

MUROS DE ARRIMO: PROBLEMAS EXECUTIVOS E INFLUÊNCIA EM EDIFICAÇÕES VIZINHAS EM ÁREAS URBANAS

LOBO, ADEMAR DA SILVA
ENGENHEIRO CIVIL, 0600354565/SP
RUA JOSÉ FERREIRA MARQUES, 12-16, APTO 22, VILA UNIVERSITÁRIA, 17011-570,
BAURU/SP, FONE (0XX14) 2348260, lobo@feb.unesp.br
FERREIRA, CLÁUDIO VIDRIH
ENGENHEIRO CIVIL, 0600913811, 927/SP
RUA CAP JOÃO ANTONO, 12-6, HIGIENÓPOLIS, 17013-470, BAURU/SP,
FONE (0XX14) 2343194 OU 14 97943001, vidrih@feb.unesp.br
RENOFIO, ADILSON
ENGENHEIRO CIVIL, 0600686296/SP
RUA IBRAIN NOBRE, 5-6, JD AEROPORTO, 17011- 480, BAURU/SP,
FONE (0XX14) 2243964, renofio@feb.unesp.br

RESUMO – O solo superficial de Bauru, centro do Estado de São Paulo, é constituído por uma areia fina argilosa vermelha e marron, com espessura variando de 10 a 15 m. Este solo é poroso e colapsível e muitos edifícios residenciais apresentam problemas de fissuras e trincas devido a construção de muros de arrimo anexo a elas. O artigo discute as causas que originam esses problemas e apresenta sugestões sobre o que pode ser feito para minimizá-los.

ABSTRACT – The subsoil upper layer in Bauru, centre of São Paulo state, is constituted by a reddish and dark brown, fine clayey sand, with thickness varying from 10 to 15 m. This porous soil is collapsible and many residential buildings presents problems of fissures and wall cracking due to construction of retaining structure. The paper discusses the causes that originate the problems and suggests what can be done in order to minimize them.

MUROS DE ARRIMO: PROBLEMAS EXECUTIVOS E INFLUÊNCIA EM EDIFICAÇÕES VIZINHAS EM ÁREAS URBANAS.

1 INTRODUÇÃO

A cerca de 10 anos está se desenvolvendo, em Bauru, um trabalho de pesquisa objetivando o estudo do comportamento do solo local, no que diz respeito a sua identificação, caracterização e comportamento de fundações e obras de terra apoiadas ou construídas nesse solo.

Fruto desse trabalho de pesquisa que envolve professores da Faculdade de Engenharia da UNESP Bauru, alunos bolsistas de Iniciação Científica e Pesquisadores de outras Instituições de Ensino tem sido a publicação de vários artigos em revistas especializadas e nos principais eventos científicos nacionais e internacionais.

Grande parte dessas pesquisas tem sido realizadas no campo experimental do Departamento de Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Unesp – campus de Bauru. Esse campo experimental, com área de aproximadamente 50.000 m² é um dos maiores do Brasil e nele foram realizados ensaios penetrométricos, abertura de poços para coleta de amostras e provas de carga direta e em estacas.

Tem sido constante também a participação dos docentes, dessa área em trabalhos de acompanhamento de obras, seja no monitoramento de edifícios durante a construção seja em trabalhos de consultoria envolvendo patologias de construções apoiadas nesse tipo de solo.

Uma característica marcante desse solo é sua alta porosidade e colapsibilidade, que corresponde a perda de resistência, quando ocorre aumento da umidade do solo, e variações bruscas do volume resultando em recalques indesejáveis que acarretam trincas e rachaduras em edificações nele apoiadas.

Chama a atenção desses pesquisadores o grande número de ocorrência de patologias envolvendo muros de arrimo, na cidade de Bauru. Destaca-se que a maioria das ocorrências de patologias observadas está relacionada a danos em edificações nas vizinhanças dessas obras.

Nesse trabalho são apontados os principais erros construtivos e de projeto que tem sido observado e são feitas recomendações para minimiza-los. Espera-se que com esse artigo sejam os engenheiros, construtores e proprietários despertados para a importância de se considerar a característica porosa e colapsível do solo no projeto e construção desse tipo de obra.

