

# **Tecnologia de Baixo Custo Para Caracterização de Áreas Destinadas à Disposição de Resíduo Sólido Urbano em Pequenos Municípios.**

**José Augusto de Lollo; Dib Gebara**

**Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP**

**Alameda Bahia, 550 - Ilha Solteira-SP - 15.385-000**

**[lolloja@dec.feis.unesp.br](mailto:lolloja@dec.feis.unesp.br) / [dib@dec.feis.unesp.br](mailto:dib@dec.feis.unesp.br)**

---

## **RESUMO**

As exigências de ordem técnica, social e legal relacionadas à seleção de locais apropriados à disposição de resíduo sólido urbano tem tornado a seleção destas áreas extremamente difícil especialmente em pequenos municípios brasileiros, uma vez que tais localidades não dispõem dos recursos apropriados para o bom desenvolvimento desta atividade. Apesar da existência da legislação e material informativo com recomendações técnicas sobre o assunto as prefeituras brasileiras, especialmente em pequenos municípios, não possuem os recursos técnicos, financeiros e de pessoal necessários para executar este trabalho. Em função destas dificuldades é comum que a administração urbana defina locais para disposição de resíduos sólidos sem qualquer critério técnico criando condições de sérios riscos ambientais. Em situações como esta, os técnicos chamados a analisar as propostas de ocupação destas áreas têm a necessidade de definir, sem as informações técnicas necessárias, critérios de uso e soluções tecnológicas para ocupação destas áreas. O presente artigo descreve as características deste problema e sugere uma metodologia de avaliação de áreas destinadas a esta finalidade, acompanhada do estudo de caso de dois municípios. A proposta envolve avaliação das condições do subsolo através de técnicas simples e baratas de investigação para que se obtenha o conjunto de informações necessárias. Os dois estudos de caso apresentados mostram que a técnica proposta é viável e provê os interessados de estudos que permitem a adoção de métodos construtivos e técnicas de disposição dos resíduos.

**Palavras chave:** Resíduo Sólido Urbano, Aterro Sanitário, Disposição de Lixo, Lixo

---

## ABSTRACT

The technical, social and legal exigencies related with the selection of sites for urban waste solid disposal are very difficult, mainly for little towns administration in Brazil, due to the absence of financial and technical resources. Despite of the good legislation and technical recommendations existing in Brazil the prefectures don't have the technical resources and enough people to do this work. These difficulties made urban administration selected sites without minimal technical considerations producing serious environmental risks. In this reality, technicians called to analyze these occupation proposal have some problems to define, land use criterion and technical solutions for this solid waste disposal works, without enough information. This paper describes how this problem occurs in two little towns in São Paulo State – Brazil, the technical solutions adopted for these land use situations, and the methodological proposal for these kind of studies. The proposal involves ground evaluation based on simple and low cost investigation techniques to provide the minimal information set for land evaluation. The two examples showed that the proposed technique is practicable and furnish the necessary information for correct construction techniques and dispose methods in these situations.

**KeyWords:** Solid Urban Waste, Sanitary Landfill, Solid Waste Dispose, Garbage.

---

## INTRODUÇÃO

Os últimos anos têm mostrado uma grande proliferação de projetos e obras destinadas a locais para disposição de resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros, fruto não só da conscientização das populações e de seus governantes sobre os impactos decorrentes de procedimentos incorretos de disposição destes resíduos, mas também de leis mais rigorosas e de ações fiscalizadoras mais intensas sobre o assunto.

Dentre os projetos e obras que têm sido adotados para esta finalidade os aterros sanitários são, sem dúvida, a maioria, razão pela qual os mesmos têm se tornado objeto, cada vez mais, de estudos, análises de processos de monitoramento.

A ausência, por parte da municipalidade, de um corpo técnico devidamente preparado para elaborar projetos desta natureza ou mesmo para avaliar projetos elaborados por empresas contratadas para esta finalidade tem sido a maior dificuldade encontrada para a correta adequação destes projetos em pequenos municípios.

