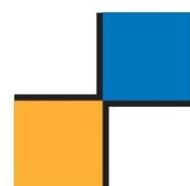




Nota técnica

Solução Depósitos Prefabricados Mota-Engil



MOTA-ENGIL

ENGENHARIA
PREFABRICADOS



1) Introdução

Os depósitos prefabricados pela Mota-Engil constituem um produto alternativo aos tradicionais depósitos em betão armado executados no local.

A solução construtiva encontra-se certificada em Itália (onde foi criada) e testada a partir de centenas de realizações ao longo de mais de 40 anos.

Têm como elementos constituintes, os seguintes:

- Lintel de fundação em betão armado, executado no local, que serve de fundação e de base à colocação dos elementos prefabricados;
- Paredes em betão armado materializadas por módulos prefabricados justapostos;
- Soleira em betão armado, betonada no local, ligada aos módulos prefabricados a partir de armaduras em espera deixadas nestes últimos.

A estanquicidade das juntas entre módulos é garantida a partir da aplicação de produtos adequados para o efeito.

O processo não recorre à execução de qualquer pós-tensão perimetral de solidarização entre módulos prefabricados.

2) Tipos de aplicação

Quanto à forma em planta, a solução permite a execução das mais diversas formas poligonais, quer regulares quer irregulares. Assim, é possível a materialização de formas circulares, retangulares, quadradas, entre outras.

A solução permite, também, a execução de septos interiores, existindo módulos especiais concebidos para o efeito, podendo-se ainda recorrer à execução no local destas paredes.

No que se refere ao tipo de produto a conter, para além dos mais diversos tipos de líquidos, podendo-se assim aplicar, por exemplo, como reservatórios de água potável ou em ETAR's, podem ser usadas na execução de silos.

Quanto ao seu posicionamento relativamente ao terreno, é possível implantar estes reservatórios nas situações extremas de completamente enterrado e totalmente desenterrado ou, ainda, em qualquer outra situação intermédia (parcialmente enterrado).

Podem ser cobertos, existindo soluções prefabricadas desenvolvidas para esse efeito. As soluções mais usadas são as seguintes:

- Para reservatórios circulares de raio pequeno a médio, preconiza-se a execução de um pilar central prefabricado e elementos de laje trapezoidais igualmente prefabricados em betão armado;
- Para reservatórios com outras formas em planta ou circulares de grande raio, utiliza-se uma estrutura secundária vigada para apoio da cobertura (vigas e pilares prefabricados) e elementos de laje prefabricados em betão armado ou em laje alveolada.

Relativamente à soleira ou laje de fundo a sua espessura pode ser constante ou variável. A espessura junto aos elementos prefabricados é fixa, podendo variar a partir dessa seção.

Por outro lado, a soleira poderá ser inclinada ou horizontal, sendo aconselhável que a inclinação seja limitada a 15 graus, como máximo.

Os módulos prefabricados podem ser munidos de caleiras interiores com dimensões standard, o que permite a execução de alguns tipos de reservatórios, por exemplo, para ETAR's.



