



REPÚBLICA DE ANGOLA
MINISTÉRIO DA CONSTRUÇÃO
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE ANGOLA

A CONSTRUÇÃO DE CAVES SUBMERSAS NA REGIÃO DE LUANDA

AUTORIA

Rui M C S Marques

5.º ENCONTRO TÉCNICO-CIENTÍFICO DOS LABORATÓRIOS DE ENGENHARIA DA CPLP

Luanda – 10 de Março de 2014

1. INTRODUÇÃO

O Aumento da População de Luanda e a elevada pressão sobre a procura de espaços para habitação, escritórios, serviços públicos, equipamentos sociais, áreas de lazer, estacionamento de viaturas, têm levado a uma sobre utilização dos espaços existentes e/ou disponíveis.

Para um “melhor” aproveitamento dos espaços existentes, a especulação imobiliária tem preferencialmente sacrificado as construções de pequeno a médio porte e substituindo-as por construções de grande porte. Actualmente constroem-se edifícios cada vez de porte maior, oferecendo múltiplos andares de estacionamento subterrâneo.

Sem qualquer estudos de suporte de tráfego e muitas vezes mesmo com deficientes estudos geotécnicos, constroem-se edifícios com cinco e sete caves de estacionamento com a maior das displicências, que a ausência de legislação, quer no que respeita o PDM, quer também no que respeita de códigos de construção adequados para o efeito.



A construção de múltiplas caves exige além de estudos de campo de prospecção geotécnica, um conhecimento adequado do comportamento dos solos em presença na região de Luanda, algum grau de especialização em projectos de geotecnia e experiência em obras similares por parte do empreiteiro.

O LEA tem sido solicitado com muito maior frequência, devido a ocorrência de anomalias em edifícios sobretudo àqueles que confinam, com obras onde estejam a ser executadas múltiplas caves.

Em geral a ocorrência de anomalias em edifícios vizinhos surgem durante a execução de escavações profundas. Essas anomalias são mais relevantes quando durante a escavação ocorre a presença de água. A ocorrência de água durante escavações profundas não é o uma caso tão incomum na região de Luanda. A ocorrência de água no subsolo além de ocorrer obviamente na orla costeira, também surge em várias zonas na região do “plateau” de Luanda



2. SOLOS PREDOMINANTES

Na orla costeira, os solos predominantes são areias marinhas que podem atingir grandes possanças e aterros provenientes dos morros, sobrejacentes a camadas de argilas impermeáveis, que em algumas áreas podem atingir mais de uma centena de metros, e em alguns casos formações calcárias. Nessa região, em geral, o nível freático no subsolo encontra-se muito alto e sofre a influência das marés.

No “plateau” de Luanda o solo predominante numa vasta é o solo denominado da formação *musseque* ou *quelo*. A seguir o outro solo que predomina é o solo da formação cazenga, constituído na sua maioria por argilas negras.

O solo musseque é um solo de comportamento colapsível, em geral sobrejacente a camadas de argilas e em alguns casos de siltes sem consistência.



3. CONSIDERAÇÕES SOBRE OCORRÊNCIA DE ANOMALIAS

A ocorrência de anomalias em edifícios vizinhos de construções onde estejam a ser executadas escavações profundas devem-se sobretudo, aos seguintes fenómenos, que isoladamente ou de forma conjugada potenciam a ocorrência das anomalias:

3.1 Escavação Profunda em Solos Húmidos

Preocupações a ter em atenção

- Deslizamento de taludes;
- Escoamento ou rotura do terreno de undação;
- Descompressão do terreno de fundação por desconfinamento do terraplino;
- Carreamento de solos pela percolação da água subterrânea;
- Rebaixamento do nível freático;
- Rotura hidráulica e liquefacção de solos.

