Nilo André Bernardi Filho

SUBSÍDIOS BIBLIOGRÁFICOS PARA UTILIZAÇÃO DE LIXÃO DESATIVADO PARA DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO SETOR CALÇADISTA DO MUNICÍPIO DE JAÚ-SP

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Assoc. Valdir Schalch

São Carlos
2005

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

,

"Feliz o homem que teme a Javé
e se compraz com seus mandamentos!"
Salmo 112,1

Dedico esta pesquisa as minhas amadas, esposa Isabel (Bel) e filhas Belisa e Beatriz, que sempre me apoiaram e abdicaram de seu tempo ao meu lado.

A minha netinha Lívia Maria que chega a este mundo trazendo mais força, alegria e união a nossa família.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida e determinação.

Ao Professor Doutor Valdir Schalch pela orientação, incentivo, apoio e oportunidade que me deu de voltar ao mundo acadêmico.

Aos Professores Doutores Marcus Cesar Avezum Alves de Castro e Wellington Cyro de Almeida Leite pelas opiniões e incentivo.

A Claudete e funcionários do CRHEA pelo apoio nos anos de convívio.

A Prefeitura Municipal de Jaú, pela autorização de pesquisar no local.

A Adriana Lopes pela amizade e ajuda duradoura.

A Magali Romão pelo incentivo à volta aos bancos escolares.

Ao NEPER pela preciosidade em tê-los como companheiros e por poder compartilhar nossas experiências e expectativas.

Aos companheiros de jornada, pessoas de variadas formações acadêmicas que tornaram nosso curso multidisciplinar, e enriqueceram a nossa experiência juntos.

Ao Antonio Fernando Padim (Toni Padim) pela amizade e grandioso espírito ambiental.

Ao Walter pela garra e exemplo de vida e pela força dada durante a pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS vi

LISTA DE FOTOS vii

LISTA DE TABELAS viii

LISTA DE QUADRO ix

RESUMO x

ABSTRACT xi

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA 1

2. OBJETIVOS 6

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 8

3.1 Considerações Gerais 8

3.2 Impactos Ambientais 8

3.3 Caracterização e Classificação dos Resíduos 9

3.3.1 Classificação de resíduos 19

3.3.1.1 Resíduos classe I (perigosos) 20

3.3.1.2 Resíduos classe II - Não perigosos 20

3.3.1.2.a Resíduos classe II A - Não inertes 20

3.3.1.2.b Resíduos classe II B - Inertes 21

3.4 Coleta Seletiva 22

3.5 Aterro Sanitário 24

3.6 Aterros Industriais 32

3.7 Chorume 40
3.8 Solo 48
3.9 Recalque 52
3.10 Poços de Monitoramento 54
3.11 A Indústria Calçadista 56
3.12 Recuperação de Áreas Contaminadas 68
3.12.1 Área Contaminada..... 68
3.12.2 Investigação detalhada 69
3.12.3 Avaliação de risco 70
3.12.4 Definição de intervenções – Remediação 71

4. MATERIAIS E MÉTODOS 72

4.1 Dados da Cidade de Jaú-SP 72
4.2 Localização do Experimento 73
4.3 Caracterização dos Resíduos Sólidos de Jaú 77
4.4 Métodos 81
4.4.1 Coleta de amostra de água superficial e subterrânea 82
4.4.2 Coleta de água superficial 83
4.4.3 Análise das amostras de água 84
4.4.4 Armazenamento e conservação das amostras 85
4.4.5 Procedimentos para coleta de chorume 86

5. RESULTADOS 87

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 89

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caracterização de resíduos sólidos de uma amostra 22

Figura 2 - Diagrama esquemático de um aterro sanitário 24

Figura 3 - Aterro sanitário e industrial classe II 33

Figura 4 - Dreno superficial em malha, sob dermas e corte de aterro sanitário e industrial classe II 34

Figura 5 - Pólos calçadistas do Brasil (por unidade da federação) 59

Figura 6 - Localização da cidade de Jaú dentro do Estado de São Paulo 73

Figura 7 - Aerofotogrametria da região do Lixão 74

Figura 8 - Aerofotogrametria modificada da localização do lixão 75

Figura 9 - Evolução da população de Jaú de 1980 a 2005 76

Figura 10- Mapa do crescimento da indústria no município de Jaú 77

Figura 11- Empresas segundo capacidade de produção instalada (pares/dia) 78

LISTA DE FOTOS

Foto 1 - **Chorume e diversos tipos de resíduos sólidos (orgânicos, de saúde, construção, etc.)** 2

Foto 2 - **Vista de cima do lixão, onde observa-se todo tipo de resíduos sólidos descartados** 3

Foto 3 - **Área abaixo da disposição anterior já coberta. Tirada no início de 2001. Lixão de Jaú** 4

Foto 4 - **Tirada em 2001, no lixão de Jaú. Vista de baixo para cima** .. 4

Foto 5 - **Tirada em 2001, lixão de Jaú** 7

Foto 6 - **Parte superior do lixão de Jaú em foto tirada em 2002** 7

Foto 7 - **Área à esquerda já coberta e fechada e a direita abertura da nova frente. Tirada no inicio de 2004. Lixão de Jaú** 67

Foto 8 - **À direita, área já coberta e fechada para uso. Abaixo a esquerda, caminhão e máquina trabalhando na ampliação da mesma. Tirada no início de 2004. Lixão de Jaú** 67

Foto 9 - **Área do lixão de nova disposição(ampliação) 2004** 85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Primeiro estágio de decomposição de resíduos sólidos em aterros sanitários 29

Tabela 2 - Condições hidrogeológicas desejáveis e mínimas em aterros 36

Tabela 3 - Concentrações máximas de contaminantes em água subterrânea, nos EUA, EPA (1994) 38

Tabela 4 - Padrões da EPA para alguns elementos químicos e para o DQO em água potável comparados com a média dos valores detectados em chorumes, provenientes de aterros de diversas idades 43

Tabela 5 - Relação entre o tamanho das partículas, permeabilidade de solos e respectivas capacidades de proteção das águas subterrâneas, visando à implantação de aterros sanitários. Adaptado de U.S.EPA (1978) e Qasim e Chiang (1994) 48

Tabela 6 - Maiores produtores mundiais de calçados (em milhões de pares) 58

Tabela 7 - Caracterização geral, dados do pólo coureiro/calçadista no Brasil 2001/2002 59

Tabela 8 - Principais pólos calçadistas no Brasil - Base: 2002 60

Tabela 9 - Dados do pólo calçadista do estado de São Paulo 60

Tabela 10 - Dados da economia de Jaú-SP 78

Tabela 11 - Ensaio de Lixiviação de Resíduos Sólidos NBR 10.005 (Ensaios efetuados de acordo com a 20ª. Ed. do Standard Methods) 80

Tabela 12 - Ensaio de Solubilização de Resíduos Sólidos NBR 10005 (Ensaios efetuados de acordo com a 20ª Ed. do Standard Methods) 80

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Metodologia analítica dos parâmetros analisados 84

RESUMO

BERNARDI FILHO, N.A. (2005). **Subsídios bibliográficos para utilização de lixão desativado para disposição final de resíduos sólidos gerados no setor calçadista do município de Jaú-SP**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Com o advento da geração do consumo e conforto, depara-se hoje com o aumento exponencial da quantidade de resíduos sólidos, que são lançados em áreas nem sempre apropriadas. Cada vez mais, e em função do crescimento, os administradores das cidades estão encontrando dificuldades para escolher áreas próprias para a destinação final dos resíduos sólidos, causando inúmeros impactos ambientais, áreas estas, que muitas vezes se apresentam no caminho do crescimento municipal. Nesse sentido, esta pesquisa estuda a possibilidade de utilização de áreas anteriormente degradadas pela disposição de resíduos sólidos, como alternativa locacional para disposição de resíduos sólidos, gerados pelo setor calçadista do município de Jaú-SP, após a recuperação da mesma. Este estudo vai ser realizado no lixão de Jaú, onde deverão ser coletadas amostras de água em poços de monitoramento localizados no entorno da área e amostras de chorume. Um dos alicerces que sustenta um município e proporciona desenvolvimento ao mesmo, é o crescimento do setor industrial, já que seus habitantes precisam de uma ocupação e serem remunerados dignamente por ela. O município de Jaú gera nas suas industrias cerca de 30 toneladas diárias de resíduos sólidos, sendo 60% proveniente de industrias calçadistas, o que torna a pesquisa interessante, já que serão analisados dados que envolverão o resultado do descarte de resíduos sólidos, durante vários anos e seu comportamento após esse período.

Palavras-chave: lixão desativado; resíduos sólidos do setor calçadista; reaproveitamento.

ABSTRACT

BERNARDI FILHO, N.A. (2005). **Bibliographical subsidies for usage of deactivated dumps for final disposal of solid waste from the shoe manufacturing sector in the municipality of Jaú-SP.** M.Sc. Dissertation – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

With the onset of consumption and comfort generation, exponential increase of solid waste quantities can be seen, which are dumped in not always adequate areas. More and more, and due to urban growth, municipal administrators are facing difficulties in choosing adequate areas for final disposal of solid waste, causing uncountable environmental impacts, such as areas which often show up as a result of urban growth. From this viewpoint, this research studies the feasibility of using areas which have formerly been degraded by disposal of solid waste, as alternative sites for a disposal of solid waste from the shoe manufacturing sector in the municipality of Jaú-SP, after their recovery. This study shall be carried out at the garbage dump of Jaú, where water samples shall be taken from monitoring wells placed around the area, as well samples of leachate. One of the pillars which supports any municipality and promotes its development is the growth of the industrial sector, since the inhabitants need jobs and decent wages. The industries in the municipality of Jaú produce about 30 tons of solid waste daily, whereof 60% come from the shoe manufacturers, which makes this study quite interesting due to analyses of data which involve the result of solid waste dumping for a period of several years and its behavior after this period of time.

Key-words: deactivated waste dump; solid wastes from the shoe manufacturing sector; recycling.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O aparecimento de soluções inovadoras, "adequadas a qualquer situação" segundo os seus defensores, tem criado situações confusas junto às administrações municipais, aliadas à periódica rotatividade das equipes de dirigentes das prefeituras. O mesmo processo que aprimora politicamente a democracia, promove, por outro lado, descontinuidades e reestudos que muitas vezes ultrapassam o período fértil de realizações das administrações, protelando perigosamente soluções de lenta e complexa maturação, como relativas aos problemas relacionados com o tratamento e disposição final dos resíduos sólidos (ZULAUF, 1989).

Com o propósito de uso mais racional de áreas que servem ou serviram para deposição de resíduos sólidos, de origem orgânica, origem industrial, de saúde e oriundos de serviços de varrição e de resíduos de construção civil (RCC), esta pesquisa objetiva buscar, no bojo de sua conclusão, a viabilidade de utilizar lixões desativados, que constituem sério problema ambiental para a maioria dos municípios, para disposição de resíduos sólidos conforme mostrado nas **Fotos 1** e **2**. Dessa maneira, uma área que já possui um passivo ambiental e que é considerada comprometida, tanto pela Cetesb, como pelas Prefeituras, será utilizada para disposição de resíduos sólidos gerados em indústrias do setor calçadista, depois de ser recuperada.

Se não forem discutidos hoje, os procedimentos em uso, em relação às áreas reservadas pelos municípios para depósito de seus resíduos diários, corre-se o risco das gerações futuras se depararem com sérios problemas quando da instalação de agrupamentos de residências, áreas de lazer, de comércio, etc, em locais que foram usados como lixões e, portanto contaminados, que seguramente

causarão agravos à saúde daqueles que vierem a se instalar nesses locais. A força desta hipótese também se aplica no sentido que quanto mais áreas forem contaminadas com a colocação de resíduos diários, menor será a oportunidade de as mesmas futuramente serem utilizadas sem problemas de saúde pública. O Brasil conta com uma imensa área territorial, que teoricamente poderia dar folga, quanto ao problema aqui apresentado, no entanto o rápido crescimento demográfico e a desordenada ocupação do solo, em cada município, fazem com que áreas que hoje são locais "distantes" usadas como lixões, amanhã possam necessariamente ter um uso mais "nobre", e o reuso de áreas contaminadas com outros tipos de resíduos, elimina esta possibilidade preservando áreas novas que viessem a ser escolhida, representando assim maior e melhor qualidade de vida para os habitantes do local.

Foto 1 – Chorume e diversos tipos de resíduos sólidos(orgânicos, de saúde, construção, etc.) Tirada em 1.998, antes da implantação de incinerador particular.

Foto 2 – Vista de cima do lixão, onde se observa todo tipo de resíduos sólidos descartados. Tirada em 1998.

Não se pode esquecer que a proliferação de áreas contaminadas com resíduos sólidos diariamente nelas depositados, conforme mostrado nas **Fotos 3** e **4**, se não forem usados com a máxima responsabilidade, afetarão os mananciais de água, mesmo no Brasil, país rico em recursos hídricos, onde eles já começam a escassear. A vida, na forma como a conhecemos, não existe sem água, que, a cada dia escasseia devido a sua contaminação continua. O país está até atrasado no desenvolvimento de técnicas que dariam possibilidades de enfrentar menos e menores problemas em relação a esse líquido que já se tornou "um fantasma" em muitos países e em algumas de nossas localidades.

Foto 3 – Área abaixo da disposição anterior já coberta. Foto tirada no inicio de 2001. Lixão de Jaú.

Foto 4 – Tirada em 2001, no lixão de Jaú. Vista de baixo para cima.

A justificativa desta pesquisa é mostrar a existência de diversas áreas já usadas para depósito de resíduo domiciliar, resíduo de serviços de saúde, resíduo de construção civil e resíduo industrial, as quais, poderão ser retomadas, após a recuperação da mesma, para receber somente resíduos industriais sem gerar a necessidade de abertura de nova área para depósito desses resíduos, e ao mesmo tempo proteger o meio ambiente que é nosso ecossistema. Nessa área, antigo lixão, serão abertos poços de monitoramento para coleta de amostras de água, que analisadas em laboratório fornecerão dados que devem mostrar qual o grau de contaminação a que esta sujeito o lençol freático e se o mesmo não sofreu agressão alguma dos contaminantes, pois o caminho que o chorume percorreu, e o tempo que levou para chegar até ele, fizeram com que o mesmo a ele chegasse praticamente inerte ou no mínimo sem a toxicidade inicial, de quando foi lançado o resíduo sólido no lixão, sendo esta a proposta desta investigação.

Com a monitorização, através de poços no entorno da área em questão (aterro controlado), iremos analisar a composição da água subterrânea coletada, a participação do chorume e a lixiviação que possivelmente ocorre nos materiais que foram depositados no local.

As perspectivas são interessantes, e se a hipótese desta pesquisa for concluída positivamente, será obtido material suficiente para mostrar que na prática, uma área contaminada e selada, depois de recuperada, poderá ser aproveitada para uso como local para disposição de resíduos sólidos gerados no setor calçadista do município de Jaú-SP.

O motivo que levou a elaboração desta pesquisa foi o trabalho desenvolvido no comando da Secretaria de Planejamento e Obras do Município de Jaú, estado de São Paulo, no período de 2001 a 2003, que ajudou a mostrar a dificuldade com que os administradores municipais se deparam para tratar de um assunto tão importante e delicado, tanto com a promotoria de meio ambiente do município, como com os órgãos ambientais estaduais. Qualquer mudança que é oferecida para alternativa a um problema a ser resolvido e que vai contra paradigmas, gera uma enormidade de obstáculos, que só poderão ser transpostos embasados em pesquisa e estudos que provem que as idéias dadas são factíveis.

2. OBJETIVOS

O objetivo da presente pesquisa é estudar e analisar a utilização do lixão, mostrado nas **Fotos 5** e **6**, a ser desativado no município de Jaú, para disposição de resíduos sólidos gerados pela indústria calçadista instalada no município, depois da recuperação do mesmo, sendo que a aceitação desta utilização, irá dar um incremento aos administradores municipais na hora de escolherem suas áreas para disposição, com um aproveitamento melhor das já degradadas. A pesquisa objetiva:

- Levantar bibliografia específica sobre o tema e suas inter-relações;

- Estudar e analisar os elementos levantados a partir da consulta bibliográfica;

- Elaborar proposta para aproveitamento de lixões desativados.

Foto 5 – Tirada em 2001, no lixão de Jaú-SP.

Foto 6 – Parte superior do lixão de Jaú em foto tirada em 2002.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Considerações Gerais

São considerados resíduos sólidos industriais os resíduos em estado sólido e semi-sólido que resultam da atividade industrial, incluindo-se os lodos provenientes das instalações de tratamento de águas residuárias, aqueles gerados em equipamentos de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam, para isto, soluções economicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível.

As decisões técnicas e econômicas tomadas em todas as fases do trato dos resíduos sólidos industriais (manuseio, acondicionamento, armazenagem, coleta, transporte e disposição final) deverão estar fundamentadas na classificação dos mesmos.

Com base nesta classificação serão definidas as medidas especiais de proteção necessárias em todas as fases, bem como os custos envolvidos (ROCCA, 1993).

3.2 Impactos Ambientais

São quaisquer modificações do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização, conceitua à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da Norma Brasileira de Registrada (NBR) 14.001 (2004).

A avaliação de impacto ambiental, como instrumento nacional, deve ser empreendida para atividades planejadas que possam vir a ter impacto negativo considerável sobre o meio ambiente e que dependam de uma decisão de autoridade nacional competente (Princípio 17 – Declaração do Rio, 1992).

Para BOLEA (1984), impacto ambiental de um projeto é "a diferença entre a situação do meio ambiente (natural e social) futuro modificado pela realização do projeto e a situação do meio ambiente futuro tal como teria evoluído sem o projeto".

Na realidade existem diversas definições, quase todas calcadas numa lógica do tipo ação-reação, que dificilmente espelham a complexidade da dinâmica ambiental. Pode-se distinguir, neste tipo de conceituação, duas dificuldades básicas. A primeira consiste na própria identificação das fronteiras do impacto já que o mesmo se propaga espacialmente e temporalmente através de uma complexa rede de inter-relações. A segunda reside nas deficiências instrumentais e metodológicas para predizer as respostas dos ecossistemas às ações humanas, comenta MAGRINI (1990).

Para dimensionar o impacto ambiental, segundo o Parecer do IPT sobre o Aterro Industrial em Piracicaba (abril/1993), deve-se observar que com relação à capacidade atenuadora do solo em termos de migração de contaminantes, a precisão se dará a partir da caracterização dos líquidos percolados, sendo que a partir daí pode-se realizar ensaios utilizando-se esses líquidos percolados e o solo da área, de forma a possibilitar a obtenção de dados para a elaboração de uma modelagem matemática, possibilitando desta forma a projeção da pluma de contaminação.

3.3 Caracterização e Classificação dos Resíduos

Ao se considerar a caracterização do resíduo sólido coletado, é importante lembrar que as suas características variam ao longo de seu percurso, desde a geração até o destino final.

A fase inicial da caracterização do resíduo sólido domiciliar de um município deve ser o estudo das condições da zona urbana, visando encontrar a metodologia adequada a ser aplicada. Além disso, deve ser muito bem definido o objetivo da caracterização, pois para cada necessidade variam os tipos de análise a serem realizadas e, conseqüentemente, a metodologia de amostragem.

Além de fatores influentes na migração de elementos contaminantes, como degradação biológica, adsorção e absorção, volatização, hidrólise, precipitação, etc., importante também se faz o conhecimento da quantidade de chuva no local, observa ASSIS (1999).

Aspectos de sazonalidade e climáticos, influências regionais e temporais como flutuações na economia, também devem ser levantados, pois interferem na composição física dos resíduos e, portanto, na representatividade da amostra.

Os resíduos a serem dispostos devem ter suas características físicas, físico-químicas, químicas e infecto contagiosas muito bem definidas. Esse conhecimento condicionará: a escolha da forma do aterro e dos materiais constituintes (que devem ser compatíveis com os resíduos); o projeto dos sistemas de impermeabilização, de coleta e tratamento de percolados; o sistema de monitoramento; os planos de segurança, a própria operação do aterro e sua manutenção.

Segundo CASTRO (1996), a conclusão de Lavoisier no século XVII de que na natureza nada se cria nada se perde, tudo se transforma, mostra claramente que na natureza todos os elementos fazem parte de um ciclo fechado, onde os rejeitos e resíduos são utilizados como matéria prima para a geração de novas vidas, garantindo a eternidade dos ciclos durante os séculos. Mas devido ao desenvolvimento da química e o aprimoramento dos processos de produção, ocorreu à origem de materiais inorgânicos desenvolvidos em laboratório, que não pertencem a nenhum ciclo natural.

Também existe a necessidade da caracterização do local destinado à implantação do aterro, que envolve:

- caracterização geográfica;

- caracterização topográfica;
- caracterização hidrogeológica; e
- caracterização climatológica.

Segundo SCHALCH (1997), o grau de contaminação das águas superficiais e subterrâneas pode ser controlado a partir do conhecimento das características físicas do solo e da distância entre a fonte de poluição e o nível do lençol freático. Tal conhecimento norteará os critérios a serem seguidos quando da implantação e operação do aterro sanitário.