2 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DO SOLO TÍPICO DE BAURU

A região central do estado de São Paulo, que inclui a cidade de Bauru, é coberta tipicamente por arenito do grupo Bauru. A camada superficial é não saturada, normalmente constituída de areia fina argilosa vermelha ou marrom escura. Esse solo, geneticamente residual, sofreu processo de evolução pedogênica, tendo ocorrido lixiviação dos finos dos horizontes superficiais para camadas mais profundas, resultando num solo poroso e estruturalmente instável

Resultados de ensaios de sondagens de simples reconhecimento apontam que nos primeiros metros o SPT é muito baixo, variando entre 2 e 3, ocorrendo um crescimento praticamente linear com a profundidade, até por volta de 10 a 14 metros.

Ferreira et al (1994), analisando inúmeros resultados de sondagens, efetuadas em Bauru, indicam que até essa profundidade o SPT, resulta de forma aproximada, numericamente igual a profundidade (em metros), com dispersão muito pequena.

Estudos efetuados em amostras coletadas em poços de inspeção, que chegaram a atingir 25 metros, tem mostrado que após essa primeira camada encontra-se uma camada com maior teor de argila, e com características geotécnicas diferentes da primeira.

Análise de inúmeras sondagens indicam que nessa segunda camada ocorre um crescimento mais acentuado nos valores do SPT, atingindo em poucos metros valores da ordem de 30 a 40 e até camadas impenetráveis às ferramentas de avanço do furo.

O nível d'água é normalmente profundo, sendo raramente encontrado nos furos de sondagem, resultando num solo não saturado. Em algumas regiões de Bauru, próximo a Avenida Nações Unidas e Nuno de Assis o nível d'água freático aparece em cotas mais elevadas. Essa situação ocorre em regiões de baixadas e nas proximidades de córregos d'água. Observa-se que quanto mais afastado das baixadas, mais profundo é o nível d'água e portanto maior a espessura da camada de solo não saturado. A tabela 1 fornece valores típicos dos parâmetros geotécnicos desse solo.

Tabela 1: Parâmetros geotécnicos médios.

PROPRIEDADES	UNIDADE	MÉDIA.
GRANULOMETRIA		
AREIA MÉDIA		5
AREIA FINA		69
SILTE	%	11
ARGILA		15
INDICES FÍSICOS		
T. DE UMIDADE (W)	%	10
M. ESPECÍFICA (ρ)	(10^3kg/m^3)	1,77
M. ESP. SÓLIDOS (ρ_s)	(10^3kg/m^3)	2,68
ÍND. DE VAZIOS (e)	-	0,67
G. SATURAÇÃO (Sr)	%	42
M. ESP. SECA (ρ_d)	(10^3kg/m^3)	1,6
LIMITES DE CONSISTÊNCIA		
LIM. LIQUIDEZ (LL)	%	22,3
ÍND. PLASTICID. (IP)	%	6,1
RESISTÊNCIA (EFETIVA)		
RES. COMP. SIMPLES	kPa	39
COESÃO (C)	kPa	14
ÂNGULO ATRITO	GRAUS	30

3 SOLO COLAPSÍVEL

Vários pesquisadores concluíram em ensaios de campo e de laboratório que trata-se de solo com características colapsíveis, ocorrendo perdas de capacidade de carga significativas quando o solo sofre um aumento no teor de umidade, tanto para fundações rasas como para estacas curtas

(Lobo (1991), Agnelli (1992) e Ferreira (1998)). Carvalho & Souza (1990) e Cintra (1995) observaram essa propriedade em solos superficiais de várias outras localidades no estado de São Paulo.

Os solos colapsíveis caracterizam-se por apresentar uma mudança de comportamento quando ocorre infiltração d'água no solo. Com o aumento do teor de umidade, sob tensão, ocorre uma dissolução dos agentes cimentantes, reduzindo sua resistência ao cisalhamento e provocando reduções de volume, devido a escorregamento das partículas maiores.

Esse enfraquecimento nas ligações provoca perda de resistência ao cisalhamento, e redução na capacidade de carga de fundações diretas e estacas curtas, resultando em indesejáveis recalques de fundações.

Não é raro, nessa região, casos de obras que durante muito tempo apresentaram bom desempenho e, repentinamente, começaram a apresentar problemas de trincas, fissuras e rachaduras, sendo notadamente maior as ocorrências nos meses de chuvas intensas (novembro a março).

Sobrecargas de aterros em terrenos vizinhos, aliado a falta de cuidado na execução do muro de contenção, tem sido responsável por grande número de ocorrências de patologias em obras existentes junto à divisa do terreno.