Durante o processo de escavação e do rebaixamento freático origina-se um processo de descompressão do terraplino adjacente. A descompressão é tanto maior quanto maior é a profundidade da escavação e a subpressão hidrostática. Em alguma altura desse processo, em algum nível se poderá atingir a rotura do solo.



3.2 Rotura Hidráulica

Basicamente a rotura hidráulica ocorre quando durante a escavação, o peso das terras é inferior a força ascensional da água, atingindo-se assim o fenómeno de liquefacção dos solos. Quando ocorre o fenómeno o solo perde a sua resistência, provocando danos na estrutura nele fundada

Essa situação será tanto pior quanto maior for a necessidade de se rebaixar o nível freático. O rebaixamento freático a grande profundidade potencia além do (1) escoamento de grandes volumes de água, (2) a consequente diminuição das tensões efectivas e perda de capacidade de resistente do solo de fundação e (3) o carreamento de grandes volumes do solo das fundações.

3.3 Escoamento ou Rotura do Terreno de Fundação

Quando a escavação do terreno onde se encontram a construir as caves atinge um nível inferior ao da base das fundações dos edifícios vizinhos, os solos sobre o qual repousam essas fundações tenderão a deslocar-se para a área da escavação, provocando assentamentos nas fundações existentes.

Essa situação será tanto pior quanto maior for a necessidade de se rebaixar o nível freático. O rebaixamento freático a grande profundidade potencia além do (1) escoamento de grandes volumes de água, (2) a consequente diminuição das tensões efectivas e perda de capacidade de resistente do solo de fundação e (3) o carreamento de grandes volumes do solo das fundações.



3.4 Mecanismo de Funcionamento da Parede de Retenção

Dependendo do 'desnível a vencer os muros de retenção funcionam a flexão, ficando a sua estabilidade dependente do desenvolvimentos das tensões passivas do lado do lado do terreno vizinho.

As tensões passivas são absorvidas pelo comprimento das estacas ou muro de fundação das paredes na base dos muros, assim como da armadura com as quais são armadas para resistirem aos esforços de flexão. Uma acentuada esbelteza da parede de retenção poderá conferir uma excessiva flexibilidade da parede levando a um aumento da descompressão dos solos de fundação do terrapleno vizinho.

3.5 Descompressão do Terrapleno Confinado pelo Muro de Contenção

A parede de retenção não sendo suficientemente rígida, isto é, por eventual subavaliação das características dos terrenos de fundação, o seu dimensionamento poderá não ser o mais adequado. Sendo as parede de contenção demasiado flexíveis para suportar de forma segura a pressão do terrapleno, sujeita-se a deformações a diferentes níveis condicionadas pelas entivações, quer sejam provisórias, quer sejam definitivas constituídas pelas lajes dos pisos das caves. Essas deformações provocam assim o desconfinamento do terrapleno, sendo assim também responsáveis pela redução da capacidade de suporte dos solos de fundação e por consequências dos assentamentos das fundações dos edifícios.



3.6 Efeitos da Construção de Caves Profundas

A construção de caves profundas e em grande extensão trará certamente para o subsolo de Luanda imensos problemas que por ora não se revelam, por encontrarem escondidos. A profusão de construção de caves de grande profundidade irá levar a criação de constrangimentos e alteração das dinâmicas de circulação de águas subterrâneas, fazendo com que fundações que nunca estiveram submersas passem a estar, enquanto que fundações que sempre estiveram submersas deixarão de estar, provocando alterações de comportamento dos solos.

3.5 Descompressão do Terrapleno Confinado pelo Muro de Contenção

A parede de retenção não sendo suficientemente rígida, isto é, por eventual subavaliação das características dos terrenos de fundação, o seu dimensionamento poderá não ser o mais adequado. Sendo as paredes de contenção demasiado flexíveis para suportar de forma segura a pressão do terrapleno, sujeitam-se a deformações a diferentes níveis condicionadas pelas entivações, quer sejam provisórias, quer sejam definitivas constituídas pelas lajes dos pisos das caves. Essas deformações provocam assim o desconfinamento do terrapleno, sendo assim também responsáveis pela redução da capacidade de suporte dos solos de fundação e por consequências dos assentamentos das fundações dos edifícios.