NASCIMENTO (2002) relata que nas águas subterrâneas, a presença de metais pesados está diretamente relacionada à sua ocorrência nos solos e/ou rochas dos aqüíferos, levando a variações na concentração natural dos íons metálicos; a degradação de matéria orgânica pode propiciar ambiente quimicamente redutor, controlando a dissolução dos metais pesados e de maneira geral com baixos valores de pH os metais apresentam-se na forma dissolvida, enquanto que em pH elevados podem ser adsorvidos, complexados e/ou precipitados.

COSTA (2002) comenta que um aqüífero onde a espessura da zona vadosa é muito grande e sua constituição predominantemente argilosa possui uma elevada inacessibilidade hidráulica, sendo, por conseguinte, um aqüífero pouco vulnerável à contaminação.

A inacessibilidade hidráulica diz respeito à maior ou menor dificuldade de penetração de eventuais contaminantes em seu interior e é função das características geológicas e hidrogeológicas do meio analisado.

Assim, constituem elementos imprescindíveis para a definição dessa inacessibilidade os seguintes fatores, que devem ser caracterizados para a área a ser estudada:

- tipificação dos aqüíferos,
- natureza e espessura do meio não saturado (zona vadosa),
- presença e características das descontinuidades,
- porosidade e condutividade hidráulica dos meios saturado e não saturado,
- profundidade do nível de água subterrânea (freático ou piezométrico).

A capacidade de atenuação do aqüífero refere-se ao conjunto de propriedades físicas, químicas e bióticas da zona não-saturada que podem isoladas ou conjuntamente reduzir o acesso dos contaminantes infiltrados até a zona saturada, através de processos diversificados que podem eliminar, reduzir ou retardar o fluxo desses contaminantes.

Assim a zona não-saturada pode constituir uma importante defesa natural contra a contaminação da água subterrânea, atuando como autodepuradora dos contaminantes nela infiltrados.

Quanto maior for a intensidade e diversidade da atuação dos processos acima referidos, maior será a capacidade atenuadora da zona não saturada, refletindo-se em uma baixa vulnerabilidade do aqüífero à contaminação.

PROCESSOS FÍSICOS

a) Filtração Mecânica

Corresponde a uma retenção de contaminante pelo solo em função da obstrução dos poros desse solo. A película obstrutora formada por partículas em suspensão, como argilas, algas e microorganismos, acumula-se em diferentes horizontes do solo, funcionando como filtro para as partículas sólidas de eventuais contaminantes infiltrados posteriormente, segundo KRONE et al. (1958), citado por COSTA (2002).

Esse processo funciona mais como retardamento da contaminação, possibilitando que o material retido seja posteriormente degradado pela ação de um processo químico, biológico ou radioativo. Caso isso não venha ocorrer, nada impede que uma maior carga hidráulica provoque o arraste do contaminante retido por essa filtração. Esse processo é pouco efetivo para os colóides (oxi-hidróxidos de ferro), bactérias e vírus.

b) Adsorção

Nesse processo, que constitui um caso particular da sorção, um determinado soluto pode ter seus componentes agregados a partículas do solo através de forças eletrostáticas denominadas de forças de Van Der Walls, segundo FETTER (1992), citado por COSTA (2002). Geralmente as partículas

argilosa, carregadas negativamente atraem os cátions dos solutos, podendo a partícula adsorvida assim permanecer por longo tempo, propiciando a sua degradação posterior por outros processos como acima citados. Assim, esse processo também atua como retardador da contaminação e indiretamente viabiliza a sua redução ou eliminação.

c) Absorção

Trata-se de mais um caso particular de sorção, em que o soluto é difundido através dos poros do solo e retido ao longo de suas superfícies, sem que haja uma forte adesão por conta de forças eletrostáticas segundo WOOD et al. (1990), citado por COSTA (2002).

Embora semelhante ao processo anterior, a retenção é bem menos intensa, o que propicia uma mais fácil desagregação com o tempo, pelo que, o efeito do retardamento da contaminação é bem menor que no caso da adsorção.

d) Diluição

Esse processo pode ocorrer na zona vadosa, mas é mais característico na zona saturada. Consiste na dissolução em água do contaminante infiltrado, quer esteja originalmente na forma sólida ou líquida. Esse processo atua de duas formas em relação à contaminação do aqüífero: pode acelerar o transporte do contaminante se a diluição ocorrer em partículas sólidas do contaminante, pois aumentará sua mobilidade; ou pode reduzir o efeito danoso do contaminante se essa diluição ocorrer na fase líquida, pois diminuirá a concentração do soluto.

Deve ser observado que a mobilidade de alguns contaminantes varia muito em função de sua diluição nas águas que se infiltram, além de que, muitos contaminantes somente são transportados para o subsolo quando carreados pelas águas pluviais, como já foi citado para os poluentes atmosféricos e para os resíduos sólidos, principalmente industriais.

PROCESSOS QUÍMICOS

a) Quimisorção

Constitui uma particularidade da adsorção e corresponde à reação química ocorrida entre íons do soluto e das partículas que os adsorveram segundo

FETTER (1992), citado por COSTA (2002). Nesse caso, parte do soluto é incorporada às partículas sólidas do meio e nessa reação química é comum à troca de íons entre as partes intervenientes nesse processo. Considerando que parte do soluto é incorporada às partículas do solo, esse processo atua como eliminador do contaminante, que pode ser parcial ou total, dependendo da intensidade do processo e do volume da carga contaminante infiltrada.

b) Oxidação-Redução

Os processo de oxidação e redução, conhecido por redox, resultam de reações químicas em que há uma mudança na valência de um ou mais íons, resultando na perda ou ganho de elétrons. Se um elétron é perdido, haverá um ganho na valência positiva e o processo corresponderá a uma oxidação, se um elétron é ganho, haverá uma perda na valência positiva, quando se terá uma redução.O potencial de oxidação é definido pelo Eh, que se relaciona com o número de elétrons, da mesma forma que o pH se relaciona com o número de prótons. Esses processos são muito importantes na redução e até eliminação da contaminação por produtos orgânicos e nitrogenados.

Em ambiente aeróbico, a matéria orgânica é transformada em dióxido de Carbono – CO_2^- e os compostos nitrogenados em nitratos – NO_3. Se o ambiente é anaeróbico (oxigênio escasso ou ausente), ocorre uma redução de nitratos, de sulfatos e de compostos férricos e de manganês. Embora a zona vadosa seja normalmente aeróbica e alcalina, pode sofrer variações significativas de Eh e pH na presença da matéria orgânica, ocasionando mudanças no comportamento dos contaminantes aí presentes.

c) Solubilização – Precipitação – Coprecipitação

A solubilização é a propriedade de uma substância dissolver-se em meio aquoso até atingir um limite de saturação. A capacidade da água de dissolver substâncias aumenta com a temperatura, com a presença de ácidos orgânicos e com a redução do pH.

A precipitação é o processo inverso, onde as substâncias dissolvidas na água voltam ao seu estado sólido em conseqüência do aumento do pH ou redução

da temperatura e/ou da pressão. Esse processo afeta principalmente o Fe^{2+} e o Mn^{2+}, que podem sofrer oxidação com pH entre 7 e 8, produzindo-se o $Fe(OH)^3$ e $Mn(OH)^3$ que se precipitam.

Alguns desses metais ao precipitar arrastam outros íons metálicos por coprecipitação, como Cu, Pb, Zn, As, W, V, F e PO^4. Esse processo, a exemplo do redox, pode significar uma definitiva eliminação de muitos contaminantes.

d) Complexação/Quelação

É a formação de compostos a partir da ligação de determinados ânions chamados de ligantes a metais, através de processos de covalência ou atração eletrostática conforme FETTER (1996), citado por COSTA (2002). Os compostos formados são chamados de quelatos e, dependendo da ação do ligante, esse composto poderá precipitar ou permanecer em solução. Os principais ligantes presente na água natural são: OH^-, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, CL^-, F^-, NO_3^-, SiO_3^{2-}, S^{2-}, $S_2O_3^-$, NH_3 e PO_4^{3-}. Os metais mais facilmente quelados são: Mg^{2+}, Ca^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} e Cd^{2+}.

Funcionam ainda como ligantes as substâncias húmicas, resultantes da decomposição da vegetação. Dessas substâncias, o ácido húmico produz quelatos que são precipitados, enquanto o ácido fúlvico forma quelatos que permanecem em solução.

Algumas substâncias orgânicas sintéticas presentes em resíduos de alguns produtos manufaturados como detergentes e compostos de limpeza funcionam como poderosos ligantes que formam quelatos de alta mobilidade na zona vadosa, aumentando significantemente o potencial poluidor do metal original.

Assim, o processo de complexação pode reduzir ou eliminar a contaminação, mas pode também ser responsável pelo aumento de sua potencialidade.

e) Intercâmbio de gases

Nas reações químicas poderá ocorrer o desprendimento de gases, cuja composição variará em função do ambiente (aeróbico ou anaeróbico), do tipo de contaminante e das reações ocorridas.

Esses gases podem ser CO_2, CH_4, SH_2 e N_2 e sua descarga para o exterior é uma forma natural de descontaminação, pois sua liberação permite uma maior penetração de oxigênio da atmosfera que irá facilitar os processos de degradação aeróbica.

PROCESSOS BIOQUÍMICOS

Esses processos são caracterizados por reações de biodegradação ou biotransformação porque são catalisadas por microorganismos autóctones, principalmente as bactérias, que ocorrem na forma de película ou biofilme FETTER (1996), citado por COSTA (2002), sobre partículas do meio poroso ou nas superfícies das fraturas.

Essas reações são importantes para a degradação de contaminantes orgânicos, pois reduz a concentração e o efeito contaminante nas águas subterrâneas.

PROCESSOS RADIOATIVOS

A desintegração radioativa é uma forma natural de eliminação de contaminantes radioativos infiltrado no subsolo.

Para que tal ocorra, faz-se necessário um grande tempo de permanência da substância no solo, no que poderá ser facilitado por todos os processo físicos de retenção de contaminantes acima comentados.

As características de mobilidade e persistência dependem de:

- Propriedades físico-quimicas;

- Tendência a sofrer degradação ou transformação in situ como resultado de atividades bacteriológicas ou reações químicas;

- Tendência a sofrer retardação com relação ao fluxo da água subterrânea como conseqüência de processos de sorção, troca de base, etc.

Na zona vadosa, o preenchimento aleatório dos poros por ar cria barreiras que induzem o fluxo lateral ou provocam bruscas descidas desse fluxo por caminhos preferenciais. Por outro lado, as forças capilares superam em alguns pontos as forças gravitacionais, resultando em fluxos ascendentes localizados.

Assim, é muito grande a influência das heterogeneidades do solo no direcionamento desse fluxo, tornando completamente imprevisível a sua caracterização espacial ou temporal. Esse processo, embora reduza globalmente a vulnerabilidade dos aqüíferos é totalmente imensurável, funcionando apenas como um fator de segurança a ser considerado durante as análises conclusivas sobre a vulnerabilidade dos aqüíferos locais.

A tipificação da zona de cobertura e a caracterização da natureza da zona vadosa (na maioria das vezes é a mesma coisa) exigiriam um bom conhecimento das variações do solo em termos de constituição mineralógica, textura, granulometria, gênese do material, variação de fácies (quando material sedimentado) e variação do estágio de intemperização (quando solo residual).

Entre os processos que atuam na zona vadosa, retardando, reduzindo ou eliminando o fluxo de contaminantes nessa zona, podem ser citados os seguintes:

Uma vulnerabilidade <u>insignificante</u> representa condições quase nulas para ocorrer uma contaminação do aqüífero, o que geralmente ocorre quando a zona vadosa é muito espessa e argilosa; o índice <u>baixo</u> significa que o aqüífero é vulnerável apenas a compostos extremamente móveis e persistentes, como sais, nitratos e alguns solventes organo-sintéticos; o índice <u>médio ou moderado</u> representa um aqüífero susceptível a contaminantes moderadamente móveis e persistentes, como hidrocarbonetos halogenados ou não e alguns metais pesados. Sais menos solúveis são também incluídos nesse grupo; finalmente, o índice <u>extremo</u> caracteriza um aqüífero que possui sensibilidade para contaminantes degradáveis, como bactérias e vírus, sendo vulnerável à maioria dos contaminantes da água.

A profundidade da água subterrânea – NE – constitui o mais importante fator para avaliar a vulnerabilidade, pois define automaticamente a espessura da zona vadosa em que podem ocorrer os processos de atenuação das cargas contaminantes.

Para a carga contaminante geradas em depósitos de resíduos sólidos será procedida uma caracterização. As principais características com respectivas necessidades de informação são as seguintes:

a) mobilidade e persistência do contaminante

- possibilidade de ocorrência do contaminante,
- aspectos gerais da mobilidade do contaminante,
- aspectos gerais das reações químicas passíveis de ocorrer e
- persistência relativa do contaminante

b) intensidade do contaminante

- concentração máxima possível do evento e
- tipo de fonte contaminante

c) modo de disposição

- profundidade da descarga do contaminante,
- carga hidráulica e
- forma de emissão: contínua ou intermitente

d) duração da carga contaminante

- duração da aplicação e
- probabilidade de ocorrência da carga

Segundo REICHARD et al. (1990), citado por COSTA (2002), as principais incertezas são as seguintes:

a) incerteza relacionadas com a fonte de contaminação,

b) incerteza quanto ao caminho de percolação do contaminante

- a geologia do meio receptor está muito bem caracterizada?
- há boas informações sobre os parâmetros hidrodinâmicos do meio?
- quais os processos de atenuação que podem ocorrer com o contaminante?
- qual a proporção de degradação ou retardamento do contaminante?
- a pluma de contaminação está bem caracterizada?
- é possível quantificar a dispersão hidrodinâmica em função da heterogeneidade do meio?

c) incertezas com relação à captação da água subterrânea,

d) incerteza quanto à exposição.

A classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem, preceitua à ABNT, através da NBR 10004 (2004). Dependendo do tipo e complexidade do resíduo sólido, outros métodos analíticos, consagrados a nível internacional, podem ser exigidos pelo Órgão de Controle Ambiental, com a finalidade de estabelecer seu potencial de risco à saúde humana e ao meio ambiente.

Resíduos Sólidos são definidos, segundo a ABNT NBR 10004 (2004), como resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

3.3.1 Classificação de resíduos

A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem.

Para os efeitos da citada Norma, os resíduos são classificados em:

a) resíduos classe I – Perigosos;

b) resíduos classe II – Não perigosos;

- resíduos classe II A – Não inertes,
- resíduos classe II B – Inertes.

3.3.1.1 Resíduos classe I (perigosos)

São aqueles que apresentam periculosidade em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, e que podem apresentar:

a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;

b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada;

São também aqueles que apresentam uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxidade, patogenicidade, ou constem dos anexos A e B, resíduos perigosos de fontes não específicas e específicas, da NBR 10004 (2004) da ABNT.

3.3.1.2 Resíduos classe II – Não perigosos

3.3.1.2.a Resíduos classe II A – Não inertes

Recebem esta classificação os resíduos sólidos ou misturas de resíduos sólidos que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos

ou de resíduos classe II B – Inertes, nos termos da Norma. Os resíduos classificados como II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

3.3.1.2.b Resíduos classe II B – Inertes

São quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma respresentativa, segundo a ABNT NBR 10007 (2004), e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006 (2004), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor conforme o anexo G da Norma.

Os conflitos decorrentes da gestão e do gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos estão crescendo em relação direta com a conscientização da sociedade a respeito das questões ambientais, conclue CASTRO (2001).

Segundo TCHOBANOGLOUS et al. (1993), gerenciamento de resíduos sólidos pode ser definido como o controle da geração, estocagem, coleta, transferência, transporte, processamento e disposição dos resíduos sólidos, de acordo com princípios de saúde pública, econômicos, de engenharia, de conservação, estéticos, e de proteção ao meio ambiente, sendo também responsável pelas atitudes públicas.

Gerenciar os resíduos de forma integrada é articular ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve, apoiada em critérios sanitários, ambientais e econômicos, para coletar, tratar e dispor o lixo de uma cidade, ou seja, é acompanhar de forma criteriosa todo o ciclo dos resíduos, da geração à disposição final (do berço ao túmulo), empregando as técnicas e tecnologias mais compatíveis com a realidade local, afirma LEITE (1997).

De acordo com JARDIM et al. (1995), o planejamento das atividades de gerenciamento integrado deve assegurar um ambiente saudável, tanto no presente como no futuro.

3.4 Coleta Seletiva

Consiste na separação, na própria fonte geradora, dos componentes que podem ser recuperados, mediante um acondicionamento distinto para cada componente ou grupo de componentes.

A coleta seletiva deve estar baseada no tripé **Tecnologia** (para efetuar a coleta, separação e reciclagem), **Informação** (para motivar o público alvo) e **Mercado** (para absorção do material recuperado).

Portanto os requisitos para haver coleta seletiva, segundo o Manual de Gerenciamento Integrado (1995), são:

- existir um mercado para os recicláveis;
- cidadão deve estar consciente das vantagens dos custos e deve querer cooperar.

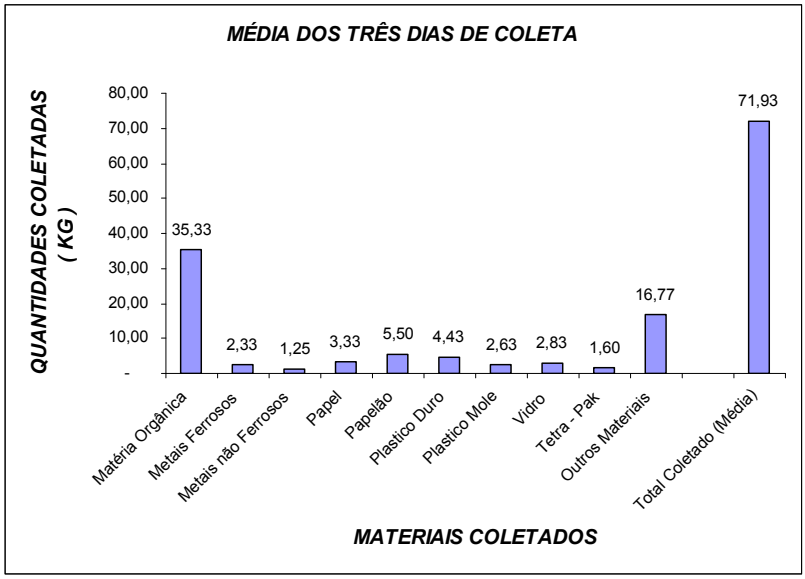

Figura 1 - Caracterização de resíduos sólidos de uma amostra
Fonte: Prefeitura Municipal de Jaú-SP (2002)

NASCIMENTO (2001) cita artigo publicado no jornal O Estado de São Paulo, 09/12/1997, segundo o qual, nos países desenvolvidos a principal maneira de disposição de resíduos é por aterros sanitários, com exceção do Japão que encaminha somente 20% do total de resíduos gerados; a Suíça, 12%, Suécia 34% e a Dinamarca 29%. Trata-se de países essencialmente urbanizados, que

além de adotarem a incineração, apresentam uma política atuante na reciclagem e reutilização dos resíduos.

Conclui também que a composição e o volume gerado de resíduos sólidos urbanos são parâmetros dinâmicos, que variam no tempo e espaço. Observa que dentre os inúmeros fatores que condicionam a qualidade e quantidade dos resíduos gerados em um município, destacam-se: condições climáticas, costumes sociais, renda per capta, densidade populacional, grau de urbanização e industrialização e políticas econômicas.

No geral, os resíduos domiciliares são constituídos essencialmente por compostos orgânicos (restos de alimentos), papel, papelão, jornais, revistas, garrafas, latas, papel higiênico, fraldas descartáveis, embalagens plásticas, lâmpadas fluorescentes, pilhas, baterias, frascos de aerossóis, tintas e solventes.

Os comerciais são constituídos predominantemente por papel, plástico, vidros em geral e restos de alimentos (mercados). Os demais resíduos (varrição, feiras livres, capina) são compostos por restos vegetais diversos e embalagens diversas (alumínio, papel, papelão, dentre outros).

No período de 1988 a 1998 foi marcado pelo intenso consumo de produtos de embalagens descartáveis plásticas, cartonadas (tipo tetra pack) e latas de alumínio (produzidas a partir de 1989 no Brasil).

O resíduo sólido gerado pela industria é aquele originado nas atividades dos diversos ramos da indústria, tais como metalúrgica, química, petroquímica, papeleira, alimentícia, calçadista, etc. Este resíduo é bastante variado, podendo ser representado por cinzas, lôdos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras, borracha, metal, escórias, vidros e cerâmicas, aparas de couros, etc., sendo que nesta categoria, inclui-se a grande maioria do resíduo sólido considerado tóxico, conclui o Manual de Gerenciamento Integrado (1995).

A caracterização do resíduo sólido industrial mostra predominantemente a atividade principal que é exercida no Município, que no caso em estudo são os resíduos gerados pela atividade calçadista, que em função de sua heterogeneidade inviabiliza a classificação de todos, ai optou-se por coletar, em estudo realizado a partir de 2001, aqueles que se apresentavam em maior quantidade no lixão:

retalhos de couro colorido, palmilhas de sapatos, raspas de couro e couro cru, para serem posteriormente analisados no laboratório de Hidráulica e Saneamento da Universidade de São Paulo, campus da cidade de São Carlos.