Isto tem provocado inúmeros equívocos tais como: (1) elaboração de

projetos sem as necessárias investigações, (2) seleção de áreas sem prévia investigação de suas condições para a finalidade de implantação de aterros sanitários, levando em conta, na maioria dos casos, apenas aspectos de custo, o que leva a pior de todas as situações, a entrada em funcionamento de áreas que não reúnem condições mínimas para tal uso.

Esta falta de conhecimento muitas vezes se estende aos aspectos da legislação que disciplina este tipo de ocupação, legislação esta que abrange não só o projeto em si como critérios técnicos de operação do aterro.

No que diz respeito aos aspectos sociais e econômicos é comum que a municipalidade, bem como a população em geral, só atente para sua importância quando diretamente afetados pelos efeitos nocivos de um gerenciamento inadequado do lixo.

Ainda é incipiente na população brasileira o conhecimento da importância econômica do correto manejo do lixo, não sendo significativos ainda programas de coleta seletiva e reciclagem, proporcionando grandes volumes passíveis de disposição final.

Com relação ao aspecto técnico é fundamental que sejam consideradas as condições exigidas para as áreas destinadas a tal finalidade, as medidas de proteção ambiental previstas, condições construtivas e condições de operação.

Portanto a melhor adequação de um projeto de aterro sanitário envolve um conjunto de informações raramente disponível e cujo levantamento exige um conhecimento das características a serem tratadas nem sempre existente no corpo técnico de prefeituras.

Visando discutir melhor o assunto, abordando as variáveis envolvidas, e propondo procedimentos adequados de análise que facilitem a tomada de decisões, é apresentada a presente proposta.

Os trabalhos objetivaram a caracterização das condições naturais das áreas e serem aproveitadas para a implantação de aterros para a destinação final de resíduo sólido urbano. A proposta foi aplicada em duas áreas proporcionando bons resultados na caracterização das mesmas, com baixo custo.

## **FUNDAMENTOS LEGAIS**

Um dos aspectos fundamentais a se considerar quando se trata do assunto aterro sanitário diz respeito à legislação relacionada ao tema, a qual, se não é tão recente, pelo menos tem tido uma fiscalização eficaz principalmente a partir da década de 90. As principais matérias relacionadas ao assunto podem ser encontradas em CETESB (a),

CETESB (1982), e ABNT (1985). Esta legislação é ampla, alcançando as esferas federal, estadual e municipal.

Até o término da década de 70 as matérias sobre o assunto eram superficiais, atendo-se apenas a caracterizar o resíduo e responsabilizar órgãos de administração sobre os cuidados com o mesmo. Apenas na década de 80, com o surgimento de legislação específica sobre meio ambiente, é que o assunto passou a ter o destaque merecido.

Na legislação merecem destaque a preocupação com a elaboração de projetos de reciclagem / aproveitamento, a atribuição de fiscalização aos órgãos estaduais de meio ambiente, às disposições acerca de localização de incineradores, a proibição de lançamento de resíduos em cursos d'água, e exigências quanto ao acondicionamento de resíduos perigosos.

Com relação especificamente aos projetos de aterros sanitários, no entanto, a legislação é bastante abrangente, disciplinando não só o projeto em si como os critérios técnicos de operação do aterro.

Quanto às denominadas "condições gerais" a legislação é bastante clara e disciplina o projeto de forma a que o mesmo seja constituído de: (1) memorial descritivo (contendo informações cadastrais, informações sobre os resíduos, informações sobre o local, concepção e justificativa, descrição e especificação dos elementos, operação, e uso futuro da área); (2) memorial técnico (cálculo dos elementos, vida útil do aterro, sistemas de drenagem, sistema de tratamento, e cálculo de estabilidade dos materiais presentes); (3) estimativas de custo e cronograma; (4) apresentação de desenhos; e (5) eventuais anexos.

Com base no apresentado verifica-se facilmente a dificuldade enfrentada por corpo técnico de prefeituras municipais (principalmente em pequenos municípios) em tratar do assunto, até porquê muitas vezes estes técnicos desconhecem a legislação.

## **ASPECTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS**

Com relação a este aspecto é comum que a municipalidade, bem como a população em geral, só tenha em conta sua importância quando diretamente afetados pelos efeitos nocivos de um gerenciamento inadequado do lixo tais como acúmulo de lixo nas vias públicas ou em terrenos baldios, presença de odores decorrentes de disposição incorreta do lixo, e presença de insetos ou outros animais indesejáveis ou vetores de doenças.

Ainda é incipiente na população brasileira a importância econômica do correto tratamento do lixo, seja do ponto de vista da economia gerada para a

municipalidade e, conseqüentemente, para cada cidadão, seja do ponto de vista do aproveitamento econômico dos resíduos (através de operações de reciclagem, por exemplo).

Esta conjunção de fatores torna ainda mais difícil a condição geral de tratamento do assunto "lixo" junto às populações que não são capazes de entender a necessidade de aplicação de recurso muitas vezes vultosos no tratamento da questão. É claro que este problema normalmente se estende também à classe técnica e dirigente posto que elas são também parte desta população.

## **ASPECTOS TÉCNICOS**

Com relação aos aspectos técnicos apresenta-se a seguir o conjunto de informações julgadas de maior importância sobre o assunto, utilizando-se informações advindas de CETESB (b), CETESB (1982), ABNT (1985), e IPT (1995).

Tais exigências referem-se ao meio físico da área, e às medidas de proteção ambiental, condições construtivas, e condições operacionais aterros sanitários.

As medidas de proteção ambiental referem-se principalmente à proteção de meios fornecedores de água (nascentes e águas subterrâneas). Com relação à proteção de nascentes os mecanismos comuns são evitar áreas com presença das mesmas ou efetuar obras de drenagem visando sua proteção.

No caso da água subterrânea os procedimentos normalmente utilizados são a obediência a uma diferença de cota mínima entre a base do aterro e a zona saturada; a execução de barreiras de proteção na base do aterro; drenagem e tratamento do líquido percolado; desvio de águas pluviais; cobertura do lixo; e o isolamento da área.

Com relação à escolha da área, as preocupações recaem prioritariamente sobre o custo de desapropriação e presença de moradores próximos, com uma visão relacionada aos impactos negativos que a presença de um aterro podem criar para a qualidade ambiental (odores, fumaça, presença de animais, e possibilidade de concentração de vetores).

Aspectos como a legislação do parcelamento do uso do solo e critérios técnicos de construção e execução de aterros sanitários, como presença de material adequado ao recobrimento e condições de infiltração de líquidos no terreno, são normalmente desprezados, encarecendo o projeto final ou implantação do mesmo.

Os aspectos relacionados à escolha da área podem ser grosseiramente divididos em aspectos de "caráter geral" e "condições específicas" da área.

Os aspectos de "caráter geral" envolvem: zoneamento ambiental; zoneamento urbano; acessos; vizinhança; economia de transporte; titulação da área; economia operacional do aterro; infra-estrutura urbana; e condições hidrográficas da área.

As "condições específicas" englobam: características topográficas; geológico-geotécnicas (subsolo e possíveis materiais de recobrimento); condições climáticas; condições de uso da água e do solo; e adequação do projeto às condições naturais da área.

As condições de operação englobam: técnica de disposição (trincheira, rampa, e área); procedimentos de tratamento do chorume (anaeróbia, aeróbia, ou outro tipo de tratamento biológico); sistemática de recobrimento; projeto de tratamento dos gases; e projeto de recuperação e destinação da área após sua desativação.

As condições construtivas devem considerar: a proteção da base do aterro; obras de drenagem; filtros; análise de estabilidade de taludes de terra e resíduos; sistema de coleta do percolado; e encerramento do aterro.

## **SISTEMÁTICA PROPOSTA**

As peculiaridades existentes nas condições aqui tratadas (comunidades de pequeno porte sem os recursos financeiros e tecnológicos para a implantação de projetos de aterros sanitários) foram o requisito fundamental considerado para que se propusessem critérios mais simples quanto à área a ser utilizada e à solução tecnológica adotada.

O primeiro aspecto a ser analisado para seleção preliminar de áreas destinadas a implantação de aterro sanitário deve ser a distância do aterro a área urbana. No caso presente sugere-se a análise de vetores de crescimento da área urbana e que se dê preferência a áreas situadas em distâncias entre 6 e 7km, de forma a minimizar os efeitos negativos para a população sem, no entanto, encarecer o custo do transporte do resíduo, considerando que muitos municípios geralmente não possuem veículos coletores dotados de compactadores.

