

BREVE PANORAMA SOBRE GEOTECNIA AMBIENTAL

MIRIAM GONÇALVES MIGUEL¹
JOSÉ PAULO PECCININI PINESE²

RESUMO: A Geotecnia Ambiental é uma especialidade da subárea de Geotecnia, situada na área da Engenharia Civil. Esta especialidade contém todos os diferentes ramos das Mecânicas dos Solos e das Rochas; considerada uma ferramenta adaptada para investigar, entender e evitar problemas geotécnicos. Este trabalho expõe as aplicações da Geotecnia Ambiental e seu caráter interdisciplinar por meio de um breve panorama de sua atuação como uma importante e indispensável ciência para o equilíbrio ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnia, Geotecnia Ambiental, Meio Ambiente, Engenharia Civil

ABSTRACT: Environmental Geotechnics is a branch of Geotechnics. It involves all of know-how of Soils and Rocks Mechanics to investigate, to understand and to avoid geotechnics problems. This paper shows the applications of environmental geotechnics and its interdisciplinary character through a brief view of its actuation like an important and an indispensable science to environmental balance.

KEY WORDS: Geotechnics, Geotechnics environmental, environmental, Civil Engineering

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico, desde meados do século XX, tem dado oportunidades à Engenharia Civil para modificar, de diversas maneiras, o meio ambiente em decorrência das necessidades humanas. O meio ambiente é composto pelos meios físico, biológico, socioeconômico e cultural, os quais se interagem de maneira dinâmica, ou seja, a alteração em um dos meios provoca a alteração nos demais.

Desta maneira, as atividades da Engenharia Civil situa-se na interface entre o meio natural e o meio social. Os processos tecnológicos provenientes destas atividades, como construção de barragens, estradas de rodagem, aeroportos, canais e retificação de cursos d'água, dutovias, unidades industriais, dentre outros, acarretam alterações nos meios físico, biológico, socioeconômico e também cultural.

As alterações no meio físico são principalmente as erosões, os fluxos de massa, as inundações, as deposições de sedimentos ou partículas, os processos pedogênicos, dentre outros. (FORNASARI FILHO *et. al.*, 1992). Essas alterações, na maioria das vezes, acarretam danos ambientais, necessitando de medidas de recuperações nem sempre reversíveis.

Os resultados das atividades da Engenharia Civil devem estar, sempre que possível, em equilíbrio com a natureza e o caminho para esse equilíbrio é a Geotecnia, definida como: prática e ciência que envolve todas as considerações referentes aos aspectos técnicos dos materiais geológicos, ao meio ambiente geológico natural e não natural e aos processos naturais (GRESCHIK & GALOS, 1988).

O conhecimento sobre a natureza e a sua interação com a atividade social atualmente é bastante difundido, tornando cada vez mais detalhado, abstrato, sofisticado e científico. Esse fato dá possibilidades à Engenharia Civil para obedecer às regras da natureza, mesmo alterando-as em benefício social, quando através desse conhecimento atualizado e preciso consegue atingir o equilíbrio.

¹ mgmiguel@fec.unicamp.br

² Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Geociências. Pinese@uel.br

2. GEOTECNIA AMBIENTAL

A Geotecnia é uma subárea da Engenharia Civil “que se ocupa da caracterização e do comportamento dos materiais e terrenos da crosta terrestre para fins de engenharia” (Santos, 2002). Os assuntos tratados pela Geotecnia são referentes às ciências Mecânica dos Solos, Mecânica das Rochas, Geologia de Engenharia e outras disciplinas afins e suas aplicações às obras de engenharia civil, à indústria extrativa e à preservação e melhoramento do ambiente.

O solo provém da desintegração e decomposição das rochas devido à ação do intemperismo físico e químico, que o caracteriza como um material bastante heterogêneo e com propriedades bastante complexas. Por isso, para a solução dos problemas de Engenharia Civil, que envolvem o solo, é necessário o conhecimento de suas propriedades físicas, mecânicas, hidráulicas, obtido através de ensaios e técnicas especiais, pois não existe modelo matemático que expresse, de forma satisfatória, o seu comportamento.