4. EXEMPLOS DE OCORRÊNCIA DE ANOMALIAS

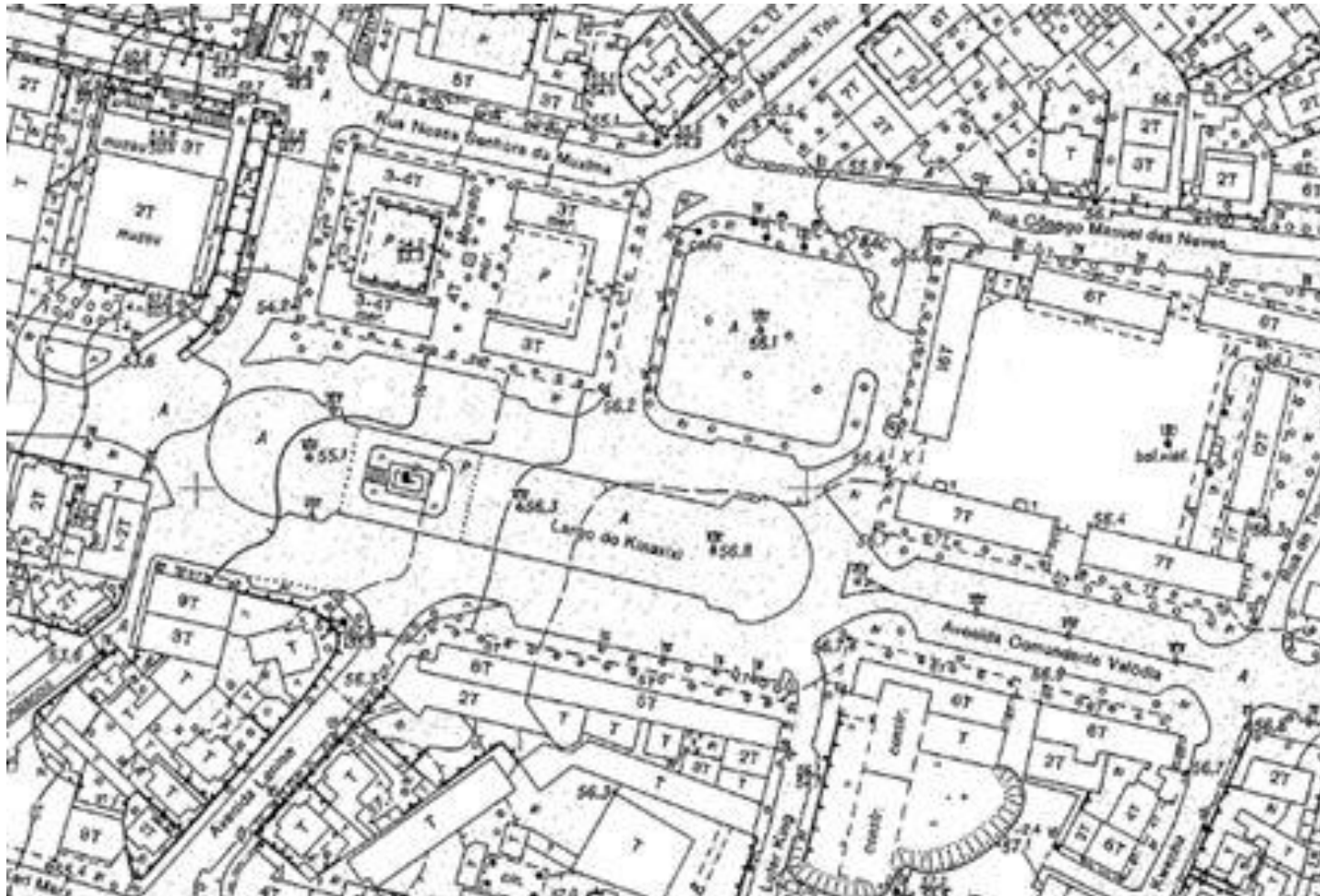
De entre dezenas de anomalias que todos os dias ocorrem, sobretudo em Luanda, gostaríamos de apresentar apenas 3 que se podem considerar representativos do universo do que constituem hoje as grandes obras que envolvem a construção de caves profundas e respectivas escavações.

