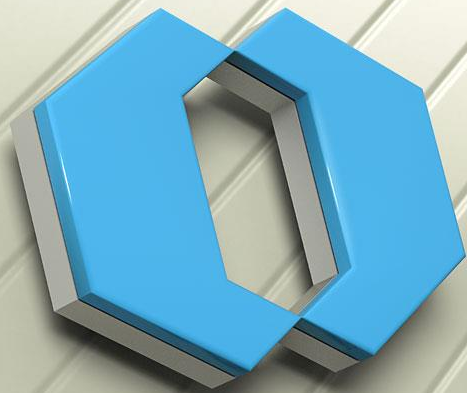




CPRM

Serviço Geológico do Brasil

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Curso Básico de Percepção e Mapeamento do Risco Geológico

Vitória - ES

João Luiz Matta de Souza
Geólogo – Pesquisador em Geociências
Setembro/2018

COLAPSO E SUBSIDÊNCIA

SUMÁRIO

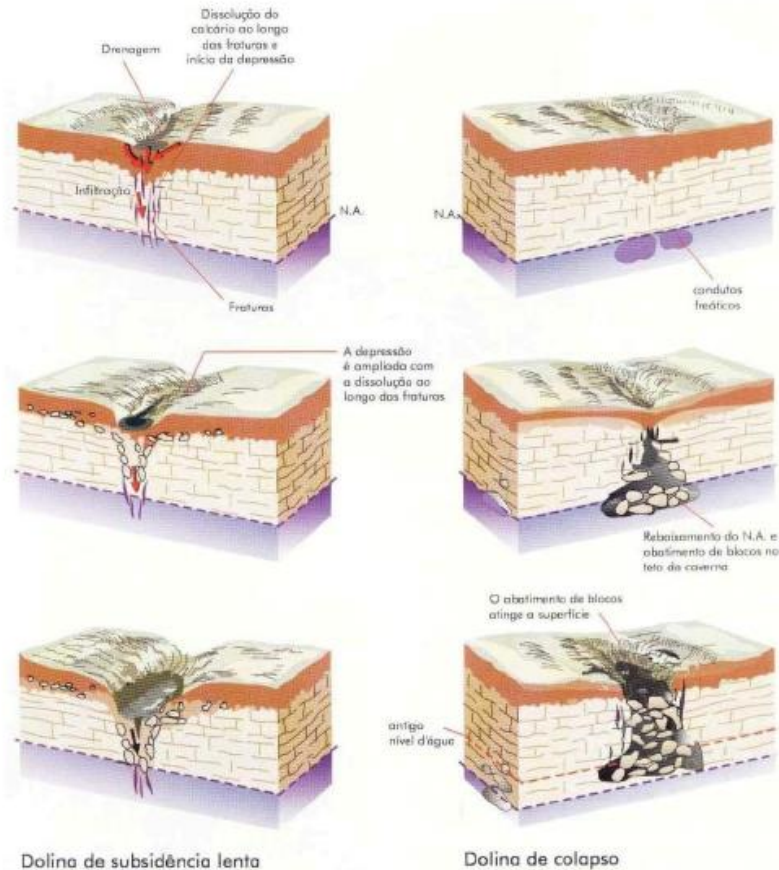
COLAPSO E SUBSIDÊNCIA

- Principais Causas
- 1. EM TERRENOS CÁRSTICOS
 - 1.1. Carste
 - 1.2. Zonas Cársticas
 - 1.3. Feições Típicas
- 2. EM SOLOS
 - 2.1. Solos Colapsíveis
 - 2.2. Solos Compressíveis
- 3. FATORES ANTRÓPICOS
 - 3.1. Ocupação de Regiões Cársticas
 - 3.2. Excavações
 - 3.3. Ocupações em regiões de solos compressíveis ou colapsíveis
 - 3.4. Superexploração de Aquíferos

Colapso e Subsidência

- O processo de **subsidência** corresponde ao movimento, relativamente lento, de afundamento de terrenos, devido à deformação ou deslocamento de direção, essencialmente, vertical descendente.
- O **colapso** apresenta a mesma definição, porém apresenta-se como um movimento brusco do terreno.

(Infanti Jr & Fornasari Filho 1998)



Colapso e Subsidência

Os **colapsos** de terrenos são considerados os principais causadores de acidentes sérios em regiões cársticas, ocasionando mortes até pelo desaparecimento súbito de pessoas tragadas pelo afundamento. Porém, a subsidência também causa prejuízos econômicos e mortes pelo desmoronamento total ou parcial de construções.

Principais Causas

PROCESSOS NATURAIS: são causados principalmente pela **dissolução** de rochas (carstificação) como calcários, dolomitos; pela **acomodação de camadas** no substrato, devido ao seu peso ou a **deslocamentos** segundo planos de falhas.

PROCESSOS ACELERADOS POR AÇÃO ANTRÓPICA: são ocasionados pelo **bombeamento** de águas subterrâneas, por recalques **por acréscimo de peso** devido a obras e estruturas e por **galerias** de mineração subterrâneas.

Tipos de subsidência na superfície terrestre.

Subsidência por colapso

Ocorre comumente em cavidades feitas pelo Homem, como túneis, poços e minas subterrâneas. Também é frequente em terrenos Cásticos, em que a dissolução do calcário causada pelo fluxo de água subterrânea leva à formação de grutas. Se a resistência da rocha que constitui as paredes destas cavidades diminui substancialmente, pode ocorrer o seu colapso com consequente movimento dos materiais que se encontram por cima em direção à cavidade, causando subsidência à superfície.

Tipos de subsidência na superfície terrestre.

Subsidência por colapso

Este tipo de subsidência pode resultar na formação de algares que podem ter centenas de metros de profundidade, criando áreas de isolamento ecológico onde podem eventualmente evoluir novas espécies de plantas e animais.

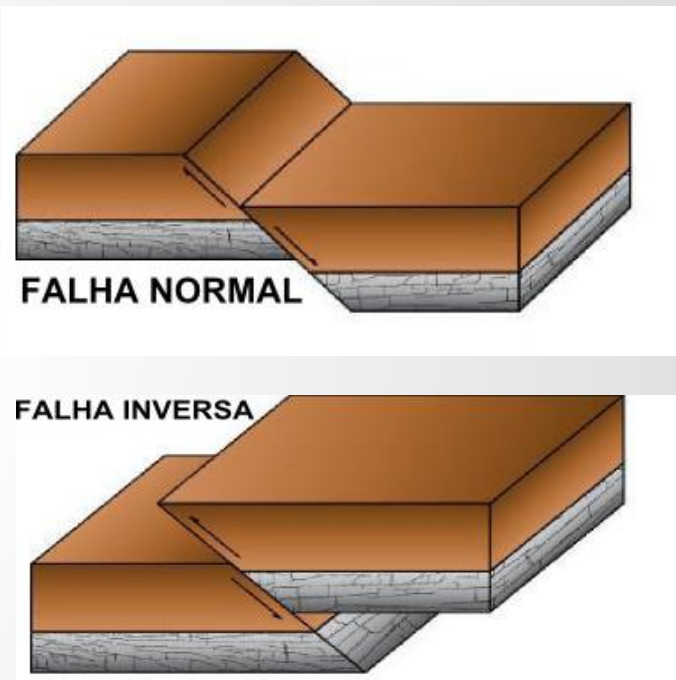


Buraco das Araras – Formosa Goiás

Tipos de subsidência na superfície terrestre.

Subsidência por falhamento

Quando existem tensões diferenciais na Terra, estas podem ser libertadas por falhamento geológico da crosta frágil, ou por fluxo dúctil no manto, mais quente e fluido. Em zonas de falhamento, pode ocorrer subsidência absoluta no bloco do muro de falhas normais. De igual modo, em falhas inversas, pode ocorrer subsidência relativa no bloco de teto.



Tipos de subsidência na superfície terrestre.

Subsidência por contração térmica da litosfera

Quando ocorre estiramento da litosfera, talvez devido a fenômenos de *slab-pull*, a litosfera adelgaça e o espaço assim criado é preenchido por astenosfera quente. Este fato, por seu lado, causa o aquecimento da crosta e a dilatação térmica dos materiais constituintes. Com o tempo, o calar dissipa-se por radiação a partir da superfície terrestre e o gradiente geotérmico. À medida que a temperatura baixa, a litosfera contrai-se, muitas vezes causando subsidência à superfície.

Tipos de subsidência na superfície terrestre.

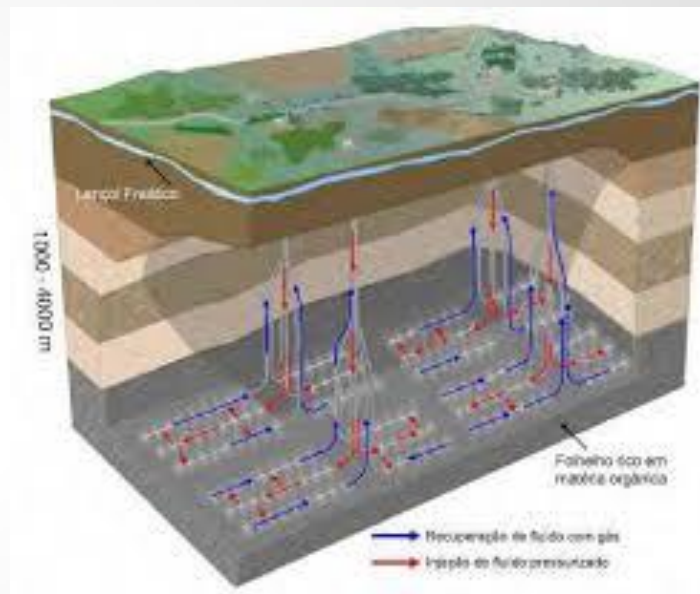
Subsidência por ressalto isostático

A crosta “flutua” sobre a astenosfera, com uma parte do seu volume imersa que é proporcional ao quociente de densidades da crosta e da astenosfera. Se for adicionada massa à crosta (por exemplo, por deposição de sedimentos), pensa-se que a crosta sofre subsidência minúscula de compensação, mantendo-se o equilíbrio isostático.

