

COLEÇÃO HABITARE

5.

5.

Método para o projeto habitacional em encostas

A aplicação do conhecimento das capacidades e restrições dos terrenos frente às demandas do processo de urbanização não é algo novo no campo da engenharia, como pode ser observado, por exemplo, através da prática da realização de investigações de subsolo, antecedendo a escolha do tipo de fundação a empregar, de acordo com as características do edifício a implantar. Tal procedimento já orienta a construção civil há várias décadas. Se o procedimento aponta para uma aplicação da ciência em favor da segurança da edificação, denota também um certo princípio geral que, de certa forma, impregna até hoje nossa cultura técnica: na maior parte dos casos, a concepção do edifício antecede o próprio estudo mais detalhado do terreno.

No que diz respeito a terrenos de topografia mais acidentada, a ocupação demanda, ainda, a criação de taludes de corte e de aterro. Neste caso, pelo menos no que diz respeito a obras conduzidas dentro de padrões técnicos mais responsáveis, os taludes definidos em projeto são analisados no caso a caso e recebem especificações de tratamento, envolvendo desde simples proteção superficial e drenagem até eventuais estruturas de contenção.

Se, do ponto de vista da segurança, o procedimento de “tratar os resultados do projeto” sobre o terreno através, por exemplo, da definição criteriosa de sistemas de fundações ou de obras de estabilização de taludes é positivo, paira no mínimo uma dúvida: não seria mais adequado e científico anteceder o projeto com uma investigação do terreno, que encaminhasse informações para a própria concepção mais balizada do projeto? Isto permitiria a busca de partidos de arquitetura e de urbanismo seguramente mais adequados ao terreno, mais econômicos (pelo menos do ponto de vista estritamente associado às obras geotécnicas) e com menores impactos ambientais.

Acreditando-se que, em encostas, o conhecimento mais preciso e antecipado do terreno é fundamental para encaminhar projetos de arquitetura e de urbanismo mais adequados, busca-se, nesta parte do trabalho, sistematizar procedimentos de investigação e análise de tais terrenos e delinear mecanismos para sua efetiva incorporação à elaboração do projeto, desde sua fase inicial, apontando-se os traços gerais de uma metodologia para a elaboração de projetos habitacionais para encostas, efetivamente com base nas condicionantes dos terrenos.

Ao se apregoar que a elaboração de um projeto habitacional para encosta deve se basear nas características específicas do terreno a ocupar, apregoa-se também que o próprio exercício do projeto deve se dar num âmbito um pouco mais amplo que o da prancheta (ou o computador) do arquiteto.

Tanto na ocupação de áreas situadas em sopés de encostas quanto em encostas propriamente ditas, tornam-se necessários levantamentos mais cuidadosos de meio físico. No primeiro caso, instabilizações nos morros podem

facilmente atingir ocupações a jusante. Assim, a rigor, a ocupação de terrenos planos que se localizem nas imediações de encostas requereria um estudo das condições de equilíbrio destas últimas. No segundo caso, mostra-se necessário um melhor conhecimento das características específicas do terreno, de suas capacidades e restrições frente às alterações normalmente impostas pela ocupação que, se inadequadas, podem gerar desastres ou, no mínimo, deseconomias.

Dependendo do tipo de obra geotécnica requerida, podem ocorrer agravamentos de custos capazes, até mesmo, de inviabilizar o empreendimento, principalmente quando se pensa no restrito orçamento que se associa, via de regra, à construção de habitações de interesse social. Não se tenciona aqui atribuir à obra geotécnica um caráter sempre oneroso. Existe, isto sim, uma ampla gama de obras desta natureza, cujos custos são variados e, às vezes, pouco significativos no cômputo geral da obra. Tendem a ser onerosas, porém, grandes estruturas de contenção, que podem se tornar facilmente necessárias, conforme as características dos solos e processos de meio físico presentes e do partido que se adote no projeto.

Quando se projeta para um terreno plano, ideal, a otimização da relação entre edifício e terreno (este último aqui entendido apenas em suas características geológicas e geotécnicas) pode muitas vezes se restringir à otimização do binômio estrutura/fundações. Ocorre, nestes casos, uma certa dissociação do projeto arquitetônico da interface com o terreno, respeitada, é claro, a necessidade do estabelecimento de prumadas estruturais. No caso de encostas, para se otimizar a relação entre edifícios e terreno (novamente aqui entendido apenas em suas características

geológicas e geotécnicas), as implicações podem facilmente transcender o binômio estrutura/fundações, passando a abranger, de uma forma bem mais marcada, a própria organização planimétrica e altimétrica dos espaços internos e externos aos edifícios, não só no âmbito restrito da adaptação à topografia, mas também, e principalmente, num desejável ajuste mais fino às qualidades dos solos presentes, o que não é um procedimento usual.

Para ilustrar o que foi dito, suponhamos que, num determinado terreno, as características do solo e dos processos presentes permitam que se façam cortes subverticais em taludes com altura de até seis metros, sem a necessidade de obras complementares de contenção. Esta informação fornece ao arquiteto um leque de possibilidades de projeto que seria bastante distinto, por exemplo, num terreno de mesmas feições topográficas, mas com solo que exigisse, em cortes similares, estruturas de contenção de custo elevado. O mesmo se aplica ao projeto de urbanismo.

A escolha dos tipos de vias a adotar, de seu traçado e dimensionamento, assim como a definição geral de padrões de ocupação, podem ter implicações profundas na demanda por obras geotécnicas de custo mais elevado e, portanto, nos custos da implantação. Torna-se necessário, novamente, um conhecimento prévio das características do terreno, de suas capacidades e restrições, para orientação ao projeto.

No desenvolvimento do projeto, podem tornar-se ainda necessárias novas investigações de caráter geológico-geotécnico. Os levantamentos e ou análises não devem se esgotar na fase pré-projeto, mas, isto sim, estabelecer - durante todo o processo, da concepção à implantação - um diálogo periódico, capaz de encaminhar soluções

geotécnicas mais econômicas e seguras. Fatores ligados às condicionantes geológico-geotécnicas devem confundir-se, na verdade, no caso de encostas, com fatores a incorporar ao próprio programa do projeto.

Alguns levantamentos podem exigir sondagens e até mesmo ensaios em laboratório, mas as informações que se obtêm tornam mais racional e científica a elaboração de projetos, tornando-os adaptados, de fato, às características do terreno, transcendendo, como já foi dito, a simples questão de suas feições topográficas. A adaptação do projeto ao terreno, jargão bastante utilizado na arquitetura, no caso de encostas, só se tornará mais completa através do conhecimento e consideração mais aprofundados dos solos presentes no terreno e de suas tendências de comportamento frente à ocupação.

5.1 - Caracterização geral de método para projetos habitacionais de pequeno porte em encostas

Em primeiro lugar, cabe delimitar claramente os objetivos do método aqui proposto. Trata-se de método destinado a balizar a implantação de pequenos conjuntos habitacionais (de até 100 unidades habitacionais) em encostas, com ênfase na segurança geotécnica. São seus objetivos gerais:

- auxiliar no processo de decisão para a utilização (ou não) de determinada área em encosta para a implantação de empreendimento habitacional de interesse social, com as características anteriormente descritas, sob ótica fundamentalmente centralizada em características de meio físico;

- conduzir à identificação sistematizada das capacidades e restrições do meio físico da encosta ou trecho de encosta (caso ela seja, na primeira instância, considerada apta para a ocupação) frente ao uso habitacional;
- traduzir as capacidades e restrições do meio físico em diretrizes para o projeto;
- aferir a resposta do projeto às condicionantes e possibilitar seu aperfeiçoamento, seja através da revisão de decisões de projeto, seja de novas diretrizes geotécnicas demandadas por particularidades do projeto.

Fica claro que se trata de um método que remete a um relacionamento mais prolongado e estreito entre profissionais de diferentes formações, mormente da arquitetura e do urbanismo, da geologia e da geotecnia. Ao mesmo tempo, caracteriza-se por fases diferenciadas de atividades, onde circunstancialmente predominam atuações mais isoladas, ainda que engendradas com as demais especialidades. Dos elementos constituintes do método, no que pese o pressuposto da interação, destacam-se duas vertentes disciplinares mais nítidas, envolvendo atividades de acordo com especialidades.

Por um lado, nas áreas de geologia e de geotecnia, destacam-se as seguintes atividades:

- a1) aplicação de um crivo inicial de análise para decisão se determinada área em encosta é passível (ou não) de ocupação com habitações de interesse social;
- b1) execução, caso a área seja considerada apta, de levantamentos geológicos e geotécnicos segundo roteiro de levantamentos mais adiante explicitado;
- c1) desenvolvimento de análises sobre as condicionantes

- do meio físico e elaboração de diretrizes para o projeto;
- d1) análise interdisciplinar do estudo preliminar, identificação de novas questões, elaboração de novas diretrizes e resolução de problemas localizados;
- e1) análise interdisciplinar do anteprojeto, identificação de novas questões, elaboração de novas diretrizes e resolução de problemas localizados;
- f1) análise interdisciplinar do projeto executivo, identificação de novas questões, elaboração de novas diretrizes e resolução de problemas localizados; e
- g1) acompanhamento interdisciplinar da implantação (fase de obras), identificação de novas questões, elaboração de novas diretrizes e resolução de problemas localizados;

Por outro lado, nas áreas de arquitetura e urbanismo, destacam-se as seguintes atividades:

- a2) verificação da situação fundiária da área, confirmando a possibilidade ou impossibilidade de se promover a implantação desejada;
- b2) identificação, caso a área seja considerada apta, de condicionantes urbanas locais e definição de levantamentos complementares que se façam necessários (tais como levantamentos topográficos); estabelecimento do programa do projeto;
- c2) elaboração de estudo preliminar de arquitetura e de implantação com base nas diretrizes desenvolvidas;
- d2) análise interdisciplinar do estudo preliminar, discussão e equacionamento de eventuais novas questões de natureza geotécnica identificadas, solicitação de novas diretrizes e resolução de problemas

localizados de geotecnia;

e2) elaboração do anteprojeto de arquitetura e de implantação, com base nas diretrizes geológico-geotécnicas revistas;

f2) análise interdisciplinar do anteprojeto, identificação de novas questões de natureza geotécnica, solicitação de novas diretrizes e resolução de problemas localizados de geotecnia;

g2) elaboração do projeto executivo de arquitetura e de implantação com base nas diretrizes geológico-geotécnicas revistas;

h2) análise interdisciplinar do projeto executivo, identificação de novas questões de natureza geotécnica, solicitação de novas diretrizes e resolução de problemas localizados de geotecnia; e

i2) acompanhamento da implantação (fase de obras), identificação de novas questões e resolução de problemas localizados;

No método proposto estabelecem-se, na realidade, ciclos encadeados de produção e aperfeiçoamento do projeto, com ênfase no trato das questões geotécnicas combinadas com as demandas de resolução do programa habitacional.

Do ponto de vista de instrumentalização, o método requer ainda “sub-métodos”, de acordo com o que segue:

- método para levantamentos de condicionantes do meio físico;
- método para análise das condicionantes e para sua transformação em diretrizes para projeto; e
- método para o projeto propriamente dito.

Passa-se, doravante, a detalhar os sub-métodos envolvidos.

5.2 - Método para levantamentos expeditos de condicionantes do meio físico

Para o procedimento dos levantamentos, prevêem-se duas etapas de observações. Na primeira, procura-se identificar se ocorrem impedimentos técnicos ou legais que contra-indiquem com relevância a ocupação da área. Identificam-se três principais questões capazes de contra-indicar, a priori, a utilização de uma área em encosta para fins habitacionais, caracterizando-se o que passa a ser considerado por “crivo”:

- situação fundiária legal impeditiva e incontornável;
- presença de processos de meio físico em curso, de magnitude incompatível com o programa; e
- declividade excessiva.

a) Situação fundiária legal impeditiva e incontornável

São freqüentes invasões em encostas situadas, por exemplo, em áreas sob proteção ambiental ou em áreas verdes de loteamentos. Nestas, dificilmente pode se obter o aval do Poder Público para o balizamento de uma ocupação regular, pelo menos imediata. No caso de invasões embrionárias, e na dependência do efetivo interesse, por exemplo, frente à localização da área, podem ser tentadas ações junto aos órgãos públicos municipais, estaduais e federais envolvidos, estudando-se eventuais possibilidades de permutas com áreas vizinhas ou a circunscrição e definição de um patamar de congelamento da ocupação, sob orientação. É melhor ter-se uma ocupação formal circunscrita e orientada que se assistir a uma ocupação informal crescente, generalizada e precária. Na ocupação formal circunscrita, os próprios moradores podem se tornar “fiscais permanentes” de todo o restante

da área, notificando eventuais novas invasões.