Além dos casos que se apresentam, torna-se urgente uma reflexão profunda e atenta sobre os pontos abaixo:

- A execução de fundações inadequadas para o porte de edifícios e não compatíveis com os solos de fundação prevalecentes;
- A construção de paredes de contenção periférica com a utilização de sistemas de ancoragens inadequados para os solos em presença;
- Necessidade de se levar em atenção sobre a forma sazonal e esparsa de ocorrência das chuvas nesta região.



REGIÃO DO KINAXIXI



Excerto da Carta Aerofotogramétrica de Luanda, Folha N°4-B-11-a, 1989

REGIÃO DO KINAXIXI



- Parede de Contenção Periférica
- Edifício c/ Anomalias Reclamadas
- Edifício Cuca
- Restos da Antiga Lagoa do Kinaxixi



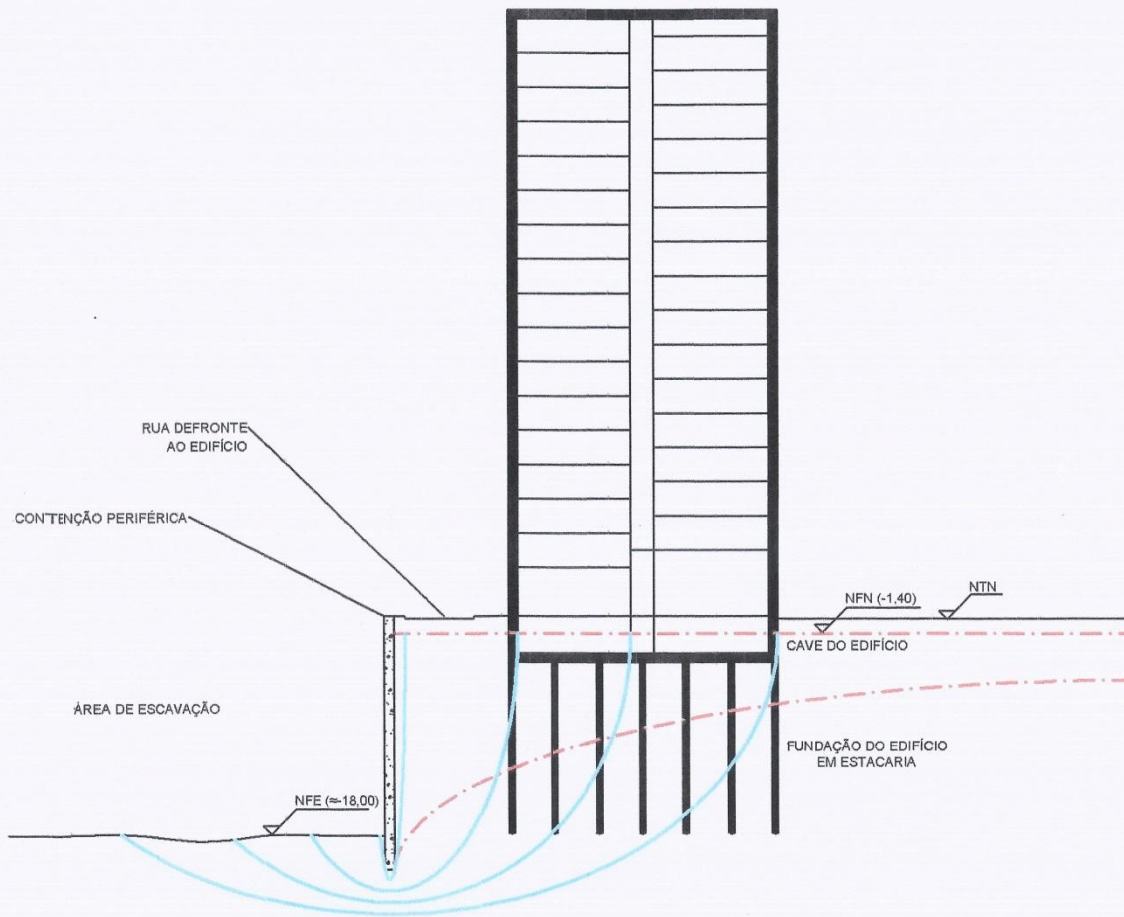
REGIÃO DO KINAXIXI



Última Imagem do Google

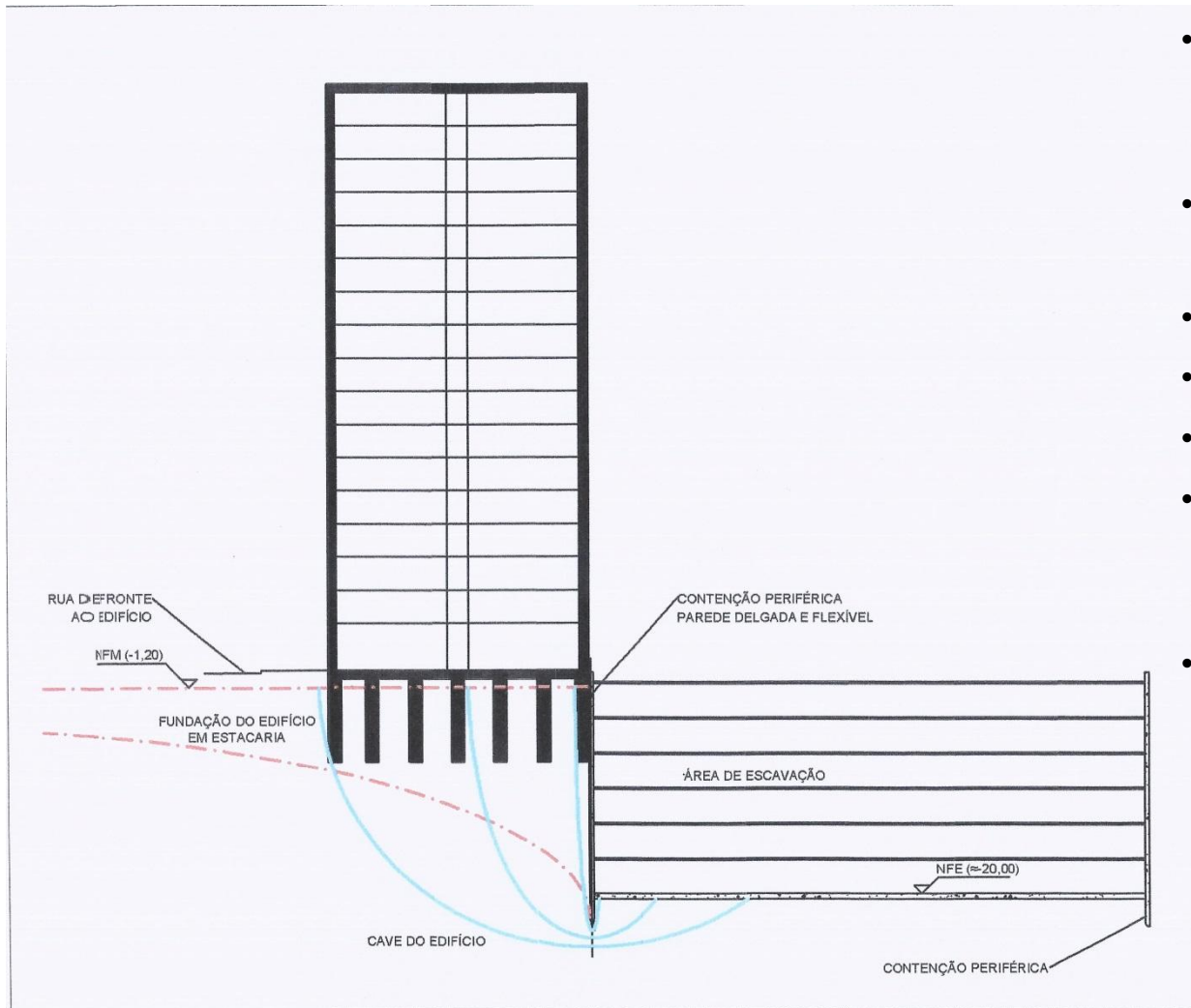
4.1 Edifício Cuca

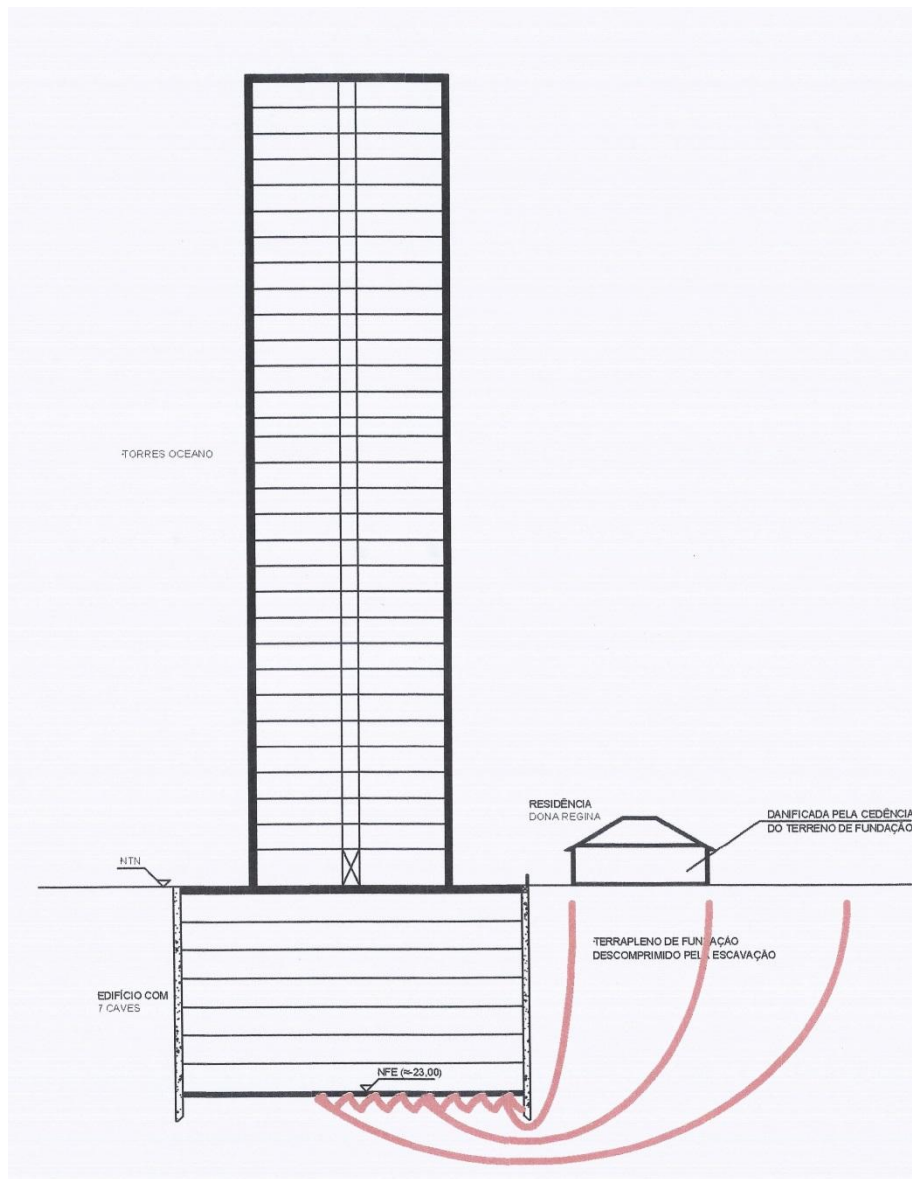
- Localização: Kinaxixi, Plateau de Luanda;
- Predominância de solos do tipo *musseque*, sobrejacente a uma camada de argila;
- Edifício de 16 pisos;
- Uma cave;
- Fundações por estacaria;
- Nível freático -1,40
- A escavação terá atingido -18,00, em simultâneo com o rebaixamento freático;
- As subpressões elevadas, devidas a percolação da água do terrapleno para a escavação, instabilizam os solos de fundação do edifício, levando-o a ruína.



