

2300
Si38d
039398



32287



039398

A DECOMPOSIÇÃO DE CADÁVERES NO SUBSOLO BRASILEIRO

Prof. Geol. Lezíro Marques-Silva, USJT, São Paulo. SP
(Novembro de 2006)

CETESB - Companhia de Tecnologia
de Saneamento Ambiental
Biblioteca Prof^o Dr.^o Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof^o Frederico Hermann Jr., 345 - Pinheiros
e-mail: biblioteca@cetesbnet.sp.gov.br
05459-900 - São Paulo - Brasil

A DECOMPOSIÇÃO DE CADÁVERES NO SUBSOLO BRASILEIRO

AUTOR

Geólogo Lezíro Marque-Silva (USP-1967), MSc. Engenharia Civil (USA-1981),
Professor na Universidade São Judas Tadeu (Engenharia Civil, São Paulo, SP)

E-mail: prf.leziromsilva@usjt.br

Site: www.hidrogeoambiental.pro.br

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	01
2 – GENERALIDADES	03
3 – FENÔMENOS CADAVERÍCOS	05
4 – DEPURAÇÃO NATURAL DO SUBSOLO	12
5 – ASPECTOS DA LIBERAÇÃO DOS EFLUENTES MORTUÁRIOS	15
5.1 GASES MORTUÁRIOS	16
5.2 NECROCHORUME	16
6 – CONCLUSÕES FINAIS	24
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
8 – ANEXOS	28
8.1 ILUSTRAÇÃO	29
8.2 DOCUMENTÁRIO GRÁFICO	36
8.3 DOCUMENTÁRIO FOTOGRÁFICO	63

1- INTRODUÇÃO

No alvorecer da Humanidade, os primeiros homens tomaram contato com o fenômeno da morte e a necessidade de tirar do seio dos vivos os cadáveres, dado o incômodo olfativo decorrente de sua putrefação. À maneira dos felinos, os quais enterram tudo o que os incomoda, incluindo os seus excrementos, os homens das cavernas passaram a enterrar os seus mortos, longe dos locais onde habitavam.

Criou-se então, naturalmente, à medida que o seu cérebro evoluía, uma certa mística, envolvendo a morte, de per si, e o que acontecia com os corpos enterrados. Já nas primeiras civilizações (sumérios, assírios, caldeus, egípcios, etc.), a mística evoluiu para o mito referente a alma ou espírito dos falecidos; esta passou a fazer parte obrigatória de todos os cultos e religiões (por exemplo, o culto aos mortos na magia egípcia).

Na Idade Media, quando a civilização mergulhou numa era das trevas, em todos os sentidos, a falta de medidas sanitárias implicou na disposição de lixo e efluentes domiciliares nas ruas e ruelas das cidades, à céu aberto, provocando doenças e endemias avassaladoras ("peste negra", por exemplo). Naquela época, os próprios mortos da população comum, eram dispostos nas ruas para a sua retirada e disposição final em valas comuns, fora dos muros das cidades (inicialmente). Esta situação evoluiu, posteriormente, para um certo "aproveitamento" dos cadáveres, dos quais eram retirados os cabelos (confeção de perucas), os tendões (confeção de cordas para arcos e instrumentos musicais), unhas e cartilagens (confeção de cola), ossos e matéria orgânica (misturados a palha, restos de jardinagem e esterco, para o preparo de adubos), etc. Os nobres e os clérigos, eram sepultados em criptas e cemitérios religiosos, no âmbito das igrejas.

O povo mais humilde e os agricultores eram sepultados nos campos que rodeavam as cidades, em meio aos cultivos e nas áreas comunitárias (praças de lições, de circos, de festas públicas e de prostituição).

Nos períodos de endemias que matavam as pessoas em grande número, os cadáveres eram empilhados fora das muralhas e queimados a céu aberto, em cremações expeditas (as cinzas dos mortos eram utilizadas na fabricação de lixívia e de sabões).

Nessa época surgiu a "teoria dos miasmas", pois logo atrelou-se a emanção dos efluentes mortuários (gases e liquame funerários) a ocorrência de doenças infecto-contagiosas (gangrena espumosa, hepatite, tuberculose, dermatites, gastroenterites, etc.). Numa crença antípoda a esta, os alquimistas viam o necrochorume como matéria-prima primordial para a busca da famosa "pedra filosofal", transmutação de metais (chumbo, por exemplo) em ouro, beberagens pseudo-terápicas ("poções milagrosas" que tudo curavam) e potencialização de venenos tóxico-químicos (como na côrte da famosa Lucrecia Borgia, a "rainha dos venenos").

Na conquista do norte da África pela França e Inglaterra, com a abundância de múmias egípcias que afluíam na Europa, após o seu desmantelamento, à cata de jóias embutidas, os seus residuais serviram como base de cosméticos e remédios e como combustível, para as primeiras locomotivas implantadas pelos ingleses.

Com o desenvolvimento das ciências (Biologia, Geologia, Medicina, etc.), passou-se a conhecer melhor o fenômeno da morte e putrefação pré-sepultamento ou à céu aberto dos corpos mortos, incluindo a evolução dos gases mortuários e a exsudação do necrochorume. Somente no último quartel do próximo-passado século XX, passou-se a pesquisar a interação dos cadáveres com o meio geológico (solo e lençol freático), a decomposição da matéria orgânica sepultada, a caracterização físico-químico-biológica dos gases e liquame funerários, etc.

Estas pesquisas e experimentos foram relevantes e pioneiros no Brasil, nas Regiões Sul e Sudeste (Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade de São Paulo, Universidade São Judas Tadeu, CETESB - Cia. Tecnologia de Saneamento Ambiental [São Paulo], Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo [Centro de Vigilância Sanitária], Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Paraná, etc.).

Dessa maneira, os estudos foram conduzidos com bastante seriedade e rigor científico, trazendo à luz novos conhecimentos geossanitários e hidrogeoambientais, novos critérios forensicos e biológicos, trazendo subsídios importantes para o saber científico e para a preservação da saúde pública.

Em 1987, quando éramos técnicos da CETESB/SMA e conduzíamos uma pesquisa nacional (1970 – 2008, em curso), em setecentos e vinte cemitérios nacionais (Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte-Nordeste) e uma centena de necrópoles no Exterior (Américas e Europa), cunhamos o neologismo "necrochorume", para caracterizar o liquame mortuário exsudado pelos corpos em putrefação. Esta denominação foi dada pela analogia do liquame produzido pelos resíduos orgânicos domiciliares ("chorume") dispostos no solo (vazadouros, lixões e aterros sanitários).

Como sinonímia de "necrochorume", temos o "líquido da putrilagem" (em Medicina Legal, utiliza-se "putrilagem" para designar a massa cadavérica em decomposição). Existem ainda os termos "liquame funerário", "líquido da coliquação" e "efluente mortuário".

Popularmente, o termo "necrochorume" acha-se consagrado e já amplamente utilizado, sendo citado nos "sites" da Internet (Google, por exemplo).

2 - GENERALIDADES

Nos cadáveres sepultados, quer inumados quer entumulados, a matéria orgânica funerária permanece "in situ", imóvel. O mesmo não acontece com os seus efluentes gasosos e líquidos, os quais percolam o meio físico, com os gases mortuários evolando na atmosfera e o necrochorume extravasando dos caixões, secando no interior das sepulturas ou percolando o solo, onde pode eventualmente atingir o aquífero livre ("lençol freático"), dependendo de sua altura no interior do maciço de solos.

No caso do necrochorume atingir o lençol freático raso, o necrochorume dilui e dispersa-se no aquífero livre, carreando os seus conteúdos químico, toxicológico e microbiológico (bactérias e vírus patogênicos), onde a estrutura geológica do subsolo condiciona situação de vulnerabilidade à poluição e à contaminação (sedimentos permeáveis, rochas cristalinas fraturadas, rochas karstificadas, etc.)

O necrochorume é um líquido mais denso e mais viscoso que a água, coloração castanho-acinzentada, odor repulsivo (fétido e acre), exsudado de maneira intermitente durante a fase de coliquação / período putrefativo, estendendo-se por seis a oito meses após a conclusão do período enfisematoso (gasoso) da decomposição (primeiro mês após o sepultamento).

A sua liberação dá-se à razão média de 167,00mL/dia, perfazendo o total acumulado da ordem de 30,00L, no final da coliquação.

Logo após a sua liberação, devido a processos biofísicos e bioquímicos, o necrochorume perde água rapidamente (evaporação), promovendo assim a sua secagem, polimerização (bioplástico natural PHA - poli-hidroxiclcanoato) e pulverização (pó esbranquiçado, inertizado). O líquido vai incrementando a sua viscosidade ("engrossa"), perdendo a mobilidade, detendo o seu movimento e culmina por pulverizar-se.

A emissão do necrochorume, ao longo da coliquação, efetua-se em dois períodos de tempo distintos (um de 117 dias em média, e outro em cerca de 68 dias). No período "A", a liberação do efluente efetua-se à razão de 161,538 mL/dia e no período B de 163,235 mL/dia. Considerando-se toda a fase humorosa, a média está ao redor dos 166,667 mL/dia. Em alguns casos excepcionais, de clima quente e fatores corpóreos conspícuos, a coliquação pode ser mais acelerada, acentuando-se no período "A" citado.

O "quantum diário" de necrochorume, considerando-se o volume médio de 167,00 mL/d, pesando cerca de 205,410 g, tem um período de tempo de secagem ao redor das 14,03 horas (0,58 dia), reduzindo o seu peso para aproximadamente 8,350g.

Na média, 1,0L de necrochorume pesa cerca de 1,230,00g, o que confere ao necrochorume a densidade média de 1,230 g/cm³. A sua constituição é a seguinte: 60% de água (~100, 200 mL/d - 123,246 g), 30% de

sais mineralizados (~50,100 mL/d - 61,623 g) e 10% de substâncias orgânicas biodegradáveis (~16,700mL/d - 20,541g). Nessas condições, o 1,00L de necrochorume aventado, secará em aproximadamente 84,00 horas (~3,50 dias).

No final da fase de coliquação, o total de necrochorume exsudado pelo cadáver, seco e pulverizado, pesará cerca de 1,500,00g, com um total da ordem de 18,00L de água evaporada.

O pó residual inertizado, de coloração esbranquiçada, constitui-se por uma mistura de carbonatos, sulfatos, fosfatos, etc., de cálcio, magnésio, sódio e potássio. Caso o necrochorume tenha conseguido extravasar das sepulturas, o pó residual fica retido no interior do solo, nos poros e interstícios, dali podendo ser mobilizado pelas águas pluviais infiltradas e percolando rumo ao lençol freático subjacente. Este misto de ressolubilização e carreamento do pó residual, dependendo do tempo de percolação do fluxo de águas descíduas no pacote de solo insaturado e da relação soluto/lençol freático (em termos de volume), quase sempre elimina eventuais microrganismos aportantes no aquífero livre.

Esta situação de depuração natural efetiva, todavia, não ocorre nos casos de lençóis freáticos muito rasos ou subaflorantes, onde o necrochorume neles solubiliza-se relativamente rápido, sem que os processos de depuração natural possam atuar com eficiência, deixando passar as cargas toxicológicas, as quais poderão vir a contaminar e poluir as águas subterrâneas.

Tal situação desfavorável ocorre em solos mais arenosos, onde as condições de permeabilidade e transmissividade/permissividade hídrica, condicionam velocidades de escoamento das águas percolantes, mais rápidas, não ensejando a consecução dos processos naturais de depuração e inertização do necrochorume. As regiões com topografia mais plana, no entorno de rios (várzeas), oceanos (planícies costeiras), lagos, represas e alagadiços, sacas mais vulneráveis a tal possibilidade; nas regiões mais altas, o fato se dá somente no caso de lençóis freáticos suspensos, faceta hidrogeológica comum, dependendo do histórico geológico e da estratigrafia da região.

Uma das pesquisas dirigidas que conduzimos em laboratório universitário, com colunas de solos variados brasileiros, com soluções aquosas apropriadas de inóculos, com patógenos estrategicamente selecionados, demonstrou que no sentido horizontal, os microrganismos extinguem-se após uma percolação de 3,50m, enquanto que no sentido vertical em 1,20m. Dessa maneira, um distanciamento de 5,00m e um de 1,50m respectivamente, conforme especifica a norma que promulgamos na CETESB (L.1040/1999), são hidrogeoambientalmente plenamente aceitáveis e seguros. O distanciamento horizontal separa a zona de sepultamento dos muros dos cemitérios, enquanto que o vertical separa o fundo dos jazigos do topo do lençol freático mais alto no maciço do solo (verões, época chuvosa).

No caso dos lençóis freáticos mais profundos (abaixo da profundidade de 5,00m), a segurança biogeossanitária é total. Com relação aos lençóis freáticos menos profundos (~ 3,00 m), obedecidas as prescrições do Código Sanitário do Estado de São Paulo (SS/ CVS) e da CETESB (L.1040/99), as seguranças ambiental e sanitária ainda serão mantidas, de maneira aceitável.

3 - FENÔMENOS CADAVERÍCOS

Cessada a vida, os corpos humanos passam a sofrer uma série de fenômenos naturais, abióticos e transformativos e, por vezes, conservativos, com repercussões geossanitários e hidrogeoambientais, podendo influenciar o meio ambiente e a saúde pública.

A morte dos seres humanos, sob o ponto-de-vista biológico, não é um fato único e instantâneo, na verdade sendo muito mais o resultado de um conjunto de processos de transição gradual.

Considerando-se a resistência vital diferente das células, tecidos, órgãos e sistema fisiológico que integram o corpo humano, a privação de oxigênio, e forçoso admitir que a morte é um verdadeiro processo incoativo, o qual passa por diversos estágios ou etapas, no devir do tempo.

O mecanismo da morte é a seqüência tanto de alterações fisiopatológicas, quanto de desequilíbrios bioquímicos, os quais são desencadeados pela causa da morte médica ou clínica ("causa mortis") e tornam-se incompatíveis com a vida.

Como conseqüência da cessação da vida, inicia-se no corpo uma série de modificações, as quais caracterizam a evolução e as transformações que sofrem os cadáveres. Tais modificações, que recebem a denominação de "fenômenos cadavéricos", são úteis para caracterizar o tempo decorrido desde o óbito ("cronotanatognose").

Estes fenômenos cadavéricos têm conseqüências naturais para o meio ambiente, o qual, intrinsecamente, possui dispositivos da "Mãe Natureza" para o seu controle, mitigação e neutralização, desde que sejam mantidas as suas condições geológicas gerais (aspectos pedológicos, hidrogeológicos, geoambientais, geossanitários, etc).

Vale ressaltar aqui a origem da palavra cadáver, do Latim "carota data vermibus", ou seja, "carne dada aos vermes", acrônimo significativo e bastante sugestivo dos fenômenos que ocorrem no recôndito dos jazigos e no interior do solo.

A decomposição da matéria orgânica corpórea, após a cessação do processo vital da vida, compreende a seguinte cronologia:

A – Fenômenos abióticos

A.1 – Fenômenos imediatos

- A.1.1 – Perda da consciência
- A.1.2 – Cessação da respiração
- A.1.3 – Cessação da circulação
- A.1.4 – Insensibilidade
- A.1.5 – Imobilidade
- A.1.6 – Abolição do tônus muscular
- A.1.7 – Palidez
- A.1.8 – Midríase

A.2 – Fenômenos consecutivos

- A.2.1 – Desidratação tegumentar
- A.2.2 – Esfriamento do corpo
- A.2.3 – Livores hipostáticos
- A.2.4 – Rigidez

B – Fenômenos transformativos

B.1 – Fenômenos destrutivos

- B.1.1 – Autólise
- B.1.2 – Putrefação
- B.1.3 – Maceração

B.2 – Fenômenos conservadores

- B.2.1 – Saponificação
- B.2.2 – Mumificação
- B.2.3 – Petrificação
- B.2.4 – Coreificação
- B.2.5 – Congelamento

Os fenômenos abióticos nos corpos não sepultados, cuja decomposição é mais rápida que os corpos sepultados (maior arejamento e ventilação, ataque mais efetivo da fauna necrófila, oxidação mais efetiva, etc.), são bem conhecidos e estudados pela Medicina Forense ou Legal. Os que ocorrem nos corpos sepultados, ainda não são tão bem conhecidos, em especial aqueles dispostos nos solos tropicais, onde as consequências para os aspectos hidrogeológico, geoambientais e geossanitários, são diretos e incisivos.

Nos últimos trinta anos, graças a pesquisas dirigidas conduzidas por meio dúzia de pesquisadores independentes, no Brasil e no Exterior (USA, Austrália, Alemanha), passaram a ser mais bem conhecidos e atraentes para estudos complementares, os processos que norteiam a decomposição cadavérica natural dos corpos sepultados (inumação e entumescimento), em especial no que diz respeito a integração da massa orgânica com o meio físico, a geração de cargas toxicológicas poluidoras e de vetores de contaminação microbiológicas, ambas aportantes no aquífero livre ("lençol freático"), bem como a decomposição parcial estacionária (conservação dos cadáveres), processos de aceleração (catalização) de putrefação, processos de despoluição e descontaminação do subsolo de cemitérios ("remediação"), etc.

O processo de putrefação cadavérica efetua-se em seis etapas distintas, a saber:

- 1º. Período cromático ou período da coloração ou período das manchas ou período da hipóstase.
- 2º. Período enfisematoso ou período deformativo ou período gasoso.
- 3º. Período putrefativo ou período da decomposição:
 - a) Fase coliquativa ou fase humorosa ou fase da redução dos tecidos ou fase da putrilagem ou fase do necrochorume ou fase do liquame funerário.
 - b) Fase da esqueletização.
 - c) Fase da pós-esqueletização ou fase dos "ossos limpos".

O período cromático inicia-se de dezoito a vinte e quatro horas após o óbito, com uma duração da ordem de sete a doze dias, dependendo das condições climáticas locais.

O período enfisematoso inicia-se durante a primeira semana pós-óbito, estendendo-se aproximadamente por trinta dias.

A fase coliquativa inicia-se no final do primeiro mês pós-óbito e sepultamento, estendendo-se por seis a oito meses seguintes, nas condições climáticas tropicais. Em climas frios (zonas temperadas), a fase pode estender-se de dois até três anos.

A fase de esqueletização inicia-se ao final da coliquação, perdurando por cerca de oito a nove meses subseqüentes, nas condições climáticas tropicais.

A fase de pós-esqueletização inicia-se ao final da esqueletização, com a desmontagem total dos esqueletos, perdurando enquanto os "ossos limpos" permanecerem residentes nas sepulturas.

Vejamos, a seguir, de maneira concisa, os principais aspectos pragmáticos do supra descrito.

O período cromático caracteriza-se pelo surgimento de manchas esverdeadas na região sacro-iliaca, devido a formação da sulfo-hemoglobina (circulação póstuma de Brouardel). Nos recém-nascidos e nas pessoas afogadas, a mancha verde é torácica e não abdominal.

No período enfisematoso, os cadáveres inflam de maneira significativa, deformando-se (aspecto de lutador de boxe). A causa é a formação dos chamados gases funerários ou mortuários = gás carbônico (CO₂), gás sulfídrico: (H₂S), fosfina (PH₃), amônia (NH₃), metano (CH₄), etc. O volume total dos gases evolados, no final do período, é da ordem de 24,00L (~ 800,00 mL/dia).

Na fase coliquativa, como já explanado anteriormente, é liberado o efluente líquido necrochorume, num volume total médio de 30,00L (~ 167,00 mL/dia). Este efluente líquido é, potencialmente, a causa mais perigosa para o meio geológico, dependendo de sua vulnerabilidade hidrogeambiente – geossanitária. Os vetores perigosos superimpostos ao meio físico são a cadavérica, a putrescina, a histamina, a tiramina, os metais pesados, etc.

Na fase da esqueletização, o esqueleto é exposto, ainda ostentando cartilagens e articulações residuais, exalando quantidades variáveis de gases (PH₃, H₂S, NH₃, etc), provenientes da deterioração da medula e da osseína dos ossos do esqueleto.

Tem início aqui o processo de eliminação da osseína, resultado em ossos gradualmente mais porosos e quebradiços. A massa óssea residual mineralizada (carbonatos e fosfatos de cálcio e magnésio), têm peso médio de 13,00 kg.

A fase de pós-esqueletização inicia-se por volta de 27,27 meses (818 dias) pós-óbito, estendendo-se por cerca de cento e sessenta e oito dias (média obtida em cemitérios públicos, portanto, atestados durante as exumações prescritas pelo Código Sanitário do Estado de São Paulo, para a reciclagem das sepulturas → três anos após o sepultamento).

Nessa fase, os ossos encontram-se desmontados dos esqueletos, desprovidos de articulações e ligamentos (ossos limpos), mineralizados e com tendência a fragmentarem-se, até reduzirem-se a pequenos pedaços e pó, no caso de persistência da residência tumular (jazigos perenes em alguns cemitérios municipais e nos cemitérios particulares → jazigos familiares).

Na RMSP, por exemplo, em exumações praticadas no Cemitério da Paz, da Associação de Cemitérios Protestantes), no Bairro do Morumbi, no ano em curso, cadáveres femininos sepultados há trinta e cinco anos, apresentaram massas ósseas residuais da ordem de 4,20kg, enquanto que cadáveres masculinos apresentaram cerca de 4,00kg, para residência intratumular de trinta e um anos (dados fornecidos pelo Engenheiro Flávio Pereira Severo Magalhães).