Se, porém, os impedimentos legais se mostrarem incontornáveis, inviabilizando do ponto de vista jurídico a ocupação formal da área, esta deve ser desocupada e descartada enquanto local de implantação formal de casas, procurando-se solução alternativa de localização, se possível, nas imediações.

b) Processos de meio físico em curso, de recuperação de magnitude incompatível com o programa habitacional

Como pode ser visto no Capítulo 2, encostas apresentam processos típicos de meio físico, tais como erosões, escorregamentos, rastejos, quedas de blocos, rolamentos de matacões e corridas de massa. A estes, agregam-se outros processos, tais como inundações, alagamentos, recalques, sismos, processos cársticos (afundamentos ou subsidências de trechos de terreno), além de processos antrópicos, não necessariamente típicos de encostas, mas que também podem estar presentes nesta situação.

Caso a utilização efetiva da área dependa da execução de obras preliminares mais vultosas de estabilização do terreno para eliminação de fontes de riscos, e exclusivamente através do emprego de verbas destinadas ao programa habitacional propriamente dito, deve-se preferencialmente procurar localização alternativa. Note-se, porém, que o projeto pode ainda se viabilizar, dentro de alguns contextos mais específicos, quando obras de estabilização tenham que ser obrigatoriamente implantadas, independentemente de qualquer programa habitacional associado.

No geral, porém, a presença em magnitude mais destacada de processos de meio físico indesejáveis devem conduzir ao descarte da área e a busca de alternativas. Devem também ser considerados como motivo de descarte eventuais ações e processos antrópicos no perímetro da área que venham a constituir riscos para a ocupação pretendida, envolvendo custos de estabilização de construções ou terrenos vizinhos elevados e a absorver exclusivamente no âmbito do programa.

c) Declividade

Se, no que diz respeito à tecnologia, a bagagem de conhecimento hoje acumulada permite afirmar que quase qualquer terreno pode ser ocupado, em contrapartida, do ponto de vista da economia - mormente quando de trata de habitações de interesse social - a realidade é outra. Se é viável, do ponto de vista construtivo, ocupar terrenos com declividades até mesmo superiores a 100%, o que geralmente ocorre é que este tipo de ocupação tenderia a demandar recursos de tão elevada monta que a ocupação, por motivos econômicos, tornar-se-ia inviável.

Ainda que não exista um limite de declividade consensualmente estabelecido, no meio técnico, para a ocupação de encostas com habitações, é freqüente, como ilustração, a menção de 50% como um limite desejável. Em vários trabalhos associados à ocupação de encostas, o IPT já chegou a considerar, de acordo com condicionantes específicas de meio físico, declividades de até 60%. A rigor, em literatura, ou mesmo na legislação, pelo menos enquanto diretriz de caráter geotécnico, não se observa a fixação de um limite superior de declividade para o tipo de implantação aqui estudado. Como limitante razoável, sugere-se consi-

derar admissível o estudo de áreas com declividades de até 60%, desde que os estudos geológicos e geotécnicos confirmem a segurança da ocupação.

Para a introdução das observações a levar a cabo para a aplicação do “crivo”, concebeu-se formulário simples, apresentado a seguir e intitulado “*Roteiro de levantamentos expeditos de dados de meio físico para apoio ao projeto de habitações de interesse social agrupadas em encostas - Crivo*”, adiante apresentado.

Na segunda etapa de levantamentos, a realizar caso a área tenha sido considerada apta na aplicação “crivo”, faz-se a caracterização completa do meio físico da área, de acordo, por exemplo, com o roteiro apresentado na planilha “Roteiro de levantamentos expeditos de dados de meio físico para apoio ao projeto de habitações de interesse social agrupadas em encostas – formulário completo”, mais adiante apresentado.

Ainda que os levantamentos das características físicas do terreno digam mais respeito às especialidades da geologia e da geotecnia, nota-se que a interação disciplinar deve preferencialmente ocorrer desde os levantamentos iniciais da área, possibilitando que o desejável processo de interação tenha início imediato, desde a própria seleção da área, quando, com base na troca de idéias, em campo, entre os profissionais envolvidos na geração de diretrizes para o projeto e na sua elaboração, passam a ser discutidas possibilidades de projeto e as condicionantes locais de meio físico.

Além disso, como pode ser visto, o formulário completo produzido prevê, simultaneamente, tanto a caracterização de fatores geológicos e geotécnicos quanto de fatores mais associados à inserção urbana da área,

considerando itens de infra-estrutura (acessos, redes de água, de esgotos e de eletricidade, etc.) e até mesmo itens mais relacionados ao futuro andamento da fase de obras, como é o caso da identificação e caracterização de áreas de empréstimo e de bota-fora na região, para absorver eventuais importações ou exportações de terra que se façam necessárias, em função das características do projeto. Isto reforça como desejável a participação de arquiteto desde a fase inicial de levantamento da área.

Como requisitos gerais para os levantamentos, vale alertar que, do ponto de vista geológico-geotécnico, a intenção, num âmbito mais geral, é a de se compreender os processos de meio físico presentes ou potenciais na área e, em seguida, aprofundar o conhecimento sobre as características mais específicas da área.

Para o aprofundamento da caracterização, lança-se mão de análise de material colhido por sondagens. Como se pretende um levantamento de caráter mais expedito, sempre que possível poderão ser empregadas simples sondagens a trado. Em se tratando de encostas, deve-se examinar principalmente a manutenção das características gerais das camadas de solos e de suas espessuras, ao longo da vertente a ocupar. Isto aponta para um critério, na localização de furos de sondagem, que deve privilegiar perfis típicos.

Vale ainda lembrar, é claro, que se a área não dispuser de levantamento topográfico adequado, este também deverá ser providenciado, recomendando-se que apresente curvas de nível, pelo menos, a cada metro.

Além dos processos já mencionados, típicos de encostas, considerou-se pertinente a inclusão de outros

Roteiro de levantamentos expeditos de dados de meio físico para apoio ao projeto de habitações de interesse social agrupadas em encostas - Crivo

Localização da área		
Município Bairro Referências para se encontrar a área	Croquis de localização	
Questões básicas para a continuidade ou não de realização dos levantamentos		
1. Ocorre situação fundiária irrevogável na área que impossibilite sua utilização para o programa habitacional pretendido?	<input type="checkbox"/> SIM (descreva, ao lado, a questão impeditiva) <input type="checkbox"/> NÃO	Descrição do impedimento legal
2. Observam-se processos de meio físico de magnitude incompatível com a implantação de habitações de interesse social pretendida?	<input type="checkbox"/> SIM (assinale ao lado os processos que inviabilizam a ocupação) <input type="checkbox"/> NÃO	<input type="checkbox"/> escorregamentos <input type="checkbox"/> rastejos <input type="checkbox"/> erosões <input type="checkbox"/> recalques <input type="checkbox"/> queda de blocos <input type="checkbox"/> desagregação superficial <input type="checkbox"/> rolamento de matacões <input type="checkbox"/> sismos <input type="checkbox"/> inundação <input type="checkbox"/> processos cársticos <input type="checkbox"/> alagamento <input type="checkbox"/> processos antrópicos <input type="checkbox"/> corrida de massa <input type="checkbox"/> outros (especificar)
3. As declividades presentes são predominantemente iguais ou superiores a 60%, (cerca de 31°) ? (utilizar clinômetro para aferição)	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	Qual a declividade dominante? ____ % ou ____°

Observações:

1. Caso alguma das repostas às questões de 1 a 3 for “sim”, a área está descartada para a implantação pretendida, e os levantamentos se encerram.
2. Caso nenhuma das respostas tenha sido “sim” e não tenha se manifestado qualquer outro motivo que contra-indique a utilização da área, passar para as fases seguintes de levantamentos.
3. Caso tenham sido constatados riscos que já afetam significativamente a segurança da população do local ou do entorno, as autoridades competentes devem ser alertadas.

processos e fenômenos na observação dos terrenos, não necessariamente típicos de encostas. Assim, previu-se a observação de eventuais sintomas de **inundações ou alagamentos**, fosse em colos de encostas, fosse em terrenos lindeiros, permitindo agregar cuidados específicos nos projetos com relação à drenagem. Julgou-se também ser prudente prever a verificação de históricos locais de ocorrência de processos menos frequentes, no Brasil, tais como **sismos** (tremores de terra) e **processos cársticos** (afundamentos de terreno ocasionados por desestruturação de camadas subterrâneas de solos ou rochas), que pudessem conduzir também a cuidados específicos nos projetos ou à contra-indicação da ocupação. Além dos já mencionados, percebeu-se ainda a necessidade de incluir a observação de eventuais processos desencadeados por ações antrópicas (**processos antrópicos**) que estivessem ocasionando ou potencializando instabilizações nos terrenos, permitindo prever a necessidade de sua correção. Tal preocupação se reforça tendo em vista que as áreas a focalizar no trabalho, de características urbanas, quase sempre já foram modificadas por ações antrópicas.

Na intersecção de ações antrópicas com as características inerentes aos terrenos, tomou-se ainda como necessária a observação da ocorrência de eventuais patologias em elementos construídos, tais como inclinação em postes, cercas e árvores (denotando a possibilidade de processos de rastejo) e recalques em construções existentes, o que poderia remeter à necessidade de investigações mais aprofundadas de subsolo para a ocupação.

Finalmente, incorporou-se à listagem de processos a observar a ocorrência de **desagregação superficial** (empastilhamento) em taludes de corte, fenômeno mais

tipicamente encontrado em terrenos situados em bacias sedimentares, que pode se associar a processos de instabilização. O empastilhamento decorre da alternância de ciclos de umedecimento e de secagem da superfície exposta de camadas mais argilosas, que podem se destacar, descalçando as camadas de solo situadas mais acima e dando origem a desabamentos.

Após a identificação dos processos de meio físico presentes ou potenciais, passar-se-ia à observação das demais características geológicas e geotécnicas destacando-se:

- a observação dos litotipos presentes, das estruturas dos solos, das espessuras dos solos, dos tipos de alterações de rochas presentes, assim como a presença de blocos e matacões;
- a granulometria e a permeabilidade dos solos presentes; e
- as características geométricas da encosta ou da porção de encosta selecionada, assim como sua declividade média.

Para complementar as recomendações para o projeto, faz-se ainda necessário compreender as características hidrológicas das áreas, de maneira a elaborar recomendações destinadas a balizar a concepção de sistemas de drenagem e de proteção de taludes.

Incluíram-se então, no roteiro preliminar de levantamentos, questões destinadas a caracterizar as bacias de contribuição de águas pluviais com interferência nas áreas, assim como dados fisiográficos de destaque para o projeto, como a identificação da presença de eventuais drenagens naturais perenes ou intermitentes e observando-se, ainda, as características das condições de recepção de

águas pluviais nas áreas lindeiras.

É também necessário incluir questões relativas ao comportamento das águas subterrâneas, tanto no que diz respeito ao subsídio à caracterização de tipologias de construções habitacionais a adotar quanto na caracterização do projeto de implantação. Eventuais cortes que interceptem o lençol freático (ou lençóis suspensos) podem acarretar tanto problemas de estabilidade do terreno quanto patologias mais pronunciadas de umidade nas construções, em eventuais paredes em contato com o solo, obrigando à busca de detalhes específicos de projeto, capazes de neutralizar os efeitos indesejáveis. Além disso, as informações sobre as águas subterrâneas poderiam remeter à necessidade de cuidados especiais no tratamento superficial de taludes de corte que viessem a se tornar necessários, em função de características de projeto.

Ainda que, como princípio geral de projeto, deva ser buscado um equilíbrio entre volumes de corte e aterro, evitando-se “importação” ou “exportação” exagerada de solos, muitas vezes torna-se necessário trabalhar-se com predominância de cortes ou de aterros, gerando necessidade de áreas de empréstimo ou de bota-fora, capazes de absorver as demandas do projeto. Em tais áreas, deve ser considerado o tipo de material disponível para o empréstimo (ou as condições geotécnicas para o recebimento de aterro), além das capacidades (volumes) disponíveis, das condições de estabilidade e dos aspectos legais envolvidos.

Visando a otimização do transporte de terra entre terrenos para as implantações pretendidas e áreas para extração ou deposição de terra, julgou-se então conveniente observar, nas imediações das áreas selecionadas para as

implantações, a disponibilidade de locais para extração ou deposição de terra. Caso estas estejam presentes, e caso haja certeza da implantação do projeto, devem ser realizados estudos para sua utilização, abordando-se os aspectos mencionados (volume, estabilidade e aspectos legais), buscando-se um equacionamento formal.