3.5 Aterro Sanitário

É um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos urbanos no solo – particularmente resíduo sólido domiciliar – que, fundamentado em "critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite a confinação segura em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública", segundo definição da CETESB (1979), conforme mostrado na **Figura 2**, ou, "forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, através de confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais", como definido pela ABNT NBR 8419 (1992).

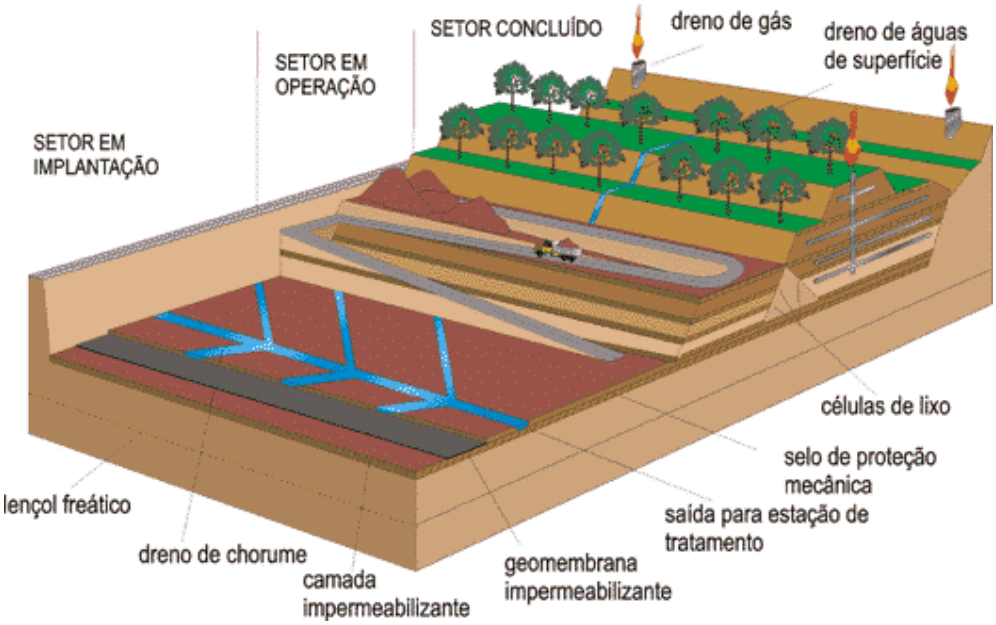

Figura 2 - Diagrama esquemático de um aterro sanitário.

SCHALCH (1984) argumenta que se trata de um processo de disposição final de resíduos sólidos, porém, como após a execução do aterro, a parte orgânica desses resíduos é decomposta, podemos também considerá-lo, como um processo de tratamento de resíduos sólidos, já que nos aterros sanitários as atividades biológicas aeróbias e anaeróbias ocorrem sucessivamente.

SCHALCH (1992) afirma também que o aterro sanitário é um meio heterogêneo, pois varia de acordo com a composição física dos seus constituintes e é fortemente influenciado pelas condições ambientais do local do aterramento.

O tempo necessário para a degradação dos resíduos é muito variável e depende principalmente da composição destes e do balanço hídrico do aterro. Em regiões áridas, por exemplo, o processo de decomposição é lento, podendo manter os resíduos inalterados por décadas, segundo QASIM e CHIANG (1994), citados por NASCIMENTO (2001).

O balanço hídrico de um aterro é controlado pela taxa de precipitação da região, escoamento superficial, evaporação, transpiração, temperatura, e taxa de infiltração no aterro. A taxa de infiltração depende dos principais fatores: 1) duração e intensidade da precipitação; 2) coeficiente de evapotranspiração; 3) coeficiente de escoamento superficial; 4) permeabilidade da cobertura do aterro; 5) grau de compactação dos resíduos e 6) declividade do terreno segundo LECHIE et al. (1979), citado pelo mesmo autor.

Segundo JARDIM (1995), em função da não disponibilidade de áreas para implantação de aterros e do aumento na quantidade de resíduos gerados, tem-se uma moderna concepção para aterros sanitários, sendo o conceito entendido como o local onde o resíduo sólido deve ser "purificado", minimizando o impacto ao meio ambiente.

NASCIMENTO (2001) relata que é de consenso geral que a tendência a curto e médio prazo para a disposição de resíduos urbanos continuará sendo na forma de aterros sanitários, principalmente nos países com disponibilidade em área. Trata-se de um método relativamente econômico, de tecnologia amplamente conhecida e eficiente quanto à proteção do ambiente natural, se

obedecidos os critérios para a seleção de áreas, implantação e operação e encerramento das atividades.

Os sítios de deposição de resíduos que operam inadequadamente vem diminuindo no mundo. Por outro lado, eles estão se tornando bem maiores e estão sendo operados com tecnologias muito mais sofisticadas.

Concluiu que a situação fisiográfica ideal, é a de anfiteatros amplos (com baixa a média declividade), em cabeceiras de drenagem, desenvolvidas sobre rochas pouco permeáveis (com baixa porosidade primária e/ou secundária) e com espessas coberturas de material rico em argilo-minerais. Portanto, a prospecção de locais favoráveis para deposição de resíduos sólidos (neste caso, domésticos), envolve a análise geomorfológica e hidrográfica dos municípios, procurando áreas de divisores de água em cotas altas, seguida pela investigação geológica do substrato rochoso e do seu material de cobertura. O material rochoso deve ser caracterizado quanto à sua natureza (identificação litológica) e, principalmente, com relação à sua porosidade e permeabilidade, o que requer a caracterização estrutural da rocha (identificação e mapeamento de descontinuidades, como porosidade primária, planos de estratificação, fraturas e falhas).

A legislação francesa regulamentou três tipos de aterros sanitários, em função das característica geológicas, hidrogeológicas e do coeficiente de permeabilidade dos terrenos. Foram denominados de aterros classe 1, classe 2 e classe 3 segundo BARRES et al. (1990), citado por NASCIMENTO (2001).

Os aterros classe 1 são aqueles que oferecem maior proteção das águas subterrâneas. O terreno que sustenta o aterro deve apresentar uma zona não saturada de no mínimo 5 metros de espessura e coeficiente de permeabilidade menor que 10^{-7} cm/s. Estes aterros são licenciados para receber alguns tipos de resíduos industriais perigosos.

Os aterros classe 2 apresentam um substrato não saturado, com espessura mínima de 5 metros de material com permeabilidade homogênea menor que 10^{-4} cm/s. Estes aterros podem receber resíduos urbanos em geral, que incluem: resíduos domiciliares, objetos grandes (móveis), lodo de estações de tratamento, resíduos industriais não perigosos, resíduos comerciais e inertes.

Os aterros classe 3 podem apresentar substrato com permeabilidade alta (coeficiente menor que 10^{-1} cm/s). Recebem somente resíduos inertes como: solos não contaminados, cascalho resíduos de construção. Nesta classe a água subterrânea é vulnerável a contaminação.

A disposição indiscriminada de resíduos sólidos no solo pode causar poluição do ar, pela exalação de odores, fumaça, gases tóxicos ou material particulado; poluição das águas superficiais pelo escoamento de líquidos percolados ou carreamento de resíduos pela ação das águas de chuva e poluição do solo e das águas subterrâneas pela infiltração de líquidos percolados, afirma relatório da CETESB (2003).

Estes problemas são eliminados em um aterro pela adoção das seguintes medidas de proteção ambiental:

- localização adequada,
- elaboração de projeto criterioso,
- implantação de infra-estrutura de apoio,
- implantação de obras de controle da poluição e
- adoção de regras operacionais específicas.

A seqüência de componentes descrita abaixo, devem ser previstas conforme a NBR 8419, da ABNT (1992):

- sistema de tratamento de resíduos a serem dispostos;
- sistema de tratamento de base (impermeabilização da fundação);
- sistema de operação (trincheira, rampa ou área);
- sistema de drenagem da fundação;
- sistema de cobertura;
- sistema de drenagem de águas pluviais;
- sistema de drenagem dos líquidos percolados;

- sistema de drenagem de gases;
- sistema de coleta e tratamento dos líquidos percolados;
- sistema de tratamento dos gases;
- sistema de monitoramento;
- fechamento final do aterro.

De acordo com REINDL (1977), citado por MERBACH JUNIOR (1989), o conceito de aterro sanitário não pode ser discutido sem o prévio conhecimento do sistema de manejo de resíduos sólidos. Este sistema, segundo o autor, possui diversos componentes distintos e inter-relacionados. Segundo o mesmo, a fase de disposição final requer conhecimentos multidisciplinares como engenharia, geologia e conceitos ambientais.

Definiu o aterro sanitário como "um método de engenharia de disposição de resíduos no solo, de tal maneira que não afete o meio ambiente, colocando os despejos em camadas esparsas, compactando-os até o menor volume prático e finalmente cobrindo-os com o próprio solo ao final de cada período de trabalho. É bastante útil se analisada em detalhes, apesar de ser um pouco ultrapassada, conforme o autor.

Na seqüência, como foram descritos acima os três componentes necessários: colocação dos despejos em camadas esparsas, compactação ao menor volume prático e a cobertura diária, que seriam essenciais para a redução de problemas como sedimentação, perigo de incêndios, proliferação de vetores e roedores e aproveitamento do espaço disponível. Entretanto tal definição evita abordar problemas como geração e migração de gases, produção do chorume, além da agressão ambiental. Não são citados fatores de ordem estética, igualmente não se considerou que se deveria prever o posterior aproveitamento do local como área de recreação ou agricultura.

NOBLE (1976), também citado por MERBACH JUNIOR (1989), considerou que um aterro convencional seria composto por uma mistura heterogênea de resíduos sólidos, principalmente os de origem doméstica. Restos

de alimentos e outros despejos de natureza orgânica seriam degradados por microrganismos, enquanto resíduos contendo metais seriam basicamente oxidados. Alguns metais como Alumínio e Cobre seriam protegidos pelo desenvolvimento de uma camada protetora de óxido. Ponderou que tais reações raramente aconteceriam de maneira isolada e que a eficiência do processo dependeria de uma adequada interação entre os resíduos, ressaltando que como as reações ocorriam no interior do aterro, estas estariam sujeitas às condições ambientais internas, cujos principais fatores de controle seriam: oxigênio, temperatura e umidade. Apresentou a tabela abaixo, como primeiro estágio de decomposição de sólidos em aterros sanitários:

Tabela 1 – Primeiro estágio de decomposição de resíduos sólidos em aterros sanitários

Despejos	Agentes	Produtos
alimentos	microorganismos	não definido
metais	oxidação	compostos metálicos
matéria orgânica	microorganismos	não definido
matéria inorgânica	ação química	compostos complexos
matérias inertes	todos	pequenas mudanças

Fonte: NOBLE (1976) citado por MERBACH JUNIOR (1989)

Segundo MERBACH JUNIOR (1989), GOLUEKE definiu o termo "digestão anaeróbica" como um processo no qual despejos seriam estabilizados através de atividade biológica na ausência de oxigênio atmosférico com produção dos gases metano e carbônico.

MERBACH JUNIOR (1989) cita também as pesquisas de GUJER, LIMA, NOVAES e FORESTI, para dizer que o fenômeno da digestão anaeróbica, desenvolve-se em pelo menos quatro etapas metabólicas: no 1º estágio, os compostos orgânicos complexos são hidrolisados através de enzimas produzidas por bactérias fermentativas, resultando compostos de estrutura mais simples. No estágio subseqüente, ocorre a chamada acidogênese, ou seja, a formação de ácidos orgânicos, acetatos, H_2 e CO_2, através da atividade de bactérias

fermentativas. A acetogênese ocorre durante o terceiro estágio onde os ácidos orgânicos são convertidos em H_2 e acetatos por bactérias acetogênicas, e parte do H_2 e CO_2 disponíveis são convertidos em acetatos por bactérias homoacetogênicas. Finalmente durante o quarto e último estágio, a formação do metano (ou metanogênese) é efetuada por um grupo de bactérias metanogênicas acetoclásticas, através da redução do CO_2 e da descarboxilação do acetato.

Composto orgânicos complexos (proteínas/carboidratos/lipídios) → hidrólise (bactérias fermentativas) → Compostos orgânicos simples (açúcares/aminoácidos/peptídios) → acidogênese (bactérias fermentativas) → Ácidos graxos de cadeia longa (propianatos/butiratos, etc>) → acetogênese (bactérias acetogênicas produtoras de H_2) → CO_2 → Metanogênese (bactérias metanogênicas redutoras de CO_2)→*

H_2 → Metanogênese (bactérias metanogênicas redutoras de CO_2) →*

→ Acetogênese (bactérias homoacetogênicas) → Acetatos → Metanogênese (bactérias metanogênica acetoclásticas) →*

Bactérias fermentativas: são responsáveis pela produção de enzimas que liberadas no meio, hidrolizam compostos de cadeia complexa e os transformam em compostos moleculares de cadeia simples. Bactérias acetogênicas produtoras de hidrogênio: consideradas essenciais à degradação anaeróbica, fermentam ácidos voláteis de cadeia menor que a do metanol, transformando-os em hidrogênio e acetato. Bactérias acetogênicas consumidoras de H_2 ou homoacetogênicas: fermentam um amplo espectro de compostos de um carbono e ácido acético, precursor do metano. Bactérias metanogênicas: formam um grupo especial composto de várias espécies com diferentes formas celulares. Obtém energia para o crescimento e formação do metano através de mecanismos ainda não inteiramente conhecidos. São essencialmente anaeróbicas e somente se

utilizam de substratos específicos. Bactérias redutoras de sulfato: resumindo, são responsáveis tanto pela produção como pelo consumo de acetato.

O autor cita ainda POHLAND, que em estudos posteriores confirmou o conceito dos cinco estágios, que seria denominado de regressiva ou maturação final por REES & RES e VINEY, em citação de LIMA.

O processo anaeróbico, de maneira generalizada, depende essencialmente de certos fatores, incluindo os ambientais, que influem ou afetam diretamente os sistemas biológicos envolvidos, sendo os mais importantes:

- Temperatura: a importância do parâmetro estaria na premissa de que como os microrganismos não controlam sua própria temperatura, esta tenderia a se igualar à temperatura do meio, segundo LIMA;

- pH: sendo que os valores ideais do parâmetro estaria consensuado na faixa de 6,5 - 7,5;

- Nutrientes: SPEECE e colaboradores citados por FORESTI em trabalho de MERBACH JUNIOR (1989), constataram não só a necessidade de certos nutrientes como igualmente observaram obediência a uma certa prioridade, sendo os mais importantes por ordem: N, S, P, Fe, Co, Ni, Mo, Se, Riboflavina e vitamina B12. Ressaltaram que a fermentação metânica pode ocorrer sem os citados nutrientes, porém as taxas seriam bastante reduzidas;

- Material tóxico: segundo FORESTI, citado por MERBACH JUNIOR (1989), os principais seriam os cátions alcalinos e alcalino terroso como Na, K, Ca e Mg; amônia, sulfetos e metais pesados;

- Potencial Redox: segundo LIMA citado por MERBACH JUNIOR (1989), a atividade microbiana a nível energético, envolve muitas reações de transferência de elétrons e observando de maneira genérica o processo de degradação de resíduos sólidos em aterros sanitários, verificou que a metanogênese tende a se processar em valores bastante reduzidos de Eh (potencial redox), sendo que a produção de gás pode ser empiricamente

determinada através da medida direta do mesmo, pois a citada escala é atribuída como fator limite para o crescimento microbiano;

- Umidade: seu controle rigoroso se torna necessário para o adequado funcionamento do aterro, com conseqüente eficiência no processo de tratamento de resíduos sólidos;

- Inoculação, Composição do lixo, compactação e densidade e soluções tampão são outros fatores não menos importantes.

3.6 Aterros Industriais

Tem a mesma definição dada acima, sendo que são projetados e implantados especialmente para a disposição de resíduos sólidos industriais, cujos poluentes neles contidos podem sofrer alguma forma de atenuação no solo, seja por processo de degradação, seja por processos de retenção (filtração, adsorção, troca iônica, etc.).

Resíduos inflamáveis, reativos, oleosos, orgânico persistentes ou que contenham líquidos livres não devem ser dispostos em aterros.

Comenta PIMENTEL JUNIOR (1998), que para os resíduos sólidos industriais existem poucas alternativas para disposição final e geralmente estão associadas a elevados custos de transporte e disposição. Cita CASTRO NETO et al. (1985), que afirmam que na classificação de aterros sanitários, o Aterro Sanitário Classe II é projetado, instalado e operado especialmente para receber resíduos urbanos que, em face de sua condição hidrológica, geológica, de localização e de operação, esta apto a receber além dos resíduos sólidos industriais não perigosos, alguns tipos de resíduos perigosos a critério do órgão estadual de controle do meio ambiente.

No caso de aterros para resíduos industriais e orgânicos, as **Figuras 3** e **4** apresentam os principais esquemas funcionais.

A codisposição de resíduos sólidos industriais não perigosos com resíduos sólidos domiciliares, em aterros sanitários que atendam às exigências técnicas e

operacionais dos órgãos governamentais de controle de poluição ambiental, tem se mostrado uma alternativa interessante para municípios e indústrias, principalmente em regiões industrializadas. O método de codisposição consiste em misturar resíduos sólidos industrias não perigosos com resíduos sólidos domiciliares de forma a propiciar reações físicas, químicas e biológicas.

Na escolha do local de implantação de aterro devem ser observadas as seguintes condições:

- distância de 500 metros de residências;
- distância de 200 metros de corpos d'água superficiais;
- subsolo constituído de material granular fino com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-7} cm/s;
- declividade máxima de 20% no terreno, para implantação de aterros de resíduos sólidos industriais perigosos.

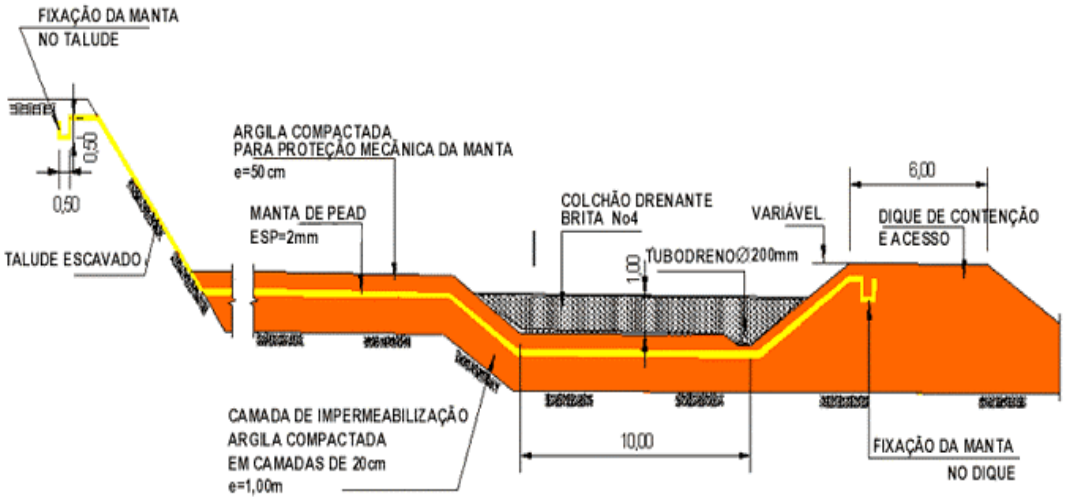

Figura 3 - Aterro sanitário e industrial classe II (IIA e IIB) da Santech, localizado em Içara, Santa Catarina.
Fonte: Santech Saneamento & Tecnologia Ambiental (2005).

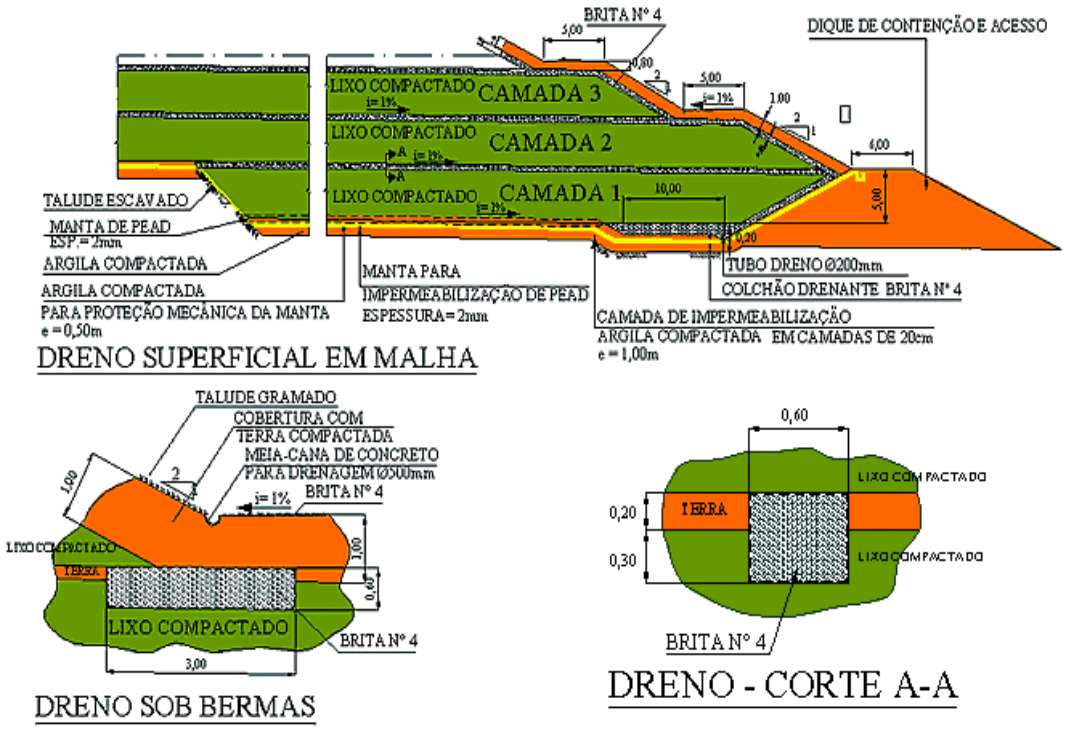

Figura 4 - Dreno superficial em malha, sob dermas e corte de aterro sanitário e industrial classe II da Santech.
Fonte: Santech Saneamento & Tecnologia Ambiental (2005).