O solo existente, muitas vezes ressecado superficialmente, apresenta uma aparente resistência devido ao alto valor da sucção matricial. Quando ocorrem as primeiras chuvas, há uma redução na sucção do solo, que provoca enfraquecimento das ligações e colapso da estrutura gerando recalque da ordem de vários centímetros. Quando não são providenciadas juntas entre as construções, o recalque dos muros de arrimo acaba arrastando, para baixo, as paredes da edificação vizinha.

Essa característica colapsível tem acarretado inúmeras patologias em construções, principalmente nos meses de verão, onde ocorrem as maiores precipitações pluviométricas tendo sido responsável por centenas de processos de ação civil, por perdas e danos nos Fóruns de Bauru e região, envolvendo proprietários de imóveis, vizinhos, responsáveis técnicos e construtores.

4 MUROS DE ARRIMO

Muros de arrimo são estruturas muito utilizadas em áreas urbanas, e são construídas quando se deseja manter uma diferença de nível na superfície do terreno, sem recorrer a taludes, devido a grande área que se perde, quando se utiliza esse recurso.

Os muros de arrimo podem ser executados com diversos materiais, podendo-se citar madeira, aço, concreto, solo cimento, pedra e solos armados, envelopados, grampeados, ou ainda reforçado com geotextil, entre outros.

Quanto à estabilidade, os muros podem ser classificados, de forma geral, em muros de gravidade, muros de gravidade aliviados, muros de flexão, cortina de estacas prancha. É possível ainda utilizar-se recursos de gigantes, tirantes, chumbamento, etc.

As cargas atuantes nos muros de arrimo são o peso próprio, o peso de terra e principalmente o empuxo de terra, que é a resultante das pressões laterais, de terra e/ou água.

A magnitude do empuxo depende de diversos fatores, podendo-se citar a magnitude do desnível entre um lado e outro do muro, o tipo de solo, inclinação do terreno, e a deformação sofrida pelo muro entre outros fatores.

Esse último fator: deformação sofrida pelo muro é muito importante no cálculo da

magnitude do empuxo, assim o empuxo é classificado como ativo, quando o muro se deforma aliviando a pressão do terreno, passivo em caso contrário e em repouso quando o muro não sofre qualquer tipo de movimento.

O tipo de muro, de uso consagrado em Bauru, é usualmente executado com painéis de alvenaria e concreto armado, suportados por estacas armadas, que trabalham a compressão e flexão. Dependendo do desnível a ser vencido pelo muro, pode se utilizar o recurso de tirantes, de concreto armado, inclinados cerca de 45 graus que são suportados por estacas armadas executadas a cerca de 1,5 a 2,0 m de distância do muro dependendo do desnível a ser vencido. Para desníveis até cerca de 1,5 metros, normalmente não se utiliza o recurso de tirantes.

Na situação em que não se utiliza tirantes esse tipo de muro, de uso consagrado em Bauru se enquadra numa situação intermediária entre parede diafragma e parede de estacas metálicas com pranchões de madeira.

O elemento estrutural, nesse caso, trabalhando a flexão é composto pela estaca armada, na parte inferior e pelo pilar, também armado, que é executado na continuação da estaca, apenas a seção transversal da estaca é circular e a seção do pilar é usualmente quadrada, de lado aproximadamente 0,20 m.

Essa parte inferior do elemento estrutural, no dimensionamento do muro de arrimo é chamada de ficha. O empuxo ativo de terra força esse painel de concreto armado e alvenaria para fora, fletindo-o e comprimindo-o contra o solo, situado no nível mais baixo e desenvolvendo empuxo chamado passivo. A figura 01 abaixo mostra esquematicamente o tipo de empuxo que atua nesse elemento.