As teorias que explicam o comportamento do solo são elaboradas em bases físicas, modelos reológicos e observações de campo, tendo algumas cunho determinístico e outras, probabilístico.

O engenheiro deve ter noção dos limites dessas teorias utilizadas, consultando, sempre que possível, soluções dadas a problemas análogos e adaptá-las ao problema proposto. As reais propriedades dos solos e os dados exigidos para os cálculos de dimensionamento são fornecidos por ensaios de campo e de laboratório.

A Mecânica dos Solos orienta-se na busca de limites da capacidade estrutural dos materiais naturais da superfície terrestre, utilizando para isso os termos resistência ao cisalhamento, percolação de água nos solos, análise de empuxos de solos por meio dos estados passivo e ativo de Coulomb, compressibilidade, compactação dos solos e outros.

A Mecânica das Rochas desenvolveu-se quase que simultaneamente, investigando os materiais naturais mais rígidos, como as rochas, seus comportamentos físico e mecânico, seus processos geológicos físico-químicos e a aplicação desses estudos para o campo da engenharia.

Os princípios da Geomecânica são aplicados tanto nos materiais naturais como nos produzidos em aterros e em disposição de rejeitos. Nestes últimos materiais, o comportamento mecânico tem sido estudado como um processo de instabilidade física e química dentro do material. Neste caso, processos de transporte de vários agentes químicos e biológicos, como a difusão e a convecção, têm tomado a prioridade de estudo.

Desta maneira, a Geotecnia mantém uma relação direta com o meio ambiente. Em função de seu contato com os materiais naturais (solos, rochas, relevo, água e outros), ela tem uma grande preocupação com o equilíbrio entre o progresso e a preservação, no que se refere à busca da sustentabilidade do meio ambiente.

Portanto, a Geotecnia Ambiental é uma ferramenta que contém todos os diferentes ramos das Mecânicas dos Solos e das Rochas, adaptada para investigar, entender e evitar problemas geotécnicos que poderiam se concretizar, e atividades geotécnicas que poderiam posteriormente desenvolver outros problemas. Uma ferramenta, enfim, direcionada para minimizar a entropia de um dado processo através do conhecimento geotécnico e para ser utilizada juntamente com outras ferramentas similares (SEMBENELLI & UESHITA, 1992).

Neste sentido, “o conceito de Geotecnia Ambiental está relacionado com o estudo das propriedades dos solos, das rochas e dos fluidos circulantes que contêm e transportam os contaminantes através dos maciços” (ROCHO, 2000).

Na busca de soluções aos problemas de contaminação, deve-se, primeiramente, efetuar a análise de risco da contaminação com base na avaliação dos mecanismos de transporte e depuração dos contaminantes, obtida por meio de investigação das propriedades dos maciços e do sentido do fluxo da água subterrânea. Após esta análise, pode-se selecionar e dimensionar a solução de descontaminação ou de confinamento mais apropriado.

Rocho (2000) sintetiza a Geotecnia Ambiental como nada mais "do que uma organização e especialização do conhecimento da Geotecnia clássica, aplicado a problemas e obras relacionadas com a eliminação, fuga ou armazenamento de resíduos poluentes".

A Geotecnia Ambiental vem para prognosticar, identificar e analisar os problemas secundários de uma dada intervenção tecnológica, buscando entender as causas para controlá-las ou combatê-las e não só propor uma solução para o problema. Assim, a Geotecnia ambiental contribui para a identificação de possíveis efeitos induzidos pelo projeto em áreas nas quais normalmente não seriam consideradas no mesmo.