4.2 Edifício Treme-Treme

- Localização: 2ª Linda da Marginal de Luanda, orla costeira;
- Predominância de areias marinhas e aterros vários;
- Edifício de 16 pisos;
- Fundações por poços;
- Nível freático -1,25
- A escavação terá atingido -20,00, em simultâneo com o rebaixamento freático;
- instabilização dos solos de fundação do edifício, e manipulação de esquadros de entivação levaram a ocorrência de assentamentos bruscos.





4.3 Residência Dona Regina

- Localização: Ingombota, Plateau de Luanda;
- Predominância de solos do tipo *musseque*;
- Edifício de 1 piso;
- Uma cave;
- A escavação profunda (-23,00) para construção das caves de um complexo de edifício "Torres Oceano" de 32 andares, descomprimiu o terrapleno onde se encontra fundada a casa da D. Regina, provocando danos acentuados.
- A escavação agravou a descompressão do terrapleno provocando o seu escorregamento e escoamento dos solos para a escavação.

5. RECOMENDAÇÕES

5. 1 Questões a Serem Respondidas pelas Entidades Intervenientes em Obra

Para efeito de avaliação de eventuais responsabilidades das partes intervenientes haverá que se fazer uma consulta circunstanciada da documentação técnica da obra que deverá constar dos seguintes documentos e que o empreiteiro deverá ter no escritório da obra:

- Estudo geológico-geotécnico com os resultados de ensaio de campo;
- Perfis geológico-geotécnicos;
- Projecto executivo dos seguintes trabalhos:
 - Parede de contenção periférica;
 - Escavação das caves, incluindo a sequência de etapas, sistema de entivação e o sistema de rebaixamento do nível freático;
 - Construção das estacas de fundação, maciços de encabeçamento, vigas de travamento e construção da laje de fundo;
 - Construção dos pilares, das lajes dos pisos, incluindo a sua sequência e a sequência da remoção das entivações;



- Programa de construção da contenção periférica e sequência de etapas;
- Profundidade e dimensões da escavação, sequência das etapas a serem atingidas e concomitante trabalho de entivação ou ancoragem;
- Levantamento das fundações das edificações vizinhas e das redes públicas de serviços;
- Autorização dos proprietários e autoridades competentes, caso tenham sido projectadas as ancoragens penetrarem no terreno vizinho;
- Relatório de inspecção de patologias nos edifícios vizinhos;
- Sistema de observação do comportamento da construção e respectivos dados:

Os elementos acima citados, além dos documentos de ordem legal, tal como licenças e alvarás, são indispensáveis a uma avaliação mais cuidada da obra em causa.



