



---

## MANUAL TÉCNICO

# FUNDAÇÃO PARA CONTÊINERES

## **EQUIPE TÉCNICA**

Lorrany Gasel – Arquiteta e Urbanista

Maria Júlia – Arquiteta e Urbanista

Marcos Costa – Engenheiro Civil

George Luiz – Engenheiro Civil

Richardson Campos – Engenheiro Civil

Roberta Madeiro – Engenheira Civil

Ivana Santos – Engenheiro Civil

Matheus Henrique – Engenheiro Eletricista

Maria Jovita – Técnica em Edificações

Alessandro Póvoa - Técnico em Edificações

Jackson Wanderlei - Técnico em Edificações

Anderson Das Chagas - Técnico em Edificações

**Assunto:** Manual com orientações para a utilização de contêineres.

**Solicitante:** IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis)

**Responsável Técnico:**

George Luiz – Engenheiro Civil

**Data da elaboração:** 27/11/2025

## Sumário

1. OBJETIVO.....	5
2. APLICABILIDADE .....	5
3. INSTALAÇÕES.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4. COBERTURA .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5. FUNDAÇÕES.....	8
6. EXECUÇÃO EM CAMPO – SAPATAS 70X70 E 130X130 .....	11
7. PESO ESTIMADO DAS SAPATAS .....	13
8. DIMENSIONAMENTO.....	14
9. COMPARATIVO E PADRONIZAÇÃO DAS ARMADURAS DAS SAPATAS.....	24
10. DETALHAMENTO .....	27
11. SOLO.....	30
12. CONCLUSÃO.....	32

## 1. OBJETIVO

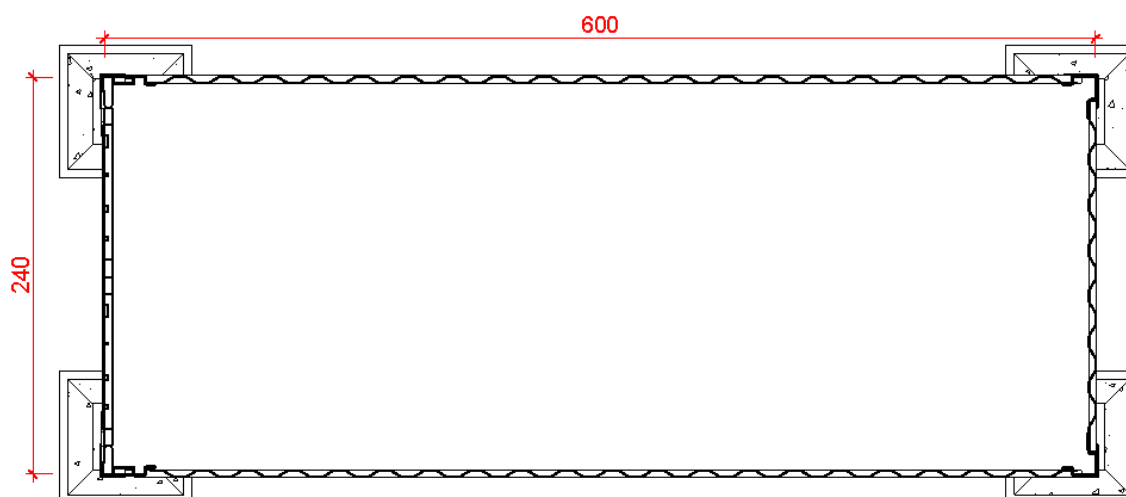
Estabelecer critérios técnicos e recomendações padronizadas para a execução das fundações com sapatas pré-moldadas em concreto armado destinadas ao apoio de módulos metálicos tipo contêiner utilizado na unidade do Centro de Triagem de Animais Silvestres de Cabedelo – CETAS-PB.

O manual define dimensões, critérios de dimensionamento, métodos construtivos e orientações necessárias para a correta instalação das sapatas pré-moldadas, garantindo segurança estrutural, repetibilidade, desempenho adequado e compatibilidade.

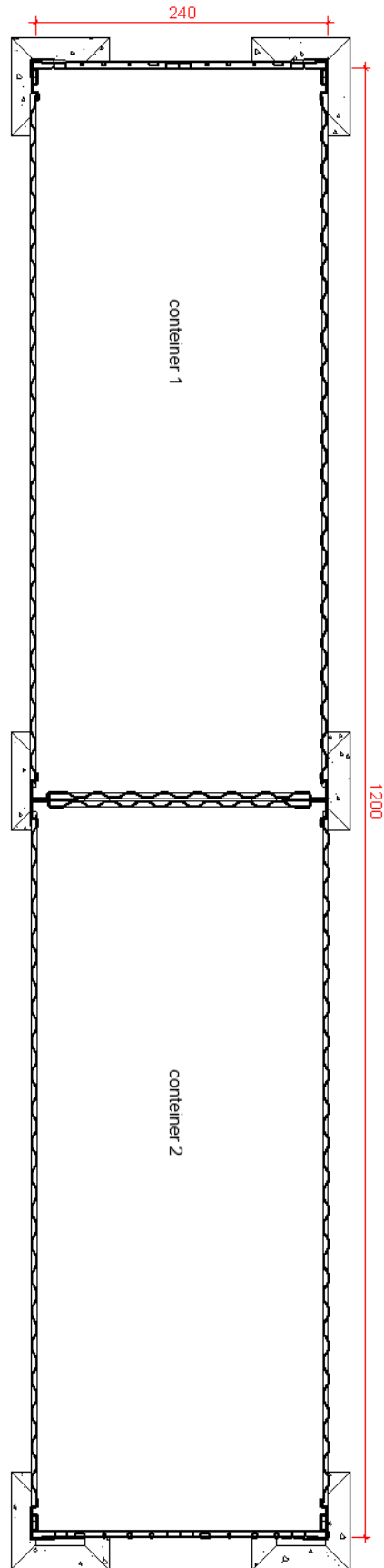
## 2. APLICABILIDADE

Este manual aplica-se às implantações de módulos metálicos tipo contêiner realizadas pelo IBAMA, especialmente na unidade do Centro de Triagem de Animais Silvestres de Cabedelo – CETAS-PB, abrangendo a execução das fundações com sapatas pré-moldadas em concreto armado para 2 contêineres acoplados.

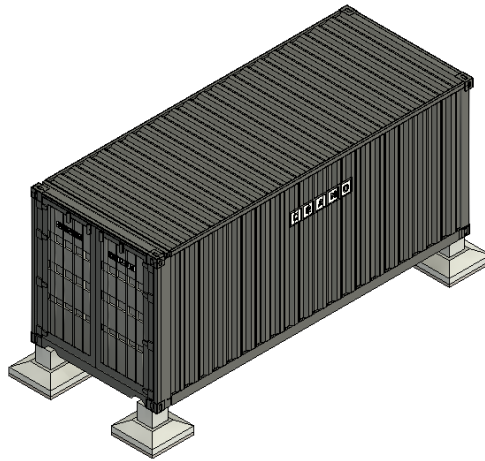
As recomendações aqui apresentadas são aplicadas a contêineres acoplados ou configurações compostas, permitindo que diferentes arranjos adotem padrões construtivos uniformes garantindo a segurança estrutural.