Também devem ser seguidos os critérios e exigências operacionais dos aterros sanitários:

- estabelecimento de procedimentos para exclusão de resíduos sólidos perigosos,
- aplicação de cobertura diária,
- controle de gases explosivos,
- controle de vetores transmissores de doenças,
- restrições a queimadas a céu aberto,
- controle de acesso ao aterro sanitário,
- proteção de águas superficiais,
- restrição de líquidos e
- manutenção de registros operacionais.

Na seqüência, o autor continua citando CASTRO NETO et al. (1985), que afirma que a técnica da codisposição de resíduos sólidos industriais com resíduos domiciliares pode ser aplicada a um aterro sanitário pré-existente ou em um empreendimento novo especialmente projetado que normalmente é identificado por algumas características:

- localização em terrenos altos, não alagáveis, longe de corpos de água e de residências;

- isolamento, não se notando a presença de pessoas (catadores) ou de animais;

- existência de equipamentos permanentes e operantes;

- sistema de registro para resíduos industriais;

- disposição e compactação dos resíduos sólidos na frente de operação;

- realização de cobertura diária das células de resíduos sólidos com material inerte;

- operação e manutenção permanente da rede de drenagem de águas pluviais;

- operação e manutenção permanente do sistema de drenagem de líquidos percolados;

- operação e manutenção permanente do sistema de drenagem, coleta e queima de gases;

- constituição do subsolo com material predominantemente argiloso;

- proteção das surgências de água na área do aterro;

- existência de projetos específicos analisados pelo órgão de controle ambiental;

- ausência de incômodos provocados pelo aterro e de degradação ambiental nas áreas vizinhas;

- inexistência de poluição hídrica superficial ou subterrânea.

HAITJEMA (1991) afirma que, enquanto grande atenção é dada aos parâmetros geológicos ou hidro-geológicos na locação e construção de aterros sanitários, pouca ou nenhuma ênfase é dada aos *aspectos hidráulicos da água subterrânea*, que, em ultima análise, determina a facilidade com que os contaminantes migram dos aterros até os aqüíferos, ou seja, o estudo do tempo de residência do Chorume nas camadas compactadas e a trajetória dos contaminantes.

Conforme **Tabela 2**, verificam-se as condições hidrogeológicas desejáveis e mínimas em aterros.

Tabela 2 - Condições hidrogeológicas desejáveis e mínimas em aterros

Característica do Aterro	**Condição hidrogeológica desejável**		**Condição hidrogeológica mínima**	
	Espessura da camada insaturada L (m)	**Coeficiente de permeabilidade K (cm/s)**	**Espessura mínima da camada insaturada L (m)**	**Coeficiente de permeabilidade máximo K (cm/s)**
Resíduos Classe I	3	10^{-7}	$\geq 1,5$ (1)	$\leq 5x10^{-5}$ (1)
Resíduos Classe II	3	10^{-6}	$\geq 1,5$	$\leq 5x10^{-5}$

Fonte: (1) conforme a NBR 10157 - "Aterros de Resíduos Perigosos – Critérios para Projeto, Construção e Operação".

CAMPBELL (1993) relata que a maior parte da matéria orgânica depositada em aterros sanitários degrada-se anaerobicamente, criando um ambiente onde as espécies inorgânicas, tais como *metais pesados*, serão largamente retidas, por processos de precipitação e ou de troca catiônica. Segundo o autor o controle ambiental de áreas contendo aterros e depósitos requerem o monitoramento da qualidade e quantidade do chorume produzido nas áreas vizinhas.

Quanto aos resíduos urbanos, o Department of the Environment (1986) agrupa os principais componentes encontrados em quatro classes:

1. elementos maiores e íons – cálcio, ferro, magnésio, ferro, sódio, amônia, carbonatos, sulfato e cloro;

2. componentes orgânicos e espécies orgânicas individuais – os fenóis;

3. componentes microbiológicos;

4. metais pesados – manganês, níquel, cádmio, chumbo, cobre, estanho e zinco.

Entre os componentes tóxicos presentes nos resíduos municipais destacam-se os metais pesados e os microbiológicos e conclui que íons dissolvidos indicam contaminação.

Metal pesado é um termo coletivo para um grupo de metais e metalóides que apresenta uma densidade atômica maior que 6 g/cm^3. Segundo ALLOWAY (1997), atualmente é utilizado amplamente para designar alguns elementos (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn). Os metais pesados são utilizados amplamente nas indústrias eletrônicas, maquinários e artefatos utilizados na vida cotidiana. Sua ocorrência nos resíduos está correlacionada às principais fontes como baterias (inclusive de telefones celulares), pilhas e equipamentos eletrônicos em geral (Pb, Sb, Zn, Cd, Ni, Hg); pigmentos e tintas (Pb, Cr, As, Sb, Se, Mo, Cd, Ba, Zn, Co, I e Ti); papel (Pb, Cd, Zn, Cr, Ba), e remédios (As, Bi, Sb, Se, Ba, Ta, Li, Pt).

Segundo POVINELLI, citado por MERBACH JUNIOR (1989), a melhor explicação do conceito de metais pesados é a de STOCKLER & SEAGER que definiram como sendo aqueles 84 elementos com densidade superior a 5 g/cm^3, ou seja 5 vezes a densidade da água.

Afirma NASCIMENTO (2001) que os metais pesados, ao contrário de outros contaminantes, como por exemplo os organohalóides, podem ocorrer naturalmente nos solos e nas águas subterrâneas, produto de alteração de rochas e minerais. Portanto, a ocorrência destes metais nos solos e nas águas subterrâneas deve ser comparada com a concentração original da região (background).

Segundo PIMENTEL JUNIOR (1998), os projetos de aterro podem ser aprovados se seguirem os critérios abaixo:

Tabela 3 - Concentrações máximas de contaminantes em água subterrânea, nos EUA, EPA (1994).

Parâmetro Químico	Concentração (mg/l)
Arsênio	0,05
Bário	1,0
Benzeno	0,005
Cádmio	0,01
Tetracloreto de carbono	0,005
Cromo hexavalente	0,05
Ácido 2,4 Diclorofenoxiacético	0,1
1,4 Diclorobenzeno	0,075
1,2 Dicloroetano	0,005
1,1 Dicloroetileno	0,007
Endrin	0,0002
Fluoreto	4,0
Lindano	0,004
Chumbo	0,05
Mercúrio	0,002
Metaxicloro	0,1
Nitrato	10,0
Selênio	0,01
Prata	0,05
Toxafeno	0,005
1,1,1 Triclorometano	0,2
tricloroetileno	0,005
Ácido 2,4,5 Triclorofenoxiacético	0,01
Cloreto de vinila	0,002

Fonte: Registro Federal EUA 9 de outubro de 1991 (40 CFR Part 258.40).

Segundo STRAUS (1991), citado pelo mesmo autor, devido à baixa solubilidade do cromo trivalente, os níveis de cromo encontrados nas águas subterrâneas geralmente são baixo (9,7 μg/l) e raramente ultrapassam os níveis de 25 μg/l exceto em situações de poluição, onde o cromo hexavalente é reduzido rapidamente à forma trivalente por uma variedade de substâncias orgânicas.

Não se pode deixar de comentar SCHALCH et al. (2000), que afirma que um aterro deverá ser operado e mantido de forma a minimizar a possibilidade de

geração de fogo, explosão, derramamentos, vazamentos ou liberação de substâncias nocivas ao ar, águas superficiais, solo e águas subterrâneas, para tanto o mesmo tem que ser gerenciado e operado criteriosamente para minimizar os efeitos danosos ao meio ambiente e à saúde pública. A operação do aterro deverá ser norteada pelos seguintes elementos:

- plano de registro e controle de recebimento de resíduos, onde o aterro somente poderá receber resíduos cuja disposição foi aprovada pelo Órgão de Controle de Poluição Ambiental e transportados por firmas cadastradas e autorizadas para o transporte do resíduo;

- plano de amostragem de resíduos, para certificação de que sua composição e características são aquelas constantes no documento de aprovação;

- plano de segregação de resíduos, já que os resíduos sólidos industriais deverão ser dispostos no aterro de acordo com um plano de segregação elaborado de forma a evitar que resíduos incompatíveis sejam dispostos num mesmo local, provocando reações indesejáveis como o fogo, explosão, liberação de fumaça ou gases tóxicos, geração de calor ou reação violenta;

- plano de inspeção e manutenção, onde o proprietário ou encarregado da operação deve inspecionar sistematicamente as instalações que compõem o aterro de modo a identificar e corrigir eventuais problemas que possam comprometer seu funcionamento ou provocar a ocorrência de acidentes prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana;

- plano de emergência, que contempla ações que devem ser tomadas, coordenadamente, para minimizar ou restringir os possíveis efeitos danosos decorrentes;

- plano de fechamento e encerramento, feito para minimizar a necessidade de manutenção futura e evitar a liberação de poluentes ao meio ambiente, e

- plano de monitoramento do aqüífero, já que um aterro deve ser construído e operado de forma a manter a qualidade das águas subterrâneas.

3.7 Chorume

É a fração líquida, escura, ácida e de odor desagradável que é formada durante a decomposição anaeróbia da matéria orgânica que contém o resíduo sólido urbano.

Também definido no Manual de Gerenciamento Integrado (1995) como "líquido de cor preta, mal cheiroso e de elevado potencial poluidor produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo".

Chorume ou Sumieiro é o líquido oriundo da decomposição do resíduo sólido e provêm de três fontes, segundo LUZ (1981):

- umidade natural do resíduo sólido, que se agrava sensivelmente nos períodos prolongados de chuva, principalmente se forem usados recipientes abertos no acondicionamento,
- água de constituição dos vários materiais, que sobra durante a decomposição,
- líquidos provenientes da dissolução da matéria orgânica pelas enzimas expelidas pelas bactérias. Esses microrganismos unicelulares, para se alimentarem, expelem enzimas que dissolvem a matéria orgânica, possibilitando em seguida a alteração das suas membranas. O excesso escorre como líquido negro, característico de resíduos orgânicos em decomposição.

O *chorume ou sumieiro* é o líquido resultante da degradação anaeróbia natural da matéria orgânica. Seu volume e capacidade de lixiviação vão depender da quantidade de água e precipitação atmosférica que atinja os resíduos sólidos, da quantidade e qualidade da matéria orgânica e do tipo de solo, que em ultima análise pode permitir uma infiltração maior do chorume nas camadas mais profundas do solo, segundo PEREIRA NETO (1996).

O principal componente do chorume é representado pela matéria orgânica biodegradada. Esta matéria ao atingir os corpos de água pode provocar a diminuição do teor de oxigênio dissolvido (OD), decorrente do aumento da

demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Nos chorumes de aterros sanitários, a DBO pode atingir mais de 60.000 mg/l (300 vezes maior, que o esgoto sanitário que é da ordem de 200 mg/l), provocando impactos adversos na fauna e flora aquática, segundo TRESSOLTI E CONSONI (1998) citados por NASCIMENTO (2001).

Segundo SCHALCH (1984), as águas de chuva que caem sobre os aterros sanitários, bem como de nascentes, percolam através do lixo, e carreiam o chorume e a matéria orgânica, dando origem ao percolado. A infiltração da precipitação através do solo é um processo natural, e faz parte do ciclo de recarga do lençol freático e a percolação, é a infiltração de água através do resíduo sólido, carreando com ela, as substâncias solúveis suspensas no mesmo.

NASCIMENTO (2001), relata que de forma simplificada, o Department of the Environment (1986) descreve três estágios de degradação dos resíduos sólidos:

- o primeiro domina quando a degradação ainda ocorre através do ataque de organismos aeróbicos presentes nos resíduos e do oxigênio da atmosfera, que acabam formando componentes orgânicos, dióxido de carbono e água;
- o segundo atua quando o oxigênio é substituído totalmente pelo dióxido de carbono. Os organismos aeróbicos não poderão mais se desenvolver nesta fase pela falta de oxigênio e são extintos. Em substituição, formam-se outros organismos que não dependem exclusivamente de oxigênio, mas que apresentam grande função na decomposição;
- o último ocorre quando as espécies de organismos formadores de metano se multiplicam, decompondo-se em ácido orgânico, para formar gás metano e outros produtos.

A lixiviação dos produtos da degradação da matéria orgânica e inorgânica que constituem os resíduos dão origem ao chorume.

CHEN, citado por MERBACH JUNIOR (1989), argumentou ser a concentração do O_2 um fator de controle, tendo em vista o fato de que a matéria orgânica lixiviada requer oxigênio para sua estabilização. O mesmo diz que em

aterros com taxa baixa de umidade (20 a 40%) a taxa de estabilização é muito lenta, sendo o ideal de 40 a 60%.

Quando um despejo é aterrado, atividade biológica inicia-se com o consumo de oxigênio livre. A presença do substrato orgânico fornece alimento e portanto crescimento a uma extensa população de microrganismos. Estes irão inicialmente utilizar o O_2 disponível e quando o esgotarem, os microrganismos facultativos irão se adaptar a um meio deficiente de oxigênio. Os aeróbicos morrerão e a anaerobiose terá iniciado sua função nos substratos orgânicos, utilizando então o O_2 combinado. Portanto, a redução de substancias insolúveis como Fe III e Mn IV, através da atividade biológica para Fe II e Mn II, pode resultar em altas concentrações dessas substâncias no chorume. Paralelamente, a dissolução de minerais terá como conseqüência o aumento tanto da dureza como da alcalinidade na composição do percolado.

Mecanismos de atenuação de chorume definido por DIAZ et al., citado por O'LEARY & TANZEL, citados por MERBACH (1989):

- filtração mecânica (através do solo): restringe o fluxo de material suspenso, limitando principalmente a movimentação de microrganismos. A eficiência depende da espessura da camada e do tipo do solo;

- precipitação: definido como um mecanismo de alta capacidade e baixa reversibilidade, considerado importante principalmente na remoção de metais pesados;

- absorção: o grau dependerá de certas propriedades do solo, como o potencial de troca catiônica por exemplo;

- diluição e dispersão: reduz a concentração dos contaminantes;

- atividade microbiana: só é eficiente se a absorção e utilização de contaminantes orgânicos pelos microrganismos do solo for completa;

- volatilização: quando há movimentação do mesmo na superfície.

A composição físico-química do chorume é considerada extremamente complexa e variável, pois depende de fatores que vão desde as condições

climáticas locais, até as características do próprio despejo, segundo REINDL, citado por MERBACH JUNIOR (1989).

Segundo SALVATO, citado pelo mesmo autor, a concentração de poluentes químicos migrando através do solo, diminue rapidamente com a distância da fonte, pesquisadores como EMRICH & LANDON, citados por ele, constataram que 3,7 m de solo reduzem a DBO em 95%. Confirmando o raciocínio de FULLER & ALESII, em 1981, no Japão, ILMURA, revela a existência de uma reação de superfície (adsorção) entre argila\metal e húmus\metal. Revela igualmente a reação por adsorção e oclusão de metais por óxidos hidratados e a formação de compostos insolúveis.

STEVENSON, citado por POHLAND, também citados por MERBACH JUNIOR (1989), constatou que a atividade microbiana pode influenciar a migração dos metais, afetando muito dos mecanismos de atenuação, e ainda que alguns compostos bioquímicos sintetizados por microrganismos podem formar complexos solúveis com íons metálicos. A combinação entre si, de sulfetos e metais pesados, como Cu, Zn e Ni, não apresentam qualquer efeito danoso aos microrganismos que participam da anaerobiose.

Tabela 4 - Padrões da EPA para alguns elementos químicos e para o DQO em água potável comparados com a média dos valores detectados em chorumes, provenientes de aterros de diversas idades

	Fe ppm	**Cu ppm**	**Pb ppm**	**Cd ppm**	**Cr_{total} ppm**	**Zn ppm**	**Hg ppm**	**Se ppm**	**DQO mg O_2/l**
EPA	0,3	1,0	0,05	0,01	0,05	5,0	0,002	0,010	
Aterro com 2 anos	495	0,45	0,15	0,007	0,073	13,6	0,0034	0,027	14258
Aterro com 2,5 anos	679	0,2	0,18	0,02	0,19	9,1	0,018	0,08	11274
Aterro com 3,3 anos	618	0,43	0,26	0,015	0,11	1,6	0,064	0,127	12292
Aterro com 4 anos	15,2	0,25	0,16	0,008	0,10	7,2	0,036	0,116	2900
Aterro com 20 anos	25,0	0,19	0,10	0,008	0,034	3,7	0,012	0,06	2666

Fonte: JAMES (1977) apud MERBACH (1989 modificado) apud TANDEL (1998)

POHLAND et al (1984), citado pelo mesmo autor, descreve suas experiências em que inicialmente haveria um curto período em que concentrações de metais seriam altas, após a qual seria efetuado um balanço

entre processos de fixação do metal e sua mobilização, resultando em uma forma metálica reduzida e razoavelmente estável no chorume.

Completando, o efeito de estabilização tende a reduzir as variações diárias dos níveis metálicos no chorume, aumentando os prognósticos do processo e portanto as opções de manejo. Considerado de maneira geral, foram constatados os seguintes mecanismos assimilativos de um aterro:

- precipitação de sulfetos e posterior imobilização;
- encapsulamento de partículas de lodos hidróxidos-metálicos por carbonatos e sulfetos sólidos e
- formação de complexos metálicos com substâncias húmicas.

A pesquisa realizada por MERBACH JUNIOR (1989), conclui que verifica-se que os metais detectados, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn apresentaram comportamento similar aos pesquisado por POHLAND: tendência de altas concentrações, seguida de queda e uma certa estabilidade em baixas concentrações.

NASCIMENTO (2001) relata que com base em estudo de 30 aterros sanitários nos Estados Unidos, CHIAN E DEWALLE (1976, 1977a e 1977b) mostraram como a composição química orgânica e inorgânica do chorume produzido por aterros varia ao longo de 16 anos. Identificaram uma grande redução da concentração de sais dissolvidos e matéria orgânica com o avanço da idade do aterro, como conseqüência da lixiviação dos resíduos e conseqüente empobrecimento dos resíduos nestes elementos, o que leva a uma estabilização química dos aterros com a idade.

Atenuação foi definida como um conjunto de reações físicas, químicas e/ou biológicas, ou uma transformação que causa o decréscimo temporário ou permanente na concentração de muitos contaminantes presentes nos resíduos, dado um certo intervalo de tempo e distância.

Segundo NASCIMENTO (2001), o impacto dos principais fatores ambientais e seus efeitos sobre vários constituintes químicos em aterros são descritos a seguir:

- pH e potencial de oxi-redução

O chorume de aterros é geralmente ácido devido à acumulação de ácidos orgânicos durante o ínicio da decomposição dos resíduos. Muitas reações que ocorrem no chorume são governadas pelo potencial de oxi-redução e pH. Dentre estas reações destacam-se a solubilização e precipitação do Fe, Mn e de outros metais; do enxofre e fósforo, além da conversão de nitrogênio.

Neutralizações podem ocorrer durante a dissolução de carbonato de cálcio e de outros minerais presentes no perfil do solo.

- Matéria orgânica

A migração da matéria orgânica no sistema solo/água é intensamente influenciada pela atividade microbiológica, superfície de sorção e quelação. A decomposição da matéria orgânica no chorume e no solo é um significante mecanismo de atenuação e migração, de acordo com CHIAN.

- Alcalinidade

A alcalinidade do chorume é decorrente da presença de carbonatos, bicarbonatos, silicatos, boratos, amônia, bases orgânicas e fosfatos segundo LU et al. (1984) citado por NASCIMENTO (2001).

A migração destas substancias no solo é afetada principalmente por dissolução e precipitação de carbonato de metais.

- Íons maiores

Os principais íons incidentes no chorume são: Na+, K+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^{-} e SO_4^{2-}. A atenuação destes íons depende da solubilidade e troca iônica. A diluição nos aqüíferos é a principal causa da diminuição da concentração destes íons.

- Nutrientes

A transformação de nitrogênio depende da presença de microorganismos, pH e potencial de oxi-redução.

Os mecanismos de atenuação para os compostos de fósforo são dados predominantemente por transformações biológicas, precipitação, complexação, solubilização e sorção.