3) Apresentação do processo

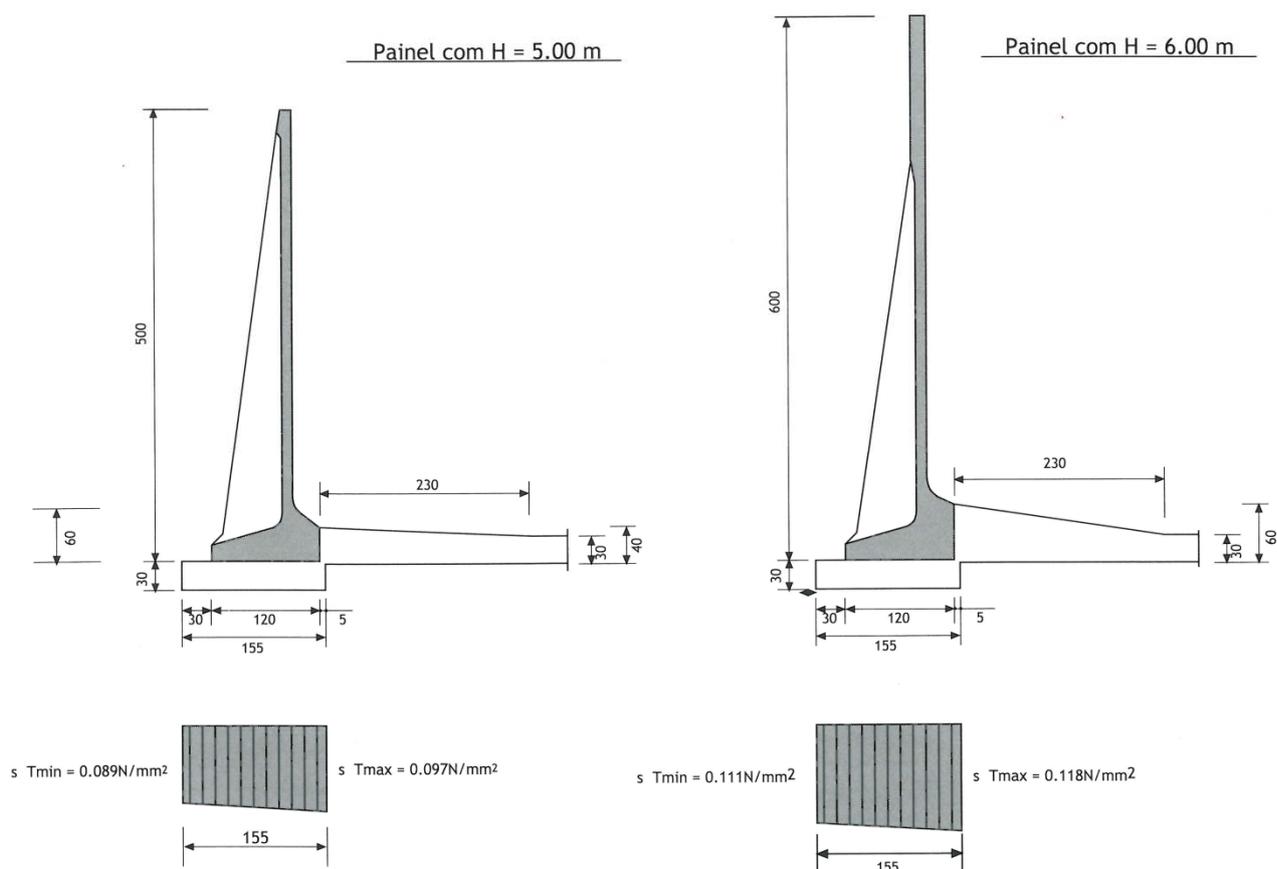
3.1 Elementos base

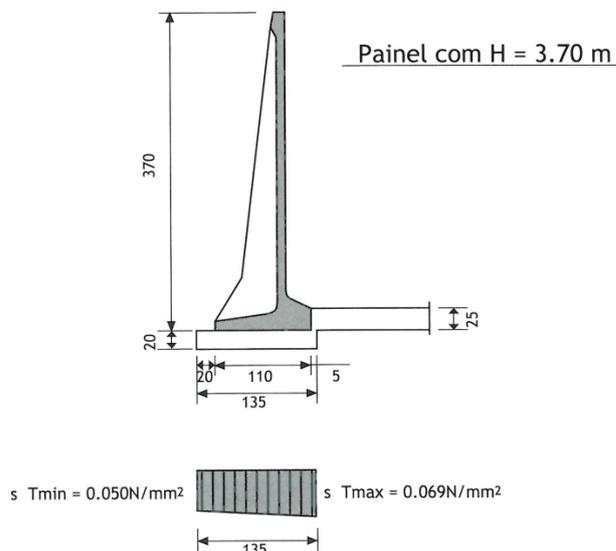
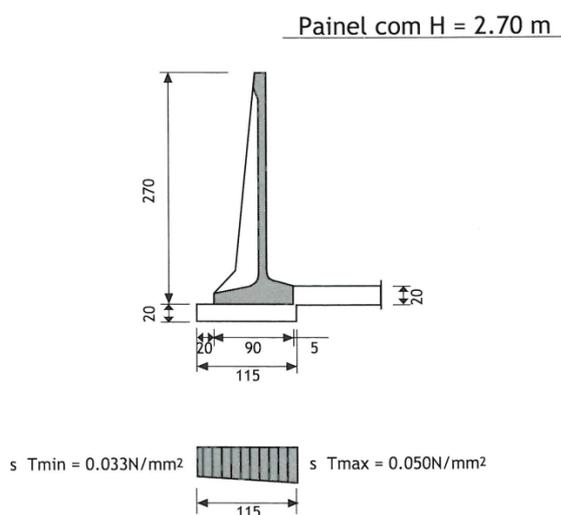
Os depósitos prefabricados pela Mota-Engil existem em 4 alturas possíveis:

- Painéis de parede com 2.70m
- Painéis de parede com 3.70m
- Painéis de parede com 5.00m
- Painéis de parede com 6.00m

Estes painéis apresentam um comprimento de 2 metros à exceção do de 3.70m de altura que tem um comprimento de 2.5m.

A geometria destes painéis foi concebida e otimizada a partir de estudos de elementos finitos.





3.2 Pré-dimensionamento

As tabelas seguintes apresentam para depósitos circulares e retangulares as suas áreas interiores, função do número de elementos.

A capacidade de cada solução deverá ser obtida multiplicando a área pela altura de produto contido (água ou outro).

As alturas máximas de produto contido por tipo de painel e para soleiras horizontais de espessura constante são as seguintes:

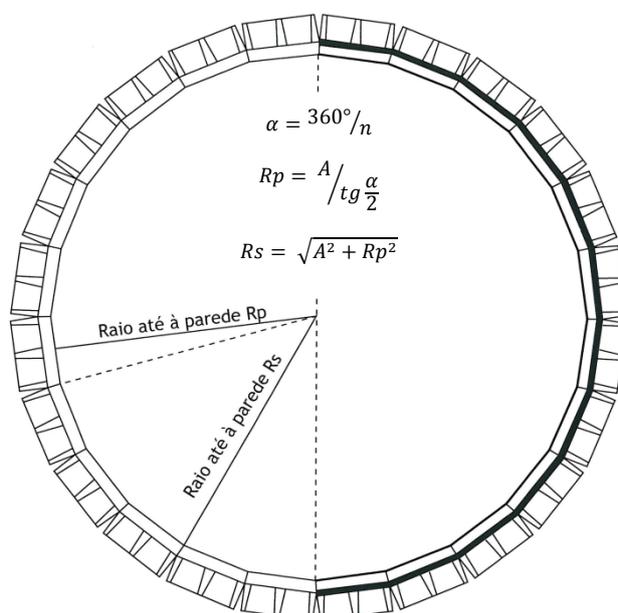
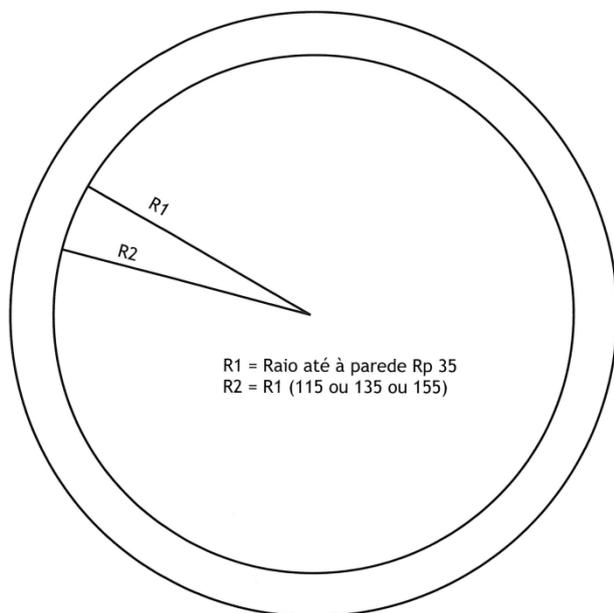
- Painéis de parede com 2.70m → Altura máxima de 2.50m
- Painéis de parede com 3.70m → Altura máxima de 3.45m
- Painéis de parede com 5.00m → Altura máxima de 4.70m
- Painéis de parede com 6.00m → Altura máxima de 5.40m

Caso se opte pela execução de uma soleira inclinada ou com espessura variável, a capacidade deverá ser corrigida tendo em atenção esses fatores.