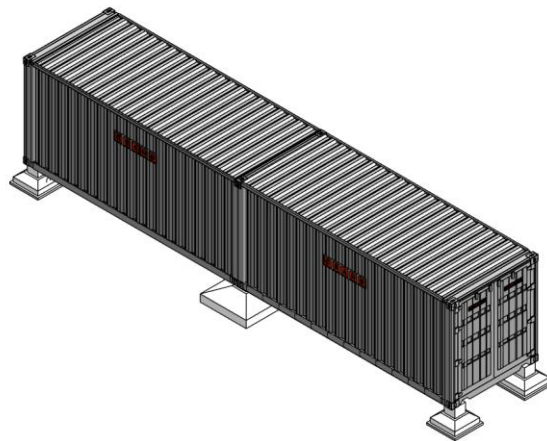
**Imagem 1 – Planta baixa – 1 contêiner**



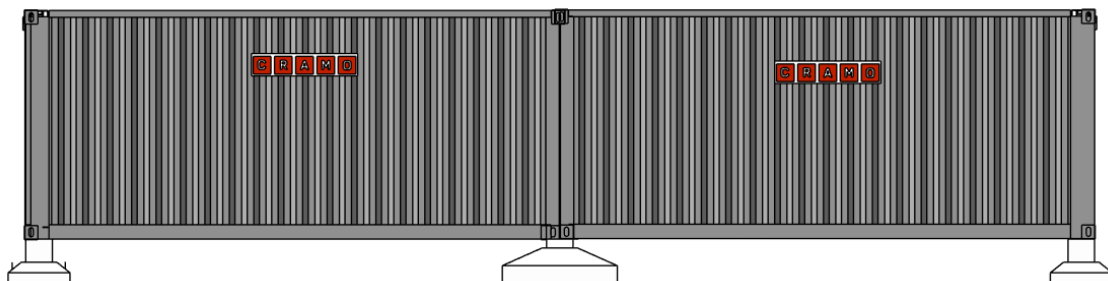
**Imagem 2 – Planta baixa – 2 contêineres**



**Imagem 3 - Modelo 3D de 1 contêiner**



**Imagem 4 - Modelo 3D de 2 contêiner**



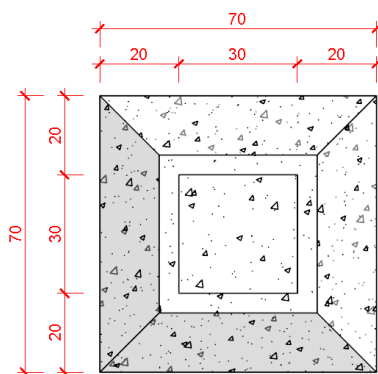
**Imagem 5 - Corte longitudinal de 2 contêineres**

### 3. FUNDAÇÕES

O sistema de fundação proposto é composto por sapatas pré-moldadas tronco-piramidais em concreto armado, apoiadas sobre lastro de concreto magro de 3 a 5 cm de espessura, executado sobre solo previamente compactado. As sapatas foram dimensionadas para resistir às cargas provenientes dos módulos de contêineres metálicos, considerando capacidade máxima de utilização de 250 kg/m<sup>2</sup> e as condições críticas de solo estabelecidas pela NBR 6122:2019.

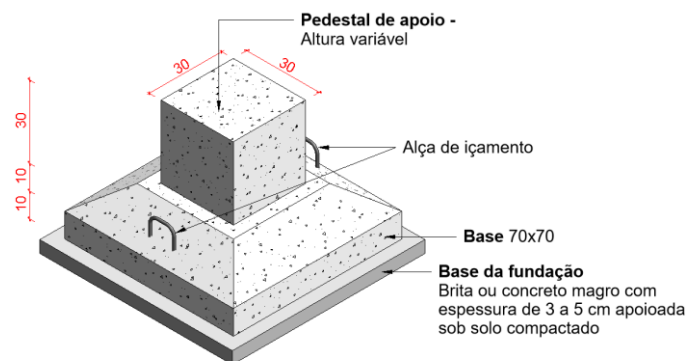
Com base nos cálculos apresentados nas seções seguintes, foram definidos dois modelos distintos de sapatas, de acordo com a posição e o número de contêineres apoiados:

- **Sapata tipo A – 70 × 70 cm:** utilizada nas extremidades do conjunto, totalizando quatro unidades. Cada uma dessas sapatas recebe o apoio de um contêiner, suportando carga de aproximadamente 20,85 kN.

