

1999 Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 9. São Paulo,

ATIVIDADES DA GEOLOGIA DE ENGENHARIA NA
CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA PARA ANÁLISE DE
TERRENOS E ELABORAÇÃO DE DIRETRIZES DE PROJETOS
HABITACIONAIS POPULARES

ABGE,
UNESP,
USP /
São Paulo

Flávio Almeida da Silva – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo

Fábio Taioli – Instituto de Geociências – USP – e-mail: flavzero@usp.br

RESUMO

A implantação de unidades habitacionais populares envolve peculiaridades que não são usuais em outros segmentos da Engenharia Civil. Isto se deve à necessidade do custo ser o menor possível, a fim de atender justamente a classe social a qual o empreendimento se destina. Portanto, para evitar eventuais "surpresas geológicas", que certamente aumentariam o custo final das unidades habitacionais, a atividade de Geologia de Engenharia é iniciada antes mesmo da aquisição do terreno, podendo desenvolver-se durante as fases de projeto e construção.

Este trabalho discute técnicas e metodologias utilizadas na Geologia de Engenharia, sua aplicação na seleção de terrenos para projeto de conjuntos habitacionais populares.

ABSTRACT

The construction of popular housing has particularities that are not usual in other areas of Civil Engineering. This is due to the imposition that the final cost of the housing units must be accessible to the social class which cannot afford to acquire them in the regular market. Therefore, in order to avoid "geological surprises" which certainly would increase the final cost of the units, the Engineering Geology activities begin even before the acquisition of the land itself.

This paper presents the techniques and methodologies used in the Engineering Geology area, and their application in the analysis and selection of building sites for the housing units.

INTRODUÇÃO

Geologia de
Engenharia
Geotécnica

O déficit habitacional quantitativo brasileiro (novas unidades) calculado pelo Censo de 1.991 (IBGE) (*apud* Secretaria de Política Urbana, 1998) estaria em torno de 4 milhões de unidades, atingindo algo em torno de 15 milhões de pessoas. Apesar das discrepância conceituais e metodológicas que existem nas avaliações de “déficit habitacional”, CDHU(1998) afirma que o Estado de São Paulo possuía em 1995 um déficit de 800 mil moradias, representando 8,8% do estoque estadual de domicílios particulares permanentes.

Através das companhias de habitação estaduais e municipais, o Estado vem atendendo essa incrível demanda adotando geralmente projetos mais padronizados. Essa prática deve permitir atender à necessidade de produção em larga escala e a custos baixos para populações de baixa renda. No entanto, a diversidade física e as diferenças regionais são marcantes. Em alguns casos, a não observação de pequenos detalhes relativos aos processos e vocações do meio físico acarretam sérios problemas com custos adicionais de produção e, principalmente, de manutenção dos conjuntos.

A Geologia de Engenharia é um segmento tecnológico que desenvolve técnicas e metodologias que em situações especiais são capazes de subsidiar e orientar os projetos de conjuntos habitacionais, no sentido de evitar a ocorrência de “surpresas geológicas”, que tendem a inviabilizar o custo final para as populações de mais baixa renda.

O EMPREENDIMENTO HABITACIONAL POPULAR

Inicialmente, o equilíbrio do meio físico é alterado pelo Empreendimento Habitacional Popular na fase de construção. Cortes e aterros são executados, geralmente removendo-se as camadas superficiais de solo vegetal, para a implantação dos sistemas viário e de drenagem pluvial; das quadras, lotes e redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário; alterando-se a morfologia do terreno. A ocupação urbana provoca a impermeabilização nas áreas construídas, aumentando as vazões que escoam superficialmente.

Posteriormente, com a ocupação das edificações, as alterações sobre o meio físico são determinadas pela:

- exposição dos materiais naturais em taludes de corte e aterro;
- saturação de solos superficiais por vazamentos na redes de águas pluviais, abastecimento de água, esgotamento sanitário;
- produção e desatinação de resíduos sólidos e líquidos;
- utilização dos espaços públicos (áreas institucionais, praças, jardins, quadras esportivas);
- aumento dos níveis de ruído e vibração.

Como obra de engenharia, o empreendimento habitacional popular não traz necessariamente altos impactos ao meio físico. Por outro lado, a viabilidade técnico-econômico-financeira desse tipo de empreendimento é comprometida facilmente, quando se fazem necessárias soluções geotécnicas e ambientais, que em outros empreendimentos (p.e. estradas, edifícios comerciais ou mesmo habitação diferenciada) seriam consideradas comuns. Os baixos custos que essas unidades necessitam ter, devido à faixa de renda das populações atendidas, justificam essa exigência.