Tipos de subsidência na superfície terrestre.

Subsidência causada pela extração de fluidos

Se for extraído fluido de um determinado campo, a pressão inicial no campo, diminuirá com o tempo. Esta pressão é também responsável pelo suporte do solo acima do campo de extração, e se essa pressão diminui, a pressão do solo aumenta e inevitavelmente ocorre subsidência à superfície.



Tipos de subsidência na superfície terrestre.

Subsidência causada pela extração de fluidos

Exemplos de subsidência por diminuição da quantidade de água no solo são a subsidência de grande parte da Cidade do México e de zonas situadas à superfície sobre o Aquífero de Ogallala, nos Estados Unidos.

1. EM TERRENOS CÁRSTICOS

1.1 - Carste

Regiões cárstica compreendem é um tipo de relevo geológico caracterizado pela dissolução química das rochas, que leva ao aparecimento de uma série de características físicas, tais como **cavernas, dolinas, vale seco e rios subterrâneos.**



Durante o desenvolvimento do carste a água irá infiltrar-se por descontinuidades naturais da rocha, causando a dissolução. As descontinuidades podem ser contatos entre rochas, fraturas (planos de ruptura da rocha), falhas (planos de ruptura com movimentação relativa entre os blocos) e planos entre camadas de rochas sedimentares. Isto leva a formação de condutos em profundidade, que conduzem a água através do sistema.

Também pode ocorrer carste abaixo de rochas não carbonáticas (carste subjacente) ou coberto de solo.

- **PROCESSO SE DÁ POR DISSOLUÇÃO DA ROCHA:**

Dióxido de Carbono + Água da Chuva = Ácido Carbônico



- **ESTE ÁCIDO PERCOLA, JUNTAMENTE COM A CHUVA E DISSOLVE A ROCHA CALCÁREA**

Ácido Carbônico + Carbonato de Cálcio = Bicarbonato de Cálcio



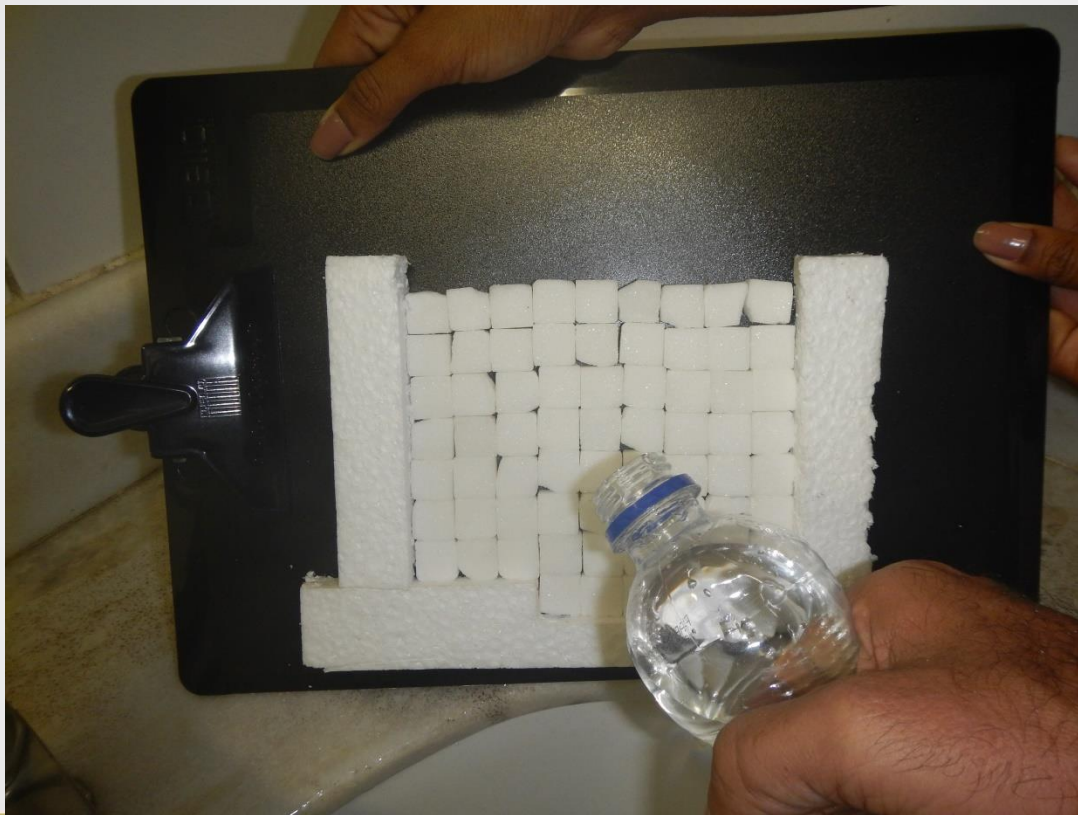
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM



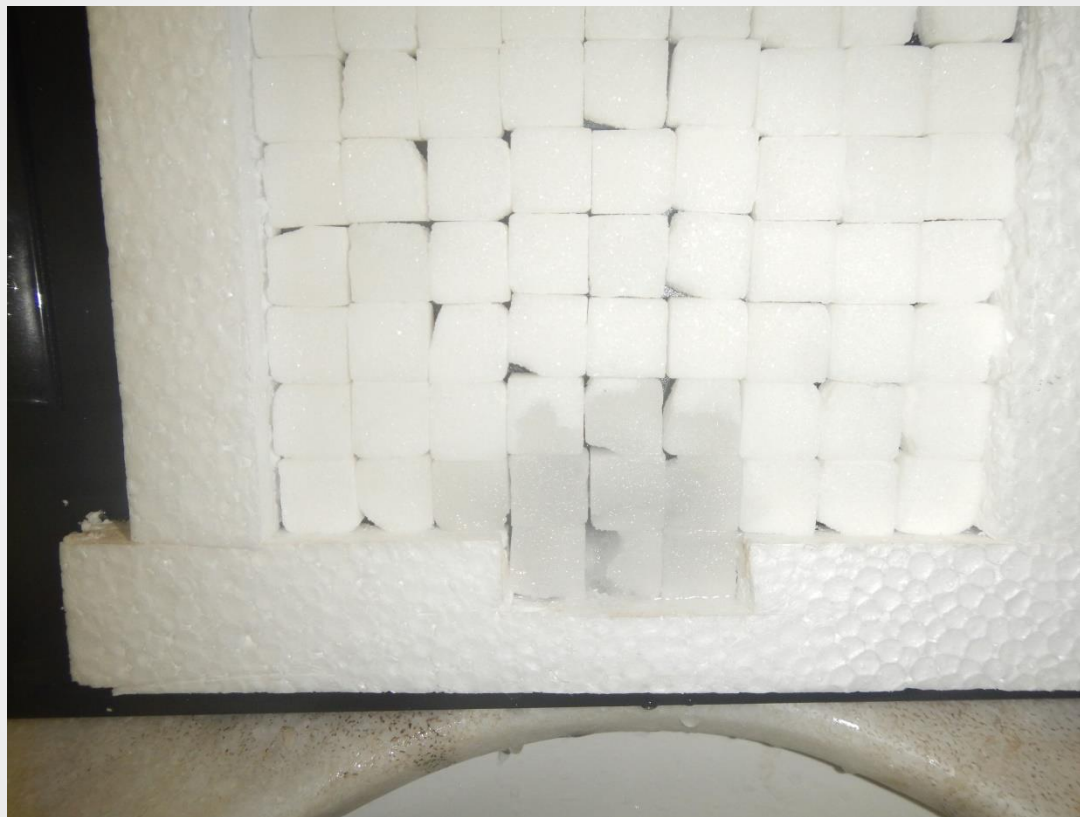
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