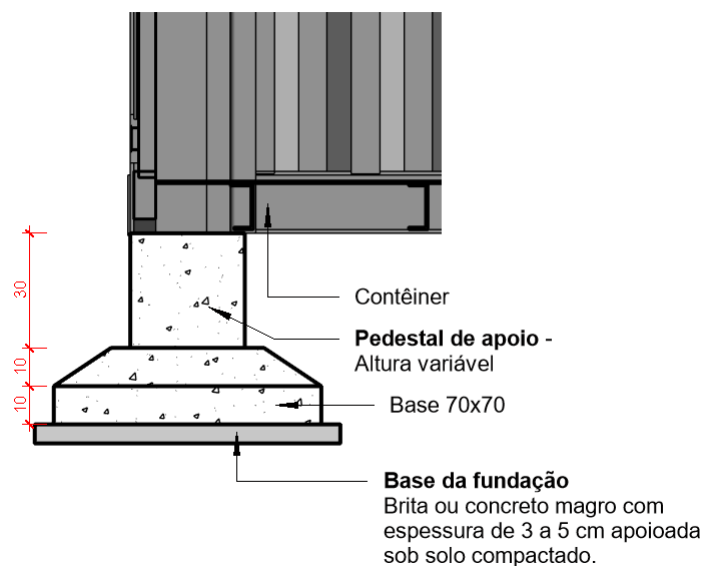


**Imagem 6** - Planta de fôrma - Sapata 70x70



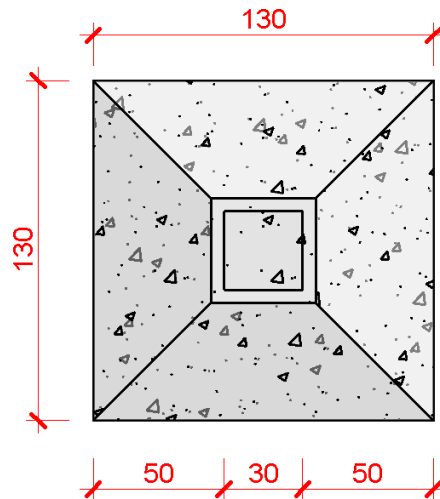


**Imagem 7 - Detalhe isométrico - Fundação 70x70**

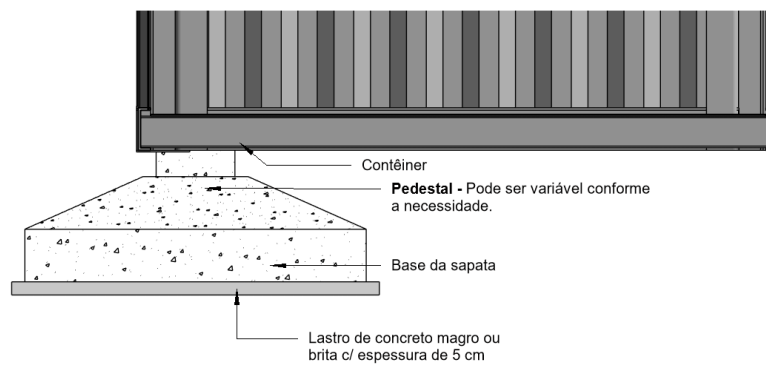


**Imagem 8 - Detalhe transversal - Sapata 70x70**

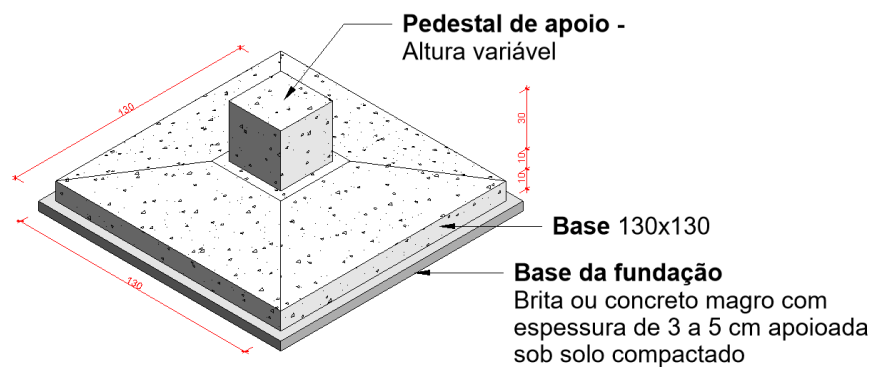
- **Sapata tipo B – 130 × 130 cm:** utilizada nas regiões centrais, totalizando duas unidades. Cada uma dessas sapatas apoia dois contêineres simultaneamente, concentrando a reação combinada de ambos e resistindo a uma carga de aproximadamente 75,85 kN.



**Imagem 4 - Planta de fôrma - Sapata 130x130**



**Imagem 10 - Detalhe transversal - Sapata 130x130**



**Imagem 11 - Detalhe isométrico - Sapata 130x130**

A diferenciação das dimensões foi adotada para garantir equilíbrio entre segurança estrutural e racionalização construtiva, evitando superdimensionamento nas extremidades e assegurando maior capacidade de suporte nas sapatas centrais.

As sapatas apresentam formato tronco-piramidal, com pedestal superior de 30 × 30 cm e altura total variável conforme o desnível do terreno ou necessidade dos usuários tendo em vista que esta altura deverá ser alinhada com a empresa contrata para a confecção da fundação.

Essa configuração geométrica permite melhor distribuição das tensões no solo, maior estabilidade global e facilidade de transporte e instalação em campo, uma vez que as peças podem ser pré-moldadas e reaproveitadas em diferentes implantações.

### 3.3 Materiais

Elemento	Especificação
Concreto	Fck=30 MPa
Aço	CA-50
Cobrimento nominal	40 mm
Lastro de apoio	Concreto magro fck=10Mpa, espessura = 3 a 5 cm

**Tabela 1** - Resumo das especificações dos materiais.

## 4. EXECUÇÃO EM CAMPO – SAPATAS 70X70 E 130X130

A execução das fundações deve seguir as recomendações da NBR 6122:2019 (Projeto e execução de fundações) e da NBR 14931:2024 (Execução de estruturas de concreto).

As sapatas, por se tratar de elementos pré-moldados tronco-piramidais em concreto armado, deverão ser fabricadas e fornecidas por empresa especializada em pré-moldados, devidamente registrada no CREA e com responsável técnico habilitado. A empresa deverá possuir infraestrutura adequada para moldagem, cura controlada, manuseio, estocagem e transporte

das peças, assegurando conformidade dimensional e resistência conforme o projeto estrutural.

**a) Preparo do terreno:**

- ✓ O solo deve ser previamente nivelado, regularizado e compactado até atingir o grau de compactação satisfatório.
- ✓ Sobre o solo compactado, executar um lastro de concreto magro com espessura média de 5 cm, garantindo superfície plana e estável para assentamento das sapatas.

**b) Posicionamento das sapatas:**

- ✓ As peças devem ser posicionadas conforme o eixo estrutural do conjunto de contêineres, com nível e prumo verificados antes da concretagem ou da colocação do módulo.
- ✓ As sapatas centrais (130×130 cm) devem ser cuidadosamente alinhadas de modo a receber as reações combinadas de dois contêineres.
- ✓ Em caso de irregularidades do terreno, a altura do pedestal pode ser ajustada, mantendo o topo no mesmo nível de apoio dos demais elementos.

**c) Assentamento e fixação:**

- ✓ As sapatas devem ser assentadas por descida controlada, utilizando alças de içamento ou dispositivos metálicos incorporados à peça.
- ✓ Não é permitido o arraste das sapatas sobre o lastro, para evitar deslocamento ou danos nas arestas.

**d) Acabamento:**

- ✓ As faces superiores do pedestal devem ser mantidas limpas e niveladas para o correto apoio do chassi metálico.

Esse procedimento é idêntico para ambos os modelos (sapata 70×70 e 130×130), variando apenas o peso e o cuidado logístico necessário para o transporte e o içamento das peças.

## 5. PESO ESTIMADO DAS SAPATAS

### a) Sapata Tipo A – 70×70 cm (Extremidade – 1 Contêiner)

- Dimensões: 0,70 × 0,70 × 0,10 m (base) + pedestal 0,30 × 0,30 × 0,10 m
- Volume total  $\approx 0,058 \text{ m}^3$
- Massa específica do concreto armado: 2.400 kg/m<sup>3</sup>

$$m = 0,058 \times 2.400 \approx 140 \text{ kg}$$

**Transporte:** devido ao peso elevado, não deve ser manuseada por pessoas. Recomenda-se movimentação com paleteira, carrinho hidráulico, guincho manual ou mini retroescavadeira com garfo.

### b) Sapata Tipo B – 130×130 cm (Central – 2 Contêineres)

- Dimensões: 1,30 × 1,30 × 0,25 m (base) + pedestal 0,30 × 0,30 × 0,10 m
- Volume total  $\approx 0,445 \text{ m}^3$
- Massa específica do concreto armado: 2.400 kg/m<sup>3</sup>

$$m = 0,445 \times 2.400 \approx 1.070 \text{ kg}$$

**Transporte:** o peso excede uma tonelada, portanto é obrigatória a movimentação mecanizada, com Munck, guindaste leve, empilhadeira ou retroescavadeira com garfo. O uso de alças de içamento embutidas na peça é indispensável, bem como a sinalização e isolamento da área durante o içamento.

## 6. DIMENSIONAMENTO

### 6.1 Critérios de dimensionamento

A tabela apresentada resume os valores de esforços verticais de compressão que atuam sobre cada tipo de sapata do sistema de fundação, considerando as diferentes condições de apoio dos contêineres metálicos.

Os valores indicam as cargas de serviço (Nsls) e as cargas de cálculo (Nd) utilizadas no dimensionamento estrutural conforme os critérios da NBR 6118:2023 e da NBR 6122:2019.

✓ **Sapata de Extremidade:**

Utilizada nos apoios localizados nas pontas do conjunto estrutural, recebe as cargas provenientes de apenas um contêiner.

O esforço vertical característico em Estado Limite de Serviço (Nsls) é de 14,89 kN, enquanto o esforço majorado para o Estado Limite Último (Nd) é de 20,85 kN.

Esses valores foram empregados para o dimensionamento da sapata tipo 70×70 cm, garantindo estabilidade e segurança contra a ruptura do solo e do concreto.

✓ **Sapata Central (Compartilhada):**

Localizada na região de junção entre dois contêineres acoplados, essa sapata recebe a reação combinada dos dois módulos, resultando em esforços significativamente maiores.

O valor de Nsls = 29,78 kN representa a carga de serviço total compartilhada, enquanto Nd = 75,83 kN corresponde à carga de cálculo majorada pelas combinações de ações normativas.

Essa condição justifica o uso da sapata de 130×130 cm, com maior área de base para redução das tensões transmitidas ao solo.