Por essa razão, o prévio e adequado conhecimento do meio físico, ou seja, limitação e comportamento de cada unidade geológico-geotécnica frente às solicitações impostas pela ocupação, adquirem maior importância. Na prática, a aquisição de terrenos para conjuntos habitacionais tem que respeitar ainda a estrutura fundiária urbana existente, ou seja, propriedade ou conjunto de propriedades. Dessa forma, afirma-se que, para algumas situações geológicas, é necessário o mapeamento na escala da obra (1:2.000 até 1:500) das unidades geológico-geotécnica relevantes, mesmo na fase pré-aquisição do terreno.

ASPECTOS RELEVANTES DO MEIO FÍSICO

Os processos do meio físico referem-se a fluxos de matéria e energia, que ocorrem tanto na erosão de solos, transporte e deposição de sedimentos, quanto na movimentação das águas superficiais e subterrâneas ou nos deslizamentos naturais de encostas. De modo geral, a ocupação humana interage com esses processos, acelerando-os especialmente quando não são observadas as aptidões e limitações físicas das regiões. A ocupação habitacional popular possui características específicas, podendo alterar o equilíbrio dos processos do meio físico de formas e graus bastante diferenciados (Prandini et al., 1995; Pelogia, 1996).

Um conjunto habitacional popular pode produzir variados graus de impacto sobre o meio físico. O grau de impacto e as “surpresas” construtivas e de manutenção vão depender, via de regra, do adequado conhecimento prévio dos processos físicos atuantes. Diretrizes adequadas vão permitir a ocupação da área, evitando ou diminuindo o impacto dos fatores físicos negativos.

O impacto físico manifesta-se na indução ou aceleração dos processos naturais. Das questões físicas tratadas em Nakazawa (1994), foram selecionados as que mais se relacionam com a seleção de terrenos para habitação popular, que podem ocorrer isoladas ou associadas:

- Erosão por ravina
- Movimentos gravitacionais de massa
- Afundamentos Cársticos
- Expansão e contração de solos
- Colapso do solo
- Inundações

- Adensamento de solos moles
- Rebaixamento do nível freático

O meio físico pode ser analisado sobre diversos aspectos, tais como geomorfologia, geologia, pedologia ou geotecnia. Num primeiro momento, para a finalidade discutida, as características de relevo, geologia e geotecnia são as que produzem os melhores resultados na compartimentação dos terrenos.

Declividade, Perfil de Intemperismo e Posição do Nível D'água

A declividade é fator diretamente relacionado às características geológico-geotécnicas dos terrenos. Tanto por fatores da viabilidade técnico-econômica do empreendimento, como por aspectos de legislação (lei federal 6.766/79 - limite superior de 30 %), o parcelamento do solo é limitado pela declividade natural dos terrenos.

O perfil de intemperismo é a sucessão dos diversos níveis do solo, residuais ou transportados, incluindo materiais rochosos, nos seus diversos graus de alteração. A resistência, a erodibilidade, e a permeabilidade das unidades identificadas, juntamente com a posição do nível d'água (nível freático), determinam os limites que o projeto de terraplenagem encontrará para implantação das quadras e do sistema viário. As escavações das redes de água e, particularmente, a de esgotamento sanitário, necessitam de cotas secas e desníveis para a sua adequada implantação. O projeto de fundação, especialmente das unidades verticalizadas, também é diretamente determinado pela seqüência dessas unidades e pelas suas características geotécnicas.

Sistema Natural de Drenagem

O sistema de drenagem estabelece uma compartimentação natural dos terrenos, que necessita ser tão mais respeitada, quanto maior o porte dos talvegues e dos corpos d'água que a constituem. Segundo orientação do órgão responsável (IBAMA), pelo fato dos conjuntos habitacionais situarem-se via de regra em área urbana, a legislação considerada é a Lei 6.766/79 que estabelece faixas "*non aedificandi*" de 15 m ao longo das águas correntes e dormentes. É comum a exigência por parte dos órgãos ambientais de trabalhos de reabilitação, ou seja, intervenções que esta estabeleçam condições compatíveis com a ocupação habitacional. Para essa finalidade, o reflorestamento é um recurso comumente utilizado. Quando os rios ou córregos encontram-se canalizados, a preservação de faixas passa a ser estabelecida pela legislação municipal, a qual, via de regra, é menos restritiva.