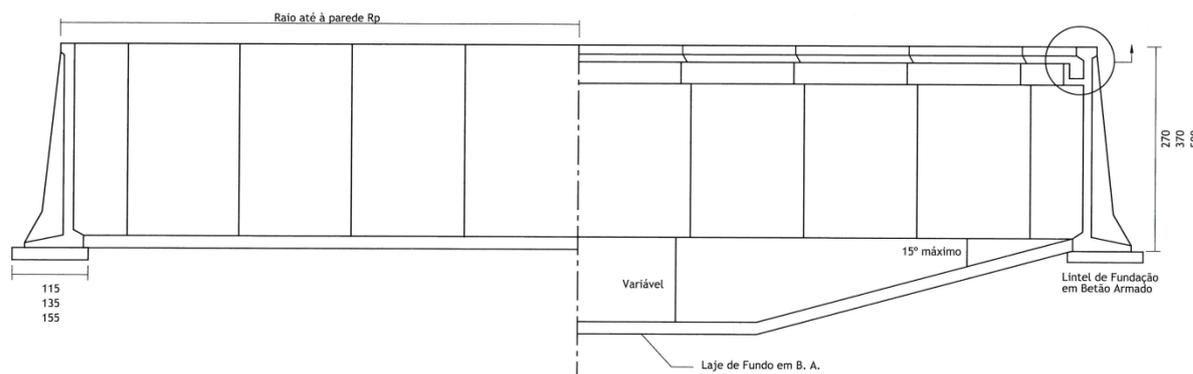
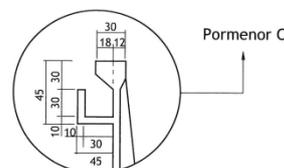
TABELAS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO

DEPÓSITOS CIRCULARES



$n = n.^{\circ}$ elementos

$$A = \begin{cases} 1 & (\text{elementos 2.70, 5.00 e 6.00}) \\ 1,25 & (\text{para os elementos 3.70}) \end{cases}$$

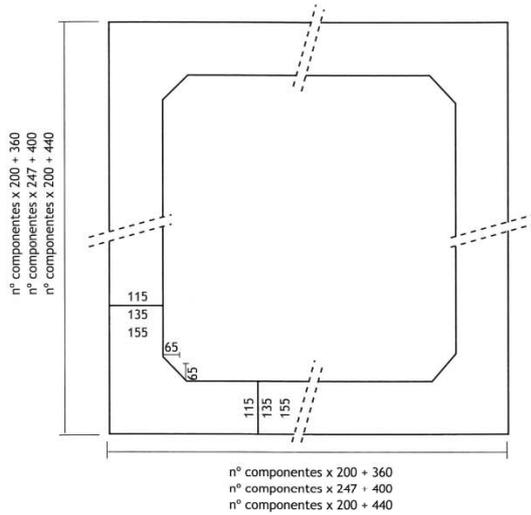


Área do Depósito em função do seu número de elementos

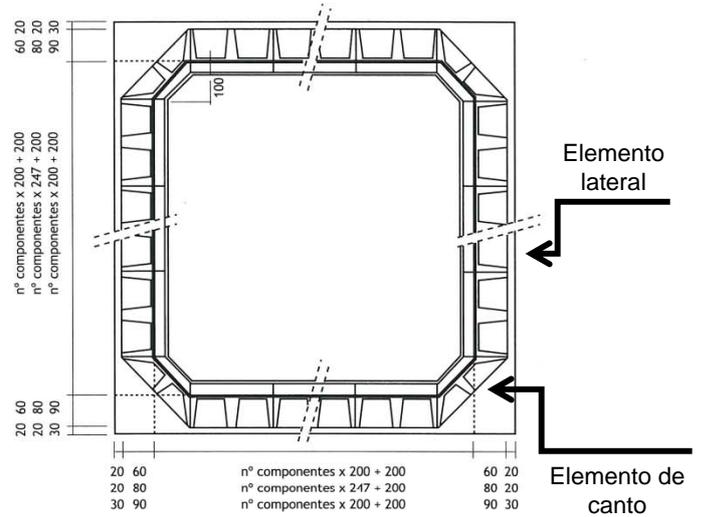
N.º Elementos	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Área Interna (m²) Elementos 2.70, 5.00 e 6.00 m	52	60	70	79	90	101	113	125	138	152	166	181	197	213
Área Interna (m²) Elementos 3.70 m	81	94	109	124	140	158	176	196	216	237	260	283	307	333