Caso não haja disponibilidade de áreas próximas adequadas, remete-se ao equacionamento envolvendo as áreas de empréstimo e de bota-fora oficiais do município, mesmo que distantes, antevendo-se algum agravamento de custos em função da necessidade do transporte de terra.

Para complementar o roteiro preliminar de levantamentos, previu-se ainda a caracterização de diversos outros itens necessários à orientação do projeto, incluindo-se características de inserção da área no tecido urbano, através de dados de localização, possibilitando-se cotejamentos dos levantamentos com eventuais mapeamentos geológicos ou geotécnicos ou informações bibliográficas disponíveis.

Tendo em vista permitir o balizamento da concepção preliminar de redes de escoamento de efluentes sanitários e de captação e condução de águas pluviais, previu-se também identificar, nas áreas a levantar, as características das eventuais redes públicas implantadas. Para balizar a concepção de acessos e também de estacionamentos, mostrou-se conveniente prever ainda a caracterização do viário local e de eventuais vias presentes ou “insinuadas” nas áreas a estudar.

Em se tratando de áreas urbanas, tornava-se necessário também proceder ao levantamento de ações antrópicas presentes ou potenciais no perímetro e no entorno imediato

das áreas a estudar, como já foi dito, através da observação de áreas lindeiras, identificando-se eventuais trechos cuja alteração pudesse trazer riscos à área em estudo.

Seriam assim observados eventuais lotes vagos no perímetro da área, cujo futuro processo de ocupação pudesse incluir ações antrópicas capazes de afetar as condições de equilíbrio do assentamento a projetar, encaminhando-se recomendações de distâncias prudentes entre as edificações a projetar e o perímetro da área de implantação. Seriam também observados eventuais movimentos de terra no perímetro das áreas em estudo, de maneira a encaminhar a previsão de obras de regularização e de eliminação de eventuais situações de risco.

Observar-se-iam, ainda, eventuais interferências de vias lindeiras às áreas nas condições de segurança da área destinada ao projeto, assim como de elementos com interferência nas possibilidades de ocupação, tais como linhas de transmissão.

Previu-se ainda, através do roteiro elaborado, a pesquisa de eventual material bibliográfico disponível sobre terrenos similares aos em estudo.

Previu-se, finalmente, a observação da vegetação presente no terreno, tendo em vista a identificação, para eventual preservação, de formações vegetais de interesse, seja enquanto elementos paisagísticos, seja ainda como mecanismos naturais de estabilização do terreno.

Nas páginas seguintes apresenta-se um roteiro síntese dos levantamentos desejáveis, denominado “Roteiro de levantamentos expeditos de dados de meio físico para apoio ao projeto de habitações de interesse social agrupadas em encostas – formulário completo”.

Roteiro de levantamentos expeditos de dados de meio físico para apoio ao projeto de habitações de interesse social agrupadas em encostas - Formulário completo

Características geológico-geotécnicas da área de implantação do empreendimento				
1. Caracterização Geológica	Obter, através de bibliografia e da inspeção geológica de superfície, na área e no entorno e da análise de sondagens, os dados para a caracterização geológica do terreno, com os requisitos expostos ao lado.	<ul style="list-style-type: none"> - Litotipos - Estruturas - Espessura dos solos - Alteração da rocha - Presença de blocos e matacões 		
2. Caracterização Geotécnica	Obter, em bibliografia, na inspeção superficial (na área e no entorno) e através da realização de sondagens, seguidas de análise, os índices para a caracterização geotécnica do terreno, para permitir estabelecer os parâmetros colocados na coluna ao lado. Registrar nível d'água. Elaborar boletins de sondagem.	<ul style="list-style-type: none"> - capacidade de suporte com o emprego de fundações diretas (definição de porte de edificação adequado) - inclinação, altura máxima e tratamento superficial a adotar em taludes de corte, sem o emprego de estruturas de contenção - inclinação, altura máxima e tratamento a adotar em taludes de aterro, sem o emprego de estruturas de contenção 		
3. Bibliografia	Coletar dados bibliográficos sobre as características geológico-geotécnicas do terreno ou de sua região, se disponíveis, abrangendo	<ul style="list-style-type: none"> - Carta Geotécnica - Bibliografia sobre solos similares e bibliografia sobre formações silmiliares - Boletins de sondagem de terrenos vizinhos 		
4. Verificam-se feições indicativas de processos de meio físico, em curso ou potenciais, que possam se associar a atuais ou futuras situações de risco? (Caso sejam observados processos em curso, estabelecer, nas diretrizes, ações para sua correção).	<p>() SIM (assinale os processos que mereçam cuidados especiais na ocupação, na coluna ao lado)</p> <p>() NÃO</p>	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> () escorregamentos () rastejos () erosões () queda de blocos e/ou rolamento de matacões (especificar) () inundações na baixada () alagamentos () outros (especificar) _____ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> () corridas de massa () recalques () desagregação superficial () sismos () processos cársticos () processos antrópicos </td> </tr> </table>	<ul style="list-style-type: none"> () escorregamentos () rastejos () erosões () queda de blocos e/ou rolamento de matacões (especificar) () inundações na baixada () alagamentos () outros (especificar) _____ 	<ul style="list-style-type: none"> () corridas de massa () recalques () desagregação superficial () sismos () processos cársticos () processos antrópicos
<ul style="list-style-type: none"> () escorregamentos () rastejos () erosões () queda de blocos e/ou rolamento de matacões (especificar) () inundações na baixada () alagamentos () outros (especificar) _____ 	<ul style="list-style-type: none"> () corridas de massa () recalques () desagregação superficial () sismos () processos cársticos () processos antrópicos 			
5. Qual o perfil da encosta?	() retilíneo () côncavo () convexo	Obs.:Caso a área não disponha de levantamento topográfico adequado, providenciar sua realização, com curvas de nível a cada metro, pelo menos.		

Características geológico-geotécnicas da área de implantação do empreendimento

<p>6. Que declividades predominam no terreno?</p>	<p>___% ou ___°</p>	<p>Observações:</p>
<p>7. A área recebe águas pluviais ou superficiais de seu entorno?</p>	<p><input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p>	<p>Descreva, em linhas gerais, as contribuições de água externas à área</p>
<p>8. Características gerais da drenagem na área e imediações</p>	<p>Descreva como as águas pluviais coletadas na área e no entorno se relacionam com o entorno e com a área; observar também alternativas para novas drenagens, identificando pontos de lançamento mais favoráveis no perímetro da área)</p>	<p>Descrição das condições de drenagem</p>
<p>9. Existe linha de drenagem que atravessa a área, de preservação desejável?</p>	<p><input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p>	<p><input type="checkbox"/> perene <input type="checkbox"/> intermitente <input type="checkbox"/> inexistente</p>
<p>10. Descreva as condições de recebimento e de destinação de águas superficiais e pluviais provenientes da área, no seu entorno.</p>	<p><input type="checkbox"/> SIM (descreva a capacidade da várzea em receber águas pluviais provenientes da área e verifique se há problemas com inundações) <input type="checkbox"/> NÃO</p>	<p>Descrição das condições de recepção das águas pela várzea</p>
<p>11. Características geotécnicas nas áreas limítrofes</p>	<p>Descreva construções e ações antrópicas no perímetro da área. Dar atenção a movimentos de terra (cortes e aterros), a fatores limitantes à ocupação (linhas de transmissão etc.), ruas lindeiras etc.. Observar limitantes, para evitar criação de situações de risco no entorno. Observar se há situações de risco nas áreas vizinhas, que possam afetar o terreno e quais as ações necessárias para sua correção.</p>	<p>Descrição</p>
<p>12. Áreas de empréstimo e de bota-fora</p>	<p>Descreva a disponibilidade e as características gerais (volume disponível, situação legal etc.) de áreas de empréstimo e de bota-fora oficiais ou não oficiais, nas imediações do terreno ou em outros locais da cidade.</p>	<p>Descrição</p>

Características geológico-geotécnicas da área de implantação do empreendimento

<p>13. Sistema viário externo à área</p>	<p><input type="checkbox"/> existente <input type="checkbox"/> com possibilidade de consolidação <input type="checkbox"/> a construir</p>	<p>Descrição do sistema viário e observações . Se necessário, acrescente croquis em folha(s) à parte.</p>
<p>14. Sistema viário interno à área</p>	<p><input type="checkbox"/> existente <input type="checkbox"/> com possibilidade de consolidação <input type="checkbox"/> a construir</p>	<p>Descrição do sistema viário e observações . Se necessário, acrescente croquis em folha(s) à parte.</p>
<p>15. Rede de água</p>	<p><input type="checkbox"/> a área é atendida por rede de água <input type="checkbox"/> a área não é atendida por rede de água</p>	<p>Observações</p>
<p>16. Rede de esgotamento sanitário</p>	<p><input type="checkbox"/> a área é atendida por rede de esgoto <input type="checkbox"/> a área não é atendida por rede de esgoto</p>	<p>Observações</p>
<p>17. Rede Publica de drenagem</p>	<p>Caracterizar a rede de drenagem pública da área, tendo em vista a recepção de águas pluviais coletadas na área e, se for o caso, a montante desta</p>	<p>Descrição</p>
<p>18. Rede elétrica</p>	<p><input type="checkbox"/> a área é atendida por rede de energia elétrica <input type="checkbox"/> a área não é atendida por rede de energia elétrica</p>	<p>Observações</p>
<p>19. Vegetação</p>	<p>Descreva eventuais formações vegetais na área, com interesse para preservação.</p>	<p>Descrição</p>

5.3 - Método para análise de condicionantes do meio físico e geração de recomendações para o projeto

Como pôde se inferir no Roteiro Completo, a “leitura” das condicionantes de meio físico, em seus aspectos geológicos e geotécnicos, está baseada em três principais blocos de informações:

- a observação da área através de investigação geológico-geotécnica de superfície, enfatizando a identificação e compreensão dos processos de meio físico presentes; e
- a análise de amostras de solo colhidas através de sondagens e a definição de suas características geotécnicas.

Para a análise das amostras, tendo novamente em vista a busca de procedimentos expeditos, recomenda-se, sempre que possível, a utilização da inspeção táctil-visual como forma de trabalho. Em certa medida, a análise táctil-visual depende, porém, da experiência profissional de quem as analisa. Caso não se sinta segurança nas interpretações, deve-se lançar mão de ensaios qualitativos e quantitativos das amostras de solos provenientes das sondagens a trado. Com a experiência, é quase sempre possível qualificar cor, dimensão aproximada dos grãos (areias, siltes e argilas etc.) e transições entre os diversos horizontes presentes. Quando perdurarem dúvidas quanto ao comportamento de algum dos solos analisados (por exemplo, suspeita de que determinada camada de solo seja vulnerável a fenômenos como o da colapsividade), lança-se mão dos ensaios físicos, químicos e físico-químicos que se fizerem necessários. A título de ilustração, listam-se a seguir os ensaios mais usuais:

- limite de liquidez
- limite de plasticidade

- densidade real dos grãos
- granulometria por sedimentação
- triaxiais
- de adensamento
- de cisalhamento
- dinâmicos (menos utilizados)

Neste estágio, já com um número suficiente de informações a respeito da gleba em estudo, são feitas considerações e análises com o objetivo de complementar os dados necessários para a formulação das recomendações geotécnicas. Com base nos parâmetros extraídos das análises e eventuais ensaios dos solos coletados, é possível estimar suas características físico-mecânicas.

Como intenção geral, na caracterização de taludes toleráveis, parte-se do pressuposto de buscar condições-límites, ou seja, busca-se qual a altura máxima e a inclinação máxima a adotar, com tranquilidade, nos taludes de corte e de aterro, e sem necessidade de previsão de estruturas de contenção, o que, em linhas gerais, possibilita melhor aproveitamento do terreno, sem agravamentos notáveis de custos. Ainda que a afirmativa não seja totalmente rigorosa, vale lembrar que taludes mais abatidos (menos inclinados) comprometem trechos maiores de terreno, e tais trechos, na prática, são inaproveitáveis.

A estimativa das condições de segurança deve ser calcada na aplicação de métodos de cálculo de estabilidade de taludes consagrados (tais como Fellenius, Spencer e Bishop, entre outros), que normalmente se baseiam nas características inerentes aos solos encontrados, tais como ângulo de atrito e coesão. A verificação da estabilidade propriamente dita deve ser feita por processo iterativo,

inferindo-se inclinações para os taludes e verificando-se se não ocorre comprometimento de sua estrutura interna, com conseqüente perda de estabilidade. Na análise de estabilidade de taludes, é também importante observar a configuração dos prováveis círculos de ruptura para posterior aplicação no subsídio à caracterização das fundações de edificações, que deverão ter seus esforços fora dos referidos círculos para assegurar a estabilidade.