3. CAMPOS DE APLICAÇÃO

Sembenelli & Ueshita (1992) propõem a seguinte subdivisão no campo de aplicações da Geotecnia Ambiental:

- a) Alterações nas propriedades físico-químicas de materiais e reuso de resíduos;
- b) Remoção de sólidos da superfície;
- c) Remoção de sólidos do subsolo;
- d) Acumulação de sólidos na superfície;
- e) Extração de fluídos do subsolo;
- f) Acumulação de fluídos na superfície;
- g) Depósitos no subsolo;
- h) Urbanização

Essa subdivisão foi definida em duas categorias:

- 1) Estudos e atividades que pretendem minimizar impactos negativos referentes aos trabalhos de Geotecnia.
- 2) Estudos e atividades pretendentes a inverter uma situação existente não favorável, ou o produto de atividades não geotécnicas, para uma situação melhor, envolvendo os conhecimentos da Geotecnia.

a) Alterações nas propriedades físico-químicas de materiais e reuso de resíduos

A produção de resíduos e a exposição do solo superficial acarretam impacto negativo no ambiente, como a poluição, a degradação superficial e a perda de solo, a contaminação do nível d'água, a alteração no potencial agrícola do solo, dentre outros. As principais metas da Geotecnia Ambiental para esses casos são a reutilização dos materiais residuais, a redução dos impactos dos resíduos e o controle da poluição.

Como atividades para proteção do meio ambiente, podem ser citadas: a estabilização mecânica ou química, a neutralização dos resíduos nocivos, a produção de novos materiais dos resíduos e o tratamento com microrganismos e bactérias.

Grande parte dos resíduos naturais ou geológicos gerados, por exemplo, aqueles provenientes das atividades de escavações, de construção civil, de demolições e implosões, de indústrias, são utilizados em aterros no espaço urbano, de modo a funcionarem como infra-estruturas de edificações.

A obtenção das propriedades físico-químicas dos solos, através de ensaios de caracterização, de compactação, de permeabilidade, de adensamento e de resistência, permite a elaboração de projetos de Geotecnia com a finalidade de controlar a deterioração do solo pelas erosões (destacamentos, cortes, chuvas ácidas).

No caso de voçorocas, o fluxo de água na região erodida pode ser contido por sistemas de drenagem superficiais, e a força de percolação da água da chuva nos taludes da voçoroca

pode ser diminuída através da suavização dos taludes e a construção de patamares horizontais com pequenos canais para drenagem. No fundo da voçoroca, os processos de erosão interna, provocados pela infiltração da água, podem ser combatidos pela execução de drenos com filtros de materiais granulares ou geossintéticos.

b) Remoção de sólidos da superfície

As escavações provenientes das atividades de mineração, de construção de estradas e de loteamentos urbanos, dentre outras, acarretam remoção do solo superficial, o que provoca erosão, poluição visual (alteração da paisagem), alterações no fluxo do nível d'água e recalques.

A Geotecnia Ambiental pode contribuir para previsão e redução dos impactos na paisagem e para o controle dos recalques. No que tange às atividades de proteção ao meio ambiente, ela pode ser aplicada em projetos de estabilidade/escorregamentos, de estruturas de retenção e de reconstrução da cobertura vegetal.

A erodibilidade é um fenômeno onde estão envolvidos diversos fatores de maneira interdependentes, dificultando sua quantificação. Esse fenômeno depende de certas características dos solos, como a granulometria, a estrutura e textura, a permeabilidade e infiltração e a coesão; e de propriedades *in situ*, como a umidade e as condições de infiltração de água.

c) Remoção de sólidos do subsolo

Como ações significantes que acarretam a remoção de sólidos do subsolo têm-se a mineração, a escavação de túneis e as aberturas de cavernas artificiais. Essas ações causam os seguintes impactos negativos: deslocamentos de maciços de solos e rochas e alterações no fluxo da água subterrânea.

Os enfoques mais importantes dados pela Geotecnia ambiental são a previsão dos impactos, determinação dos deslocamentos, limites e controle dos recalques. No intuito de proteger o meio ambiente, busca novas tecnologias para suportar as escavações e proteger o lençol freático.

As atividades de mineração geram vários impactos ambientais, como erosão dos solos, poluição atmosférica, carreamento de resíduos, contaminação das águas superficiais e subterrâneas e disposição de estéréis e rejeitos.