Em média, ao cabo de um período de trinta e três meses do sepultamento (~ 2,70 anos), os cemitérios públicos da RMSP apresentam massas ósseas residuais com peso aproximado de 10,00kg, decomposição em situação de meio físico insaturado: ossos com teores elevados de carbonatos cálcico-magnesianos fosfatados.

Sob a óptica forênse, nessa fase, é bastante difícil o reconhecimento dos falecidos, pelo método do DNA, atualmente o mais moderno disponível para as perícias.

A maceração é um processo de transformação destrutiva onde há um amolecimento dos tecidos e dos órgãos do cadáver, pela sua imersão em meio líquido: água no caso dos afogados e líquido amniótico ou placentário no caso de natimortos.

Quando os cadáveres não entram no processo destrutivo, por várias razões, naturais ou induzidas, ocorrem os fenômenos de conservação dos corpos, por processos biológicos ou físico-químicos: saponificação, mumificação, petrificação, coreificação e congelamento.

A saponificação é um fenômeno deflagrado por condições geológicas condicionando ambientes muito úmidos (solo argiloso, franja capilar de lençóis freáticos rasos, zonas alagadiças, etc.), ou com ventilação ou arejamento deficitários, onde não ocorrem trocas gasosas efetivas. Este fenômeno também é conhecido por 'adipocera', iniciando-se por volta do segundo mês pós-sepultamento e completando-se em aproximadamente um ano.

Na adipocera a putrefação incipiente cessa ao sofrer as interferências externas, supra explicitadas, com o cadáver ficando com a epiderme enegrecida.

Algumas enzimas microbianas provocam mudanças nas estruturas moles e adiposas, transformando-as em verdadeiros sabões de baixa solubilidade, de coloração branca amarelada, moles, com aspecto característico de sabão ou queijo, com odor rançoso típico. Com o passar do tempo, a massaroca torna-se mais escura (amarela pardacenta), ficando mais seca, dura, friável e quebradiça.

A saponificação persiste enquanto se mantiverem as condições condicionantes. Os cadáveres mantêm a sua forma e fisionomia originais, sendo perfeitamente identificáveis. Existem corpos assim conservados com séculos de idade, encontrados em turfeiras na Europa e nos EUA (múmias dos pântanos).

Evidentemente, em tais situações de conservação de corpos saponificados entumulados, as cargas microbiológicas patogênicas permanecem ativas, em especial os vírus, com todo o seu potencial infectante. Segundo o Código Sanitário do Estado de São Paulo, nos casos de constatação de adipocera, nas exumações legais (após três anos de sepultamento), os cadáveres devem ser sepultados por mais dois anos.

No fenômeno da mumificação, a putrefação é inibida por fatores intrínsecos aos corpos (administração excessiva de antibiótico pré-óbito, quimioterapia ou radioterapia) e por fatores extrínsecos (dessecamento rápido em solos arenosos, desidratação provocada por clima muito quente e campos eletromagnéticos muito intensos).

Em geral, as situações geológicas condicionadoras do fenômeno, apresentam ambiente muito seco (umidade relativa do ar por volta dos 6%), temperaturas elevadas (> 38° a 40° C) e ventilação intensa.

O processo inicia-se logo após o sepultamento, impedindo a putrefação dos cadáveres, completando-se entre seis meses a um ano. Em climas muito áridos (regiões desérticas), a mumificação ocorre naturalmente em poucas semanas, resultando em corpos curtidos, ressecados, aspectos enegrecido e com tamanho reduzido (encolhidos).

Em decorrência da desidratação efetiva constatada nas mumificações, todos os líquidos corpóreos são rapidamente evaporados, não havendo a formação do necrochorume. A pele dos corpos torna-se coriácea, retraída, enrugada, com uma coloração acastanhada a enegrecida, com um certo encolhimento longitudinal dos corpos. O peso dos cadáveres mumificados pode ser reduzido para 5,00 a 10,00 kg.

Nas múmias resultantes do excesso de antibióticos acumulados nos corpos, a putrefação é inibida e restringe-se a carbonização externa da pele (escurecimento). O peso dos corpos reduz-se para cerca de 10,00 a 18,00 kg, podendo ocorrer o apergaminhamento da pele (mucosas, vulva, glânde peniana, escoriações, etc.).

Nas múmias, devido aos processos deflagradores do fenômeno serem agressivos à microvida, a carga microbiológica não resiste, sendo totalmente eliminada. Além disso, para algum eventual sobrevivente, não haverá substrato vital para a sua sobrevivência e reprodução.

À semelhança dos corpos saponificados, segundo o Código Sanitário do Estado de São Paulo, os corpos mumificados deverão ser novamente sepultados, por mais dois anos, antes de nova exumação.

No fenômeno da petrificação, o qual é mais raro de ocorrer, acontece a infiltração dos tecidos cadavéricos por sais de cálcio e de magnésio, os quais permutam os cátions sódio e potássio dos corpos, num processo semelhante à histometabose (processo de fossilização paleontológica). A permuta de cátions é concomitante a precipitação e a deposição, de permeio às estruturas celulares e teciduais (calcificação).

O fenômeno ocorre em solos derivados de rochas calcossilicatadas (regolito de calcários, margas, arenitos calcíferos, etc.), resultando em corpos com aspecto de madeira petrificada, dependendo do tempo de residência intratumular dos cadáveres. Pode ocorrer também em embriões ou fetos

mortos nos ventres maternos, resultantes nos chamados 'litopédios' ("crianças de pedra").

As cargas microbiológicas infectantes são totalmente eliminadas, anulando quaisquer eventos perigosos nas exumações. O peso dos cadáveres permanece razoavelmente o mesmo, nos casos de petrificação total.

Segundo o Código Sanitário do Estado de São Paulo, o procedimento é análogo ao dos outros casos de conservação de corpos, ou seja, novo sepultamento e nova exumação dois anos depois.

A coreificação é uma modalidade de processo transformativo que ocorre nos cadáveres dispostos em urnas funerárias metálicas (caixões de aço inoxidável ou com revestimento interno de zinco galvanizado), hermeticamente seladas (caixões lacrados).

O ambiente sem trocas gasosas, no interior das urnas seladas, inibe parcialmente os fenômenos de decomposição, ensejando o processo conservativo decorrente. A pele dos cadáveres assume o aspecto, a cor e a consistência uniforme do couro recém-curtido ("aspecto coriáceo"), de coloração acastanhada.

O fenômeno surge no primeiro ano de manutenção dos corpos nas urnas metálicas seladas, atingindo o seu clímax no segundo ano. Em alguns casos excepcionais, pode completar-se em apenas dois a três meses. Em média, a coreificação processa-se à razão de 2,13% ao mês.

Os corpos perdem cerca de 25,00% do seu peso original, ao final da coreificação. As cargas microbiológicas, em especial os patógenos anaeróbicos, mantêm o seu potencial infectante, no substrato nutritivo líquido dos cadáveres (líquidos corpóreos e necrochorume gerado).

Aqui também o Código Sanitário do Estado de São Paulo recomenda a manutenção do sepultamento local, por mais dois anos, até nova exumação.

O congelamento ocorre nos cadáveres expostos a períodos longos de temperaturas muito baixas. A putrefação é inibida e detida e os corpos podem conservar-se indefinidamente, enquanto perdurar a condição muito fria.

O peso original dos cadáveres é mantido intacto e a pele do corpo não sofre enegrecimento por carbonização. O exemplo atual mais conhecido é o da múmia do homem pré-histórico encontrada nos Alpes, na fronteira da Itália com a Áustria ("Otzi"), em 1991.

A remoção dos corpos congelados para locais mais quentes pode restabelecer a putrefação e a sua destruição. No caso da múmia de Otzi, o longo período de congelamento promoveu a transformação das gorduras do panículo adiposo em verdadeira adipocera.

No Brasil, tal tipo de conservação natural de cadáveres não ocorre, dado as condições climáticas quentes. Se ocorresse, com toda a certeza, o Código Sanitário do Estado de São Paulo recomendaria novos sepultamentos...

Todos os fenômenos de conservação de cadáveres anteriormente abordados, caso persistam as condicionantes e caso os novos sepultamentos sejam repetidos nos mesmos locais, tendem a se perpetuar. No caso do Código Sanitário do Estado de São Paulo, adotado em alguns outros Estados do Brasil, não está previsto o que fazer após a segunda exumação (após cinco anos de sepultamento), caso os corpos continuem preservados!

A tecnologia de catalizar a putrefação dos cadáveres sepultados e reduzir o tempo de decomposição, desenvolvida durante a pesquisa dirigida nacional que conduzimos (1970 – 2006), utilizando misturas adequadas de substâncias oxidantes seguras para o meio ambiente, com estimulantes enzimáticos (Necrodox®), também se presta muito bem para promover a decomposição integral dos cadáveres saponificados, mumificados, coreificados, etc. Para prevenir a ocorrência de conservação em locais propícios para o fenômeno, os colchonetes funerários, aditivados com o Necrodox®, os chamados Necronetes®, podem ser adotados com sucesso.

A mesma pesquisa nacional desenvolveu ainda uma outra tecnologia para a desinfecção e a assepsia do subsolo dos cemitérios, eliminando o pó de secagem do necrochorume e as cargas microbiológicas, baseada na injeção gravitacional de soluções com produtos adequados, com amplo espectro ativo no meio geológico → remediação com o Método Remox®.

4 – DEPURAÇÃO NATURAL DO SUBSOLO

A Natureza, ao longo da evolução da vida no Planeta, criou mecanismos capazes de promover a depuração do solo e águas subterrâneas, uma vez mantidas às condições hidrogeambientais naturais.

Nessas circunstâncias, existem processos naturais aptos à promoção da decomposição da matéria orgânica sepultada e de neutralização dos seus efluentes, de maneira ambientalmente segura. Evidentemente, com a interferência antrópica, pode ocorrer uma degradação na eficiência desses processos depuradores naturais, afetando negativamente a qualidade dos solos e das águas subterrâneas, bem como a saúde e a vida dos seres vivos (animais e vegetais).

Os mecanismos naturais compreendem processos biológicos (cadeia alimentar, por exemplo) e processos físicos e/ ou químicos (redução da matéria orgânica, oxidação, etc.).

No caso da matéria orgânica cadavérica e os seus efluentes gasosos e líquidos (necrochorume), tal mecanismo natural é bastante efetivo, caso as condições de ocupação do solo não sejam inadequadas e as características

pedológicas e hidrogeológicas sejam propícias ao uso da terra como necrópoles.

Os gases liberados pela decomposição cadavérica (CO₂, CH₄, NH₃, H₂S, NO₂, PH₃, etc.) são parcialmente absorvidos e metabolizados pelas bactérias do solo e pelas raízes dos vegetais, parcialmente absorvidos pela massa constituinte do solo e parcialmente evoluindo na atmosfera, onde são diluídos e dispersados pelos ventos.

Com relação ao necrochorume, as pesquisas demonstraram que a sua secagem e neutralização são relativamente rápidas, polimerizando-o e pulverizando-o, extinguindo a sua micro fauna bacteriana e virótica (alguns vírus cristalizam e passam ao estado de latência → vida em suspensão animada). Caso o necrochorume consiga extravasar dos jazigos e permear o solo do entorno imediato das sepulturas, ao secar o pó residual fica retido nos poros e nos interstícios do material do solo, podendo posteriormente ser remobilizado pelas águas pluviais descíduas, infiltradas no subsolo e percolantes rumo ao aquífero freático.

De conformidade com o anteriormente explicitado, as porções de necrochorume liberadas diariamente (quantum diário), cerca de 0,167 L/ dia (~ 205,410 g), densidade média de 1,23 g/ cm³ e viscosidade inicial de 0,01110 poise, seca e neutraliza-se em cerca de 14,03 horas (~ 11,881 mL/h).

No caso de escape do liquame no solo adjacente às sepulturas, a sua percolação é lenta, devida a viscosidade intrínseca e processo de filtração intergranular no solo, cuja velocidade média pode ser estimada aplicando-se a "Lei de Darcy" (escoamento subterrâneo lento, regime laminar):

$$V_m = \frac{K_m \cdot i}{M_e}$$

Onde:

V_m = velocidade média do escoamento líquido subterrâneo (cm/s, m/h)

K_m = condutividade hidráulica do meio geológico (cm/s, m/h, m/dia)

i = gradiente hidráulico do movimento (adimensional)

M_e = porosidade efetiva do material geológico do meio (%)

Dessa maneira, considerando-se a permeabilidade média dos solos da RMSPP, por exemplo, de K_m = 0,000235 cm/s = 0,00837 m/h, a porosidade efetiva de M_e = 30% = 0,300 e um gradiente hidráulico de i = 10% = 0,100, teremos:

$$V_m = \frac{0,00837 \times 0,100}{0,300} \sim \frac{0,00279}{0,300} \sim 2,79 \times 10^{-3} \text{ m/h}$$

Portanto, um movimento extremamente lento e com distanciamento irrisório do ponto de origem (sepulturas).

Os ensaios de percolação de soluções com inóculos microrgânicos, em colunas preenchidas com os vários tipos de solo do Estado de São Paulo, demonstraram de sobejo que no sentido vertical o alcance máximo do necrochorume é da ordem de 1,20 m e no sentido horizontal de 3,50 m.

Assim sendo, o ideal é manter o necrochorume exsudado pelos cadáveres dentro dos túmulos, para a sua secagem, onde o pó residual não será remobilizado pela infiltração pluvial. Isto é conseguido facilmente dotando as sepulturas com lajes de fundo com contenção para o liquame (nos entumamentos) e/ou com a utilização dos necronetes aditivados (nas inumações).

Dessa maneira, o maior perigo potencial para o meio ambiente (necrochorume), assim adequadamente tratado "in situ", deixará de ameaçar as regiões com vulnerabilidade hidrogeoambiental aos processos de contaminação microbiológica e poluição toxicológica, preservando a sua segurança geossanitária.

Em pesquisa recente, descobriu-se que a secagem do necrochorume polimeriza um bioplástico natural, com poder bactericida e virocida notórios, o PHA – Poli-Hidroxiálcanoato, sintetizado pela bactéria *Leobacillus rubrus* ("Ocorrência de Bioplástico Natural Impregnando os Tecidos Funerários, no Interior dos Túmulos", relatório de pesquisa, Prof. Geol. Lezíro Marques-Silva, USJT, abril de 2005, São Paulo, SP). O porcentual do PHA formado fica retido, de permeio ao conteúdo pulverulento da secagem do necrochorume (total médio de 8,350 g, para o quantum diário de 0,167 L/d).

Dependendo da espessura da zona insaturada do solo, no caso de mobilização do pó residual da secagem extra-tumular do necrochorume, pelas águas pluviais percolantes rumo ao lençol freático, se o solo em questão apresentar condições de filtração lenta (granulometria fina) e bom conteúdo de matéria orgânica vegetal e argilas ativas (capacidade de troca catiônica elevada), podem ocorrer processos físicos de absorção e processos químicos de inter-reações favoráveis, seqüestrando os vetores poluentes e as cargas contaminantes carregadas, numa depuração complementar natural (caso, por exemplo, de solos derivados da alteração de rochas cristalinas ricas em argilominerais ativos, com nível freático ≥ 10 m).

As cargas toxicológicas do necrochorume contêm várias substâncias químicas, dentre as quais as mais perigosas são os metais pesados (Cu, Hg, Sn, Pb, Zn, Cr, etc.), mercaptanas, dioxinas, compostos sulfonados e nitrogenados e as diaminas (putrescina e cadaverina).

Respeitados os pré-requisitos básicos para a consecução da depuração natural e o não ingresso do necrochorume no escoamento hídrico subterrâneo, a Natureza tem mecanismos para seqüestrar e reter os metais pesados e reduzir as substâncias orgânicas a produtos simples inócuos.

Nesse sentido, uma boa locação hidrogeoambiental das necrópoles, complementada por técnicas construtiva e operacional adequadas, garantirá a segurança geossanitária necessária para a saúde pública. Em geral, os cemitérios particulares seguem esta filosofia pragmática, o mesmo não acontecendo, infelizmente, com os cemitérios públicos ou municipais...

Uma gestão ambiental é vital para quaisquer tipos de necrópole: cemitério horizontalizado, cemitérios verticalizados e crematórios.

Sabe-se que os cemitérios potencialmente são empreendimentos de risco ambiental, porém, não são todos os cemitérios vilões do meio ambiente, como apregoam alguns ecologistas extremados ou mal informados. No caso dos cemitérios públicos estudados na pesquisa nacional citada, é bem verdade que 70% acham-se com problemas locacionais e operacionais, alimentando estes "ecologistas de plantão".

À título de ilustração, as duas diaminas principais, sob o ponto de vista toxicológico, a putrescina e a cadaverina, são produzidas normalmente pela matéria orgânica animal em decomposição, através das seguintes reações de descarboxilação:



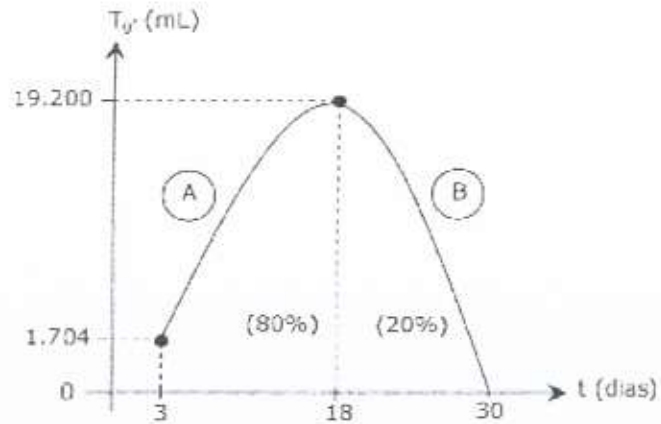
Portanto, a cadaverina é uma 1,5 diaminopentano e a putrescina uma 1,4 diaminobutano, sendo ambas aminas tóxicas (ptomainas).

Outras substâncias orgânicas biodegradáveis detectadas no necrochorume são: a histamina (derivada da histidina), a tiramina (derivada da tirosina), o escatol (metilindola), o indol (indola), a butil-mercaptana, o triptofano, etc.

5 – ASPECTOS DA LIBERAÇÃO DOS EFLUENTES MORTUÁRIOS

As últimas pesquisas que conduzimos nos processos naturais da liberação dos efluentes gasosos e líquidos mortuários, no âmbito da pesquisa nacional ainda em curso, permitiram visualizar as facetas cinéticas do fenômeno, descritas sumariamente a seguir.