- Metais traços

O comportamento dos metais traço no solo e na água é extremamente complexo. Os principais mecanismos que influenciam a mobilidade dos metais tração são: precipitação e solubilização; sorção; troca iônica; complexação, quelação e diluição. Cada metal reage de forma distinta no solo e na água, onde os principais fatores que influenciam a mobilidade dos metais são pH, potencial de oxi-redução, atividade microbiológica e química do solo.

TANDEL (1998), concluiu em seu resumo que os resultados indicam que, embora o percolado possua grande potencial poluidor, o aqüífero freático não está sendo contaminado de maneira significativa e, que no solo tem ocorrido à degradação quase total do percolado. A pluma de contaminação tem estado circunscrita à área do aterro. Portanto o impacto ambiental tem sido pequeno e restrito.

Cabe aqui uma discussão sobre a diferença que existe entre o que seja chorume e percolado. O chorume origina-se na digestão da matéria orgânica através das enzimas produzidas por bactérias. Águas da chuva e de nascentes percolam através do lixo no aterro e carreiam o chorume e a matéria orgânica, dando origem ao percolado, segundo GOMES (1989), citado por TANDEL (1998). Assim fica claro que o líquido que é analisado e estudado em laboratório é o percolado, sendo o chorume apenas uma parte deste primeiro.

Líquidos percolados são efluentes líquidos gerados em locais de disposição de rejeitos, que por vezes também são denominados de forma inadequada por alguns autores de chorume.

De acordo com SCHALCH (1992a), os líquidos percolados são aqueles que de fato compõem a fase líquida do aterro sanitário. Esses líquidos ocupam, juntamente com os gases, os interstícios existentes na fase sólida.

Os líquidos são produzidos como conseqüência de uma complexa gama de interações entre fatores relacionados com o local de disposição do lixo como geológico, hidrogeológico, hidrometeorológico e topográficos, além da composição do rejeito (incluindo teor de umidade e inoculação microbiana), compactação das células, impermeabilização e cobertura vegetal.

Segundo BALDOCHI (1990), citado por PASCHOALATO (2000), os líquidos percolados formados, denominados de percolados ou lixiviados, são conseqüência de:

- infiltrações de água de chuva;
- infiltrações de águas subterrâneas;
- escoamento superficial no lixo depositado.

Cita também que segundo FUZZARO (1994), a percolação das águas de chuva através da massa de resíduos arrasta consigo o chorume, bem como outros materiais em solução ou suspensão, constituindo-se os chamados líquidos percolados dos aterros. Também esses líquidos percolados são formados ainda pela umidade natural dos resíduos sólidos; pela água de constituição de alguns materiais presentes no resíduo sólido, liberada pela compactação ou pela própria decomposição; pelos líquidos gerados no processo biológico de decomposição de determinados elementos existentes no resíduo sólido; pela contribuição de nascentes, bem como pela água da chuva precipitada sobre o aterro, sendo que estas duas últimas parcelas são normalmente muito superiores ás demais, sendo comum a não formação desses líquidos nos aterros implantados em locais secos, onde a taxa de evapotranspiração é maior que a da precipitação.

Segundo SCHALCH (1992b), citado por PASCHOALATO (2000), além da DBO, que atinge valores da ordem de 10 a 100 vezes superiores aos do esgoto doméstico (DB0 = 300 mg/l), os líquidos percolados dos aterros apresentam ainda altos teores de cloretos, nitratos, sulfatos, zinco e outras substâncias, dependendo da composição dos resíduos aterrados e da presença de resíduos industriais. Também é alta a concentração de microorganismos patogênicos,

determinada pela presença de coliformes fecais, na ordem de 106 a 108 colônias por 100 ml.

É importante frisar que a composição desses líquidos pode variar consideravelmente de um local para outro, como também no mesmo local, dependendo das condições anteriormente mencionadas.

3.8 Solo

Os solos são formados por um sistema heterogêneo de fases sólidas, líquidas e gasosas em diferentes proporções. São constituídos por componentes químicos inertes, substâncias com diferentes solubilidades, sais solúveis, componentes insolúveis e uma grande variedade de componentes orgânicos e de organismos.

O processo de filtração ocorre devido às diferenças de diâmetro entre as partículas em suspensão no chorume e os poros do solo, o que causa a retenção de material em suspensão. Com a crescente retenção de partículas pela porosidade, a permeabilidade do solo tende a diminuir com o tempo, tendendo a reduzir a percolação do chorume. De modo geral, quanto menor a granulometria, maior a capacidade de troca iônica e retenção de partículas, além de menor permeabilidade, o que torna solos argilosos mais apropriados para receber aterros.

Tabela 5 - Relação entre o tamanho das partículas, permeabilidade de solos e respectivas capacidades de proteção das águas subterrâneas, visando à implantação de aterros sanitários. Adaptado de U.S. EPA (1978) e Qasim e Chiang (1994).

Tipo de solo	Tamanho do grão (mm)	Permeabilidade (cm/s)	CTC (meq/100g)	Capacidade para receber aterros
argiloso	< 0,002	$10^{-8} – 10^{-6}$	> 20	alta *
siltoso	0,002 – 0,05	$10^{-6} – 10^{-3}$	12 – 20	razoável **
arenoso	0,05 – 0,25	$10^{-3} – 10^{-1}$	1 – 10	baixa ***

* a impermeabilização pode não ser necessária
** a impermeabilização pode ser necessária
*** a impermeabilização é necessária

A sorção envolve a adsorção e a desorção, principais mecanismos para a atenuação dos metais pesados. Dependem do pH do meio, da natureza do solo e dos contaminantes presentes nos resíduos. Adsorção é um processo que ocorre quando as moléculas se aderem nas partículas de argila. É realizada principalmente por argilo-minerais, alumínio hidratado, ferro, óxido de manganês e constituintes orgânicos. O mecanismo de adsorção acarreta no significativo decréscimo do total de sólidos dissolvidos no chorume. Desorção ocorre ao contrário, quando as moléculas são liberadas pelas partículas.

O mecanismo de troca iônica ocorre pela tendência que alguns contaminantes, principalmente os constituintes orgânicos, apresentam em aderir às superfícies de alguns minerais. Dentre os minerais presentes nos solos, a argila destaca-se por possuir tamanho reduzido de suas partículas, favorecendo mais superfícies de contato, e conseqüentemente, maior disponibilidade para trocas de íons. A capacidade de troca depende do tipo e concentração de argila, do conteúdo de elementos orgânicos e das condições de pH do solo. A troca é favorecida, em solos com presença de orgânicos e pH alto.

A tendência de migração do contaminantes em aterros sanitários depende essencialmente das características do solo, das características do chorume e das condições ambientais e de operação do aterro.

Solo é um sistema dinâmico, heterogêneo e complexo, com fases sólida (orgânica e mineral), líquida e gasosa. Suas propriedades são: função de equilíbrios químicos, físicos e físico-químicos entre estas fases, segundo BRADY, citado por GARY et al., citado por NASCIMENTO (2002).

Uma das características comuns dos metais pesados é a tendência de acumularem-se no solo em pH elevado, não tendendo a migrar da camada superior do aterro de base (solo compactado).

A toxicidade dos metais pesados varia de um elemento para outro, em ordem decrescente da seguinte maneira: Hg>Cd>Ni>Pb>Cr>Li.

Os metais pesados apresentam grande afinidade de sorção com os constituintes sólidos do solo e, nessas condições, apresentam-se aderidos à fase sólida do sistema. Alguns fatores, no entanto, podem alterar a estabilidade das

ligações formadas, provocando liberação dos metais para a fase líquida. Entre eles, destacam-se o pH e condições de óxido-redução, presença de agentes complexantes (ácidos húmicos), etc., segundo ALLOWAY (1995), citado por NASCIMENTO (2002), que descreve os metais pesados abaixo em relação ao solo:

Zinco

Em condições ácidas o Zn^{2+} é, dentre os metais pesados, um dos mais solúveis segundo ALLOWAY (1995). É um metal calcofilico, ocorrendo como espécie mineral esfarelita (ZnS). Em sua forma iônica, ocorre principalmente em solos ácidos aeróbios, possuindo mobilidade média que aumenta nas formas trocáveis em argilas e matéria orgânica.

Solos percolados com soluções de caráter ácido sempre se apresentam com baixos teores de zinco, devido sua intensa mobilidade.

Cobre

Apresenta também forte tendência a ligar-se quimicamente ao enxofre, formando compostos poucos solúveis como Cu_2S e CuS segundo ALLOWAY (1995).

Segundo McBRIDE, vários materiais do solo, adsorvem fortemente o Cu^{2+}, especialmente no estado coloidal, como óxidos de Mn, Al e Fe, argilosilicatos e substâncias húmicas.

Cromo

Segundo ALLOWAY (1990), o conteúdo de cromo em solos, à semelhança dos demais metais estudados é determinado pelo material de origem. Na maioria dos solos, o teor total deste elemento está situado entre 5 e 1000 $mg.Kg^{-1}$. O cromo de origem antropogênica é introduzido no ambiente tanto como resíduo industrial (indústria química, galvanização, ligas metálicas, curtumes, etc), como em produtos descartados (roupas, sapatos, produtos tingidos com pigmentos de cromo, madeira tratada, etc.). O cromo não faz parte dos microelementos essenciais para plantas, entretanto é um constituinte essencial

para animais, sendo que diversas doenças como (diabetes, arteriosclerose, crescimento, catarata, etc.) têm sido associadas a sua deficiência, conforme descrito pelo EPA (2000). As propriedades oxidantes do cromo hexavalente causa intoxicação em humanos.

Chumbo

Nos solos, o chumbo ocorre principalmente no estado de oxidação +2 e apresenta grande afinidade pelo enxofre ocorrendo sob a forma de sulfetos e sulfatos segundo McBRIDE.

Segundo BORMA, et al. (1996), dado o conhecimento de que os cátions metálicos têm forte tendência a se precipitar sob valores elevados de pH, muitas vezes a preocupação com tais elementos, principalmente no caso de aterros sanitários, é considerada irrelevante. Isto ocorre devido ao fato de que, a migração por difusão desses elementos é muito mais lenta do que para os demais constituintes inorgânicos presentes no líquido percolado. Concomitantemente ao fenômeno de advecção através do solo ocorrem reações entre os contaminantes dissolvidos e os constituintes sólidos do solo.

NASCIMENTO (2002) diz não restar dúvida de que, apesar da baixa mobilidade de ions metálicos no solo, eles se constituem num dos principais contaminantes inorgânicos dos aquiferos. Apresenta um estudo detalhado de ALLOWAY (1995) sobre o comportamento dos metais pesados no solo e as atividades antrópicas as quais cada metal está associado.

Cita em suas conclusões que a fração argila do solo apresenta propriedades que favorecem a adsorção de íons metálicos confirmado pelos valores de ΔpH que se apresentam sempre maiores que zero. Ressaltou que a presença elevada de manganês, graças aos seus diferentes estados de oxidação, induz o comportamento do cromo, ora como cromo (III) fixo, ora como cromo (VI) móvel. Também concluiu que o chumbo e o cromo, menos presente no solo, com valores pouco expressivos, apresentam-se mais ligados às frações óxidos/hidróxidos de ferro/manganês e à matéria orgânica.

Conclui que os íons que podem ser considerados lábeis, e assim, mobilizados para as águas das zonas saturadas pela ação das águas das chuvas e pela influência da força iônica são Zn=Mn>Cu>>Pb>>Cr. Os teores dos íons metálicos apresentam-se mais elevados no período seco, indicando mobilidade acentuada e maior solubilidade no período de chuva.

O chumbo encontra-se adsorvido aos óxidos-hidróxidos de ferro e manganês e também precipitado sob a forma de carbonatos. Significativa é também sua associação à matéria orgânica: fixo, quando adsorvido a ela e disponível na forma de íons complexos.

Finalmente o cromo, cujo comportamento junto à matéria orgânica deve ser destacado, encontra-se num ambiente redutor adequado para sua presença na forma precipitada como cromo (III).

Observa que a região de estudo é extremamente quente com longos períodos de seca, prevalecendo o fluxo iônico mais concentrado nessa época, sendo que no período seco, tem-se maior concentração de agente poluidores e nas chuvas, dissipação.

Conclui também que para a fixação dos íons metálicos do solo, principalmente aqueles associados aos antigos depósitos de resíduos sólidos, seria indicada uma ação química através do controle do pH pela adição de corretivos como, por exemplo, calcário.

3.9 Recalque

Segundo VARGAS (1977), é a deformação vertical positiva de uma superfície qualquer delimitada no terreno. Pode-se também definir recalque como o deslocamento vertical para baixo de um ponto.

Foi após artigo publicado por SOWERS (1973) apresentando a adaptação da formulação clássica de adensamento utilizada em solos para a estimativa da magnitude dos recalques que ocorrem nos maciços sanitários, que as pesquisas e estudos sobre a compressão dos maciços sanitários de resíduos sólidos se intensificaram.

A estimativa e acompanhamento dos recalques dos aterros sanitários, bem como a velocidade associada a tais recalques é importante para: estimar a vida útil do aterro sanitário; reaproveitamento das áreas após o encerramento do descarte; projetar e implantar os sistemas de drenagem superficial e de drenagem de efluentes; monitoramento geotécnico do aterro sanitário e verificar o desempenho do sistema de cobertura final.

Já em livro escrito por EDIL et al. (1990), é argumentado que se pode perceber que, se por um lado os recalques de um aterro sanitário podem ser problemáticos, por outro lado proporcionam o aumento da vida útil com possibilidades de disposições adicionais.

SOWERS (1973) descreve os mecanismos de recalque como sendo: solicitação mecânica (distorção, etc.), ravinamento interno (erosão de materiais finos), alterações físico-químicas, biodegradação, interação e dissipação das pressões neutras de líquidos e gases. Desses mecanismos, somente o primeiro e o último, citado acima, estão relacionados ao carregamento imposto, os demais se relacionam com o ambiente em que se encontram os resíduos no interior do aterro (em termos de ar, umidade, temperatura entre outros) e estão ligados às transformações bioquímicas do interior do aterro. Outro fator importante a ser levado em consideração é a idade do aterro sanitário. Aterros mais antigos tendem a ter recalques menores num certo intervalo de tempo do que aterros mais novos.

A biodegradação, que é a degradação biológica, correspondente à fermentação e degradação dos materiais, causando transferência de massa da fase sólida para as fases líquida e gasosa, é o principal processo e um dos mais complexos mecanismos de recalque, podendo durar décadas.

De acordo com a maioria dos autores, o recalque de maciços sanitários, independente de seus mecanismos, pode ser dividido em 3 fases ao longo do tempo, à semelhança de solos: compressão inicial, compressão primária e compressão secundária, cita WALL & ZEISS (1995).

MANASSERO et al. (1996) observam que o comportamento dos recalques de maciços sanitários é bastante semelhante ao dos solos turfosos, para

os quais ocorre recalque imediato, acompanhado por recalques adicionais elevados com pouca ou nenhuma dissipação de pressões neutras.

Os recalques atingem 30% da espessura total inicial dos aterros sanitários (SOWERS, 1973). Outros autores citam valores entre 10% e 50%.

SCHALCH (1997), em trabalho conjunto com LEITE E FERNANDES JÚNIOR, afirma que a redução de volume em aterros sanitários por assentamento, depende principalmente das características do resíduo sólido aterrado e do seu grau de compactação. Cita que segundo trabalho do Engº Francisco Xavier Ribeiro da Luz: "o efeito da compactação realizada pela técnica correta é extraordinário, pois no mesmo dia, ou no dia seguinte, já é possível trafegar sobre a célula com caminhões de coleta ou basculante com material de recobrimento totalmente carregados, sem qualquer prejuízo".

A capacidade de carga, em aterros executados sem a técnica de compactação adequada, não alcança 0,50 Kg/cm^2, insuficiente até para um estacionamento de veículos. Á medida em que a decomposição se desenvolve, há um abatimento que pode atingir até 25% da altura (a matéria orgânica perde até 40% do seu valor ao se decompor) e a capacidade de carga alcança valores da ordem de 1,0 kg/cm^2.

Em aterros executado com a técnica de compactação recomendada, a capacidade de carga alcança, logo de inicio, até 2 kg/cm^2, e o abatimento é mínimo, mesmo após o decurso de anos. Exemplo típico é o aterro controlado de Lausanne Paulista que, quatro anos após sua conclusão, apresentava um abatimento quase imperceptível, considerada sua altura de 20m (seis camadas de células).

3.10 Poços de Monitoramento

São poços abertos a montante e a jusante da área estudada para coleta de amostras e dados, por interceptação do fluxo de poluentes provenientes desta área, e que monitorados regularmente, nos darão um panorama da situação da

pluma de poluentes e das características dos elementos componentes do líquido pesquisado.

Conforme preceituado pela Norma técnica 06-010 da CETESB (1988) os poços de monitoramento devem ser locados em planta topográfica, em escala compatível e que deve haver pelo menos um poço a montante do aterro, a fim de se conhecer a qualidade da água não contaminada; e três a jusante, não alinhados, para se avaliar uma possível interferência na qualidade da água subterrânea local.

O ponto de monitoramento de água subterrânea não deverá exceder a distância de 150 metros do limite da unidade e deverá estar na área do proprietário/operador do aterro sanitário,segundo PIMENTEL JUNIOR (1998).

As amostras coletadas deverão ser submetidas aos seguintes ensaios e análises:

- nível estático do poço; pH; condutividade; carbono orgânico total; cloreto; sulfato; nitrogênio amoniacal; nitrogênio nitrito; nitrogênio nitrato; nitrogênio Kjedall; cádmio; cromo total; ferro; coliformes totais e fecais; estreptocócos fecais; demanda bioquímica de oxigênio (DBO); demanda química de oxigênio (DQO); fósforo total; sulfeto.

TANDEL (1998), descreve que com o objetivo de estudar a poluição provocada no aqüífero freático pelo aterro estudado, foram analisados durante um ano (1996) as águas de três poços de monitoramento e o percolado (chorume). Determinaram-se os teores de zinco, chumbo, cádmio, cobre, pH, DQO, DBO_5, condutividade elétrica, toxicidade aguda (Daphnia similis) e contagem bacteriana. Interpretou-se também uma série de análises físico-químicas do percolado e do gás do aterro realizadas entre outubro de 1990 e julho de 1992.

Em estudos já efetuados neste campo, a análise dos resultados obtidos no monitoramento das águas subterrâneas, permite inferir a inexistência de contaminação significativa no aqüífero da área em estudo, seja devido à matéria orgânica ou aos metais analisados, apesar do cloreto ter apresentado valores acima do padrão de potabilidade (250 mg/L), no poço de monitoramento P2, concluiu em sua pesquisa ASSIS (1999).

PASCHOALATO (2000) observa que as amostragens em sua pesquisa foram efetuadas nos poços de monitoramento, conforme as recomendações técnicas da CETESB (1988), sendo que todos os poços foram esgotados um dia antes da coleta, sendo tal procedimento necessário para se descartar a possibilidade de coletar líquido que estivessem estagnados e concentrados no tubo dos poços. O volume esgotado correspondeu a 3 vezes o volume que continha cada poço, considerando-se o nível, a profundidade e o diâmetro. Importante salientar a influência da sazonalidade, pois quando esta na época das chuvas o líquido percolado pode ter sua concentração afetada. Constata que os líquidos percolados possuem uma coloração escura variando de marrom para castanho, o que interfere significativamente nos procedimentos analíticos que utilizam, na maioria, a espectroscopia para as determinações. Outro fator significativo, quanto a interferentes, é a grande quantidade de constituintes orgânicos e inorgânicos do líquido em estudo.

3.11 A Indústria Calçadista

Conforme GARCIA (2003), citado por CONTADOR JÚNIOR (2004), a indústria de calçados possui dois segmentos produtivos mais importantes, o processamento do couro e a confecção de calçado. Além desses segmentos, apresenta inter-relações com outros setores industriais, como, por exemplo, com as indústrias química, automotiva, de móveis e do vestuário. Como matéria-prima, além do couro, a indústria de calçados tem utilizado crescentemente materiais alternativos na confecção de seus produtos, com destaque aos materiais plásticos. Isto implica algumas mudanças importantes, no que tange à organização do processo produtivo, e também em impactos importantes sobre o padrão de concorrência do setor. Todavia, ainda não foram descobertos materiais que sejam capazes de substituir o couro em algumas de suas características principais como estilo, leveza e adaptabilidade às características do pé. Nesse sentido, por mais que o desenvolvimento de novos materiais tenda a

reduzir a importância do couro como matéria-prima para produção de calçados, ele ainda responde por parcela significativa de consumo.

O processo de fabricação de calçados de couro é relativamente simples e apresenta apenas duas etapas principais. Primeiro, a etapa de extração, depois o processamento e acabamento do couro, que vai desde o tratamento que é dado aos animais (bovinos, caprinos e outros) no pasto até a venda do couro acabado para as empresas produtoras de calçados. Vale a pena lembrar que o processo de curtimento é feito justamente para retardar a putrefação do couro.

Cita ainda o autor, que a indústria de couro é forte e importante, em qualquer país, quando ao seu lado existe uma igualmente forte e importante indústria que incorpora essa matéria-prima na fabricação de calçados e manufaturados.

A China é o país que mais produz calçado no mundo, seguido pela Índia e Brasil. A Itália e a Espanha, devido ao alto nível de qualidade e ao design são os principais países produtores de calçados na Europa.