Os projetos de disposição final dos rejeitos de mineração em pilhas ou barragens de contenção necessitam da determinação de certas características tecnológicas, como as suas propriedades de compressibilidade e de adensamento em reservatórios, de permeabilidade em meios saturados e não saturados, além da avaliação do potencial de liquefação dos rejeitos sob carregamentos estáticos.

Com as recentes rupturas de estruturas de contenção de rejeitos, novas metodologias de ensaios de campo e de laboratório têm sido utilizadas para estabelecer as propriedades geotécnicas dos rejeitos de mineração de maneira mais precisa e criteriosa, de modo a avaliar o potencial de utilização desses materiais de rejeito como materiais de fundação ou em aterros de barragens, isoladamente ou conjugados a outros materiais.

Essas novas metodologias se referem à utilização de sondagens piezométricas em lagos de rejeitos com a finalidade de obtenção das características de compressibilidade e de adensamento dos rejeitos finos, e à utilização do minícone ou de ensaios de permeabilidade *in situ* em depósitos ou pilhas de rejeitos com a finalidade de obter a distribuição de densidades em praias de rejeitos.

d) Acumulação de sólidos na superfície

As ações mais significativas no processo de acumulação de sólidos na superfície são as construções de aterros sanitários e de barragens, empilhamento de rejeitos de mineração, depósitos de material de dragagem e riscos por resíduos químicos. Essas ações acarretam instabilidade e rupturas, poluição das superfícies e do lençol freático, poluição do ar por pó e gases, contaminação radioativa e alteração da paisagem.

Como alvos principais no combate a essas ações, a Geotecnia Ambiental teria como atividades a previsão dos impactos, os controles das poluições do ar e da água subterrânea, o estudo de viabilidade de áreas urbanas para uso industrial, a restauração do solo para fins agrícolas e florestais e a melhoria na estética paisagística.

Os projetos de barragens para controle de drenagem e de estabilização de resíduos e o cultivo de vegetação nos depósitos são procedimentos da Geotecnia Ambiental que objetivam a proteção do meio ambiente.

Quanto ao problema ambiental causado pela dragagem, este engloba o próprio processo de dragagem e o processo de deposição do material, especialmente, em condições submersas. O uso adequado de disposição de rejeito de dragagem deve ser analisado de modo a manter o equilíbrio ambiental com o mais baixo custo dos serviços de dragagem.

Atualmente, o material de dragagem tem sido considerado um recurso natural. Dependendo de sua composição e propriedades de comportamento (deformabilidade e resistência) pode apresentar diversos usos, como aterro, material de construção (confeção de tijolos), base e cobertura de áreas como lixões e agricultura (fertilidade de solos arenosos).

e) Extração de fluidos do subsolo

Neste processo encontram-se as ações: bombeamento de água, extração de petróleo, de gás e de vapor geotérmico, extração de sal (salinas) e gaseificação do carvão no local. Estas ações são causas de recalques, fissuras, movimentos horizontais, alterações no fluxo da água subterrânea, intrusão de sal na água, oxidação de solos orgânicos e indução sísmica.

A Geotecnia Ambiental teria como metas a previsão dos impactos, o controle dos recalques e a proteção do lençol freático e como atividades de proteção ao meio ambiente análise e estimativas de recalques e recarga de aquíferos.

f) Acumulação de fluidos na superfície

A construção de reservatórios artificiais é a ação mais significativa deste processo, cujos impactos são a erosão à jusante, a alteração do nível d'água, a instabilidade de taludes. As atividades de proteção ao meio estariam respaldadas na pré-construção e na instrumentação de pilotos, na análise das condições dos taludes e na orientação aos estudos de erosão.

g) Depósitos no subsolo

Neste processo, as ações principais são: recarga, armazenamento de água, armazenamento de energia térmica, disposição de resíduos e *grouting*. Como exemplos de impactos causados por essas ações seriam a poluição da água subterrânea, a indução sísmica, a redução de resistência e a contaminação radioativa.