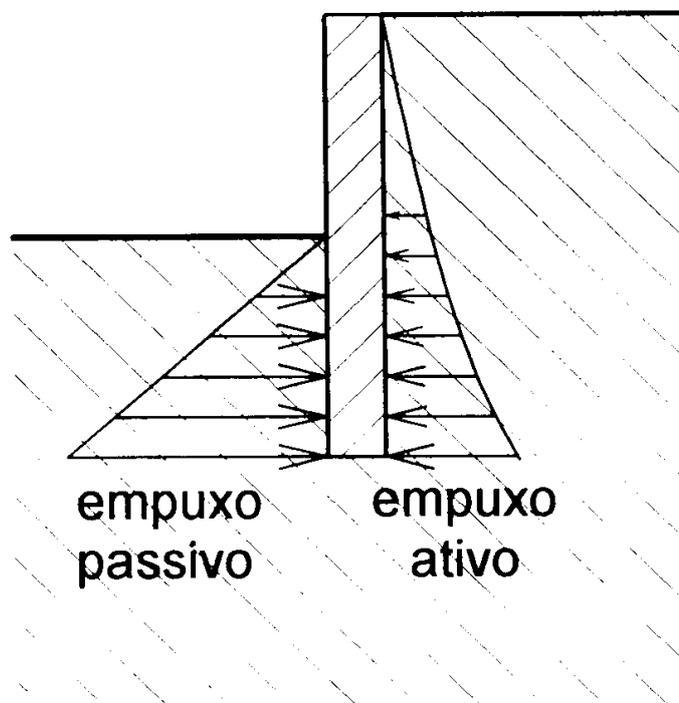


FIGURA 01 Esforços atuantes no muro de arrimo.

O comprimento das estaca usualmente utilizado em Bauru, para apoio de muros de arrimo desse tipo é normalmente maior do que a ficha mínima para manter a estabilidade do muro.

5 PATOLOGIAS OBSERVADAS

5.1 Solo do Aterro Mal Compactado

Tem sido prática, infelizmente comum em Bauru, terrenos baldios servirem como bolsões de lixo e entulho. Posteriormente esses materiais são simplesmente recobertos com camada de solo limpo, mas na maioria das vezes o solo lançado não sofre qualquer processo de compactação, a não ser pelo movimento dos caminhões na tarefa de descarga.

Mesmo no caso em que se efetua uma limpeza prévia do terreno antes do aterramento, o solo, é simplesmente lançado sem sofrer qualquer processo de compactação.

Solos nessas condições resultam excessivamente porosos e compressíveis, e com o passar do tempo, após vários ciclos de secagem e umedecimento sofrem processo de compactação devido ao próprio peso e eventualmente do peso do concreto de revestimento do piso.

Ao sofrer o processo de compactação o solo produz, nas paredes do muro de arrimo, um esforço de cima para baixo, equivalente ao atrito negativo das estacas. Esse esforço soma se às cargas que estavam atuando nas estacas que, muitas vezes, acabam por ultrapassar sua capacidade de carga resultando em indesejáveis recalques do muro que se propagam para edificações vizinhas

5.2 Recalque do Solo de Fundação em Edificação Vizinha

Não é incomum, na cidade de Bauru aterros em terrenos urbanos que chegam a atingir 3 ou 4 m acima do nível natural do terreno, muitas vezes construídos junto a edificações existentes, que independente do tipo de fundação utilizada, vem se comportando de maneira satisfatória.

Se admitirmos para o material do aterro peso específico igual a 17 kN/m^3 , uma altura de 4 metros de aterro aplica ao solo existente um acréscimo de pressão de 68 kPa. Um edifício residencial tem peso aproximado de 10 a 12 kN/m^2 /pavimento; portanto um acréscimo de pressão dessa ordem é o mesmo que aplicaria ao solo, um edifício de cerca de 6 pavimentos diretamente apoiado no terreno. Entendem os autores que ninguém em sã consciência apoiaria diretamente num solo com alta porosidade como esse, um edifício desse porte, faceando uma edificação existente, logicamente por temer propagação de tensões e danos na edificação vizinha, no entanto vários tem sido os casos constatados de aterros com essas dimensões.

Ensaio realizados, em placas, no campo experimental do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia (provas de carga diretas), de acordo com Agnelli (1992) mostram que mesmo para pressões aplicadas ao terreno da ordem de 50 kPa a placa de ensaio apresenta grandes recalques quando o solo sob a placa é saturado, devido a característica colapsível, já descrita em itens anteriores.

Constata-se que essas patologias são mais freqüentes exatamente nos meses de novembro a março, quando ocorrem as maiores precipitações pluviométricas na cidade, chamadas popularmente de chuvas de verão.

O solo de fundação ao sofrer recalque acaba “arrastando” consigo o solo adjacente sob a fundação da edificação vizinha e provocando recalques das paredes e do piso, e como consequência originando trincas e rachaduras na alvenaria. Esse fato ocorre independente da fundação do muro de arrimo ser bem ou mal executada e independentemente dos movimentos que porventura o muro de arrimo venha sofrer motivado por outras causas.