Sapata	Situação	Nsls (Kn)	Nd (Kn)
Extremidade	1 contêiner	14,89	20,85
Central (2 un. Compartilhada)	2 contêineres	29,78	75,83

**Tabela 2** - Cargas Normais consideradas

A tabela evidencia a diferença de solicitação entre as sapatas extremas e centrais, demonstrando a necessidade de dois modelos distintos para equilibrar o desempenho estrutural e otimizar o consumo de materiais.

## **6.2 Sapata de extremidade – 1 contêiner (70x70)**

### **6.2.1 Dados de entrada**

Foram adotadas as seguintes propriedades e parâmetros de entrada:

- Dimensão do pilar: 30 × 30 cm;
- Resistência característica do concreto:  $f_{ck} = 25$  MPa;
- Tensão admissível do solo:  $\sigma_{adm} = 0,05$  MPa;
- Aço CA-50 com  $f_{yk} = 500$  MPa.

Com base nesses valores, determinou-se a área necessária de base da sapata em 4.378,5 cm<sup>2</sup>, correspondente a dimensões teóricas de 66,17 × 66,17 cm. Para simplificação construtiva e padronização dos elementos de fundação, foi adotada a dimensão 70 × 70 cm, garantindo segurança adicional e melhor acomodação no terreno.

A altura necessária ao equilíbrio e resistência do bloco foi obtida como 10 cm, valor também adotado para execução, atendendo aos requisitos mínimos de rigidez e cobrimento.

O cálculo de verificação da pressão transmitida ao solo resultou em:

$$\sigma_{calc} = 0,0426 \text{ MPa} < \sigma_{adm} = 0,05 \text{ MPa},$$

confirmando a adequação da fundação quanto à capacidade de suporte do solo.

### DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES DA SAPATA

Dados de entrada		
Carga do pilar	20,85	[kN]
a	30	[cm]
b	30	[cm]
f <sub>yk</sub>	50	[kN/cm <sup>2</sup> ]
f <sub>ck</sub>	25	[MPa]
σ <sub>adm solo</sub>	0,05	[MPa]

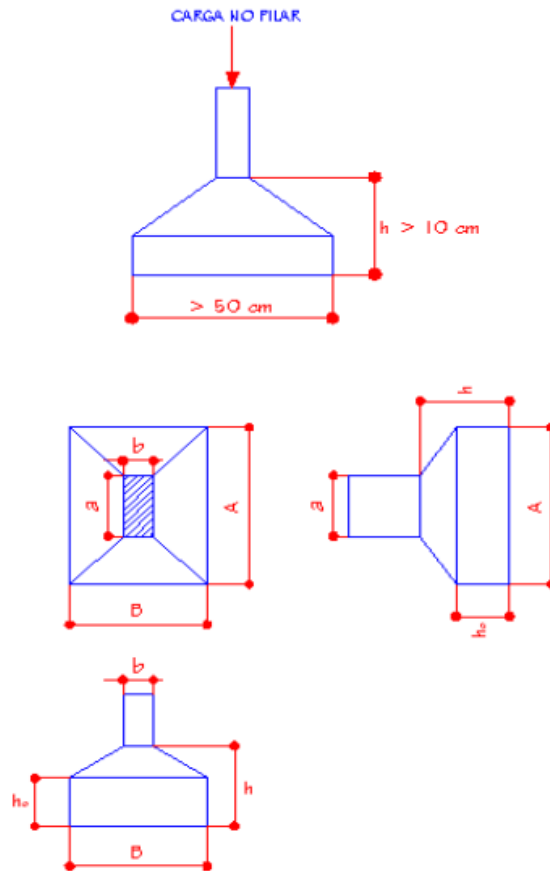
Área necessária:	4378,5	[cm <sup>2</sup> ]
A	66,17	[cm]
B	66,17	[cm]

A <sub>Adot</sub>	70	[cm]
B <sub>Adot</sub>	70	[cm]

Altura necessária:			
h	10	10	[cm]

Altura adotada:		
h <sub>Adot</sub>	10,0	[cm]
h <sub>o</sub>	3,33	[cm]

Pressão no solo:		
σ <sub>calc solo</sub>	0,042551	[MPa]
		OK!



**Tabela 3** - Tabela de dimensionamento - Determinação das dimensões da sapata.

### 6.2.2 Tensões no concreto

A verificação das tensões de compressão no concreto foi realizada com base na NBR 6118:2023, considerando a solicitação de cálculo obtida para o pilar de extremidade e a geometria da sapata previamente dimensionada.

A solicitação de cálculo atuante sobre a base da sapata é de 29,19 kN, resultando em uma tensão média de compressão no concreto igual a:

$$\sigma_d = 0,0324 \text{ kN/cm}^2.$$

Para o concreto com resistência característica  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ , a resistência de cálculo é:



$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,4} = 17,86 \text{ MPa} = 1,8 \text{ kN/cm}^2.$$

O limite de 20% da resistência de cálculo é:

$$0,20 f_{cd} = 0,36 \text{ kN/cm}^2.$$

Comparando-se os valores:

$$\sigma_d = 0,0324 \text{ kN/cm}^2 < 0,20 f_{cd} = 0,36 \text{ kN/cm}^2,$$

constata-se que a tensão de compressão no concreto encontra-se amplamente dentro dos limites normativos de segurança, caracterizando regime elástico linear e sem risco de plastificação.

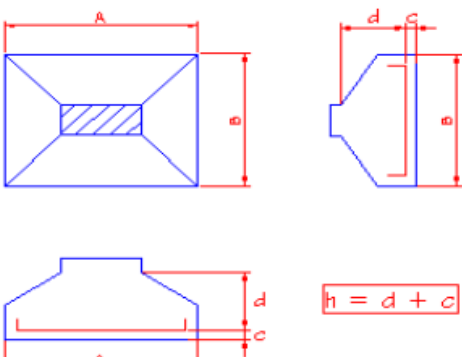
Adotou-se cobrimento nominal de 4 cm e altura útil de 6 cm, resultando em altura total  $h = d + c = 10 \text{ cm}$ , conforme dimensões definidas na etapa de dimensionamento da sapata.

Portanto, a verificação confirma que o concreto da sapata de extremidade apresenta tensões compatíveis com a capacidade resistente do material, atendendo aos critérios de segurança estabelecidos pela NBR 6118:2023.

VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES NO CONCRETO		
Solicitação de cálculo	29,19	[kN]
Tensão no concreto [ $\sigma_d$ ]	0,032433	[kN/cm <sup>2</sup> ]
$f_{cd}$	1,8	[kN/cm <sup>2</sup> ]
$0,20f_{cd}$	0,36	[kN/cm <sup>2</sup> ]
Cobrimento [c]	4	[cm]
Altura útil [d]	6,0	[cm]

Verificação:	
$\sigma_d \leq 0,20 f_{cd}$	$Z = d$
$\sigma_d > 0,20 f_{cd}$	$Z = 0,85d$

**Tabela 4** - Tabela de dimensionamento - Verificação das tensões do concreto.

### 6.2.3 Armadura

O dimensionamento das armaduras foi realizado conforme os critérios de resistência de elementos de fundação estabelecidos na NBR 6118:2023, considerando o regime de flexão simples e a hipótese de que as tensões no concreto permanecem dentro do domínio elástico.

A resistência de cálculo do aço utilizado é:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{50}{1,15} = 43,48 \text{ kN/cm}^2,$$

adotando-se aço CA-50 com coeficiente de minoração  $\gamma_s = 1,15$ .