5.1 – GASES MORTUÁRIOS



(A) $T_{gf} = 1.049,784 \cdot e^{-0,1615 \cdot t}$ (mL/d)

(B) $T_{gf} = 127.864,382 - (86.564,473 \cdot \log t)$ (mL/d)

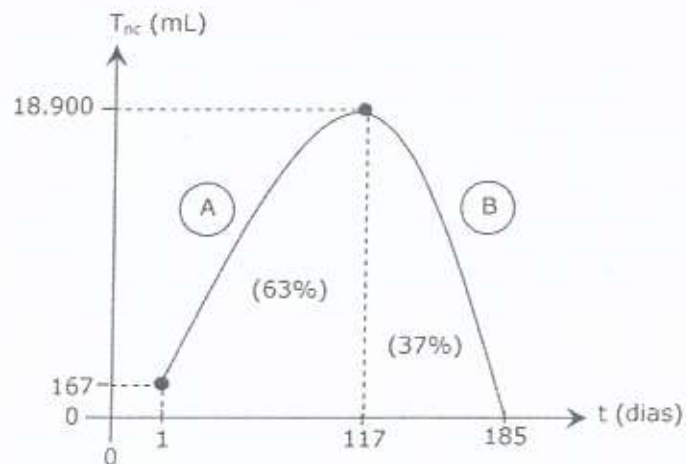
Onde:

T_{gf} = taxa de liberação gasosa (mL/d)

t = tempo decorrido (dias)

$e = 2,71833...$ (cte. neperiana)

5.2 – NECROCHORUME



(A) $T_{nc} = 160,325 \cdot e^{-0,0408 \cdot t}$ (mL/d)

(B) $T_{nc} = 215.327,033 - (94.974,87 \cdot \log t)$ (mL/d)

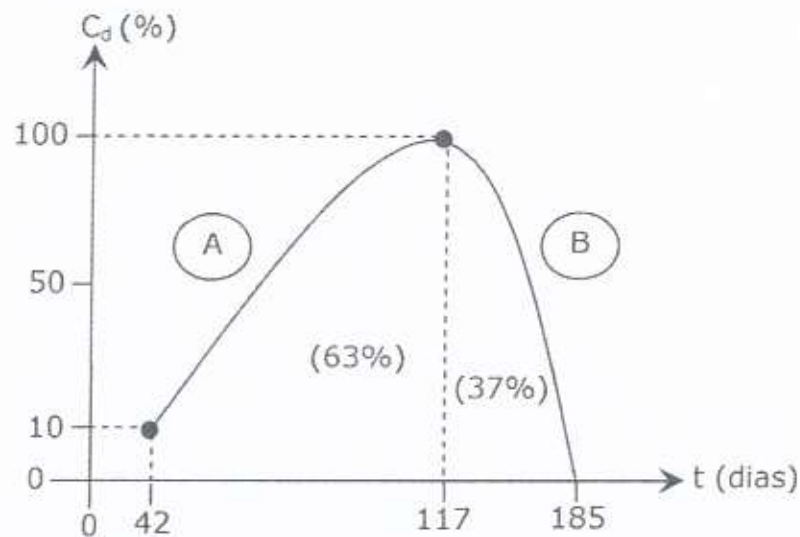
Onde:

T_{nc} = taxa de liberação líquida (mL/ d)

t = tempo decorrido (dias)

$e = 2,71833...$ (cte. neperiana)

Para os cadáveres adultos sepultados nos cemitérios da RMPS, a pesquisa demonstrou que a formação e a liberação das duas diaminas tóxicas contidas no necrochorume, desenvolvem-se da seguinte maneira:



(A) $C_d = 2,754 \cdot e^{0,0307 \cdot t}$ (%/d)

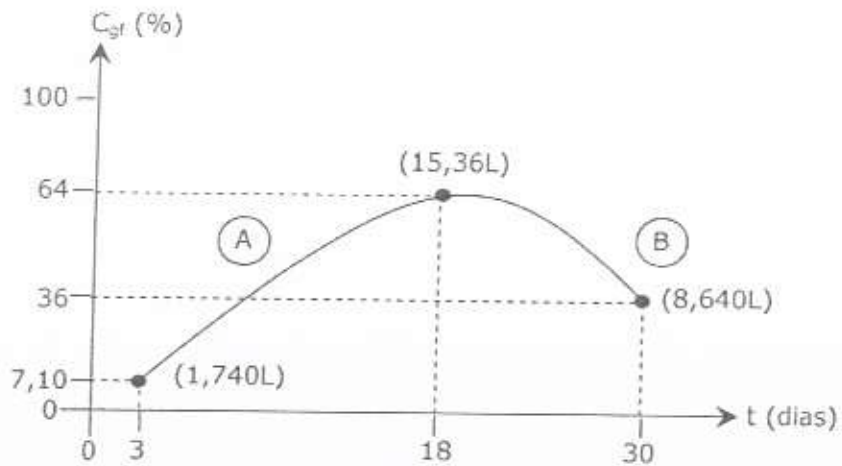
(B) $C_d = 276,184,944 \cdot e^{-0,0677 \cdot t}$ (%/d)

Onde:

C_d = concentração das diaminas (%)

t = tempo decorrido (dias)

$e = 2,71833...$ (cte. neperiana)



(A) $C_{gf} = 4,375 \cdot e^{0,161 \cdot t} \quad (\%/d)$

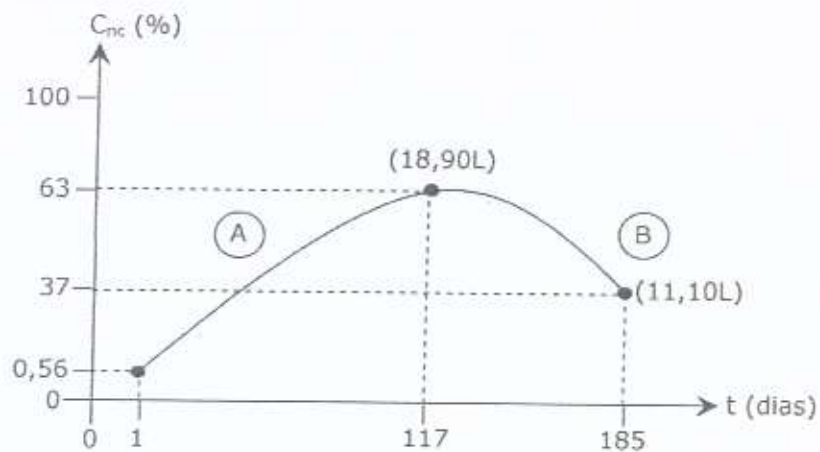
(B) $C_{gf} = 379,189 - (270,270 \cdot \log t) \quad (\%/d)$

Onde:

C_{gf} = concentração dos gases funerários (%/ d)

t = tempo decorrido

$e = 2,71833...$ (cte. neperiana)



(A) $C_{nc} = 0,535 \cdot e^{0,041 \cdot t} \quad (\%/d)$

(B) $C_{nc} = 333,190 - (130,653 \cdot \log t) \quad (\%/d)$

Onde:

C_{nc} = concentração do necrochorume (%/ d)

t = tempo decorrido (dias)

e = 2,71833... (cte. neperiana)

As equações geossanitárias para a RMSP, são as seguintes:

a) Hipóstase

$$M = (101,437 \cdot \log t) - 14,286 \text{ (%/ dia)}$$

Onde:

M = taxa de formação (%/ dia)

t = tempo necessário (dias)

b) Período enfisematoso

$$V_{gf} = (14.730,560 \cdot \log t) - 13.969,152 \text{ (mL/ d)}$$

Onde:

V_{gf} = volume gasoso liberado (mL)

t = tempo decorrido (dias)

c) Fase coliquativa

$$V_{cn} = (14.730,560 \cdot \log t) - 10.008,202 \text{ (mL/d)}$$

Onde:

V_{cn} = volume de necrochorume exsudado (mL/d)

t = tempo decorrido (dias)

d) Fase de esqueletização

$$M_{or} = 13.967,906 - (1.385,926 \cdot \log t) \text{ (g/d)}$$

Onde:

M_{or} = massa óssea residual (g)

t = tempo decorrido (dias)

e) Fase de pós-esqueletização

$$M_{ro} = 17.123,196 - (8.642,212 \cdot \log t) \text{ (g/d)}$$

Onde:

M_{ro} = massa cadavérica sepultada (g)
t = tempo decorrido (dias)

f) Redução do peso dos cadáveres sepultados

$$M_c = 70.000,00 - (23.769,808 \cdot \log t) \text{ (g/d)}$$

Onde:

M_c = massa cadavérica sepultada (g)
t = tempo decorrido (dias)

OBS.: para o período cromático a fase de esqueletização

d) Fase de esqueletização

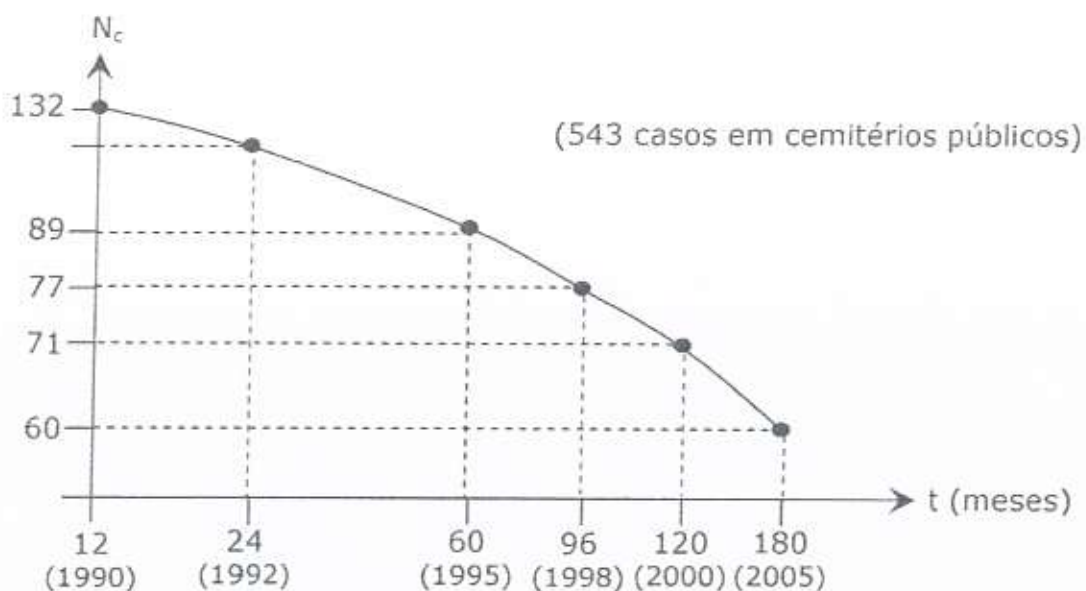
$$M_d = 70.000,00 - (20.040,904 \cdot \log t) \text{ (g/d)}$$

Onde:

M_d = massa cadavérica sepultada (g)
t = tempo decorrido (dias)

OBS.: para o período cromático a fase de esqueletização

g) Ocorrência de conservação de corpos



$$N_c = 198,135 - (61,293 \cdot \log t)$$

Onde:

N_c = número de casos constatados (*)

t = tempo decorrido (meses)

Fonte: dados USJT, SEADE, SFMSP

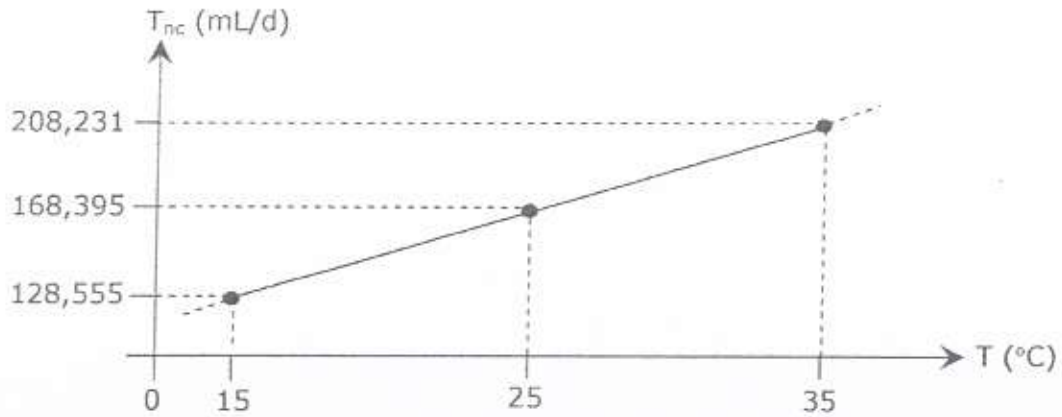
(*) Após a adoção da prática de adição de "cal vagem" (CaO – monóxido de cálcio anidro) ou peróxido de cálcio (CaO₂ – dióxido de cálcio anidro), no ato de sepultamento dos cadáveres, por alguns dos cemitérios municipais.

Até o mês de outubro do corrente ano, o número de casos constatados foi de 57 cadáveres, a maioria por saponificação, confirmando-se a equação geostatística de regressão finita logarítma.

Do início das observações em 1990, até o presente, a redução dos casos foi da ordem de 44%, numa média de:

$$\frac{N_c}{16} = \frac{600}{16} = 38 \text{ casos por ano}$$

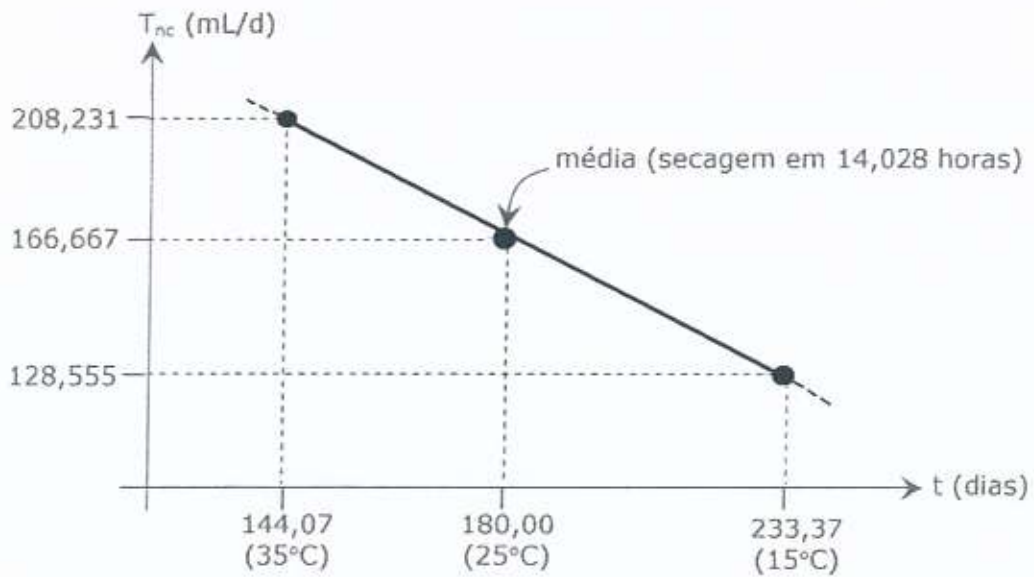
A influência da temperatura regional na decomposição dos corpos sepultados, de acordo com as estatísticas nacionais, até o ano de 2005, pode ser assim ilustrada:



$$T_{nc} = 68,795 + (3,984 \cdot T)$$

Onde:

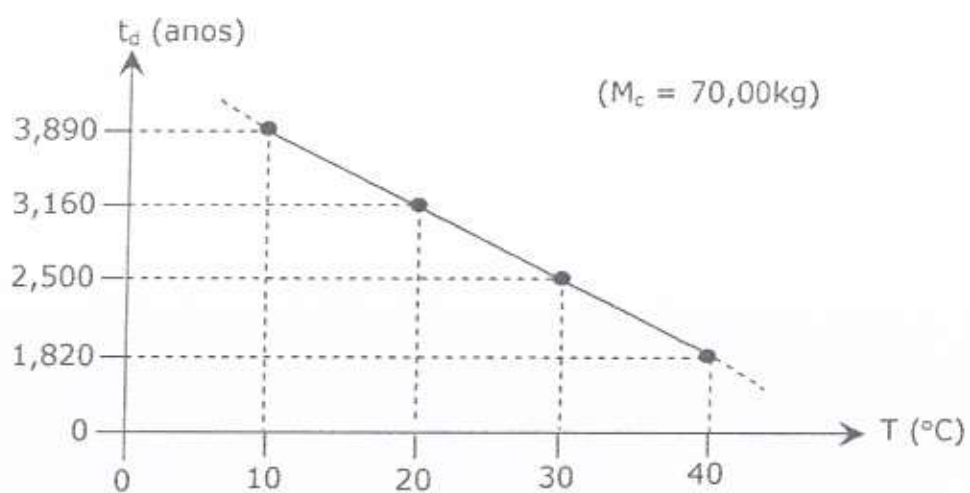
T_{nc} = taxa de emissão do necrochorume (quantum diário)
 T = temperatura ambiental média



$$T_{nc} = 1.031,296 - (381,225 \cdot \log t) \text{ (mL/ d)}$$

Onde:

T_{nc} = taxa de liberação do necrochorume ("quantum diário")
 T = temperatura ambiental média

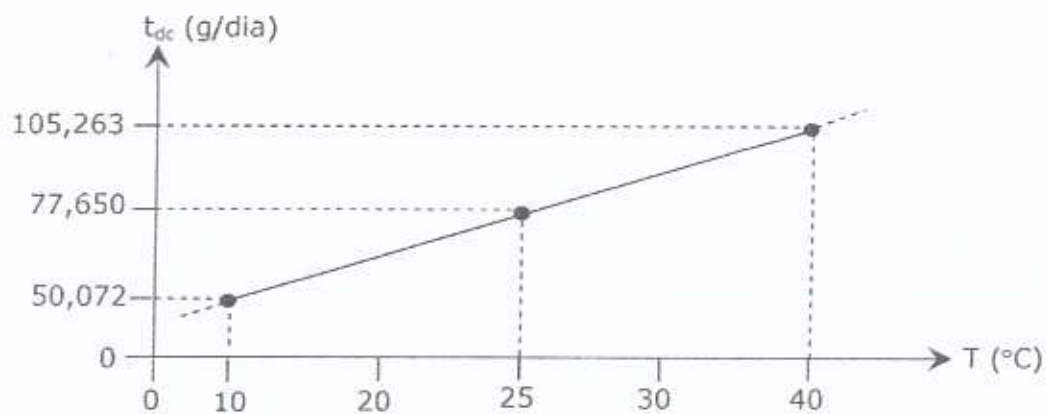


$$t_d = 4,500 - (0,067 \cdot T)$$

Onde:

t_d = tempo de decomposição cadavérica (anos)

T = temperatura ambiental (°C)



$$t_{dc} = 31,675 + (1,840 \cdot T)$$

Onde:

t_{dc} = taxa de decomposição cadavérica (g/dia)

T = temperatura ambiental (°C)

6 – CONCLUSÕES FINAIS

Diante de tudo o que foi abordado, explanado e dissecado nesse trabalho de divulgação dos fenômenos cadavéricos, ressaltam a importância de dois aspectos principais: a seleção dos locais hidrogeoambientalmente apropriados para a implantação das necrópoles e a implementação de técnicas construtivas e operacionais adequadas.

Respeitados estes dois aspectos atrelados à interferência antrópica, a Natureza providenciou, ao longo do processo de evolução do Planeta e do Homem, mecanismos eficientes para a manutenção das condições ambientais vitais à vida.

À medida que o conhecimento científico evolui e se enriquece, ao longo do fluir do tempo, estes dispositivos de depuração natural vão sendo conhecidos e admirados. É o caso, por exemplo, da descoberta do bioplástico natural PHA – poli-hidroxialcanoato, polimerizado por bactérias atuantes no necrochorume (**Leobacillus rubrus**), com excelentes propriedades bacterianas e virocidas (estas bactérias auto extinguem-se, na secagem do necrochorume já inertizado, como verdadeiras "Kamikazes"!).

Outros dispositivos depuradores notáveis são o "princípio da competição microbiológica", a atuação das argilas ativas (CTC – Capacidade de troca catiônica), a ação ainda algo nebulosa da matéria orgânica de origem vegetal presente nos solos, etc.

A própria vida-útil curta do necrochorume como líquido, aliada a sua viscosidade e densidades maiores do que a água, dificultando a sua mobilidade, de 'per si', é um dispositivo de segurança natural relevante.

No caso onde as condições geoambientais e geossanitárias não são consideradas suficientes, poderão ser implementadas medidas visando a sua melhoria, tais como a utilização de substâncias catalisadoras da decomposição dos cadáveres e de neutralização dos seus efluentes (Necrodox®, por exemplo), colchonetes mortuários (Necronete®, por exemplo), processo de assepsia e desinfecção do subsolo dos cemitérios (Remox®, por exemplo), uso generalizado da "cal virgem" nos sepultamentos, incineração local dos resíduos sólidos operacionais dos cemitérios (varrição, embalagens, flores murchas, adereços, funerários, insetos, e animais mortos, restos de exumações (pedaços de caixões, restos de vestimentas e calçados, etc.), embalagens, etc.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BADAN-PALHARES, F. A. & MONTEIRO, C. C. & BASTOS, A. F. **Medicina Legal para Não-Legistas**. São Paulo, 1998.

BEI. **Como cuidar do seu meio ambiente**. São Paulo: Coleção Entenda e Aprenda, 2001.

_____. **Como cuidar da nossa água**. São Paulo: Coleção Entenda e Aprenda, 2004.

CAMPOS, M. S. & MENDONZA, C. M. & MOURA, G. & MENEZES, R. B. **Compêndio de Medicina Aplicada**. PERNAMBUCO: EDUPE, 2000.

CANTAROW, A. & SCHEPARTZ. **Bioquímica**. São Paulo: Atheneu, 1973.

DOREA, L. E. **Fenômenos cadavéricos & Testes simples para Cronotanatognose**. Rio Grande do Sul: Sagra & Luzzatto, 1995.

EÇA, A. J. **Roteiro de Medicina Legal**. São Paulo: Forense.

EISELE, R. L. & CAMPOS, M. L. B., **Manual de Medicina Forense & Odontologia Legal**. Paraná: Juruá, 2003.

FÁVERO, F. **Medicina Legal**. Minas Gerais: Villa Rica, 1991.

FLORY, P. J. **Principles of Polymer Chemistry**, USA: Cornell University Press, 1953.

FRANÇA, G. V. **Medicina Legal**. Rio de Janeiro: Guanabara & Koogan, 2004.

GERBA, C. P. & BITTON, G. **Groundwater pollution microbiology**. USA: Wiley – Interscience, 1984.

GOMES, H. **Medicina Legal**, São Paulo: Freitas Bastos, 2003.

GOTTSCHALK, G. **Bacterial metabolism**. Berlim: Springer-Verlag, 1986.

HYNES, M. **Medical Bacteriology**. London: J & A. Churchill Ltda., 1968.

KOCH, G. S. & LINK, R. F. **Statistical Analysis of Geological Data**. New York: Dover Publications, 1971.

KROTZ, J. C. & TREICHEL, P. Jr. **Química e reações químicas**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2002.

MARQUES-SILVA, L. **Degradação ambiental causada pelos cemitérios – I Congresso de Engenharia Civil de Juiz de Fora**, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 1994.

_____. **Os cemitérios na problemática ambiental – I Seminário Nacional “Cemitérios e Meio Ambiente”, SINCESP – ACEMBRA, São Paulo, SP, 1995.**

_____. **Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres – 4º Congresso Latino-Americano de Hidrologia Subterrânea, ALHSUD, Montevideu, Uruguai, 1998.**

_____. **Contaminação do subsolo pelos cemitérios – Seminário Nacional “Desenvolvimento Sustentável”. Florianópolis, SC: ABES & ABRH, 1999.**

_____. **A influência dos cemitérios no meio ambiente – I Fórum SINCEPAR “Cemitérios – Impacto Ambiental”, Curitiba, PR, 1999.**

_____. **Cemitérios e o impacto ambiental – FUNEXPO – 99, CTAF, São Paulo, SP, 1999.**

_____. **Cremação: método alternativo para a disposição de cadáveres – II Seminário Nacional “Cemitérios e Meio Ambiente”, SINCESP & ACEMBRA, São Paulo, SP, 2000.**

_____. **Cemitérios: fonte potencial de contaminação do lençol freático – Relatório de Pesquisas, São Paulo, SP, 2003.**

_____. **Ocorrência de bioplástico natural impregnando os tecidos funerários, no interior dos túmulos – USJT, São Paulo, SP, 2005.**

_____. **Aspectos geossanitários dos fenômenos cadavéricos – USJT, São Paulo, SP, 2005.**

MARTINKO, J. M. & MADIGAN, H. T. **Microbiologia de Brock**. São Paulo: Pearson do Brasil & Prentice-Hall, 2004.