A foto 1 mostra detalhe de um aterro em terreno anexo a uma edificação existente, construída junto a divisa do terreno, cuja altura chega próxima ao nível da cobertura da edificação. O recalque das paredes da edificação vizinha ao muro e do piso foi tanto que resultou em inúmeras trincas e fissuras na alvenaria e mau funcionamento das portas e janelas que já não mais abriam e fechavam. Esse fato ocorreu no mês de Dezembro, logo após as primeiras chuvas do verão. Numa solução emergencial, parte do solo do aterro foi retirado, para evitar

agravamento do problema. Nota-se na foto a existência de tirantes no muro, prática usual em Bauru, para muros de arrimo com altura superior a cerca de 1,5m de altura.



Foto 1 – Vista de aterro e muro de arrimo construído adjacente a construção existente.

5.3 Escavação do Terreno Junto a Muro de Arrimo Existente

Como foi descrito no item relativo a muros de arrimo, dependendo do desnível a ser vencido pelo muro, estes funcionam como muros de flexão, portanto tem sua estabilidade garantida pelo desenvolvimento das tensões passivas do lado oposto do aterro, que corresponde normalmente ao terreno do vizinho. Essas tensões passivas atuam ao longo das estacas, que usualmente são armadas para resistir os esforços de flexão.

Escavações do terreno junto a muros de arrimo provocam desconfinamento do solo de fundação, redução nos empuxos passivos que atuavam na lateral das estacas de suporte do muro de arrimo e em decorrência surgem grandes deformações no muro de arrimo, muitas vezes provocando colapso total do muro.

A foto 2 mostra uma vista de um muro de arrimo que sofreu colapso total, provocado pela retirada de solo (escavação) junto ao muro. Observa-se a pequena altura do arrimo, da ordem de apenas 0,60 m de altura. Esse desabamento custou a vida do operário que executava o serviço de escavação e foi amplamente divulgado, na época pela imprensa local

A foto 3 mostra uma escavação efetuada ao longo de muro de arrimo existente. Essa escavação, que atingiu cota muito inferior a do terreno confinado pelo muro, provocou desconfinamento do solo de fundação do muro, redução nos empuxos passivos que atuavam na lateral das estacas e em decorrência surgiram grandes deformações tanto no muro divisório como nas paredes da edificação, construída sobre o muro, e afundamento de cerca de 3 cm do terreno confinado, resultando em grande prejuízos e transtornos ao proprietário do imóvel localizado a esquerda da foto.



Foto 2 – Vista de muro de arrimo de pequena magnitude que sofreu colapso total.



Foto 3 Vista de escavação executada ao longo de muro de arrimo existente.

5.4 Falta de Junta de Movimentação entre o Muro de Arrimo e Edificação Existente

Um outro aspecto que tem sido negligenciado por muitos construtores é a “junta de movimentação” que necessariamente deve ser deixada entre o muro de arrimo e a edificação existente, que corresponde a uma folga de alguns centímetros. O que se observa em várias perícias realizadas pelos autores é a prática comum de utilizar-se a parede da edificação vizinha, como forma, na concretagem da estrutura do muro de arrimo (vigas baldrame, de amarração e pilares).

Com relação a esse ponto, tem se que destacar que os pilares, dimensionados a flexão ou os tirantes de concreto, executados a cada 2 metros, aproximadamente, só começam a ser fletidos ou traçionados se sofrerem deformação por flexão ou alongamento.

Pela lei de Hooke, toda barra, dentro do regime elástico, quando tracionada, sofre um alongamento proporcional a força aplicada, portanto, como a recíproca é verdadeira, se a barra não sofrer deformação, não estará sendo tracionada.

Dessa forma, todo empuxo horizontal aplicado pelo aterro, ao muro de arrimo, acaba sendo transmitido diretamente à parede da edificação vizinha existente, até que esta se deforme. Só a partir daí o tirante e o pilar, engastado no solo, começam a “trabalhar”, ou seja absorver o esforço de empuxo.

A foto 4 mostra uma vista de um muro de arrimo executado junto a edificação existente, onde não foi deixada nenhuma folga entre o concreto do muro e a edificação.



Foto 4 Vista de Muro de Arrimo construído adjacente a edificação existente sem “folga”.

5.5 Má condição de Drenagem

Os muros de arrimos, normalmente, são dimensionados para resistir aos esforços provocados pelo empuxo ativo do solo, considerando a hipótese de solo não saturado. Raramente, são projetados para resistir ao empuxo hidrostático, na hipótese de acumular-se água ao longo do muro, pois quando isso acontece acaba ocorrendo acréscimo no valor de empuxo que chega a ser da ordem de 100 %.

Dessa forma, um eficiente sistema de drenagem do solo tem que ser projetado para evitar acúmulo de água de chuva no solo e saturação do mesmo. Esse fato também acaba sendo inúmeras vezes negligenciada pelos construtores, e principalmente no verão, época em que ocorrem as maiores precipitações, a situação pode se tornar dramática. Em recentes anos em Bauru, verdadeiras “trombas de água”, tem castigado a cidade tendo sido observado precipitações diárias da ordem de 150 mm, que significa 150 litros de água por metro quadrado num único dia.

A foto 5 mostra a excessiva deformação ocorrida em muro de arrimo após intensa chuva e falha no sistema de drenagem do terreno.



Foto 5 Deformações observadas em muro de arrimo devido a má drenagem do terreno

A foto 6 mostra o mesmo muro, visto pelo lado do vizinho. A pressão hidrostática, resultante do acúmulo de água no solo, acabou provocando a ruptura da parede do muro e o solo encharcado acabou por escoar para dentro da piscina existente no vizinho. Esse fato, por sorte, ocorreu e acabou aliviando a pressão sobre o muro, e evitando sua queda, fato que colocaria em risco a vida dos moradores da residência vizinha, cujo dormitório se localiza ao lado da piscina.



Foto 6 Detalhe da ruptura da parede do muro provocada pelo acúmulo de água de chuva.

6 PRESCRIÇÕES DE NORMAS BRASILEIRAS

Os autores apresentam alguns dispositivos legais e que devem nortear as atividades dos profissionais da construção civil visando tanto a segurança quanto o desempenho de muros de arrimo e edificações situadas na vizinhança.

Neste contexto, a lei nº 9.993, de 20 de dezembro de 1999, sancionada pelo Presidente da República, entre outras coisas, dispõe sobre as competências do CONMETRO (Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) e do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia), da qual estão apresentados artigos e parágrafos pertinentes.

Artigo 1º “Todos os bens comercializados no Brasil, insumos, produtos finais e serviços, sujeita a regulamentação técnica, devem estar em conformidade com os regulamentos técnicos em vigor”.

Artigo 2º “O Conmetro, órgão colegiado da estrutura do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, criado pela lei nº 5.966, de 11 de dezembro de 1973, é competente para expedir atos normativos e regulamentos técnicos, nos campos da Conformidade de produtos, de processos e de serviços.”

§1º – Os regulamentos técnicos deverão dispor sobre características técnicas de

insumos, produtos finais e serviços que não constituam objeto da competência de outros órgãos e de outras entidades da Administração Pública Federal, no que se refere a aspectos relacionados com segurança, prevenção de práticas enganosas de comércio, proteção da vida e saúde humana, animal e vegetal e com o meio ambiente.”

§ 2º – “Os regulamentos técnicos deverão considerar, quando couber, o conteúdo das normas técnicas adotadas pela ABNT” (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Art. 5º As pessoas naturais e as pessoas jurídicas, nacionais e estrangeiras, que atuem no mercado para fabricar, importar, processar, montar, acondicionar, ou comercializar bens, mercadorias e produtos e prestar serviços, ficam obrigadas à observância e ao cumprimento dos deveres instituídos por esta Lei e pelos atos normativos e regulamentos técnicos e administrativos expedidos pelo Conmetro e pelo Inmetro.

A ABNT, entidade privada, sem fins lucrativos, fundada em 1940, é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil. A essa associação compete coordenar, orientar e supervisionar o processo de elaboração de Normas Brasileiras, bem como elaborar e editar as normas.

Entre as inúmeras normas técnicas (sigla NBR), em especial, duas merecem citação por estarem diretamente relacionadas com os problemas executivos e interferências expostos neste artigo.

A NBR 9061 – SEGURANÇA DE ESCAVAÇÃO A CÉU ABERTO, que fixa as condições de segurança exigíveis a serem observadas na elaboração do projeto e execução de escavações de obras civis, a céu aberto, em solos e rochas, não incluídas escavações para mineração e túneis e a NBR 6122 - PROJETO E EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES, que fixa as condições básicas a serem observadas no projeto e execução de fundações de edifícios, pontes e demais estruturas.

Merecem destaques alguns itens dessas duas normas que se relacionam diretamente com o problema em questão. Esses itens mostram a preocupação dos técnicos que contribuíram com a ABNT, em relação com as obras edificadas na vizinhança da escavação e de fundações.

Assim, a NBR 6122, prescreve:

4.7.2 Qualquer obra de fundação, escavação ou rebaixamento de lençol d’água feita próximo a construções existentes deve ser projetada levando em conta seus eventuais efeitos sobre estas construções, obedecendo ao disposto no Capítulo 9.

9.1.1 A observação do comportamento e a instrumentação de fundações são feitas com um ou mais dos objetivos abaixo:

- a) acompanhar o desempenho da fundação, durante e após a execução da obra, para permitir tomar, em tempo, as providências eventualmente necessárias, a fim de garantir a utilização e a segurança da obra;
- b) esclarecer anormalidades constatadas em obras já concluídas, inclusive no que diz respeito a construções existentes nas proximidades;
- c) ampliar a experiência local quanto ao comportamento do solo sob determinados tipos de fundações e carregamentos;

- d) permitir comparação de valores medidos com valores calculados, visando o aperfeiçoamento dos métodos de previsão de recalques e de fixação das cargas admissíveis de empuxos etc.

Da NBR 9061, entre outras, os autores destacam as seguintes recomendações:

- 4.3 Edificações vizinhas e redes de utilidades públicas, ser indispensável o levantamento topográfico do terreno, o levantamento das edificações vizinhas (tipo de fundação, cotas de assentamento das fundações, distância a borda da escavação) e das redes de utilidades públicas não só para a determinação das sobrecargas como também no estudo das condições de deslocabilidade e deformabilidade que podem ser provocadas pela execução da escavação. Os levantamentos devem abranger uma faixa em relação às bordas de pelo menos duas vezes a maior profundidade a ser atingida na escavação.
- 4.4 Observação da obra - O controle das edificações vizinhas e da escavação deve obedecer a um plano de acompanhamento através de inspeção e de instrumentação adequada ao porte da obra e das edificações vizinhas.
 - a) Inspeção; tem por finalidade observar qualquer evento, cuja análise permitida medidas preventivas ou considerações especiais para a segurança da obra,
 - b) Instrumentação; visa a medida direta de grandezas físicas necessárias à interpretação e previsão do desempenho das obras com referência aos critérios de segurança e econômicos adotados na fase de projeto.

Em seu item 5 que estabelece parâmetro para o projeto, destaca-se:

5.8 Fenômenos decorrentes das escavações

5.8.1 No projeto das escavações devem ser considerados os seguintes fenômenos:

- a) escoamento ou ruptura do terreno de fundação
- b) descompressão do terreno de fundação
- c) carregamento pela água
- d) rebaixamento do nível d'água

5.8.2 Escoamento ou ruptura do terreno de fundação - Quando a escavação atinge nível abaixo da base de fundações num terreno vizinho, este terreno pode deslocar-se para o lado da escavação produzindo recalques ou rupturas. Se a escavação não ultrapassa a cota de base das fundações vizinhas, pode ocorrer diminuição da pressão normal confinante causando deformação do terreno vizinho.

5.8.3 Descompressão do terreno de fundação - Quando a proteção das paredes de uma escavação se deslocar ou se deformar, pode causar perturbação no terreno de fundação vizinho, produzindo recalques prejudiciais a construção.

5.8 Documentação técnica - Durante toda a fase de execução e durante a existência da escavação é indispensável ter-se no canteiro de obras um arquivo, contendo os seguintes documentos:

- a) resultados das investigações geotécnicas;
- b) perfis geotécnicos do solo

- c) profundidade e dimensões da escavação, bem como as etapas a serem atingidas durante a execução e reaterro
- d) condições de água subterrânea
- e) levantamento das fundações das edificações vizinhas e redes de serviços públicos,
- f) projeto detalhado do tipo de proteção das paredes da escavação;
- g) caso haja necessidade das ancoragens penetrarem em terrenos vizinhos, deve-se ter autorização dos proprietários para permitir a sua instalação.

Oportuno ainda destacar, o legado pelo eminente jurista Hely Lopes Meirelles, quando ao referir-se às regras técnicas enunciadas pela ABNT enfatiza que “o conhecimento e a observância dessas prescrições técnicas constituem um dever ético-profissional para todos aqueles que lidam com produtos ou executam trabalhos já normalizados, respondendo pelos defeitos e prejuízos decorrentes de sua inaplicação ou desatendimento”.

7 CONCLUSÃO

As diversas patologias apontadas no trabalho, ocorrem principalmente em construções de baixo custo, normalmente iniciadas clandestinamente, sem qualquer acompanhamento de profissional habilitado e empregando mão de obra não especializada.

Muitas vezes, quando da aquisição do terreno, o muro de arrimo já se encontra edificado, sem qualquer projeto, orientação e sem os mínimos cuidados executivos. Salienta-se que em áreas mais nobres, as incidências de tais patologias é menor, devido ao acompanhamento mais freqüente de profissionais Engenheiros e Arquitetos, desde a fase de concepção do projeto.

Na maioria das vezes tais patologias envolvem justamente a camada da população de menor poder aquisitivo, aquela sem condição de arcar com eventuais custos de reparação, acarretando muitas vezes problemas sérios de relacionamento entre vizinhos.

Apresenta-se a seguir alguns cuidados que, se tomados, podem minimizar a ocorrência desses problemas apontados.

- 7.1 Sempre que possível, evitar construções de aterros junto a edificações existentes, pois essa sobrecarga muitas vezes é suficiente para provocar colapso da camada subjacente, quando há mudança no teor de umidade do solo.
- 7.2 Quando inevitável a sua execução, compactar adequadamente o solo, pois muitas vezes o adensamento do aterro, devido ao seu próprio peso, acaba forçando para baixo as tubulações de água de abastecimento e provocando vazamento que criam situações de colapso do solo ao redor, além de originar esforços adicionais indesejáveis na estrutura.
- 7.3 Executar eficiente sistema de drenagem, ao longo do muro de arrimo para evitar encharcamento do solo. Além disso, executar calçadas de concreto, ou alvenaria, em todo terreno, para com isso, evitar a infiltração de água pluvial.
- 7.4 Deixar juntas de movimentação entre o muro de arrimo e as edificações existentes, para permitir movimentação suficientemente capaz de mobilizar esforços nas peças da estrutura do muro de arrimo.
- 7.5 Finalmente, considerando as características colapsíveis desse solo, é recomendável levar em consideração, no projeto, uma possível redução na capacidade de carga das fundações, visto que, mesmo com todos cuidados, é impossível garantir que durante toda a vida útil da obra não venha ocorrer mudança no teor de umidade do solo de fundação do muro.

8 . REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- AGNELLI, N. (1992). Estudo da colapsividade do solo de Bauru através de provas de carga diretas. São Carlos. Dissertação - Mestrado – EESC-USP. 172p.
- ALBIERO, J.H., CARVALHO, D. & LOBO, A.S. (1993). Solos do Interior de São Paulo.. São Carlos, Publicação Mesa Redonda. EESC-USP, Cap. 9: Fundações p.243-
- CINTRA, J.C.A. (1995). Fundações em Solos Colapsíveis. São Carlos. Tese - Livre-Docência - EESC-USP. 124p.
- FERREIRA, C.V. (1991). Caracterização Geotécnica do Solo de uma Área da Cidade de Bauru-SP. São Carlos-SP, 1991. 160p. Dissertação - Mestrado - EESC-USP.
- FERREIRA, C.V. (1998). Efeito da inundação do solo no comportamento de estacas, moldadas "in loco" instrumentadas, em campo experimental de Bauru-SP. São Carlos, 1998. 160p. Tese doutorado - EESC-USP.
- LOBO, A.S. (1991). Colapsividade do Solo de Bauru e sua Influência em Estacas de Pequeno Porte. São Carlos-SP, 1991. Tese - Doutorado - EESC-USP. 211p
- LOBO, A.S.; ALBIERO, J.H. & FERREIRA, C.V. (1997). Problemas de fundações em solo colapsível – estudos de casos. In: 3º SIMPÓSIO SOBRE SOLOS NÃO SATURADOS. Anais RJ, NSAT'97, p.77-89.
- LOBO, A.S.; FERREIRA, C.V & RENÓBIO A. (2001). Patologias em Construções Apoiadas em Solos Colapsíveis. In: 4º SIMPÓSIO SOBRE SOLOS NÃO SATURADOS. Anais Porto Alegre RS, NSAT'2001, p.490-508.
- RENOFIO, A. Patologia em edificações: causas, prevenções, correções e restrições de uso. Notas de aula (1997), FEB-UNESP, Bauru.