5. 2 Recomendações Gerais

Devido a maneira excessivamente recorrente como as construções de grandes obras, sobretudo de edifícios que envolvam a necessidade de se fazerem grandes escavações profundas e de se executarem obras de rebaixamento de nível freático, têm provocado efeitos negativos sobre infraestruturas públicas e edificações existentes nas proximidades.

O Projecto Executivo para a construção da Contenção Periférica e das Fundações, em conformidade com a tecnologia que seja do domínio do empreiteiro, acordada com o Dono da Obras e licenciada pelas entidades competentes, deverá incluir um Projecto de Inspecção Observação e com o objectivo de monitorizar a execução da obra no que respeita a eventual ocorrência de deslocamentos quer horizontais, quer verticais, tanto da área da obra como das estruturas e edificações contíguas.

Antes do início das obras o Dono da Obra deverá mandar proceder ao levantamento topográfico do terreno, o levantamento de todas as edificações na circunvizinhança, que deverá incluir o tipo de fundação, as cotas dos níveis de base das fundações, plantas das fundações com as distâncias a que se encontram dos limites das escavações. O levantamento deverá incluir a localização de todas as redes de serviços públicos. Esses levantamentos tornam-se indispensáveis para a avaliação das sobrecargas que deverão ser levada em consideração nos cálculos da nova estrutura, assim como para se estudar o grau de tolerância admissível para as deformações a serem provocadas pela execução da escavação.



A par do levantamento topográfico, é indispensável a execução de um Estudo Geológico-Geotécnico baseado numa campanha de sondagens geotécnicas compatível com o porte e a exigência de funcionalidade da estrutura que se pretende edificar. O estudo deverá caracterizar e classificar os solos atravessados pelas sondagens e deverá apresentar os perfis geotécnicos com as características granulométricas, coesão, permeabilidade e resistência de cada estrato de terreno. Os perfis deverão indicar a presença e condições de água subterrânea.

Deverá também ser efectuada uma inspecção de patologias que se verifiquem nos edifícios vizinhos que deverão passar a constar de um relatório designado como Relatório de Patologias, onde deverão ficar registadas todas as anomalias encontradas, que se deverão instrumentar para serem monitoradas ao longo da execução das obras e mesmo depois destas terminadas.

Os levantamentos acima referidos deverão contemplar, faixas ao redor dos limites do terreno da obra com larguras de, no mínimo, duas vezes a maior profundidade da escavação.

O empreiteiro deverá efectuar um controlo e monitoramento das edificações vizinhas, seguindo um programa de acompanhamento, partindo do levantamento de base de todo o edificado ao redor da obra



O Projecto e a Execução do Sistema de Observação deverão permitir prever os potenciais riscos associados ao tipo de obra, como sejam:

- Deficiente comportamento da estrutura de contenção por deformação excessiva;
- Deformação parcial da estrutura de contenção incompatível com a sua exploração ou funcionalidade nas fases seguintes de construção;
- Instabilidade dos taludes circundantes;
- Abertura de fissuras nas estruturas envolventes;
- Assentamentos do maciço envolvente que possam provocar danos na estrutura em construção e estruturas envolventes;
- Eventual alteração do nível freático que possa provocar assentamentos diferenciais das estruturas envolventes.

A Memória Descritiva do Projecto deverá fazer referência ao faseamento construtivo proposto e o dimensionamento geotécnico das paredes da contenção periférica, das ancoragens e das fundações, assim como, das respectivas especificações.



5.3 Recomendação Legislativa

O LEA – Laboratório de Engenharia de Angola, de acordo com as orientações superiores de Sua Excelência o Sr. Ministro da Construção encontra-se a trabalhar, com a colaboração da Direcção Nacional de Obras de Engenharia, na criação de um Código de Construção de Fundações e Obras de Geotecnia, com vista a prevenir-se a ocorrência de grandes e graves sinistros em obras públicas e de construção civil no país.