O braço de alavanca da força interna foi determinado como  $Z = 7,5$  cm, valor compatível com a altura útil da sapata ( $d = 6,0$  cm) e a posição da resultante das forças internas.

Com base nas solicitações atuantes e na tensão de cálculo do aço, obteve-se a área necessária de armadura:

- Direção x (lado maior):  $A_{sx} = 0,64 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Direção y (lado menor):  $A_{sy} = 0,64 \text{ cm}^2/\text{m}$

Os valores obtidos atendem aos limites mínimos estabelecidos pela norma para armaduras de sapatas retangulares, garantindo ductilidade e controle de fissuração.

O detalhamento final das barras foi definido com base em tabelas de referência, respeitando o cobrimento nominal de 4 cm e espaçamentos mínimos entre barras, conforme prescrito pela NBR 6118:2023 e NBR 14931:2024 (Execução de Estruturas de Concreto).

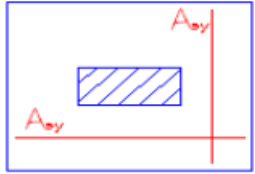
As armaduras devem ser dispostas em malha dupla, nas direções x e y, uniformemente distribuídas e posicionadas junto à base da sapata, assegurando o comportamento solidário entre o concreto e o aço.

CÁLCULO DAS ARMADURAS		
Tensão do aço [ $f_{yd}$ ]	43,48	[KN/cm <sup>2</sup> ]
Braço de alavanca [Z]	7,5	[cm]
Direção x (Lado Maior)		
Área de aço [ $A_{sx}$ ]	0,64	[cm <sup>2</sup> /m]
Direção y (Lado Menor)		
Área de aço [ $A_{sy}$ ]	0,64	[cm <sup>2</sup> /m]
Solução : Ver tabelas de detalhamento de armaduras		

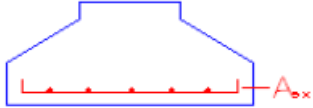
**Legenda:**

	Dados a ser digitados
	Dados a ser adotados digitados
	Fórmulas já calculadas (não digitar)

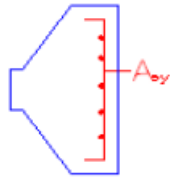
**PLANTA**



**DIREÇÃO x**



**DIREÇÃO y**



**Tabela 5** - Tabela de dimensionamento - Cálculo das armaduras.

### 6.3 Sapata intermediária – 2 contêineres (130x130)

#### 6.3.1 Dados de entrada

Foram adotados os seguintes parâmetros de entrada:

- Dimensões do pilar: 30 × 30 cm;
- Resistência característica do concreto:  $f_{ck} = 25$  MPa;
- Aço CA-50 com  $f_{yk} = 500$  MPa;
- Tensão admissível do solo:  $\sigma_{adm} = 0,05$  MPa.

Com base na carga atuante e na resistência do solo, a área necessária de fundação foi determinada em 15.928,5 cm<sup>2</sup>, correspondente a dimensões teóricas de 126,21 × 126,21 cm. Para uniformização e segurança adicional, foi adotada a dimensão 130 × 130 cm.

A altura necessária ao bloco foi obtida em 25 cm, sendo este o valor também adotado para execução, atendendo aos requisitos mínimos de rigidez e cobrimento exigidos pela NBR 6118.

A verificação da pressão transmitida ao solo resultou em:

$$\sigma_{calc} = 0,0449 \text{ MPa} < \sigma_{adm} = 0,05 \text{ MPa},$$

indicando que a fundação trabalha dentro dos limites de tensão admissível e que o solo suporta adequadamente as cargas aplicadas, com margem de segurança satisfatória.

O dimensionamento confirma que a sapata central com dimensões 130 × 130 × 25 cm apresenta desempenho estrutural adequado, garantindo a segurança e a estabilidade da fundação, bem como a uniformidade no recalque entre os apoios.

# DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES DA SAPATA

Dados de entrada		
Carga do pilar	75,85	[kN]
a	30	[cm]
b	30	[cm]
f <sub>yk</sub>	50	[kN/cm <sup>2</sup> ]
f <sub>ck</sub>	25	[MPa]
σ <sub>adm solo</sub>	0,05	[MPa]

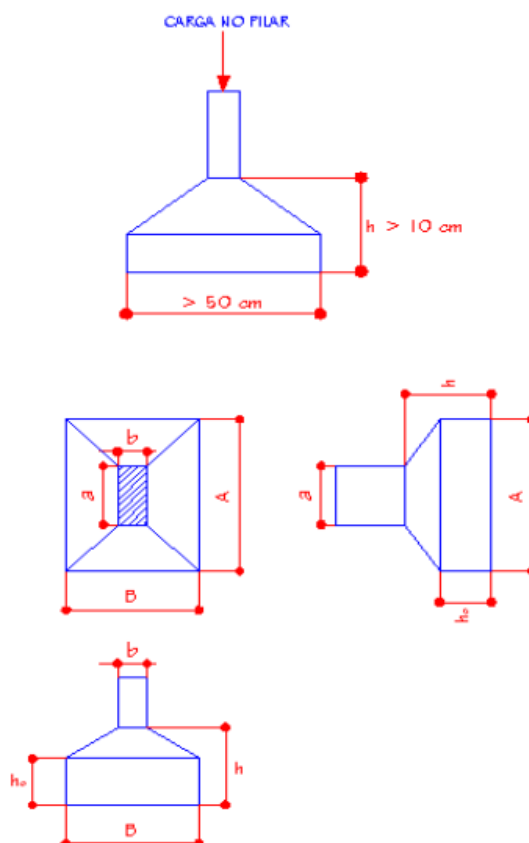
Área necessária:	15928,5	[cm <sup>2</sup> ]
A	126,21	[cm]
B	126,21	[cm]

A <sub>Adot</sub>	130	[cm]
B <sub>Adot</sub>	130	[cm]

Altura necessária:			
h	25	25	[cm]

Altura adotada:		
h <sub>Adot</sub>	25,0	[cm]
h <sub>o</sub>	8,33	[cm]

Pressão no solo:		
σ <sub>calc solo</sub>	0,044882	[MPa]
OK!		



**Tabela 6** - Tabela de dimensionamento - Determinação das dimensões da sapata.

## 6.3.2 Verificação das Tensões no Concreto

A verificação das tensões no concreto da sapata central foi realizada conforme os critérios estabelecidos pela NBR 6118:2023, com o objetivo de assegurar que as tensões de compressão atuantes permaneçam dentro do regime elástico e não ultrapassem o limite admissível definido para o concreto de resistência característica  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ .

A solicitação de cálculo obtida para esta sapata foi de 106,19 kN, resultando em uma tensão média de compressão no concreto igual a:

$$\sigma_d = 0,1179 \text{ kN/cm}^2.$$

Para o concreto adotado, a resistência de cálculo é:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,4} = 17,86 \text{ MPa} = 1,8 \text{ kN/cm}^2.$$

O limite de 20% da resistência de cálculo, correspondente ao início do regime não linear do concreto, é:

$$0,20 f_{cd} = 0,36 \text{ kN/cm}^2.$$

Comparando-se os valores:

$$\sigma_d = 0,1179 \text{ kN/cm}^2 < 0,20 f_{cd} = 0,36 \text{ kN/cm}^2,$$

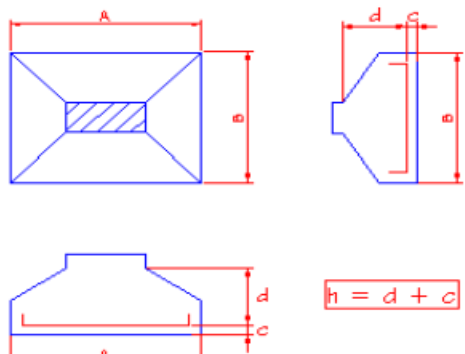
constata-se que a tensão de compressão no concreto é amplamente inferior ao limite normativo, mantendo o comportamento estrutural no regime elástico linear.