No IPT aplica-se usualmente ao cálculo de estabilidade um programa de computador baseado no método Bishop Simplificado, denominado IPT- ESTAB1 - análise de estabilidade de taludes em solos, desenvolvido pela Seção de Informática aplicada - SIAP - da Divisão de Engenharia Civil do IPT.

Por sua vez, a estimativa da capacidade de suporte se fez com base nas características físico-mecânicas verificadas nas amostras e em sua comparação com as características de suporte de solos semelhantes, cujo comportamento era de conhecimento prévio e disponível através de bibliografia. É evidente que, caso o projeto pretendido seja, já a princípio, de maior porte (quatro ou mais pavimentos), deverão ser acrescentados outros tipos de sondagens e análises. Porém, no âmbito dos propósitos do presente trabalho, o princípio adotado é o inverso, ou seja, privilegiou-se a prévia identificação da capacidade de suporte dos terrenos, dando-se preferência para fundações diretas, apontando-se o número de pavimentos recomendável, o que passaria a ser incorporado como condicionante de projeto.

Para se ter maior clareza das recomendações de natureza geológico-geotécnica necessárias ao balizamento do desenvolvimento do projeto, apresenta-se a seguir uma listagem dos itens esperados.

A - Definição da capacidade de suporte dos solos para edifícios que se utilizem de fundações diretas

Objetivo:

- Definir portes de edifícios adequados à área, com a utilização de fundações diretas.

Procedimentos:

- Verificar a disposição do lençol freático e, no caso de lençóis mais próximos à superfície, alertar quanto à necessidade de limitações aos movimentos de terra, à necessidade de obras de proteção superficial e/ou de contenção e quanto à provável necessidade de procedimentos mais complexos para execução de fundações¹.

- Definir as características geológicas e geotécnicas dos solos presentes, a partir das amostras obtidas nas sondagens, sugerindo-se como alternativas:

- Analisar as amostras de solo colhidas em sondagens através de inspeção tátil-visual; verificar, em bibliografia, as propriedades de solos idênticos ou similares, de características geológicas e geotécnicas conhecidas, inferindo-se as características geotécnicas dos solos em estudo; estimar a capacidade de suporte e avaliar o porte de edifício correspondente à carga aceitável, ou

¹ A presença de lençol freático muito próximo à superfície, que conduza à necessidade de obras mais complexas para assegurar a estabilidade do terreno, pode até mesmo tornar economicamente contra-indicada a ocupação pretendida. Cabe, uma vez identificada tal situação, proceder a uma avaliação preliminar geral das obras necessárias, de maneira a subsidiar a decisão de se continuar ou não com o projeto.

- Analisar as amostras de solo colhidas em sondagens através dos ensaios laboratoriais usuais, definindo-se suas características geológicas e geotécnicas, inferindo-se a capacidade de suporte e estimando-se o porte de edifício correspondente à carga aceitável, para fundações diretas, ou

- No caso de utilização de equipamento de sondagem computadorizado, registrar as características geotécnicas fornecidas diretamente pelo equipamento, inferindo-se a capacidade de suporte e estimando-se o porte de edifício correspondente à carga aceitável, para fundações diretas.

B - Caracterização de condições limites para taludes de corte ou aterro e de tratamentos a dispensar aos taludes

B-1 - Condições limites para taludes de corte

Objetivo:

- definir a altura e inclinação máxima a adotar em taludes de corte no terreno em estudo, sem a necessidade de utilização de estruturas de contenção, combinando a definição com a dos tipos de proteção superficial recomendáveis.

Procedimentos:

- definir as características geotécnicas dos solos presentes (de acordo com o exposto para a definição do porte de edifício recomendável, no item anterior);
- definir a altura máxima e a inclinação máxima a adotar nos taludes de corte, através de métodos consagrados de cálculo de estabilidade de taludes (tais como Fellenius, Spencer e Bishop, entre outros), utilizando-se ou não programas de computador como o IPT-ESTAB1, o Slope-W, etc.;

- definir, nos casos aplicáveis, tratamentos especiais em taludes de corte, tais como drenagens e proteção superficial rígida, em terrenos com múltiplos lençóis d'água suspensos;

- considerar o perfil e a declividade da encosta e sua eventual interferência na concepção de novos taludes, em trechos localizados; e

- definir tratamentos superficiais de taludes a empregar, de acordo com inclinações máximas, ou seja, por faixas de inclinação do talude, definir qual o tratamento superficial a adotar.

B2 - Condições limites para taludes de aterro

Objetivo:

- definir a altura e inclinação máxima a adotar em taludes de aterro no terreno em estudo, sem a necessidade de utilização de estruturas de contenção, combinando a definição com a dos tipos de proteção superficial recomendáveis e de detalhes e condições a adotar no projeto e na construção.

Procedimentos:

- definir as características geotécnicas dos solos presentes;

- definir a altura máxima e a inclinação máxima a adotar nos taludes de aterro, através de métodos consagrados de cálculo de estabilidade de taludes (tais como Fellenius, Spencer e Bishop, entre outros), utilizando-se ou não programas de computador como o IPT-ESTAB1, Slope-W etc;

- definir tratamentos superficiais de taludes a empregar, de acordo com inclinações máximas; e

- definir condições de projeto e execução para os taludes, incluindo:

- características desejáveis dos solos a empregar no aterro;
- tratamento da base (remoção de solo superficial, execução de endentamentos etc.);
- drenagem interna, se for o caso; e
- grau de compactação a adotar no aterro, com previsão de sua verificação em obra, através de métodos como o do *frasco de areia*, Hilf ou similar.

C - Diretrizes para o projeto de sistema de drenagem a adotar no projeto

Objetivo:

Considerar as características originais de drenagem da área e estabelecer diretrizes gerais para o projeto do sistema de drenagem do conjunto a implantar

Procedimentos:

- utilizar os resultados dos levantamentos no que diz respeito à caracterização da drenagem de águas pluviais na área e em seu entorno, identificando-se pontos preferenciais de lançamento de águas pluviais a coletar na área;
- indicar a eventual necessidade de manutenção de linhas originais de drenagem da área;
- alertar sob a eventual necessidade de busca de alternativas para coleta e destinação de águas pluviais de origem exterior à área, seja através de dispositivos na própria área, seja através da melhoria de redes públicas.
- Verificar a eventual presença de várzeas lindeiras à área e indicar procedimentos aplicáveis para evitar inundações através das pluviais águas coletadas na área e suas adjacências.

D - Definição de obras preliminares e de limitações ao projeto, no interior da área

Objetivo:

Alertar sobre a necessidade de obras preliminares ou de cuidados, no projeto, em trechos de terreno com especial susceptibilidade a processos de meio físico, que possam conduzir a riscos (rolamentos de matacões em superfície, instabilização de taludes de corte e aterro previamente existentes, progressão de erosões etc.).

Procedimentos:

Com base na inspeção geológico-geotécnica de superfície, apontar eventuais pontos anômalos do terreno, com relação à susceptibilidade a processos de meio físico, e recomendar, para estes, a execução de obras preliminares e/ou limitações à ocupação nas proximidades.

- para taludes de corte ou aterro previamente existentes, definir eventuais obras de retaludamento e/ou estabelecer distâncias mínimas a observar entre edifícios a implantar e a crista ou o pé dos taludes originais ou já retaludados; indicação, se for o caso, de obras de contenção para estabilização de taludes previamente existentes;
- para matacões em superfície, definir remoções necessárias e/ou obras de estabilização;
- para erosões internas à área, definir eventuais obras de recuperação e, num âmbito mais geral, prescrever tratamentos superficiais para trechos de terreno que forem permanecer sem ocupação; e
- para eventuais corpos de tálus em “colos” de encostas, definir as limitações locais à movimentação de terra (cortes e/ou aterros) e alertar quanto à necessidade de

eventuais obras que assegurem a estabilidade.

E - Definição de limitações ao projeto em sua relação com áreas e construções vizinhas

Objetivo:

Considerar as características originais do entorno imediato da área e estabelecer limites de ocupação junto a seu perímetro.

Procedimentos:

- utilizar os resultados dos levantamentos no que diz respeito à caracterização do entorno imediato da área (taludes periféricos, terrenos vizinhos, construções vizinhas, ruas etc.) e, considerando as características geotécnicas dos solos presentes, estabelecer limites de ocupação, isto é, definir, prudentemente, distâncias mínimas a observar entre edifícios ou demais obras intervenientes (por exemplo, vias) a implantar e as divisas da área nos trechos com possibilidade de interferência sobre a estabilidade de construções ou terrenos limediros.

5.4 - Método para a elaboração do projeto propriamente dito

5.4.1 - A interdisciplinaridade como método

Considerando-se o projeto como um processo conduzido em etapas, com crescente nível de detalhamento, dos estudos preliminares ao projeto executivo e, posteriormente, pelo menos em moldes desejáveis, com atividades complementares de revisões e adaptações no período de obras, reforça-se, inicialmente, que a diferença fundamental entre o projeto destinado a terrenos comuns

e o destinado a encostas deve residir num caráter de interação mais sistemático, aplicado a todas as fases, entre profissionais das áreas de arquitetura e urbanismo, da geologia e da geotecnia. Isto se justifica pelo fato de que, em encostas, decisões inadequadas de projeto podem facilmente redundar em instabilizações de terreno com conseqüentes riscos ou deseconomias.

Como já se mencionou anteriormente, nas áreas de arquitetura e urbanismo destacam-se, no que diz essencialmente respeito às atividades de projeto, as seguintes:

- elaboração de estudo preliminar de arquitetura e de implantação com base nas diretrizes geotécnicas desenvolvidas;
- análise interdisciplinar do estudo preliminar, discussão e equacionamento de eventuais novas questões de natureza geotécnica identificadas, solicitação de novas diretrizes e resolução de problemas localizados de geotecnia;
- elaboração do anteprojeto de arquitetura e de implantação com base nas diretrizes geológico-geotécnicas revistas;
- análise interdisciplinar do anteprojeto, identificação de novas questões de natureza geotécnica, solicitação de novas diretrizes e resolução de problemas localizados de geotecnia;
- elaboração do projeto executivo de arquitetura e de implantação com base nas diretrizes geológico-geotécnicas revistas;
- análise interdisciplinar do projeto executivo, identificação de novas questões de natureza geotécnica,

solicitação de novas diretrizes e resolução de problemas localizados de geotecnia e

- acompanhamento da implantação (fase de obras), identificação de novas questões e resolução de problemas localizados.

Tendo em vista que, às vezes, aspectos funcionais do projeto podem tornar convenientes soluções que escapem das diretrizes geotécnicas iniciais, o sentido da interação prolongada entre os profissionais das diversas áreas envolvidas é exatamente o de possibilitar um projeto que, num processo de aperfeiçoamento contínuo, atenda satisfatoriamente tanto os aspectos funcionais quanto economia e segurança na solução das questões geotécnicas.

Por demandas mais específicas do projeto podem se tornar necessárias, por exemplo, alturas de taludes superiores às recomendadas inicialmente. Discutir-se-ão, então, alternativas para, dentro de padrões técnicos seguros, possibilitar a nova altura, por exemplo, com a definição de nova inclinação, mais abatida. Tratamentos superficiais mais complexos de superfícies de taludes, exigidos nas diretrizes iniciais, podem também vir a ser eventualmente dispensados, por exemplo, com maior abatimento dos taludes, combinado com tratamento superficial menos complexo e assim por diante. O projeto habitacional para encostas deve, enfim, caracterizar-se pelo diálogo prolongado entre as especialidades envolvidas, estabelecendo-se algo como um processo de “negociação”, onde tanto a concepção das edificações quanto da implantação pode ir passando por ajustes e adaptações, assim como vão sendo procedidas revisões das diretrizes geotécnicas para as novas situações estabelecidas.

A primeira intenção que deve estar presente na concepção do projeto é a busca de soluções de arquitetura e de urbanismo que, transcendendo o jargão da adaptação do projeto à topografia, envereda por um campo pouco mais complexo, que é o da adaptação do projeto a um conjunto de condicionantes de meio físico mais desenvolvido, que inclui (além da topografia, é claro), entre outras, mas com maior centralidade:

- as capacidades e restrições do meio físico local frente às ações antrópicas, considerando os processos de meio físico presentes ou potenciais, as qualidades dos solos presentes e suas capacidades e susceptibilidades; e
- as condições de insolação dos edifícios, com ênfase nas aberturas de insolação de dormitórios, requisito especialmente importante em encostas, onde as condições de insolação podem ser facilmente prejudicadas, seja por obstáculos externos ao terreno, seja ainda em função da própria posição relativa assumida entre os edifícios a implantar.

Assim, de uma maneira sintética e inicialmente simplificada, busca-se no projeto, no método aqui delineado, a obtenção de duas principais qualidades:

- a satisfação das diretrizes geotécnicas estabelecidas; e
- a obtenção de boas condições de insolação nas unidades habitacionais concebidas, com ênfase na insolação de aberturas de iluminação de dormitórios.

Além dessas duas qualidades, o projeto para encostas, com maior intensidade que os projetos para terrenos menos complexos, deve ainda se pautar por uma preocupação mais precoce com as obras geotécnicas que se farão necessárias, uma vez que estas interferem no

aproveitamento do terreno.

Para o arquiteto, projetar um assentamento habitacional é uma atividade que dificilmente pode ser fragmentada em partes estanques. Mesmo em projetos habitacionais mais padronizados, como os usualmente utilizados nos programas conduzidos pelo Poder Público, é notória, por exemplo, a interferência entre tipologias de unidades habitacionais e padrões de implantação adequados.

A atividade de projeto é, na realidade, um processo que trabalha simultaneamente diversas condicionantes, que envolvem, entre outras, o programa a atender nas unidades habitacionais, a definição do sistema construtivo a adotar, a solução espacial, com agenciamento dos ambientes, a busca de conforto ambiental adequado, etc., envolvendo ainda formas de agrupar as unidades e interagindo tais formas com traçados de vias de circulação para o conjunto. Trabalha-se efetivamente com um grande número de variáveis e, além disso, com a consciência de que não existem fórmulas mágicas que conduzam a respostas únicas ou capazes de atender, de forma precisa e plenamente satisfatória, todos os requisitos aplicáveis. Trabalha-se, ainda, num processo de aproximações sucessivas, onde os objetos do projeto passam por diversas transformações e aperfeiçoamentos.

Colocada esta preleção, fica claro que qualquer método de projeto de assentamentos habitacionais para encostas que venha a ser sugerido não tem a pretensão de estabelecer uma “receita mágica” mas, apenas e tão somente, um rol de informações auxiliares para a busca de soluções de projeto mais adequadas e seguras. Além disso, para se verbalizar o método aplicado, torna-se também necessário, pelo menos circunstancialmente, fragmentar a

atividade de projeto em partes, o que se faz em ordem crescente de complexidade, da unidade habitacional ao conjunto, em consciente contradição com o caráter de simultaneidade da concepção há pouco referido. Mas se, para delinear o método, discorre-se isoladamente sobre partes do processo de concepção, reforça-se que o processo do projeto, na realidade, trabalha simultaneamente todos os âmbitos, uma vez que decisões de projeto relativas à unidade interferem sobre as formas de agrupamento das unidades, que por sua vez interferem na definição de circulações e acessos e assim por diante. Isto posto, passa-se a arrolar componentes do método aplicado.

5.4.2 - A concepção de unidades habitacionais

Tendo em vista o atendimento às diretrizes geotécnicas para o projeto, busca-se, na concepção da tipologia da unidade habitacional, isolada ou agrupada, um partido que possibilite:

- adaptação ao terreno, contemplando:
 - . implantação que gere, preferencialmente, quer na área de projeção da unidade isolada ou agrupada, quer no seu entorno imediato, apenas a necessidade de cortes e/ou aterros que se situem nas faixas de altura e inclinação recomendadas nas diretrizes geotécnicas, de forma a dispensar estruturas de contenção;
 - . adoção de porte de edificação de acordo com o recomendado nas diretrizes geotécnicas para o projeto; e
 - . geração de cortes e aterros balanceados, evitando-se, na medida do possível, importação ou exportação de terra.

Além dessas, ainda nos passos iniciais do estudo preliminar, deve estar presente a preocupação de um

agenciamento de ambientes que possibilite dormitórios com aberturas voltadas para orientações com melhor possibilidade de insolação, de acordo com o recomendável para a região, considerando tanto a orientação da declividade quanto os obstáculos de entorno e o sombreamento entre os edifícios que estão sendo concebidos.

Adaptação ao terreno

A adaptação ao terreno, aqui compreendendo suas características geotécnicas e topográficas, é usualmente conseguida de duas principais formas. A primeira delas requer a construção de estruturas de embasamento com a função específica de intermediar a casa e o terreno. Nesta concepção, o volume de terra a ser movimentado pode ser resumido a valores muito discretos, podendo-se eventualmente, até mesmo, dispensar quaisquer cortes e aterros, pelo menos para a implantação das unidades habitacionais propriamente ditas. Pequenos ajustes de terreno podem se tornar necessários apenas para a implantação de circulações do conjunto e dos acessos às unidades. A título de ilustração, apresenta-se, a seguir, na Figura 5.1, a perspectiva de uma implantação de casas apoiadas sobre embasamento feito com estrutura metálica. Trata-se de projeto em desenvolvimento, no IPT, para a SCTDET (Secretaria de Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento Econômico e Turismo do Estado de São Paulo), que se utiliza de embasamento estrutural de aço, sobre o qual se apoia unidade habitacional em sistema construtivo convencional.

Porém, a utilização de estruturas de transição entre o terreno e a unidade habitacional, sejam elas de aço, como as ilustradas na Figura 5.1, sejam de concreto, acaba elevando sensivelmente os custos. No caso do projeto em desenvolvimento no IPT para a SCTDE, a tentativa é a de

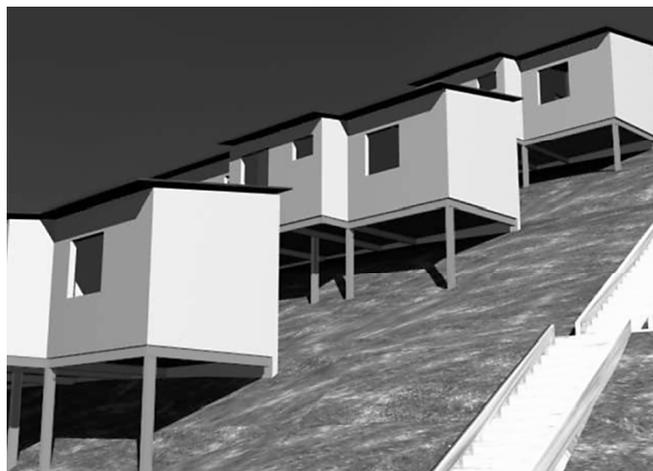


Figura 5.1. Habitações convencionais apoiadas sobre estrutura de embasamento de aço, em desenvolvimento pelo IPT, em projeto para a SCTDET.

simplificar e padronizar a estrutura de embasamento de tal forma que se consiga sua produção em grande escala, reduzindo-se assim os custos.

Pode-se ainda tratar o projeto de construções “destacadas” do terreno, em encostas, em moldes pouco mais convencionais, sem estrutura isolada de embasamento, criando-se paredes de apoio que definem vazios entre a construção e o solo, como ilustra a Figura 15. Neste caso, as paredes longitudinais constituem a principal forma de apoio da construção sobre o terreno, exigindo-se movimentos de terra também bastante discretos. Porém, neste tipo de solução, ainda que se vede lateralmente a construção (como se vê na fachada lateral, na Figura 5.2, a seguir), há o risco de o morador querer aproveitar os vazios inferiores para novos cômodos, procedendo escavações sob a casa, potencializando-se sérios perigos. Além disso, os pisos mais próximos ao terreno são necessariamente lajes, encarecendo-se a construção.

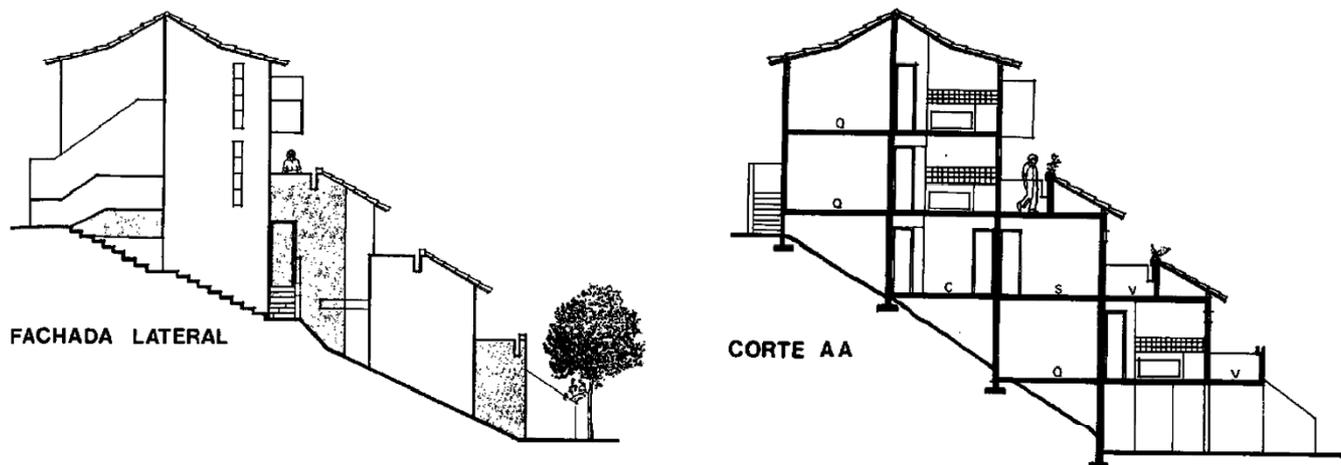


Figura 5.2. Fachada lateral e corte transversal de unidades projetadas para encostas. Fonte: ANDRADE, M.R. et SOUZA, M.A.A. (1981)². Manual de projeto de habitação popular. Parâmetros para elaboração e avaliação. (s/pág.).

Uma segunda forma de se conseguir boa adaptação entre unidades habitacionais e terreno é trabalhar simultaneamente com a tipologia da habitação e com cortes e aterros criteriosos, remodelando-se discretamente o terreno dentro dos padrões recomendados nas diretrizes geotécnicas.

Ainda que, do ponto de vista ambiental, esta forma seja pouco mais agressiva, do ponto de vista econômico é bastante vantajosa, uma vez que movimentos de terra ainda são mais baratos que estruturas como as mencionadas anteriormente, ilustradas nas Figuras 5.1 e 5.2.

Longe de apregoar-se aqui a realização dos extensos e indiscriminados movimentos de terra (que têm caracterizado a adaptação do limitado rol de tipologias com que os programas habitacionais convencionais ocupam encostas), aponta-se, isto sim, para uma forma intermediária de ocupação, onde se trabalha tanto a tipologia do edifício

quanto o terreno, com critérios e com balizamento técnico mais refinado. Hoje, com o crescente aperfeiçoamento de tratores, e, em particular, de mini-tratores, é possível e seguro proceder a movimentos de terra mais precisos, mesmo em terrenos muito declivosos, permitindo-se lançar mão de projetos cujas características envolvam cortes e aterros mais refinados. Nesta situação, a construção pode ficar assentada diretamente sobre o terreno ponderadamente remodelado, dispensando-se laje no primeiro piso e estruturas de transição, que tendem a encarecer a obra. A Figura 5.3, a seguir, apresenta tipologia concebida com estas características. Trata-se de tipologia composta, em corte, por três unidades habitacionais sobrepostas, com ambientes em desnível. Refere-se a projeto desenvolvido pelo IPT no âmbito da pesquisa patrocinada pela FINEP e pela CEF que, parcialmente, originou esta publicação.

² ANDRADE, M.R. et SOUZA, M.A.A. (1981). Manual do projeto de habitação popular. Parâmetros para sua elaboração e avaliação. Recife. PERNAMBUCO (Governo...). SECRETARIA DE HABITAÇÃO.

apresentado, em fileiras mais longas, dispostas ortogo-nalmente às curvas de nível. Este tipo de implantação consegue boa adaptação em terrenos bastantes íngremes. O exemplo apresentado na Figura 5.4 refere-se também a projeto desenvolvido pelo IPT no âmbito da pesquisa patrocinada pela FINEP e pela CEF que, parcialmente, originou esta publicação, e destina-se a terreno com declividade por volta de 50%.

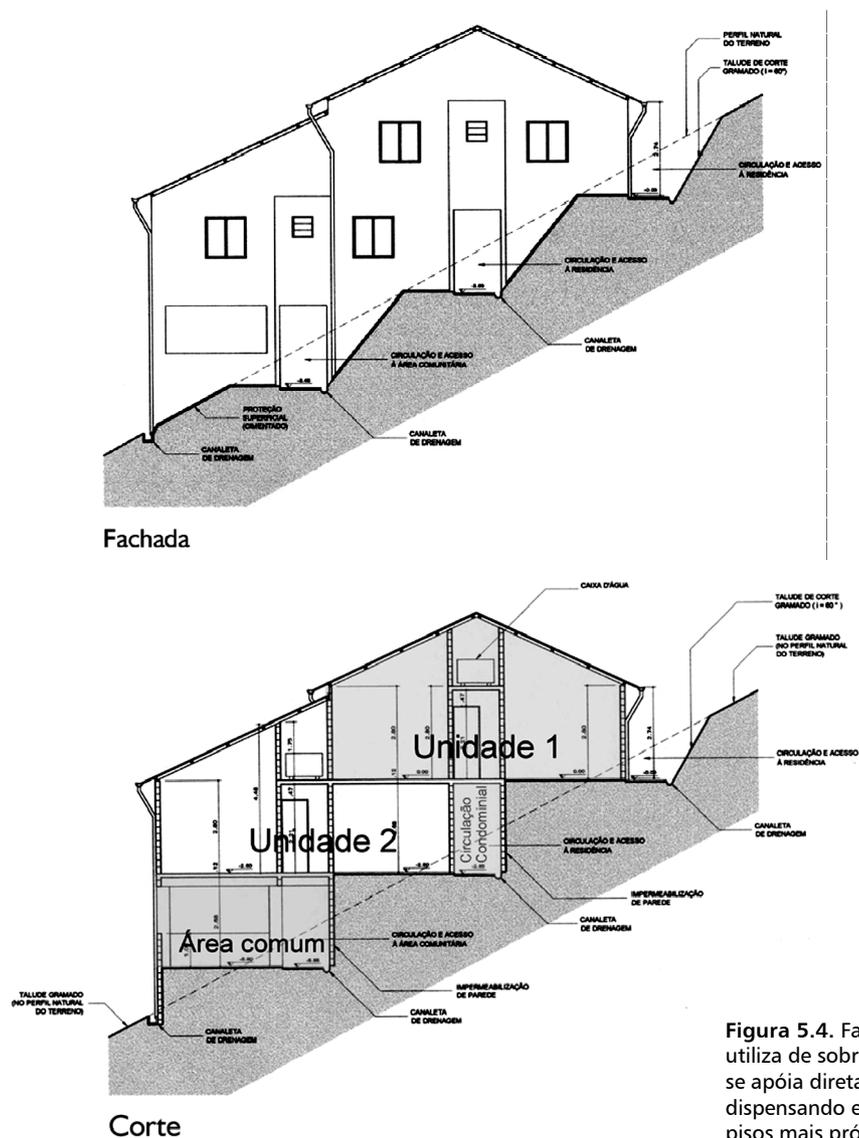


Figura 5.4. Fachada lateral e corte transversal de tipologia que se utiliza de sobreposição parcial de unidades. A edificação resultante se apóia diretamente sobre o terreno remodelado, também dispensando estruturas mais complexas de transição e laje para os pisos mais próximos ao terreno.

Para adaptação ao relevo é ainda possível combinar os partidos de concepção de unidades até agora apresentados, utilizando-se edificações parcialmente apoiadas sobre o terreno e parcialmente apoiadas em estruturas de transição.

Acredita-se que, atualmente, a adoção de novas tipologias, a apoiar diretamente sobre o solo, mas com boa capacidade de adaptação ao relevo e às condições de insolação, envolvendo alterações ponderadas e geotecnicamente balizadas de terreno, constituam a melhor saída para novas ocupações em encostas, conduzindo a soluções seguras e mais econômicas, sem a necessidade de construção de estruturas de transição entre o terreno e a edificação.

Na busca de soluções, a adaptação do projeto às condicionantes geológico-geotécnicas e topográficas sugere geralmente a adoção de ambientes escalonados numa mesma unidade, o que facilita, na interface com o terreno, manter cortes e aterros dentro dos limites estabelecidos nas diretrizes, cuja observância deve ser mantida também na área de projeção das unidades habitacionais.

Tipologias com estas características tendem a envolver, porém, como já se inferiu, a adoção de desníveis entre ambientes de uma mesma unidade ou sobreposição parcial ou total de ambientes ou unidades. Nestas soluções, algumas particularidades de projeto devem ser observadas, destacando-se, principalmente:

- a utilização de critérios para a separação de ambientes de uma mesma unidade em níveis diferentes; e
- a utilização de cuidados especiais em paredes de ambientes que apresentem contato com terra.

O escalonamento de ambientes, numa mesma habitação, separando através de desníveis os cômodos destinados a diferentes funções, pressupõe algum critério na separação. Em primeiro lugar, deve-se reduzir ao mínimo

possível o número de níveis, mantendo-os, de preferência, até o máximo de dois. Em segundo lugar, grupos de ambientes mais afins devem se situar num mesmo nível. Assim, é desejável que a sala, a cozinha e a área de serviço ocupem conjuntamente um mesmo nível. Pelo mesmo critério, deve-se buscar manter dormitórios e banheiro num mesmo nível.

Note-se que o escalonamento pode gerar ainda, eventualmente, maiores dificuldades para se conseguir, no projeto da unidade habitacional, o que se denomina por “bloco hidráulico” (concentração dos aparelhos ou peças de utilização hidráulica numa mesma região da unidade habitacional, de preferência com as tubulações de água numa única parede). Se, a rigor, deva permanecer como recomendação geral a de se buscar soluções que possibilitem a obtenção de “bloco hidráulico”, deve haver maior tolerância à sua eventual fragmentação, desde que decorrente de melhor possibilidade de adaptação da tipologia ao terreno.

Quanto à questão de paredes em contato com terra, vale destacar que a utilização de artifícios de projeto e de detalhes construtivos adequados possibilita minimizar os efeitos indesejáveis da umidade que tende a estar presente nesta situação.

Sempre que possível, deve-se procurar que paredes em contato com terra pertençam a ambientes onde eventual umidade não prejudique sobremaneira o uso. É o caso típico de banheiros e de circulações privativas ou comuns, sejam elas escadas ou corredores. Outro recurso é a utilização de caixões perdidos entre paredes de cômodos onde a umidade é indesejável (dormitórios, por exemplo) e a terra, assegurando-se melhor proteção contra a umidade.

O uso de paredes de dormitórios em contato direto com terra só deve ser tolerado, por sua vez, em dormitórios que recebam boa insolação.

Porém, qualquer que seja a parede em contato com terra, deve ser prescrito, no projeto, tratamento eficiente (impermeabilização e drenagem) da face em contato com terra.

Caso sejam adotadas unidades ampliáveis, cabe frisar que eventuais ampliações de unidades em encostas devem se basear, preferencialmente, em soluções que evitem a necessidade de novos movimentos de terra, dirigindo-se as ampliações como sobreposições a áreas já construídas (como, por exemplo, lajes superiores de unidades contíguas, ou de ambientes contíguos, mais baixos, de uma mesma unidade).

Outro recurso que pode ser adotado é a utilização de pés-direitos duplos, de forma a permitir a futura subdivisão vertical com inclusão de nova laje. Tais projetos, porém, são bastante complexos, exigindo detalhes construtivos refinados, que possibilitem a construção da ampliação sem prejuízos mais notáveis à utilização normal da unidade ou unidades envolvidas. Além disso, deve-se manter em vista a capacidade de suporte do terreno, que não deve ser extrapolada com as ampliações que impliquem em número de pavimentos superior ao definido pelas diretrizes geotécnicas. Como princípio geral, porém, deve-se entender preferencialmente a unidade habitacional em encosta como não ampliável, evitando-se principalmente os riscos que se associam à realização de movimentos de terra pelos usuários, sem assistência técnica.

Destaca-se ainda que a desejável padronização das unidades habitacionais isoladas ou agrupadas, para conjuntos específicos, quando em terrenos que apresentem declividades variáveis em seus diversos trechos, pode ser mantida, em certa medida, utilizando-se projetos básicos que permitam flexibilidade na definição de desníveis entre ambientes de uma mesma unidade ou entre unidades. No caso de unidades habitacionais com ambientes distribuídos

em dois níveis interligados por escada, por exemplo, é possível conceber planta que permita diversas configurações de escada, com diferentes números de degraus, o que possibilita a adoção de diferentes desníveis entre os ambientes agrupados em cotas distintas, conferindo-se ao projeto maior capacidade de adaptação às variações do relevo.

Em blocos de unidades geminadas ortogonalmente às curvas de nível, é também possível adotar diferentes desníveis entre unidades contíguas, mais uma vez favorecendo a adaptação ao relevo. De acordo com as características do terreno, porém, quando, por exemplo, haja diversos trechos com diferentes declividades e diferentes orientações, pode tornar-se necessária a adoção de mais de uma tipologia de projeto.

É importante lembrar que, para maior racionalidade construtiva, os desníveis entre ambientes de uma mesma unidade habitacional ou entre pisos de diferentes unidades geminadas deve considerar a modulação vertical do componente de alvenaria a empregar nas paredes. Assim, por exemplo, desníveis referentes a unidades a construir com blocos de concreto usuais devem ser múltiplos de 20cm.

Os recursos de projeto incluem ainda a geminação e/ou a sobreposição de unidades, sejam elas planas ou escalonadas, respeitando-se, porém, a capacidade de suporte, traduzida em um número de pavimentos adequado ao terreno, nas diretrizes geotécnicas, para que se possibilite o emprego de fundações menos onerosas.

Destaca-se, finalmente, que o projeto de tipologias habitacionais para encostas, seja para unidades isoladas ou agrupadas, pressupõe um cuidadoso tratamento da captação e condução de águas pluviais inerentes à edificação. Os projetos devem incluir a solução da captação das águas provenientes de coberturas e de trechos privativos de

terreno e sua destinação para o sistema geral de drenagem do conjunto. Lembra-se também que é necessária a previsão de proteção superficial do perímetro da unidade ou das unidades agrupadas, de forma a dificultar a infiltração de água junto às fundações, o que poderia propiciar recalques, altamente indesejáveis em construções em encostas.

5.4.3 - A concepção da implantação (projeto urbanístico)

Como já foi dito anteriormente, sendo os projetos de arquitetura e de implantação (urbanismo), na realidade, conduzidos paralelamente, uma vez que, ao mesmo tempo em que se concebem tipologias de habitações isoladas ou agrupadas, concebe-se também, pelo menos preliminarmente, princípios gerais de implantação, aí incluindo acessos e circulações. Desta maneira, ao se passar para o projeto de implantação propriamente dito, já se caracterizam, a grosso modo, as linhas gerais a adotar. Sabe-se de antemão, por exemplo, qual a orientação a adotar para as unidades ou blocos (cuja concepção deve atender simultaneamente às orientações com relação à direção norte-sul e com relação à orientação da declividade do terreno. De passagem, lembre-se que as tipologias das edificações desenvolvidas, a princípio, já devem estar adaptadas às condições gerais de orientação e de declividade da área e que, quando necessário, os projetos já devem prever mecanismos de adaptação a eventuais variações de declividades presentes no terreno, possibilitando ajustes nos desníveis entre partes da unidade habitacional ou entre unidades, com a possibilidade de até se utilizar uma mesma planta básica, como foi visto anteriormente.

Em terrenos com características muito variadas, como já foi dito, devem ter sido desenvolvidas mais tipologias, capazes, em seu conjunto, de resolver variações

mais radicais.

No projeto de implantação propriamente dito, restam efetivamente quatro principais fatores a observar com maior destaque no caso dos projetos para encostas, no método apregoado no presente trabalho:

- o “ajuste fino” do posicionamento das unidades ou dos grupos de unidades concebidas, com a adaptação às características localizadas de terreno, seja nas áreas de projeção dos edifícios, seja em seu entorno;
- a concepção final do traçado e dimensionamento das vias de circulação, assim como de estacionamentos;
- a previsão e localização de áreas comunitárias para lazer ou para outros fins que se façam necessários; e
- a concepção simultânea e progressiva das obras geotécnicas que se associam ao projeto de implantação, necessárias para assegurar a estabilidade do terreno e boas condições de drenagem.

Os três primeiros itens, mais da esfera da arquitetura e do urbanismo, devem primordialmente proporcionar o atendimento às diretrizes geotécnicas estabelecidas, mais uma vez com especial destaque no que diz respeito à altura e inclinação máximas a imprimir a taludes de corte e aterro. Assim, os movimentos de terra eventualmente necessários para a implantação de edifícios, vias e demais itens componentes do projeto, devem obedecer às prescrições estabelecidas.

O “ajuste fino” das edificações ao terreno

No especificamente tocante ao “ajuste fino” dos edifícios às condicionantes localizadas de terreno, destaca-se, inicialmente, que o principal artifício de projeto a utilizar tende a ser a combinação de movimentos de terra para a implantação dos edifícios com movimentos de terra para a construção de acessos e circulações. Retomando-se a

ilustração apresentada na Figura 5.3, pode-se notar que o ajuste da edificação ao terreno é, na realidade, tratado simultaneamente com o ajuste da via de circulação (“passeio”, na figura). Ainda na interface do projeto de arquitetura dos edifícios com o projeto de implantação, as preocupações com o sistema de drenagem também devem se refletir, levando à adoção de soluções que assegurem traçados e condições de escoamento e destinação mais favoráveis. Muitas vezes, pequenas revisões de cotas de implantação de edifícios, grupos de edifícios ou de vias de circulação podem possibilitar traçados bem mais favoráveis de sistemas de drenagem.

Concepção final de vias de circulação e estacionamentos

O exercício do projeto mostra que os maiores gargalos associados a projetos para encostas são as vias de circulação e os estacionamentos. Normalmente mandatários de volumosos movimentos de terra para sua implantação, estes componentes do projeto para encostas requerem particular parcimônia no seu dimensionamento, de maneira a minimizar as demandas por cortes e aterros.

Nesta situação, considerando-se que vias para pedestres, por possibilitarem a adoção de larguras mais discretas, pelo menos quando comparadas com vias usuais para veículos, devem constituir os elementos de destaque para a concepção da circulação no conjunto. Ainda assim, conforme a disposição da via no relevo, a largura a adotar deve ser a mínima possível, visando-se, naturalmente, menor demanda por cortes e aterros.

Do ponto de vista essencialmente geométrico, a caracterização de um sistema viário ideal para encostas aponta para a adoção de vias bastante inclinadas ou escadarias “ortogonais às curvas de nível” (ambas dispensam maiores movimentos de terra para sua implantação, permitindo até

mesmo larguras maiores, sem agravamento de terra-plenagens), que dêem acesso a vias estreitas, transversais, para pedestres, “paralelas às curvas de nível”, e lindeiras a blocos extensos de habitações. Os maiores entraves à adoção desta concepção residem, em parte, em aspectos legais (tratados no Capítulo 3) e, em parte, em aspectos culturais, tanto associados ao meio técnico quanto à população. O meio técnico, no Brasil, resiste à utilização de unidades habitacionais ou edifícios multifamiliares com acesso apenas através de vias exclusivas para pedestres. Nos programas conduzidos pelo Poder Público, raríssimos são os exemplos de conjuntos com estas características. Destaca-se que, em países desenvolvidos, como o Japão, são freqüentes implantações, mesmo recentes, com esta concepção de circulação (unidades com acesso apenas para pedestres), como será visto no Capítulo 6. A segunda observação de natureza cultural, mais difícil de trabalhar, é uma presumida aspiração da população de que seja possível cada cidadão chegar com um automóvel até a porta de sua casa. Ainda que não se disponha de pesquisas avaliando a exatidão desta afirmação, cabe salientar que ocupações de encostas onde o automóvel chegue a todas unidades, isoladas ou agrupadas, tendem a definir uma magnitude impressionante de movimentos de terra, onde só podem se tornar mais freqüentes as situações de risco e os desastres, frutos de uma alteração ambiental exagerada.

Evidentemente, o dimensionamento de vias para veículos e de estacionamentos deve se pautar também pela parcimônia, utilizando-se, nas vias, a menor largura possível (quando estas forem mais “paralelas às curvas de nível”) e utilizando-se greides elevados, se necessário, no limite aceito pela legislação. A adoção de passeios laterais em vias para veículos deve ponderar as características do efetivo uso que terá o logradouro. Se as condições de implantação apontarem que a circulação de pedestres pode se dar, em

condições satisfatórias, apenas em um dos lados da via, do ponto de vista técnico não se justifica a adoção de passeios dos dois lados.

Em terrenos onde já haja vias ou acessos para veículos implantados, formais ou informais, vale a pena a tentativa de aproveitá-los no projeto de implantação, com as adaptações que se fizerem necessárias. Tais vias tendem a constituir soluções espontâneas e naturais, e sua consideração permite, muitas vezes, evitar movimentos de terra em outras porções do terreno.

Cabe destacar que, paradoxalmente, o uso das porções mais planas dos terrenos em encostas acaba sendo destinado a vias para veículos e a estacionamentos. Se tipologias de edificações criteriosamente concebidas conseguem se adaptar com boa adequação às condicionantes topográficas, o mesmo não se aplica ao viário para veículos e a estacionamentos.

Previsão de áreas comunitárias

De uma maneira geral, os projetos habitacionais de interesse social prevêem a implantação de uma certa gama de equipamentos comunitários, incluindo-se sistemas ou áreas de lazer, equipamentos educacionais, de saúde, centros comunitários, áreas para comércio etc. No presente trabalho, porém, a implantação típica tratada (a do pequeno assentamento em encosta, onde o número de unidades habitacionais previsto se situa aquém de 100 unidades, a demanda por equipamentos limita-se bastante, abrangendo principalmente áreas ou sistemas de lazer e, eventualmente, pequenas áreas para comércio e para centro comunitário. Ainda que alguns equipamentos, como o centro comunitário, possam ser utilizados mesmo em pequenos conjuntos, o porte das implantações aqui tratado não demanda necessariamente sua implantação. Recomenda-se, de qualquer forma, que os eventuais equipamentos comunitários que venham a ser

previstos observem igualmente as prescrições geotécnicas, lançando-se mão de projetos adaptados ao relevo, com porte e demanda de movimentos de terra que possibilitem seguir as diretrizes geotécnicas.

Transcendendo um pouco a questão do projeto, destaca-se a séria necessidade de que trechos de terreno remanescentes devem ter sua destinação e tratamento previstos, visando-se tanto eliminar a possibilidade de sediarem, a posteriori, alguma ocupação indevida (como novas construções, irregulares), dando espaço à criação de situações de risco, ou à deterioração, por falta de manutenção.

Áreas indicadas no projeto como áreas verdes devem receber efetivamente vegetação adequada, além de prever-se, por algum instrumento administrativo, sua manutenção periódica.

Quando nas diretrizes geotécnicas forem recomendadas proteções superficiais em taludes, com gramíneas, por exemplo, deve-se ter em mente que tal tratamento não tem intenção estética (apesar do seu efeito positivo neste sentido), mas a introdução de um recurso para proteger o solo da superfície do talude contra a incidência direta de chuva e contra a erosão e que, paralelamente, confere à superfície do talude, através das raízes, uma estruturação auxiliar.

Concepção simultânea e progressiva das obras geotécnicas necessárias

Na elaboração do projeto de implantação verificam-se interferências importantes das obras geotécnicas, principalmente notáveis nas interfaces entre circulações e sistemas de drenagem e através dos próprios espaços demandados por taludes de corte e aterro. Torna-se assim desejável que a concepção de sistemas de escoamento de águas pluviais e das demais prováveis obras geotécnicas

que serão envolvidas, seja no interior da área, seja em seus limites ou em seu entorno, sejam equacionados, na medida do possível, simultaneamente.

Tradicionalmente, o projeto de drenagem constitui trabalho complementar, na maioria das vezes postergado para a fase de projeto executivo, não se caracterizando como atribuição do arquiteto. No projeto para encostas, porém, o arquiteto também deverá estar imbuído de preocupações específicas quanto ao sistema de drenagem, pois a implantação (envolvendo habitações, vias de circulação etc.) é, por excelência, fator de definição das condições de drenagem, originando concentrações de fluxos, cuja captação e destinação devem ser auxiliadas pelas próprias características adotadas, tanto na arquitetura das unidades isoladas ou agrupadas quanto no projeto de implantação.

Além disso, a eventual necessidade de emprego de estruturas de contenção, participando de forma importante na composição dos custos de implantação, merece um estudo preliminar das obras envolvidas, com a participação de engenheiro da área de geotecnia, quando poderão ser buscadas soluções alternativas, seja através do estudo de contenções mais econômicas, seja pela própria revisão do projeto de implantação, de maneira a eliminar o uso de tais estruturas ou de reduzi-las, na medida do possível, a dimensões mais palatáveis.

Recomenda-se, ainda na fase de anteprojeto, que toda a previsão de tratamentos superficiais a implementar em taludes e, quando for o caso, de canaletas de crista e de base, de acordo com o recomendado nas diretrizes geotécnicas, já esteja razoavelmente caracterizada, juntamente com as demais obras geotécnicas a utilizar, incluindo:

- traçado e dimensionamento básico do sistema de drenagem;

- definição de componentes básicos de constituição e complementação do sistema de drenagem (canaletas de drenagem, transposições de circulações, caixas de passagem ou inspeção, bocas de lobo, dissipadores de energia, escadarias drenantes etc.); e

- características básicas de eventuais estruturas de contenção adotadas.

Na interface do terreno com paredes, deve-se ter presente a necessidade de previsão de eventuais drenagens internas, assim como já se ter indicado tratamento de impermeabilização para a face em contato com solo.

5.5 - Projetos para encostas e insolação

Como já foi dito, os projetos para encostas demandam maior preocupação na locação das aberturas de iluminação e insolação dos ambientes, com ênfase no que diz respeito a dormitórios. Nas condições de insolação correspondentes às de São Paulo, por exemplo, numa vertente com declive apontando para o sul, é muito fácil um prédio a jusante estar, no inverno, situado permanentemente na área de projeção de sombra de prédios ou outros obstáculos a montante e/ou nas laterais. Numa situação limite, as superfícies de vertentes com declividades superiores a 43° (93,3%), voltadas para o sul, não recebem, em São Paulo, nenhuma insolação direta no Solstício de Inverno. Como construções em encostas podem incluir, ainda, paredes em contato com o solo (o que pode trazer problemas com umidade) e, caso haja uma insolação deficiente, tendem a surgir compartimentos efetivamente insalubres nas edificações.

Através do estudo da trajetória aparente do sol, de forma integrada com a declividade dos terrenos, podem-se inferir, em encostas, algumas orientações preferenciais

de aberturas para insolação capazes de balizar o projeto da tipologia. Assim, considerando-se a declividade e a orientação do terreno, procura-se inicialmente inferir uma orientação mais favorável para os dormitórios, ambientes cuja insolação deve ser privilegiada. Naturalmente, a fixação da orientação preferencial para dormitórios é função das características de clima de cada região. Mas pode-se colocar um princípio geral de que a orientação a adotar deve assegurar o ingresso do sol no dormitório por, pelo menos, uma hora por dia, de forma a aproveitar os efeitos higienizantes dos raios solares, além de sua participação na diminuição de uma eventual umidade do ambiente.

Dependendo das características de clima de cada região, pode-se dar preferência a faixas de horários preferenciais para a insolação dos dormitórios. Assim, em climas quentes, dar-se-ia preferência ao período da manhã, evitando-se o sol da tarde. Em climas temperados e frios, numa primeira aproximação, em qualquer hora do dia. A insolação deve ser principalmente assegurada para o período do inverno.

Fixando-se a orientação preferencial a atribuir às aberturas dos dormitórios, o projeto se desenvolve mantendo em vista a manutenção da insolação nos períodos desejáveis, assegurando-se que estejam fora da projeção permanente de sombras, o que requer cuidados específicos na caracterização do restante da unidade, de sua combinação com as demais unidades e no posicionamento relativo entre blocos de habitações. À medida que o projeto evolui, de forma combinada com a concepção da implantação, devem ser realizadas verificações periódicas das condições de insolação dos dormitórios.

Estudos de insolação mais acurados sempre apresentaram algumas dificuldades por envolverem operações trabalhosas. Caso opte-se pelo estudo gráfico, “no papel”,

torna-se necessário um grande número de construções geométricas, envolvendo tanto a representação das edificações em estudo quanto da própria geometria de insolação.

