos – $M = 120,8 \text{ kNm/m}$ (REFORÇO $e=50\text{cm}$)

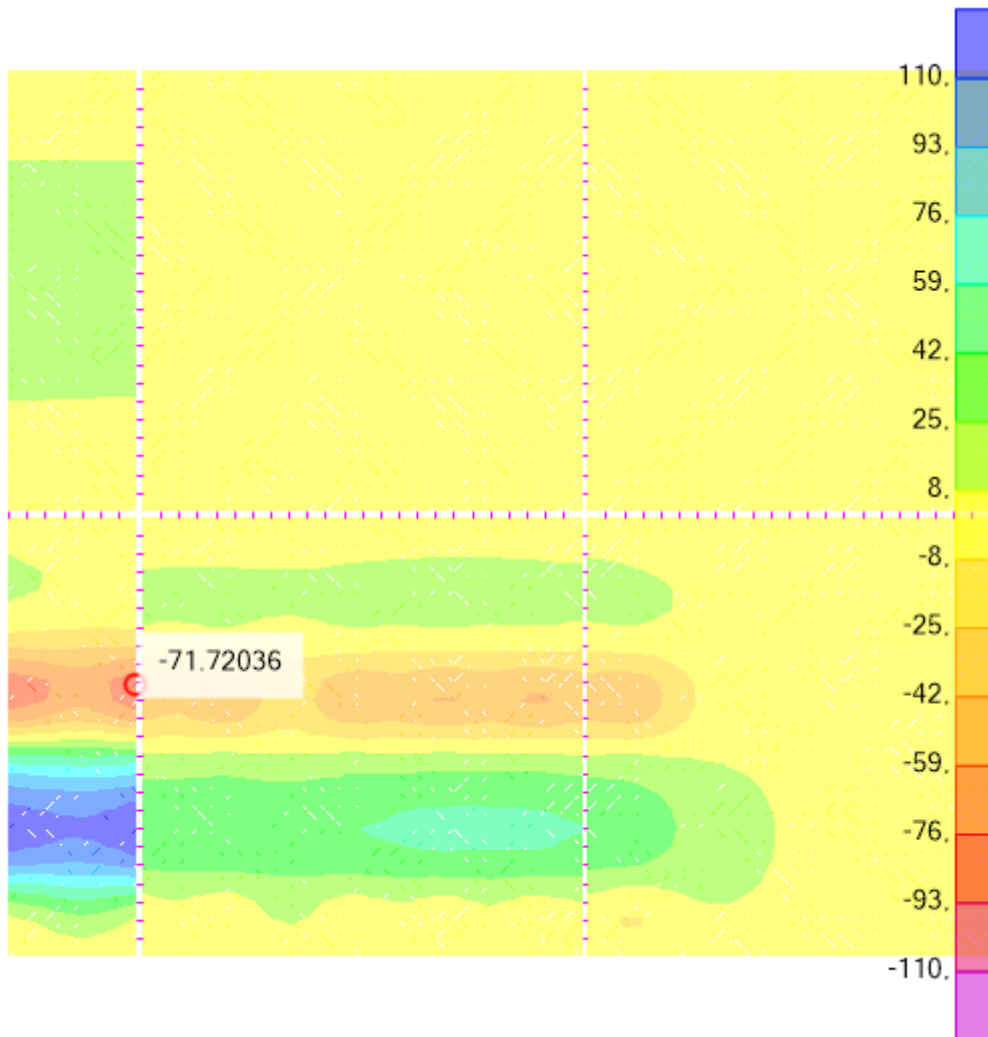


Figura 14 - Momentos Fletores máximos positivos – $M = 71,7 \text{ kNm/m}$ (REFORÇO $e=50\text{cm}$)