Conforme FENSTERSEIFER e GOMES (1995), também citados pelo autor, o complexo coureiro-calçadista brasileiro é formado pelo setor de curtumes, fornecedor de componentes e de máquinas para calçados e couros. São 500 curtumes, 4 mil empresas produtoras de calçados, cerca de 1.300 produtoras de componentes e 90 fabricantes de máquinas. Sua capacidade produtiva gira em torno de 600 milhões de pares de calçados/ano: 70% destinados ao mercado interno e 30% destinados às exportações.

Tabela 6 - Maiores produtores mundiais de calçados (em milhões de pares)

País	**2000**	**%**	**2001**	**%**
China	6.442	53,3	6.628	54,2
India	715	5,9	740	6,1
Brasil	580	4,8	610	5,0
Indonésia	499	4,2	488	4,0
Itália	390	3,2	376	3,1
Vietnã	303	2,5	320	2,6
México	285	2,4	217	1,8
Tailândia	267	2,2	273	2,2
Paquistão	241	2,0	242	2,0
Turquia	219	1,8	211	1,7
USA	96	0,8	79	0,6
Outros	2.042	16,9	2.036	16,7
Total	**12.079**	**100,0**	**12.220**	**100,0**

Fonte: Resenha Estatística – Abicalçados (2003)

A grande variedade de produtos segmenta a indústria de calçados. O calçado é um produto de uso compulsório, em que a moda dita modelos e estilos variados, confeccionado em diversos tipos de materiais para as mais variadas finalidades de consumo. Existem muitos segmentos: calçados sociais, atléticos, casuais, sintéticos, tecidos entre outros e a concorrência segmentada gera estratégias mercadológicas diferenciadas sendo que, cada segmento é regido por necessidades específicas. A produção é feita por empresas de todos os portes. Mas, com o progressivo aumento da terceirização em vários processos produtivos inerentes à indústria, o número de empresas pequenas vem crescendo. A figura a seguir apresentada aponta a localização geográfica dos pólos produtores, segundo estados da federação, estando representadas as regiões Nordeste, Sudeste e Sul.

Figura 5 - Pólos calçadistas no Brasil (por unidade da federação)
Fonte: Rais/Ministério do Trabalho Secex/MDIC e Abicalçados, 2003.

Tabela 7 - Caracterização geral, dados do pólo coureiro/calçadista no Brasil 2001/2002.

Base 2002	**RS**	**SC**	**SP**	**MG**	**BA**	**PB**	**CE**	**Total**
Número de empresas	2.838	285	2.216	1.287	89	96	189	7.000
Número de empregados	130.418	3.998	46.372	16.974	11.835	7.260	36.755	253.612
Exportação US$ milhões	1.165	7	116	5	17	24	111	1.445
Exportação milhões de pares	115	1	15	1	3	5	24	164
Base 2001								
Exportação US$ milhões	1.317	7	133	12	9	27	106	1.611
Exportação milhões de pares	121	1	17	2	1	4	22	168

Fonte: RAIS/Ministério do Trabalho; SECES/MDIC e Abicalçados 2003.

A tabela a seguir, mostra o número de empresas e o número de empregados conforme o pólo e sua localização dentro dos estados brasileiros.

Tabela 8 - Principais pólos calçadistas no Brasil - Base: 2002

Pólo	Número de Empresas	Número de empregados
Vale do Rio dos Sino (RS)	2.838	130.418
Franca, Birigui e Jaú (SP)	2.216	46.372
Nova Serrana e Belo Horizonte (MG)	1287	16.974
São João Batista (SC)	285	3.998
Sobral, Fortaleza e Cariri (CE)	189	36.755
Campina Grande e Santa Rita (PA)	96	7.260
Itapetininga, Jequié e Juazeiro (BA)	89	11.835
TOTAL	**7.000**	**253.612**

Fonte: RAIS/Ministério do Trabalho, Secex/MIDC e Abicalçados, 2003.

A tabela abaixo, caracteriza os volumes de produção, mão de obra e exportação e a respectiva representatividade do Pólo do Estado de São Paulo e o Brasil.

Tabela 9 - Dados do pólo calçadista do estado de São Paulo

Base 2002	**Volumes**	**% Brasil**
Número de empresas	2.216	29,3
Número de empregados	46.372	17,7
Exportações em US$ milhões	116	8,0
Exportações em milhões de pares	15	9,2
Base 2001		
Exportações em US$ milhões	133	8,2
Exportações em milhões de pares	17	9,9

Fonte: RAIS/Ministério do Trabalho, Secex/MIDC e Abicalçados, 2003.

O número de empresas calçadistas no Estado de São Paulo, representando 29,3% das empresas do Brasil e com alto grau de empregabilidade, 17,7%, demonstra a importância do Pólo no cenário nacional. A relação número de empregados por número de empresas aponta em média 21 empregados por empresa.

Com o avanço tecnológico do setor coureiro-calçadista, a partir da década de 1970, o calçado brasileiro passou a ter expressiva importância na pauta de exportações nacionais. Nesta época, o calçado brasileiro cresceu em qualidade e produtividade devido ao movimento de modernização no setor e ao aprendizado da indústria na produção voltada a um mercado mais exigente, o importador internacional. Por apresentar preços baixos, facilidades produtivas e comerciais em relação ao calçado masculino, a produção do calçado feminino compõe grande parte das exportações nacionais.

Na seqüência, com base em FENSTERSEIFER e GOMES (1995), citado por CONTADOR JÚNIOR (2004), encontram-se detalhadas as etapas de preparação do couro:

Preparação da Pele ou Etapa de Ribeira:

a) Preparação da Pele

Inicia-se logo depois da esfola. As peles são bem lavadas e escovadas do lado carnal, para impedir a proliferação de microorganismos. A pele neste estágio recebe a denominação de "pele verde". Sua conservação é feita por imersão em salmoura forte, durante um período de dezesseis e vinte horas. A operação seguinte consiste numa salga seca: as peles são empilhadas, intercalando-se camadas de sal entre elas, o que provoca a desidratação parcial do couro, com a eliminação das proteínas solúveis e o aumento da resistência aos microorganismos. Antes de passar para a fase seguinte, as peles são classificadas de acordo com seu comprimento e peso;

b) Remolho

Restaura a água dos couros e remove sujeiras, soro, sangue, sal, etc. É realizado em tanques ou fulões (cilindros rotativos) nos quais as peles são imersas em banhos contendo água, detergente, produtos umectantes e bactericidas;

c) Pré-descarne

Visa à remoção da camada hipodérmica (carnaça) das peles. É um processo mecânico, realizado antes da operação da depilação – caleiro, evitando a presença de produtos químicos na carnaça removida, possibilitando o seu aproveitamento, facilitando o seu tratamento e melhorando a qualidade dos subprodutos;

d) Depilação-caleiro

É uma das fases mais importantes antes do curtimento. Promove a retirada dos pêlos e da epiderme, provoca o inchamento da pele, preparando as fibras colígenas e elásticas para serem curtidas e, também, saponifica as gorduras. Esse processo consiste num banho com agitação periódica, numa solução contendo água, sulfeto de sódio e cal hidratada. O sulfeto de sódio, em meio alcalino, elimina os pêlos; sua maior ou menor concentração irá determinar se os pêlos serão recuperáveis ou não. Quando a recuperação dos pêlos não for economicamente interessante, eles serão completamente destruídos;

e) Descarnagem

É a remoção do tecido adiposo e do sebo aderentes à face interna da pele. Pode ser feita manualmente ou por máquinas especiais. Como operação posterior, ocorre o recorte das aparas (pelanca) que são utilizadas para fabricação de colas ou gelatinas. O sebo é recuperado em quase todos os grandes curtumes sendo o subproduto de maior valor. É utilizado na produção de sabão, graxas e velas. A descarnagem permite uma penetração mais fácil e mais eficiente dos curtientes na pele e

f) Divisão

É uma operação que consiste em dividir em duas camadas a pele inchada e depilada. A camada que estava em contato com a carne recebe o nome de “raspa” ou “crosta” e a parte externa recebe o nome de “flor” ou “vaqueta”. Esta operação é empregada apenas nos curtumes que produzem couro para a parte superior dos calçados. Não é usada na fabricação de solas que utilizam o

couro na sua espessura normal. A divisão da pele, geralmente, é efetuada sem adição de água, em máquina nas quais a pele passa entre dois rolos, enquanto uma faca giratória operando entre os rolos, corta a manta em duas.

Etapa de curtimento:

a) Descalcinação e Purga

O objetivo é remover o excesso de cal e sulfeto das peles e prepará-las para o curtimento, tornando-as mais macias, porosas, flexíveis e menos enrugadas. A descalcinação é realizada em fulões (tambores rotativos), nos quais as peles são imersas em banho contendo soluções de sais de amônia e ácidos. A purga é realizada nos mesmos fulões, e as peles são lavadas com enzimas proteolíticas ou fungos e sais de amônia, que têm a função de digerir e soltar a matéria epidêmica, junto com o resto das raízes dos pêlos;

b) Piquelagem

Consiste na acidificação da pele com ácidos orgânicos, ou ácido sulfúrico e cloreto de sódio, a fim de evitar o inchamento e a precipitação de sais de cromo, no caso de curtimento ao cromo. Antes do curtimento vegetal (com tanino), não se usa a piquelagem. A mesma pode ser realizada em tanques ou fulões. Pode ser empregada também como um meio de preservar as peles durante a armazenagem, antes do curtimento;

c) Remoção de gordura

Não é muito empregada atualmente, a não ser em curtumes especializados em couros de carneiros, cabras e porcos e

d) Curtimento

Visa transformar a pele em material imputrescível, o couro, estabilizando definitivamente sua estrutura fibrosa, por meio de reação ao agente curtiente e a pele. Embora haja muitos reagentes utilizáveis no curtimento, apenas cinco deles são empregados em quantidades expressivas: tanino vegetal, taninos sintéticos, cromo, sais de alumínio e zircônio. O cromo é utilizado na produção de couros

leves. A principal vantagem é a abreviação do tempo de curtimento e a produção de um couro mais resistente ao calor e ao desgaste. A maioria dos couros ao cromo é produzida em único banho de sulfato básico de cromo. O couro absorve sais de cromo na proporção de 3 a 7% de seu peso, sendo que esta operação é realizada no banho de píquel, adicionando-se sais de cromo (sulfato) com um mínimo de 1,5% e um máximo de 5% de óxido de cromo. No curtimento vegetal, as peles piqueladas, ou não, são curtidas por imersão numa solução de tanino, em banhos de concentrações crescentes. A purga é eventual, e o recurtimento é feito com taninos vegetais e sintéticos. As fontes mais empregas de tanino no Brasil são: casca e extrato de quebracho, casca de acácia negra e casca de barbatimão.

Etapa de semi-acabado

Nesta etapa são realizadas operações que conferem ao couro propriedades específicas de umidade, flexibilidade e aparência. As principais operações são:

a) Enxugamento

Visa à remoção da umidade do couro. O enxugamento é realizado mediante a passagem do couro em rolos compressores, revestidos com feltros;

b) Rebaixamento

Visa nivelar a superfície do couro e uniformizar sua espessura;

c) Neutralização

Essa operação visa retirar da superfície do couro os sais solúveis de cromo, os sais alcalinos e ácidos leves, a fim de que as operações posteriores de tingimento e engraxe possam ocorrer sem problemas;

d) Recurtimento

Operação semelhante ao curtimento que objetiva conferir ao couro características especiais. É realizada em fulões, contendo soluções de tanantes sintéticos ou naturais, ou ainda, óxidos de cromo;

e) Tingimento

Operação realizada em fulões, nos quais os couros são imersos em banhos de corantes aniônicos, naturais ou sintéticos;

f) Engraxe

Pode ser feito no mesmo banho do tingimento, consiste na impregnação do couro em óleos e graxas especiais, geralmente óleos sulfonados, de baleia ou de rícino, para evitar o seu fendilhamento e torná-lo mais macio, dobrável, forte e resistente ao rasgo;

g) Estiramento

É realizada para se eliminar o excesso de umidade ou para se obter o nivelamento das superfícies do couro;

h) Secagem

Pode ser realizada por diferentes processos, dependendo das características desejadas no produto final. Os processo mais usuais são: secagem a vácuo, em secotherms (placas metálicas verticais aquecidas por eletricidade ou vapor, nas quais o couro é fixado) e pasting (placas de vidro que entram numa estufa com controle e ar e temperatura);

i) Amaciamento

Processo para deixar a vaqueta macia e

j) Lixamento

As vaquetas de qualidade inferior devem ser lixadas na flor para corrigir os defeitos; antes, porém, devem passar pela câmara de umidecimento.

Etapas de acabamento

Nesta etapa são realizadas operações que conferem ao couro os devidos acabamentos para o produto final. As principais operações são:

a) pintura

b) prensa

c) medida em m^2

d) expedição

Os insumos curtentes mais comuns são o cromo e o tanino. O cromo é o curtente mais utilizado e, tanto um como o outro, representam 35 a 50% do custo dos insumos químicos. É um elemento traço essencial, mas também tóxico para o ser humano. Este elemento químico se encontra naturalmente no solo, na poeira e gases de vulcões. No meio ambiente são três os números de oxidação do metal: cromo (0), cromo (III) e cromo (IV). Cromo (III) tem ocorrência natural no meio ambiente, enquanto o cromo (IV) e cromo (0) são geralmente produzidos por processos industriais. Cuidados especiais são necessários tanto na manipulação durante o processo industrial como no tratamento de resíduos. Os resíduos possuem alto poder de contaminação, quando não são convenientemente tratados e simplesmente abandonados em corpos d'água, aterros industriais ou mesmo lixões clandestinos, segundo GIANETTI (2003) citado por CONTADOR JÚNIOR (2004).

Nos dias atuais já existem alguns curtumes que buscam minimizar a geração de resíduos com a implementação de tecnologias limpas. A prevenção à poluição refere-se a qualquer prática que vise à redução e/ou eliminação, seja em volume, concentração ou toxicidade, das cargas poluentes na própria fonte geradora. Inclui modificações nos equipamentos, processos ou procedimento, reformulação ou replanejamento de produtos e substituição de matérias-primas e substâncias tóxicas que resultem na melhoria da qualidade ambiental, segundo FIGUEIREDO et al. (2000) citado pelo autor. Alguns procedimentos para isso são:

- Substituição de corantes por outros menos poluentes;
- Utilização do couro verde em substituição ao salgado (somente possível com maior integração de toda a cadeia);
- Mudanças no processo de pintura;
- Reorganização do local de trabalho (limpeza, Layout);

- Uso de equipamentos que reduzam o consumo de água e energia;
- Reutilização de resíduos (aparas, sebo) e
- Redução e recuperação do cromo, através de processo químico, para reutilização.

Foto 7 - Área à esquerda já coberta e fechada e a direita abertura da nova frente. Tirada no inicio de 2004. Lixão de Jaú.

Foto 8 - À direita, área já coberta e fechada para uso. Abaixo a esquerda, caminhão e máquina trabalhando na ampliação da mesma. Tirada no inicio de 2004. Lixão de Jaú.

Destaca-se no setor a adoção de medidas para a redução dos impactos ambientais ligados aos resíduos gerados. É o caso da instalação de estações de tratamento de efluentes (ETE) e da destinação de resíduos sólidos para aterros industriais. Segundo ARCHETTI E SALVADOR (1998) citados pelo autor, um ponto importante no desenvolvimento de tecnologias limpas e sustentáveis no setor calçadista é a produção de calçados isentos de cromo.

3.12 Recuperação de Áreas Contaminadas

3.12.1 Área Contaminada

Segundo a CETESB (2005), uma área contaminada (AC) pode ser definida como uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural.

Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se em sub-superfície nos diferentes compartimentos do ambiente, por exemplo, no solo, nos sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos, nas águas subterrâneas ou, de uma forma geral, nas zonas não saturada e saturada, além de poderem concentrar-se nas paredes, nos pisos e nas estruturas de construções.

Os poluentes ou contaminantes podem ser transportados a partir desses meios, propagando-se por diferentes vias, como o ar, o próprio solo, as águas subterrâneas e superficiais, alterando suas características naturais de qualidade e determinando impactos negativos e/ou riscos sobre os bens a proteger, localizados na própria área ou em seus arredores.

Segundo a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), são considerados bens a proteger:

- a saúde e o bem-estar da população;

- a fauna e a flora;

- a qualidade do solo, das águas e do ar;

- os interesses de proteção à natureza/paisagem;

- a ordenação territorial e planejamento regional e urbano;

- a segurança e ordem pública.

As áreas contaminadas recebem classificação de acordo com as seguintes opções:

- Contaminada sem proposta de remediação: quando já existe confirmação da contaminação na área, por meio da realização de análises químicas e comparação dos resultados destas com os valores de intervenção da CETESB ou com valores de listas internacionais, caso o valor não esteja disponível na lista da CETESB.

- Contaminada com proposta de remediação: quando além da confirmação da contaminação, também foi apresentado um projeto da remediação.

- Contaminada com remediação em andamento: quando a remediação estiver sendo efetuada.

- Remediação concluída para o uso pretendido: quando as metas de remediação já foram atingidas, tendo a CETESB autorizado o encerramento da remediação e do monitoramento.

3.12.2 Investigação detalhada

A etapa de investigação detalhada é a primeira do processo de recuperação de áreas contaminadas. Dentro desse processo, a etapa de investigação detalhada é de fundamental importância para subsidiar a execução da etapa seguinte de avaliação de riscos e, conseqüentemente, para a definição das intervenções necessárias na área contaminada.

A metodologia utilizada para execução da etapa de investigação detalhada é semelhante à utilizada para a execução da etapa de investigação confirmatória; entretanto, os objetivos são diferentes.

Enquanto na etapa de investigação confirmatória o objetivo principal é confirmar a presença de contaminação na área suspeita, na etapa de investigação detalhada o objetivo principal é quantificar a contaminação, isto é, avaliar detalhadamente as características da fonte de contaminação e dos meios afetados, determinando-se as dimensões das áreas ou volumes afetados, os tipos de contaminantes presentes e suas concentrações. Da mesma forma, devem ser definidas as características da pluma de contaminação, como seus limites e sua taxa de propagação.

3.12.3 Avaliação de risco

O objetivo principal da etapa de avaliação do risco é a quantificação dos riscos gerados pelas áreas contaminadas aos bens a proteger, como a saúde da população e os ecossistemas, edificações, instalações de infra-estrutura urbana, produção agrícola e outros. Essa quantificação é baseada em princípios de toxicologia, química e no conhecimento sobre o comportamento e transporte dos contaminantes.

Os resultados obtidos na etapa de avaliação de risco são úteis para:

- determinar a necessidade de remediação em função do uso atual ou proposto da área;
- embasar o estabelecimento de níveis de remediação aceitáveis para a condição de uso e ocupação do solo no local e imediações;
- embasar a seleção das técnicas de remediação a ser empregada.

As seguintes etapas devem ser consideradas na avaliação dos riscos:

- identificação e quantificação dos principais contaminantes nos diversos meios;
- identificação da população potencialmente atingida pela contaminação;
- identificação das principais vias de exposição e determinação das concentrações de ingresso dos contaminantes;
- avaliação do risco através da comparação das concentrações de ingresso com dados toxicológicos existentes.

Os resultados da avaliação de risco podem subsidiar a tomada de decisão quanto às ações a serem implementadas, de modo a promover a recuperação da área para um uso definido. Em alguns casos, tais ações podem restringir-se a compatibilização do uso do solo com o nível de contaminação apresentado, não havendo, neste caso, necessidade de realização das etapas posteriores.

3.12.4 Definição de intervenções - Remediação

A remediação de ACs consiste na implementação de medidas que resultem no saneamento da área/material contaminado e/ou na contenção e isolamento dos contaminantes, de modo a atingir os objetivos aprovados a partir do projeto de remediação.

Os trabalhos de remediação das áreas contaminadas devem ser continuamente avaliados de modo a verificar a real eficiência das medidas implementadas, assim como dos possíveis impactos causados aos bens a proteger pelas ações de remediação.

O encerramento dessa etapa se dará, após anuência do órgão de controle ambiental, quando os níveis definidos no projeto de remediação forem atingidos.

De acordo com a contaminação avaliada na área estudada, pode-se definir a intervenção a ser adotada. Diversos são os grupos contaminantes constatados como metais, solventes aromáticos, combustíveis, fenóis halogenados, etc., e diversas são as constatações de técnicas de remediação a serem implantadas como bombeamento e tratamento, recuperação de fase livre, extração de vapores, remoção de solo/resíduo, extração multifásica, barreira hidráulica, oxidação/redução química, atenuação natural monitorada, etc.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Dados da Cidade de Jaú-SP

O "lixão" de Jaú, que hoje já se tornou um aterro controlado, devido à mudança de administração do mesmo, a partir de 2001 e que recebe um descarte aproximado na ordem de 70 toneladas/dia de resíduos sólidos orgânicos e 30 toneladas/dia de industrial, existe há 11 anos e devido a um termo de ajuste de conduta do Ministério Público e a necessidade premente de escolha de um novo local para o lançamento, fez com que a Prefeitura Municipal de Jaú opta-se por construir um aterro sanitário para resíduos orgânicos em um novo local, com projeto que esta sendo aprovado junto ao DAIA, sendo que abandonará a partir daí o local do antigo lixão, hoje aterro controlado.