Com o objetivo de combater esses impactos, a Geotecnia Ambiental se direcionaria para as proteções contra a contaminação da água subterrânea e da vegetação e para a minimização das induções sísmicas.

h) Urbanização

Nas cidades, é bastante comum ocorrer sobrecarga de formações geológicas frágeis, aumento do teor de umidade de formações coesivas, alteração no nível d'água e poluição do subsolo por bactérias. Os impactos negativos causados são alívio de tensões estrutural e instabilidades, mudanças no lençol freático e poluição da água subterrânea.

As metas da Geotecnia Ambiental para a minimização dessas ações no espaço urbano seriam a previsão dos impactos e a segurança à estabilidade ao longo prazo. A participação nas atividades de planejamento das cidades e a formulação de códigos de construção, de uso da água e de disposição de resíduos industriais seriam os procedimentos utilizados para a proteção ambiental.

O volume e a complexidade das obras de terraplanagem (cortes e aterros), nos processos de implantação de projetos urbanísticos em áreas com declividade acentuada, são muito grandes, fazendo com que as conseqüências de um projeto mal concebido se reflitam na intensificação dos processos de escorregamento, na erosão pela água, na deposição de sedimentos e inundação.

A implantação de loteamentos requer movimentação de solo e rocha que compreende escavações no geral, abertura de cortes, execução de aterros e remoção e transporte de materiais para a abertura do sistema viário, delimitação das quadras e lotes, construção das edificações, obtenção de material de empréstimo (solo e rocha) a ser utilizado nos aterros e no tratamento do leito, disposição do material excedente na terraplanagem em bota-foras, implantação de drenagem de superfície e das redes de infra-estrutura associadas à energia, abastecimento de água, comunicação e saneamento básico, quais sejam, redes elétricas, de gás encanado, de água, telefone e esgoto.

A movimentação do solo e rocha pode acarretar na deposição de sedimentos ou partículas. O processo deposição de sedimentos ou partículas em corpos d'água está condicionado, em grande parte, à quantidade de materiais de aporte liberados através do processo de erosão pela água e, se for o caso, à vazão de cursos fluviais. A intensificação do processo de deposição provoca assoreamento de corpos d'água.

O assoreamento deve ser considerado em um quadro de desequilíbrio ambiental dos caracteres:

Geomorfológico, porque faz parte do conjunto de processos de modelagem do relevo;

Pedológico, porque responde à erosão e ao assoreamento que acompanha importantes transformações físicas e químicas dos solos;

Hidrológico; porque todos os processos respondem a alterações significativas do comportamento hídrico dos terrenos, especialmente a relação entre as taxas de escoamento superficial e de infiltração;

Portanto, o assoreamento pode ser designado como degradação dos recursos naturais (solos e águas), provocada por formas inadequadas de uso do solo urbano ou rural.

Quanto ao entulho gerado pela indústria da construção civil, estudos recentes têm demonstrado que pode ser empregado na pavimentação urbana, como camadas de reforço de subleito e de sub-base de pavimentos.

4. TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS DE USO DA GEOTECNIA AMBIENTAL

4.1. Equipamentos de investigação geotécnica

a) Utilização de ensaios de penetração estática do cone

As contaminações do subsolo e, conseqüentemente, do lençol freático têm sido uma das preocupações ambientais atualmente mais relevantes. A escolha de áreas para a disposição de resíduos tem exigido da Geotecnia o desenvolvimento de novas técnicas, mais precisas e confiáveis para a investigação, caracterização e monitoramento do subsolo, com ênfase na obtenção de parâmetros químicos e geoquímicos, não muito usual em sondagens geotécnicas tradicionais.

A viabilidade de utilização da sondagem por meio da cravação do piezocone de resistividade, já aprovada nos solos de climas temperados dos países da Europa e da América do Norte, tem sido pesquisada em solos tropicais brasileiros, com a finalidade de aprimorar a obtenção de parâmetros que relatam a presença de contaminantes no solo.