Depósitos rectangulares

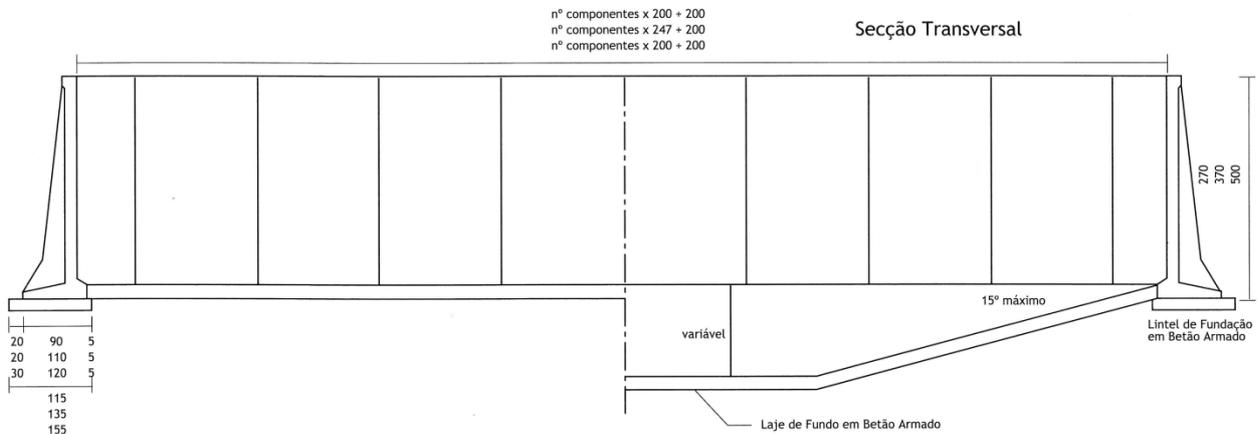
Planta da Fundação



Planta do Depósito



Secção Transversal



Área do Depósito em função do seu número de elementos laterais

N.º Laterais direção Y	N.º Laterais direção X									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	14,00	22,00	30,00	38,00	46,00	54,00	62,00	70,00	78,00	86,00
	18,25	29,50	40,75	52,00	63,25	74,50	85,75	97,00	108,25	119,50
2	22,00	34,00	46,00	58,00	70,00	82,00	94,00	106,00	118,00	130,00
	29,50	47,00	64,50	82,00	99,50	117,00	134,50	152,00	169,50	187,00
3	30,00	46,00	62,00	78,00	94,00	110,00	126,00	142,00	158,00	174,00
	40,75	64,50	88,25	112,00	135,75	159,50	183,25	207,00	230,75	254,50
4	38,00	58,00	78,00	98,00	118,00	138,00	158,00	178,00	198,00	218,00
	52,00	82,00	112,00	142,00	172,00	202,00	232,00	262,00	292,00	322,00
5	46,00	70,00	94,00	118,00	142,00	166,00	190,00	214,00	238,00	262,00
	63,25	99,50	135,75	172,00	208,25	244,50	280,75	317,00	353,25	389,50
6	54,00	82,00	110,00	138,00	166,00	194,00	222,00	250,00	278,00	306,00
	74,50	117,00	159,50	202,00	244,50	287,00	329,50	372,00	414,50	457,00
7	62,00	94,00	126,00	158,00	190,00	222,00	254,00	286,00	318,00	350,00
	85,75	134,50	183,25	232,00	280,75	329,50	378,25	427,00	475,75	524,50
8	70,00	106,00	142,00	178,00	214,00	250,00	286,00	322,00	358,00	394,00
	97,00	152,00	207,00	262,00	317,00	372,00	427,00	482,00	537,00	592,00
9	78,00	118,00	158,00	198,00	238,00	278,00	318,00	358,00	398,00	438,00
	108,25	169,50	230,75	292,00	353,25	414,50	475,75	537,00	598,25	659,50
10	14,00	22,00	30,00	38,00	46,00	54,00	62,00	70,00	78,00	86,00
	119,50	187,00	254,50	322,00	389,50	457,00	524,50	592,00	659,50	727,00

Elementos de 2.7, 5.0 e 6.0 m

Elementos 3.7 m

3.3 Projeto

O projeto estrutural, incluindo a definição das fundações, é da responsabilidade da Mota-Engil.

A conceção dos painéis de parede foi alvo de um estudo por elementos finitos. Esse estudo permitiu desenvolver um processo simplificado de cálculo destes painéis, sempre conservativo, que é utilizado em projeto.

A metodologia baseia-se na consideração de um certo comprimento de soleira a trabalhar em conjunto com os elementos prefabricados, encontrando-se estes últimos encastrados nesse comprimento de soleira.

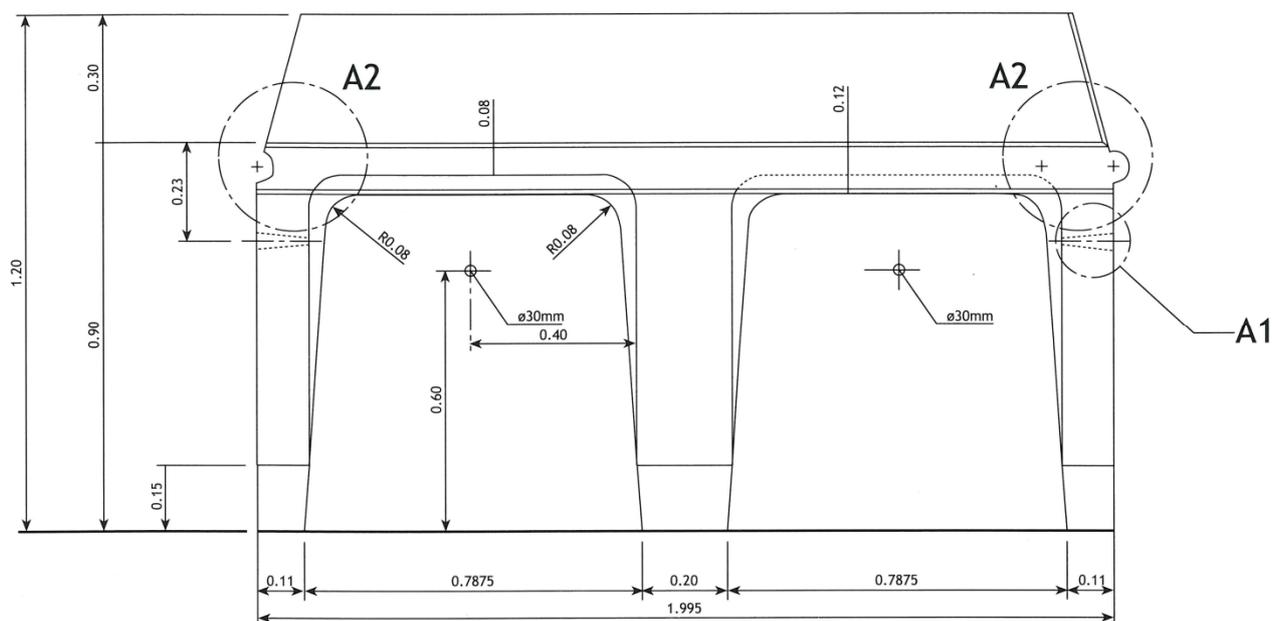
O projeto contempla, ainda, a verificação dos vários elementos estruturais (fundações, lintéis de fundação, elementos de parede prefabricados, paredes interiores, soleira, vigas e pilares prefabricados de suporte da cobertura e laje de cobertura) para as várias fases de montagem/execução e de serviço. No caso particular dos elementos prefabricados são tidas em consideração as fases de descofragem, manuseamento, transporte e situações transitórias de montagem.