Jaú é uma cidade de porte médio, que conta hoje com aproximadamente 120.000 habitantes, sendo que 109.000 vivem na área urbana e 11.000 vivem na zona rural. A cidade é conhecida como a capital do calçado feminino e conta com cerca de 227 industrias de calçados, várias indústrias que são do segmento de componentes de calçados, algumas cartonagens e diversas outras industrias ligadas ao couro.

Da quantidade de resíduos industriais gerados pelas industrias de calçados, a maioria é constituída por retalhos e aparas de couro, e o poder público municipal está trabalhando junto aos empresários, para que os mesmos dêem um fim aos resíduos sólidos que produzem, conforme lei específica.

Assim que o projeto do Aterro Sanitário de resíduos sólidos orgânicos do município de Jaú estiver aprovado nos órgãos competentes, a intenção da Prefeitura Municipal é de mudança imediata para o novo local, já que o lixão,

hoje aterro controlado, conta com um termo de ajuste de conduta do ministério público, que obrigou o município a procurar uma nova área para disposição dos resíduos sólidos orgânicos gerados.

4.2 Localização do Experimento

O município de Jaú encontra-se localizado na região centro oeste do Estado de São Paulo, com Latitude 22° 17'09 "S e Longitude 48° 33'08" W, a uma altitude média de 541m e conta com área aproximada de 687 Km^2, conforme **Figura 6**. O relevo da região é destituído de acidentes geográficos e levemente ondulado sendo o clima classificado como tropical monçônico com inverno seco e a temperatura oscilando entre 22 e 18 graus centígrados.

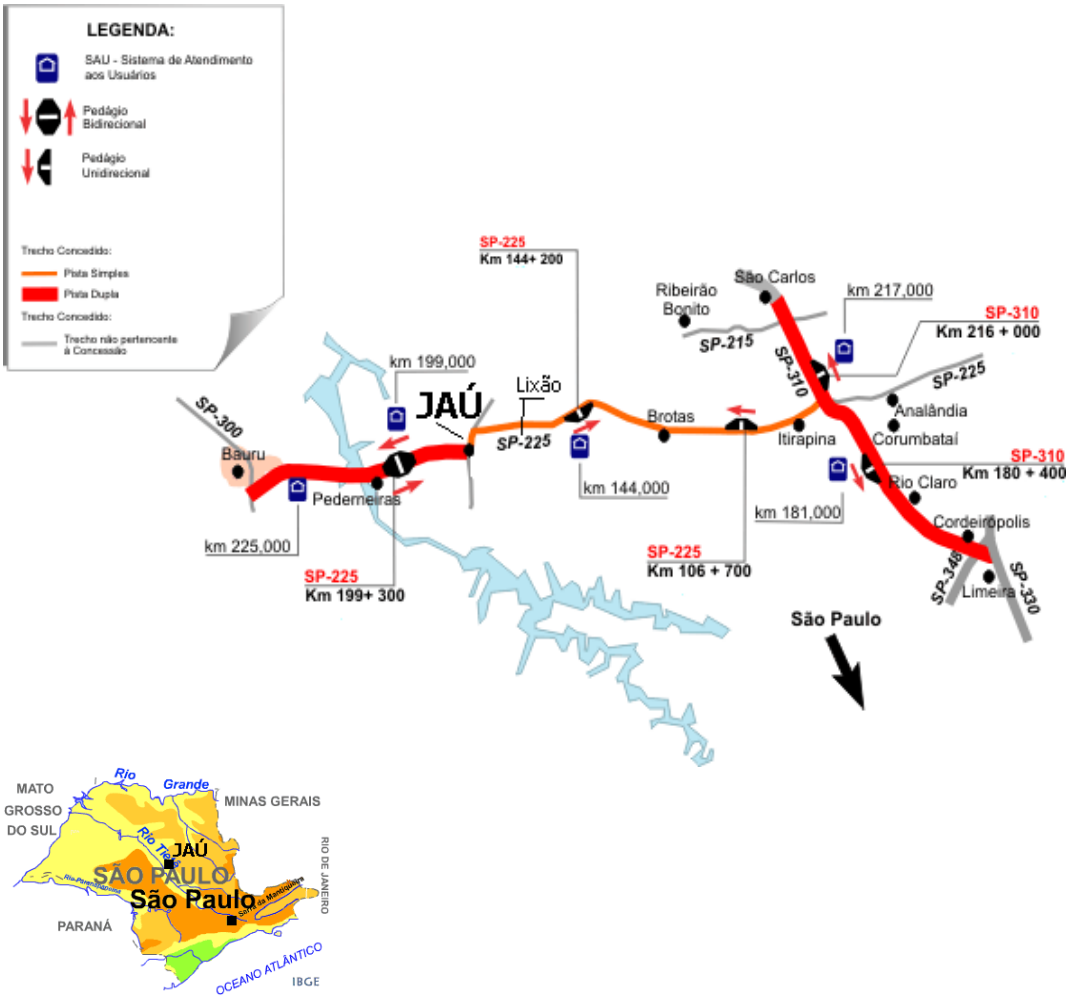

Figura 6 - Localização da cidade de Jaú dentro do Estado SP. Fonte: Centrovias.

Brotas

Lixão

Jaú

Figura 7 – Aerofotogrametria da região do lixão. Escala 1:30.000.

Jaú **Brotas**

Figura 8 – Aerofotogrametria modificada da localização do lixão.

Pertencendo a Região Administrativa de Bauru e fazendo parte da Bacia Hidrográfica do Tiête-Jacaré (UGRHI-13), Jaú integra uma região sob sua liderança, composta por 10 municípios. No início da década de 90 apresentava uma taxa de crescimento populacional de 2,21 % ao ano, segundo publicação da Câmara Municipal de Jaú (1995), em 2005 conta com uma taxa de 1,89% conforme mostrado na **Figura 9** (Fonte: SEADE).

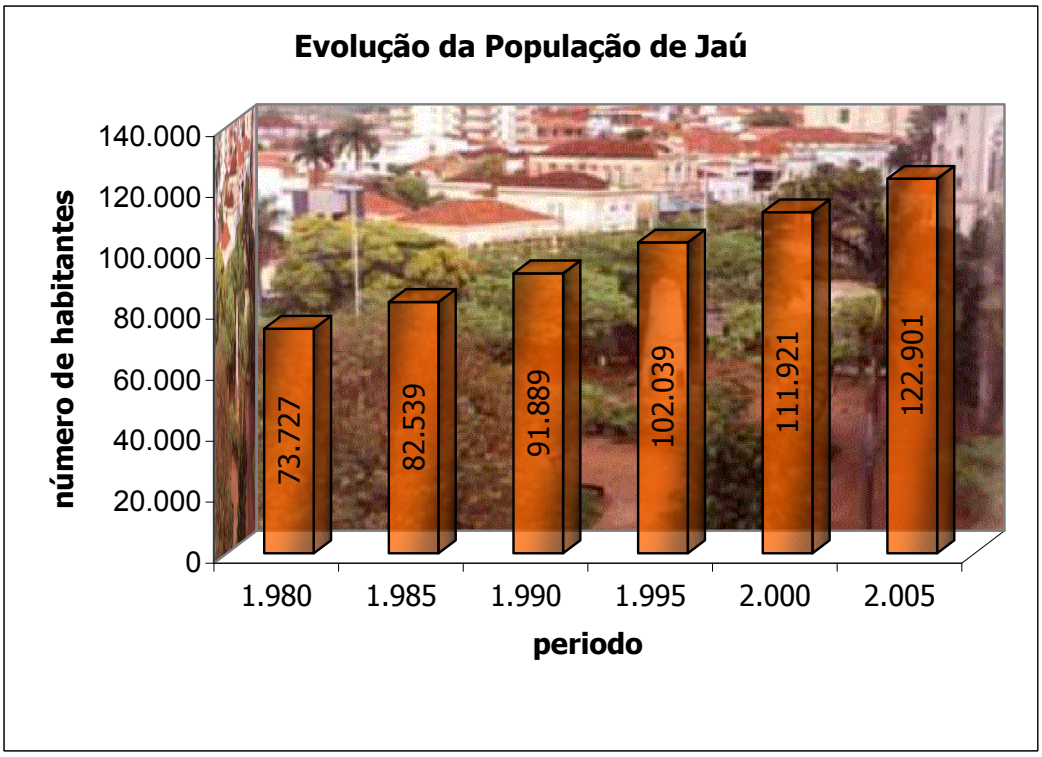

Figura 9 - Evolução da população de Jaú de 1980 a 2005.

O acesso à área do atual Aterro controlado, anteriormente mostrado nas **Fotos 7** e **8**, localizado no Sitio Santo Antônio, é através da SP 225, Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, que liga o município de Jaú ao município de Dois Córregos, próximo ao Km 14, distando aproximadamente 11,5 Km do centro de Jaú, sendo 10 Km pavimentados e 1,5 Km em rodovia municipal não pavimentada. Em levantamento planialtimétrico realizado em Junho de 2001, pelo departamento de topografia da Prefeitura Municipal de Jaú, constatou-se que a área em questão media 38.311,77 m^2, sendo que a partir do meio do ano de 2003 ocorreu a ampliação desta área, com a abertura de uma nova frente nas cercanias.

Geologicamente, o local encontra-se na área de abrangência do Grupo São Bento, Formação Serra Geral, (JKsg) e a Formação Itaqueri (Kti). No mapa geomorfológico observa-se que o aterro controlado pertence à Província de Cuestas Basálticas, bem próxima ao limite desta com o Planalto Ocidental.

Conforme os dados tabulados na **Figura 10** (Fonte: SEADE), verifica-se o crescimento das industrias na cidade, que tem uma concentração maior na área relacionada a produtos e sub produtos do couro de boi.

Figura 10 - Mapa do crescimento da industria no município de Jaú. Fonte: Seade.

4.3 Caracterização dos Resíduos Sólidos de Jaú

O pólo calçadista de Jaú está localizado na região Centro-Oeste do estado de São Paulo, distando 300 Km da capital e é especializado na produção de calçados femininos de couro. Possui 227 estabelecimentos, segundo dados do Ministério do Trabalho de 2.001 e 3.582 empregados diretos. Em 1999, Jaú produziu 12 milhões de pares de calçados e exportou menos de 5,0% da sua produção, segundo dados da Abicalçados, 2003. O município conta também com a instalação de 3 curtumes.

Tabela 10 – Dados da economia de Jaú-SP.

Valor adicional fiscal	US$ (milhões)	%
Indústria	104	54,0
Serviços	41	21,0
Comércio	39	20,0
Agropecuária	4	2,5
Outros	4	2,5
Total	**192**	**100,0**

Fonte: Secretaria da Fazenda do Estado de São Paulo, 2002.

No início do século XX já existiam em Jaú alguns fabricantes de calçados. Com um processo totalmente manual, os calçados eram rústicos, produzidos em pequenas escalas e atendiam a uma demanda específica, ou seja, o calçado era feito sob medida. A industria calçadista de Jaú, propriamente dita, surgiu na década de 1950.

Os empresários, considerados pioneiros, produziam calçados femininos, e os funcionários que saíam destas fábricas para montar a sua própria empresa entravam também no mesmo ramo. Desta forma, pode-se afirmar que desde o ínicio do processo de industrialização, em Jaú, já havia uma especialização nas técnicas de fabricação de calçado no referido segmento.

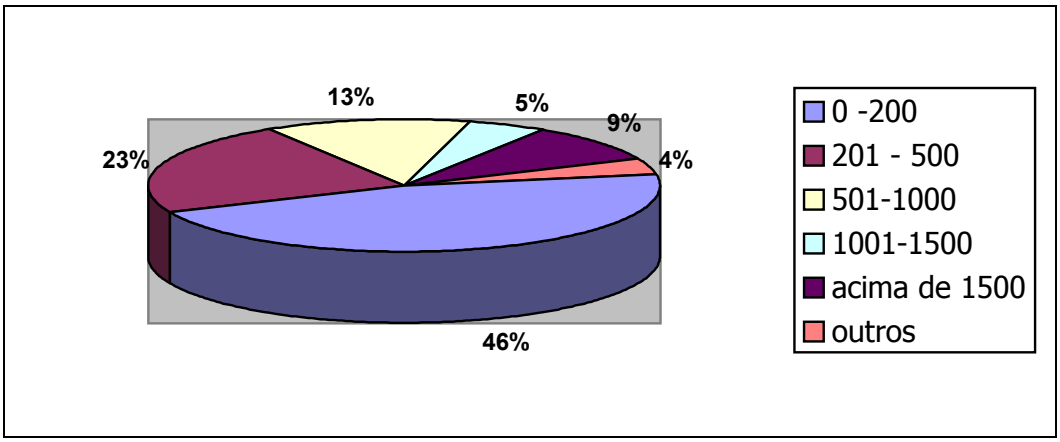

Figura 11 - Empresas segundo capacidade de produção instalada (pares/dia).

Fonte: Unesp/Sebrae-SP (1998) Produção diária de 60.000 pares (sendo que hoje esta em 100.000 pares).

Em Jaú, onde 75% da produção é de calçados de couro, da matéria-prima (couro) utilizada na produção do calçado feminino, 60% são provenientes de outras localidades, apesar de existirem na região capacidade produtiva instalada para fornecer couro para todas as indústrias. Os próprios empresários e dirigentes industriais adotam, como estratégia, a diversificação dos fornecedores de matéria-prima, observado por OLIVEIRA (1999), citado por CONTADOR JÚNIOR (2004).

O estudo da participação do cromo na cadeia produtiva do couro, segundo o autor, tem levado a adoção de processo de extração de todos os produtos químicos (taninos, óleos de engraxe e corantes) que foram adicionados aos couros durante o processo produtivo, e finalmente a separação do cromo e do colágeno (proteína da pele) com 100% de pureza (no caso de couros acabados e semi-acabados gerados nas fábricas de calçados). A experiência está sendo implantada em quatro curtumes de Franca e um de Patrocínio Paulista, no estado de São Paulo. Em outras palavras, a partir do resíduo gerado nos curtumes são realizadas etapas técnicas para separar os produtos químicos e oferecer aos mesmos um produto reciclado pronto para servir novamente ao processo de curtimento.

Em Novembro de 2001 foi realizada uma classificação dos resíduos gerados pelas indústrias calçadistas de Jaú, a pedido da Secretaria de Planejamento e Obras, na pessoa do autor desta pesquisa, na época no cargo de secretário, a partir da amostragem dos resíduos dispostos no atual "lixão". Em função da heterogeneidade dos resíduos gerados pela atividade calçadista e da inviabilidade de se classificar todos eles, optou-se por coletar aqueles que se apresentavam em maior quantidade no "lixão". Neste sentido, foram coletadas quatro (4) amostras de diferentes materiais, as quais representavam a maior parte dos resíduos dispostos. As amostras foram assim constituídas: retalhos de couro colorido, palmilhas de sapatos, raspas de couro e couro cru.

Após as coletas, foram realizados os testes de lixiviação e solubilização – NBR 10.005 e NBR 10.006 respectivamente, no Laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, conforme apresentado à seguir. As **Tabelas 11 e 12** apresentam os resultados da lixiviação e solubilização,

respectivamente, das 4 amostras coletadas e os valores máximos especificados pela NBR 10.004 – Resíduos sólidos: classificação.

Tabela 11 - Ensaio de Lixiviação de Resíduos Sólidos NBR 10.005 (Ensaios efetuados de acordo com a 20ª. Ed. do Standard Methods).

Descrição das Amostras: 01: Retalho de Couro Colorido - 02: - Palmilha de Sapato
03: Raspa de Couro - 04: Couro Cru

Parâmetros Analisados		Amostras				Limite máximo no lixiviado*
		01	02	03	04	
pH Inicial		4,27	4,94	3,40	4,36	-
pH Final		4,26	4,98	3,36	4,20	-
Vol. De ácido acético 0,5 N adicionado (ml)		ZERO	0,5	ZERO	ZERO	-
Chumbo	(mg/L Pb)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	5,0
Cádmio	(mg/L Cd)	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	0,5
Cromo total	(mg/L Cr)	11,00	1,26	60,00	<0,005	5,0
Prata	(mg/L Ag)	0,01	< 0,001	0,01	0,02	5,0
Fluoretos	(mg/L F^-)	2,46	2,36	2,16	8,86	150,0

* NBR 10004/1987

Tabela 12 - Ensaio de Solubilização de Resíduos Sólidos NBR 10005 (Ensaios efetuados de acordo com a 20ª Ed. do Standard Methods).

Descrição das Amostras: 01: Retalho de Couro Colorido - 02: Palmilha de Sapato
03: Raspa de Couro - 04: Couro Cru

Parâmetros Analisados		Amostras				Limite máximo no solubilizado*
		01	02	03	04	
pH inicial		4,6	6,6	3,6	4,5	-
pH final		4,5	4,9	3,6	4,3	-
Zinco	(mg/L Zn)	5,30	0,68	0,36	1,00	5,0
Chumbo	(mg/L Pb)	0,06	< 0,02	< 0,02	0,14	0,05
Cádmio	(mg/L Cd)	< 0,0006	< 0,0006	0,03	0,06	0,005
Ferro Total	(mg/L Fe)	4,50	1,95	<0,005	0,30	0,3
Manganês	(mg/L Mn)	0,33	0,35	0,13	0,35	0,1
Cobre	(mg/L Cu)	0,07	0,03	0,13	0,07	1,0
Cromo Total	(mg/L Cr)	53,00	5,00	145,00	0,03	0,05
Prata	(mg/L Ag)	0,02	0,02	0,03	0,06	0,05
Aluminio	(mg/L Al)	1,28	0,32	0,18	0,23	0,2
Sódio	(mg/L Na)	950,0	100,0	850,0	65,0	200,0
Fluoretos	(mg/L F^-)	0,86	1,56	5,36	23,36	1,5
Nitratos	(mg/L N)	192,00	39,30	16,40	195,00	10,0
Cloretos	(mg/L Cl^-)	530,0	190,0	1270,0	200,0	250,0
Dureza Total	(mg/L CaCO3)	590,0	790,0	910,0	10200,0	500,0
Sulfatos	(mg/L $SO4^{-2}$)	1100,0	900,0	900,0	5600,0	400,0
Cianetos	(mg/L CN^-)	0,018	0,003	0,080	0,018	0,1
Fenóis	(mg/L C6H5OH)	0,287	0,094	0,048	1,348	0,001

* NBR 10004/1987

Com base nos resultados apresentados nas **Tabelas 11** e **12**, pode-se aferir que os resíduos coletados **retalhos de couro coloridos** (amostra 1) e **raspas de couro** (amostra 3) são classificados como Resíduos Classe I – Perigosos, enquanto os resíduos **palmilhas de sapatos** (amostra 2) e **couro cru** (amostra 4) são classificados como Resíduos Classe II – Não inertes, pois não se enquadram na classe I (tabela 1) e nem como Classe III – Inertes (tabela 2).

4.4 Métodos

Através do monitoramento feito nos poços e a coleta de água com periodicidade de 3 meses, de acordo com a última edição do Standard Methods, que será analisado nos laboratórios da Universidade de São Paulo, campus de São Carlos, verificar-se-á a composição química da água retirada, e através da análise da mesma determinar como o chorume esta influenciando na qualidade da água subterrânea e poder-se-á através da elaboração de um relatório classifica-lo conforme a norma ABNT-NBR 10.004 (2004) e estudar a proposta que esta sendo colocada nesta pesquisa.

Também será aproveitado e consultado um estudo que está sendo desenvolvido no município de Jaú, por pessoas envolvidas no pólo calçadista que estão caracterizando os resíduos sólidos da indústria do couro.

Quanto à água coletada dentro dos poços de monitoramento, será confeccionada uma planilha comparativa dos dados obtidos com as análises em Laboratório, do material coletado em diversas épocas para compreensão da evolução dos seus componentes químicos.

Na pesquisa de NASCIMENTO (2002) coletaram-se com leituras de parâmetros químicos e físico-químicos, amostras de solo, sedimentos, águas superficiais, pluviométricas e subterrâneas e de efluentes (chorume). O pH do solo é sem dúvida, um dos principais fatores reguladores da disponibilidade de íons metálicos no solo, segundo LAKE. A troca catiônica é um dos mecanismos responsáveis pela adsorção e complexação dos íons metálicos especialmente em argilominerais, segundo ALLOWAY e MCBRIDE.

A carga elétrica existente na superfície dos sólidos pode ser positiva ou negativa, sendo que a densidade da carga elétrica depende do pH, da solução. A carga negativa cresce e a carga positiva decresce com aumento do pH como resultado da crescente ionização de grupos ácidos e decréscimo na adição de prótons aos grupos básicos.

Para valores de pH onde prevalece à troca catiônica, a capacidade de retenção de íons metálicos sofre influência direta dos argilominerais presentes. O tipo de metal envolvido e a forma química sob a qual ele se apresenta (especiação) também interferem na capacidade de retenção do solo.