A sondagem por meio da cravação do piezocone (**Cone Penetration Test**) com medida de poro-pressões (CPTU), ilustrada na figura 1, permite identificar a estratigrafia no subsolo através da interpretação dos parâmetros de resistência de ponta, de atrito lateral e de poro-pressão, obtidos na cravação a velocidade constante de 20 mm/s. Durante a execução da sondagem, um sistema de aquisição de dados permite a visualização e o armazenamento das informações por um computador portátil.

Quando um módulo de resistividade é instalado atrás deste piezocone, pode-se aplicar ao solo um fluxo de corrente elétrica e medir, continuamente, a resistência do solo a essa corrente aplicada, constituindo-se no ensaio de penetração do piezocone de resistividade (RCPTU). Sendo a resistividade sensível a contaminantes orgânicos de baixa solubilidade, este procedimento permite detectar a presença de certas substâncias, além de apontar se a concentração dessas substâncias se encontra acima dos valores ambientais de referência (BOLINELLI JUNIOR *et. al.*, 2002).

O nível potenciométrico e as direções de fluxo da água em profundidade podem ser determinados através da execução da sondagem CPTU com dissipação de poro-pressão. Nesta sondagem, podem ser avaliados o parâmetro de adensamento (C_v) e o coeficiente de permeabilidade (k) na direção horizontal, segundo De Mio & Giacheti (2002).

A coleta de amostras de solo, utilizadas em análises físico-químicas em laboratório, pode ser facilmente obtida através de um amostrador, constituído por tubos plásticos de parede fina, cravado através do equipamento do piezocone. As amostras são de tamanho adequado, não produzem resíduos e portanto é baixo o grau de exposição dos operadores a materiais contaminados.

Como a maioria dos contaminantes se concentra na água, a amostragem da mesma é necessária para o monitoramento de águas subterrâneas, possíveis de ser incorporado ao piezocone.

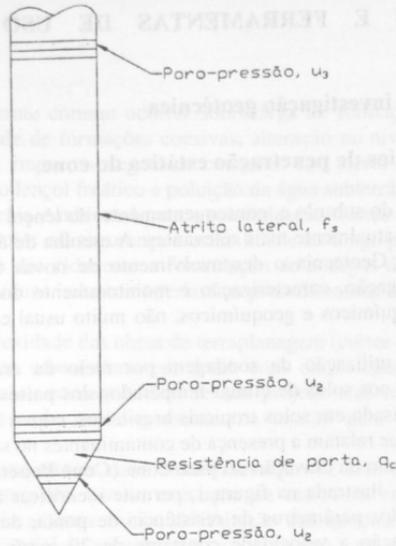


Figura 1. Piezocone (CPTU)

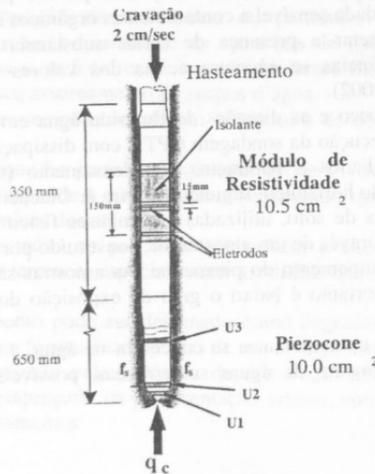


Figura 2. Piezocone de resistividade – RCPTU (apud Davies & Campanella, 1995)

Apesar dessas tecnologias estarem sendo aplicadas nos países mais desenvolvidos, a adequação dessa tecnologia para investigação do subsolo proveniente de climas tropicais deve ser desenvolvida.

b) Utilização de ensaios geofísicos

Os ensaios geofísicos têm se tornado uma eficiente ferramenta para identificar a presença da contaminação subterrânea e para caracterizar a Geologia e Hidrogeologia das áreas estudadas. Entre os principais ensaios geofísicos, podem ser citados o Geo-radar (GPR), a Eletroresistividade e a Tomografia Elétrica como os mais utilizados pela Geotecnia Ambiental, por exemplo, na avaliação da influência dos mecanismos subsuperficiais (fluxo hídrico subterrâneo) em áreas erodidas por voçorocas e no estudo de dinâmica de encostas.