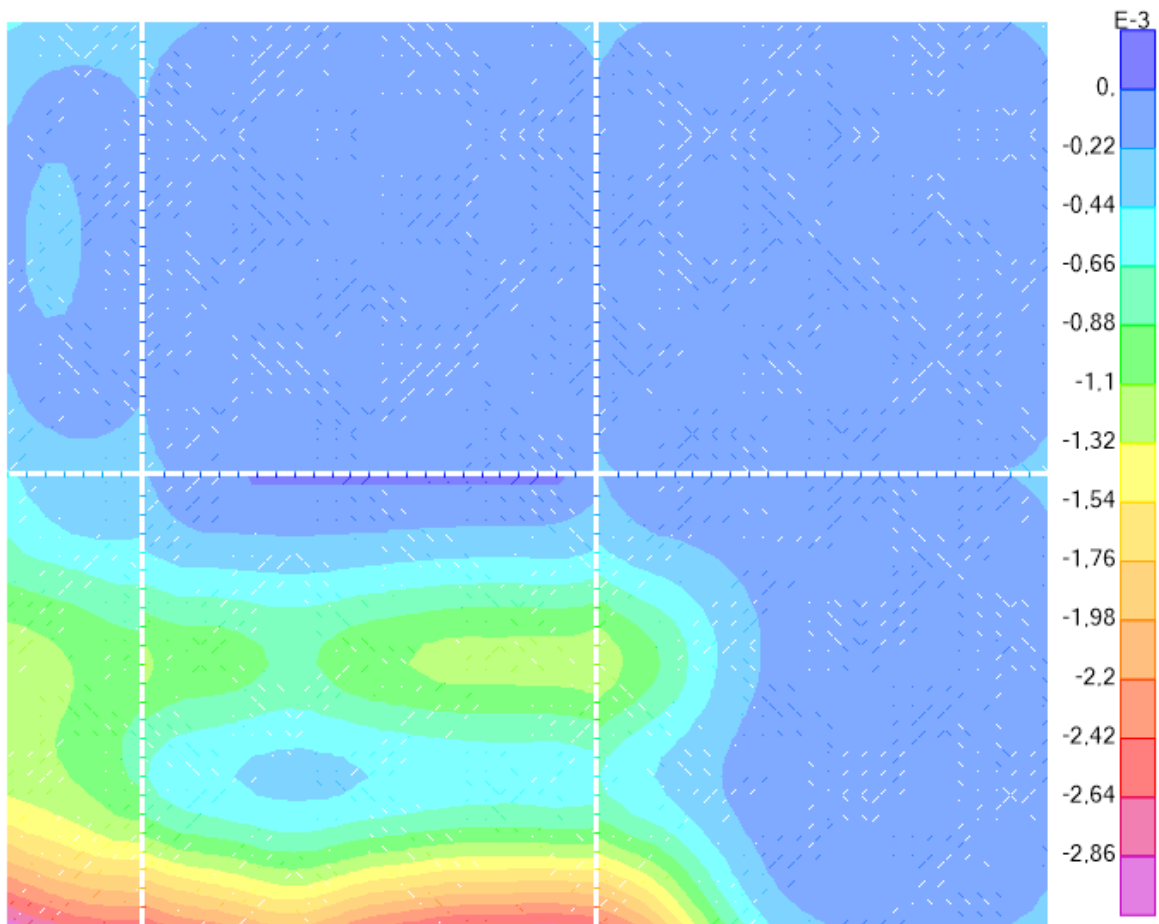


Figura 15 - Deformação máxima no pavimento = 2,86 mm

7.3.2 VERIFICAÇÃO DAS ARMADURAS

Foram adotadas telas soldadas tipo Q-503 (CA60 - $\phi 8\text{mm}$ @10cm).

7.3.2.1 LAJE e=28cm

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO - LAJE

CRITÉRIOS DA NBR6118-14

Md = 46 kN.m

PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

fck = 35 Mpa

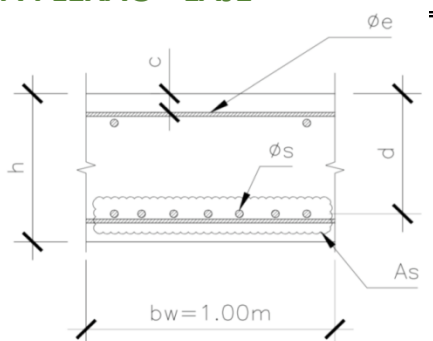
fyk = 600 Mpa

GEOMETRIA DA SEÇÃO

bw = 100 cm

h = 28 cm

d = 21,8 cm



ARMADURA

c = 5 cm

phi_s = 0,80 cm

phi_e = 0,80 cm

Delta = 0,00 cm

CÁLCULO

k_{md} = 0,038

k_x = 0,058

k_z = 0,977

ARMADURA DE FLEXÃO:

As,necessária = 4,1 cm²/m

As,mínima = 4,2 cm²/m

As,requerida = 4,2 cm²/m

ARMADURA ADOTADA EM PROJETO

phi_s = 0,80 cm

nº = 10,0 unid.

As,1 = 5,0 cm²/m

phi_s = 0,00 cm

nº = 0 unid

As,2 = 0,0 cm²/m

As,adotada = 5,0 cm²

VERIFICAÇÃO

As,adotada ≥ As,requerida

OK!

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO - LAJE

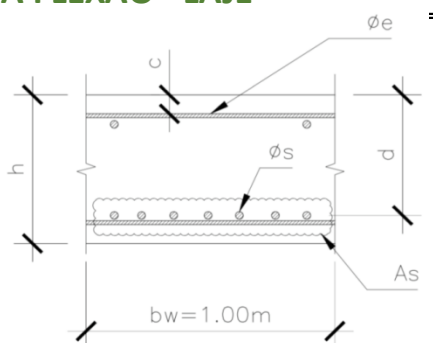
CRITÉRIOS DA NBR6118-14

Md = 49 kN.m

PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

fck = 35 Mpa

fyk = 600 Mpa



GEOMETRIA DA SEÇÃO

bw = 100 cm

h = 28 cm

d = 23,8 cm

ARMADURA

c = 3 cm

phi_s = 0,80 cm

phi_e = 0,80 cm

Delta = 0,00 cm

CÁLCULO

k_{md} = 0,035

k_x = 0,052

k_z = 0,979

ARMADURA DE FLEXÃO:

As,necessária = 4,0 cm²/m

As,mínima = 4,2 cm²/m

As,requerida = 4,2 cm²/m

ARMADURA ADOTADA EM PROJETO

phi_s = 0,80 cm

nº = 10,0 unid.

As,1 = 5,0 cm²/m

phi_s = 0,00 cm

nº = 0 unid

As,2 = 0,0 cm²/m

As,adotada = 5,0 cm²

VERIFICAÇÃO

As,adotada ≥ As,requerida

OK!

7.3.2.2 REFORÇO e=50cm

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO

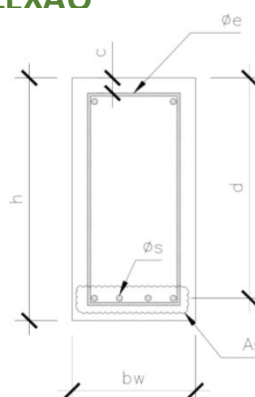
CRITÉRIOS DA NBR6118-14

Md = 120,8 kN.m

PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

fck = 35 Mpa

fyk = 600 Mpa



GEOMETRIA DA SEÇÃO

bw = 245 cm

h = 50 cm

d = 33,67 cm

ARMADURA

c = 5 cm

phi_s = 0,80 cm

phi_e = 0,80 cm

Delta = 10,13 cm

CÁLCULO

k_{md} = 0,017

k_x = 0,026

k_z = 0,990

ARMADURA DE FLEXÃO:

As,necessária = 6,9 cm²

As,mínima = 18,4 cm²

As,requerida = 18,4 cm²

ARMADURA ADOTADA EM PROJETO

phi_s = 0,80 cm

unid = 25

As,1 = 12,6 cm²/m

phi_s = 1,25 cm

unid = 5

As,2 = 6,1 cm²/m

As,adotada = 18,7 cm²

VERIFICAÇÃO

As,adotada ≥ As,requerida

OK!

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO

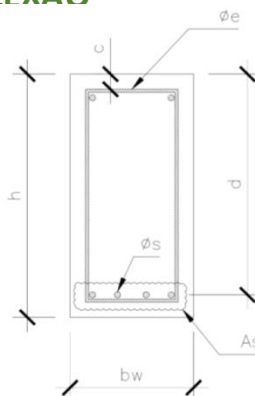
CRITÉRIOS DA NBR6118-14

Md = 71,7 kN.m

PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

fck = 35 Mpa

fyk = 600 Mpa



GEOMETRIA DA SEÇÃO

bw = 245 cm

h = 50 cm

d = 33,67 cm

ARMADURA

c = 5 cm

phi_s = 0,80 cm

phi_e = 0,80 cm

Delta = 10,13 cm

CÁLCULO

k_{md} = 0,010

k_x = 0,015

k_z = 0,994

ARMADURA DE FLEXÃO:

As,necessária = 4,1 cm²

As,mínima = 18,4 cm²

As,requerida = 18,4 cm²

ARMADURA ADOTADA EM PROJETO

phi_s = 0,80 cm

unid = 25

As,1 = 12,6 cm²/m

phi_s = 1,25 cm

unid = 5

As,2 = 6,1 cm²/m

As,adotada = 18,7 cm²

VERIFICAÇÃO

As,adotada ≥ As,requerida

OK!