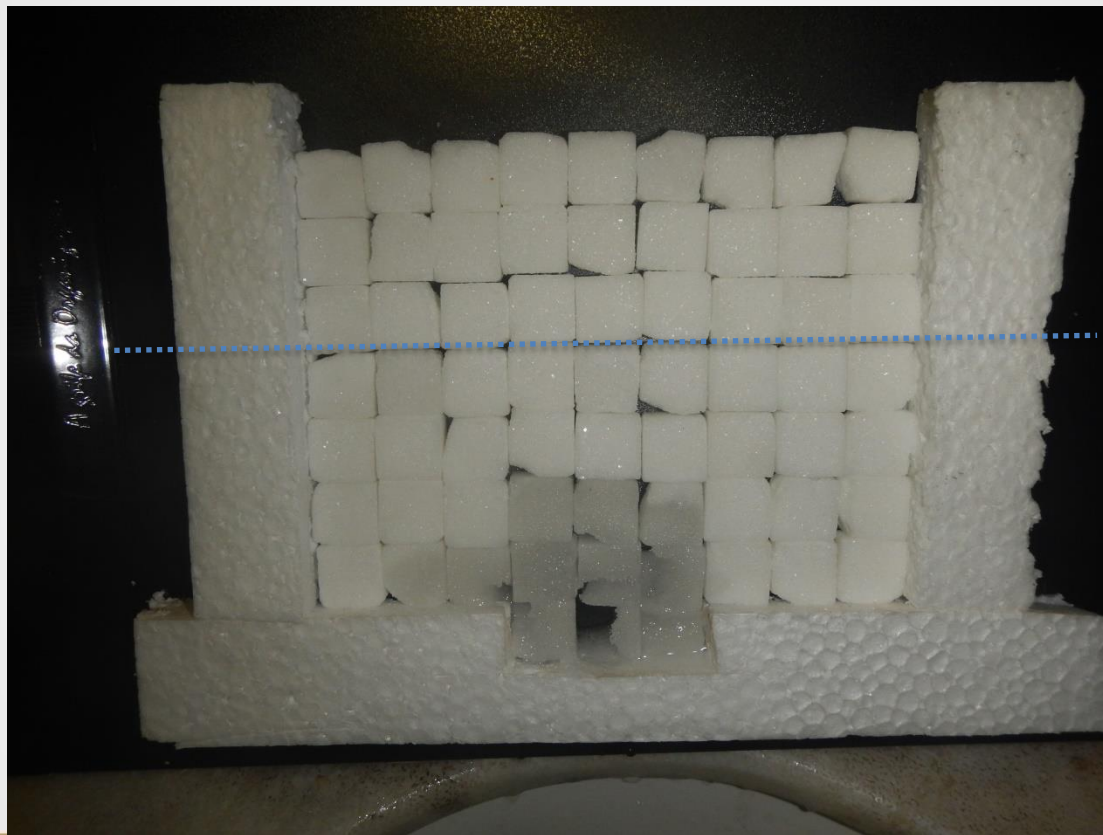


SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

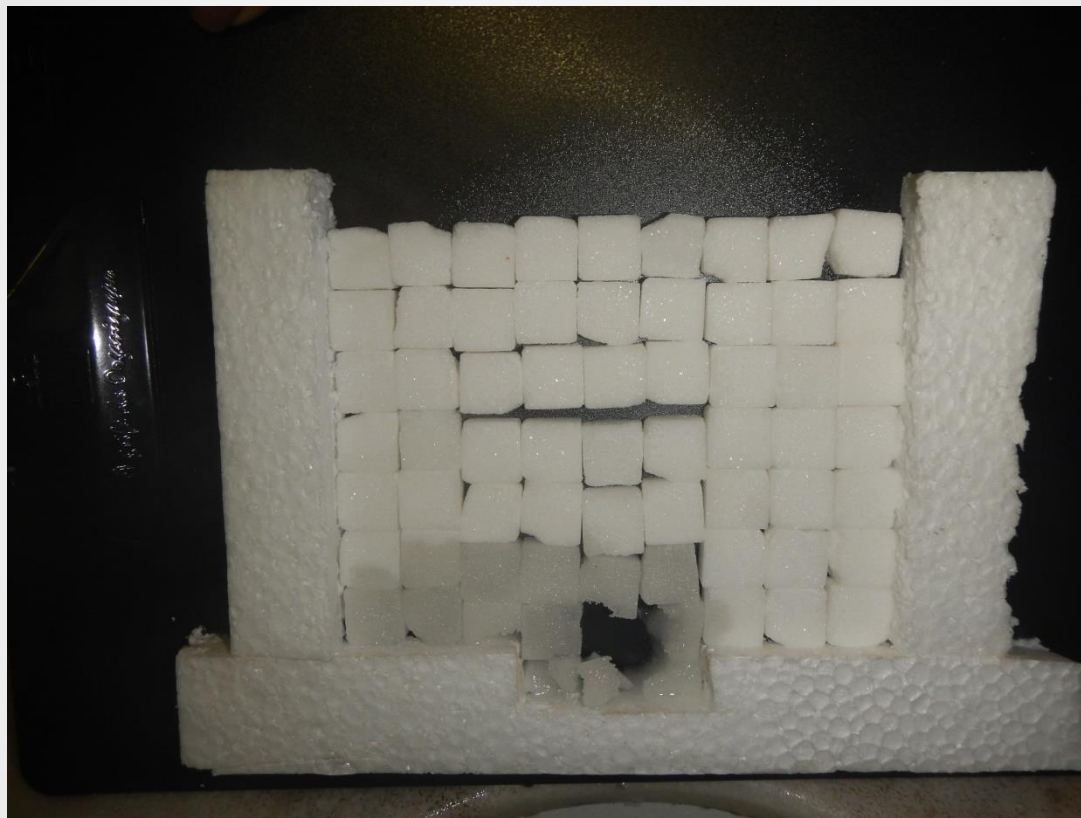


Fonte: <http://revistageologia.globo.com/>

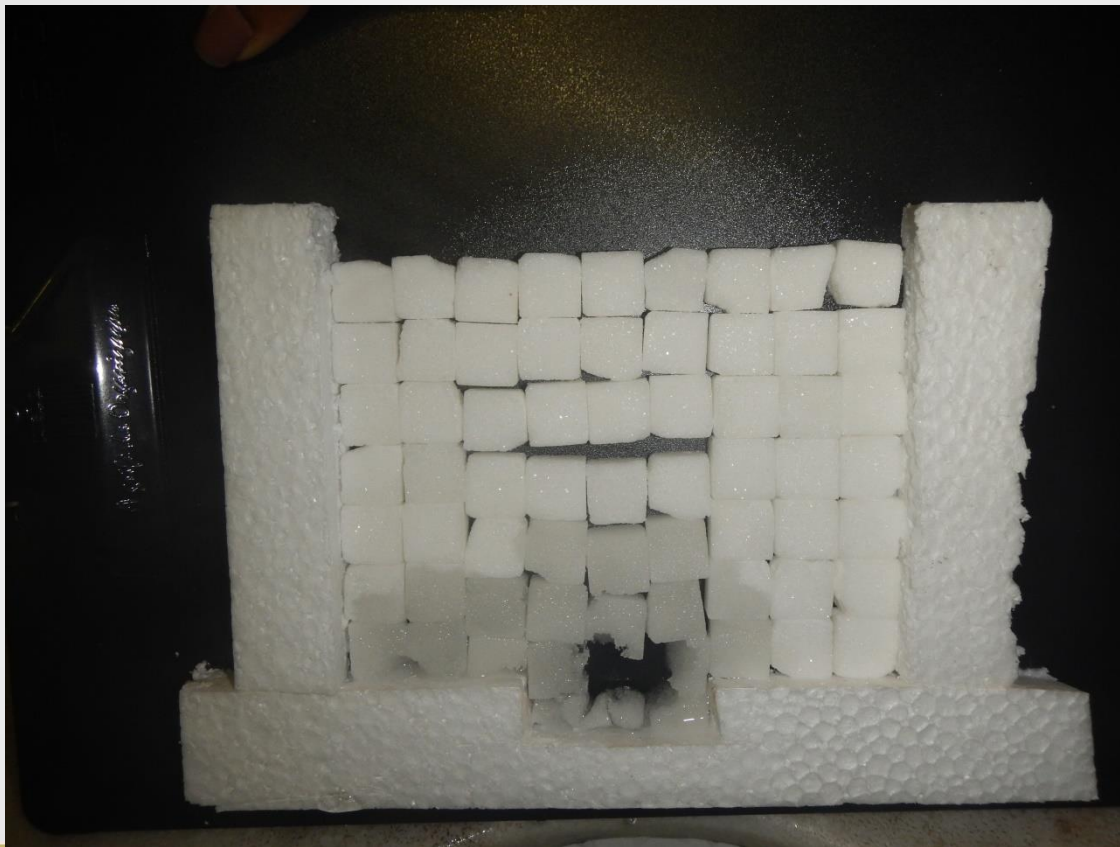
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM



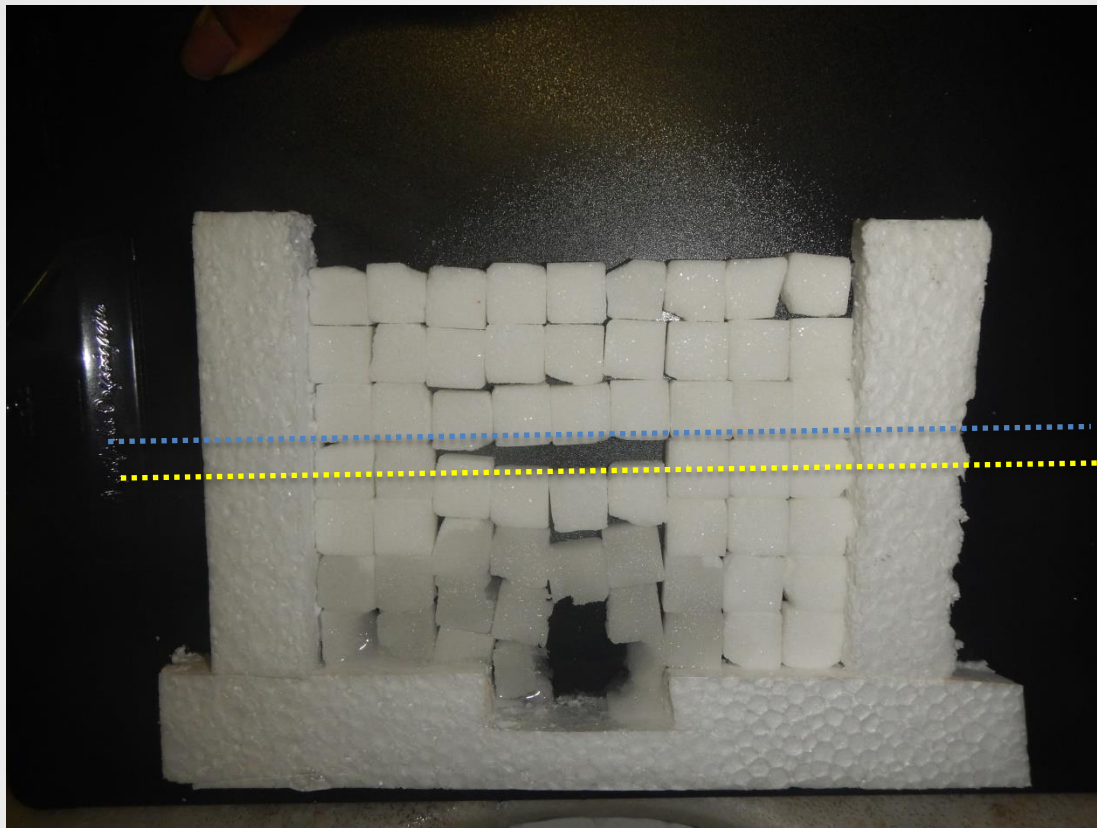
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM



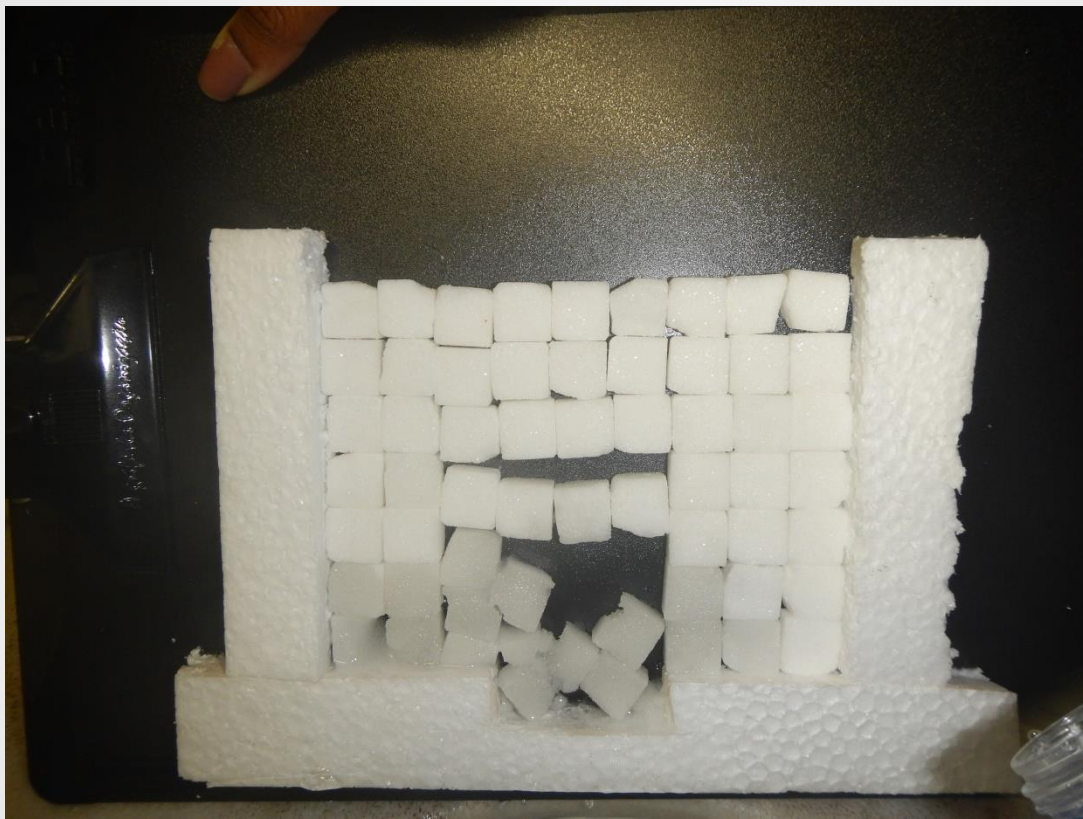
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

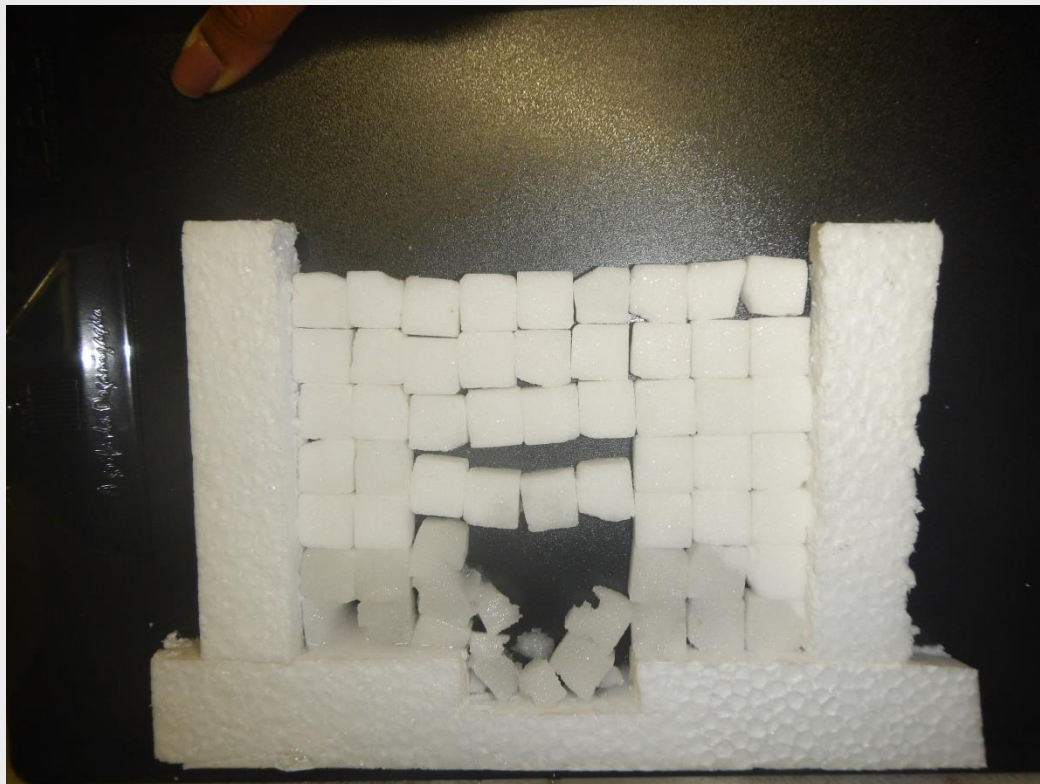


SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM



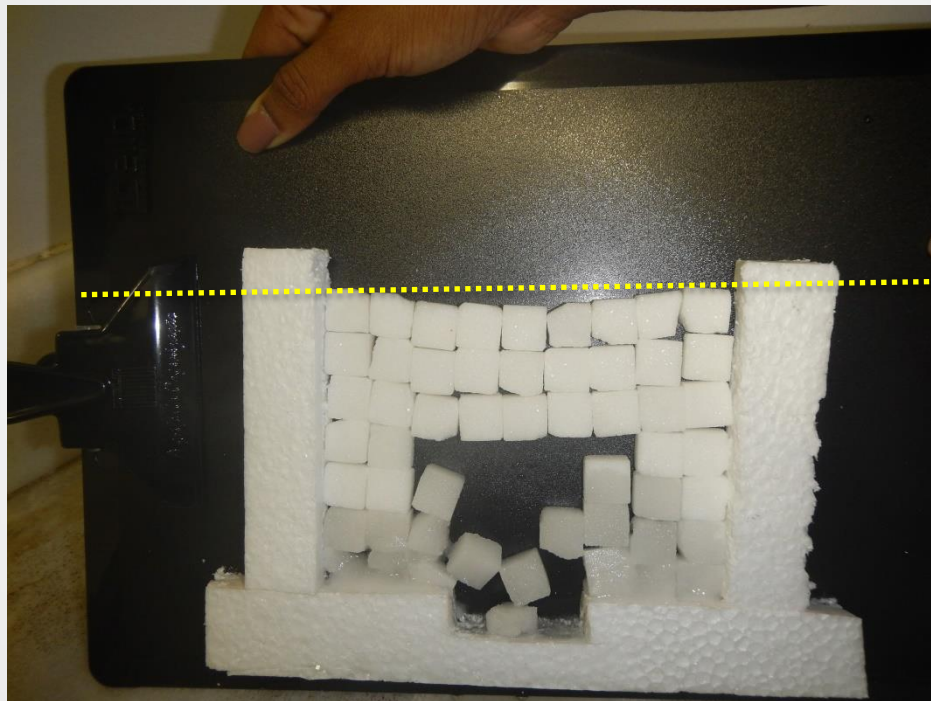
Fonte: <http://revistageologia.cprm.gov.br>