OÇISIK, A. S. & RUSHBROOK, P. **The impact of cemeteries on the environment and public health**. Copenhagen, Denmark: WHO, 1998.

SACKHEIM, G. I. & LEHMAN, D. D. **Química e Bioquímica para Ciências Biomédicas**. São Paulo: Editora Manole Ltda., 2001.

SANTOS, E. E. **Atlas colorido de Medicina Legal**. São Paulo: Resenha, 1978.

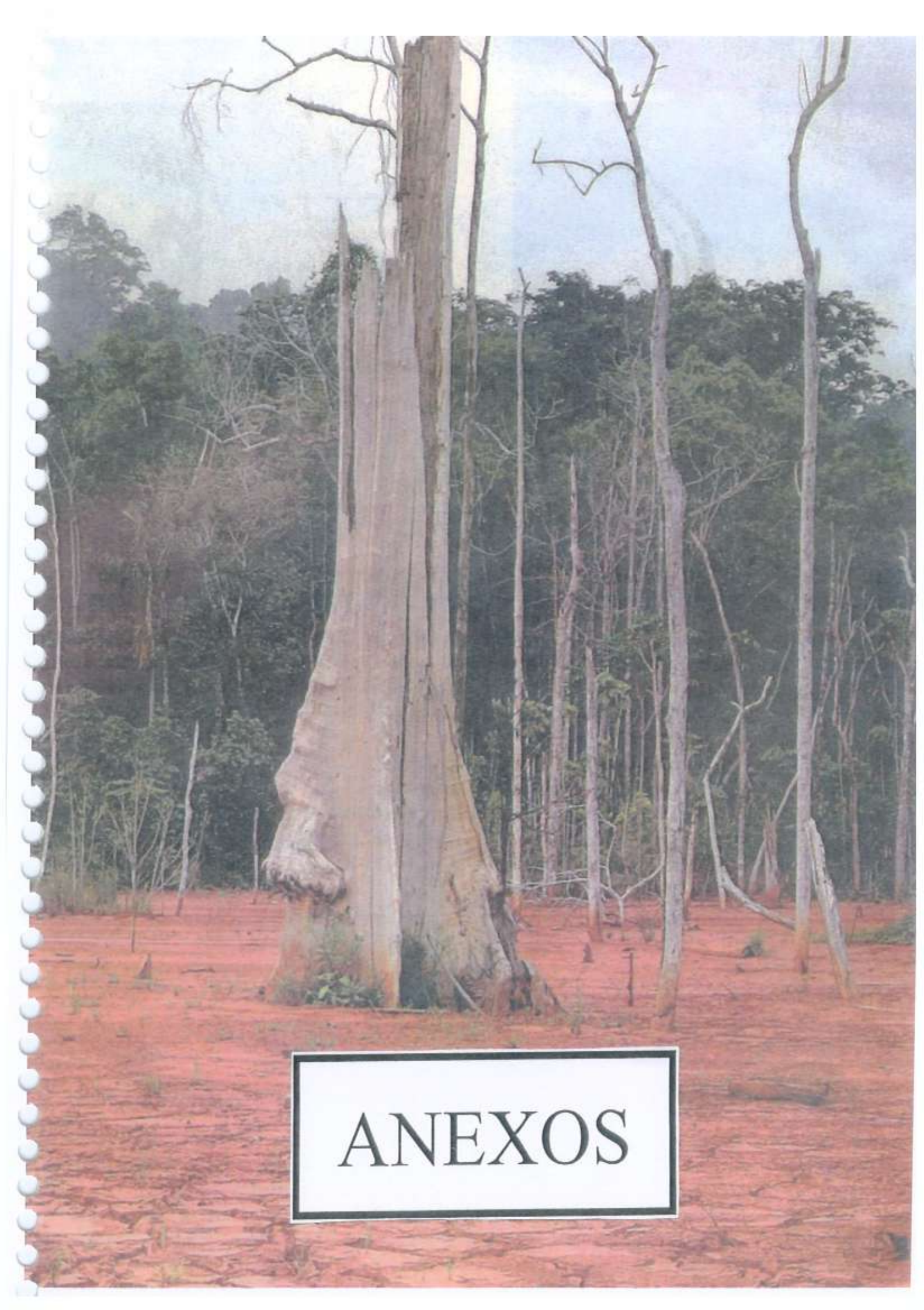
SIMON, W. **Mathematical Techniques for Biology and Medicine**. New York, USA: Dover Publications, 2000.

TORCHETTO, D. **Tratado de Perícias Criminalísticas**. Rio Grande do Sul: Sagra & Luzzatto, 1995.

TRABULSI, L. R. & ALTERTHUM, F. & GOMPertz, O. F. **Microbiologia**. São Paulo: Atheneu, 1999.

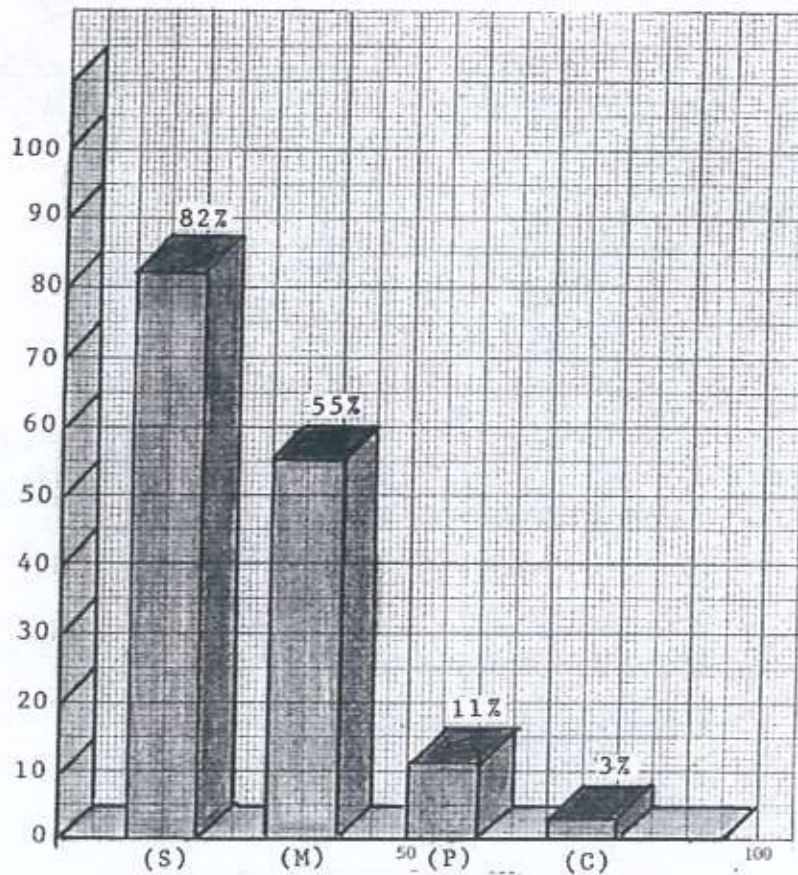
VANRELL, J. P. **Tanatologia – Manual de Medicina Legal**. São Paulo: LED, 2004.

WATERMAN, T. H. & MOROWITZ, H. J. **Theoretical and Mathematical Biology**. New York, USA: Blaisdell Publishing Co., 1965.



ANEXOS

CONSERVAÇÃO DE CADÁVERES NO ESTADO DE SÃO PAULO, PERÍODO 1990 a 2004

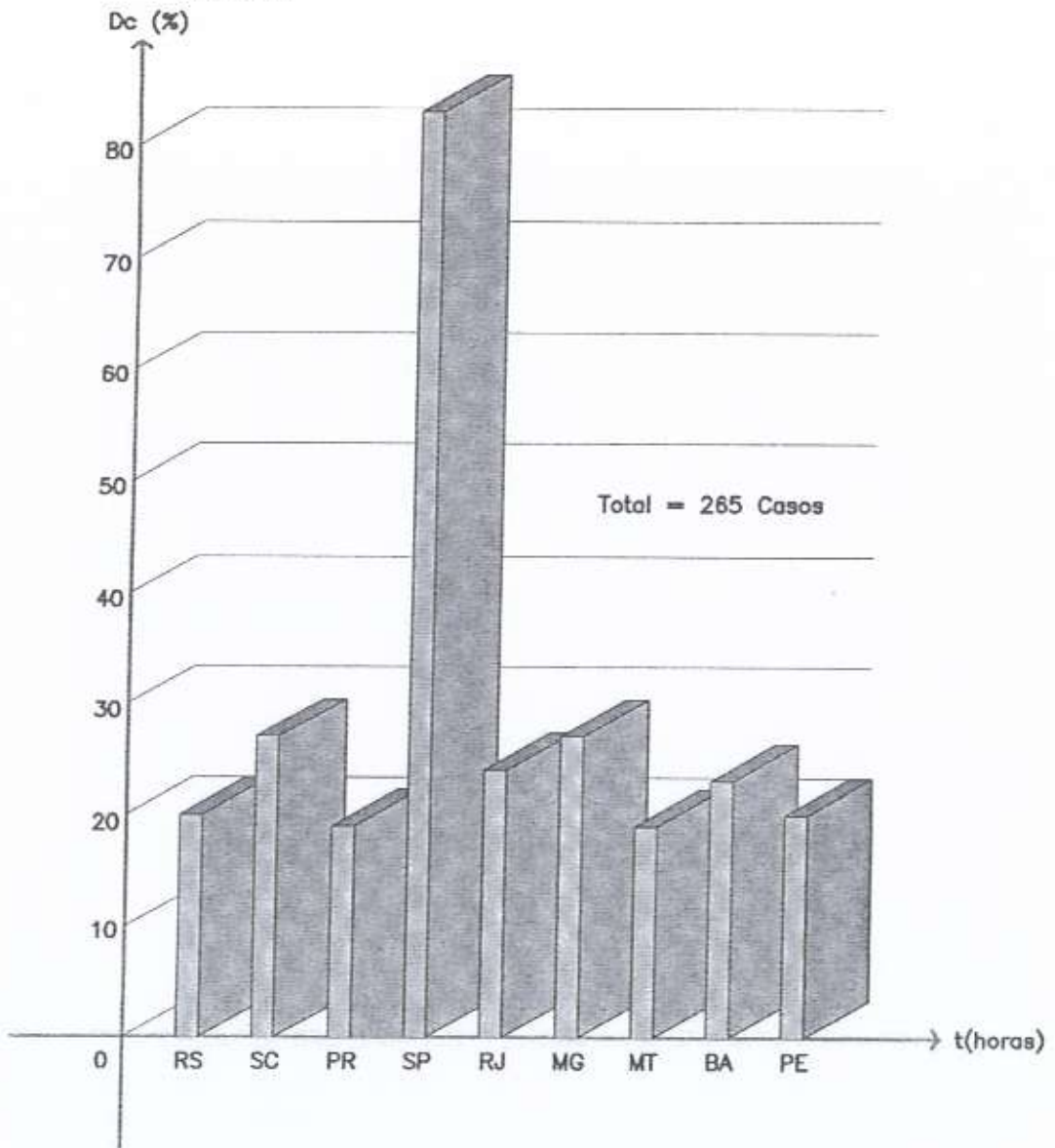


LEGENDAS

- (S) Saponificação
- (M) Mumificação
- (P) Petrificação
- (C) Coreificação

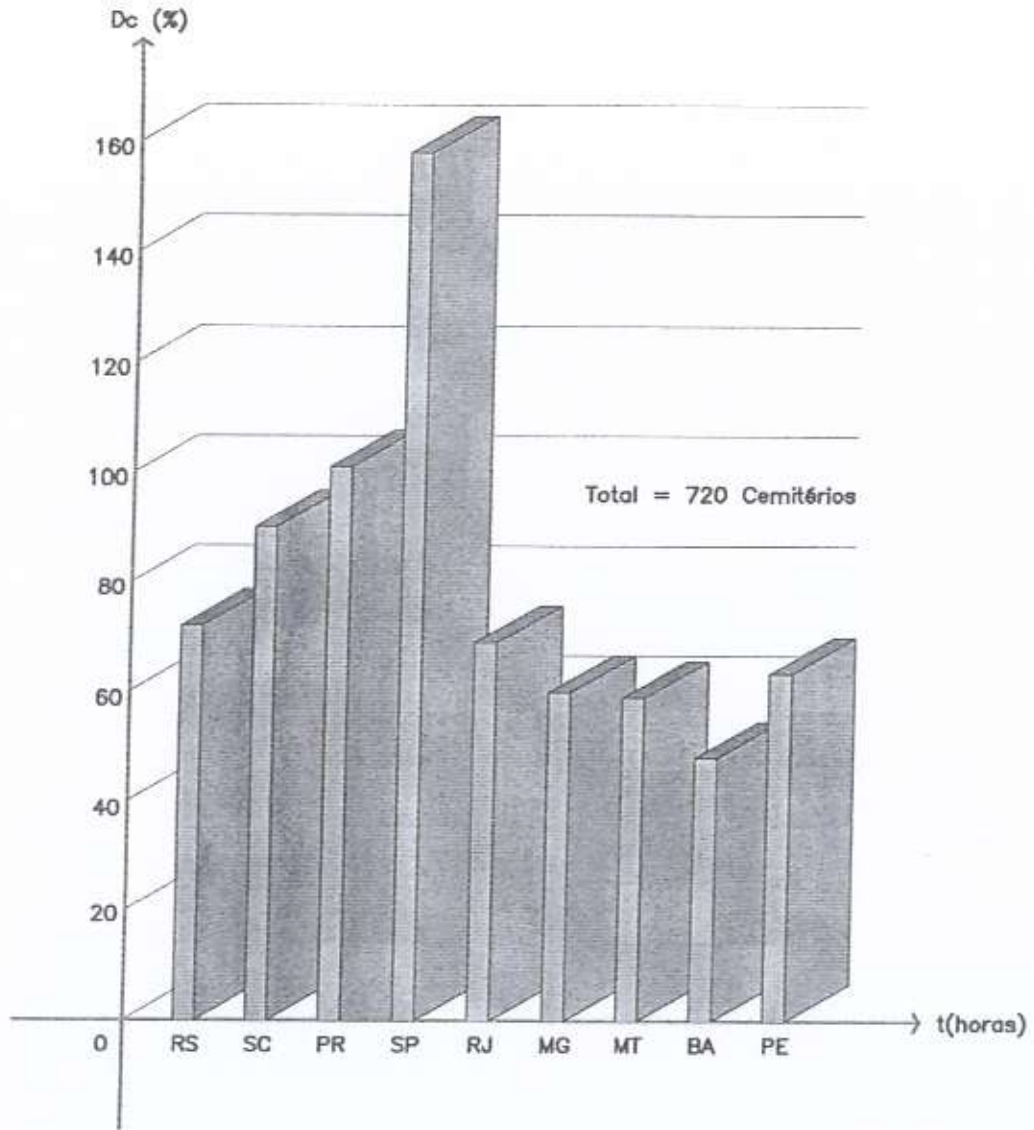
Prof. Geol. Lezíro Marques-Silva, USJT, S. Paulo, Julho de 2005.

OCORRÊNCIA DE CASOS DE DECOMPOSIÇÃO PARCIAL ESTACIONÁRIA
NOS CEMITÉRIOS BRASILEIROS ESTUDADOS NO PERÍODO
1970-2007



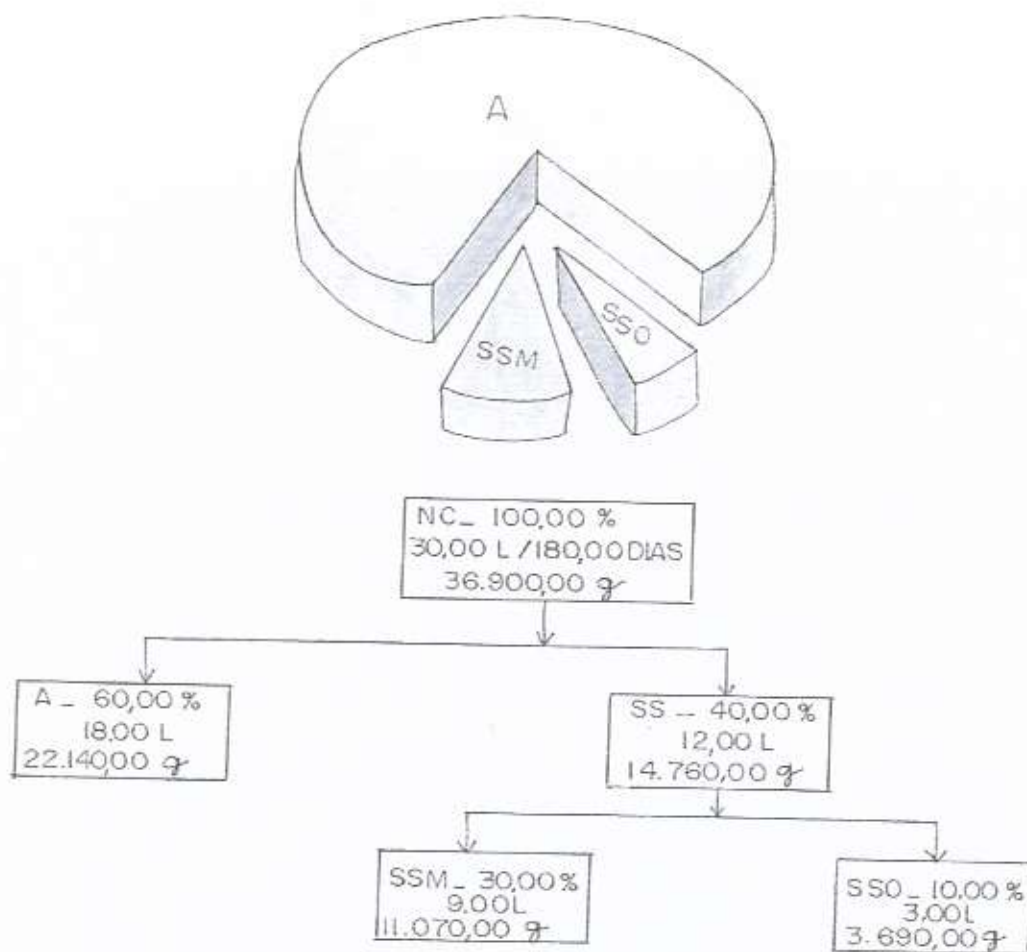
Professor Geologo Leziro Marques Silva

DISTRIBUIÇÃO DOS CEMITÉRIOS BRASILEIROS ESTUDADOS
NO PERÍODO 1970-2007



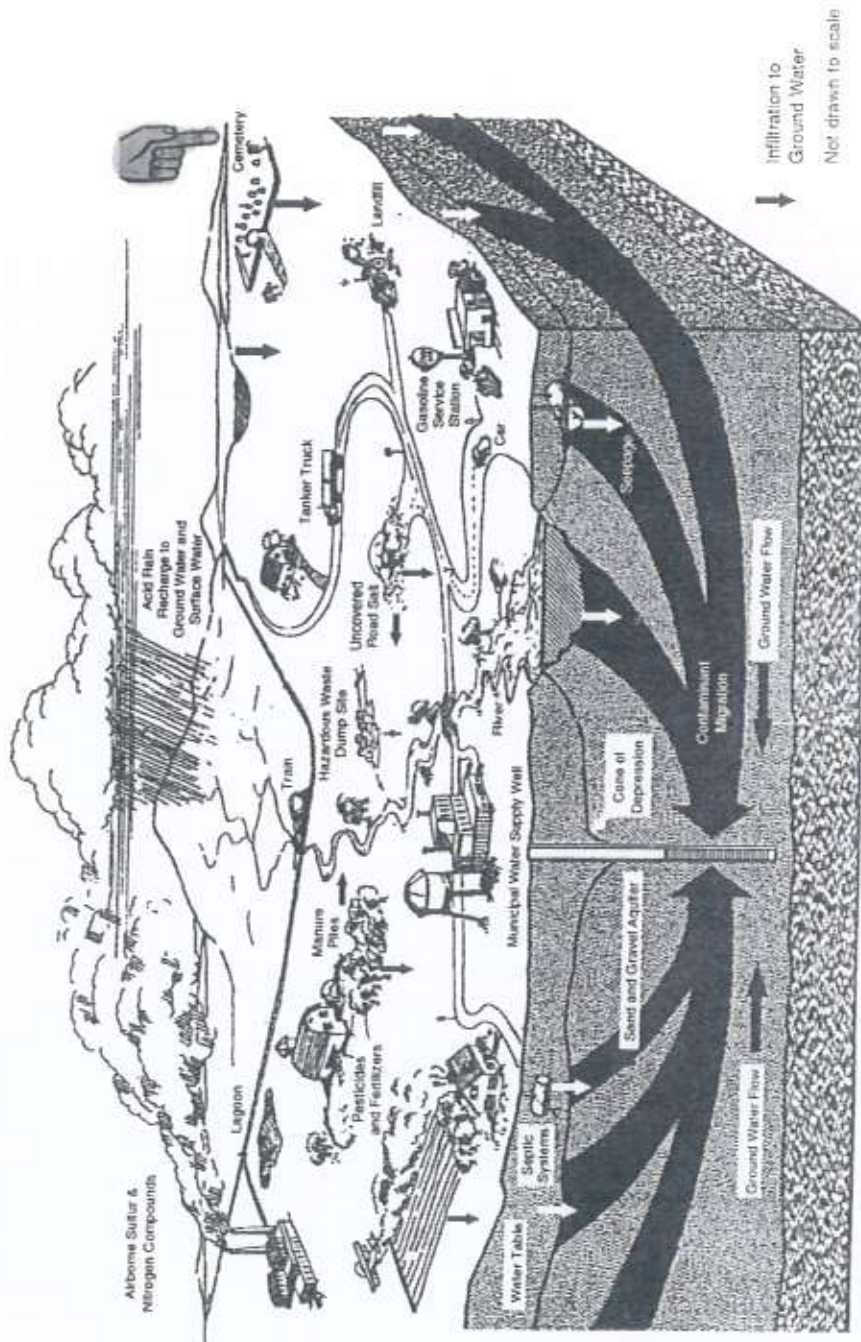
Professor Geologo Leziro Marques Silva

Construção Média do "Quantum Diário" de Necrochorume Extravasado de Cadáveres Adultos Sepultados



