

TEMÁRIO – FUNDAÇÕES 1- PROJETOS E DESEMEMHO

SILO MULTICAMARA- UMA FUNDAÇÃO EM SAPATA ESTAQUEADA - FINAL

**MÁRIO CEPOLLINA
LUIS F. MEIRELLES CARVALHO**

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de desempenho de um projeto de fundação de um silo multicamara de cimento com capacidade de estocagem de 130000 KN, em região de rocha calcária, da Fábrica de Cimento Itaú de Minas localizada na Rodovia MG – 050, Trevo – Km 341, apresentado no SEFE III (1996), onde se desenvolveu um projeto de fundação em sapata estaqueada com a finalidade de tirar proveito das razoáveis características do solo superficial, com complementação de resistência portante através de estacas pré-moldadas atuando como elementos redutores de recalque.

INTRODUÇÃO

Neste trabalho será apresentado o resultado de desempenho e performance de um silo cuja concepção básica segue abaixo:

Diâmetro	18,60 metros
Capacidade de carga	130000 KN
Altura	55,00 metros

Resumidamente o projeto de fundações se constitui de:

63 estacas pré moldadas de de diâmetro 50 cm com comprimentos de 12,00 m

Radier de forma anelar com diâmetro médio 8,425 m , largura do anel 7,00 m apoiado nas estacas,

Foram também previstas placas de isopor na cabeça das estacas com espessuras da ordem de 3 a 6 cm a fim de possibilitar que a sapata comece a trabalhar antes que as estacas e como equalizador de recalques.

Demais detalhes sobre o silo e o projeto ver SEFE III – 1996.

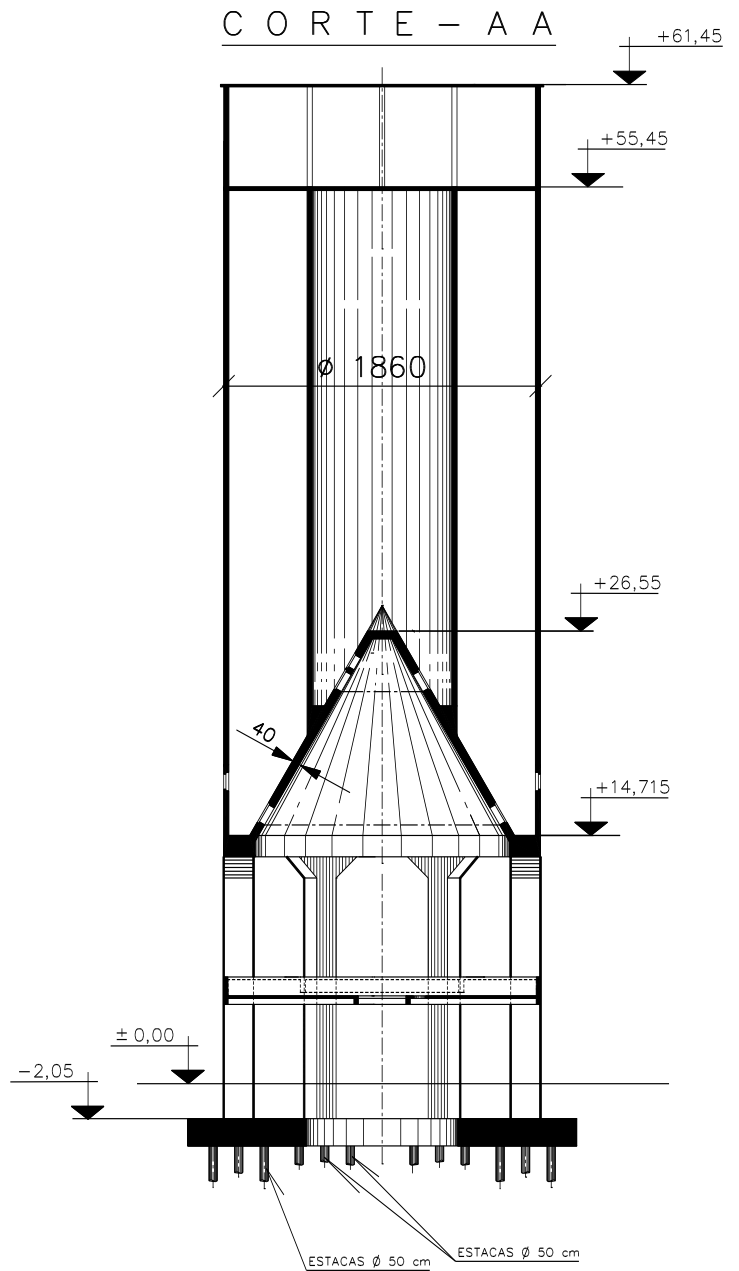
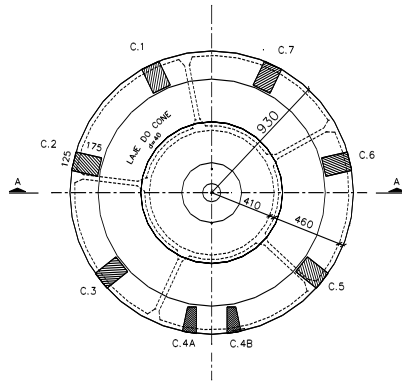
O silo foi executado no ano de 1996 e concluído e posto em operação no começo do ano de 1997, sob a coordenação das obras do Engo Humberto dos Reis Filho.