Outro aspecto fundamental a ser considerado é a facilidade de acesso às áreas e as condições de tráfego das mesmas durante todo o ano, para que não se tenha elevados custos adicionais com manutenção ou implantação de vias de acesso.

Mesmo se tratando (no caso de pequenos municípios) de áreas situadas na zona rural, deve-se evitar a escolha de áreas próximas a locais habitados ou de pastagem, reduzindo a possibilidade de contato de pessoas ou animais com os resíduos.

Quanto à questão de nascentes e mananciais pode-se considerar duas

situações distintas. Mesmo sabendo-se que existem tecnologias disponíveis para o aproveitamento de áreas que apresentem nascentes e áreas alagadiças, sugere-se que as mesmas sejam evitadas em função do custo de implantação destas soluções para um pequeno município, tendo como consequência a implantação inadequada de tais medidas e os danos ambientais associados.

Com relação à distância a cursos d'água preconizada pela legislação (distância mínima de 200m) sugere-se que áreas situadas a menores distâncias possam ser aproveitadas desde que apresentem condições topográficas e geológicas favoráveis as operações de tratamento do líquido percolado. Neste caso, áreas com distâncias mínimas de 50m poderiam ser facilmente aproveitadas desde que sejam devidamente justificadas.

Na avaliação do risco de contaminação da água subterrânea sugere-se, para investigações preliminares, um menor número de perfurações que aquele preconizado na legislação, desde que estas sondagens sejam corretamente distribuídas, de forma a possibilitar o conhecimento da profundidade da zona saturada, as camadas de solo presentes, e o solo a ser usado para recobrimento, reduzindo os custos de investigação na etapa de seleção de áreas.

O relevo também é fator fundamental podendo ser responsável pela elevação de custos (tanto no projeto como na implantação), podendo facilitar a percolação e aumentar os riscos de contaminação de corpos d'água.

Neste caso, sugere-se que a avaliação das áreas se dê através da produção e análise de cartas de declividade, dando-se preferência àquelas áreas nas quais predominem classes de declividade entre 5 e 10%. Este intervalo de declividade não só favorece os serviços de escavação como proporciona boas condições de estabilidade de taludes naturais além de retardar a infiltração de fluidos no terreno, tornando o processo de tratamento do percolado mais eficiente.

Para elaboração da carta foi adotado o método do gabarito de DE BIASE (1970) por se considerar que este método apesar de mais trabalhoso (a produção da carta é toda manual) é, segundo LOLLO (1992), o método que menores imprecisões proporciona.

Com relação às condições do perfil de alteração dos materiais inconsolidados presentes na área especial atenção deve ser dada às condições de infiltração (avaliadas segundo a permeabilidade dos solos ou de critérios indiretos tais como ábacos, quando este dado não está disponível ou é de difícil caracterização) e às características de uso destes materiais como material de recobrimento do aterro.

Em se tratando do substrato rochoso as condições de infiltração representam um fator restritivo, em função do risco de contaminação das águas subsuperficiais. Também neste caso a permeabilidade e as condições especiais de infiltração (meios

fraturados) devem ser os critérios fundamentais de análise.

A proposta apresentada é pouco restritiva, de forma a possibilitar ao corpo técnico de prefeituras de pequenos municípios as ferramentas básicas para a seleção preliminar de áreas sem, no entanto, perder de vista os critérios técnicos fundamentais para a elaboração de um projeto de aterro sanitário que atenda critérios ambientais e critérios técnicos. Proporciona ainda a vantagem de apresentar, ao futuro projetista, áreas sem grandes restrições à implantação de aterros sanitários, criando as condições básicas para a elaboração de projetos mais simples e de menor custo.

## **ESTUDO DE CASO 1 – ILHA SOLTEIRA**

### **Características Gerais**

Um aspecto fundamental a se destacar sobre a natureza dos estudos efetuados nas áreas estudadas foi o fato de ambas terem sido desapropriada pelo poder público sem análise de seus condicionantes, demonstrando claro desconhecimento da postura correta da análise, cabendo aos estudos posteriores responder se tais áreas eram aptas à finalidade.

A área desapropriada pela Prefeitura Municipal de Ilha Solteira situa-se na área rural do município na margem da SP 595 (km 40 + 521,6m) na coordenada 20°30'05"S e 51°23'15"W a uma distância de 8,3km da área urbana (LOLLO & GEBARA, 1999).

Para obter as informações fundamentais acerca da área foi contratada uma empresa para a realização de oito sondagens de simples reconhecimento. Além da perfuração tradicional foram efetuados ensaios de infiltração nestes furos com o objetivo de determinar a permeabilidade dos solos presentes na área. Também foram utilizados dados de um poço tubular perfurado na área (com 80m de profundidade).

Considerando-se que a área em questão insere-se num contexto de relevo suave ondulado (portanto sem extremos de alta declividade) as classes consideradas na elaboração da carta de declividades foram: <2%, 2-5%, 5-10%, e >10%. Os resultados obtidos mostram um forte predomínio das classes de declividade 2-5% e 5-10%, indicando uma área com condições razoáveis a boas para implantação de aterro sanitário.

### **Características do Meio Físico**

Nenhuma sondagem a percussão efetuada na área atingiu o substrato rochoso, o que indica espessuras razoáveis de materiais inconsolidados no perfil já que a sondagem a percussão mais profunda efetuada, atingiu o impenetrável à profundidade de

16,25m. Já no poço tubular perfurado na área o substrato rochoso, composto por basalto fraturado, foi atingido à 24m de profundidade. Na Figura 1 é apresentado o perfil do subsolo na sondagem a percussão SP5.

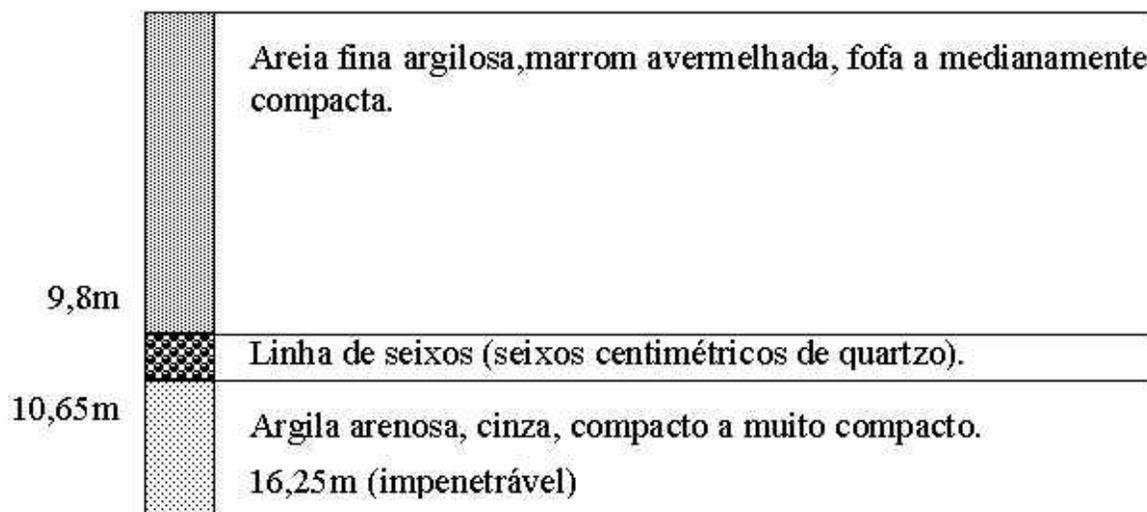


Figura 1 – perfil do subsolo na sondagem SP5 – área do aterro sanitário de Ilha Solteira.

Trabalhos de campo mostraram que o basalto fraturado aflora na região apenas em fundos de vale e que nas porções mais elevadas os solos que o recobrem apresentam espessura sempre superior a 10m, indicando que o substrato rochoso, na área estudada, situa-se sempre a profundidades superiores a 10m.

Os trabalhos de prospecção efetuados na área mostram um perfil de materiais inconsolidados dividido em três horizontes segundo sua textura e comportamento geotécnico. Estes horizontes (tomados da base para o topo do perfil) podem ser descritos como segue.

Imediatamente sobreposto ao substrato rochoso tem-se o solo residual de basalto com espessura sempre inferior a 7m. O solo apresenta textura argilo-arenosa e consistência sempre superior a 10 golpes.

Acima deste horizonte encontra-se a camada de sedimentos grosseiros, denominados cascalheiras, com espessuras variáveis porém não superiores, na área, a 1,5m. As frações granulométricas predominantes são grânulo e seixo e sua compactação é normalmente superior a 12 golpes, sendo muitas vezes impenetrável.

O horizonte mais superficial (sobreposto às cascalheiras) é francamente arenoso, bastante poroso e apresenta uma mineralogia bastante evoluída do ponto de vista dos processos intempéricos, constituindo-se naquilo que se convencionou denominar colúvio cenozóico, bastante comum em grande parte do interior do Estado de São Paulo. As espessuras deste horizonte costumam ser bastante variáveis (desde menos de 4m até

mais de 10m), a fração predominante é areia fina e seus valores de compactidade costumam ser bastante baixos (inferiores à 7m normalmente).

As características dos perfis supracitados indicam drenabilidade razoável nos dois horizontes mais superficiais, porém as espessuras relativamente grandes sugerem tempos de infiltração e fatores de retardamento que podem ser favoráveis ao tratamento do percolado.

O horizonte mais superficial (laterítico arenoso fino) mostra um solo com boas condições de utilização como material de recobrimento, já que se espera do mesmo uma boa resistência mecânica e baixa desagregabilidade quando compactado.

O nível d'água foi detectado a uma profundidade de 25m no poço tubular perfurado na porção mais elevada da área. Nenhuma das sondagens de simples reconhecimento efetuadas na área encontrou água, sendo que a mais profunda delas (16,25m de profundidade – SP5) foi efetuada num dos pontos mais baixos do terreno. As informações acima aliadas ao conhecimento das condições de infiltração do solo local permitem prever que o nível d'água deve se situar, em toda a área, em profundidades superiores a 15m.

Os ensaios de campo (infiltração) e de laboratório (permeabilidade) já efetuados com o solo revelaram coeficientes de permeabilidade da ordem de  $10^{-4} - 10^{-5}$  cm/s o que, aliado às características do perfil de alteração local, indicam taxas médias de infiltração potencial.

Outro aspecto importante a ser ressaltado diz respeito aos cursos d'água superficial (possíveis vetores de transferência de poluentes para o lençol subsuperficial). A área estuda não apresenta nascentes em suas proximidades, e os corpos d'água mais próximos (Córrego Água Suja e seus afluentes) situam-se a distâncias maiores que 250m da área.

## **Condições Operacionais**

Do ponto de vista da distância ao núcleo urbano (8,3km) a área em questão apresenta um fator negativo porém a qualidade das vias de acesso (rodovia asfaltada nos primeiros 8km e acesso em terra em excelente estado de conservação nos demais 300m) tende a facilitar as condições de transporte dos resíduos.

Com relação à localização da área, sua distância do núcleo urbano, associada ao fato de que as propriedades (rurais) vizinhas se caracterizam por uma ocupação com pecuária extensiva, a caracterizam como uma área sem grandes riscos, principalmente

pelo fato desta estar devidamente cercada.

Estas condições indicam possibilidade de operação sem grandes inconvenientes para a vizinhança, desde que se tome cuidados no sentido de evitar o acesso de pessoas não autorizadas.

## **ESTUDO DE CASO 2 – DIRCE REIS**

### **Características Gerais**

A área em questão, no município de Dirce Reis (cidade com cerca de 2.000 habitantes), localiza-se nas proximidades da Rodovia Jales – Dirce Reis, a cerca de 2km de distância da área urbana do município, entre os paralelos 20°26'37" e 20°27'10"S e os meridianos 50°36'24" e 50°36'52"W.

Tendo em vista o tipo de empreendimento que se pretendia implantar (aterro controlado), e as dimensões da área em estudo, a campanha de investigação do subsolo englobou a realização de 8 (oito) sondagens a trado com o objetivo de determinar a profundidade do lençol freático e coletar amostras para a realização de ensaios de caracterização do subsolo local (GEBARA & LOLLO, 1999, LOLLO & GEBARA, 2000).

Com relação à declividade dos terrenos, também nesta área foram consideradas as classes <2%, 2-5%, 5-10%, e >10% a quais se mostraram adequadas para o zoneamento da declividade na área. A avaliação deste atributo do terreno mostrou uma forte predominância de baixas declividades (especialmente entre 2 e 5% e secundariamente da classe 5 a 10%) a exemplo do que já havia ocorrido na área estudada no município de Ilha Solteira.

### **Características do Meio Físico**

As perfurações efetuadas atingiram a camada impenetrável em profundidades em torno de 6,5m. Em cada uma delas foram coletadas amostras do solo de metro em metro, as quais foram ensaiadas visando conhecer sua granulometria, massa específica aparente seca de campo; massa específica aparente seca e umidade ótima (ensaio proctor normal) e coeficiente de permeabilidade, sendo ainda executado ensaio de infiltração em cada furo.

Os resultados mostram que o solo presente na porção mais superficial do perfil (argila arenosa vermelho escuro) apresenta uma menor porcentagem de finos que o

solo da porção inferior (solo argiloso roxo) constituindo-se num solo residual laterítico enquanto o intervalo inferior tem um comportamento saprolítico (solo de alteração de basalto). A Figura 2 ilustra o perfil típico dos materiais inconsolidados presentes no subsolo da área obtido da sondagem a trado ST4.

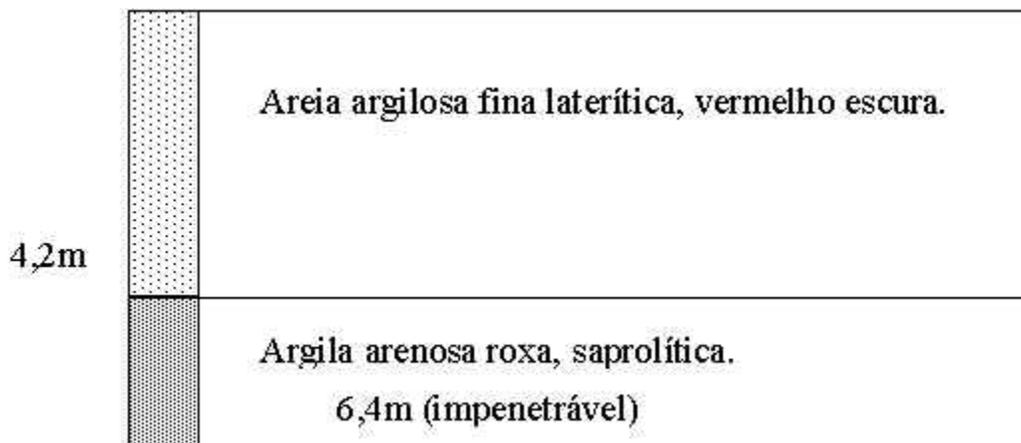


Figura 2 – perfil do subsolo na sondagem ST4 – área de Dirce Reis.

Para caracterizar as condições de uso do solo da área como material de recobrimento de resíduos sólidos urbanos e também a possibilidade de uso do próprio solo local (compactado no fundo da vala) como barreira de infiltração foram realizados ensaios de compactação com energia proctor normal. Os resultados da campanha de ensaios são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – resultados dos ensaios de laboratório (média por intervalo do perfil do solo).

Intervalo laterítico (superior)				Intervalo saprolítico (inferior)			
$r_{dcampo_3}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$r_{dmax_3}$ (g/cm <sup>3</sup> )	k - natural (cm/s)	k - compactado (cm/s)	$r_{dcampo_3}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$r_{dmax_3}$ (g/cm <sup>3</sup> )	k - natural (cm/s)	k - compactado (cm/s)
1,65	1,94	$1,7 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-5}$	1,68	1,86	$2,1 \times 10^{-5}$	$4,9 \times 10^{-7}$

Os ensaios de infiltração proporcionaram uma média de  $2,3 \times 10^{-4}$  cm/s de coeficiente de permeabilidade para infiltração em todo o perfil do solo.

Apesar da profundidade do substrato rochoso não ser definida, as informações relativas à profundidade do impenetrável na área (cerca de 6,5m de profundidade) e sua provável composição litológica (basaltos) indicavam condições favoráveis ao aproveitamento da área. Da mesma forma, a campanha de investigação do subsolo indicava nível d'água em profundidades superiores a 6,5m.

Tendo em vista esta profundidade e a profundidade da base da camada de resíduos planejada (3m) pode-se afirmar que as condições de projeto estariam satisfeitas com a execução de serviços de compactação do solo do fundo da cava.

## **Condições Operacionais**

Neste caso a distância ao núcleo urbano é significativamente menor (2km) e a principal via de acesso à área (Rodovia Jales – Dirce Reis) é pavimentada e apresenta boas condições de tráfego o ano todo. O acesso local não é pavimentado porém trata-se de um trecho de menos de 100m com bom estado de conservação.

Em termos da ocupação e atividade humana na vizinhança, também neste caso o entorno da área caracteriza-se por ocupação rural com pecuária extensiva. Tais condições indicam bom potencial de operação para o administrador da área (poder público) sem grande riscos ambientais ou inconvenientes para a vizinhança.

## **CONCLUSÕES**

As informações apresentadas permitem concluir que as áreas estudadas apresentam bom potencial de utilização para a finalidade pretendida (implantação de aterro para destinação final de resíduo sólido urbano) desde que os projetos respeitem as características do meio físico.

A possibilidade de caracterização das áreas segundo a metodologia apresentada mostra que tal proposta é perfeitamente aplicável à avaliação de condições de uma área para a implantação de aterros sanitários nas condições estudadas (pequenos municípios) e que estas análises podem ser efetuadas sem que se possua um acervo de informações de grande detalhe. Isso é comprovado pelo fato que os órgãos estaduais responsáveis pela fiscalização do assunto aceitaram, com base nas informações levantadas, o aproveitamento das áreas para esta finalidade.

Dois tipos de cuidados especiais devem ser tomados neste tipo de empreendimento: (1) deve haver especial atenção nas operações de compactação dos solos (tanto no fundo da vala como no material de recobrimento) visando à preservação

da qualidade ambiental local; e (2) deve haver severa fiscalização para que áreas como estas sejam utilizadas exclusivamente para a disposição de resíduo sólido urbano, impedindo-se a disposição de resíduos hospitalares, industriais, ou outros tipos de resíduos tóxicos ou perigosos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ABNT Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR-8419, 1985, 9p.

**CETESB Resíduos Sólidos–Legislação.** São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, s.d., (a), 8p.

**CETESB Aterros Sanitários.** São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, s.d., (b), 30p.

**CETESB Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos.** São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Normalização Técnica P4.241, 1982, 15p.

**DE BIASE, M. Carta de Declividade de Vertentes: confecção e utilização.** *Geomorfologia*, Campinas, v. 21, p. 8-13, 1970.

**GEBARA, D. & LOLLO, J.A. Caracterização da área destinada à implantação do aterro controlado do município de Dirce Reis (SP) – relatório final.** Ilha Solteira: Fundação de Ensino, Pesquisa e Extensão de Ilha Solteira, 1999, 15p.

**IPT Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995, 278p.

**LOLLO, J.A. Três Métodos de Produção de Cartas de Declividade: análise dos resultados para a área urbana de Ilha Solteira (SP) e adjacências.** In: SEMINÁRIO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS, 12, Guaratinguetá, 1992, *Anais...* Guaratinguetá: ADUNESP, 1992, p. 233-236.

**LOLLO, J.A. & GEBARA, D. Caracterização do meio físico da área de implantação do aterro sanitário de Ilha Solteira.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, 4, São José dos Campos, 1999, *Anais...*, São José dos Campos: ABMS, 1999, p. 63-69.

**LOLLO, J.A. & GEBARA, D. Tecnologia de baixo custo para a disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades: estudo de caso.** In:

SIMPOLIX, São Pedro, 2000. *Anais...* São Pedro: UNESP, 2000, (anais em mídia eletrônica – CD).