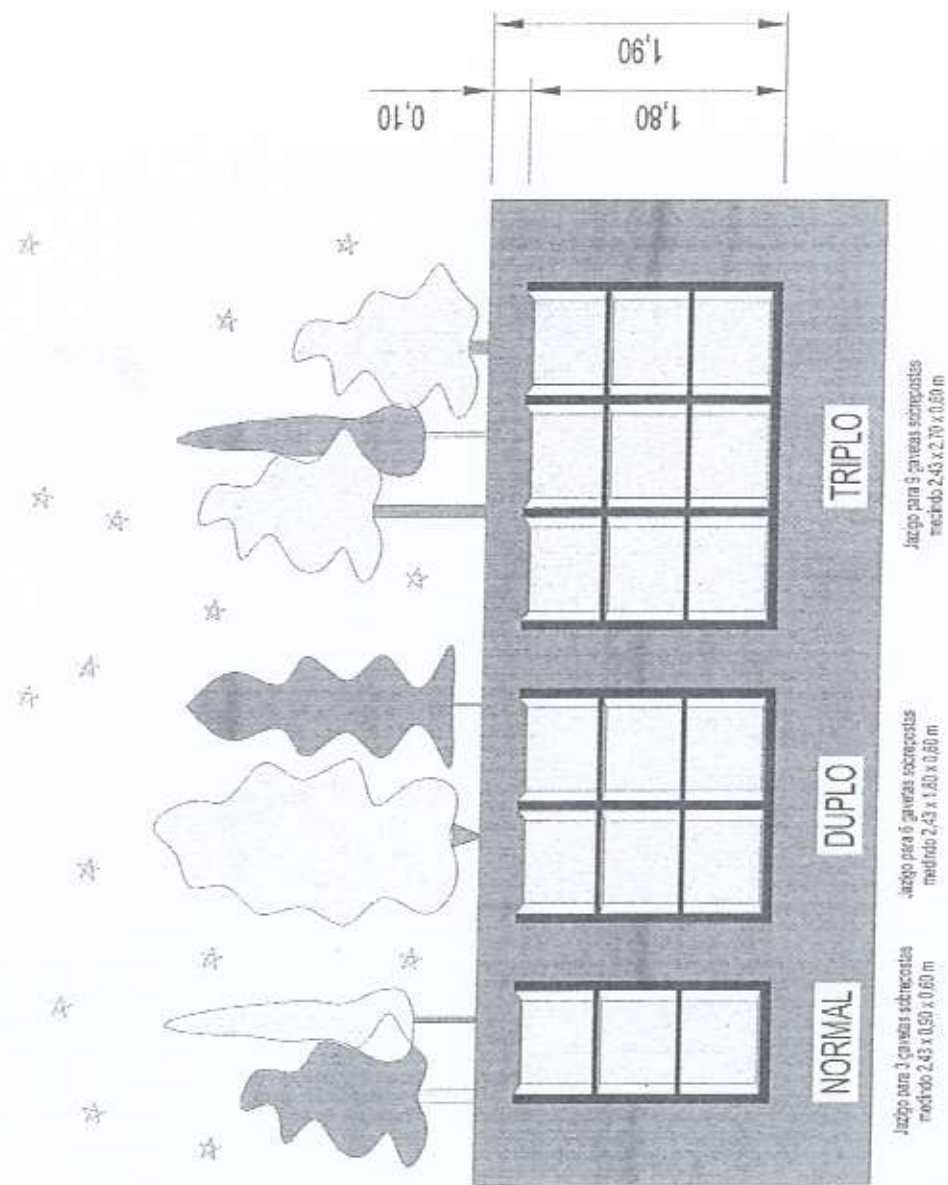
LEGENDA

- NC - NECROCHORUME VERTIDO PELOS CADAVERES
- A - ÁGUA (SOLVENTE)
- SS - SUBSTÂNCIAS SÓLIDAS (SOLUTO)
- SSM - SUBSTÂNCIAS MINERAIS (RESÍDUOS)
- SSO - SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS (DEGRADÁVEIS)



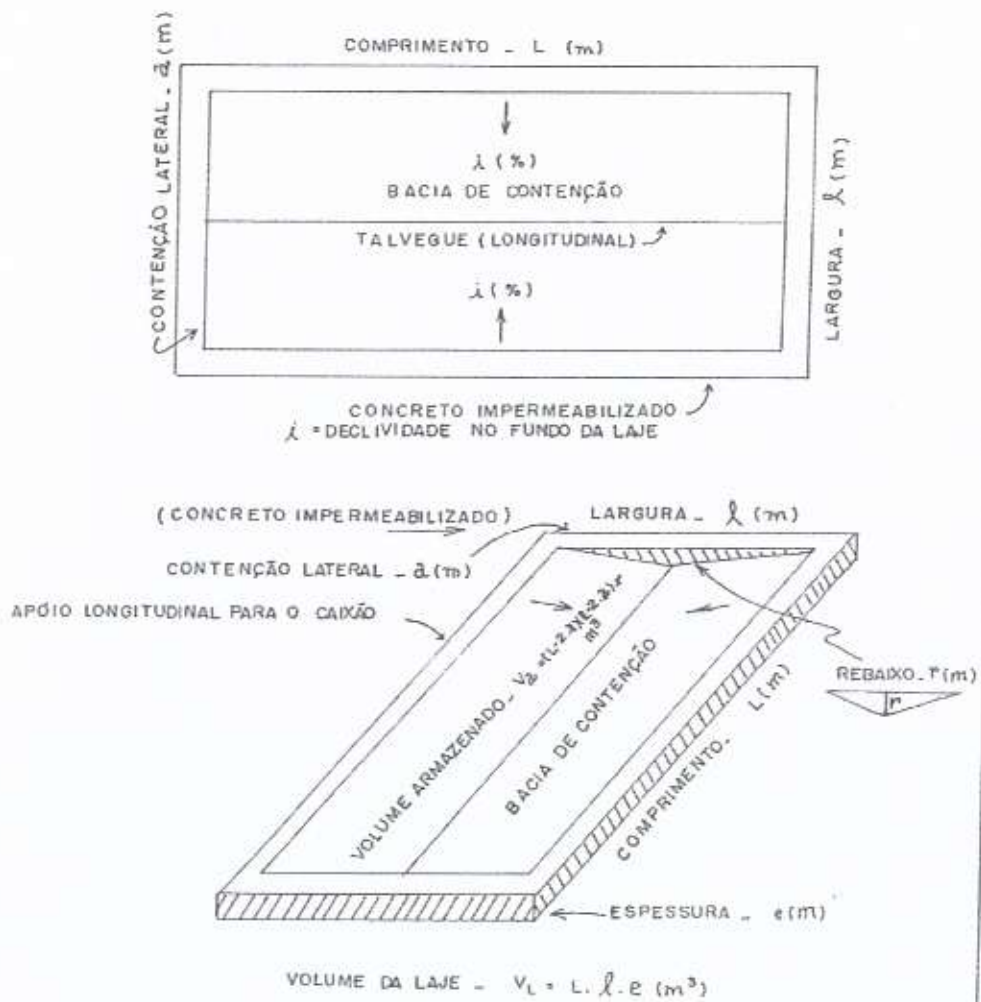
Some potential sources of ground water contamination. Source: Adapted from Paly and Steppacher, n.d.

FONTES POTENCIAIS DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



TIPOS DE JAZIGOS

DETALHE DA LAJE DE FUNDO DOS JAZIGOS, COM A BACIA DE CONTENÇÃO PARA A SECAGEM CONFINADA DO NECROCHORUME.



GEOL. LEZÍRO M. SILVA
 CREA. 0800 - 28.988/3
 MAIO DE 2001

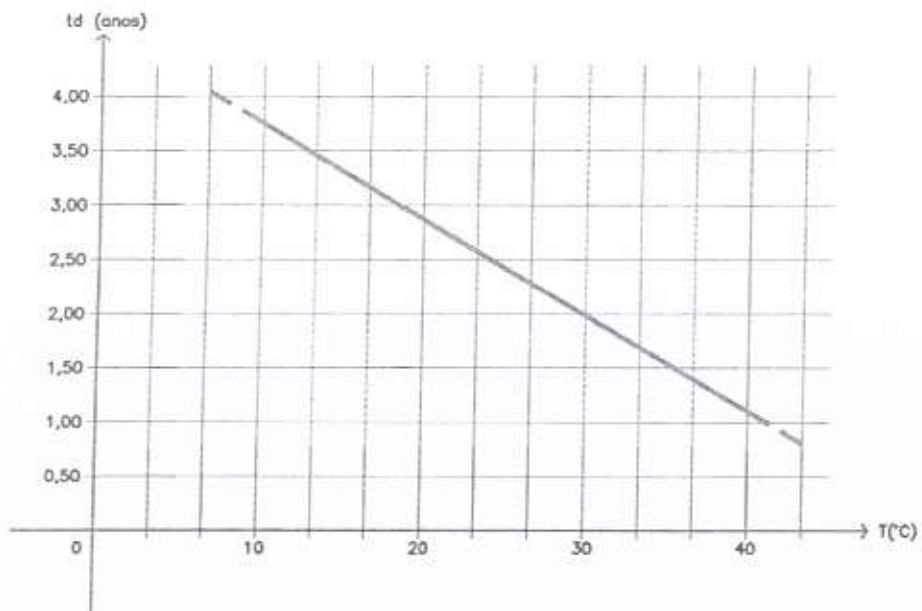
Documentário Gráfico

Os gráficos foram gerados com os resultados das observações coletadas nos cemitérios da pesquisa nacional (820, período de 1970-2007).

As retas e as curvas dos gráficos correspondem às retas e às curvas representativas das respectivas “nuvens-de-pontos” dos ensaios e observações supracitadas.

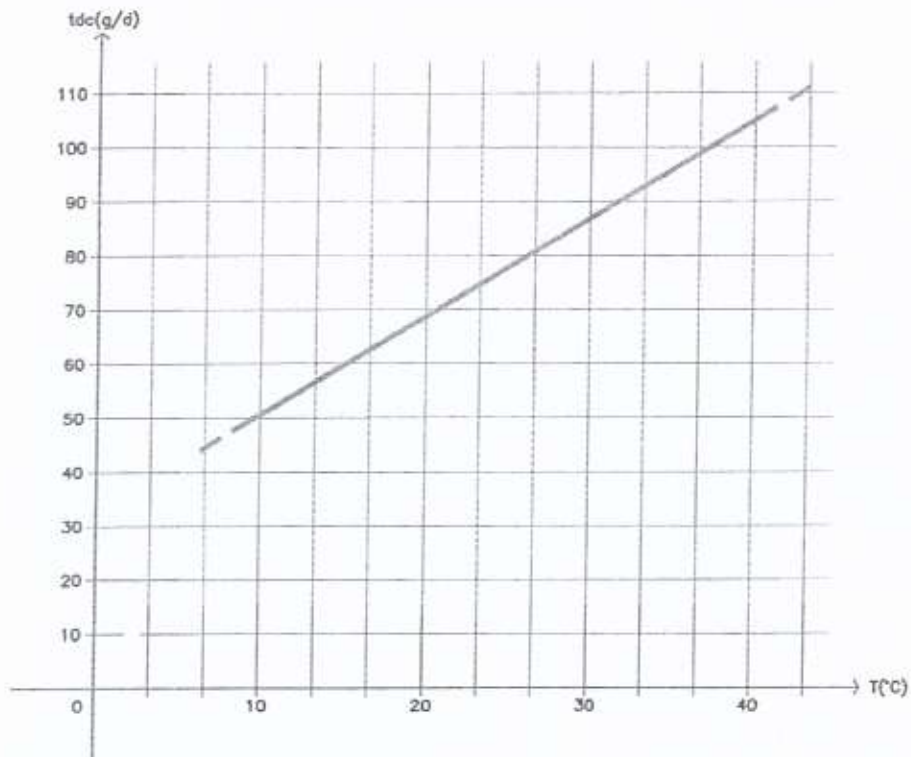
As regressões foram conduzidas com o auxílio de uma calculadora científica HP-48GX.

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA AMBIENTE NO PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO DE CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS



Professor Geologo Leziro Marques Silva

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA AMBIENTE NA DECOMPOSIÇÃO DE CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS

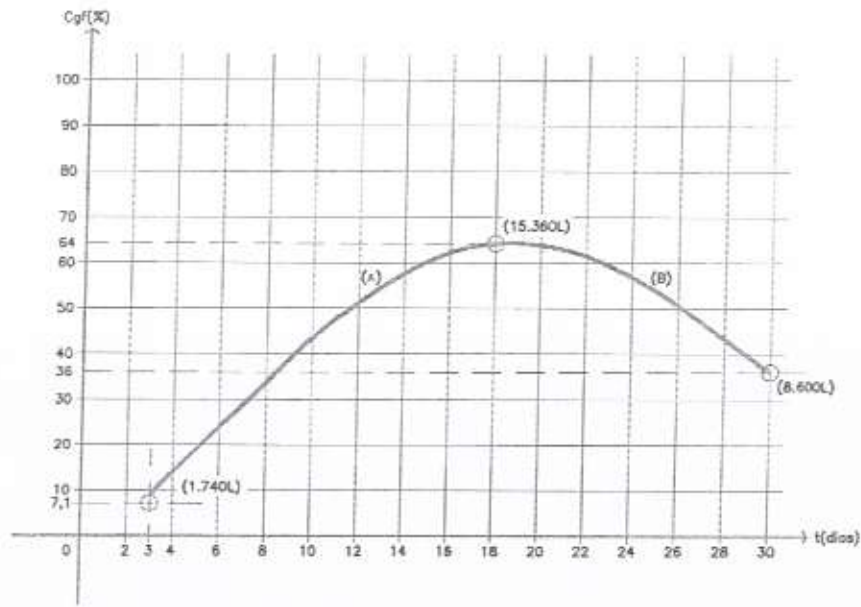


Professor Geologo Leziro Marques Silva

$$t_{dc} = 31,680 + (1,833 \cdot T)$$

$$T = \frac{(t_{dc} - 31,680)}{1,833}$$

LIBERAÇÃO DE GASES MORTUÁRIOS POR CADÁVERES ADULTOS

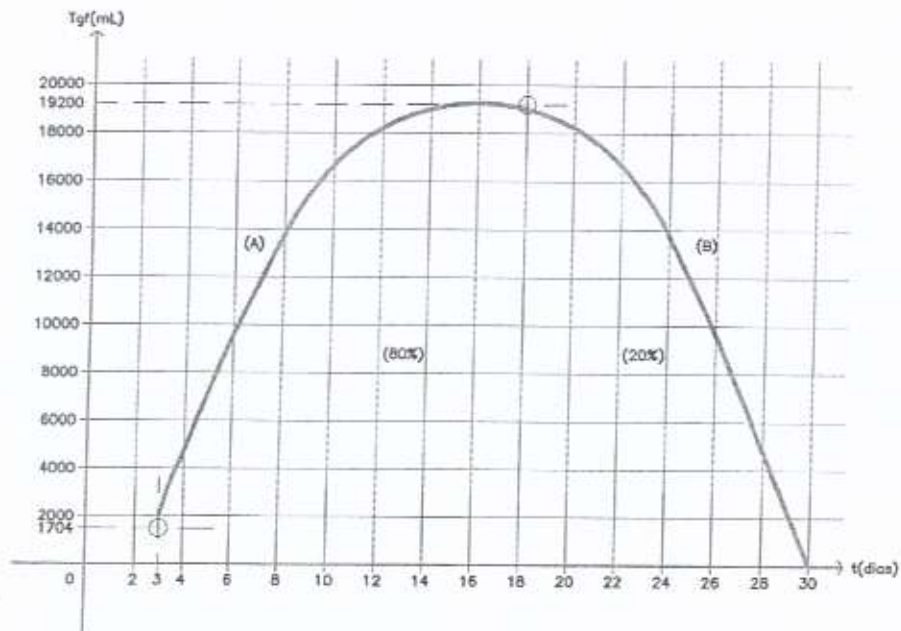


Professor Geologo Leziro Marques Silva

(A) $C_{gf} = (69,409 \cdot \log t) - 23,127$

(B) $C_{gf} = 222,303 - (126,126 \cdot \log t)$

LIBERAÇÃO DE GASES MORTUÁRIOS POR CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS

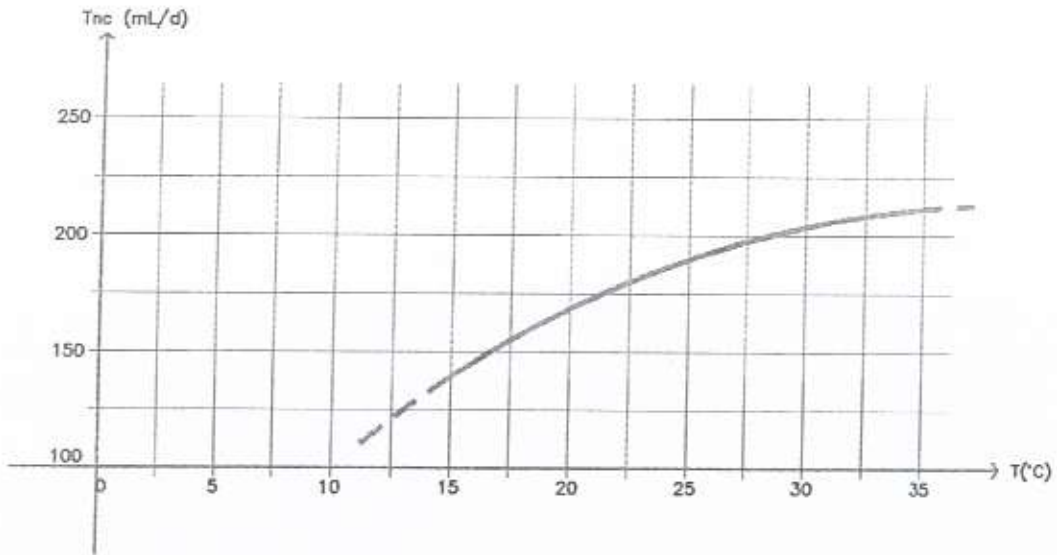


Professor Geologo Leziro Marques Silva

(A) $T_{gf} = (23.658,872 \cdot \log t) - 9.288,151$

(B) $T_{gf} = 103.876,923 - (70.329,670 \cdot \log t)$

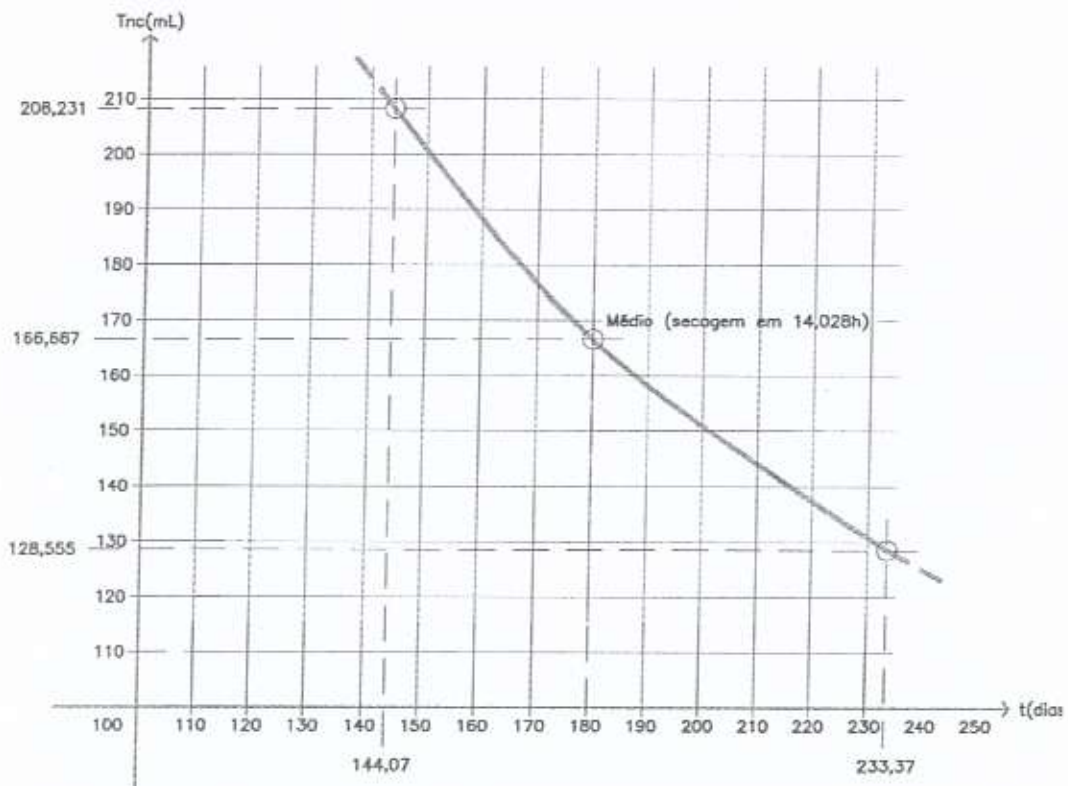
INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA AMBIENTE NA EXSUDAÇÃO DO NECROCHORUME
CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS



Professor Geologo Leziro Marques Silva

$$Tnc = (211,957 \cdot \log T) - 114,281$$

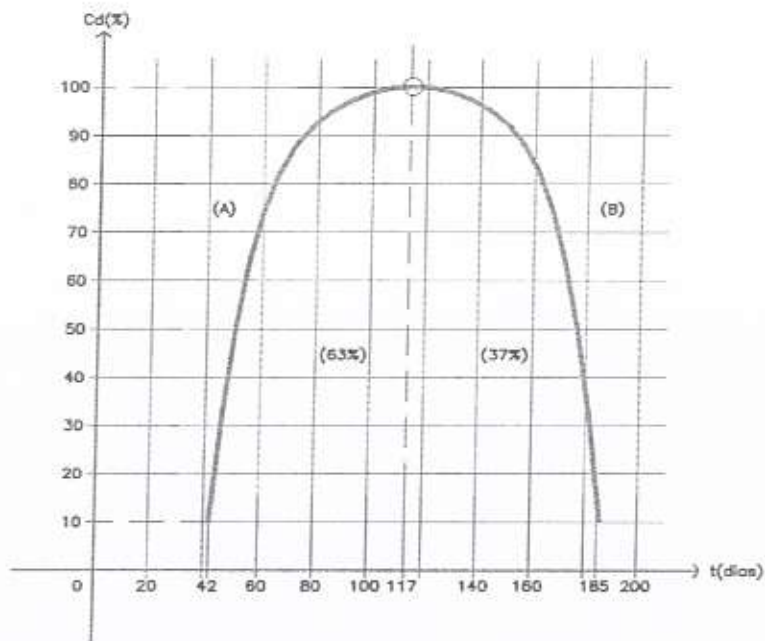
LIBERAÇÃO DO NECROCHORUME PELOS CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS



Professor Geologo Leziro Marques Silva

$$Tnc = 1.031,296 - (381,225 \cdot \log t)$$

LIBERAÇÃO DE DIAMINAS DURANTE A DECOMPOSIÇÃO DE CADAVERES ADULTOS

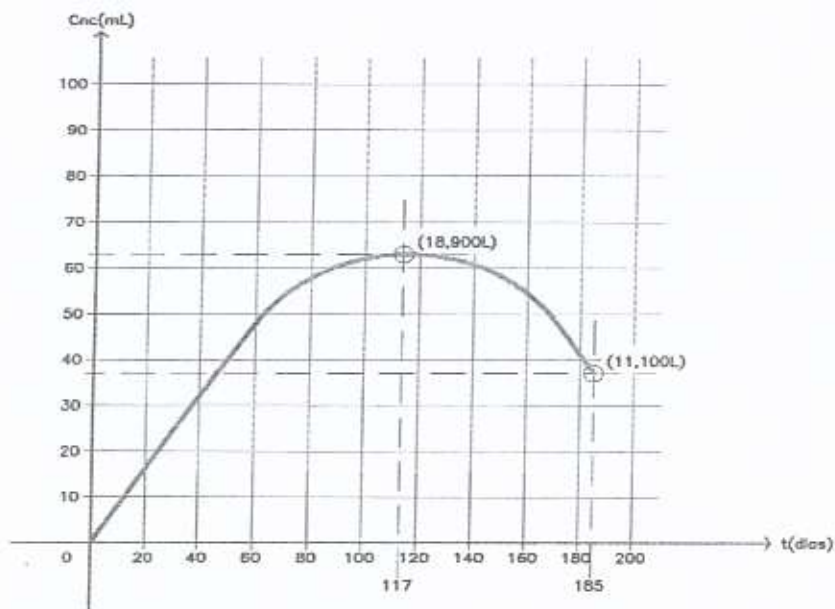


Professor Geologo Leziro Marques Silva

(A) $Cd = (202,247 \cdot \log t) - 318,297$

(B) $Cd = 1.035,360 - (452,261 \cdot \log t)$

LIBERAÇÃO DO HECROCHORUME PELOS CADAVERES ADULTOS SEPULTADOS

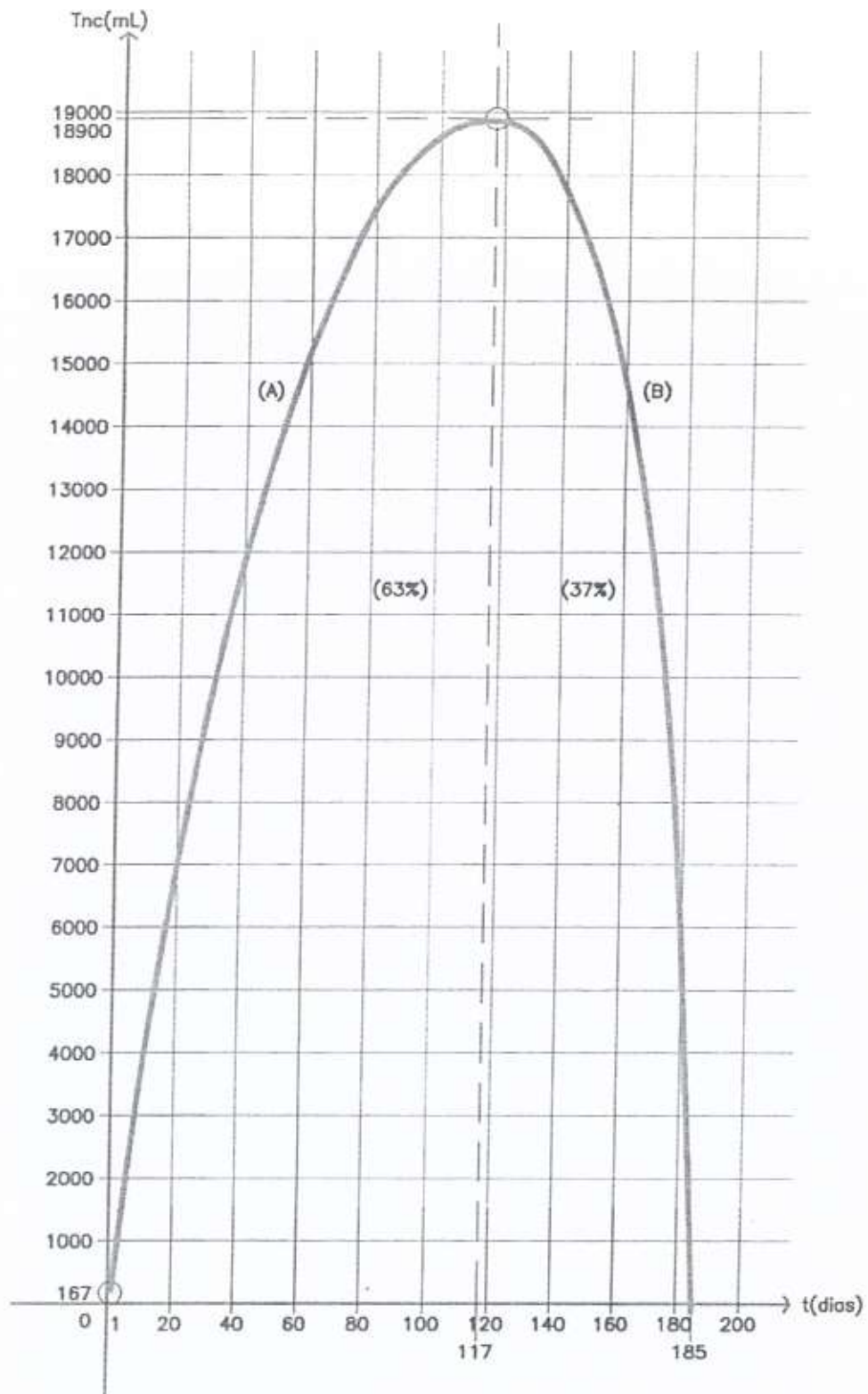


Professor Geologo Leziro Marques Silva

(A) $Cnc = 10,00 + (25,629 \cdot \log t)$

(B) $Cnc = 322,820 - (125,628 \cdot \log t)$

EXSUDAÇÃO DO NECROCHORUME PELOS CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS

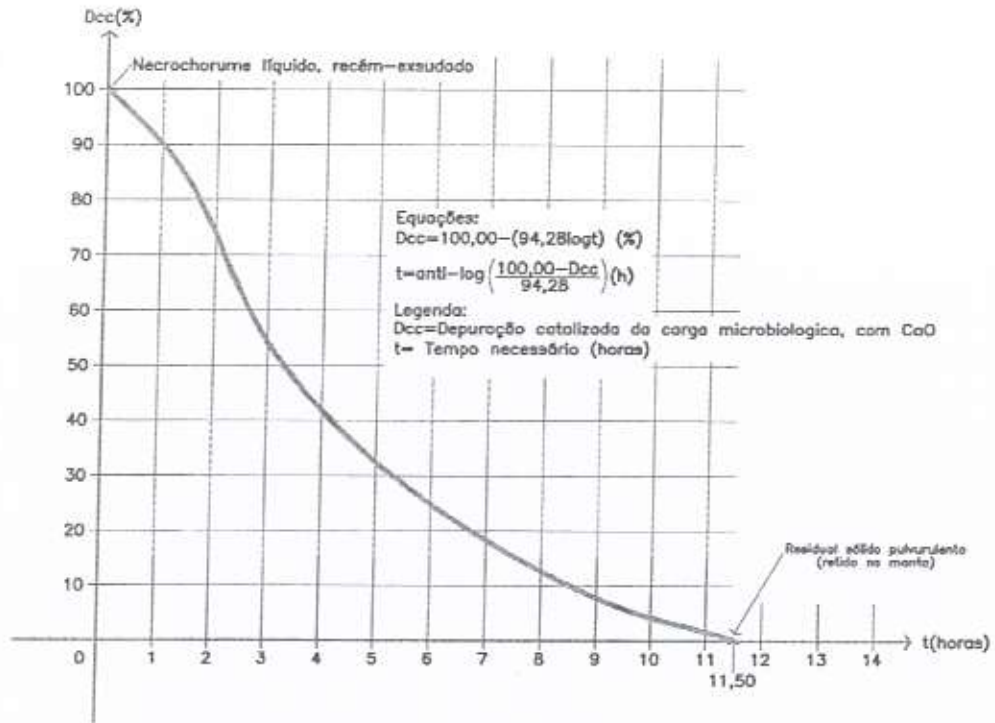


Professor Geologo Leziro Marques Silva

(A) $Tnc = 167,00 + (9.058,511 \cdot \log t)$

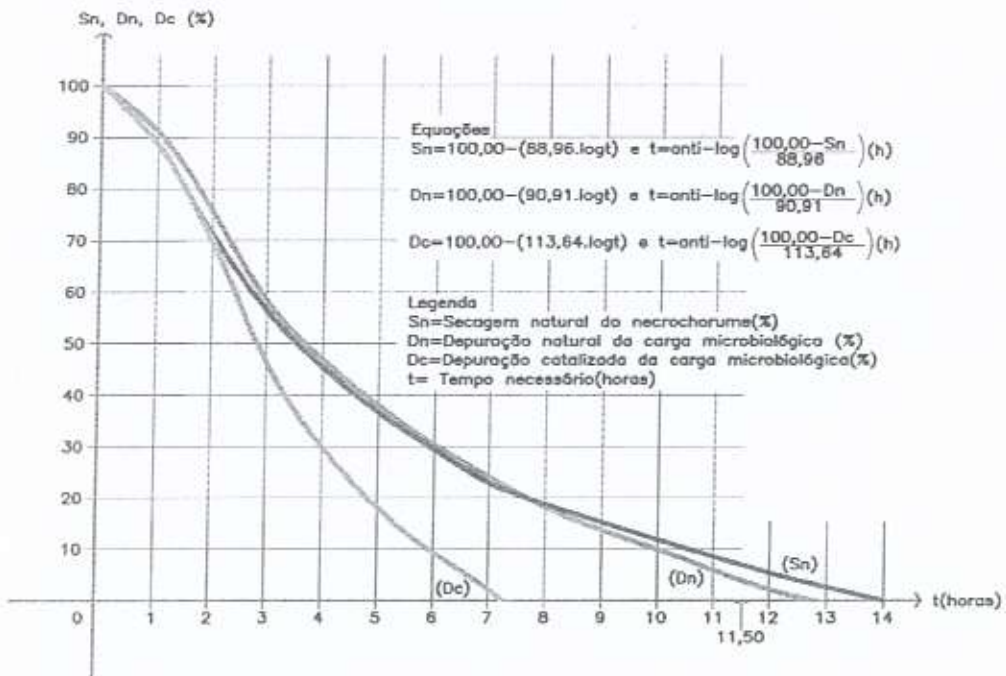
(B) $Tnc = 215.324,349 - (94.974,874 \cdot \log t)$

DEPURAÇÃO DO "QUANTUM DIÁRIO" DO NECROCHORUME, CATALIZADA COM "CAL VIRGEM"
(CaO-MONÓXIDO DE CÁLCIO ANIDRO), CONTIDO EM NÃO-TECIDO DE VISCOSE



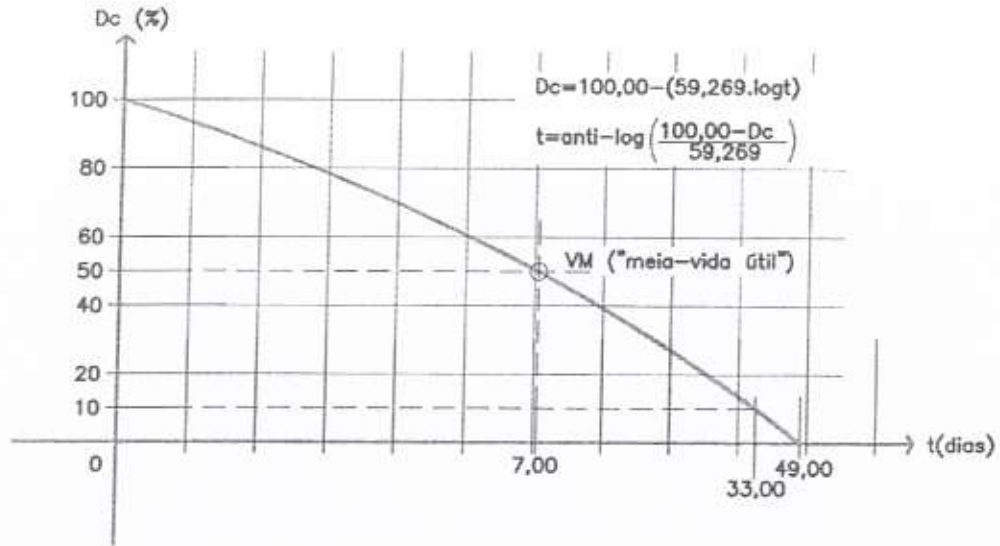
Professor Geologo Leziro Marques Silva

DEPURAÇÃO CATALIZADA DO "QUANTUM DIÁRIO" DO NECROCHORUME, EM MANTAS
DE VISCOSE ADITVADA COM PRODUTO "NECRODOX" DA OBER SA



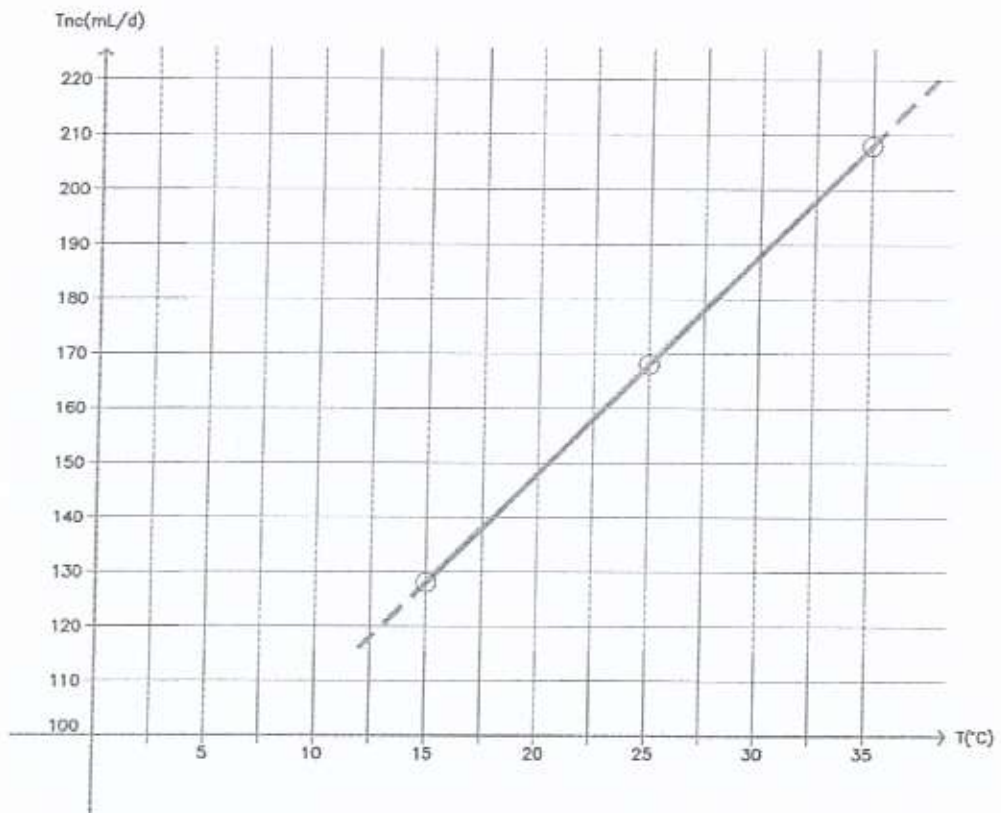
Professor Geologo Leziro Marques Silva

ENSAIO DA CAPACIDADE DE DEPURAÇÃO DE UM NÃO TECIDO DE VISCOSE,
ADITIVADO COM CARVÃO ATIVADO E OXIDANTE



Professor Geologo Leziro Marques Silva

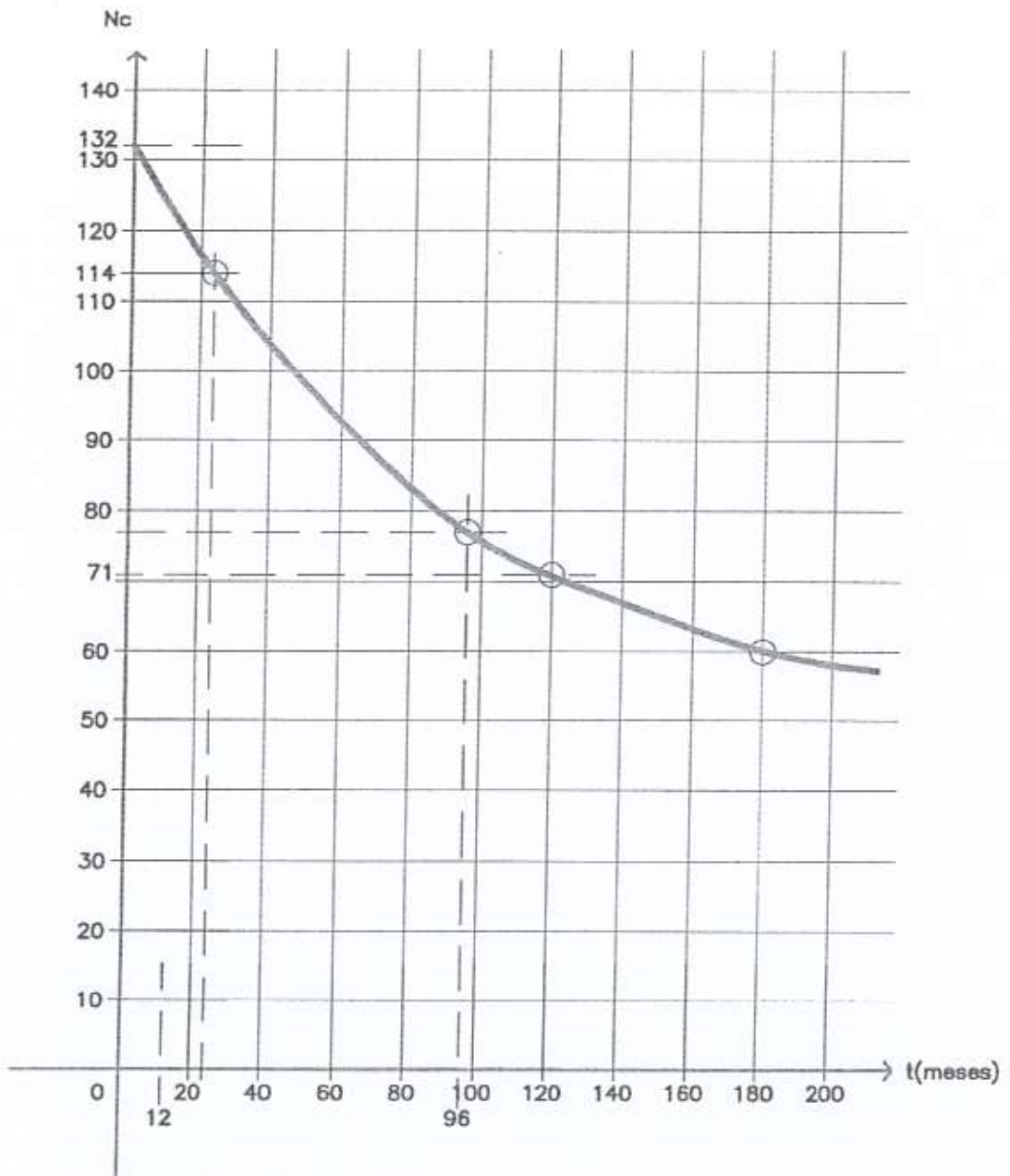
INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA AMBIENTE NA LIBERAÇÃO DO NECROCORUM DE CADAVERES ADULTOS