DESCRIÇÃO SUMARIA DA ESTRUTURA

A estrutura constituída em concreto armado, conforme mostrado na figura abaixo, com uma altura de 55 metros e um diâmetro de 18,60 metros, formada por 6 ceptos internos, estando o silo propriamente dito a cerca de 12 metros de altura sobre 8 pilares de 1,75 por 1,00 metros, distribuídos na periferia do silo. Portanto como descrito trata-se de uma estrutura extremamente rígida.

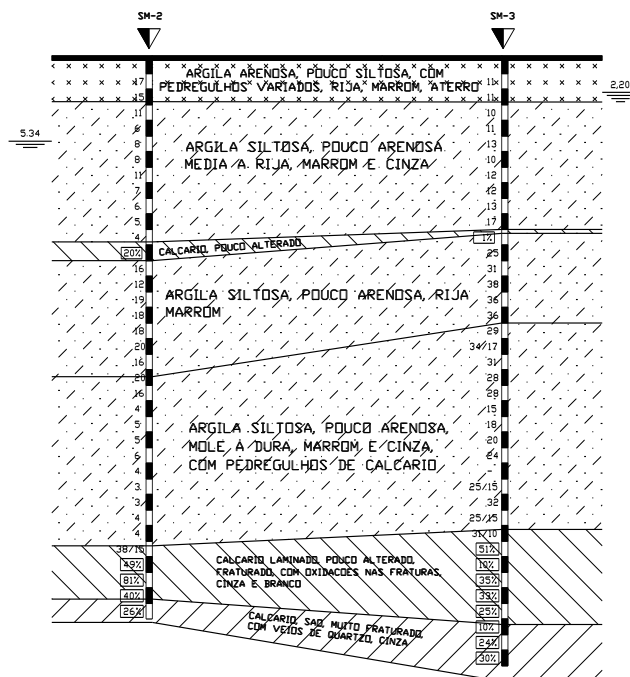
Os pinos para medição de recalque foram colocados nos 8 pilares , a cerca de 1,50 metros do chão, nas planilhas e gráficos com as medidas de recalque os pontos de medição estarão desta forma designados.

FORMA DO NIVEL + 14,715



DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO SILO.

Na figura abaixo, encontra-se exposta o perfil geotécnico representado pelas sondagens de No 02 e 03 de uma série de 8 sondagens.



Como se vê claramente nestes ensaios trata-se de um solo predominantemente argiloso sobre rocha calcária, sendo que o solo que se encontra sobre o substrato de rocha calcária é de origem sedimentar com camadas fortemente sobreadensadas, e que ao se aproximar do substrato rochoso o solo já começa a apresentar baixíssimos índices de penetração no ensaio de SPT, já indicando a presença de cavernas na rocha calcária, esta situação é mostrada na sondagem de No 02, porém na sondagem de No 03 esta situação não é observada o que confere um caracter heterogeneo ao subsolo.