Ocorrência de Unidades Restritivas

São consideradas *unidades restritivas* as unidades geológico-geotécnicas que, exclusivamente por sua ocorrência, poderiam inviabilizar a ocupação de um terreno com habitação popular. São exemplos dessas unidades: solos aluviais ou marinhos moles; solos residuais de rochas graníticas com alta densidade de matacões métricos ou maiores; maciços rochosos calcários com intensa *carstificação*, áreas baixas sujeitas a inundação, etc.. Essas unidades precisam ser identificadas e quantificadas nas fases anteriores à aquisição do terreno.

Passivo Ambiental

A avaliação do passivo ambiental (“*due diligence*”) compreende o conjunto de atividades voltadas à identificação e avaliação de todos os problemas ambientais existentes em um empreendimento e que foram gerados no passado (Bitar & Ortega, 1998). Não são raras as análises de áreas, que devido às suas utilizações anteriores ou à sua proximidade de zonas industriais, possuam problemas ambientais que também devem ser avaliados antes da sua aquisição para habitação popular.

CARACTERIZAÇÃO E COMPARTIMENTAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

Conceitualmente, *caracterizar* uma unidade de terreno é reunir características físicas, geológicas e geotécnicas dos materiais que ocorrem em superfície e sub-superfície e, posteriormente, *compartimentar*, através da proposição de divisões espaciais ou em planta do terreno, onde cada compartimento represente um comportamento homogêneo, frente às solicitações específicas do empreendimento habitacional (e.g. exposição em cortes, fundação de aterros e edificações, materiais de empréstimo, etc.).

A importância da compartimentação geralmente está associada ao tamanho das áreas analisadas, sua complexidade, quantidade e tipos de *unidades restritivas*. Quanto maior o terreno, maior a probabilidade de ocorrência de unidades com comportamentos distintos.

Fase Preliminar

O mapeamento em campo é essencial na elaboração do modelo de compartimentação geológico-geotécnica da área. Não é rara nessa etapa a ausência completa de informações específicas (furos a trados, sondagens a percussão, etc.).

Nessa fase propõem-se um primeiro modelo do terreno, que orientará os estudos de pré-viabilidade técnico-econômica.

Levantamento de dados secundários

A fase preliminar inicia-se mesmo antes da vistoria do terreno, com o levantamento dos dados secundários que referem-se ao conjunto de informações cartográficas disponíveis sobre a área e sua região, a saber: levantamentos e restituições aerofotogramétricas nas diversas escalas disponíveis; imagens de satélite; mapas geológicos e geomorfológicos; cartas geotécnicas, etc..

Mapeamentos executados na fase de vistoria

A vistoria permite ao profissional da área de Geologia de Engenharia o levantamento de diversas informações relevantes das unidades geológico-geotécnicas da área em análise, através da conformação do relevo e pela análise de afloramentos dos materiais em cortes e taludes.

Investigações geológico-geotécnicas

Em algumas situações específicas, ainda na fase preliminar, faz-se necessária a execução de investigações específicas. Essa situação ocorre, especialmente, quando grandes porções do terreno são compostas por *unidades restritivas* (planícies aluviais ou marinhas com possibilidade de ocorrência de solos moles, maciços carstificáveis, ações antrópicas, tais como realizações de cortes, bota-foras e aterros, etc.).

Essas investigações são realizadas para caracterizar possíveis problemas das áreas restritivas, sendo portanto ainda desvinculados de idéia de implantação que possa existir para a área. Normalmente, tais investigações aliam sondagens mecânicas convencionais a dados geofísicos

Os métodos geofísicos determinam a distribuição dos parâmetros físicos, tais como, velocidade de propagação de ondas sísmicas, resistividade elétrica, entre outros, no interior dos maciços de solo e rocha.

Esses métodos são variados e classificados em função da grandeza física e forma de

avaliação. Para estudos de conjuntos habitacionais, a geofísica é utilizada em situações “clássicas”, como exemplo, avaliação do grau de carstificação em maciços calcários. Apesar dessa situação, os métodos geofísicos possuem um alto potencial de utilização na fase anterior ao detalhamento de projeto, orientando e dando maior significado às informações das investigações diretas (trados e sondagens a percussão). A utilização em conjunto de métodos diretos e indiretos, além de mais rápida e econômica, fornece maior consistência técnica aos modelos geológico-geotécnicos propostos.

Detalhamento para Etapas Iniciais de Projeto (Campanha de Investigação Tradicional)

A etapa de projeto é essencialmente a fase de execução da campanha de investigação geológico-geotécnica. Geotécnica porque são levantados ou admitidos parâmetros geotécnicos para o desenvolvimento dos diversos projetos, tais como resistência a penetração SPT, capacidade de suporte, permeabilidade, coesão e ângulo de atrito. Geológico, pois a análise desse conjunto de dados deve ser realizada considerando sua classificação genética, ou seja, sua composição e história geológica.

A sondagem a percussão é destacadamente a investigação direta mais utilizada para subsidiar os projetos de fundação, drenagem e terraplenagem dos conjuntos habitacionais, os quais necessitam de informações sobre os materiais em sub-superfície. Sondagens a trado são também utilizadas de forma complementar à malha de furos a percussão. Em alguns casos específicos (e.g. áreas de planícies continentais ou costeiras com solos moles), podem ser solicitados ensaios “*in situ*” (*vane-test*, *crosshole*, etc.) ou ainda a retirada de amostras indeformadas para ensaios específicos em laboratório (adensamento, cisalhamento, resistência não-drenada, etc.)

Acompanhamento da Etapa Executiva e Pós-ocupação

Embora o fluxo natural das informações nos empreendimentos seja no sentido *análise de terreno* → *construção*, o retorno de informações sobre o comportamento das unidades (individualizadas na fase preliminar e detalhadas na fase de projeto) e de problemas executivos específicos tem se mostrado de fundamental importância para o constante aprimoramento dos modelos utilizados, garantindo que os critérios físicos utilizados na análise dos terrenos sejam

coerentes com a realidade das diversas formas de produção habitacional (empreitadas, mutirões, etc.).

CONCLUSÃO

A implantação de empreendimentos habitacionais populares apresenta características peculiares, quando comparadas a outras obras de Engenharia Civil. O custo final da unidade habitacional não comporta a adoção de soluções dispendiosas devido a “surpresas ou imprevistos geológicos”. Dessa forma, a caracterização e compartimentação geológico-geotécnica para tais empreendimentos deve iniciar-se na fase de análise de terrenos (anterior à aquisição da área) e estender-se até as etapas de projeto, complementada por informações mais detalhadas obtidas na campanha de investigação geológico-geotécnica (sondagens a trado e a percussão). A importância da elaboração desse modelo físico é diretamente proporcional ao tamanho e à complexidade física da área, sendo que sua consolidação deve fornecer diretrizes para a elaboração do projeto urbanístico, indicando as características de cada porção individualizada do terreno.

Em raras situações, alguns métodos geofísicos são utilizados nas fases preliminares de análise de terreno. No entanto, esses métodos possuem um potencial pouco explorado de otimização da campanha de investigação realizada na fase posterior.

A proposição de novas tipologias, mais adaptadas a condições físicas menos favoráveis, requer um conhecimento mais detalhado das aptidões e limitações do meio físico, para que susceptibilidades a erosão, instabilidade de taludes e encostas, recalques em solos moles ou colapsíveis, etc. possam ser avaliadas previamente à aquisição dos terrenos.

REFERÊNCIAS

BITAR, O. Y. & ORTEGA, R.D.E. Gestão ambiental. *In*: OLIVEIRA, M. S. e BRITO, S.N.A. (editores) **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. p.499-508, 1998.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO HABITACIONAL E URBANO DO ESTADO DE SÃO PAULO **Subsídio ao plano plurianual**. Superintendência de Planejamento e Controle. Gerência de Pesquisa Social. 27 p. 1998.

NAKAZAWA, V. A. (Coord.) **Carta Geotécnica do Estado de São Paulo: escala 1 : 500.000**. 2 vol.. Publicação IPT 2089. 1994.

PELOGGIA, A. U. G. **Delineação e aprofundamento temático da geologia do tecnógeno do município de São Paulo**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 262 p. 1996.

PRANDINI, F.L.; NAKAZAWA, V.A; FREITAS, C.G.L.; DINIZ, N.C. Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. *In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente*. ABGE – IPT. p. 187-202. 1995.

SECRETARIA DE POLÍTICA URBANA **Relatório de atividades – Perspectivas para 1998**. Ministério do Planejamento e Orçamento. 25 p. 1998.