Professor Geologo Leziro Marques Silva

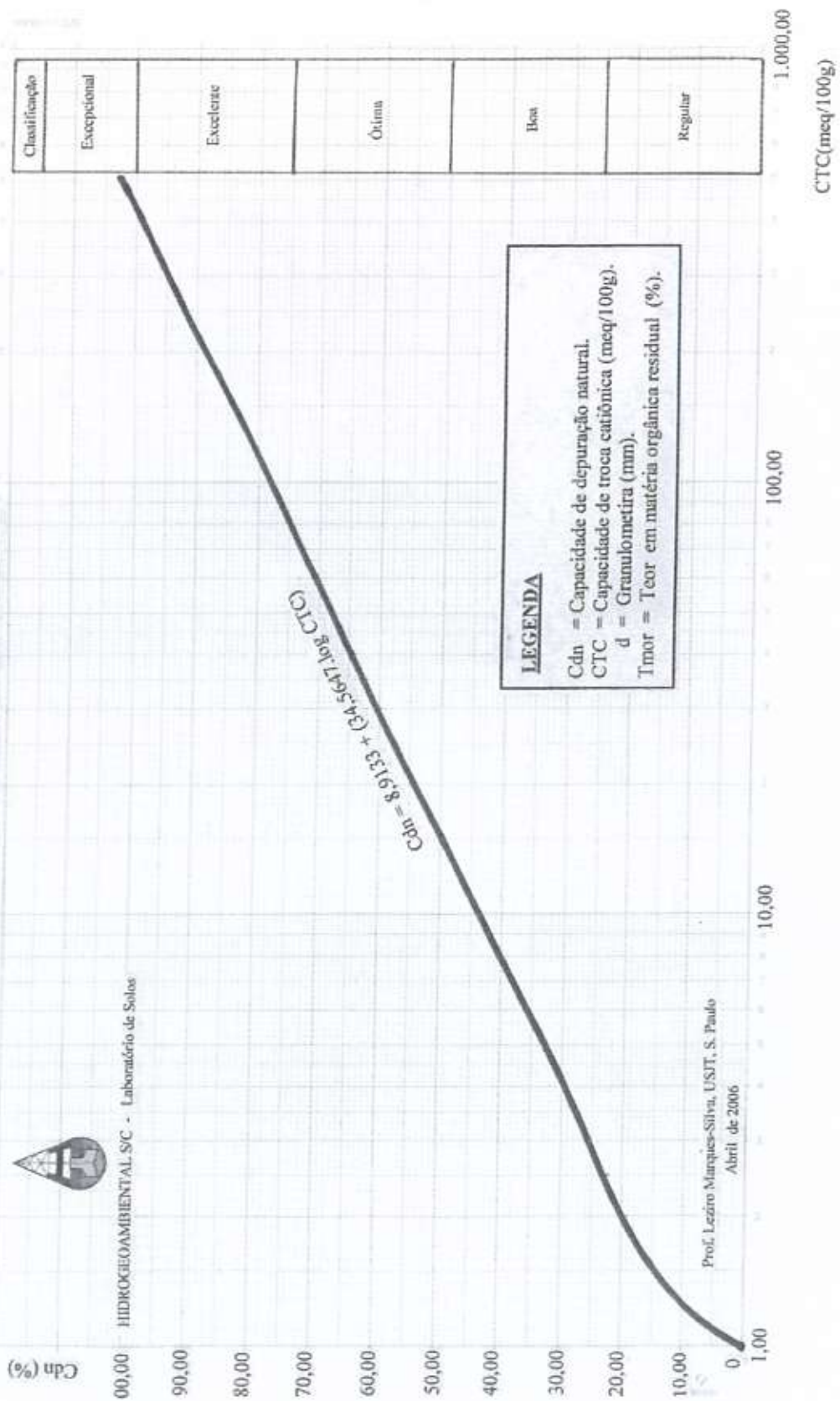
$$Tnc = 69,750 + (3,950 \cdot T)$$

CONSERVAÇÃO DE CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS



Professor Geologo Lezíro Marques Silva

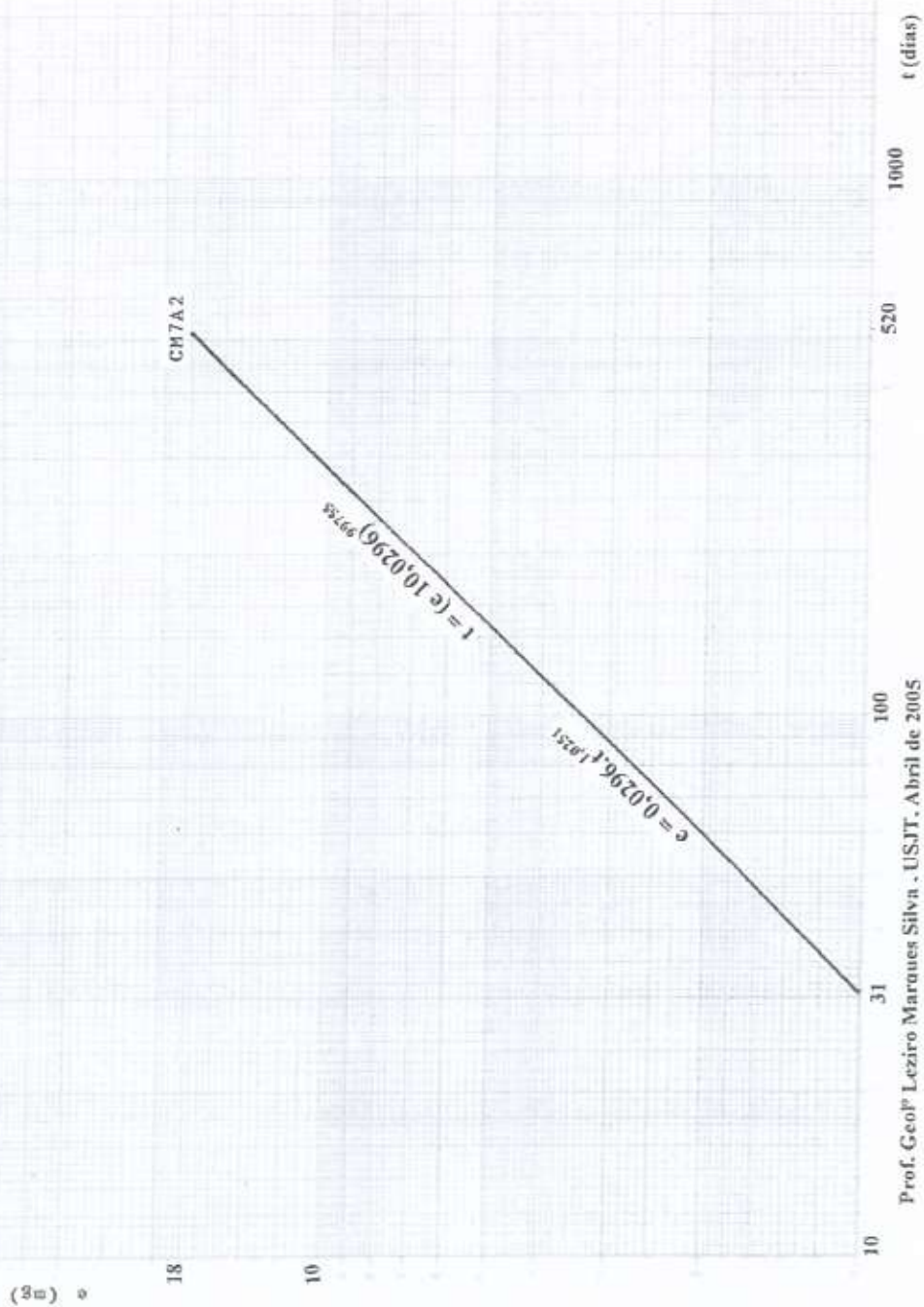
GRÁFICO ESTATÍSTICO DA CAPACIDADE DE DEPURACÃO NATURAL DOS SOLOS BRASILEIROS
 (T_{mor} ≥ 10,00%; d=0,0160 a 0,5000mm)



HIDROGEOAMBIENTAL S/C - Laboratório de Solos

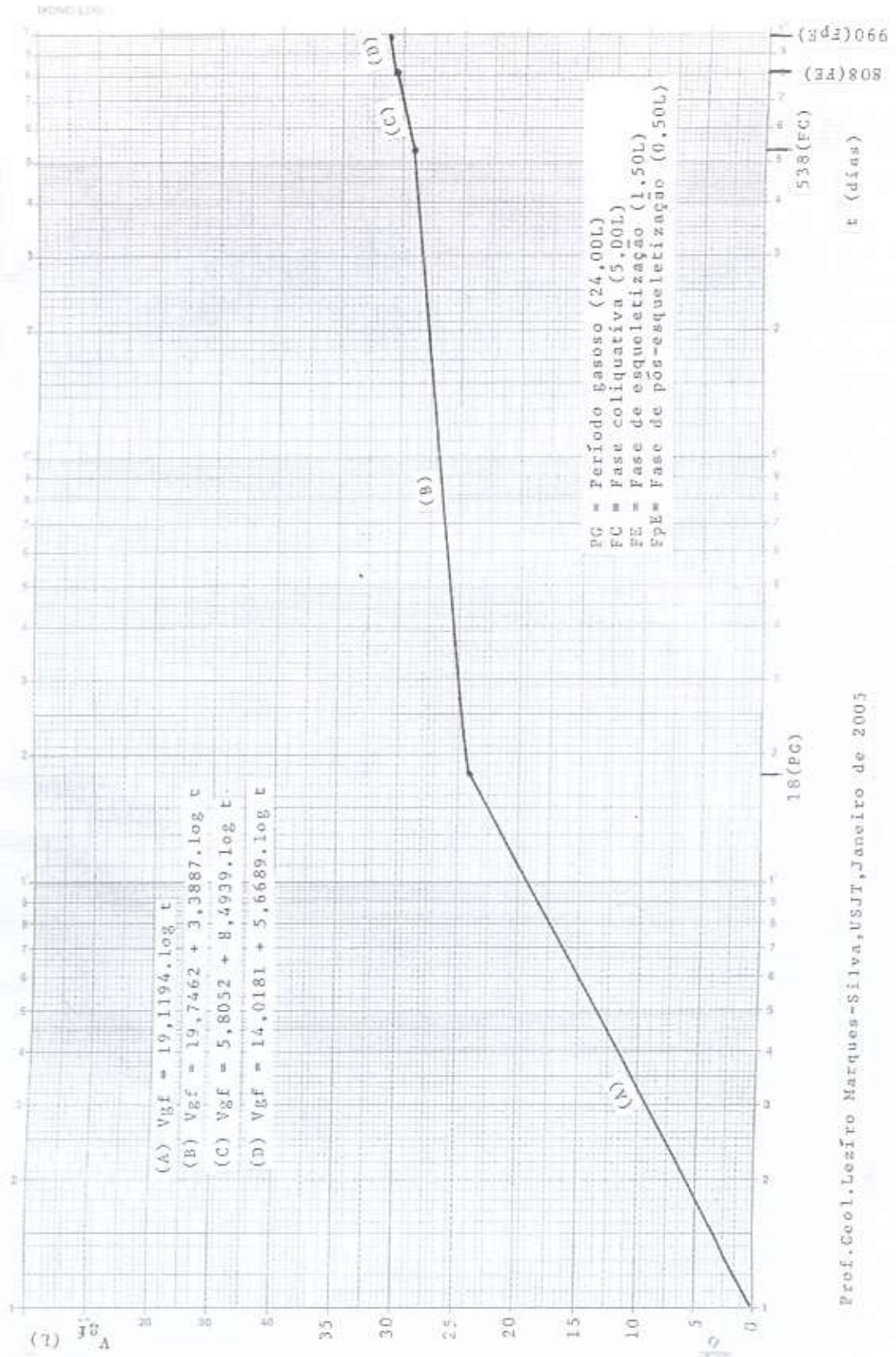
Prof. Lezíro Marques-Silva, USJT, S. Paulo
 Abril de 2006

DESENVOLVIMENTO NATURAL DO REVESTIMENTO BIOLÁSTICO (PHA)
 IMPREGNANTE DE TECIDOS FUNERÁRIOS – FASE COLIGATIVA DA
 DECOMPOSIÇÃO DE CADÁVERES ADULTOS ENTUMULADOS



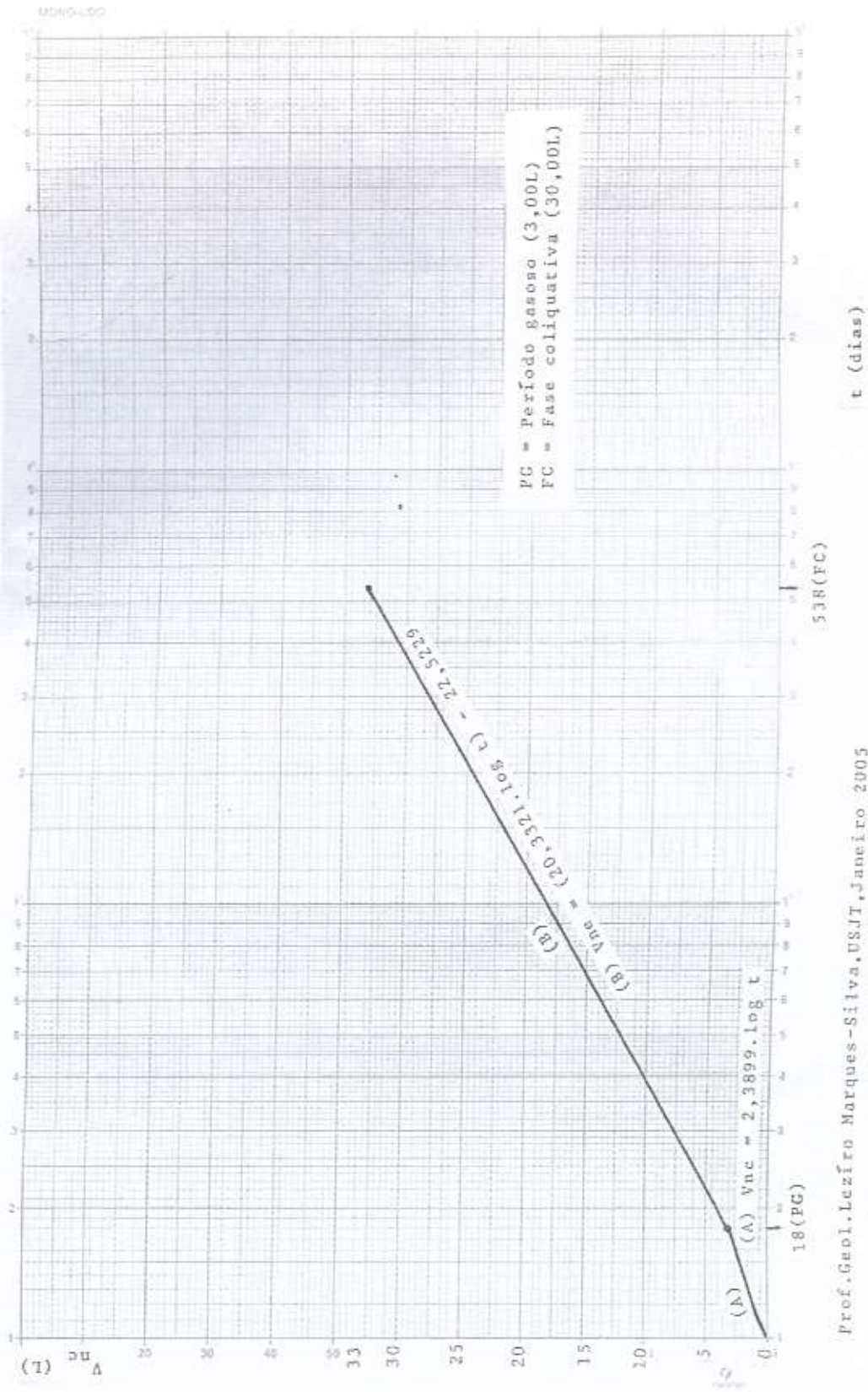
Prof. Geolº Leziro Marques Silva - USJT, Abril de 2005

DESENVOLVIMENTO DE CASOS FUNERÁRIOS, DURANTE A DECOMPOSIÇÃO DE CADAVERES ADULTOS



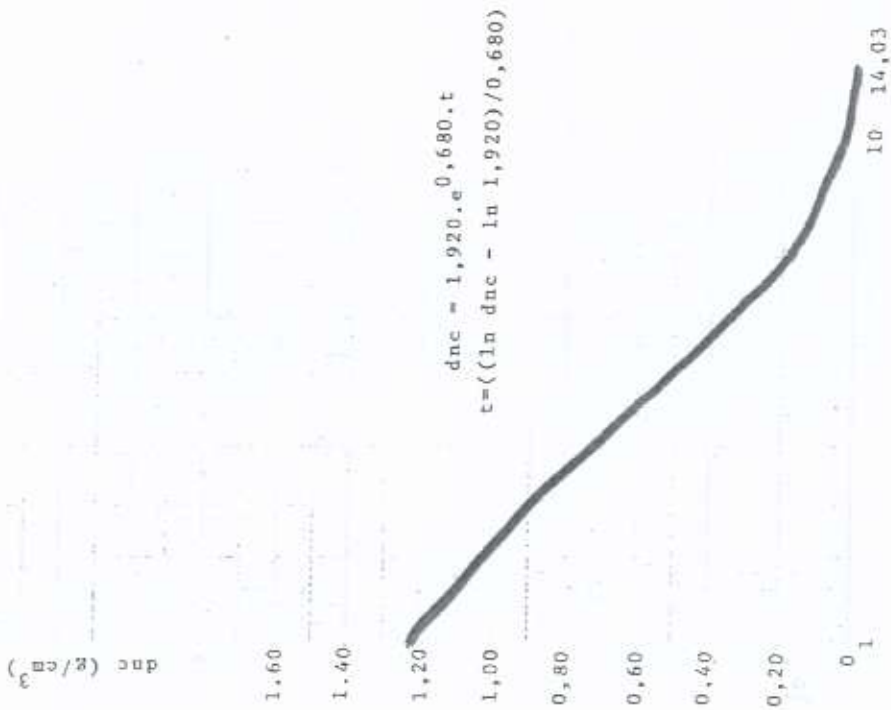
Prof. Geol. Lezíro Marques-Silva, USJT, Janeiro de 2005

LIBERAÇÃO DE NECROCHORUME DURANTE A DECOMPOSIÇÃO DE CADAVERES ADULTOS



Prof. Geol. Lezíro Marques-Silva, USJT, Janeiro 2005

VARIAÇÃO DA DENSIDADE DO NECROCHORUME COM O DECORRER DO TEMPO



OBSERVAÇÕES

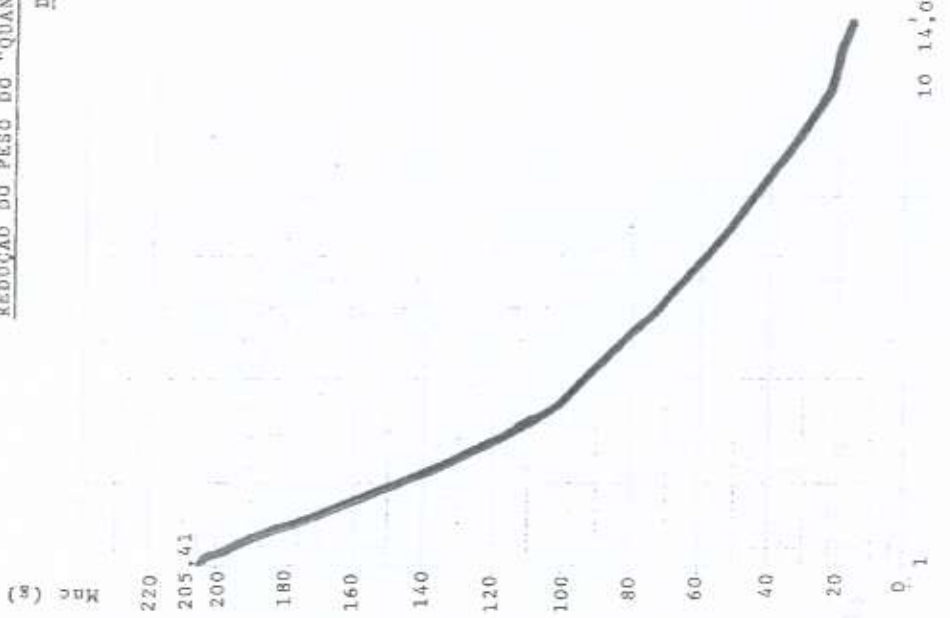
- 1º) Os ensaios foram conduzidos com o quantum diário" do necrochorume, vertido por cada veres adultos entumulados, com idades variáveis, de ambos os sexos, peso medio ao redor dos 70,00kg.
- 2º) Os quarenta cemitérios municipais ensaiados, localizam-se na RMSP.
- 3º) A pesquisa foi conduzida no período de... 1990 a 2004.
- 4º) O presente gráfico representa a curva média estatística dos ensaios conduzidos. É válido apenas para a RMSP.
- 5º) A regressão exponencial foi conduzida em calculadora científica Casio Color modelo CPX-9800: a=1,920 ; B=0,680 ; r=0,381.