CARGAS ATUANTES NA FUNDAÇÃO

As cargas atuantes na fundação em cada pilar que são em número de sete, são de, 30000 KN com o silo cheio de material e de 7000 KN com o silo vazio, (os pilares de Nos 08 e 09 são considerados para efeito de carga na estrutura como sendo apenas um). Desta forma teremos cerca de 210000 KN como carga total com o silo cheio e 49000 KN com o silo vazio.

RECALQUES PREVISTOS E COMPORTAMENTO DA FUNDAÇÃO

Este tipo de estrutura admite recalques bem superiores aos aceitos para outros tipos de estruturas como prédios residenciais ou comerciais. Havia ainda assim a preocupação com a sondagem de No 03 da primeira bateria de sondagens que não acusava a camada de solo mole a profundidades acima de 23 metros, fato este que poderia provocar recalques diferenciais na estrutura que conforme sua magnitude aí sim ser inaceitável para o projeto. Esta situação foi analisada e concluiu-se que os valores calculados eram admissíveis para este tipo de estrutura.

Foram previstos recalques totais da ordem de 15 cm e diferenciais de 7 cm.

ACOMPANHAMENTO DO COMPORTAMENTO DA FUNDAÇÃO

Foram instalados pinos que permitiram fazer as leituras de recalques através de nível ótico de precisão de décimo de milímetro, também foi instalado pinos para leitura de níveis nas estruturas próximas até uma distância de 30 m da face do silo, com cronograma de leitura abaixo descrito:

1. Durante a construção foram feitas leituras mensais nesta fase
2. O primeiro enchimento
3. No primeiro mês de funcionamento com 65% da carga do silo, com leituras duas vezes por semana

4. Durante os seis meses seguintes a liberação do silo com carga normal, com medições mensais de recalque

Em cada leitura constou o peso aproximado da estrutura e equipamentos, e os resultados seguem abaixo:

Conclusões

Das 35 leituras de recalques do silo multicamara e pinos próximos concluímos que:

1. Os recalques do silo estão essencialmente estabilizados, conforme mostra o gráfico recalque x tempo anexo para o último estágio (carga total).
2. Ademais, podemos dizer que os valores totais estão perfeitamente dentro da faixa de valores estimados na faixa de projeto, que eram de 7 a 15 cm, enquanto que o recalque diferencial que tinha sido estimado em cerca de 7 cm, foi de somente 3,0 cm, em função da ação benéfica das placas de isopor com diferentes espessuras que foram colocadas sobre as estacas com a finalidade de minimizar os diferenciais.

Deve ser esclarecido que logo nas primeiras leituras foi observado que, entre duas leituras consecutivas a coluna C-7 teria apresentado um aumento de recalque desproporcional às demais. Tendo em vista a rigidez quase infinita da estrutura, monitoramento, devem sempre pertencer a um plano hipotético. Com este raciocínio podemos concluir que houve algum problema no sistema de medições que provocou este aparente recalque adicional, e seu valor foram calculados em 33 mm. Assim, de todas as leituras mais recentes de recalque de C-7 deve ser subtraídas o valor acima.

Outro aspecto que vale comentar é que os maiores recalques ocorreram do lado onde o solo é melhor, isto se deu porque a espessura do isopor sob estes pilares é maior, ou seja, o artifício para diminuir o recalque diferencial foi exagerado.

3. Em função disto julgamos que o silo está liberado para esvaziamento.
4. Recomendamos, de início, que se efetuem medidas mensais do recalque por período de 6 meses, com estimativa da carga atuante no momento da medição.
5. Deverá ser dada preferência a executar leituras quando o silo estiver cheio, podendo-se até alterar a periodicidade das leituras de forma a esperar a data de quando estiver com carga total.
6. Não há necessidade de se continuar a monitorar o recalque das estruturas próximas, com exceção de P1, que é próximo ao silo e ainda apresenta progressão do recalque.

BIBLIOGRAFIA

-Designs Methods For Pile Groups And Piled Rafts (XIII ICSFMFE, 1994. New Delhi, India/ XIII CIMSTF, 1994, New Delhi- India)- M.F. Randolph.

-Utilização de Estacas Como Elementos Redutores de Recalques-Artigo publicado na revista Construção Pesada - Fevereiro de 1982- Mário Cepollina.

- Silo Multicamara - Uma fundação em sapata estaqueada. SEFE III- 1996- Mario Cepollina- Luis f. Meirelles Carvalho