O ensaio Geo-radar tem sido aplicado na investigação geológico-geotécnica; já o ensaio da eletroresistividade na caracterização dos fluxos hídricos subterrâneos e de maciços rochosos fraturados, sobretudo na propedecção de águas subterrâneas.

O ensaio da resistividade elétrica consiste na indução de corrente elétrica no solo por meio de um circuito composto por um eletrodo de emissão e outro de captação. Na área de atuação do campo criado por esses eletrodos, são posicionados outros dois (eletrodos de potencial), cuja diferença de potencial gerada é medida e transformada, através da Lei de Ohm em resistividade dos materiais à corrente elétrica em subsuperfícies.

O Geo-radar é um método geofísico, com base na emissão de ondas eletromagnéticas. A propriedade que controla a propagação das ondas eletromagnéticas de um meio é a constante dielétrica relativa. Quanto maior o contraste de impedância dielétrica entre os materiais do meio, maior o sinal refletido. Quanto maior a frequência central da onda emitida, menor será a penetração do sinal e maior a resolução vertical.

A Tomografia Elétrica permite medir as alterações no potencial elétrico induzido ao longo de uma seção de eletrodos dispostos no terreno, construindo uma imagem elétrica contínua do subsolo, com extrema precisão e detalhamento de feições geológicas, de plumas de contaminação e dos meios contaminados.

As técnicas de GPR e Tomografia Elétrica possibilitam o diagnóstico geológico bem como a identificação de superfícies de movimentação em profundidade delimitando áreas críticas com possível desenvolvimento de fluxos de massa.

4.2 – Utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG)

O geoprocessamento é um sistema de organização de informação cartográfica com técnicas voltadas à coleta e tratamento de informações do espaço físico (geográficas), que reúne em uma única base de dados informações sobre o espaço físico provenientes de dados cartográficos e cadastrais, imagens de satélites e de fotos aéreas, entre outras formas. Utilizando seus mecanismos computacionais para unir e combinar essas informações pode gerar mapas, cartas ou plantas.

Um mapa geotécnico pode ser definido como um tipo de mapa geológico que fornece uma representação geral de todos os componentes de um ambiente geológico, sendo fundamental para o planejamento do uso do solo e também para os projetos, construções e manutenções, quando aplicados à engenharia civil e de minas.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG), aliado a levantamentos e técnicas, vem auxiliar no diagnóstico e prognóstico de impactos ambientais, como ferramenta na percepção dos processos de mudanças nos meios físico, biológico, socioeconômico e cultural.

Desta maneira, o SIG é uma importante técnica para a concretização dos objetivos da Geotecnia Ambiental, no que se refere à obtenção de áreas já degradadas e de dados para análise de previsão de impactos devidos à ação tecnológica.

4.3 – Utilização de Geossintéticos em Geotecnia Ambiental

Os geossintéticos, materiais sintéticos provenientes da indústria petroquímica, têm sido utilizados com muita frequência em obras de proteção aos solos e aos recursos hídricos contra contaminação por resíduos sólidos, principalmente como barreiras em sistemas de impermeabilização, em função dos aspectos ambientais, dos requisitos de qualidade, de segurança e de redução de custos em obras de engenharia atuais.

Os geossintéticos mais comuns são os geotêxteis, georredes, as geomembranas, geogrelhas e geocompostos. Dentre esses, somente as geogrelhas não são comumente utilizadas em obras de proteção ao meio ambiente.

Uma das maiores preocupações quanto à utilização dos geossintéticos, porém, é com relação ao seu funcionamento, aos danos e à sua deterioração no período de vida útil da obra. Eles devem apresentar estanqueidade, durabilidade, resistência química e mecânica, além de resistência a intempéries.

As geomembranas são muito utilizadas como barreiras para evitar a contaminação do solo por poluentes existentes em resíduos (Figura 3); às vezes, podem atuar conjuntamente com geotêxteis que as protegem contra danos mecânicos, além de atuarem como filtros.