Na pesquisa de NASCIMENTO (2002) utilizou-se metodologia adaptada por HYPOLITO (2001) que consiste de cinco diferentes fases de associação metais/solo: a) Íons solvatados: adição de água, agitação e centrifugação; b) Íons metálicos trocáveis: acetato de sódio (1M) em pH 8,2; c) Íons metálicos associados a carbonatos: acetato de sódio (1M) a pH 5,0; d) Íons metálicos associados a compostos de ferro e manganês: dionito (0,3M), citrato de sódio (0,175M) e ácido cítrico (0,025M). aquecer a 96ºC.; e) Íons associados à matéria orgânica: ácido nítrico (0,02M) e $H_2O_2^-$ aquecimento por 5 horas. Adição de NH_4Oac (3,2M em 20% de HNO3 – V/V).

Como se sabe, a maior ou menor chance de ocorrerem reações entre água e solo depende dos constituintes químicos do solo, da natureza das soluções e do tempo de residência.

4.4.1 Coleta de amostras de água superficial e subterrânea

Segundo pesquisa que esta sendo desenvolvida por LOPES (2004), cujo doutorado foi iniciado em 2.003, estarão sendo coletadas 2 (duas) amostras de água superficial e 4 (quatro) amostras de água subterrânea na área de influência do aterro controlado de Jaú para análise da qualidade hídrica.

Durante as coletas, os parâmetros (1) potencial Hidrogeniônico (pH), (2) Temperatura da amostra, (3) Condutividade Elétrica, (4) Oxigênio Dissolvido (OD) e (5) Salinidade estão sendo medidos *in situ*.

Todas as amostras estão sendo coletadas, preservadas e armazenadas em frascos adequados e analisadas dentro do prazo, conforme APHA et al. (1998).

4.4.2 Coleta de água superficial

Serão coletadas 2 (duas) amostras de água superficial nos córregos próximos ao aterro controlado do município de Jaú, uma a montante e outra a jusante da área de influência deste aterro.

Cada amostra de água superficial será armazenada em galões plásticos de 5 litros e frascos plásticos de 300 mililitros para fixar o sulfeto com 1 mililitro de acetato de zinco 2N, conforme guia da CETESB (1987).

As leituras dos parâmetros pH, Temperatura, Condutividade Elétrica, OD e Salinidade serão realizadas *in situ* com uso do Horiba U-10.

Estão sendo perfurados 4 (quatro) poços de monitoramento, 1 (um) a montante e 3 (três) a jusante do aterro controlado de Jaú, conforme procedimentos recomendados pela NBR 13895 da ABNT (1997) e Norma 6410 da CETESB (1988), atualizada em novembro de 1999.

Após a abertura de cada poço de monitoramento, o nível d'água subterrânea é obtido com o uso do Medidor elétrico de nível d´água. A realização desse procedimento é recomendada antes do início das coletas das amostras de água subterrânea.

Conforme guia da CETESB (1987), quando as amostras de água não forem coletadas com o auxílio de bombas, a amostragem deverá ser realizada diretamente no poço. Porém, não é recomendado analisar a camada superficial da água, a fim de evitar a contaminação com o material da parede do poço.

Assim, após a medida do nível d'água serão retirados 15 litros de água de cada poço antes da coleta da amostra final. Será usado um coletor de água (*bailer*) de PVC da Hidrosuprimentos, de 1 metro de comprimento, capacidade para 1 litro. As amostras serão coletadas e armazenadas em galões plásticos de 5 litros e frascos plásticos de 300 mililitros para fixar o sulfeto com 1 mililitro de acetato de zinco 2N.

4.4.3 Análise das amostras de água

A fim de avaliar a qualidade das amostras de água, alguns parâmetros estarão sendo avaliados, conforme o Índice de Qualidade das Águas (IQA) recomendado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2003). Esses parâmetros são: Temperatura da amostra, pH, OD, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Coliforme Fecal, Fósforo Total, Sólidos Totais e Turbidez. Os parâmetros pH, Temperatura, Condutividade Elétrica, OD e Salinidade estão sendo obtidos *in situ*.

As amostras de água também estarão sendo submetidas à análise de outras variáveis físico-químicas, as quais estarão sendo realizadas no Laboratório de Saneamento (SHS, EESC, USP), dentro do prazo recomendando por APHA et al. (1998). A relação dos parâmetros analisados, bem como a metodologia analítica correspondente são apresentadas no **Quadro 1**.

Quadro 1 - Metodologia analítica dos parâmetros analisados

	Parâmetros	Método*
1	Turbidez (uT)	Nefelométrico – 2130 B
2	Cor aparente (uC)	Espectrometria – 2120C
3	Fósforo total (µg/L)	Ácido Ascórbico – 4500 PE
4	Carbono Orgânico Total (mg/L)	Combustão a alta temperatura – 5310 B
5	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Titulometria – 4500
6	Nitrogênio Nitrato (mg/L)	Espectrometria – 4500
7	Nitrogênio Nitrito (mg/L)	Colorimetria – 4500
8	Cloretos (mg/L)	Espectrometria – 8113
9	Sulfatos (mg/L)	Espectrometria – 8051
10	Sulfetos (mg/L)	Espectrometria – 8131
11	Fluoretos (mg/L)	Espectrometria – 8029
12	Sólidos totais (mg/L)	Gravimetria – 2540 B
13	Sólidos totais fixos (mg/L)	Gravimetria – 2540 E
14	Sólidos totais voláteis (mg/L)	Gravimetria – 2540 E
15	Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	Gravimetria 180°C – 2540 D
16	DBO (mg/L)	Incubação (20°C, 5 dias) – 5210 B
17	DQO (mg/L)	Colorimetria, refluxo fechado – 5220 D
18	Coliformes totais e fecais (UFC/100mL)	Membrana filtrante – 9221 E
19	Metais em solução (zinco, chumbo, cádmio, níquel, ferro solúvel, manganês solúvel, cobre, cromo total) (mg/L)	Espectrometria de absorção atômica – 3110
20	Cromo hexavalente (mg/L)	Espectrometria – 8023
21	Alumínio (mg/L)	Espectrometria – 8012

* Todos os métodos seguem as recomendações de APHA et al. (1998).

4.4.4 Armazenamento e conservação das amostras

Após as coletas que deverão ser feitas nos poços de monitoramento localizado no lixão, mostrado na **Foto 9**, as amostras serão conservadas em isopor com gelo durante o transporte até os laboratórios, onde serão conservadas em geladeira a 4°C, aproximadamente.

Serão armazenados 3 litros de cada amostra no Laboratório de Ecotoxicologia e Ecofisiologia de Organismos Aquáticos do CRHEA-SHS-EESC-USP para análise dos parâmetros de toxicidade aguda e crônica.

Os 2 litros restantes de cada amostra serão armazenados no Laboratório de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP para análise dos parâmetros físico-químicos.

Foto 9 - Área do lixão de nova disposição. 2004.

Conforme a RESOLUÇÃO CONAMA 357, podemos classificar as águas visando os seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, sendo que os custos do controle de poluição podem ser melhor

adequados. Os níveis de qualidade devem estar enquadrados para atender as necessidades da comunidade, e a conseqüente deterioração da qualidade da água não deve afetar a saúde e o bem estar humano, bem como o equilíbrio aquático, por isso a estipulação de parâmetros.

4.4.5 Procedimentos para coleta de chorume

As amostras, segundo pesquisa de MERBACH JUNIOR (1989), devem ser coletadas diretamente nos poços de visita do aterro, utilizando-se recipientes de polipropileno, efetuando-se três descargas iniciais do residual da tubulação e a coleta dar-se-á na 4ª descarga. Toma-se a temperatura do chorume e do ambiente. O líquido coletado deve ser dividido em diversos recipientes para as análises como pH, alcalinidade, condutividade, DBO, DQO, Potencial Redox, etc., e depois preservados.

PRESERVAÇÃO: as amostras devem ser preservadas em 5ml de HCl concentrado até pH menor ou igual a 2 e colocadas sob refrigeração com temperatura de aproximadamente 4ºC.

ANÁLISE: retiradas do refrigerador as amostras devem ser digeridas com 5 ml de HNO_3 concentrado até a completa dissolução do material sólido. O volume a ser utilizado deve situar-se entre 5 a 10 ml por amostra. A partir deste ponto utiliza-se de um espectrofotômetro de absorção atômica, seguindo metodologia de análise segundo o manual de instruções do aparelho.

5. RESULTADOS

Com todos os dados necessários levantados, poder-se-á determinar como está à composição da água sob influência do chorume originário do lixão até o momento da analise, e como é o comportamento de seus componentes devido ao tempo em que os resíduos estão se decompondo internamente, assim serão analisadas as possíveis interferências do chorume gerado no lixão na qualidade da água subterrânea.

A partir desses dados, e com seu monitoramento permanente, a proposta do uso do lixão abandonado para disposição de resíduos sólidos industriais gerados pela industria calçadista do município de Jaú-SP, como aterro industrial, será avaliada e elaborada uma proposta de aproveitamento dos mesmos, baseada nas análises obtidas das coletas e nas bibliografias levantadas e interpretadas.

Em sua pesquisa, PASCHOALATO (2000) obteve os seguintes resultado para Cromo total (mgCr/l) em diversos poços analisados, no entorno da área: 1,824(P1) 0,037(P8) 0,025(P9) 0,039(P12) 0,042(P13) 0,137(P14) 0,287(P15) 0,565(P21) 0,047(P22) 0,050(P23). P1 é o poço que fica nas extremidades e teve escavação de solo antes(cava maior) com disposição de resíduo sólido industrial no local. Estes valores obtidos nos diversos pontos evidenciam o comportamento de diluição. Pode-se considerar que o íon de cromo possui mobilidade de percolação em solo arenoso e o íon do cromo hexavalente somente foi detectado em pontos localizados sobre solo pouco permeável; o zinco comportou-se como o cromo descrito acima. A maioria dos valores de concentração dos diversos constituintes químicos analisados apresentaram-se menores nos poços localizados em solo arenoso e com valores maiores nos poços localizados em solo cenozóico.

Pode-se concluir, segundo PASCHOALATO (2000), que os valores são menores porque a contribuição das águas pluviais sobre solo arenoso diluem e arrastam ou percolam o chorume para o fundo do solo, podendo até atingir o lençol freático se o local for uma zona de recarga. Em aterro gerenciado com sistema de engenharia e recirculação de chorume, os parâmetros apresentaram-se próximos aos valores do aterro gerenciado sem o sistema.

Recomenda ainda que para se efetuar um monitoramento de água subterrânea com a finalidade de avaliar e controlar a existência de contaminação destas águas por líquidos percolados, em aterro controlado ou lixões em funcionamento ou desativados, que sejam realizadas regularmente análises físico-químicas dos parâmetros que apresentaram-se com mobilidade de percolação, sendo entre eles o cromo total, cobalto, cobre, sódio, potássio, etc.

Baseado no que foi levantado e encontrado nesta pesquisa bibliográfica pode-se verificar que existem boas possibilidades da proposta lançada aqui ser viabilizada, pois depois do término da deposição, hoje ainda em andamento, e depois da recuperação da área, a mesma poderá receber os resíduos sólidos gerados pela industria calçadista jauense, desde que tudo seja operado dentro das melhores técnicas de engenharia. Propõe-se, a partir dessa pesquisa, que novos trabalhos sejam realizados em campo, para que os mesmos, através dos dados levantados e analisados, possam contribuir com a mudança de uma situação, que hoje não traz nenhuma vantagem nem ao meio ambiente e nem a população do município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA (1998). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (1992) NBR 8419 – *Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos*.

_____. (1997) NBR 13895 – *Construção de poços de monitoramento e amostragem.*

_____. (2004) NBR 14001 - *Sistemas de Gestão Ambiental – Especificação e diretrizes para uso.* São Paulo.

_____. (2004) NBR 10004 – 2ª ed. (30/11/2004) - *Resíduos sólidos – classificação*.

_____. (2004) NBR 10005 – 2ª ed. (30/11/2004) – *Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos*.

_____. (2004) NBR 10006 – 2ª ed. (30/11/2005) – *Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos*.

_____. (2004) NBR 10007 – 2ª ed. (30/11/2004) - *Amostragem de resíduos sólidos.*

ASSIS, J.F. (1999). *Avaliação do uso de Aterros, como alternativa para disposição de resíduos sólidos domiciliares e industriais.* 126p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1999.

BASE AEROFOGRAMETRIA E PROJETOS S.A. (2000). *Fotografia aérea na escala 1:30.000. Vôo 0-719. Estado de São Paulo.* São Paulo

BOLEA, M.T.E. (1984). *Evaluación del impacto ambiental.* Madrid, Fundación Mapfre.

BRASIL (2005). Resolução Conama nº 357, de 18 de Março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e da outras providências.* Disponível em: <http: // www.mma.gov.br/port/conama/legiano.cfm?codlegitipo=3>. Acesso em: 06 jun. 2005.

CAMPBELL, D.J.V. (1993). *Environmental Management of landfill sites.* I Journal of the institute of Water and Environmental Management. IWEM 92 Conference paper, 7, april.

CASTRO, M.C.A.A. (1996). *Avaliação da eficiência das operações unitárias de uma usina de reciclagem e compostagem na recuperação dos materiais recicláveis e na transformação da matéria orgânica em composto*. 113 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1996.

_____. (2001). *Avaliação de um sistema australiano de lagoas no tratamento conjunto de esgoto sanitário e líquidos percolados gerados em aterro sanitário.* 248p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2001.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. (1979). *Manual de instruções básicas para a execução de aterro sanitário.* São Paulo. Anexo 3.

_____. (1987). *Guia de coleta e preservação de amostras de água*. 1ed. São Paulo, 150p.

_____. (1988). *Construção de poços de monitoramento de aqüífero freático: procedimentos.* CETESB 06.010. São Paulo.

_____. (2003). *Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002*. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 273p.

_____. (2005). *Áreas contaminadas.* Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/areas_contaminadas. Acesso em Jun. 2005.

CONTADOR JÚNIOR, O. (2004). *Tecnologia e proteção ambiental nas indústrias do couro e calçados na região de Jaú – SP.* Dissertação (Mestrado) em desenvolvimento regional e meio ambiente. UNIARA, Araraquara. 2004.

COSTA, W.D. (2002). *Caracterização das condições de uso e preservação das águas subterrâneas do município de Belo Horizonte - MG.* 349p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

DECLARAÇÃO DO RIO SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. (1992). *Princípio 17.* Rio de Janeiro, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.

EDIL, T.B., RANGUETTE, V.J. & WUELLNER, W.W. (1990). *Settlement o municipal refuse.* Geotechnics of waste fills – theory and practice, STP 1070, Landva and Knowles (eds), ASTM, West Conshohocken, Pa., pp.225-239.

HAITJEMA, H.M. (1.991) *Groundwater hydraulics considerations regarding landfills* Water Resources Bulletin – American Water Resources Association. V. 27, n. 5, p 791 – 796, out. 1991.

JARDIM, N.S. et al. (1995). *Manual de Gerenciamento Integrado / Lixo Municipal.* Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, CEMPRE – 1.ed. São Paulo.

JAÚ (município). Câmara Municipal de Jaú (1995). *Dados sobre o município de Jaú - SP.* Jaú.

LEITE, W.C.A. (1997). *Estudo da gestão de resíduos sólidos: uma proposta de modelo tomando a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-5) como referência.* 270p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1997.

LOPES, A.A. (2004). *Métodos para coleta de água.* Durante elaboração de Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

LUZ, F.X.R. (1981). *Aterro sanitário: características, limitações, tecnologia para implantação e operação.* Seminário sobre aterro sanitário CETESB. 30p.

MAGRINI, A. et al. (1990). *A avaliação de Impactos Ambientais.* Meio Ambiente – Aspectos Técnicos e Econômicos. IPEA – Brasília.

MANASSERO, M., VAN IMPE, W.F. & BOUAZZA, A. (1996). *Waste disposal and Containment.* Proceedings, Second International Congress on Environmental Geotechnics, Osaka, Japão, Vol. 3, pp. 1425-1474.

MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO. (1995). *Lixo Municipal: Manual de gerenciamento integrado.* Tecnológicas: Cempre, – (publicação IPT 2163).

MERBACH JUNIOR, P.S. (1989). *Estudo de avaliação de metais pesados em percolado de aterro sanitário em função do tempo de disposição.* 83p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1989.

NASCIMENTO, M.C.B. (2001). *Seleção de sítios visando à implantação de aterros sanitários com base em critérios geológicos, geomorfológicos e hidrológicos.* 133p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.

NASCIMENTO, S.C. (2002). *Influência de Resíduos Sólidos contendo – Mn, Zn, Cu, Cr e Pb – na qualidade do sistema água/solo/sedimento do Córrego da Anta – São José do Rio Preto – SP.* 88p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

PASCHOALATO, C.F.P.R. (2000). *Caracterização dos líquidos percolados gerados por disposição de lixo urbano em diferentes sistemas de aterramento*. 97p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2000.

PEREIRA NETO, J.T. (1996). *Relatório interno do laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental.* Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental – LESA/UFV. Universidade Federal de Viçosa.

PIMENTEL JUNIOR, A.C.N. (1998). *Monitoramento integrado em aterro sanitário com codisposição de resíduos sólidos industriais não inertes e inertes: experiência do município de Limeira – SP.* 78p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1998.

ROCCA, A.C.C. et al. (1993). *Resíduos sólidos industriais.* In: *Trabalho elaborado pelo corpo técnico da Cetesb.* 2ª ed. rev. ampliada – São Paulo, CETESB.

SANTECH SANEAMENTO & TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA (2005). *Características Técnicas do Projeto.* Disponível em http://www.santecresiduos.com.br/implanta.php. Acesso em 10 jun.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Economia e Planejamento (2005). São Paulo. *Sistema de Informações dos Municípios Paulistas.* Disponível em: http://www.seade.gov.br/produtos/imp/index.php. Acesso em: 07 jun., 2005.

SCHALCH, V. (1984). *Produção e características do chorume em processo de decomposição de lixo urbano.* 103p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1984.

SCHALCH, V. (1992). *Análise comparativa do comportamento de dois aterros sanitários semelhantes e correlações dos parâmetros do processo de digestão anaeróbia.* 220p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1992.

_____. (1997). "*Aterros Sanitários: Projeto, Construção, Operação e Gerenciamento*". Apostila de curso. Santos – São Paulo.

_____ et al. (2000). *Gerenciamento de resíduos sólidos.* Curso de Pós Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental: "Resíduos Sólidos e os Impactos Ambientais", mar.-jul. 2002 (apostila). Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SOWERS, G.F. (1973). *Settlement of waste disposal fills.* Proceedings, Eighth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow, pp. 207-210.

TANDEL, R.Y. (1998). *Contribuição ao estudo da poluição provocada no aqüífero freático e no solo pelo aterro controlado da cidade de Rio Claro, SP.* 144p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1998.

TCHOBANOGLOUS, G. et al. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues.* EUA, McGraw-Hill. 978 p.

VARGAS, M. (1977). *Introdução à mecânica dos solos*. São Paulo, EDUSP.

WALL, D.K. & ZEISS, C. (1995). *Municipal landfill biodegradation and settlement.* Journal of Environmental Engineering, ASCE, vol. 121, n. 3 p. 214-224.

ZULAUF, W.E. (1989). *Lixo – desafios para as prefeituras.* São Paulo: Folha de São Paulo, Caderno C p.6, 10 de maio.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1989) NBR 10703 - *Degradação do solo*. São Paulo.

_____. (1983) NBR 8036 - *Programação de Sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios*.

BERNARDES Jr. et al. (1983). *Classificação de Resíduos Sólidos Industriais*. São Paulo, Cetesb. 23p. (trabalho apresentado Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - Camburiú, 1973).

BRASIL. Ministério da Saúde (2004). Portaria n. 518, de 25 de Março de 2004. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.* Diário Oficial da União, seção 1, nº 59 de 26 de Março de 2004 (sexta feira).

CETESB. *Resíduos contendo cianeto*. São Paulo (1978). 109p.- Disposição em aterro. São Paulo (1981).- Drenagem em aterros sanitários. São Paulo (1979). 66p. - Guia prático n.1 - codisposição dos resíduos industriais. São Paulo (1970). 2v. São Paulo

LEITE, W.C.A. (1991). *Estudo do Comportamento da Temperatura, pH e teor de umidade na decomposição de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários.* 180p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1991.

LOPES, A.A. (2003). *Estudo da gestão e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos (SP).* 194p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2003.

MATHEUS, P.J. & BENTLEY, J. (1983). *Characterization, collection treatment and final disposal of toxic sludge*, São Paulo, CETESB PROCOP. V.

PFEIFFER, S.C. (2001). *Subsídios para ponderação de fatores ambientais na localização de aterros de resíduos sólidos, utilizando o sistema de Informações Geográficas*. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2001.

POVINELLI, J. (1987). *Ação dos metais pesados nos processos biológicos de tratamento de águas residuarias.* 285p. Tese (Livre-docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1987.

RANZINI, G. (1969). *Manual de levantamento de solos*. 2.Ed. São Paulo, Edgard Blusher. 1969.

SÃO PAULO (Estado) (1976). Decreto n. 8.468, de 8 de Setembro de 1976. *Dispõe sobre a prevenção e o controle da Poluição do Meio Ambiente.* São Paulo.

SITES CONSULTADOS:

www.abicalcados.com.br

www.ana.gov.br

www.ipea.gov.br

www.abnt.org.br

www.aicsul.com.br

www.fieb.org.br

www.brazilianleather.com.br

- www.sindicouro.org.br

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo