

**I CONGRESSO DE ENGENHARIA CIVIL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**

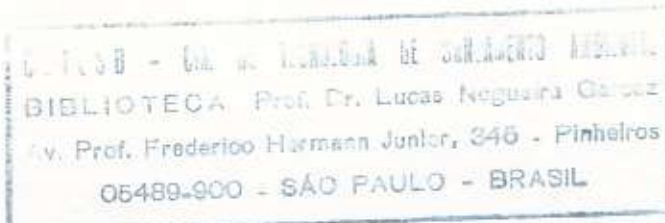
CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Negueira Garcia
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Finhelros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL
CAUSADA POR CEMITÉRIOS**

Lezíro Silva 20/9/94

Geol. Lezíro Marques Silva, MSc.EC
CETESB e Univ. São Judas Tadeu

Juiz de Fora, MG. - 15 a 19 de Agosto de 1994



1 - INTRODUÇÃO

O assunto "cemitérios" sempre teve uma conotação desagradável e incômoda, por estar intrinsecamente relacionada com a morte e o subjetivo receio perante a sua inexorabilidade. A sua abordagem não flui naturalmente, como os demais assuntos pertinentes à existência humana, dando ensejo à uma série de aspectos sociais, psicológicos e religiosos.

O termo "cemitério" é de origem grega (koumeterian = onde eu durmo), assim como "necrópole" (necrópolis = cidade da morte ou dos mortos). Com o advento do Cristianismo, o termo assumiu o sentido de local destinado ao repouso final pós-morte, com significado apenas para os lugares onde acontece o enterramento dos cadáveres.

De acordo com os registros históricos disponíveis, em especial aqueles da Idade Média, os mortos de situação sócio-econômico-política mais privilegiada eram sepultados nas igrejas e/ou em suas imediações, enquanto que a plebe o era nos campos. Em situações beligerantes, dos mortos retiravam-se os tendões (utilizados na confecção de cordoalha) e o restante era triturado, misturado com palha e estrume e utilizado como adubo (!). Não é, pois, de se espantar, diante da proliferação de tantas endemias como a peste negra, o tifo, etc.

Entre a Idade Média e meados do século XVIII, no Ocidente Católico (em especial na França), predominou uma relação de proximidade entre os vivos e os mortos. Os cadáveres humanos eram enterrados nas igrejas ou em cemitérios contíguos geridos pelos sacerdotes, absolutamente integrados à vida da comunidade.

Embora protegidos por leis governamentais e religiosas, os cemitérios serviam, frequentemente, como locais de pastagem de animais, feiras, jogos, festas, atalhos, depósitos de lixo, morada de mendigos e indigentes, refúgio de leprosos, mictório e sanitário público, relacionamento sexual clandestino, etc.

Durante o século XVIII, desenvolveu-se uma atitude hostil à proximidade com os moribundos e com os mortos. Os médicos da época recomendavam o seu isolamento, por motivos de saúde pública. Verificou-se, entre outras coisas, uma redefinição das noções de poluição ritual: "pureza" e "perigo" agora definiam-se a partir de critérios médicos, em escala maior do que critérios religiosos. Os médicos chegaram a algumas conclusões estapafúrdias, tal como um certo Dr. Leclerc que previa a ameaça social representada pelos cadáveres das pessoas gordas, "tal a rapidez e força com que se decompõem". Um outro médico (Hughes Maret), em 1773, relatou o caso de um desses "gordos", cuja sepultura foi prematuramente aberta, causando a morte do cura e de mais trinta pessoas ..

Nessas circunstâncias somente havia então uma solução a ser adotada: proibir os enterros nas igrejas e transferir os cemitérios paroquiais para fora das vilas e das cidades:

Esta nova atitude fundamentava-se na "doutrina dos miasmas", desenvolvida pela ciência do século XVIII. Acreditava-se que as matérias orgânicas em decomposição, especialmente as de origem animal, sob a influência de elementos atmosféricos (temperatura, umidade, direção dos ventos, etc.), formavam vapores ou miasmas nocivos à saúde, infectando o ar que se respirava.

Os cadáveres humanos eram considerados entre as causas principais da formação dos miasmas mefíticos, afetando com particular virulência a saúde dos vivos, porque eram depositados em igrejas e cemitérios paroquiais dos centros urbanos.

Com a "descoberta" dos miasmas, ocorreu a descoberta do mau odor exalado pela decomposição cadavérica (!). Caso exemplar foi o do antigo cemitério parisiense de Saints Innocents, uma dessas necrópoles vulneráveis incrustadas no coração da cidade, foco potencial de epidemias, servindo a mais de vinte paróquias. Ali, as casas dos vivos quase tocavam os túmulos dos mortos, sendo que os mercadores de tecidos, livros, ferragens, cavalos, forragem, etc. espalhavam os seus produtos de venda entre as sepulturas, num grande mercado livre a céu aberto!

Dizia-se que o solo deste cemitério consumia os cadáveres com uma rapidez fantástica, sendo por isso denominado de "come-carne".

Com a promulgação de novas legislações que pretendiam modificar o consagrado costume de enterrar os mortos nas igrejas, ocorreram vários protestos na Europa e também no Brasil. Por exemplo, em 1836, na cidade de Salvador, Bahia, ocorreu uma revolta contra um cemitério local, a qual ficou conhecida como "Cemiterada". Pedia-se a anulação da lei que proibia os enterros nas igrejas e concedia o monopólio do sepultamento à Igreja. A multidão, após manifestação de vulto na Praça do Palácio, tomou a direção do cemitério, distante cerca de três quilômetros do centro da cidade, munida de machados, alavancas, pás e picaretas, destruindo em menos de uma hora o cemitério. A polícia local avaliou a multidão em mais de 3.000 pessoas. Tal como na Bahia, na Europa houve resistência física à mudança das regras funerárias, encaradas como "uma ameaça aos interesses da Igreja, insufladas por "doutrinas exóticas" (Maçonaria, Rosacruzes, etc.).

Na antiguidade, os cemitérios situavam-se fora das cidades, ao longo das estradas, sem maiores problemas (Via Appia, em Roma, por exemplo). Na cidade de São Paulo, a primeira necrópole municipal construída foi a do Consolação, operante até hoje, cuja fundação data de 1856. Na época, muito se protestou contra a localização deste cemitério, porque achava-se estar o mesmo longe da cidade (segundo um editorial do jornal Correio Paulistano, do início do presente século, "no fim do mundo, na beira da estrada para Sorocaba, ladeado de capinzais e vacarias").

Esta localização em pleno campo, afastada dos centros urbanos, com toda a certeza, deve ser obedecida a razões de saúde pública da Engenharia Sanitária. Todavia, dado ao caráter de urbanização explosiva e incontrolável das cidades, num progresso acelerado pela revolução industrial, os cemitérios acabaram ilhados, na acepção do termo, pelos novos bairros e pela rede viária, verificando-se novamente a aproximação dos mortos e dos vivos...

Atualmente, a cidade de São Paulo possui trinta e seis necrópoles cadastradas e operantes, das quais vinte e duas são administradas pela Prefeitura Municipal (Serviço Funerário) e quatorze por empresas da iniciativa privada (algumas religiosas). Juntas, ocupam uma superfície de aproximadamente 1.510 m², ou seja, cerca de 0,27% da área municipal. Nos últimos dois anos, tem-se verificado um incremento nos processos de legalização de cemitérios particulares, em especial de cemitérios-parques ou cemitérios-jardins, como um empreendimento pecuniário rentável e competitivo com o imobiliário tradicional, o qual acha-se em crise relativa (escasseamento de áreas, legislação em mudança, controle ambiental, invasão crescente pelos ditos "sem-terra" e migrantes nordestinos, etc).

Estes cemitérios são, quase todos, anteriores ao Código Sanitário Estadual (decreto nº 12.432, de 27/09/1978), o qual atualmente acha-se em vias de revisão pela Secretaria de Saúde.

Em 1989, a CETESB promulgou a primeira norma técnica brasileira no assunto, a L.1040/89 - "Construção e Operação de Cemitérios". Em 1993, esta norma foi revisada, remodelada e atualizada: L.1040/93 - "Implantação e Operação de Cemitérios", devidamente suplementada por roteiro básico para apresentação dos diagnósticos ambientais, necessários para a aprovação e licenciamento das áreas pela CETESB e pela SMA ("Roteiro para Elaboração de Estudos de Viabilidade Geológica de Cemitérios").

2 - GENERALIDADES

Em 1970, iniciamos uma pesquisa dirigida, no sentido de verificar as interações entre os corpos enterrados e o maciço do solo, a liberação do líquido complexo da decomposição (para o qual cunhamos o neologismo "necro-chorume"), a contaminação causada no subsolo (solo e águas subterrâneas) e a maneira de preveni-la e mitigar os efeitos superimpostos ao meio ambiente.

Nesse mistér, conduzimos inúmeros e exaustivos ensaios, incluindo modelos reduzidos, efetuamos observações de campo em inumações, estudamos os aspectos construtivos dos cemitérios (sepulturas, jazigos, ossários, crematórios, etc.) e pesquisamos o embasamento jurídico e os registros históricos.

Na década de 1980, chegamos a técnica de aplicação de determinadas substâncias oxidantes ativas (como, por exemplo, o peróxido de cálcio), para favorecer e acelerar a decomposição dos corpos (em especial nas situações críticas de saponificação, mumificação e a necessidade de reciclagem de túmulos), bem como aperfeiçoamos a tecnologia de descontaminação dos locais de cemitérios e o monitoramento hidrogeológico.

Na presente década, já aperfeiçoamos os processos de drenagem e de tratamento dos efluentes gasosos e líquidos (necro-chorume), remodelamos a norma da CETESB (L.1040) e elaboramos o roteiro técnico para a apresentação dos estudos de diagnóstico ambiental para cemitérios ("viabilidade geológica").

A CETESB - Cia. Tecnologia de Saneamento Ambiental, o SINCESP - Sindicato dos Cemitérios do Estado de São Paulo e ACEMBRA - Associação de Cemitérios do Brasil firmaram um protocolo para a condução de pesquisa fundamental para a averiguação do distanciamento mínimo seguro entre o fundo dos túmulos e o lençol freático.

3 - ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

Indiscutivelmente, os cemitérios causam impactos ambientais consideráveis, em especial físicos, dentre os quais o mais importante está no risco de contaminação das águas subterrâneas por microrganismos que proliferam durante o processo de decomposição dos cadáveres, bem como os patogênicos causadores dos óbitos.

Considerando-se que a implantação dos cemitérios no Brasil não tem levado em conta os aspectos geológicos e hidrogeológicos intrínsecos ao meio físico, é fácil constatar que a construção inadequada das necrópoles pode conduzir a um risco elevado dos mananciais hídricos do subsolo. Conseqüentemente, tal fato, de per si, já implica na necessidade inquestionável de serem tomados cuidados especiais na localização e na operação dos cemitérios, quer por parte dos Órgãos Ambientalistas, quer por parte dos Órgãos de Saúde Pública.

A nossa maior preocupação é com as águas subterrâneas mais superficiais ("lençol freático"), mais expostas à contaminação biológica e suscetíveis de serem captadas por poços rasos ou em fontes nascentes naturais, pela população de baixa renda, ou em situação da inexistência de rede pública de água potável.

É fácil a compreensão de que os cemitérios se constituem em um risco potencial para o lençol freático, visto um cadáver, ao ser sepultado, estar sujeito a fenômenos putrefativos de ordem físico-química, onde atuam vários microrganismos. No caso de morte por mólesta contagiosa ou epidemia, estão

presentes: as algas, os fungos, os protozoários, as bactérias e os vírus alguns sendo seus convivas ou predadores.

No processo da putrefação do cadáver, há toda uma proliferação de microrganismos que, durante os períodos chuvosos, podem percolar e contaminar o lençol freático.

Os organismos suscetíveis de ensejar as doenças de transmissão hídrica, são as do gênero Clostridium (tétano, gangrena gasosa, toxi-infecção alimentar), Mycobacterium (tuberculose), Salmonella typhi (febre tifóide), Salmonella paratyphi (febre paratífóide), Shigella (disenteria bacilar), vírus da hepatite A, etc.

Os microrganismos patogênicos têm pouca resistência às condições de oxigenação e ausência relativa de umidade do solo, desaparecendo totalmente na zona insaturada ou de aeração do solo.

Diante disso e da impossibilidade de rebaixamento do lençol freático na maioria dos casos, enveredamos pela solução "ovo-de-colombo" da adição de substâncias oxidantes, na trilha dos antigos que utilizavam a cal virgem (CaO) para tal finalidade. Após experimentar uma série delas (permanganato de potássio, peróxido de hidrogênio, etc), concluímos pela adequabilidade do peróxido de cálcio (CaO₂), o qual além de sua capacidade de eliminação de microrganismos, acelera a degradação da matéria orgânica e confere um teor residual de oxigênio ao efluente percolante para o lençol freático.

Os gráficos constantes dos anexos, resultantes da pesquisa dirigida, ilustram a contento o supracitado.

Para os solos tropicais nacionais, com umidade natural (à seco), teor em argilas variando de 20% a 40% e coeficientes de troca catiônica (CTC) de 5 a 40 mEq/100g, a adição de apenas 10% a 15% em peso do cadáver em peróxido de cálcio, foi suficiente para promover a decomposição acelerada da matéria orgânica.

Nessas condições, o tempo normalmente requerido para decomposição total (esqueleto desmontado, ossada limpa), foi reduzido em cerca de 60% para os solos com teor de $\geq 30\%$ em argilas (13.140 h $\cong$ 548 d $\cong$ 1,5 ano) e em cerca de 55% para os solos com teor e argilas $\leq 30\%$ (19.272 h $\cong$ 803 d $\cong$ 2,2 anos).

Para os cadáveres enterrados em solos que favorecem à decomposição parcial estacionária (mumificação e saponificação), a adição de 20% a 30% do oxidante em peso catalizou e efetivou a degradação completa do corpo em aproximadamente 86%, ou seja, implicou numa "economia de tempo" da ordem de 6.132 h (256 d $\cong$ 0,70 ano).

Nesses cadáveres problemáticos, verificou-se que o oxidante é de ação mais rápida nos corpos saponificados. Nos corpos mumificados a atuação de oxidante

tem uma cinética dependente da presença de umidade, água percolante ou liberação de necro-chorume, a fim de poder agir mais celeremente, tanto na retomada quanto na consecução do processo de decomposição da matéria orgânica e na desmontagem da estrutura óssea dos corpos.

A citada pesquisa conjunta da CETESB-ACEMBRA-SINCESP, dentre outros objetivos, visa estabelecer as distâncias (horizontal e vertical) necessárias para assegurar a eliminação da contaminação do maciço do solo pelos microrganismos liberados na putrefação. Isto terá um reflexo imediato nas disposições da Norma L.1040 e Código Sanitário, tanto no estabelecimento do perímetro de segurança quanto no distanciamento mínimo entre o fundo dos túmulos e a superfície do lençol freático (hoje fixada provisoriamente em um mínimo de 1,50m).

Paralelamente, o Departamento de Microbiologia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo está conduzindo uma pesquisa relacionada a sobrevivência de bactérias e vírus após a percolação através de colunas de solos selecionados.

Dos anexos consta a tabela 1, ilustrando os resultados obtidos com solos provenientes do Cemitério de Areia Branca (CAB), Cemitério de Vila Formosa (CVF) e Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha (CVNC) o primeiro na Baixada Santista e os demais na cidade de São Paulo, abordando os principais indicadores bacteriológicos de contaminação necrológica.

Por outro lado, já em 1981 foi publicado um artigo técnico similar na revista *Environmental Science & technology*, da American Chemical Society, USA (vide anexos tabelas III, IV, V e VI).

De acordo com os dados disponíveis, em termos de contaminação provocada pelos cemitérios, os maiores problemas acham-se atrelados aos vírus, devido a sua grande capacidade de sobrevivência, mobilidade, adaptação ao meio adverso, mutação e permeação através até de meios semi-permeáveis.

São conhecidas as contaminações fatais dos violadores de tumbas egípcias, assírios, peruanos, etc., por vírus dormentes que resistiram até milênios, confinados nos sepulcros e com virulência suficiente para retomar o seu ciclo vital e causar óbitos e endemias.

Em termos de lençol freático, foram atestadas as presenças de vetores da poliomete, hepatite, gangrena gasosa, tuberculose, escarlatina, etc. há quilômetros de distância dos cemitérios, capazes de causar problemas se as águas subterrâneas infectantes forem ingeridos por pessoas desavisadas e com a sua imunidade natural baixa. Evidentemente, se estas águas forem desinfetadas com agentes químicos adequados (cloro., oxigênio, etc.), desaparecerão os problemas infecciosos.

Através do monitoramento hidrogeológico, a progressão da pluma de contaminação no subsolo (vide desenho anexado) poderá ser acompanhada, detectada e implementadas as medidas mitigadoras e corretivas necessárias.

Os poços de monitoramento, além de permitirem a medição dos níveis de água subterrâneos (superfície piezométrica) e a coleta de amostras de água para as análises (bacteriológicas e físico-químicas), poderão prestar-se à injeção de soluções ativas, por exemplos de hipoclorito de sódio (NaClO), permanganato de potássio (KMnO_4), peróxido de cálcio (CaO_2), etc, capazes de promover a assepsia do solo e do lençol freático, eliminando a degradação causada pelas necrópoles.

Este procedimento poderá ser conduzido sempre que o monitoramento acusar níveis de contaminação elevado, tendo um custo relativamente baixo e um reflexo ambiental bastante positivo.

4 - ASPECTOS GEOSSANITÁRIOS

Sob esta óptica, devem ser analisados alguns aspectos de ordem prática, tais como a drenagem e o tratamento dos gases da putrefação e do necro-chorume, a capacidade de recepção do solo aos materiais orgânicos em decomposição, a lixiviação dos resíduos sólidos cadavéricos inumados, etc.

Os ensaios de infiltração expeditos prescritos pela norma ABNT-NBR-7229/82, são úteis para verificar a capacidade de absorção de efluentes líquidos pelo solo (lixiviado cadavérico e necro-chorume), desde que a profundidade no solo seja adequada ao problema em tela.

Uma vez investigados e determinados os parâmetros geológicos prescritos pela norma e pelo roteiro da CETESB (teor em argilas, índice CTC, granulometria, profundidade do nível d'água, etc.) e uma vez conhecidas as características básicas do cemitério (área de sepultamento, taxa de sepultamento, número de túmulos e jazigos, capacidade de depuração do solo, temperaturas ambientais médias, etc.), devem ser conhecidos alguns parâmetros ou índices operacionais, de fácil determinação, a saber:

a) **Massa orgânica a degradar:**

média $\rightarrow (70,00 - 20,00) = 50,00 \text{ kg/cadáver}$

total $\rightarrow N \times 50,00$ (N = número de cadáveres sepultados)

b) **Ossos remanescentes**

média $\rightarrow (70,00 - 50,00) = 20,00 \text{ kg/cadáver}$

total $\rightarrow N \times 20,00$

c) **Área utilizada para sepultamento**

túmulo $\rightarrow 1,60$ a $2,00 \text{ m}^2$

$$\text{total} \rightarrow A_s = \frac{A_t \times T_s}{N_t} \text{ (m}^2\text{/ano)}$$

onde: A_t = área global de sepultamento do cemitério
 T_s = taxa de sepultamento anual
 N_t = número de túmulos (por ano)

d) **Taxa de aplicação da matéria orgânica no solo**

$$T_a = \frac{N \times 50,00}{A_s} \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

e) **Liberação de necro-chorume**

média $\rightarrow 0,60 \times 50,00 = 30,00 \text{ l/cadáver}$

total $\rightarrow 30,00 \times N \text{ (l/ano)}$

f) **Tempo de saturação do cemitério, sem reciclagem de túmulos**

$$T_v = \frac{A_t}{A_s} \text{ (anos)}$$

g) **Tempo necessário para a decomposição total dos cadáveres ("ossada limpa")**

- Solo com teor de argilas $\geq 30\%$

$$T = \text{anti-log} \left(\frac{\log M - 2,3150}{-0,2333} \right)$$

- Solo com teor de argilas $\leq 30\%$

$$T = \text{anti-log} \left(\frac{\log M - 2,2731}{-0,21383} \right)$$

onde: T = tempo requerido (horas)
 M = massa cadavérica a decompor (kg)

h) **Tempo necessário para a fase humorosa (liberação do necro-chorume)**

$$T = \text{anti-log} \left(\frac{V - 53,83}{25,03} \right) \text{ (horas)}$$

5) CONCLUSÕES

CETESB - CIL. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

- a) Dependendo das condições geológicas locais, um cemitério poderá constituir-se numa fonte de contaminação efetiva do subsolo, degradando as características originais do maciço do solo e do lençol freático.
- b) É vital a realização de um estudo prévio de viabilidade geológica da área pretendida para um cemitério e verificada a adequabilidade do projeto construtivo às condições geoambientais, seguindo-se a Norma CETESB - L.1040/93.
- c) Para os cemitérios existentes e perenizados, é importante efetuar o monitoramento hidrogeológico o qual, se possível, deverá abranger o entorno imediato da área-objeto, seguindo-se as prescrições da Norma ABNT - PNB - 1:63.06.003 - "Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem do Aquífero Freático".
- d) A adição de peróxido de cálcio como agente oxidante, revelou-se uma "solução ovo-de-Colombo", tanto sob o ponto de vista de acelerar a decomposição total da matéria orgânica e desmontar o esqueleto, quanto na prevenção e correção dos fenômenos sempre indesejáveis de decomposição parcial estacionária (saponificação e mumificação).
- e) A injeção de soluções concentradas de peróxidos de hidrogênio ("água oxigenada) ou de cálcio (CaO_2), através de furos estrategicamente executados ou através da rede de monitoramento hidrogeológico existente, é uma técnica bastante eficiente para a descontaminação da área do cemitério ("neutralização da fonte primária de contaminantes").
- f) A seleção adequada das espécies vegetais destinadas à arborização do cemitério (paisagismo) é capaz de sanar os problemas de saturação do solo com os produtos da decomposição de corpos. Além disso, os vegetais exercerão um papel preponderante na prevenção de maus odores e na ocorrência do chamado "fogo fátuo" (liberação de fosfina pelos cadáveres e a sua reação de oxidação na atmosfera).
- g) É conveniente que todos os resíduos sólidos gerados pela operação do cemitério (varrição, flores e aderços, restos de caixões, papéis e embalagens, pequenos animais mortos, etc.), sejam incinerados localmente, em um forno adequado e com teste de queima homologado pela CETESB
- h) Para os cemitérios verticalizados, atualmente em moda nos grandes centros urbanos, os estudos de viabilidade geológica da área-objeto, sistemas de drenagem dos efluentes cadavéricos, destinação dos resíduos sólidos

operacionais e sistemas de tratamento e neutralização dos gases e do necrochorume, são vitais e imprescindíveis.

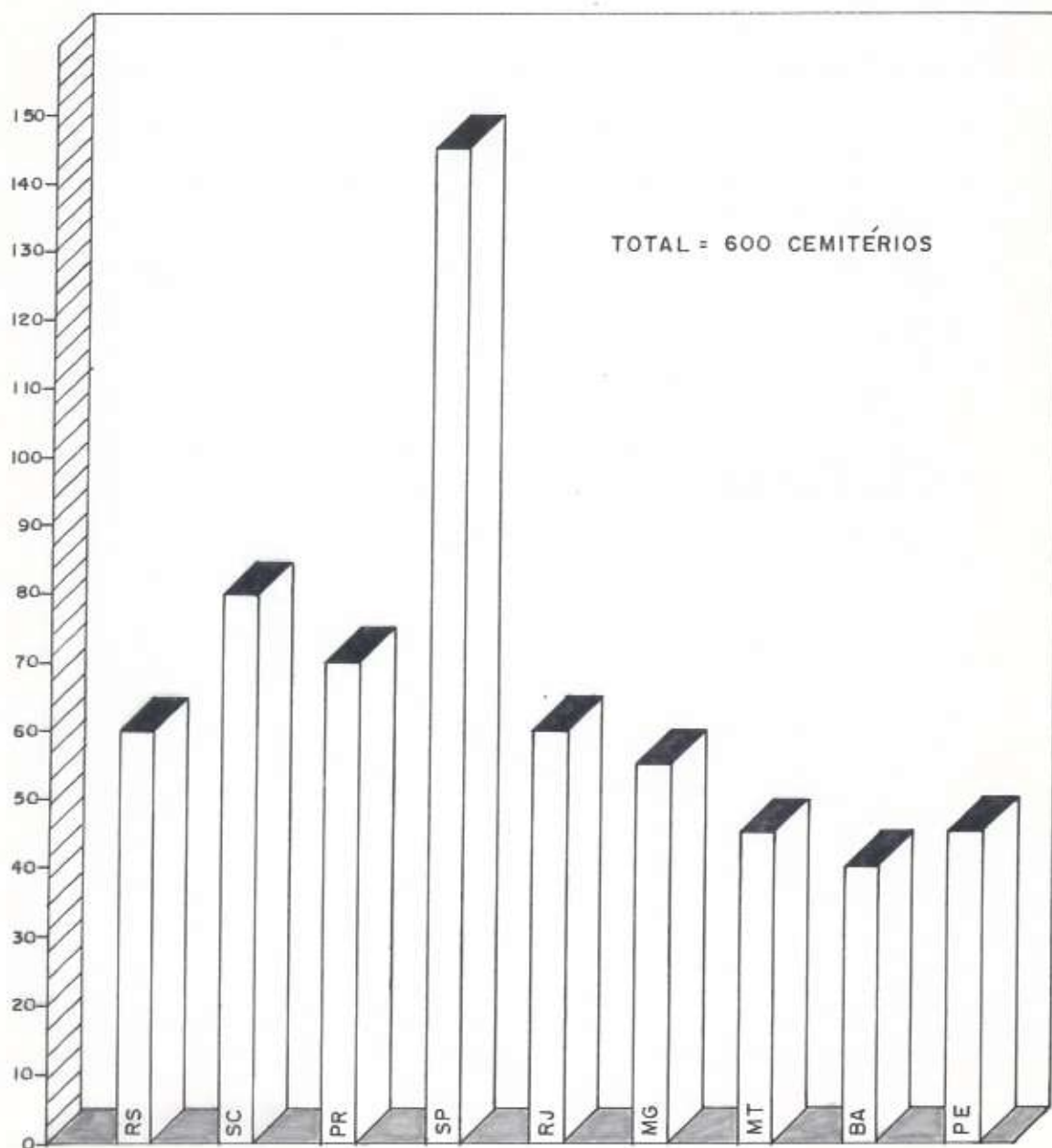
- i) Para as áreas com problemas de lençol freático pouco profundo ("raso") por exemplo, na faixa litorânea e em alguns vales interiores, sendo os cemitérios um tipo de empreendimento indispensável à vida da comunidade, a solução prática mais econômica e prática é o confinamento hidráulico coadjuvado por uma drenagem periférica eficiente. Via de regra, os procedimentos de rebaixamento do nível d'água, usuais em trabalhos de Geotecnia, são onerosos e dependentes de energia, portanto, com perenização relativa sempre duvidosa.
- j) O assunto "cemitérios", tratado sob a óptica ambientalista, deverá ser convenientemente tratado pela Secretaria do Meio Ambiente, por exemplo, através da CETESB, desde que sejam estabelecidas as necessárias diretrizes e um sistema de aprovação de áreas adequado ("licenciamento").

Atualmente, este assunto acha-se, por vezes, numa "terra-de-ninguém", com superposições da CETESB, DAIA, DUSM, DPRN, EMPLASA, Secretaria de Saúde (SVS) e PM (Serviços Funerários)...

É óbvio que tal situação confunde e demanda dos Interessados um tempo precioso, tramitação burocrática desnecessária, dispêndio de recursos com estudos inadequados, etc.

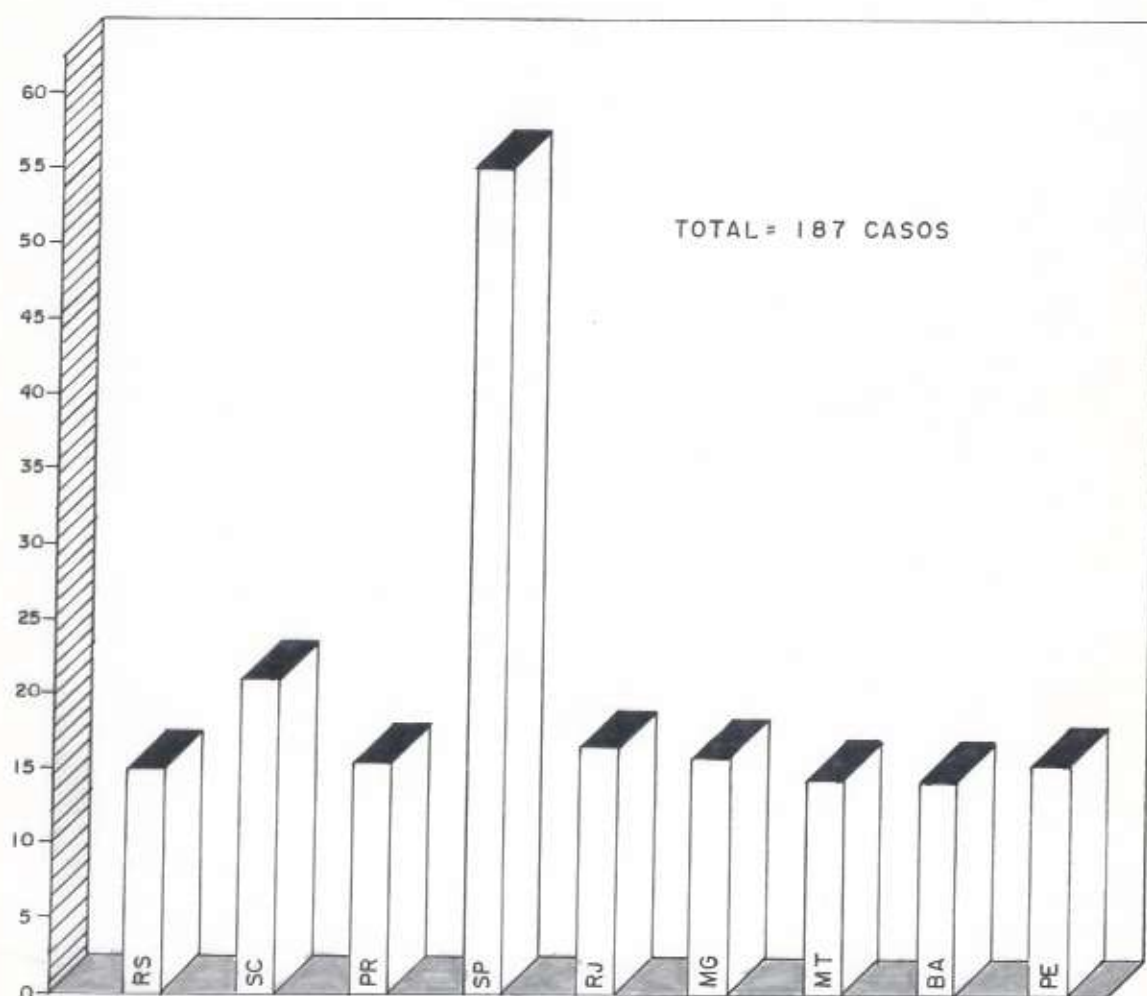
ANEXOS

DISTRIBUIÇÃO DOS CEMITÉRIOS BRASILEIROS ESTUDADOS NO PERÍODO 1970 - 1995



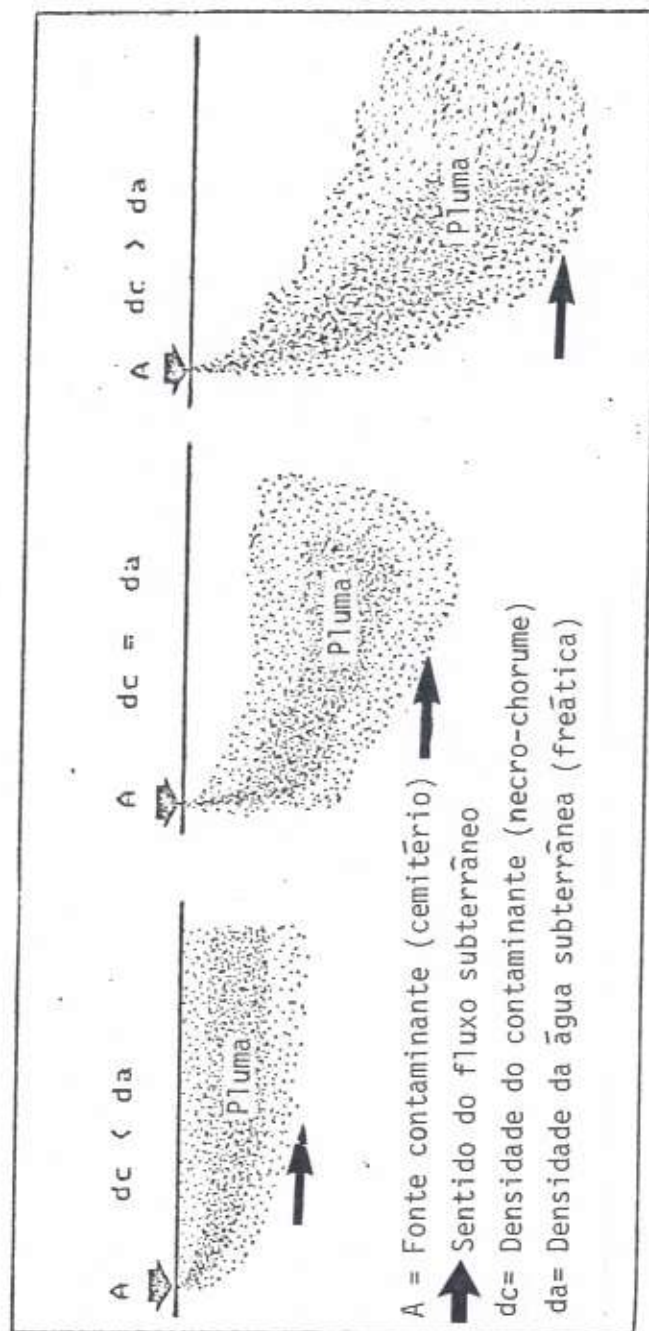
GEÓLOGO LEZIRO MARQUES SILVA
1995

**OCORRÊNCIA DE CASOS DE DECOMPOSIÇÃO PARCIAL
ESTACIONÁRIA, NOS CEMITÉRIOS BRASILEIROS ES-
TUDADOS NO PERÍODO 1970-1995**



GEÓLOGO LEZIRO MARQUES SILVA
1995

PLUMA DE CONTAMINACAO MIGRANTE NO SUBSOLO



FONTE: Silva, 1986, S. Paulo

DADOS DISPONÍVEIS SOBRE O NECRO-CHORUME (UFSC - CETESB)

- 1 - DENSIDADE: da ordem de $1,23 \text{ g/cm}^3$.
- 2 - ASPECTO: líquido de cor castanho-acinzentada, polimerizável, com odor forte e desagradável.
- 3 - CONSTITUIÇÃO: 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas complexas e pouco conhecidas (putrescina, cadaverina, etc.).
- 4 - TOXICIDADE: elevada, em função da presença de venenos orgânicos poderosos e da carga patogênica (bactérias e vírus).
- 5 - QUANTIDADE: aproximadamente 40,00 litros para um cadáver pesando 70,00 quilogramas, ou seja, cerca de 0,60 litro/kg.
- 6 - SOLUBILIDADE: bastante solúvel em água, numa faixa de pH variando de 5,00 a 9,00 e numa temperatura de 23° a 28°C .
- 7 - FORMAÇÃO E LIBERAÇÃO: intermitente e efetiva nos primeiros cinco meses após o sepultamento, em condições pedológicas normais e a seco (lençol freático abaixo do fundo das sepulturas). Com a elevação da superfície do lençol freático e o aumento do grau de saturação do solo, a decomposição estaciona e cessa a liberação do necro-chorume, ocorrendo então a chamada saponificação. Em condições de clima quente, a liberação pode ser acelerada, reduzindo a fase humorosa da decomposição cadavérica.



DECOMPOSIÇÃO DE CADÁVERES EM SOLOS TROPICAIS

Em solos tropicais, onde as temperaturas ambientes no maciço de solos variam de 23° a mais de 25°C e os teores em argilas ativas acham-se na faixa de 20% a 40%, a decomposição dos cadáveres humanos efetua-se em quatro períodos distintos, a saber: período de coloração ou das manchas, período gasoso, período coliquativo ou humoroso e período de esqueletização.

1 - PERÍODO DE COLORAÇÃO OU DAS MANCHAS

O início da putrefação se exterioriza, à nossa percepção comum, pela mancha verde, comumente observada na fossa ilíaca direita. Depois, ela se estende mais e mais, difundindo-se e tomando o abdômen, o tórax, a cabeça e os membros. Fazem exceção os indivíduos mortos na água, onde o processo se inicia pela porção superior do tórax.

Explica-se essa coloração verde dos tegumentos, pela produção do hidrogênio sulfurado, o qual atua na hemoglobina formando a sulfometemoglobina.

O seu início está justamente na fossa ilíaca direita, porque é no ceco que mais se acumulam os gases no começo da decomposição, ficando mais perto da parede abdominal, onde vão agir.

Nos indivíduos mergulhados na água, a cabeça fica em posição declive, de sorte que é nessa região que mais se acumula o sangue, sendo razoável o aparecimento das manchas verdes nas regiões do pescoço e superiores e anteriores do tórax.

Nos recém-nascidos, também é frequente aparecer nas regiões superiores do tórax, as manchas esverdeadas típicas.

O tempo de aparecimento da mancha verde abdominal varia, estando sujeito às diversas condições intrínsecas e extrínsecas assinaladas na etiologia da putrefação.

Influem, de maneira preponderante, as condições imperantes na região. Em São Paulo, por exemplo, a mancha verde abdominal aparece precocemente entre dezoito a vinte e duas horas pós-óbito e, às vezes, antes até, conforme a estação do ano (quente ou chuvosa).

É mais morosa nos cadáveres inumados do que nos conservados ao ar livre, sendo mais pronta na água. Em geral, esse primeiro período pode durar até sete dias.

O seu diagnóstico é fácil nos indivíduos de tez clara ou morena. Impõe-se a tonalidade verde suja característica que, na dúvida, ressalta comparando-se o lado oposto, tratando-se da fossa ilíaca direita.

2 - PERÍODO GASOSO

Neste período, os gases que se desenvolvem no interior do cadáver começam a estender-se por todo o corpo, dando origem a bolhas cheias de líquido dos tegumentos e a um enfisema putrefativo bem perceptível à inspeção visual e, principalmente, ao tato.

Em consequência desse acúmulo de gases, o corpo vai ficando pouco a pouco - com aspecto gigantesco, inchado, crescendo principalmente o rosto, o pescoço, o ventre e os órgãos genitais masculinos. Os olhos ficam proclives, assim como a língua. O ânus se entreabre ficando evertida a mucosa da última porção do intestino. Na mulher, estando grávida, pode haver a expulsão completa do feto e a eversão do útero. A epiderme vai se destacando na região das flictenas, ficando o derma descoberto.

Por fim, ainda neste período, sendo grande a força-viva dos gases, pode dar-se o fenômeno da ruptura das paredes abdominais com ruído ("estouro do cadáver").

Nesse período, o cheiro putrefativo é intenso, penetrante, nauseabundo, insuportável, sendo mais forte no seu início do que mais adiante. O período gasoso evolui, em geral, no prazo de uma a três semanas, podendo, todavia, prolongar-se mais dentro das variações em que atuam os múltiplos fatores que influenciam a evolução putrefativa.

3 - PERÍODO COLIQUATIVO OU FASE HUMOROSA

A fase humorosa é o da dissolução pútrida e da formação de um líquido xaroposo, escuro, denso. As partes moles vão se reduzindo gradativamente e o volume vai diminuindo, devido a desintegração gradual dos tecidos. Os gases se evolvem e o corpo fica transformado numa sanie de odor fétido, envolvendo o esqueleto, perdendo pouco a pouco o formato do corpo. Nesse período de liberação do necrochôrume, além dos microrganismos putrefativos concorrerem em grande parte, larvas, vermes e insetos em quantidade, os quais muito trabalham pela destruição do cadáver.

Este período tem uma duração de seis a oito meses após o sepultamento, conforme as condições ambientais, as condições de resistência do corpo e de agressão do meio ambiente, os diversos tecidos e órgãos apresentam-se já em boa parte deformados, quer macroscópica quer microscopicamente.

4 - PERÍODO DE ESQUELETIZAÇÃO

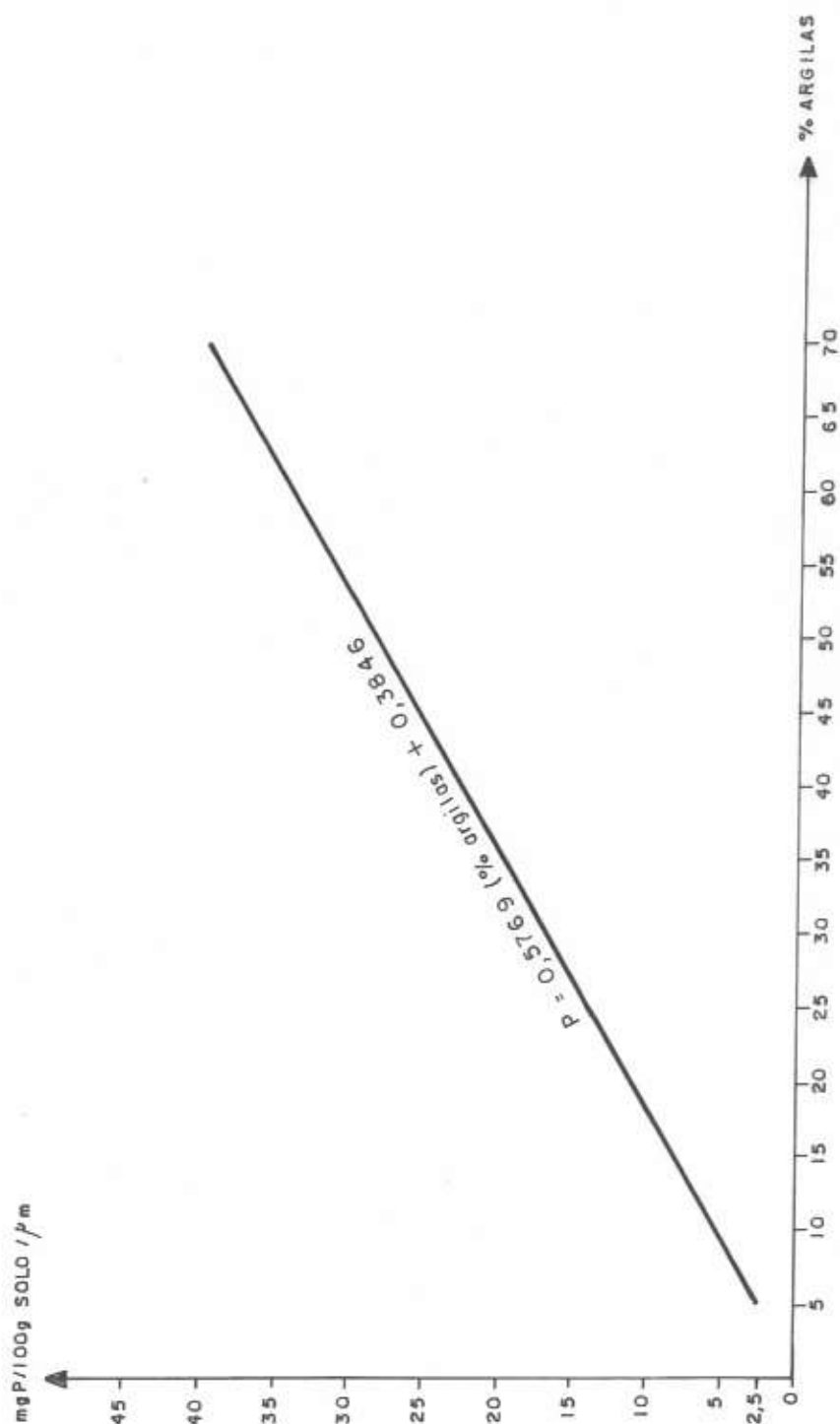
A ação continuada dos vermes, dos insetos e dos acarídeos, a atuação do meio ambiente, quer o cadáver esteja exposto ao ar livre, quer inumado, fazem com que os tecidos subsistentes ainda se dessequem, se reduzam mais em volume, se destruam, se pulverizem, se misturem com o terreno, deixando inteiramente livres ou limpos os ossos soltos dos respectivos ligamentos articulares, desmontando-se o esqueleto.

Este período pode durar de vários meses a vários anos, dependendo, principalmente, da ação do meio geológico. Os ossos podem resistir por dezenas ou centenas de anos, mas pouco a pouco vão perdendo a sua estrutura e resistência, ficando friáveis e cada vez mais leves (a osseína vai se extinguindo, restando o carbonato de cálcio).

* * * * *

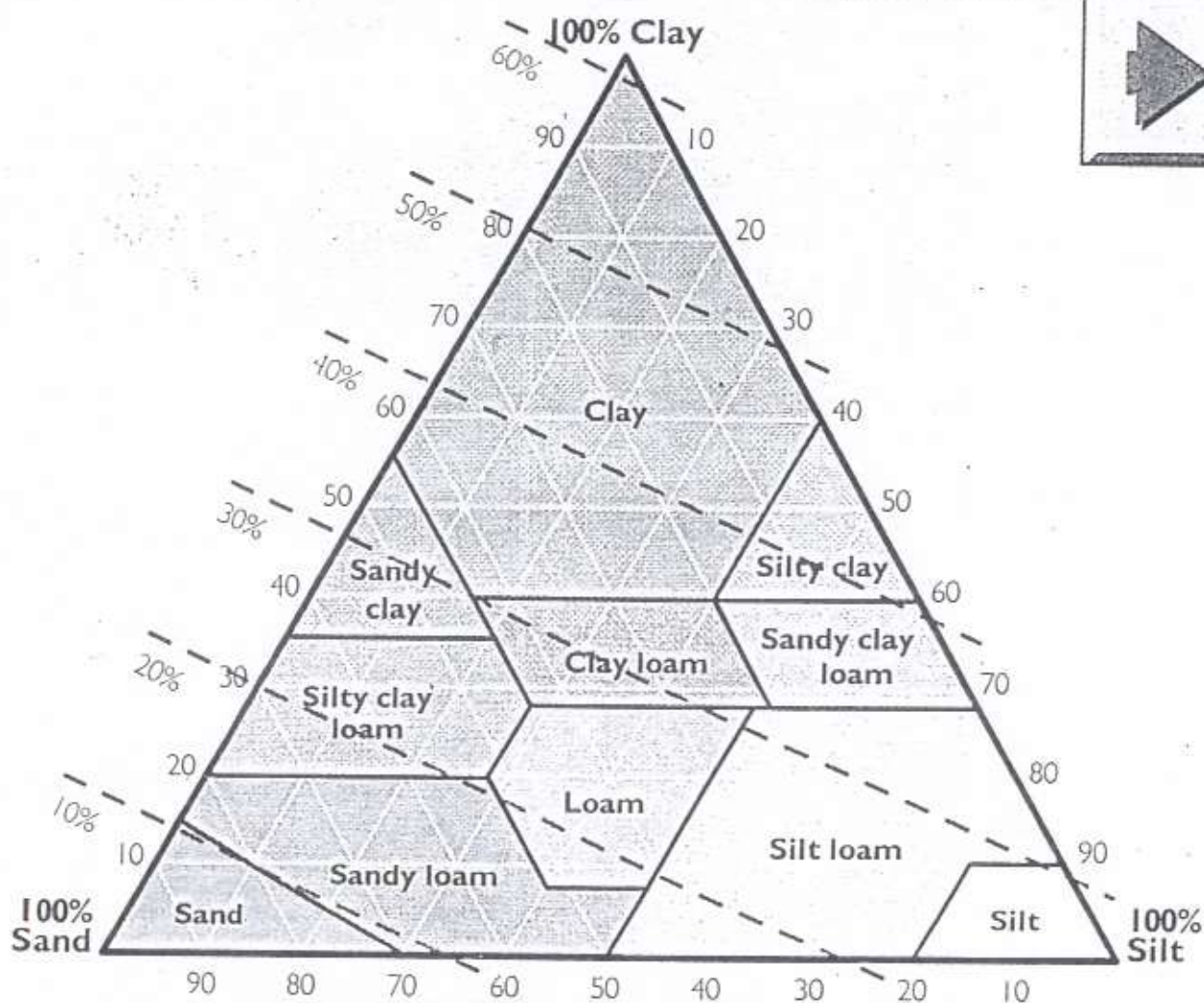
* * * * *
* * * * *

CORRELAÇÃO ENTRE OS TEORES DE ARGILAS E DE FÓSFORO FIXADO, EM SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO



GEOLOGO LEZIRO MARQUES SILVA
1995

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS



TERMOS LITOLÓGICOS

CLAY = ARGILA
 SAND = AREIA
 SILT = SILTE
 LOAM = BARRO, MARGA
 SANDY CLAY = ARGILA ARENOSA
 SILTY CLAY LOAM = MARGA SILTO-ARGILOSA
 SANDY LOAM = MARGA ARENOSA
 CLAY LOAM = MARGA ARGILOSA
 SILTY CLAY = ARGILA SILTOSA
 SANDY CLAY LOAM = MARGA ARGILO-ARENOSA
 SILT LOAM = MARGA SILTOSA

ENSAIO, EM MODELO REDUZIDO, DE DECOMPOSIÇÃO NATURAL DE CARNE ENTERRADA, EM SOLO SECO

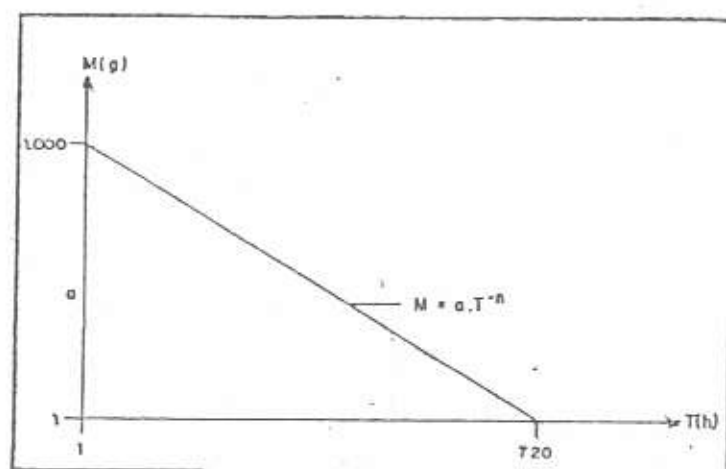
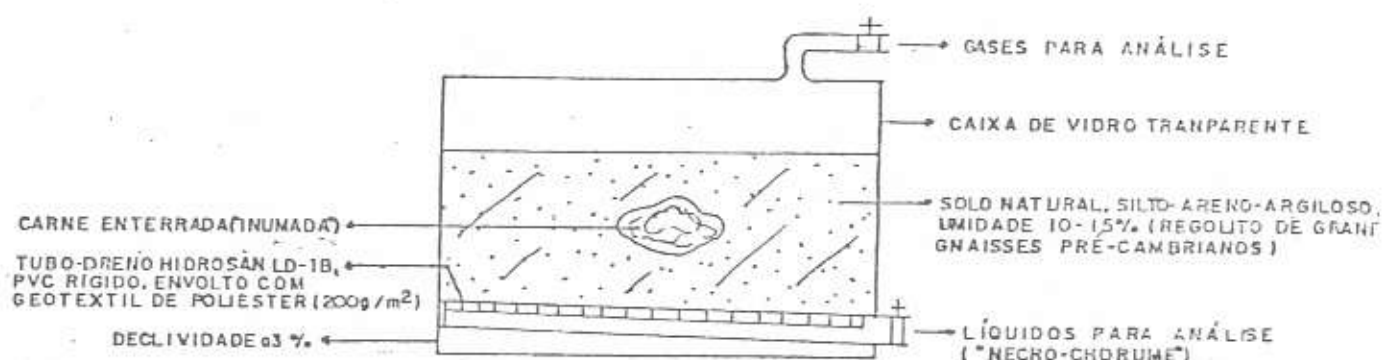


GRÁFICO - 1



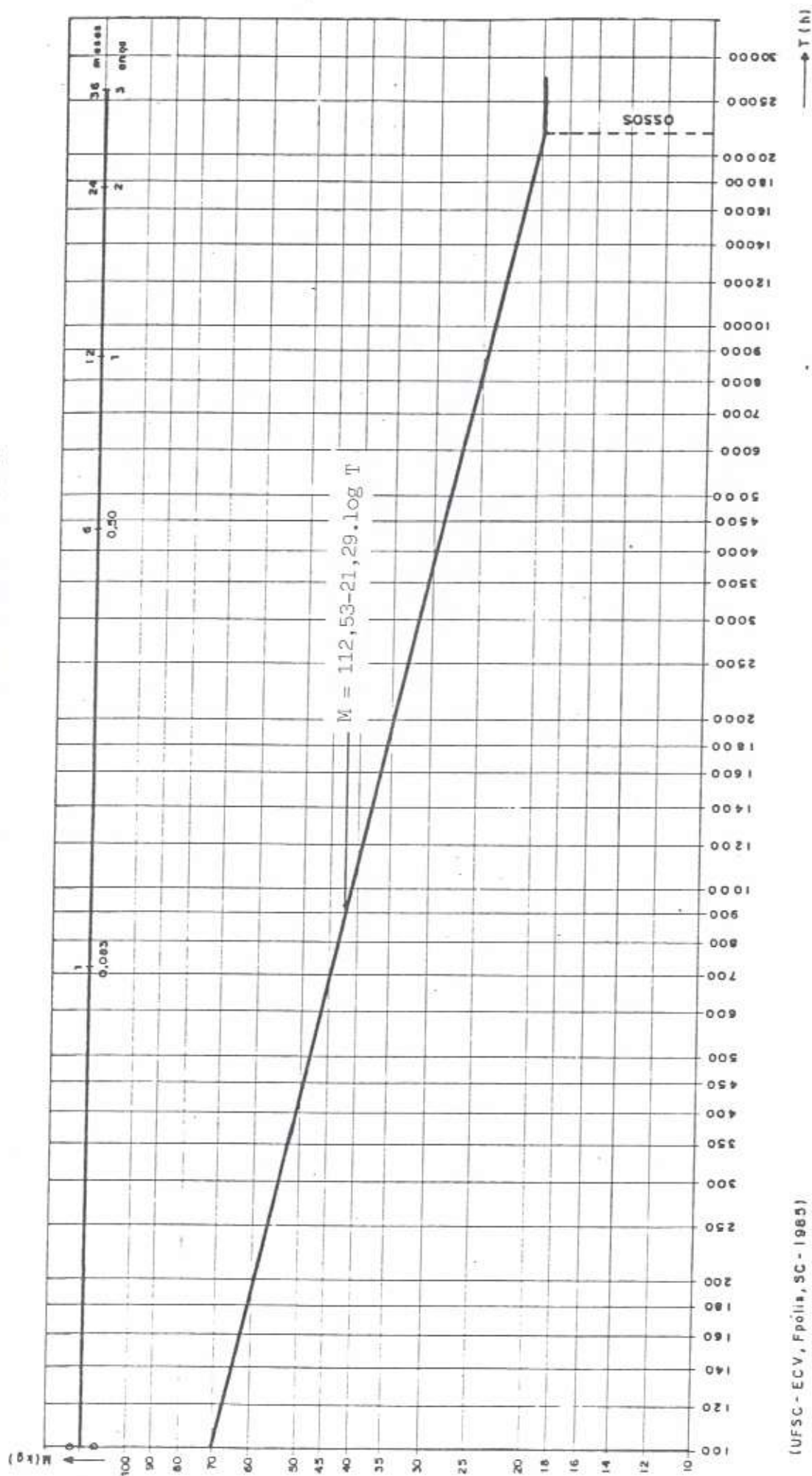
DISPOSITIVO DE ENSAIO - 2

OBSERVAÇÕES

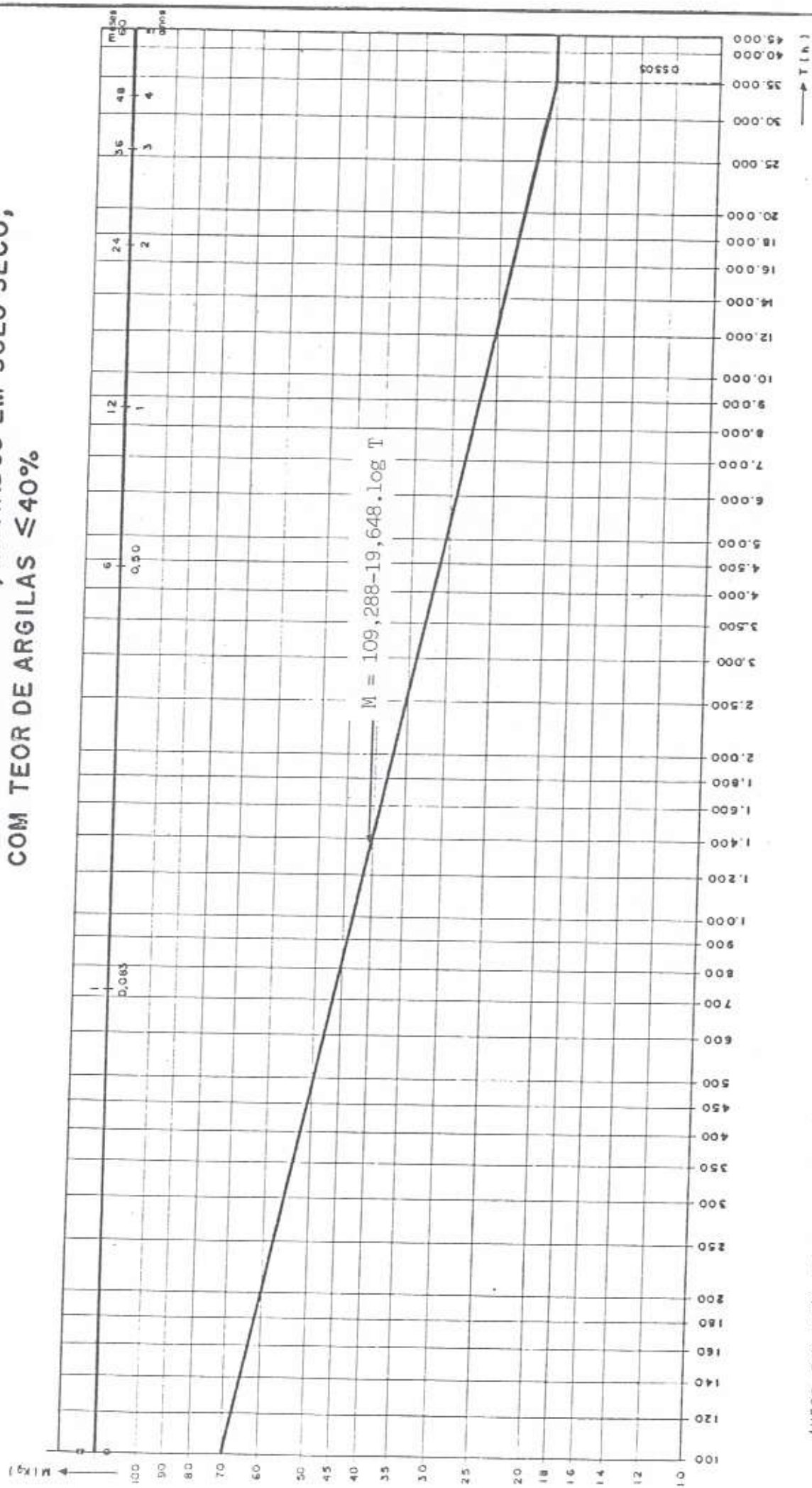
- 1) Os gases analisados não apresentaram agentes bacteriológicos ou viróticos, arrastados pelo fluxo gasoso.
- 2) Os efluentes líquidos ("necro-chorume"), até 25 horas de ensaio apresentaram um conteúdo rico em sais minerais (N,P,Ca,K,Na). A partir desse momento, os teores foram sofrendo redução gradual, à medida que a decomposição consumia a matéria orgânica enterrada.
- 3) Em termos de analogia, a concepção do modelo reduzido e a análise de regressão finita em computador, permitem estabelecer a seguinte correlação:

$$1 \text{ h} \approx 0,050 \text{ mês} \approx 0,0042 \text{ ano}$$

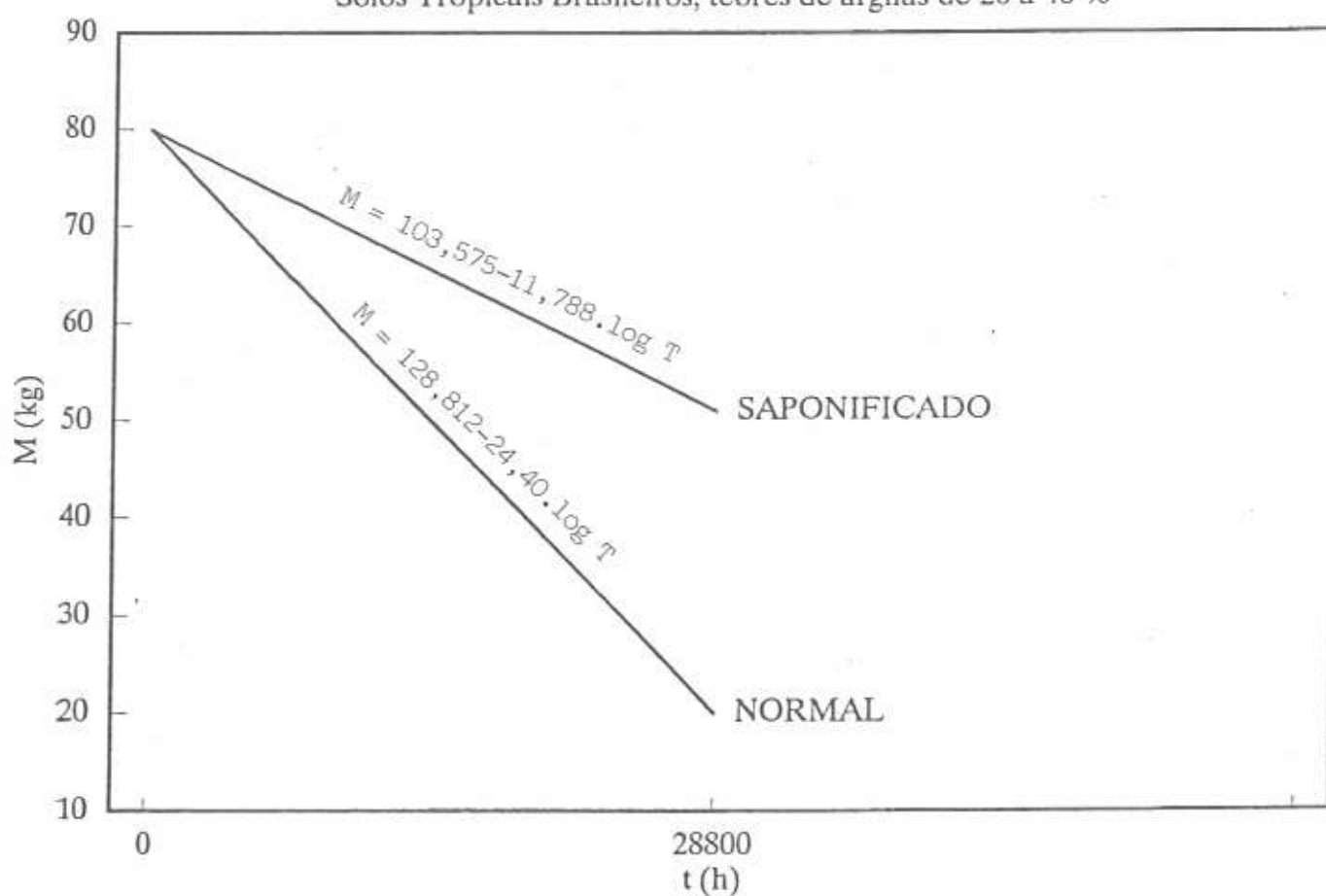
ENSAIO DE DEGRADAÇÃO DE CADÁVERES HUMANOS, INUMADOS EM SOLO SECO, COM TEOR DE ARGILAS $\geq 40\%$



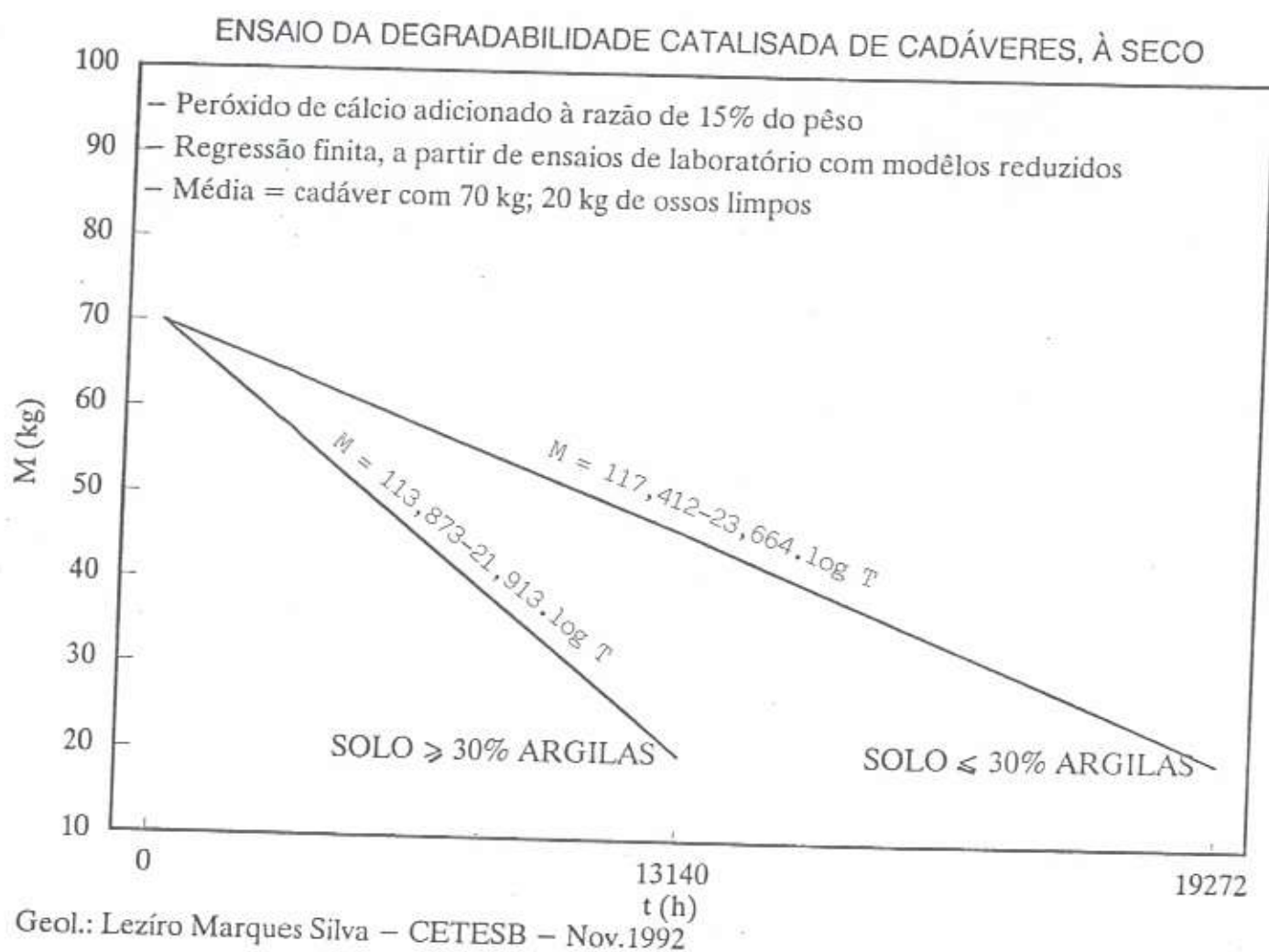
ENSAIO DE DEGRADAÇÃO DE CADÁVERES HUMANOS, INUMADOS EM SOLO SÉCO, COM TEOR DE ARGILAS $\leq 40\%$



ENSAIO DA DEGRADAÇÃO DE CADÁVERES HUMANOS
Solos Tropicais Brasileiros, teores de argilas de 20 a 40 %

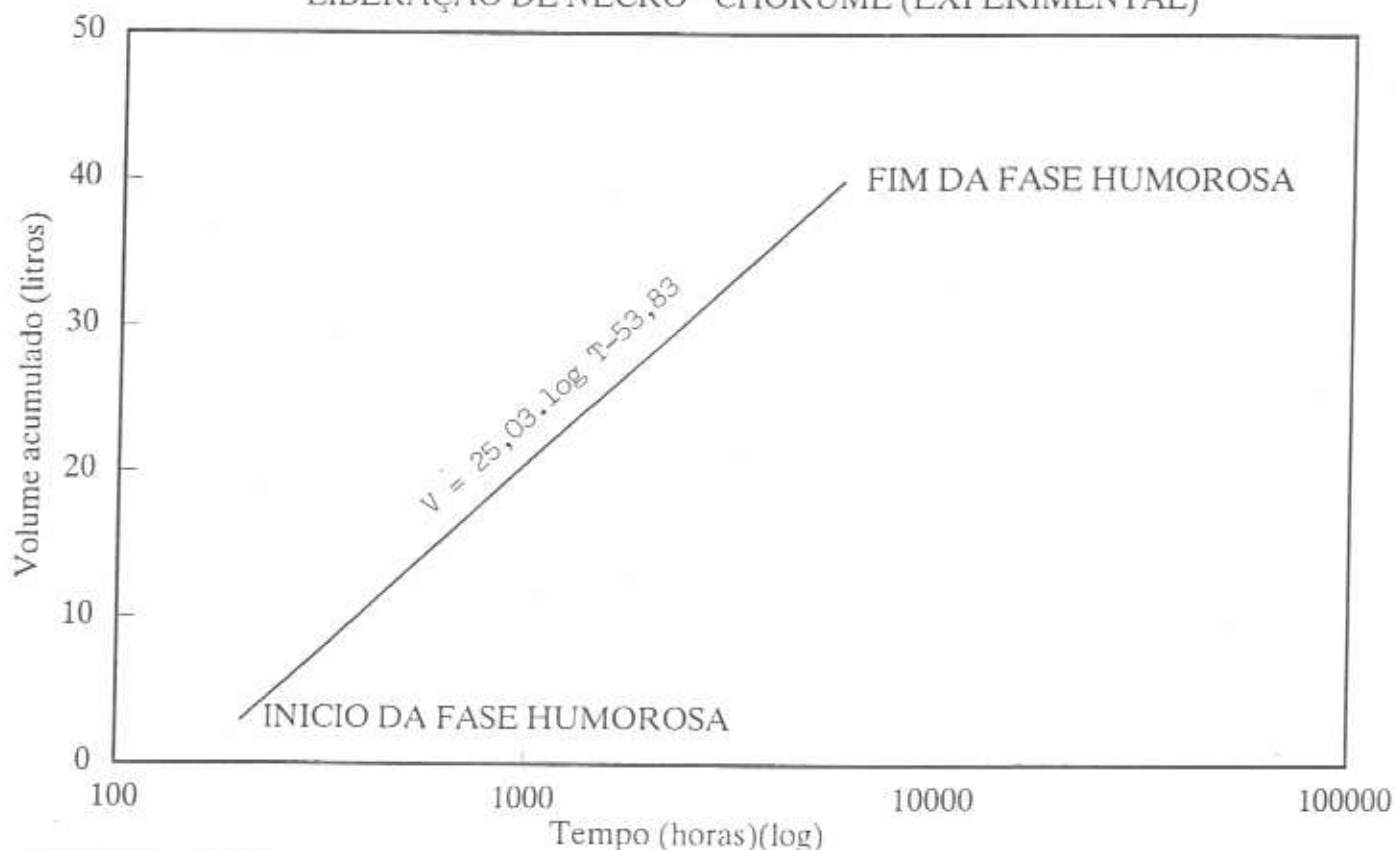


Geol.: Lezíro Marques Silva – CETESB – Nov.1992



DECOMPOSIÇÃO DE CADÁVERES HUMANOS

LIBERAÇÃO DE NECRO-CHORUME (EXPERIMENTAL)



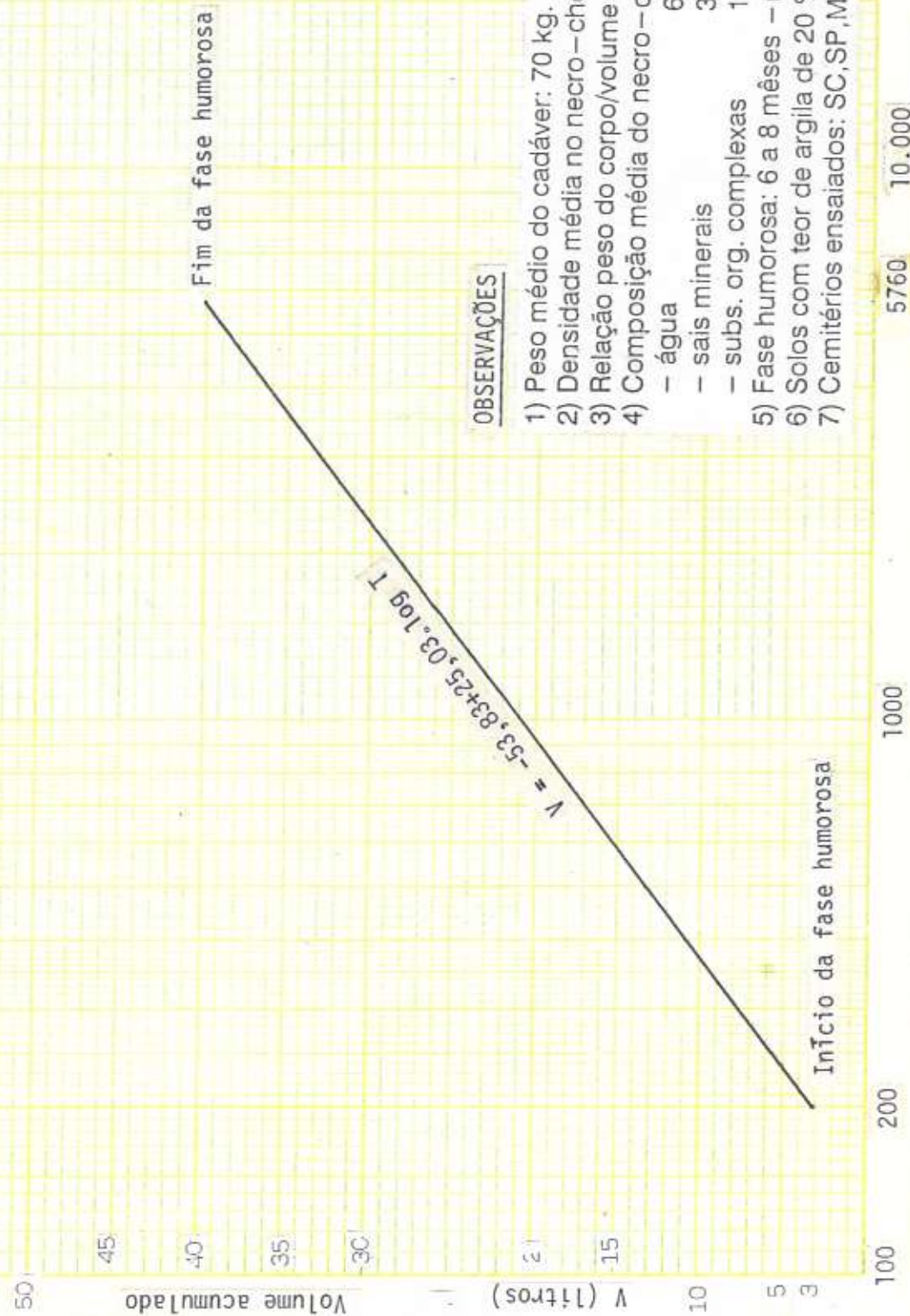
CETESB – 1994

Geol. Lezíro Marques Silva

Obs.

- 1) Peso médio do cadáver: 70 kg.
- 2) Densidade média no necro-chorume: 1,23 g/cm.
- 3) Relação peso do corpo/volume de necro-chorume: 0,60 l/kg.
- 4) Composição média do necro-chorume:
 - água 60 %
 - sais minerais 30 %
 - subs. org. complexas 10 %
- 5) Fase humerosa: 6 a 8 meses – (4320 a 5760 horas)
- 6) Solos com teor de argila de 20 % a 40 % seco
- 7) Cemitérios ensaiados: SC, SP, MG, MT, PE, BA

LIBERAÇÃO DE NECRO-CHORUME NA DECOMPOSIÇÃO DE CADAVERES HUMANOS (GRÁFICO EXPERIMENTAL)



OBSERVAÇÕES

- 1) Peso médio do cadáver: 70 kg.
- 2) Densidade média no necro – chorume: 1,23 g/cm³.
- 3) Relação peso do corpo/volume de necro – chorume: 0,60 l/kg.
- 4) Composição média do necro – chorume:
 - água 60 %
 - sais minerais 30 %
 - subs. org. complexas 10 %
- 5) Fase humorosa: 6 a 8 meses – (4320 a 5760 horas)
- 6) Solos com teor de argila de 20 % a 40 % seco
- 7) Cemitérios ensaiados: SC, SP, MG, MT, PE, BA

Tabela 1. Valores máximos, mínimos e média geométrica (MG) dos diferentes indicadores bacteriológicos, em amostras de águas dos três cemitérios estudados

Indicadores*	CAB			Cemitérios CVF			CVNC		
	máx.	min	MG	máx.	min	MG	máx.	min	MG
CT	$>1,6 \times 10^3$	<2	58	$>1,6 \times 10^3$	<2	14	$>1,6 \times 10^3$	27	$1,6 \times 10^2$
CF	$1,6 \times 10^3$	<2	5	$3,0 \times 10^2$	<2	3	7	<2	2
EF	$>1,6 \times 10^3$	<2	55	$1,6 \times 10^3$	<2	8	$1,6 \times 10^5$	<2	8
CSR	$>1,6 \times 10^3$	<2	21	$2,4 \times 10^2$	<2	14	27	2	7
PROT	$>1,6 \times 10^3$	23	$4,3 \times 10^2$	$>1,6 \times 10^3$	<2	$2,7 \times 10^2$	$9,0 \times 10^3$	$2,2 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3$
CPH1	$8,1 \times 10^5$	$7,0 \times 10^2$	$1,5 \times 10^4$	$7,1 \times 10^5$	$2,0 \times 10^2$	$9,0 \times 10^3$	$5,3 \times 10^4$	$2,8 \times 10^3$	$1,1 \times 10^4$
CPH2	$3,8 \times 10^5$	<2	$4,0 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3$	$1,3 \times 10^2$	$6,7 \times 10^2$	$1,6 \times 10^5$	$4,4 \times 10^2$	$1,6 \times 10^4$
LIPO	$1,2 \times 10^6$	80	$6,4 \times 10^3$	$1,5 \times 10^3$	75	$2,5 \times 10^3$	$3,6 \times 10^4$	$1,6 \times 10^2$	$3,9 \times 10^3$

* CT - coliformes totais; CF - coliformes fecais; EF - estreptococos fecais; CSR - clostrídios sulfito redutores; PROT - bactérias proteolíticas; CPH 1 - contagem padrão de bactérias heterotróficas aeróbias; CPH 2 - contagem padrão de bactérias heterotróficas anaeróbias; LIPO - bactérias lipolíticas.

Fonte: Pesquisa do Departamento de Microbiologia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo.

Table III. Descriptive Statistical Summary of Virus Adsorption to 9 Soil Types, by Individual Virus Types and by Their Groups *

virus	adsorption, %			
	mean	SD	minimum	maximum
echovirus 1 (Farouk)	39.19	35.00	11.00	99.70
echovirus 1 (V212)	45.08	31.80	1.00	99.70
echovirus 1 (V239)	46.89	29.98	5.00	98.00
echovirus 1 (V248)	45.98	37.62	0.10	99.90
coxsackievirus B4 (V216)	38.14	29.66	2.00	99.30
coxsackievirus B4 (V240)	55.76	36.36	0.10	98.70
MS-2	45.34	26.58	16.60	99.91
ϕ X174	34.51	44.91	0.01	99.98
group I	43.86	33.25	0.01	99.98
poliovirus 1 (LSc)	85.26	21.60	42.00	99.90
echovirus 7 (Wallace)	68.13	40.06	8.00	99.90
coxsackievirus B3 (Nancy)	81.07	22.48	35.00	99.61
T2	72.12	31.69	8.40	99.99
T4	83.12	32.52	0.01	99.70
group II	77.94	29.88	0.01	99.99
T2				
group III	16.44	32.39	0.01	99.20
all viruses	56.97		0.01	99.99

* As followed from the factorial analysis.

Table IV. Stepwise Multiple Regression of Mean Virus Adsorption in Group I on Soil Characteristics

dependent variable	significance of individual variables	multiple R	R ²	R ² change	simple R	overall F	significance of regression
first set of soil variables:							
pH	0.004	0.911	0.8300	0.8210	-0.9110	24.404	0.004
organics	0.032	0.976	0.9525	0.1226	-0.4920	40.132	0.002
ion exchange capacity	0.094	0.991	0.9839	0.0314	-0.0435	61.259	0.003
surface area	0.149	0.998	0.9955	0.0116	-0.1130	112.196	0.009
conductivity	0.754	0.998	0.9962	0.0006	-0.2662	52.332	0.105
second set of soil variables:							
total phosphorus	0.138	0.619	0.3830	0.3830	-0.6189	3.100	0.138
total calcium	0.672	0.643	0.4135	0.0305	-0.4581	1.400	0.344
total aluminum	0.834	0.650	0.4234	0.0010	-0.3377	0.730	0.597
total iron	0.764	0.675	0.4555	0.0321	-0.2024	0.420	0.793
third set of soil variables:							
exchangeable aluminum	0.056	0.743	0.5515	0.5515	0.7427	6.150	0.056
exchangeable iron	0.025	0.943	0.8902	0.3386	0.5755	16.216	0.012
exchangeable magnesium	0.359	0.960	0.9209	0.0307	-0.1645	11.649	0.037
exchangeable calcium	0.347	0.977	0.9546	0.0337	-0.1608	10.523	0.089
exchangeable phosphorus	0.835	0.978	0.9576	0.0029	-0.4409	4.517	0.342

Table V. Stepwise Multiple Regression of Mean Virus Adsorption in Group II on Soil Characteristics

dependent variable	significance of individual variables	multiple R	R ²	R ² change	simple R	overall F	significance of regression
first set of variables:							
ion exchange capacity	0.106	0.661	0.437	0.437	0.661	3.887	0.106
conductivity	0.214	0.797	0.636	0.198	0.552	3.493	0.133
surface area	0.064	0.950	0.903	0.267	0.592	9.333	0.050
organic matter	0.485	0.964	0.929	0.026	0.386	6.532	0.137
pH	0.413	0.987	0.974	0.045	-0.044	7.509	0.270
second set of variables:							
total magnesium	0.133	0.625	0.391	0.391	0.625	3.213	0.133
total calcium	0.146	0.814	0.663	0.272	0.373	3.943	0.113
total phosphorus	0.293	0.884	0.781	0.118	0.250	3.573	0.162
total iron	0.185	0.962	0.927	0.145	0.602	6.324	0.141
total aluminum	0.824	0.965	0.932	0.005	0.617	2.749	0.427
third set of variables:							
exchangeable magnesium	0.126	0.634	0.402	0.402	0.634	3.365	0.126
exchangeable aluminum	0.196	0.792	0.627	0.224	0.365	3.357	0.139
exchangeable calcium	0.316	0.865	0.748	0.121	0.517	2.967	0.198
exchangeable phosphorus	0.597	0.888	0.789	0.041	0.518	1.869	0.378
exchangeable iron	0.683	0.915	0.837	0.048	0.238	1.028	0.631

Table VI. Stepwise Multiple Regression of I2 Virus Adsorption on Soil Characteristics

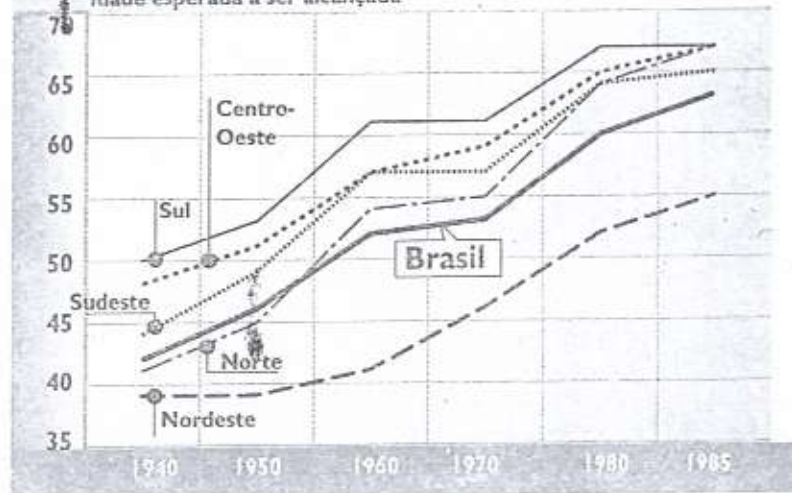
dependent variable	significance of individual variables	multiple R	R ²	R ² change	simple R	overall F	significance of regression
first set of variables:							
pH	0.215	0.535	0.287	0.287	-0.535	2.009	0.215
conductivity	0.729	0.557	0.310	0.024	-0.091	0.900	0.476
exchange capacity	0.896	0.561	0.315	0.005	0.216	0.460	0.730
surface area	0.567	0.666	0.443	0.128	0.116	0.398	0.803
organic matter	0.893	0.678	0.459	0.016	-0.044	0.170	0.940
second set of variables:							
total phosphorus	0.262	0.492	0.242	0.242	-0.491	1.594	0.262
total aluminum	0.418	0.608	0.370	0.128	-0.085	1.175	0.397
total iron	0.209	0.812	0.659	0.289	-0.140	1.934	0.301
total magnesium	0.658	0.836	0.699	0.040	-0.157	1.162	0.511
total calcium	0.196	0.966	0.972	0.273	-0.188	7.055	0.278
third set of variables:							
exchangeable aluminum	0.001	0.957	0.916	0.916	0.957	54.602	0.001
exchangeable iron	0.103	0.980	0.960	0.044	-0.218	48.289	0.002
exchangeable phosphorus	0.136	0.991	0.983	0.023	-0.352	58.452	0.004
exchangeable calcium	0.511	0.993	0.987	0.004	-0.250	38.578	0.025

Fonte das Tabelas III,IV,V,VI: Environmental Science & Technology, 1981, American Chemical Society.

DIFERENÇAS REGIONAIS

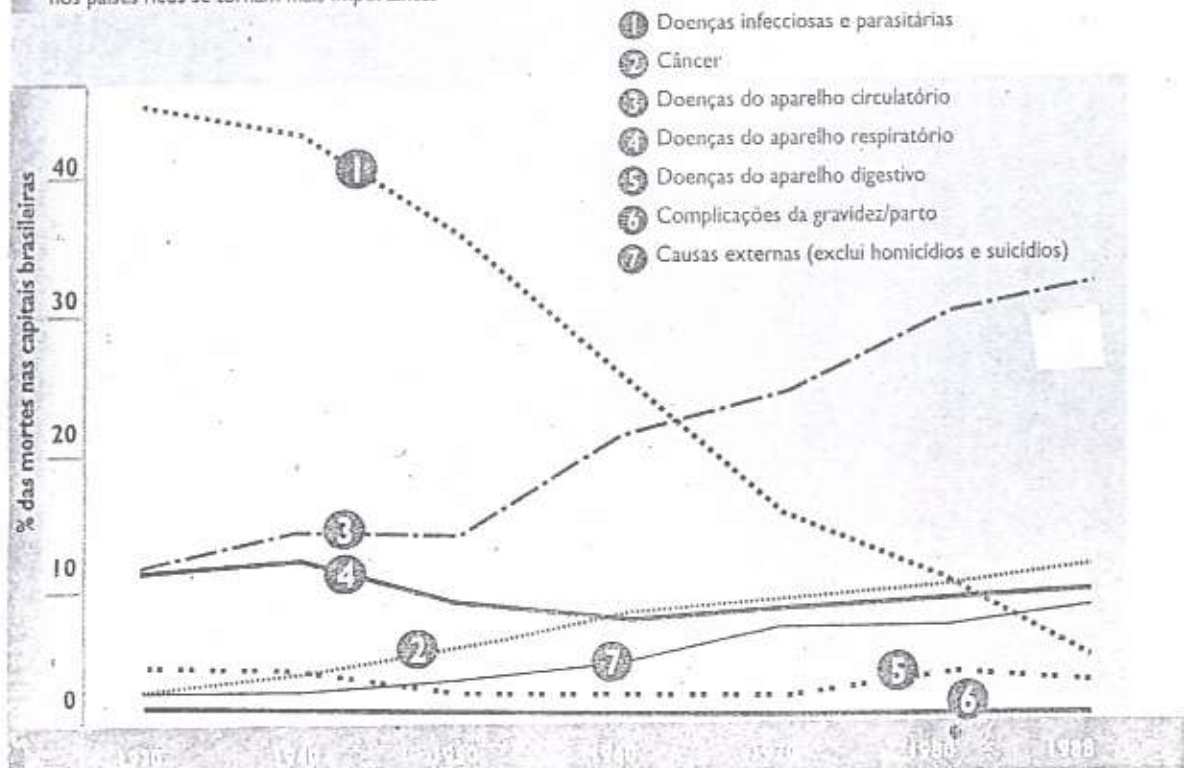
A expectativa de vida ao nascer e a taxa de mortalidade infantil evoluíram de maneira desigual

Idade esperada a ser alcançada



A EVOLUÇÃO DAS MORTES NO BRASIL

Doenças típicas da pobreza matam cada vez menos brasileiros, enquanto as principais causas de morte nos países ricos se tornam mais importantes

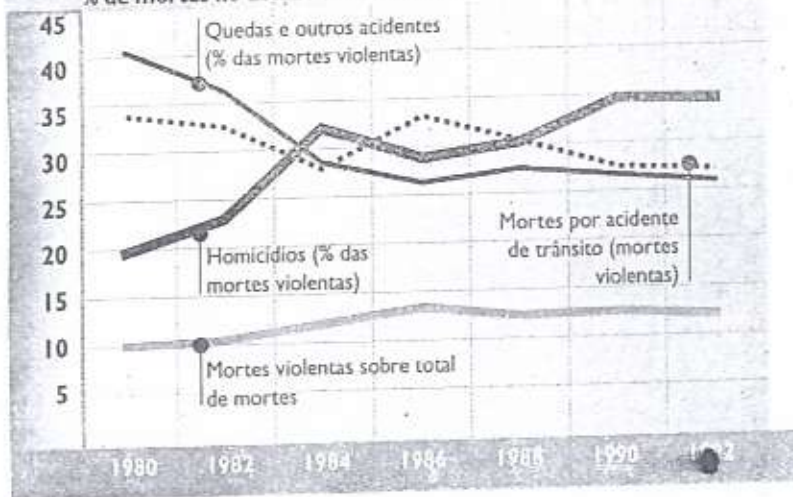


Fontes: Nupens (Núcleo de Pesquisas Epidemiológicas em Nutrição e Saúde/USP), Radis, Min.Saúde, Seade, OMS, IBGE, CEPPD, Banco Mundial

A EXPLOSÃO DE MORTE VIOLENTAS

Quando se incluem os homicídios, a proporção de mortes violentas cresce muito

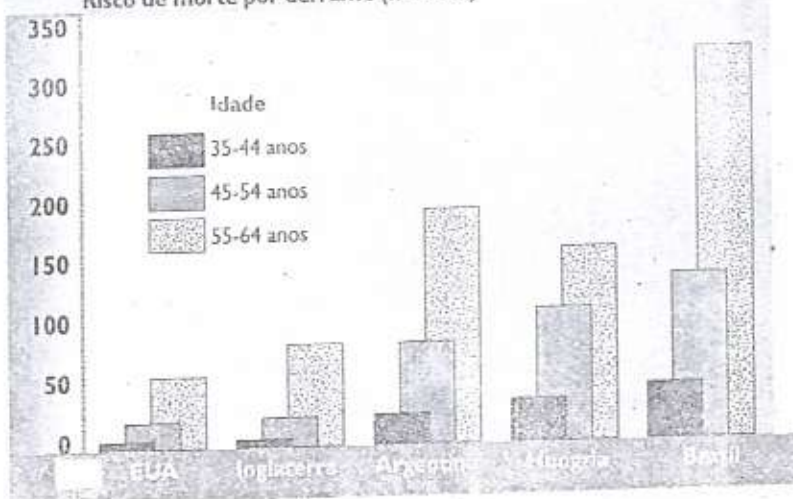
% de mortes no Estado de São Paulo



O SUBSENVOLVIMENTO NA HORA DA MORTE

A chance de morrer por infartos e derrames, é grande, como nos países ricos. Mas aqui, eles matam pessoas mais jovens.

Risco de morte por derrame (homens)



Fontes: Nupens/USP, Radis, Min. Saúde, SEADE, OMS, FIBGE, CEPPD, Bco. Mundial (publicado pela Folha de São Paulo, Especial A-4, Domingo, 31/07/1994).

Fotografias ilustrando a situação do Cemitério Municipal da Saudade, Itu, SP, onde o muro original, construído no início do século, foi demolido e o novo construído nos limites da calçada pública, eliminando-se, conseqüentemente, a faixa do perímetro de proteção. O objetivo foi aumentar a capacidade de sepultamento da necrópole, praticamente já exaurida.







Fotografias ilustrando as condições ambientais de um cemitério municipal em país do dito Primeiro Mundo (Alemanha, cidade de Hidelberg), tomadas pelo Engº Flávio Magalhães, em 1993.

CEMITÉRIO DA MONTANHA (Bergfriedhof)



Entrada principal, vendo-se ao fundo o crematório e a presença intensa de vegetação.



Vista interna notando-se topografia acidentada, faixa de recuo de aproximadamente 5.00 m confinando com residência.

CEMITÉRIO DA MONTANHA (Bergfriedhof)



Presença de grandes árvores no interior do cemitério e a preocupação ecológica com local para passaro nidificar.

CEMITÉRIO NOVA CASA (Neuenheim)



Vista interna, terreno horizontal e presença de grandes árvores.



Lateral esquerda do cemitério, vendo-se a sepultura junto a divisa, sem faixa de proteção e confrontando com construção.

CEMITÉRIO NOVA CASA (Neuenheim)



Vista interna vendo-se terreno plano, grandes árvores, sepultura junto à divisa e confrontando-se com edifício dotado de passagem lateral para entrada de carro.

*Fotos colhidas por
Flávio Magalhães
Agosto/1993.*