Caso opte-se por estudos em modelos (*maquetes*), além da necessidade da confecção dos modelos, é preciso ter acesso a aparatos de iluminação capazes de simular a trajetória do Sol (os denominados *heliodons*), como o que se apresenta, a título de ilustração, na Figura 5.5, construído no IPT, e que se constitui numa estrutura com dimensões, na altura, largura e comprimento, por volta de dois metros e um espelho parabólico com diâmetro por volta de 0,70m, em cujo foco localiza-se uma lâmpada halógena. O aparato, que possibilita ajustes, através de diversas peças móveis, simula a trajetória aparente do Sol para as diversas possibilidades de combinação de latitudes, épocas do ano e horários ao longo do dia, propiciando a verificação da incidência de Sol e a geração de sombras no modelo (*maquete*) posicionado na mesa central. *Heliodons* pouco mais simples, apesar de menos

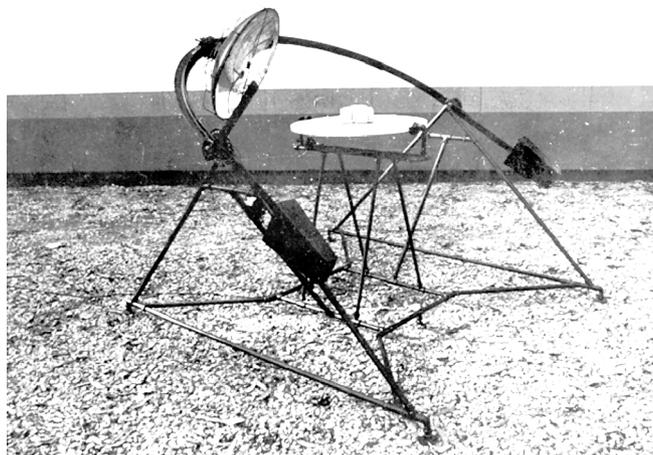


Figura 5.5. *Heliodon* construído, no IPT. Fonte: FARAH, F. (1985). Instrumentos auxiliares para estudos de insolação de edifícios. In Revista *A construção - São Paulo*, nº 1951, de 01/07/85 Editora Pini Ltda. São Paulo. pp. 29-32.

precisos, podem também ser utilizados. Porém, as características razoavelmente complexas dos aparatos envolvidos e a necessidade da construção de maquetes limitam, em muito, a possibilidade deste tipo de verificação.

Como decorrência das dificuldades de estudos mais acurados de insolação, muitos dos projetos de conjuntos habitacionais realizados nas décadas de 70 e 80 atenderam apenas a condicionantes gerais de implantação no que diz respeito à insolação, o que abriu espaço à ocorrência, não rara, de unidades habitacionais com deficiências importantes de salubridade.

Hoje, estudos mais acurados de insolação podem ser realizados, com relativa facilidade, através da utilização de recursos computacionais gráficos. Utilizando-se programas convencionais de computação gráfica aplicáveis à arquitetura, isoladamente ou em conjunto com programas de editoração gráfica em “três” dimensões, torna-se possível um estudo razoavelmente preciso das condições de insolação de um edifício ou de um conjunto de edifícios. Utilizando-se da plataforma da *Autodesk*, por exemplo, o IPT tem adotado um procedimento que possibilita estudar a insolação de objetos de arquitetura (edifício, grupos de edifícios e implantações), que se constitui nos seguintes passos:

- construção de representação “tridimensional” do objeto a estudar, utilizando-se o *Autocad*, em nível de detalhamento compatível com o que se quer estudar;
- construção, à parte, de “arcabouço tridimensional” com posições espaciais notáveis do Sol (posições assumidas a cada hora inteira do dia, nos solstícios e

equinócios), utilizando-se o *Autocad* (ver Figura 5.6);

- associação, às posições notáveis do sol, de posições de luzes para iluminação do modelo, ainda no *Autocad*;
- sobreposição do arcabouço tridimensional à representação tridimensional do objeto, respeitando-se a orientação, no terreno, assumida para o(s) objeto(s) arquitetônicos cuja insolação se quer estudar³; e
- transposição do desenho tridimensional resultante para o editor de imagens *3D Studio*, para o estudo da insolação do objeto.

Mais adiante, as figuras de 5.7A a 5.7D ilustram uma aplicação do método para latitude correspondente à do município de São Paulo (23° 32' de latitude sul). Na Figura 5.7A, representa-se um elemento de encosta, com declividade de 30%, orientada para o Sul. Neste elemento de encosta dispõem-se seis edifícios cuja insolação quer-se estudar (todos estes elementos foram gerados em “três dimensões”, através do *Autocad*).

Na Figura 5.7B, logo adiante, apresenta-se o “arcabouço tridimensional” com posições “espaciais” notáveis do Sol aplicado sobre o modelo “tridimensional” a estudar (para as condições de São Paulo). Note-se que o objeto do estudo está posicionado no centro do arcabouço e representado em escala bem menor que aquele.

Nas Figuras 5.7C e 7.7D, com os desenhos já transpostos para o editor gráfico *3D Studio*, simula-se a insolação, representando-a, para exemplificação, para as 10 horas do Solstício de Inverno (Figura 5.7C) e para o meio dia do Solstício de Inverno (Figura 5.7D).

³Na sobreposição, o “arcabouço tridimensional de posições do Sol” deve ser colocado em tamanho bastante superior ao do objeto arquitetônico a estudar, buscando-se, dentro das limitações presentes, reproduzir uma simulação mais realística da insolação. Nesta condição, as “luzes” que serão utilizadas no 3d Studio corresponderão a fontes puntiformes distantes, ficando o modelo situado num cone de iluminação de abertura muito pequena, o que reproduz satisfatoriamente as condições reais de insolação.

Note-se, por curiosidade que, apesar de apresentar-se, na figura, uma implantação de “face norte”, os prédios a jusante apresentam insolação deficiente, o que reforça o que já foi dito anteriormente - que, em encostas, obstáculos a montante podem facilmente comprometer a insolação dos edifícios situados a jusante.

Ainda que a rotina desenvolvida no IPT seja eficiente e adequada aos propósitos do presente trabalho, cabe destacar que a rápida evolução de programas aplicáveis à arquitetura já permitiu disponibilizar *softwares* com a capacidade de simular a insolação, através da projeção de luz e sombras, para latitudes, orientações e horários introduzidos pelo operador, desde que se disponha da “maquete eletrônica”.

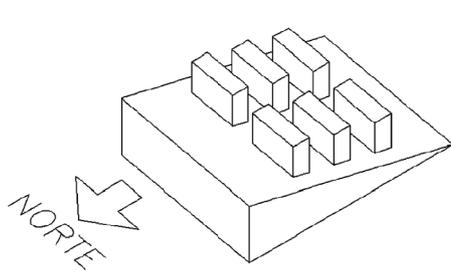


Figura 5.7A. Modelo construído em “três dimensões” para ilustrar o método de estudo da insolação: elemento de encosta de declividade 30% com seis prédios implantados.

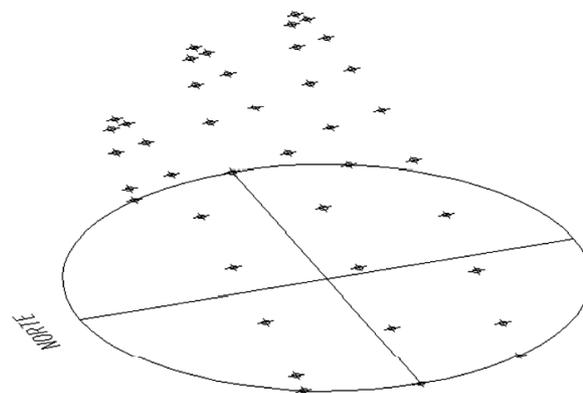


Figura 5.6. O “arcabouço tridimensional” com posições espaciais notáveis do Sol (posições assumidas a cada hora inteira do dia, nos solstícios e equinócios), para o caso do município de São Paulo.

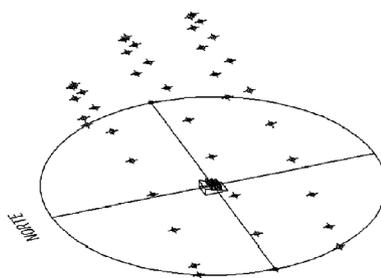


Figura 5.7B. O “arcabouço tridimensional” aplicado ao modelo (ao centro) apresentado na Figura 5.7A.

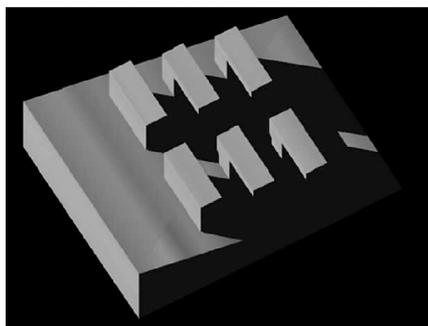


Figura 5.7C. Simulação, no *3D Studio*, da insolação dos prédios às 10 horas do solstício de inverno.

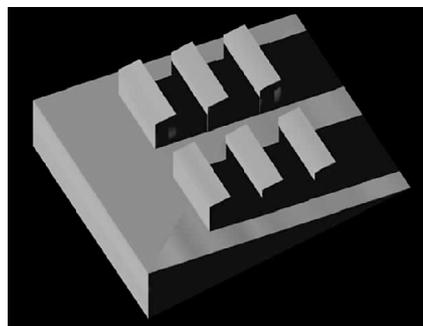


Figura 5.7D. Simulação, no *3D Studio*, da insolação dos prédios ao meio-dia do solstício de inverno.

O interesse específico da rotina anteriormente descrita reside exatamente no fato de se utilizar uma plataforma bem mais disponível, contemplando versões menos atualizadas do *Autocad* e do *3D Studio*. Além disso, o método descrito permite uma visualização, nos procedimentos de estudo, bem mais familiar ao arquiteto, uma vez que os princípios geométricos utilizados correspondem aos dos tradicionais diagramas de insolação baseados em projeções ortográficas da trajetória aparente do Sol, que são as mais divulgadas no processo de formação profissional.

Paulatinamente, os procedimentos utilizados na rotina básica descrita foram sendo aperfeiçoados e, em sua configuração atual, permitem visualizar a insolação para as três situações notáveis do ano (solstício de verão, equinócios e solstício de inverno) a cada 15 minutos dos dias correspondentes, e com o recurso adicional de animação, que possibilita a visão seqüencial de quadros referentes à alteração da posição do sol e das sombras projetadas, também a cada 15 minutos.

Como se mencionou no Capítulo 3, acredita-se que, no tocante à insolação, não se aplicam com propriedade os enfoques usuais, que se baseiam em recuos, pelo menos no que diz respeito a encostas. Nesta situação, não são recuos (de frente, laterais ou de fundos) da edificação com relação às divisas do lote os mecanismos capazes de assegurar a boa insolação de edificações. Em terrenos íngremes, nem mesmo basta voltar aberturas para faixas privilegiadas de insolação. Para cada situação de orientação e de entorno há que se estudar as formas mais favoráveis de disposição dos edifícios e de suas aberturas (janelas).

Em alguns casos, terrenos localizados em encostas, mais freqüentemente que em terrenos planos, podem se inserir numa situação de entorno tal que se compromete total ou parcialmente a insolação, antes mesmo da ocupação.

Do ponto de vista exclusivamente técnico, tais

terrenos deveriam, a rigor, ser contra-indicados para uso habitacional de interesse social ou exigir-se-ia, alternativamente, para qualquer habitação que neles fosse construída, a previsão, em projeto, de equipamentos capazes de minimizar os efeitos negativos da ausência do sol (tais como condicionadores de ar, desumidificadores, esterilizadores de ar, etc.). Isto inviabilizaria, na prática, o uso deste tipo de terreno para habitações na faixa de interesse social, mas evitaria a geração de habitações com situações de maior insalubridade, muito freqüentes em encostas.

Conhecendo-se, porém, a realidade em que vivemos, pelo menos em nossas grandes cidades, onde cada palmo de chão disponível para se construir casas é disputado, tende-se a acreditar que, mesmo nesta situação, os terrenos poderão ser ocupados por habitações populares. Caberia então, ao profissional de projeto, na concepção, tirar o máximo partido de outros recursos capazes de atenuar, na medida do possível, os efeitos da ausência da insolação. Nestes casos, deve-se evitar obrigatoriamente, por exemplo, ambientes de permanência prolongada que incluam paredes em contato com terra, como dormitórios. Além disso, deve-se tirar o máximo proveito possível da ventilação, utilizando-se disposições de aberturas que possibilitem ventilação cruzada.

Tem-se consciência, porém, que os recursos são limitados e que a propensão à insalubridade é mais acentuada, e que esta deve ser explicitada aos moradores que, com o tempo, podem adotar recursos de condicionamento artificial. Mas, se a postura técnica aqui adotada pode parecer muito permissiva, ela é efetivamente menos permissiva que a das próprias legislações vigentes em muitos dos municípios. Para muitas delas, se as aberturas de interesse estiverem voltadas para as orientações aceitáveis e os recuos estiverem dentro das exigências, os ambientes são considerados satisfatórios, do ponto de vista da insolação, quer recebam sol ou não.