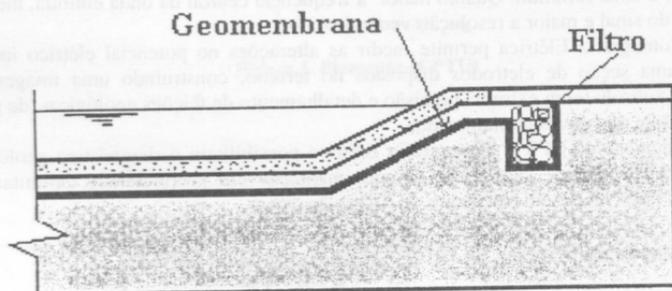


Figura 3. Uso da geomembrana como impermeabilizante

Os geocompostos, combinações de mais de um produto geossintético, também podem ser utilizados como barreiras ou em sistemas dreno-filtrantes, já as georredes atuam como elementos drenantes.

5. CONCLUSÃO

A Geotecnia Ambiental, envolvendo conhecimentos das Mecânicas dos Solos e das Rochas e da Geologia de Engenharia, é uma importante e indispensável ferramenta para a busca do equilíbrio ambiental. Seu campo de aplicação é vasto atendendo aos estudos de: alterações nas propriedades físico-químicas de materiais e reuso de resíduos, remoção de sólidos da superfície, remoção de sólidos do subsolo, acumulação de sólidos na superfície, extração de fluídos do subsolo, acumulação de fluídos na superfície, depósitos no subsolo e urbanização.

As tecnologias e ferramentas mais atuais, que têm auxiliado a Geotecnia ambiental a desempenhar seu papel de sustentabilidade do meio ambiente, são aquelas referentes às investigações geotécnicas, como os ensaios de penetração estática dos cones (CPTU e RCPTU)

e os ensaios geofísicos, além do sistema de informação geográfica (SIG) e da aplicação de geossintéticos em obras geotécnicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLINELLI JUNIOR, H. L.; PEIXOTO, A. S. P.; GIACHETI, H. L.; ELIS, V. R.; HAMADA, J. DE MIO, G. e CAVAGUTI N. 2002. Piezocone e Resistividade: Primeiros Resultados de sua Aplicação para Investigação Geoambiental de um Aterro Sanitário. *In: 10º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental*. Ouro Preto/MG. CDRom.
- DAVIES, M. P. E CAMPANELLA, R. G. 1995. Piezocone Technology: downhole Geophysics for the Geoenvironmental Characterization of Soil. *Proceedings of SAGEEP 95*, Florida.
- DE MIO, G. & GIACHETI, H. L. 2002. O Uso Combinado de sondagens CPTU, DPSH e Coleta de Amostras Utilizando um Penetrômetro Automático Multifunção. *In: 10º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental*. Ouro Preto/MG. CDRom.
- FORNASARI FILHO, N. F; BRAGA, T. de O; GALVES, M. L.; BITAR, O. Y. e AMARANTE, A. 1992. Alterações no Meio Físico Decorrentes de Obras de Engenharia. São Paulo, Instituto de Pesquisa Tecnológica. (Publicação IPT; 1972).
- FRANCO, M. de A. R. 2000. Planejamento ambiental para a Cidade sustentável. São Paulo: FAPESP
- ROCHO, J. M. C. 2000. Contribuição da Geotecnia na Avaliação e Descontaminação de Solos e Aquíferos. VII Congresso Nacional de Geotecnia. Sociedade Portuguesa de Geotecnia. Universidade do Porto, Portugal, p.1215-1227.
- SANTOS, A. R. dos. Geologia de Engenharia: conceitos, método e prática. 2002. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental.
- SEMBENENELLI, P. & UESHITA, K. 1982. Environmental Geotechnics – State-of-the-Art Report. *Proceedings of the Tenth International Conference on soil Mechanics and Foundation Engineering*. V. a. A. A. Balkema. Rotterdam Boston, International. P. 335-394.
- GRESCHNIK, G. & GÁLOS, M. 1998. Environmental Geotechnics – An Overview. *Environmental Geology*. V. 35, n. 1, jul, p. 28-36.