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM



Fonte: <<http://revistagalileu.globo.com>>

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM



Fonte: <<http://revistagalileu.globo.com>>

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM



Fonte: <<http://revistagalileu.globo.com>>

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

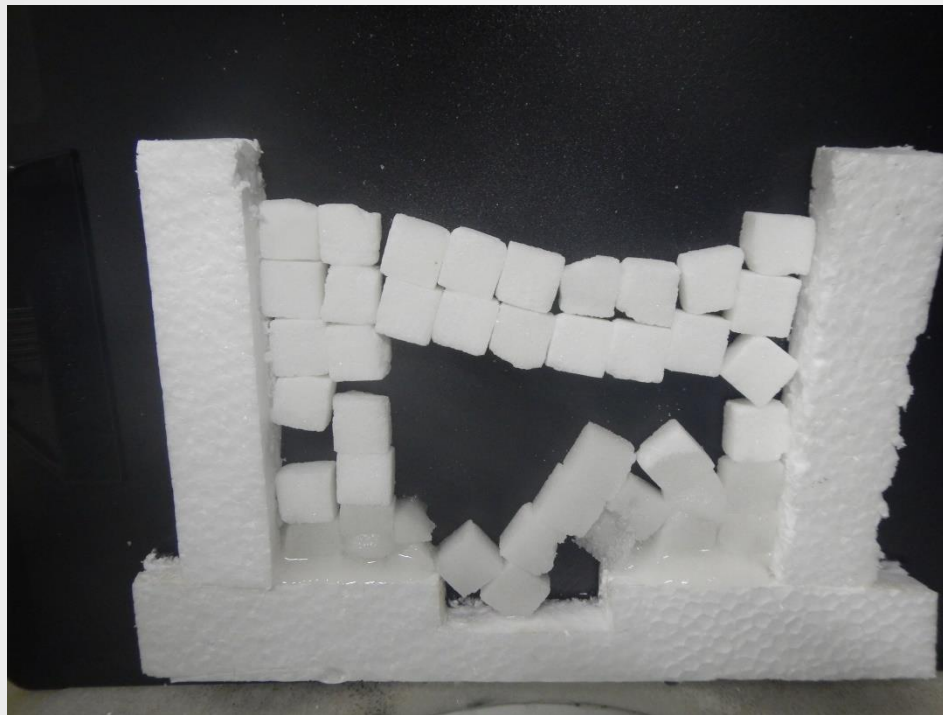


SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM



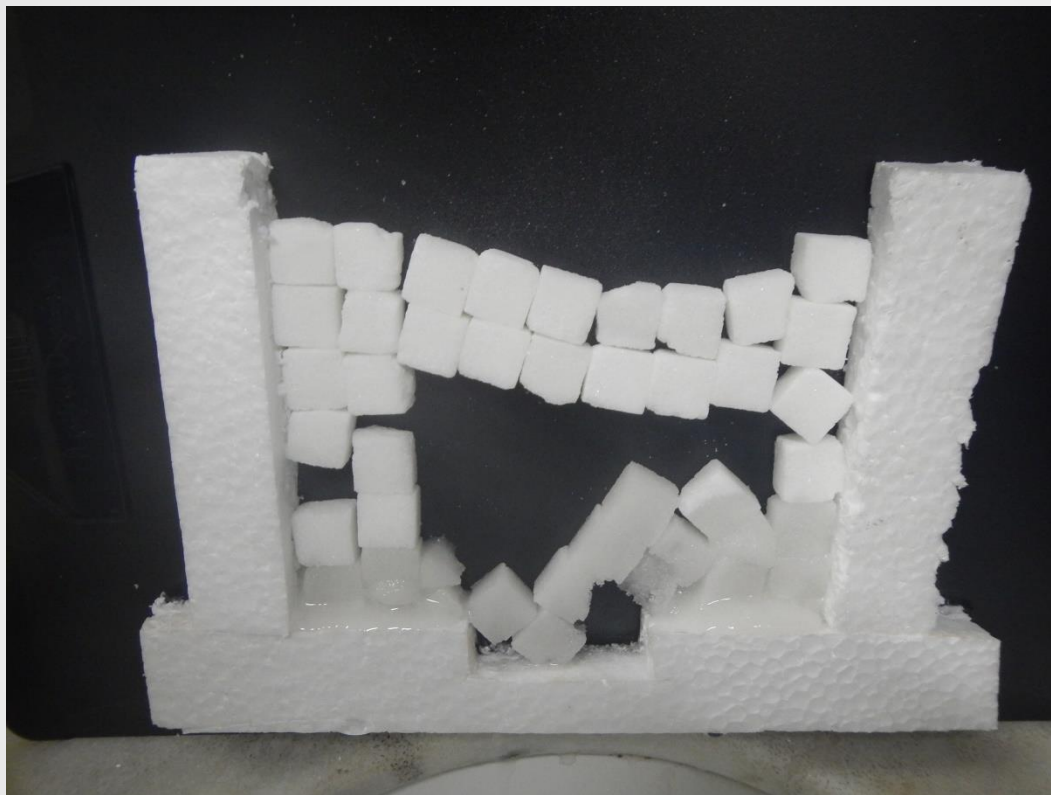
Fonte: <<http://revistagalileu.globo.com>>

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM



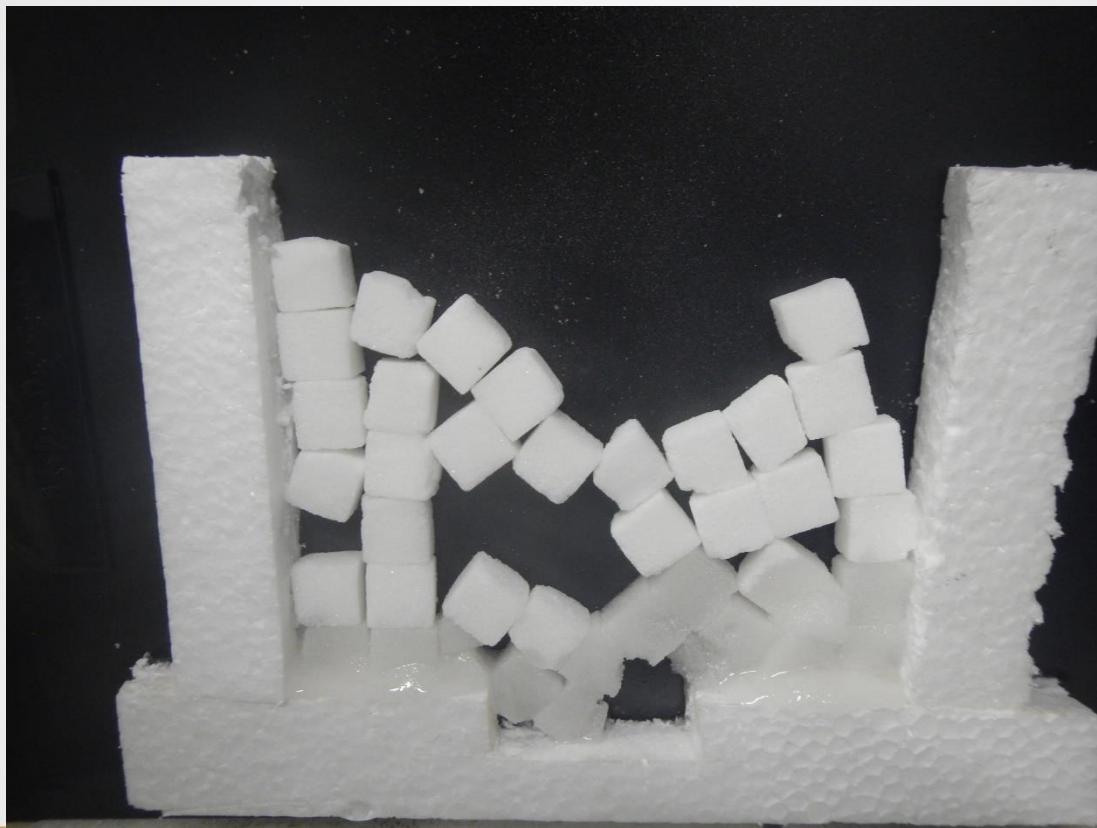
Fonte: <<http://revistagalileu.globo.com>>

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM



Fonte: <<http://revistagalileu.globo.com>>

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

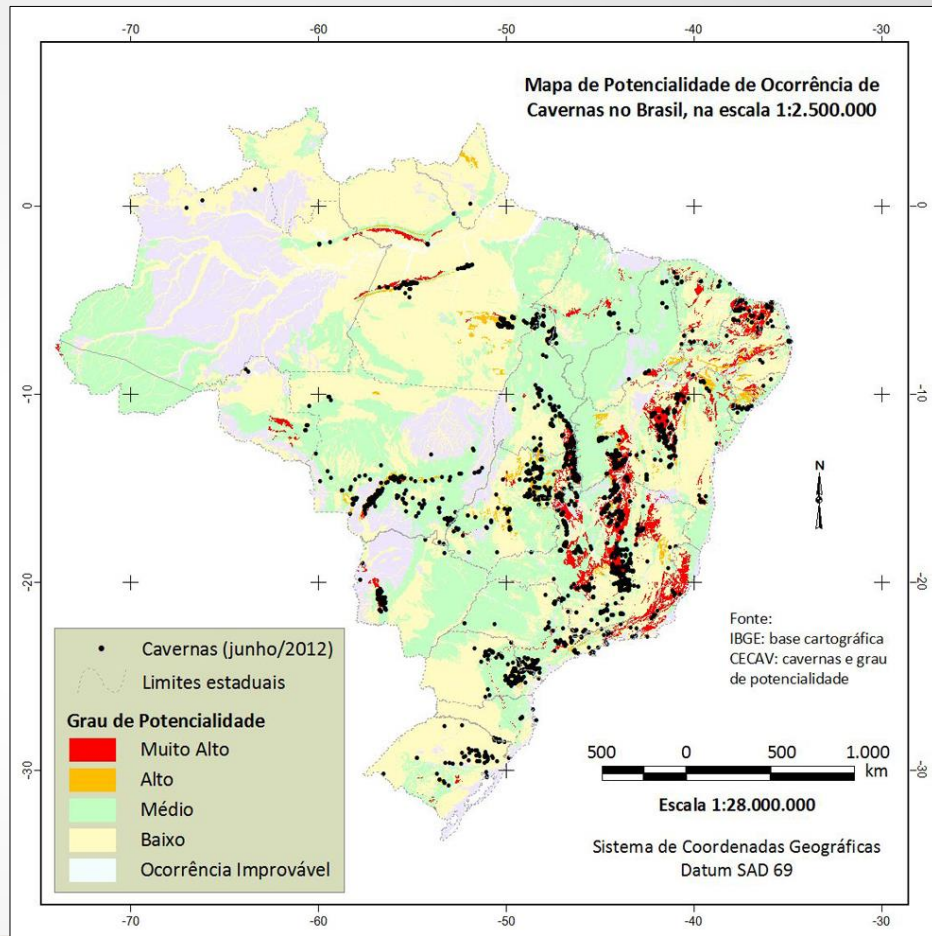


1.2 - Zonas cársticas

Rochas

Calcário, Mármore e Dolomito

Dissolução das rochas calcárias pela água.