É fornecido o projecto ao cliente que inclui:

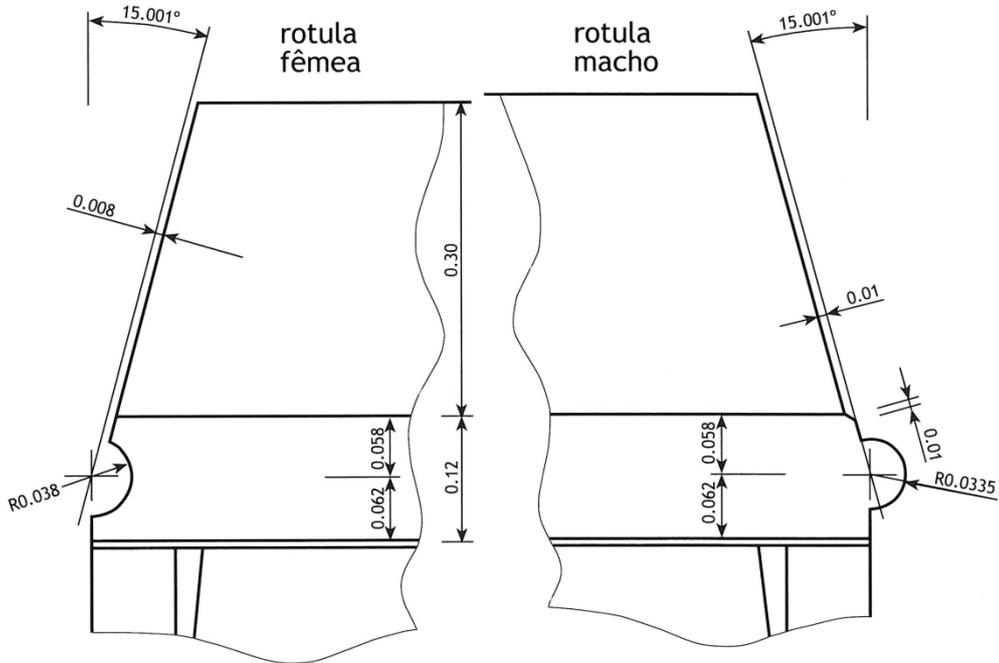
As peças desenhadas, com o detalhe necessário à elaboração dos trabalhos e implantação da obra

As peças escritas, que inclui uma descrição de todo o processo e a apresentação dos resultados dos cálculos efectuados.

Refira-se que na elaboração do projeto é tida em conta toda a regulamentação nacional em vigor adequada para o efeito.

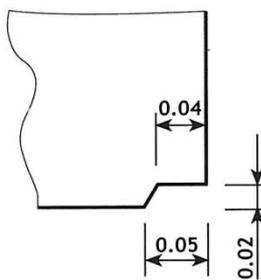
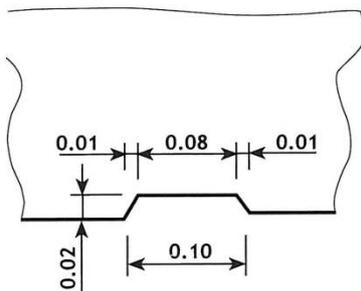


Pormenor A2



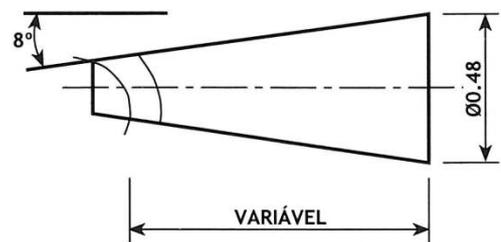
Pormenor A3

(entalhe para alinhamento manual de elemento)



Pormenor A1

(furo para movimentar o elemento)



3.4 Fabrico

O fabrico das peças prefabricadas é feito numa ou em ambas as unidades fabris da Mota-Engil, Nelas ou Rio Maior. Pode ainda ser feito em local alternativo que a Mota-Engil designe para o efeito, desde que garantidos todos os requisitos de qualidade e de controlo de produção.

As peças são executadas em moldes metálicos específicos desta tecnologia, recorrendo-se a um betão com uma classe de resistência mínima C30/37 e ao aço A500NRSD.



O corte e dobragem das armaduras são feitos de forma industrial, a partir de máquinas concebidas para o efeito. A montagem das mesmas é efetuada garantindo-se os recobrimentos definidos em projeto e a validação de todos os parâmetros do controle de qualidade.

As elevadas resistências

iniciais permitem a execução de uma peça/dia/molde.

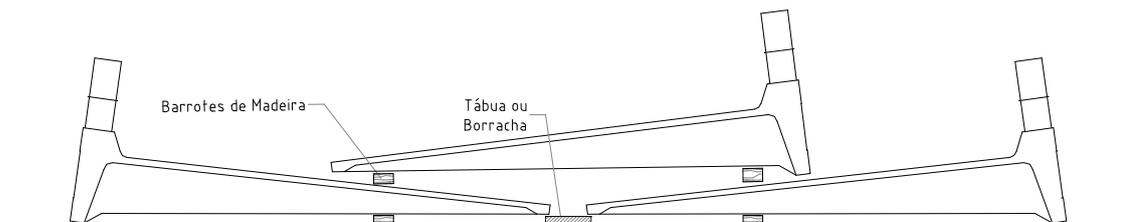
Todo o processo de fabrico, incluindo a verificação geométrica das peças, rege-se pela norma EN 13225 (elementos lineares estruturais), permitindo a atribuição da marcação CE a estes elementos.

O manuseamento, o armazenamento e o transporte das peças são efetuados obedecendo a processos estudados e pré-definidos de forma a evitar quaisquer danos nas peças. Em peça

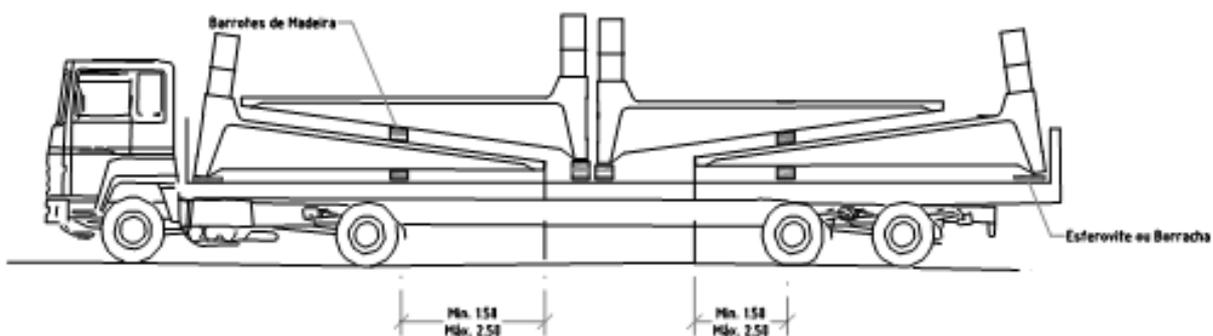
desenhada anexa apresenta-se esquema com algumas especificações genéricas que são tidas em conta para estes elementos.



Exemplo do armazenamento dos painéis de parede em parque



Exemplo do acondicionamento para transporte dos painéis de parede



3.5 Fundações

A obtenção de uma fundação adequada para este tipo de estruturas é fundamental para o seu conveniente funcionamento. Apesar das tensões descarregadas pelos lintéis de fundação serem baixas (ver esquema com a apresentação dos vários tipos de elementos de parede) é fundamental que o terreno de fundação apresente considerável homogeneidade. Caso tal não ocorra, dever-se-ão tomar medidas conducentes à obtenção de tal homogeneidade (por exemplo, a partir de substituições de solos).

Sendo as tensões induzidas pelo depósito normalmente baixas, as dimensões dos lintéis de fundação (espessura e largura), a executar no local sob os elementos prefabricados de parede, são normalmente constantes para cada tipo de altura standard de depósito.

Os lintéis de fundação têm a dupla função de servir como base de apoio para a montagem destes elementos prefabricados e de degradar as cargas induzidas pelo depósito aos terrenos de fundação. De salientar a importância de um bom acabamento atalochado da sua superfície, devendo esta ser lisa e desempenada para permitir um apoio perfeito dos elementos prefabricados.

Apesar do exposto, para a elaboração do projeto de execução e definição das soluções de fundação, é sempre essencial a obtenção de uma caracterização geológico-geotécnica dos terrenos de fundação.

A geometria das sapatas de fundação dos pilares de apoio da cobertura é sempre definida em função das cargas descarregadas pelos pilares e da capacidade portante do terreno de fundação.

No caso de implantação de depósitos em zonas baixas, em terrenos com presença de água, deverá ser prevista uma conveniente drenagem destes, prevenindo-se percolações de água que possam gerar assentamentos diferenciais, provocando eventuais danos na estrutura do depósito.



3.6 Trabalhos em obra e de montagem

Após a preparação do terreno de fundação e execução das fundações são posicionados os elementos prefabricados de parede.

No caso de reservatórios circulares, o projeto contempla os pontos coordenados das juntas entre elementos prefabricados de parede, a marcar sobre o lintel de fundação. Esses pontos serão marcados pelo cliente e são essenciais para a conveniente montagem das peças.

Os elementos de parede prefabricados são montados, por equipa especializada da Mota-Engil, por justaposição lateral, materializando-se as paredes do reservatório, com a geometria pretendida em planta.

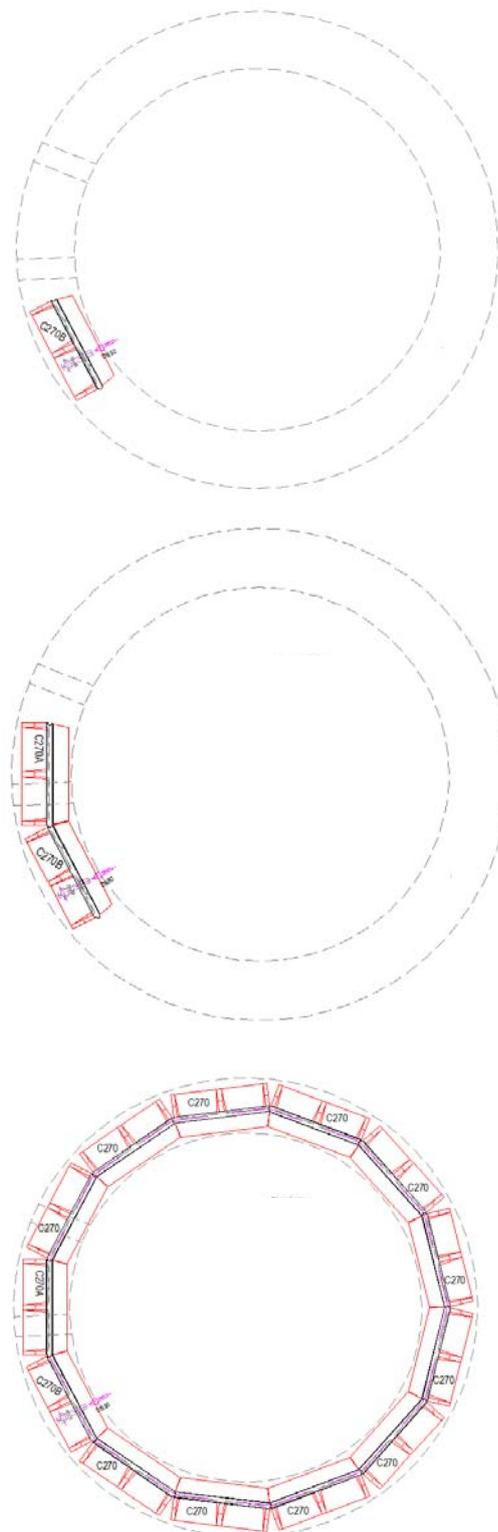
No caso de reservatórios com zonas circulares ou ovais, os elementos de parede são munidos de encaixes macho-fêmea laterais.

Apenas como elemento indicativo de rendimento de montagem, um reservatório com cerca de 30 elementos de parede demora cerca de 2 dias a montar.

Para que a montagem seja possível é ainda necessário prever o adequado acesso ao local de guas e camiões, normalmente semi-reboques.

Refira-se que não existe uma ligação de continuidade entre os lintéis de fundação e os elementos prefabricados, nem tão pouco entre a soleira e estes lintéis, existindo apenas contacto.

Os elementos prefabricados são munidos de armaduras em espera que ficam embebidas na soleira betonada no local, materializando desta forma a continuidade entre estes elementos. Estas armaduras em espera são ainda emendadas por sobreposição a partir de armaduras complementares a incluir na soleira.



No caso de elementos prefabricados com caleira interior (por exemplo para depósitos de ETAR's com ponte raspadora) é dada continuidade entre trechos de caleira e de viga de coroamento a partir de betonagem no local.

Após a montagem de todos os elementos prefabricados de parede (parede perimetral e eventuais septos interiores) e dos eventuais pilares de apoio da cobertura é então betonada a soleira do depósito, incluindo-se eventuais caixas, como são exemplo os depósitos de água potável, para alojar as descargas de fundo e tomada de águas.

Antes ainda da betonagem da soleira, deverá ser aplicado um colchão drenante sob a mesma, normalmente uma caixa de brita.

No caso da existência de paredes interiores a executar no local, estas deverão ser feitas imediatamente após a execução da soleira.

No caso de reservatórios de água, as juntas entre elementos prefabricados são então seladas recorrendo-se a um produto selante (mástique) adequado ao tipo de líquido a conter e com capacidade elástica suficiente para a absorção dos deslocamentos relativos entre elementos. Por exemplo, no caso de a água ser potável, o produto de selagem a utilizar será adequado para esse efeito, não reagindo com a água.

A aplicação do mástique nas juntas verticais é sempre executada por equipa especializada da Mota-Engil.

As paredes interiores do reservatório, por uma questão de protecção adicional ao betão, poderão ou não ser revestidas por pintura anticorrosiva adequada. A necessidade ou não desta pintura é definida pelo tipo de líquido a conter. Se o líquido apresentar um pH neutro ou ligeiramente básico é possível a não utilização de pintura de protecção anticorrosiva, atendendo às características de grande compacidade dos nossos betões.

Por fim, é montada a estrutura da cobertura (vigas e lajes), quando esta existe.

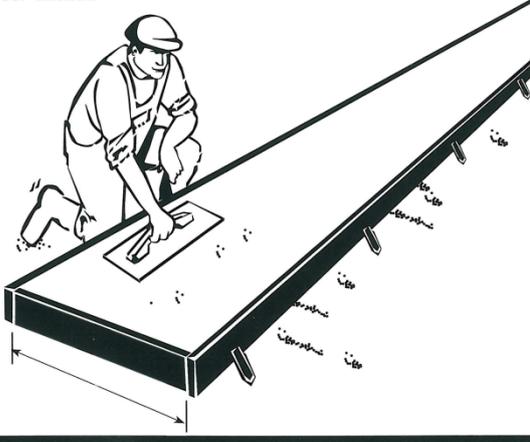
O aterro da zona circundante, caso o depósito seja enterrado, deverá efetuar-se no mínimo 15 dias após a última betonagem.

O enchimento do depósito, caso se trate de um reservatório de água, deverá efetuar-se no mínimo 10 dias após a vedação das juntas e apenas desde que o betão da soleira já tenha atingido no mínimo 90% da resistência definida em projeto.

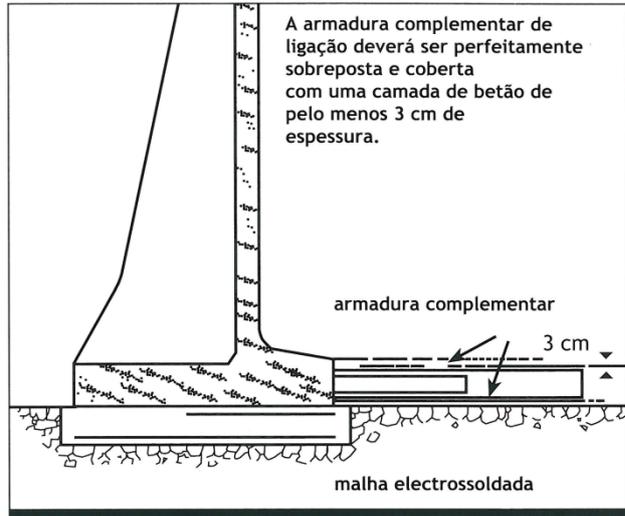
Tendo em vista evitar a deterioração das selagens entre elementos, o enchimento do depósito deverá efetuar-se até 6 meses após a aplicação do mástique de selagem.



Após ter regularizado perfeitamente os pequenos desníveis existentes na superfície de apoio, esta deverá ser alisada

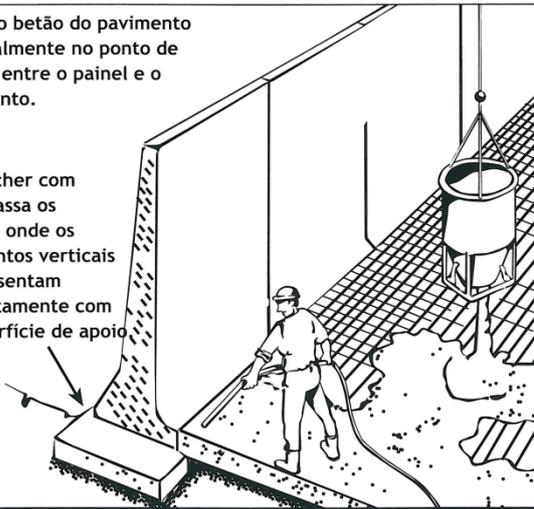


A armadura complementar de ligação deverá ser perfeitamente sobreposta e coberta com uma camada de betão de pelo menos 3 cm de espessura.



Vibrar o betão do pavimento especialmente no ponto de junção entre o painel e o pavimento.

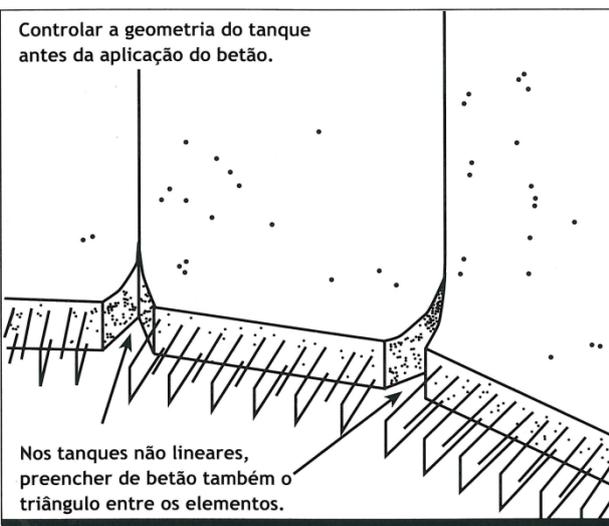
Preencher com argamassa os pontos onde os elementos verticais não assentam perfeitamente com a superfície de apoio



Queimar o pavimento da laje de fundo com pó de cimento.

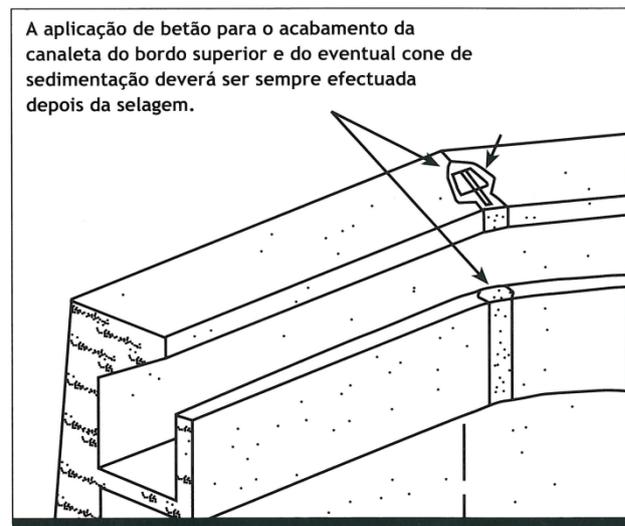


Controlar a geometria do tanque antes da aplicação do betão.



Nos tanques não lineares, preencher de betão também o triângulo entre os elementos.

A aplicação de betão para o acabamento da canaleta do bordo superior e do eventual cone de sedimentação deverá ser sempre efectuada depois da selagem.



3.7 Manutenção

Durante o primeiro ano de utilização deverá ser efetuado um controlo do comportamento das juntas face a deslocamentos diferenciais, tendo como objetivo corrigir a vedação das mesmas, caso necessário.

Após o primeiro ano e de 5 em 5 anos, deverá ser verificado o estado de vedação das juntas.

4) Vantagens da solução

Como vantagens económicas podem-se destacar as seguintes:

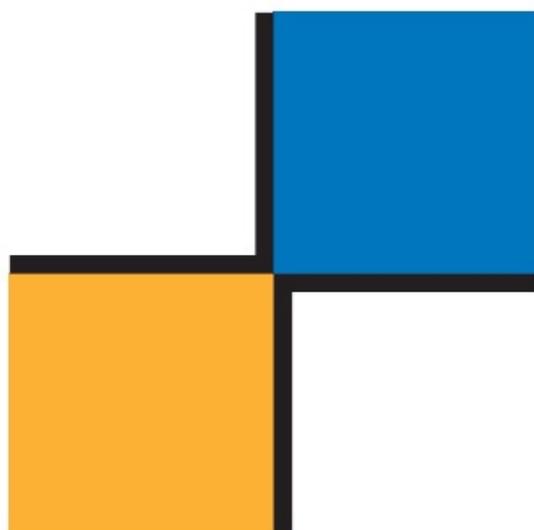
- Redução relevante do custo, no caso de reservatórios de volume superior a 2.000 m³;
- Enorme rapidez de execução (2 a 3 dias para a montagem dos elementos de parede prefabricados), com a conseqüente diminuição de perturbações que estas obras sempre causam nos locais onde são executadas;
- Redução de mobilização de meios materiais e humanos;
- Entrada em utilização em tempo mais reduzido face às soluções tradicionais betonadas no local;
- É possível a execução de reservatórios de água sem a aplicação de pintura de proteção nas paredes.

As principais vantagens técnicas residem na grande qualidade e uniformidade dos elementos prefabricados através de um controle apertado da sua produção, com equipamentos e em instalações adequadas para o efeito, garantindo-se os recobrimentos exigidos em projeto e o devido posicionamento das armaduras.

Refira-se ainda a possibilidade de durante a execução das peças serem logo à partida introduzidos os passa-muros.

Face aos reservatórios circulares com pós-tensão, a presente solução é de mais fácil execução, envolvendo menos recursos.

A solução garante a observância de toda a regulamentação em vigor.



MOTA-ENGIL

ENGENHARIA
PREFABRICADOS