Adotou-se cobrimento nominal de 4 cm e altura útil de 21 cm, resultando em altura total  $h = 25 \text{ cm}$ , valor compatível com as dimensões definidas na etapa de dimensionamento da fundação.

VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES NO CONCRETO		
Solicitação de cálculo	106,19	[kN]
Tensão no concreto [ $\sigma_d$ ]	0,117989	[kN/cm <sup>2</sup> ]
$f_{cd}$	1,8	[kN/cm <sup>2</sup> ]
$0,20f_{cd}$	0,36	[kN/cm <sup>2</sup> ]
Cobrimento [c]	4	[cm]
Altura útil [d]	21,0	[cm]

Verificação:	
$\sigma_d \leq 0,20 f_{cd}$	$Z = d$
$\sigma_d > 0,20 f_{cd}$	$Z = 0,85d$

**Tabela 7** - Tabela de dimensionamento - Verificação das tensões no concreto.

### 6.3.3 Cálculo das Armaduras

O dimensionamento das armaduras da sapata central foi realizado conforme os critérios de resistência à flexão simples estabelecidos pela NBR 6118:2023, considerando a compatibilidade entre o momento resistente da fundação e os esforços de tração atuantes na face inferior do elemento.

Foi adotado aço CA-50 com resistência característica  $f_{yk} = 500$  MPa, e coeficiente de minoração  $\gamma_s = 1,15$ , resultando em resistência de cálculo:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ kN/cm}^2.$$

O braço de alavanca entre as forças internas de compressão e tração foi determinado como  $Z = 7,5$  cm, valor coerente com a altura útil de 21 cm e com o comportamento previsto da peça.

A partir da solicitação de cálculo e da tensão de projeto do aço, obteve-se a área necessária de aço para absorção dos esforços de tração:

- Direção x (lado maior):  $A_{sx} = 3,13 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Direção y (lado menor):  $A_{sy} = 3,13 \text{ cm}^2/\text{m}$

Os valores calculados garantem resistência adequada à flexão e atendem aos limites mínimos de armadura exigidos pela norma, assegurando ductilidade e controle de fissuração.

As armaduras devem ser dispostas em malha dupla, nas direções x e y, uniformemente distribuídas junto à face inferior da sapata, com cobrimento nominal de 4 cm, conforme os parâmetros definidos pela NBR 6118:2023 e pelas diretrizes de execução da NBR 14931:2024.

O detalhamento final (diâmetro, espaçamento e arranjo das barras) deve seguir as tabelas de projeto, garantindo a execução adequada e o comportamento solidário entre o concreto e o aço.

CÁLCULO DAS ARMADURAS		
Tensão do aço [ $f_{yd}$ ]	43,48	[KN/cm <sup>2</sup> ]
Braço de alavanca [Z]	7,5	[cm]
Direção x (Lado Maior)		
Área de aço [ $A_{sx}$ ]	3,13	[cm <sup>2</sup> /m]
Direção y (Lado Menor)		
Área de aço [ $A_{sy}$ ]	3,13	[cm <sup>2</sup> /m]
Solução : Ver tabelas de detalhamento de armaduras		

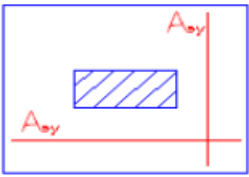
**Legenda:**

Dados a ser digitados

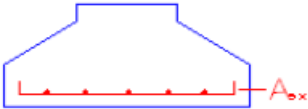
Dados a ser adotados digitados

Fórmulas já calculadas (não digitar)

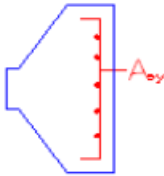
**FLANTA**



**DIREÇÃO x**



**DIREÇÃO y**



**Tabela 8** - Tabela de dimensionamento - Cálculo das armaduras.

## 7. COMPARATIVO E PADRONIZAÇÃO DAS ARMADURAS DAS SAPATAS

Após o dimensionamento individual das fundações, foram obtidos os seguintes resultados para as áreas de aço necessárias em cada tipo de sapata:

Tipo de Sapata	N (Kn)	Á. Aço (cm <sup>2</sup> /m) – Direções x e y
Sapata de extremidade – 1 contêiner	20,85	0,64 cm <sup>2</sup> /m
Sapata central – 2 contêineres	75,85	3,13 cm <sup>2</sup> /m

**Tabela 9** - Tabela resumo de carga e área de aço.

A análise evidencia que a sapata central apresenta o maior esforço estrutural, devido à combinação das cargas provenientes de dois módulos de contêiner. Consequentemente, sua área de armadura é superior à das sapatas de extremidade.



Com base nesses resultados, e visando à padronização construtiva e à otimização do processo executivo, definiu-se que todas as sapatas adotarão a mesma armadura da sapata mais carregada, ou seja, da sapata central.

De acordo com a tabela de detalhamento de armaduras, a área calculada de  $3,13 \text{ cm}^2/\text{m}$  pode ser atendida por barras de aço CA-50 de  $\varnothing 8 \text{ mm}$  espaçadas a  $15 \text{ cm}$ , tanto na direção  $x$  quanto na direção  $y$ . Essa configuração fornece área de aço  $A_s = 3,14 \text{ cm}^2/\text{m}$ , praticamente coincidente com o valor calculado, garantindo segurança e facilidade de execução.

A utilização da mesma armadura em todas as fundações proporciona:

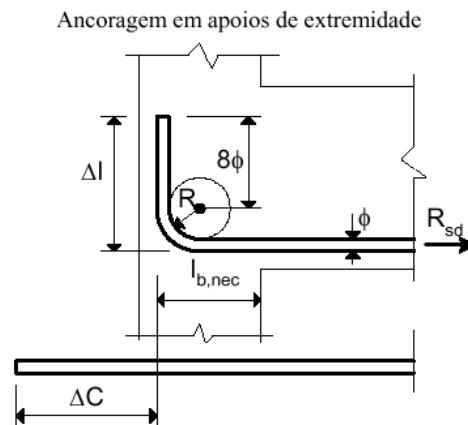
- Uniformidade nas etapas de corte e dobra das barras;
- Simplificação da conferência e do controle de qualidade;
- Redução de erros na montagem;
- Margem adicional de segurança nas sapatas de extremidade.

Portanto, foi adotada a armadura padrão de  $\varnothing 8 \text{ mm}$  a cada  $15 \text{ cm}$ , em malha dupla nas direções ortogonais ( $x$  e  $y$ ), para todas as sapatas do conjunto estrutural.

**TABELA PARA DETALHAMENTO DA ARMADURA**  
Área da seção de armadura por metro de largura (cm<sup>2</sup>/m)

Espaçamento s (cm)	BITOLA $\phi$					
	4,2	5	6,3	8	10	12,5
7,0	1,98	2,80	4,45	7,18	11,22	17,53
7,5	1,85	2,62	4,16	6,70	10,47	16,36
8,0	1,73	2,45	3,90	6,28	9,82	15,34
8,5	1,63	2,31	3,67	5,91	9,24	14,44
9,0	1,54	2,18	3,46	5,59	8,73	13,64
9,5	1,46	2,07	3,28	5,29	8,27	12,92
10	1,39	1,96	3,12	5,03	7,85	12,27
11	1,26	1,78	2,83	4,57	7,14	11,16
12	1,15	1,64	2,60	4,19	6,54	10,23
13	1,07	1,51	2,40	3,87	6,04	9,44
14	0,99	1,40	2,23	3,59	5,61	8,77
15	0,92	1,31	2,08	3,35	5,24	8,18
16	0,87	1,23	1,95	3,14	4,91	7,67
17	0,81	1,15	1,83	2,96	4,62	7,22
18	0,77	1,09	1,73	2,79	4,36	6,82
19	0,73	1,03	1,64	2,65	4,13	6,46
20	0,69	0,98	1,56	2,51	3,93	6,14
21	0,66	0,93	1,48	2,39	3,74	5,84
22	0,63	0,89	1,42	2,28	3,57	5,58
23	0,60	0,85	1,36	2,19	3,41	5,34
24	0,58	0,82	1,30	2,09	3,27	5,11
25	0,55	0,79	1,25	2,01	3,14	4,91
26	0,53	0,76	1,20	1,93	3,02	4,72
27	0,51	0,73	1,15	1,86	2,91	4,55
28	0,49	0,70	1,11	1,80	2,80	4,38
29	0,48	0,68	1,07	1,73	2,71	4,23
30	0,46	0,65	1,04	1,68	2,62	4,09

**Tabela 10** - Tabela para detalhamento da armadura.



**Imagem 12 - Ancoragem**

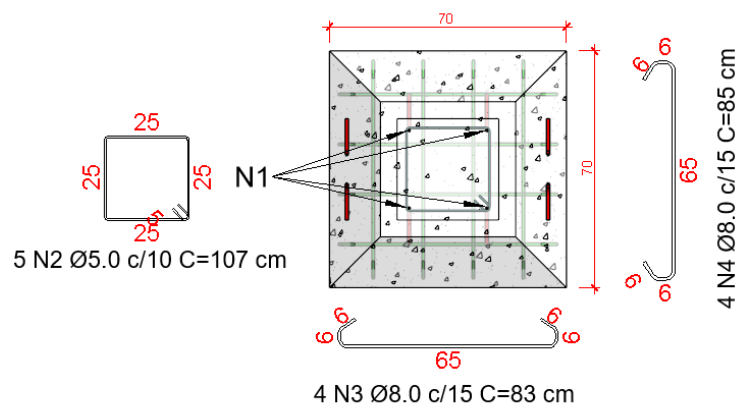
Dimensões em cm (Aço CA - 50)

$\phi$	$l_{b,min}$	R	$\Delta l$	$\Delta C$	$\Delta l^*$	$\Delta C^*$
5	6	1,25	6	5	10	9
6,3	6	1,60	8	7	10	9
8	6,4	2,00	10	8	10	8
10	8	2,50	12	10	15	13
12,5	10	3,15	15	12	15	12
16	13	4,00	19	15	20	16
20	19	8,00	26	20	30	24
25	24	10,00	33	26	35	28

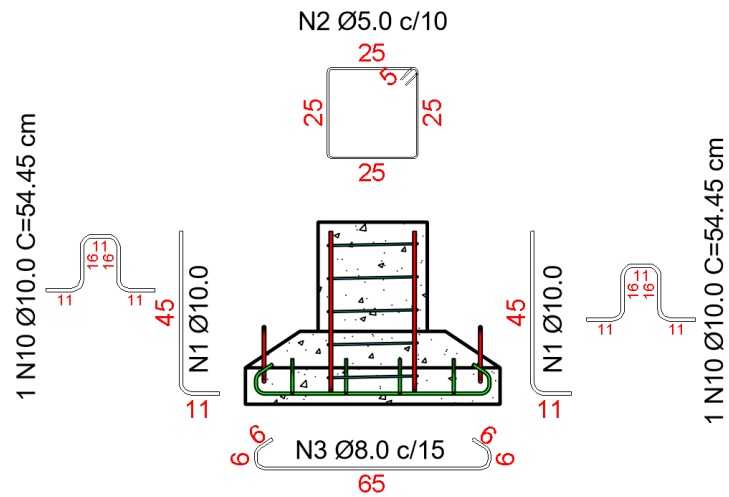
**Tabela 11 - Tabela de relação dos comprimentos de ancoragem.**

## 8. DETALHAMENTO

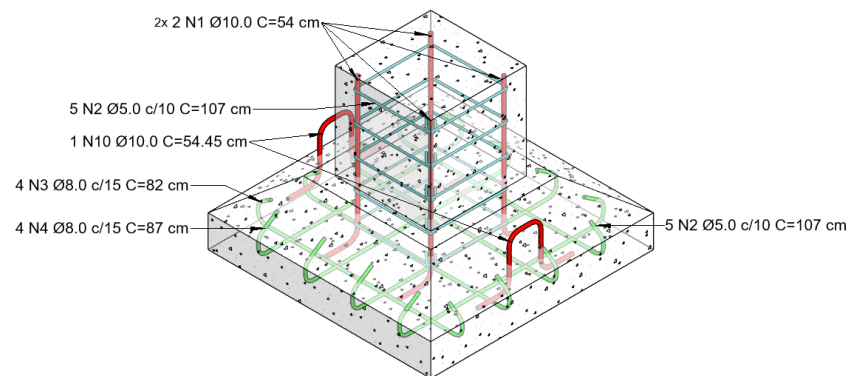
### Sapata 70x70



**Imagem 13 - Planta baixa - Sapata 70x70**

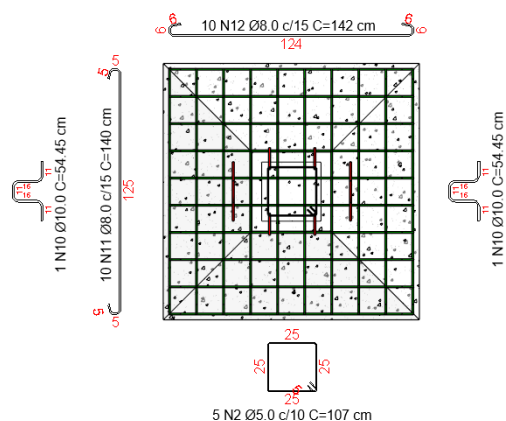


**Imagem 14 - Detalhe transversal - Sapata 70x70**

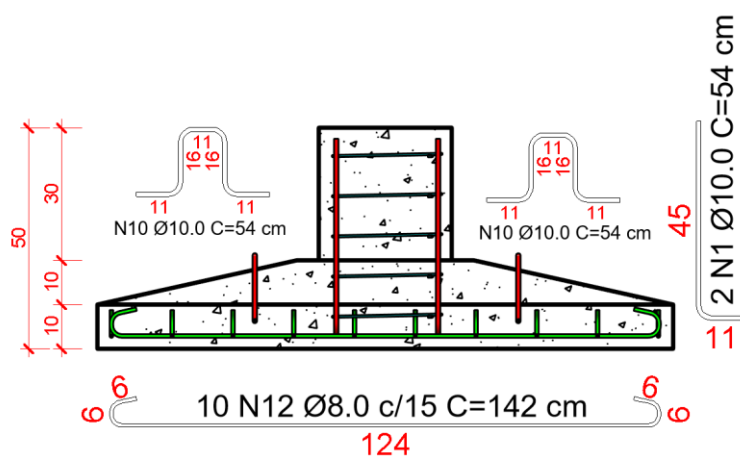


**Imagem 15 - Detalhe isométrico - Sapata 70x70**

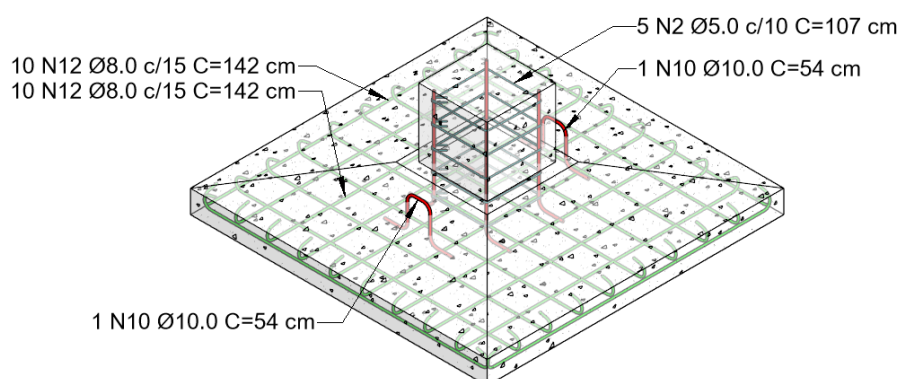
## Sapata 130x130



**Imagem 16 - Planta baixa – sapata 130x130**



**Imagem 17 - Detalhe transversal - Sapata 130x130**



**Imagem 18 - Detalhe isométrico - Sapata 130x130**

## 9. SOLO

Na ausência de investigação geotécnica específica para o local de implantação, adotou-se o cenário crítico estabelecido pela NBR 6122:2019 – Projeto e Execução de Fundações, a fim de garantir a segurança estrutural e o desempenho satisfatório do conjunto.

De acordo com o item 6.2.1.3 da NBR 6122:2019, “na ausência de investigação geotécnica, devem ser adotadas hipóteses conservadoras de resistência e deformabilidade do solo, considerando-se os parâmetros mínimos indicados para os tipos de solo descritos na Tabela 3, de modo a garantir a segurança e a estabilidade da fundação.”

Com base na Tabela 3 da referida norma, foram considerados os seguintes parâmetros para um cenário de solo de baixa capacidade de suporte:

- Tipo de solo: Argiloso muito mole ou areia fofa;
- Resistência à penetração: 2 a 4 golpes;
- Tensão admissível do solo: 50 kPa (0,05 MPa).

Esses valores representam condições de fundação em terreno crítico, garantindo que as dimensões das sapatas sejam suficientes mesmo em situações de menor capacidade de suporte. A adoção deste critério assegura que o projeto atenda aos Estados Limites Últimos (ELU) e de Serviço (ELS) previstos na norma, preservando a segurança estrutural e a integridade da edificação.

### 8.1 Verificação Geotécnica (ELS)

A verificação da tensão média no solo foi realizada conforme os parâmetros acima, resultando em:

$$\sigma_m = \frac{R_{max}}{A} = \frac{25,2}{0,64} = 39,4 \text{ kPa} < 50 \text{ kPa} \Rightarrow \text{OK}$$

Verifica-se que a tensão média de trabalho é inferior à tensão admissível do solo, confirmando a adequação geotécnica da fundação no Estado Limite de Serviço.

## 10. QUANTITATIVO

O quantitativo de aço das sapatas pré-moldadas foi consolidado com base no dimensionamento estrutural de cada modelo, considerando as diferentes solicitações entre os apoios de extremidade (sapatas 70×70) e os apoios centrais (sapatas 130×130). Embora ambos os elementos possuam funções semelhantes no sistema de fundação, suas armaduras apresentam proporções distintas em razão das cargas transmitidas pelos contêineres.

As sapatas 70×70 cm, utilizadas nas extremidades, possuem menor solicitação estrutural. Ainda assim, adotou-se para elas a armadura padronizada utilizada no modelo mais robusto (130×130), composta por malha com barras Ø8 mm espaçadas a cada 15 cm. Essa padronização garante uniformidade de fabricação, simplifica o processo de montagem e eleva o nível de segurança das fundações, mesmo onde a carga é menor. O consumo total de aço por peça permanece reduzido, compatível com as dimensões menores da sapata e com o seu funcionamento estrutural.

Por outro lado, as sapatas 130×130 cm concentram as maiores reações do sistema, uma vez que recebem simultaneamente as cargas de dois contêineres acoplados. Em razão disso, apresentam o maior quantitativo de aço entre as fundações, com barras de Ø10 mm, Ø8 mm e Ø5 mm distribuídas em diferentes funções estruturais. Cada sapata demanda aproximadamente 31 barras, totalizando cerca de 6 metros lineares e resultando em um peso aproximado de 148 kg de aço CA-50 por unidade, conforme planilha de detalhamento.

Resumo de aço - 1 Sapata 70x70					
Ø	N	Qtd	C. unitário (cm)	C.total (m)	Kg
10.0 mm	1	4	54	1.08	29.62
5.0 mm	2	5	107	1.07	9.25
8.0 mm	3	4	84	0.84	18.96
8.0 mm	4	4	85	0.85	18.96
10.0 mm	10	2	54	1.09	14.81
Total geral: 7		19		4.92	91.59

Resumo de aço - 1 Sapata 130x130					
Ø	N	Qtd	C. unitário (cm)	C.total (m)	Kg
10.0 mm	1	4	54	1.08	29.62
5.0 mm	2	5	107	1.07	9.25
10.0 mm	10	2	54	1.09	14.81
8.0 mm	11	10	140	1.4	47.40
8.0 mm	12	10	142	1.42	47.40
Total geral: 7		31		6.06	148.47

Como ambas as sapatas são pré-moldadas, sua fabricação deve ser contratada junto a empresa especializada, capaz de assegurar o controle dimensional, a conformidade das armaduras, o cobrimento adequado, o processo de cura e as condições de transporte e manuseio das peças. O quantitativo apresentado orienta diretamente a cotação e permite que o fornecedor estime com precisão o custo de produção de cada modelo, garantindo transparência e compatibilidade com o projeto estrutural.

## 11. CONCLUSÃO

O presente manual consolida as diretrizes técnicas necessárias para a execução das fundações com sapatas pré-moldadas em concreto armado destinadas ao apoio de módulos metálicos tipo contêiner. As soluções apresentadas foram desenvolvidas com base em critérios normativos, no entendimento das condições de carga envolvidas e em práticas consolidadas de engenharia, garantindo segurança, desempenho e padronização entre diferentes implantações.

A definição das dimensões das sapatas, dos critérios de dimensionamento e dos procedimentos de execução permite maior uniformidade entre obras, reduz incertezas em campo e assegura que todas as unidades atendam aos requisitos mínimos de estabilidade e capacidade de suporte. A padronização das armaduras e dos modelos de sapatas simplifica o processo de fabricação, facilita o controle de qualidade e contribui para maior eficiência construtiva.



Os quantitativos apresentados fornecem subsídios diretos para elaboração de orçamentos, contratação de fornecedores e planejamento logístico das peças pré-moldadas. Ressalta-se que, por se tratar de elementos estruturais fabricados fora do canteiro, a aquisição das sapatas deve ser realizada junto a empresas especializadas, garantindo conformidade dimensional, resistência adequada e condições adequadas de transporte e manuseio.

Dessa forma, o manual estabelece um conjunto de recomendações essenciais para orientar a implantação das fundações dos módulos em contêiner, servindo como referência técnica para projeto, execução e inspeção dessas estruturas.