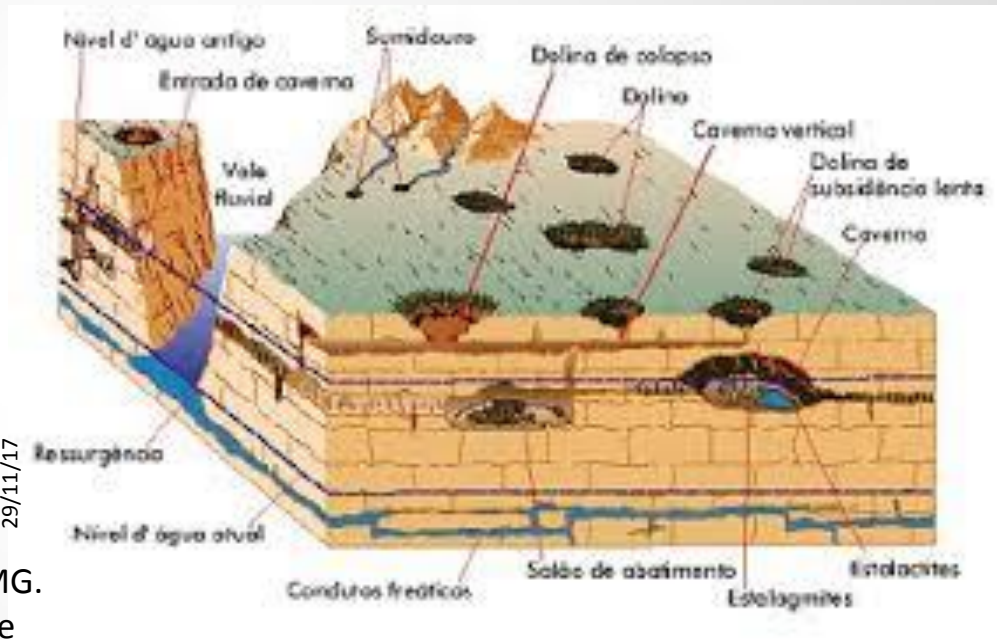
1.3 – Feições típicas

Afundamentos da superfície por subsidência e colapso são feições típicas de terrenos cársticos.



Créditos: Diogo Tudela, Prefeitura de Coromandel
Fonte: < <https://watchers.news> > Acesso em 29/11/17

Dolina descoberta dia 06/11/17 em Coromandel – MG.
A dolina de 30m de diâmetro e 20m de profundidade se abriu durante a noite.

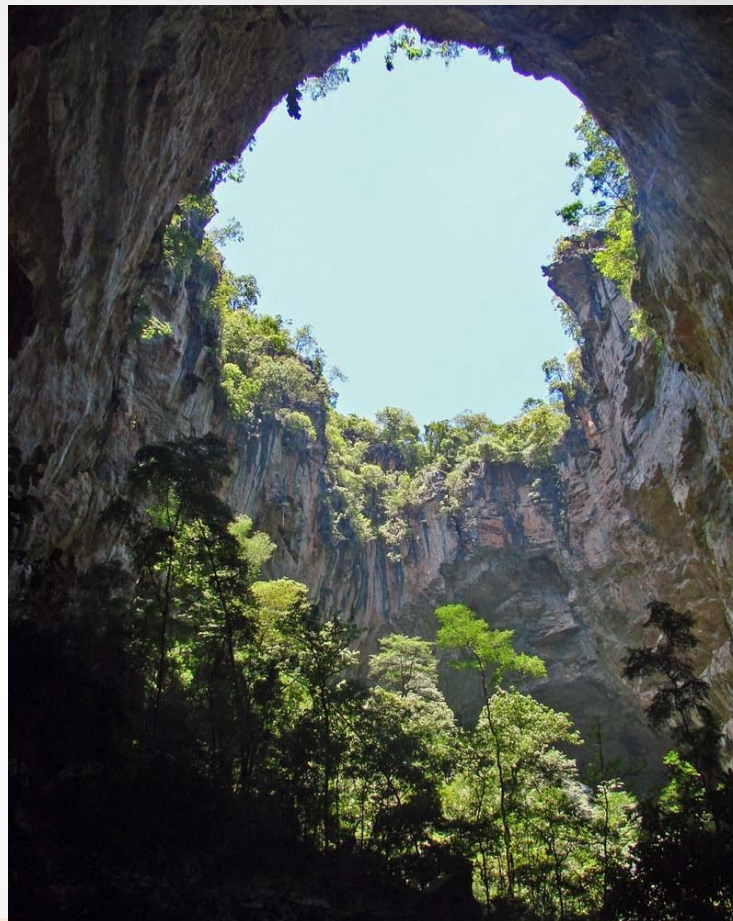


Fonte: < <https://geoleituras.wordpress.com/2010/12/26/dolinas> > Acesso em 29/11/17.



Créditos: André Dib. Fonte: < <http://www.icmbio.gov.br>>. Acesso em 29/11/17.

Feições cársticas como cavernas, rios subterrâneos e dolinas.
Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, Januária - MG



Fonte: <<http://jp-lugaresfantasticos.blogspot.com>>. Acesso em 29/11/17.



Fonte: <http://www.countryexplorers.club/stone-forest-china/stone-forest-china-wallpaper/> - Relevo Cárstico.

Afloramento calcário na região de Corumbá, Pains (MG).

Foto: Mariana Barbosa Timo, 2007.



2. EM SOLOS

Quando carregados todos os tipos de solos sofrem recalques em maior ou menor grau, a depender das **peculiaridades de cada solo** e da **intensidade de carregamento**.

Os recalques geralmente tendem a cessar ou estabilizar após um certo período de tempo, mais ou menos prolongado, e que dependem das propriedades geotécnicas dos solos.

Por exemplo, recalques em solos arenosos podem se estabilizar em poucas horas ou dias; já recalques em solos argilosos moles tendem a cessar ou estabilizar somente após algumas décadas.

(Cintra, 1998).

Os recalques podem ocorrer a depender das condições geotécnicas do terreno onde as fundações serão implantadas.

Daí a necessidade inquestionável da realização prévia de uma investigação geotécnica para conhecer as características dos solos que as fundações atravessarão.

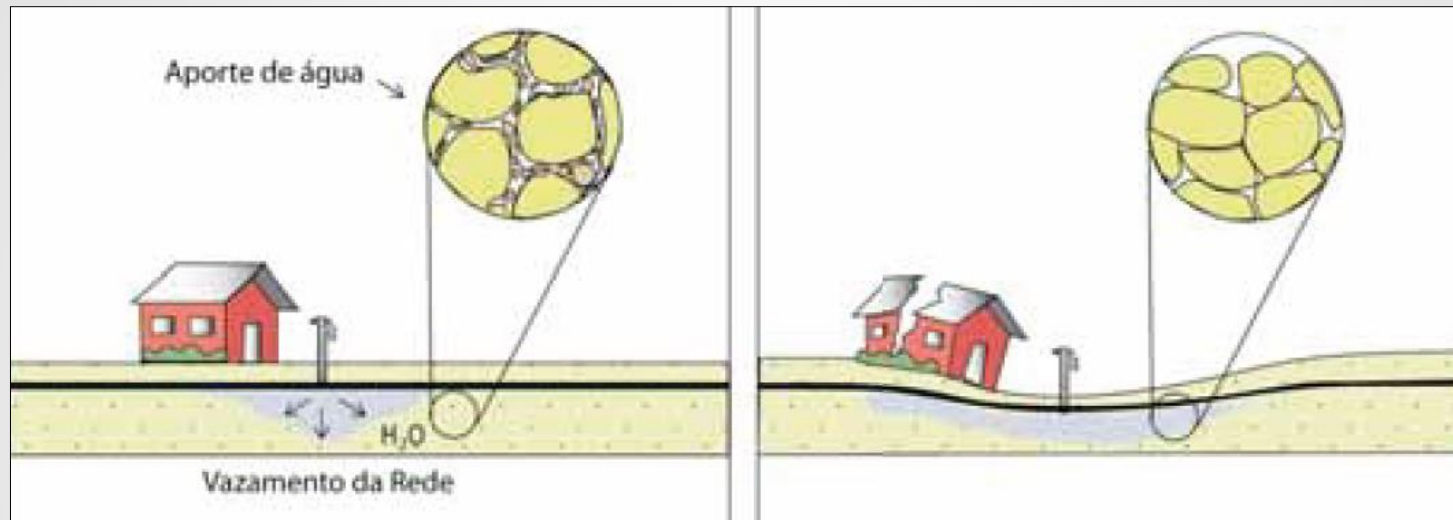
2.1. Solos Colapsíveis

São chamados colapsíveis os solos que, quando submetidos a um determinado tipo de carregamento (peso de uma construção, por exemplo) e umedecidos por infiltração de água de chuva, vazamentos em rede de água e de esgoto ou ascensão do lençol freático sofrem uma espécie de “colapso da sua estrutura”, gerando recalques repentinos e de grandes proporções.

2.1. Solos Colapsíveis

Estes solos possuem grãos ligados pelos contatos de suas pontas, precariamente unidas por uma fraca cimentação. Quando sobre tais solos atua uma carga superior ao seu peso de terra, concomitantemente com o aumento do teor de umidade do mesmo, ocorre a quebra estrutural das ligações de cimentação que mantinham os grãos unidos.

São dois os **requisitos** básicos: Estrutura porosa (alto índice de vazios) e a condição não saturada (baixo teor de umidade);



Créditos: Gabriela Cavichiolo Salazar, Fonte: Acidentes Geológicos Urbanos. Curitiba, 2010 (1ª Edição), 78 p.

Duas **condições** básicas devem ser atendidas: Elevação do teor de umidade (que ocorre a partir de chuva, tubulação rompida, etc.) e a atuação de um estado de solicitações externas (uma construção residencial, por exemplo).

2.2. Solos Compressíveis

São solos que não apresentam resistência satisfatória ou suficiente para suportar as cargas ou solicitações provenientes do sistema estrutural das edificações.

Casos típicos:

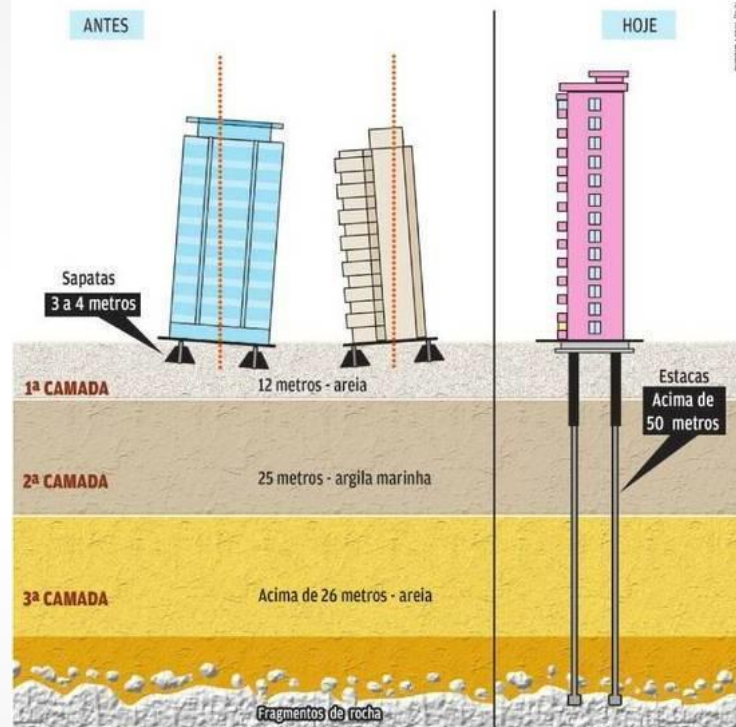
Fundações rasas construídas em terrenos constituídos por solos argilosos moles.



Recalques diferenciais em edificações construídas sobre sedimentos de argilas moles na orla de Santos-SP. (Fonte: Hachich, 1997).



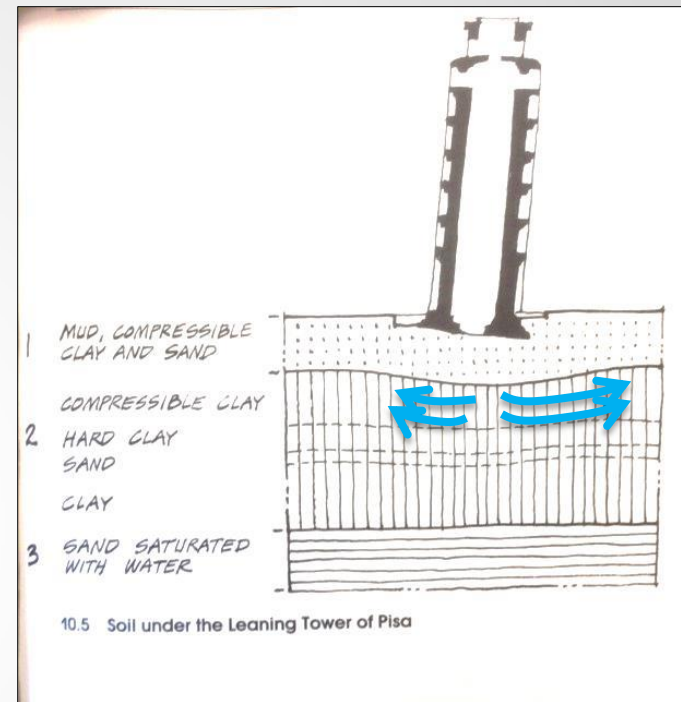
O que há de diferente



Recalques diferenciais em edificações construídas sobre sedimentos de argilas moles na orla de Santos-SP. (Fonte: Hachich, 1997).



Créditos: Carla Lencastre / Agência O Globo. Fonte: <<https://oglobo.globo.com>>. Acesso em 04/12/17.

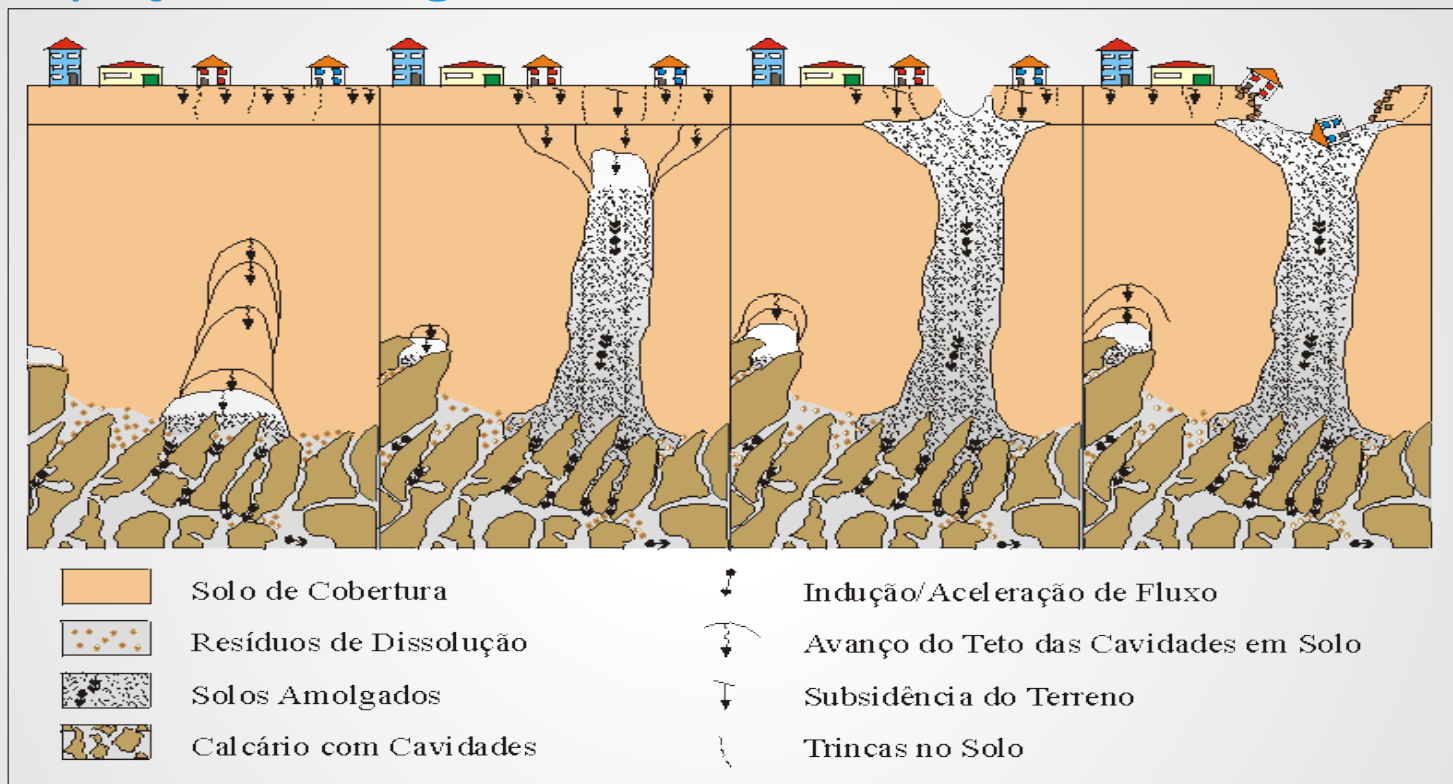


Créditos: Levy e Salvadori. Fonte: <<http://www.theheritageportal.co.za>>. Acesso em 04/12/17

Torre de Pisa - frente a carregamento solos moles se deformam, expulsam água e ocorre recalque nas construções.

3. FATORES ANTRÓPICOS

3.1. Ocupação de regiões Cársticas



Créditos: Modificada de Infanti Jr & Fornasari Filho 1998; organizada por Fábio Reis. Fonte: <<http://www.rc.unesp.br>>. Acesso em 30/11/17.



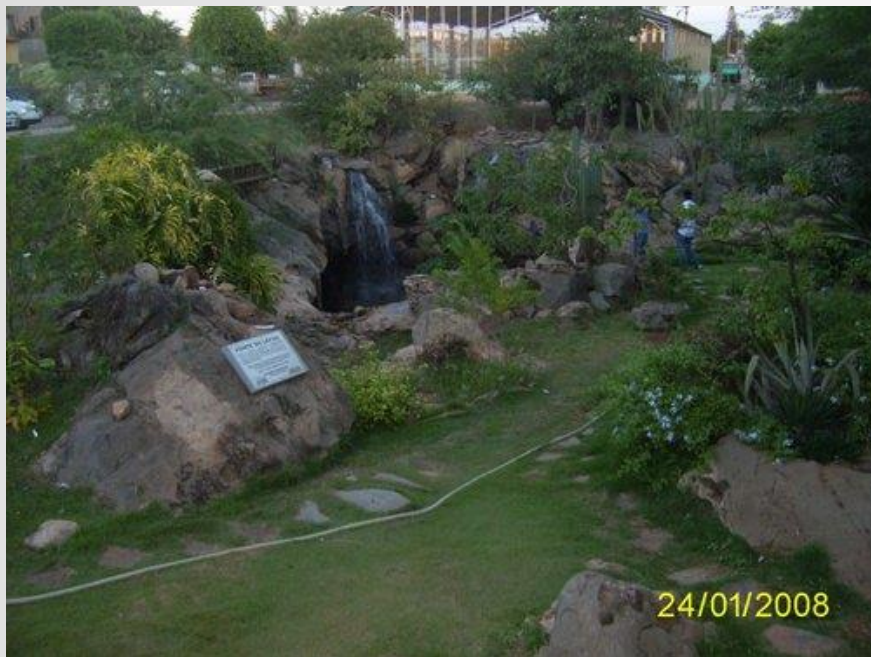
Fonte: <<https://www.diariocajamarenses.com.br>>. Acesso em 30/11/17

Colapso em região de rocha calcária Cajamar - SP



Fonte: <<http://www.montanheza.com.br>>. Acesso em 30/11/17

Colapsos por formação de dolinas em zonas cársticas – Vazante - MG



Colapso em região de rocha calcária Lapão - BA



Colapsos por formação de dolinas em zonas cársticas
Bimmah Sinkhole - Oman. Foto: diak / Shutterstock.com



Fonte: <<https://imgur.com/gallery/YMpD3w>>. Acesso em 30/11/17.

Boas Práticas para Defesa Civil



Créditos: Rafael Araújo CPRM/SGB

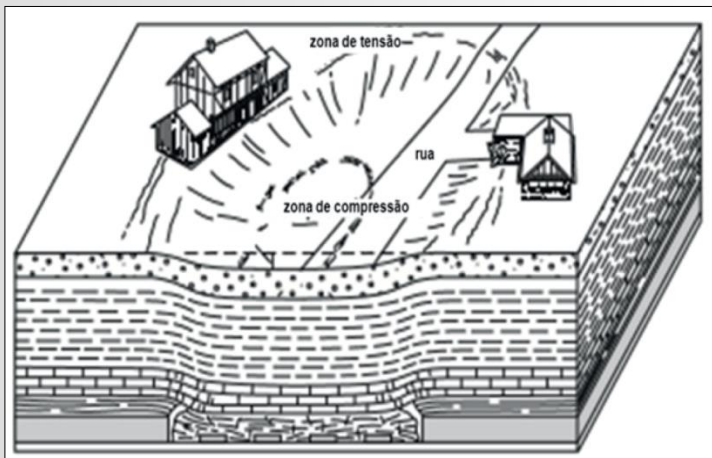
Dolinas demarcadas em
Matozinhos - MG



Créditos: Rafael Araújo CPRM/SGB

3.2. Excavações

Representação de colapsos e subsidências em Santa Catarina devido a extração de carvão.



Créditos: Adaptado de Bauer; Trent; Dumontelle (1993). Fonte: Abordagem de conflitos socioambientais em casos de subsidência de minas de carvão no Brasil e nos EUA, RUIZ M. S. et al.



Créditos: Rafael Araújo CPRM/SGB

Colapsos em Ouro Preto em antigas minas de ouro.



Créditos: Rafael Araújo CPRM/SGB

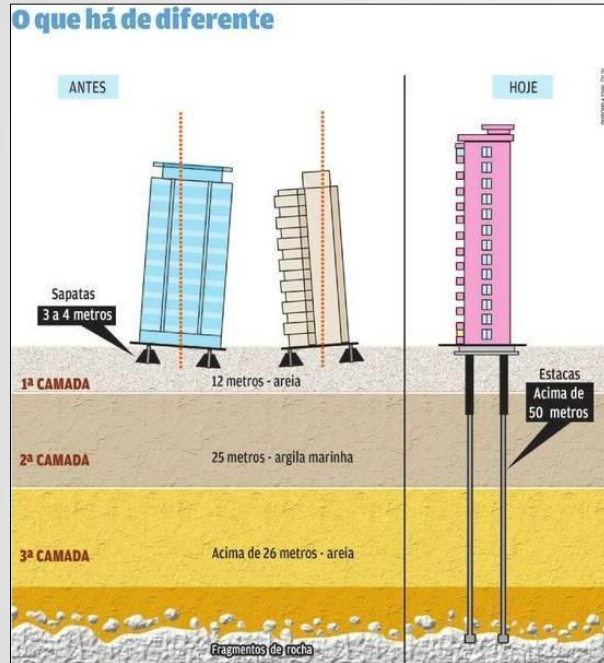
3.3. Ocupações em regiões de solos compressíveis ou colapsíveis

Edificações situadas ao longo da orla de Santos-SP, construídas na década de 70, quando ainda não havia a prática das fundações profundas.



Créditos: Paulo Amaral. Fonte: <<https://www.flickr.com>>. Acesso em 30/11/17.

As fundações rasas foram construídas sobre uma camada de areia compacta com profundidade de aproximadamente 10 metros, mas que estava apoiada sobre uma espessa de argila mole altamente compressível.



Créditos: Alex Ponciano, Jornal A Tribuna. Fonte: <http://www.novomilenio.inf.br>. Acesso em 30/11/17.



Fonte: <http://www.cimentoitambe.com.br>. Acesso em: 30/11/17

3.4. Superexploração de aquíferos

Subsidência lenta por exploração de aquíferos subterrâneos
– Cidade do México

Nesta imagem, observar o afundamento da rua, com relação ao monumento. Novas escadas tiveram que ser acrescentadas (em cor mais clara).



Fonte: <<https://twitter.com/webcamsdemexico>>. Acesso em 30/11/17

CPRM

CPRM
Serviço Geológico do Brasil

Secretaria de
Geologia, Mineração e
Transformação Mineral

Ministério de
Minas e Energia

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

www.cprm.gov.br



Fonte: <<https://www.seattletimes.com/nation-world/mexico-city-is-a-parched-and-sinking-capital/>>. Acesso em 01/11/17.



Créditos: Michele Santana, arquivo pessoal.

Cidade do México - Recalques nas construções



中华人民共和国驻巴西联邦共和国大使馆 Embaixada da República Popular da China no Brasil

[Início](#)[Notícias
da Embaixada](#)[Relações
Sino-Brasileiras](#)[Notícias
de Atualidade](#)[Declarações de Porta-voz do
Ministério dos Negócios Estrangeiros](#)[Fale Conosco](#)[中文](#)[Início > Notícias de Atualidade](#)

China lançará programas de controle de subsidência de terra

2012/02/22

Beijing, 22 fev (Xinhua) -- A China lançará quatro programas para controlar os problemas de subsidência de terra antes de 2020, anunciou na terça-feira o Ministério da Terra e dos Recursos Naturais.

Os programas incluem uma pesquisa nacional, o estabelecimento de redes de monitoramento nas áreas afetadas e controle reforçado da extração de água subterrânea, disse o ministério, citando uma diretriz nacional para evitar o abaixamento de terra durante o período 2011-2020.

A China planeja completar um programa de pesquisa de subsidência de terra antes de 2015 nas áreas com ferrovias de alta velocidade, segundo a diretriz aprovada pelo Conselho de Estado, gabinete chinês.

A subsidência de terra, causada por fatores naturais ou atividades humanas como exploração excessiva de água subterrânea e construção de enormes edifícios, afetou mais de 50 cidades na China. As áreas no Delta do Rio Yangtze, o norte do país e os vales dos Rios Fenhe e Huaihe foram afetados severamente, disse o ministério. Fim

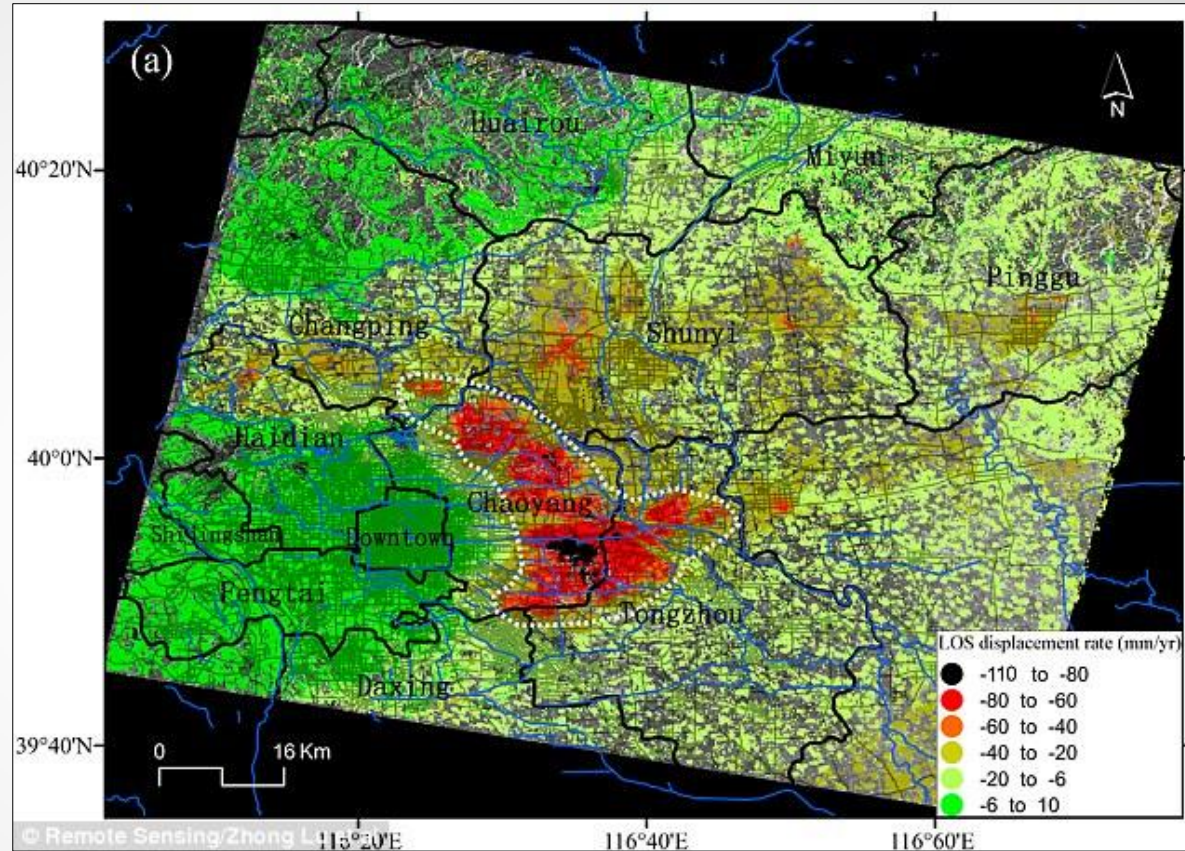
Fonte: <<http://br.china-embassy.org/por/szxw/t907602.htm>>. Acesso 01/11/17.

**Subsidência lenta por
exploração de aquíferos
subterrâneos – China**



<http://www.ecns.cn/2012/02-22/8773.shtml>

Mapa de subsidência de Pequim (mm/ano).



Fonte: <<http://www.dailymail.co.uk>> . Acesso em 01/12/17. Créditos: Mi Chen et al. Imaging Land Subsidence Induced by Groundwater Extraction in Beijing (China) Using Satellite Radar Interferometry. 2016.

Trabalhos atuais - CPRM.

Maceió - Al



Trabalhos atuais - CPRM.

Ilha de Mandaratiba - BA





João Luiz Matta de Souza

Geólogo - Pesquisador em Geociências
Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

Superintendência de Salvador
Avenida Ulisses Guimarães, 2862 - CAB
Salvador - BA - Cep: 41.213-000
Tel.: 71 2101-7373

E-mail: joao.souza@cprm.gov.br
www.cprm.gov.br