Prof. Geol. Lezíro M. Silva, USJT, S. Paulo, Maio de 2005

t (horas)

1000

REDUÇÃO DO PÊSO DO "QUANTUM DIÁRIO" DE NECROCHORUME, DURANTE O PROCESSO
DE SUA SECAGEM NATURAL



OBSERVAÇÕES

- 19) Este gráfico é válido para a RMST, onde foram conduzidos os ensaios. Representa a curva média estatística dos pontos dos diferentes ensaios.
- 29) A temperatura ambiente durante os ensaios de secagem, foi mantida ao redor dos 28°C.
- 39) O necrochorume proveio de cadáveres adultos, de ambas as sexos, com idades variáveis, peso médio ao redor dos 70,00kg.
- 49) A regressão exponencial foi conduzida com auxílio de uma calculadora científica Casio ColorCPX-9800, resultando em: $A=148,256$; $B=-0,174$; $r=-0,969$.

$$M_{nc} = 148,256 \cdot e^{-0,174 \cdot t}$$

$$t = \left(\frac{\ln M_{nc} - \ln 148,256}{-0,174} \right)$$

1000

100

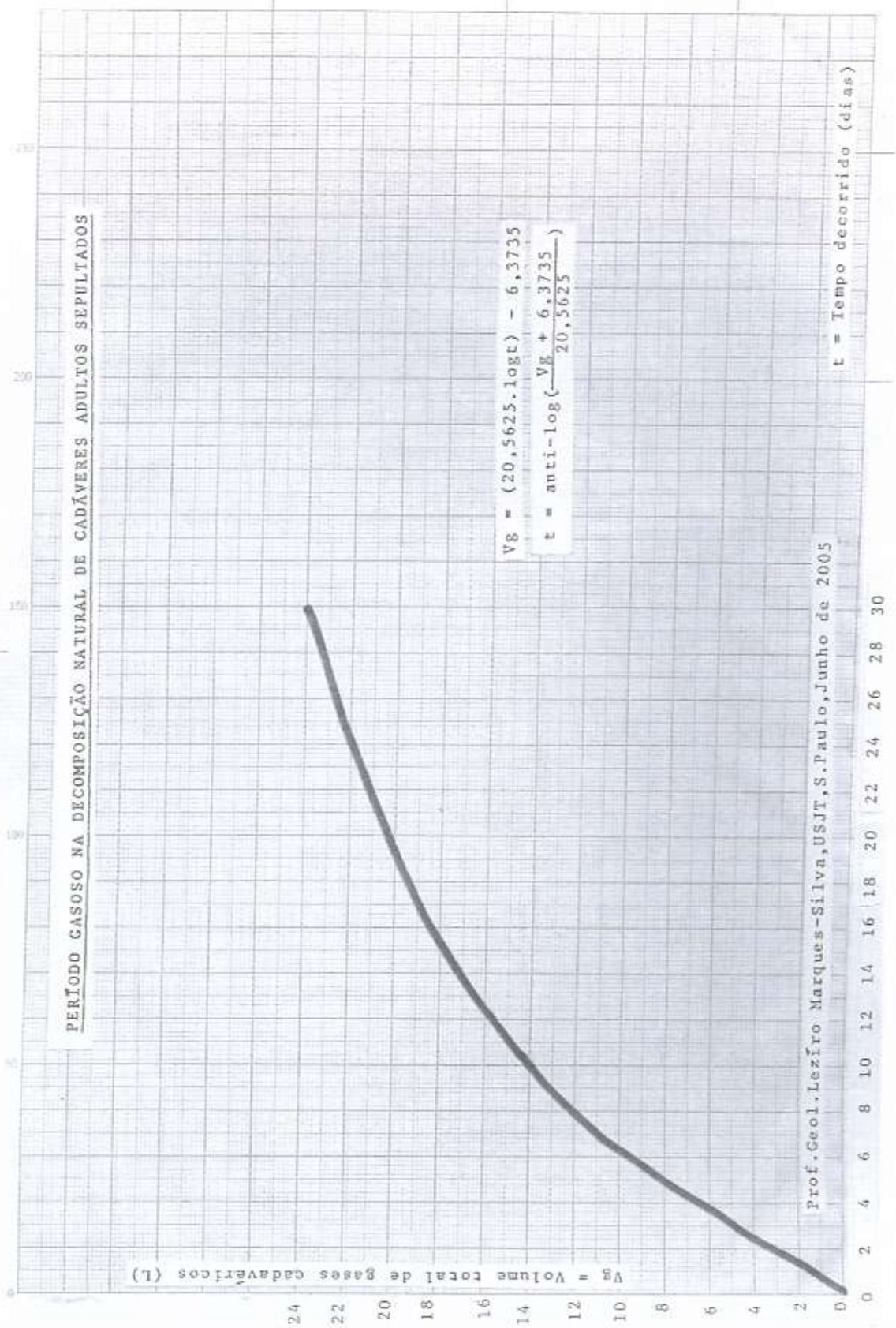
10 14,03

1

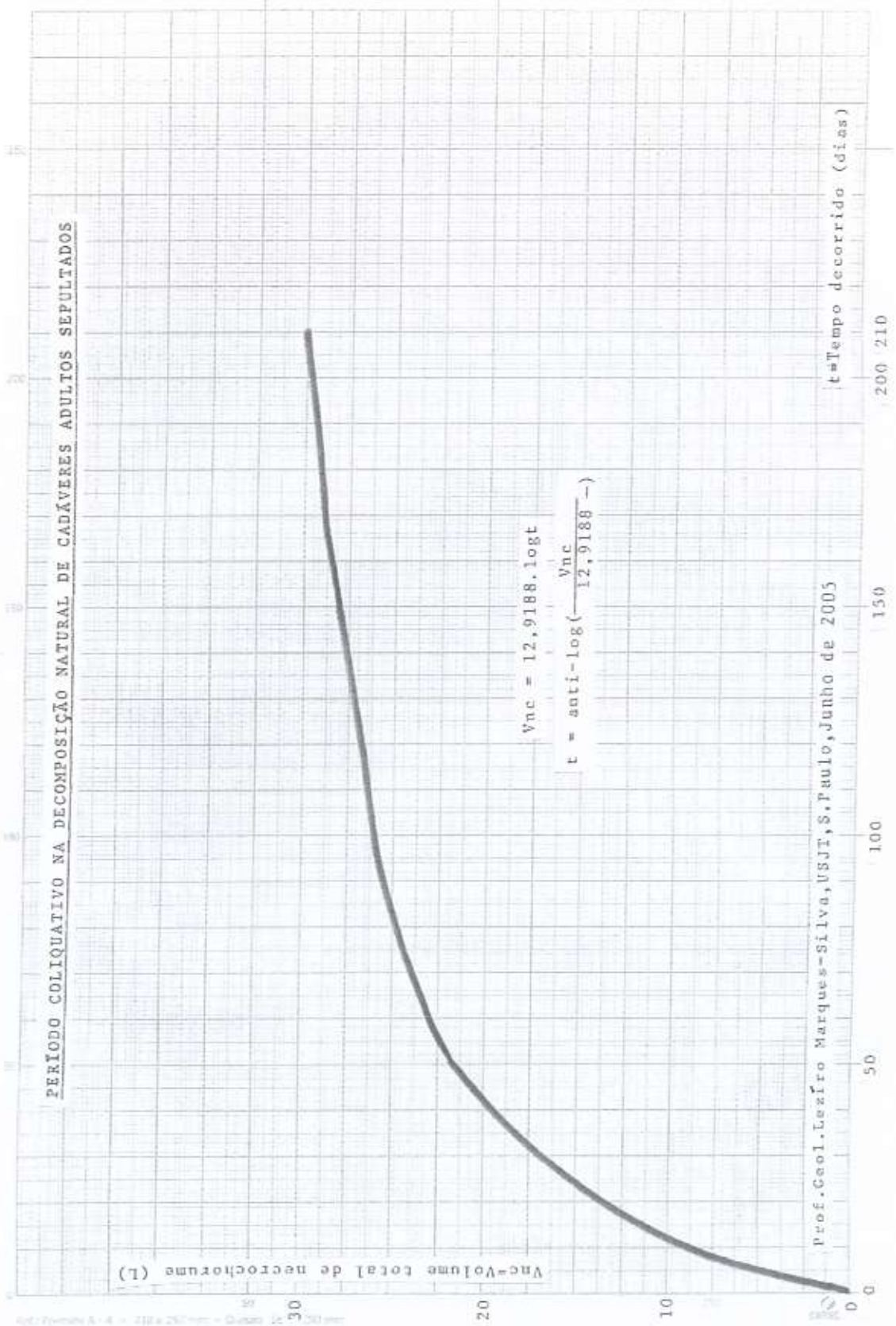
Prof. Geol. Lezíro M. Silva, USJT, S. Paulo, Maio de 2005

t (horas)

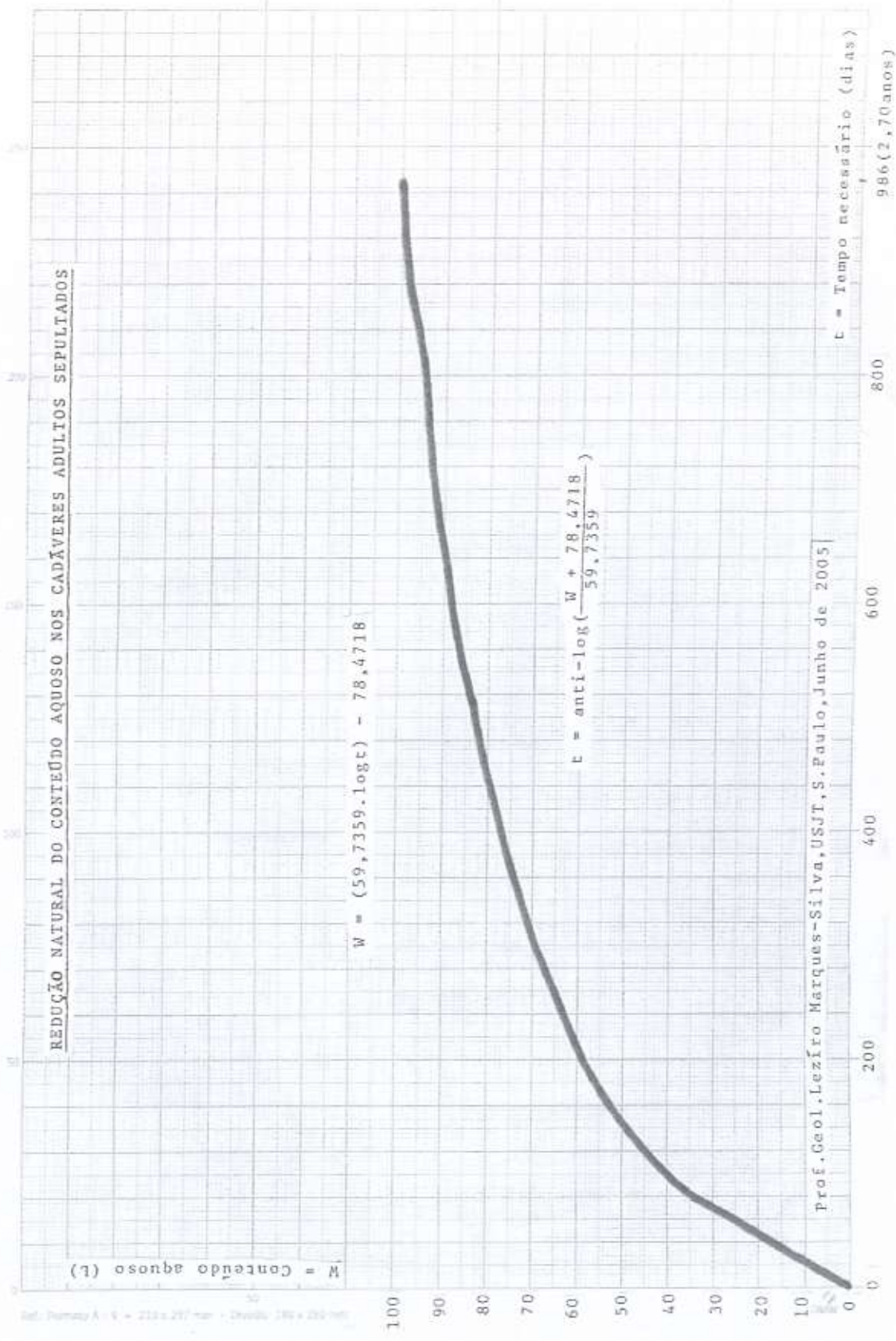
PERÍODO GASOSO NA DECOMPOSIÇÃO NATURAL DE CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS



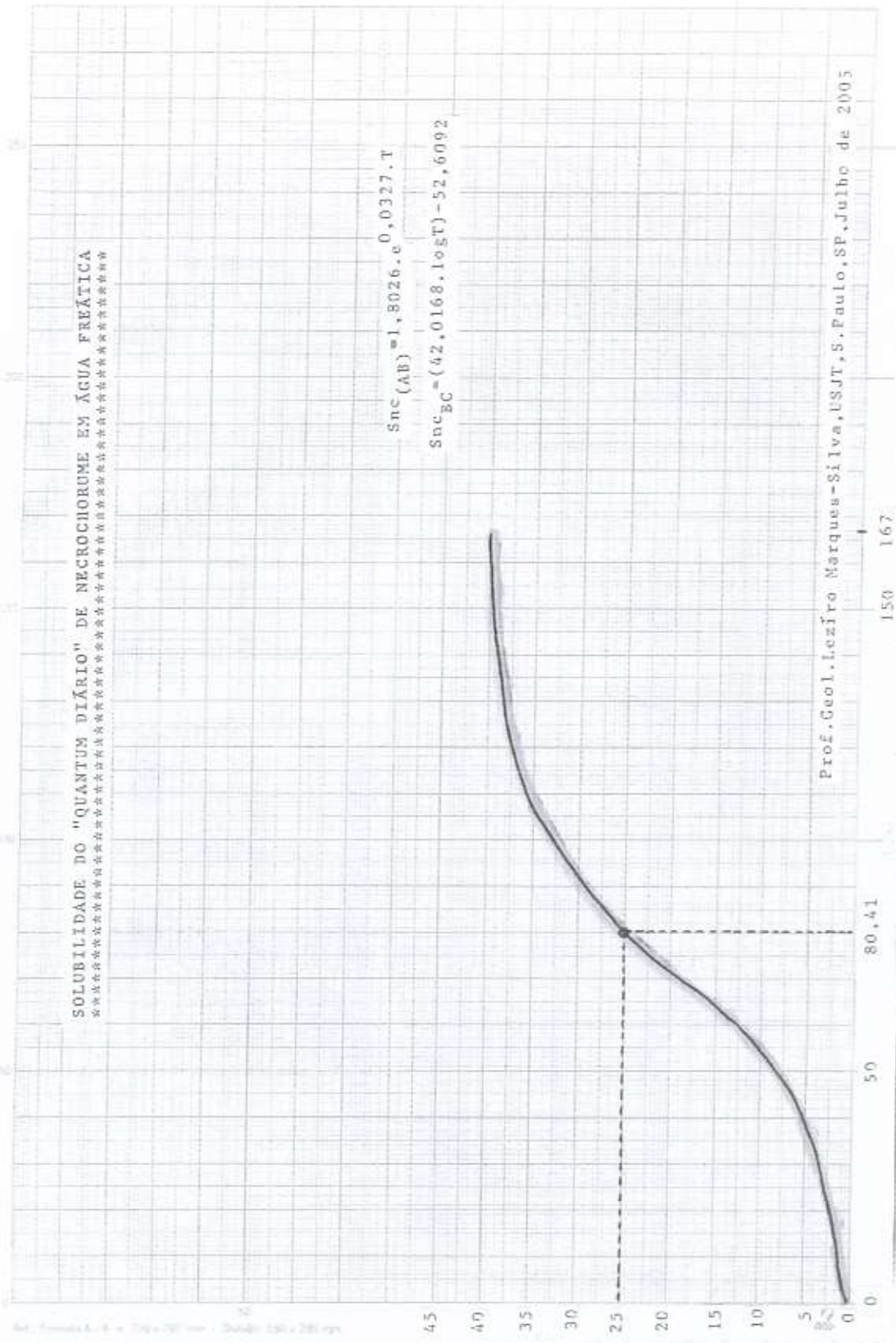
PERÍODO COLIQUATIVO NA DECOMPOSIÇÃO NATURAL DE CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS



Prof. Geol. Leaziro Marques-Silva, USJT, S. Paulo, Junho de 2005

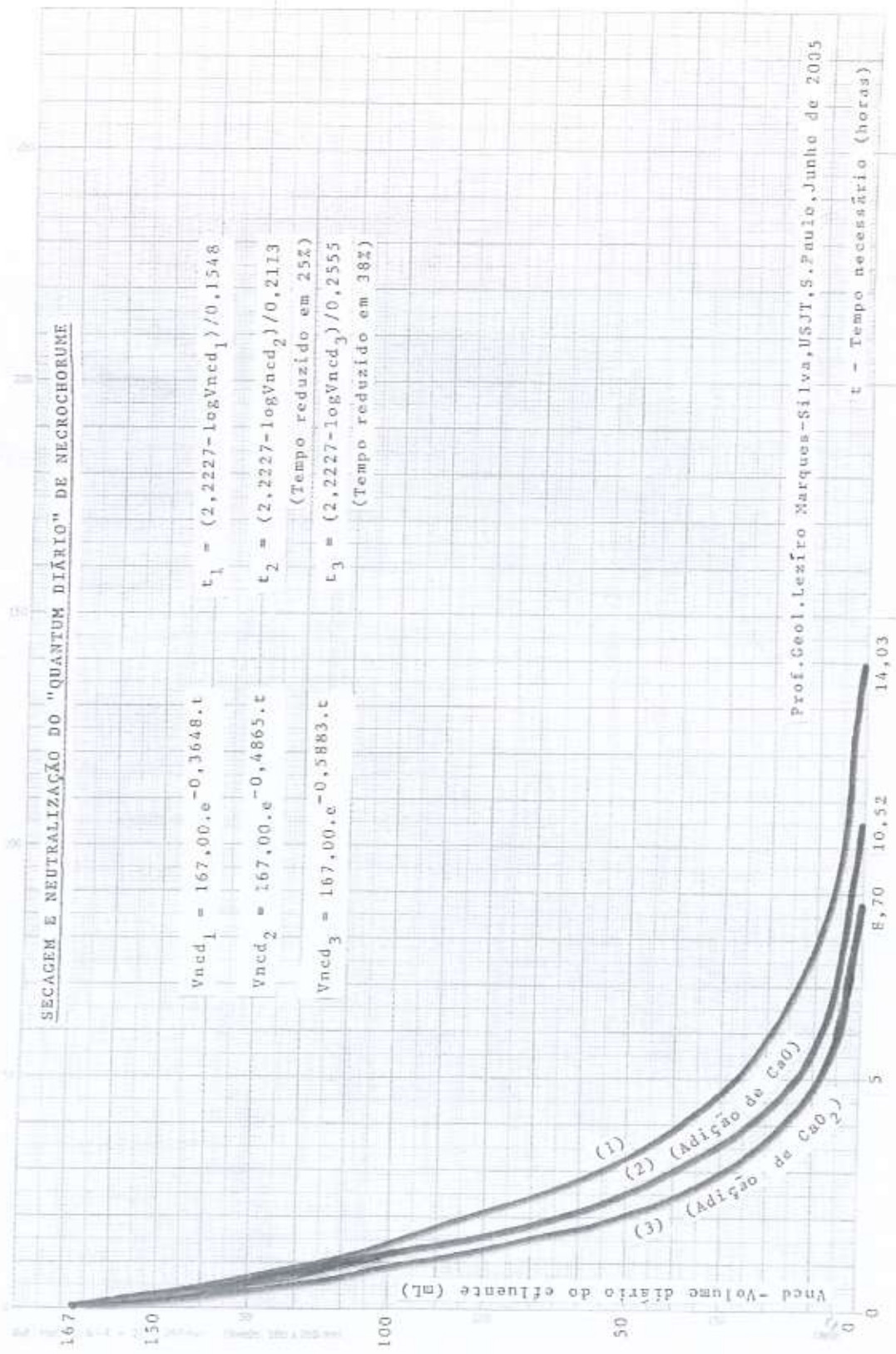


SOLUBILIDADE DO "QUANTUM DIÁRIO" DE NECROCHORUME EM ÁGUA FREÁTICA



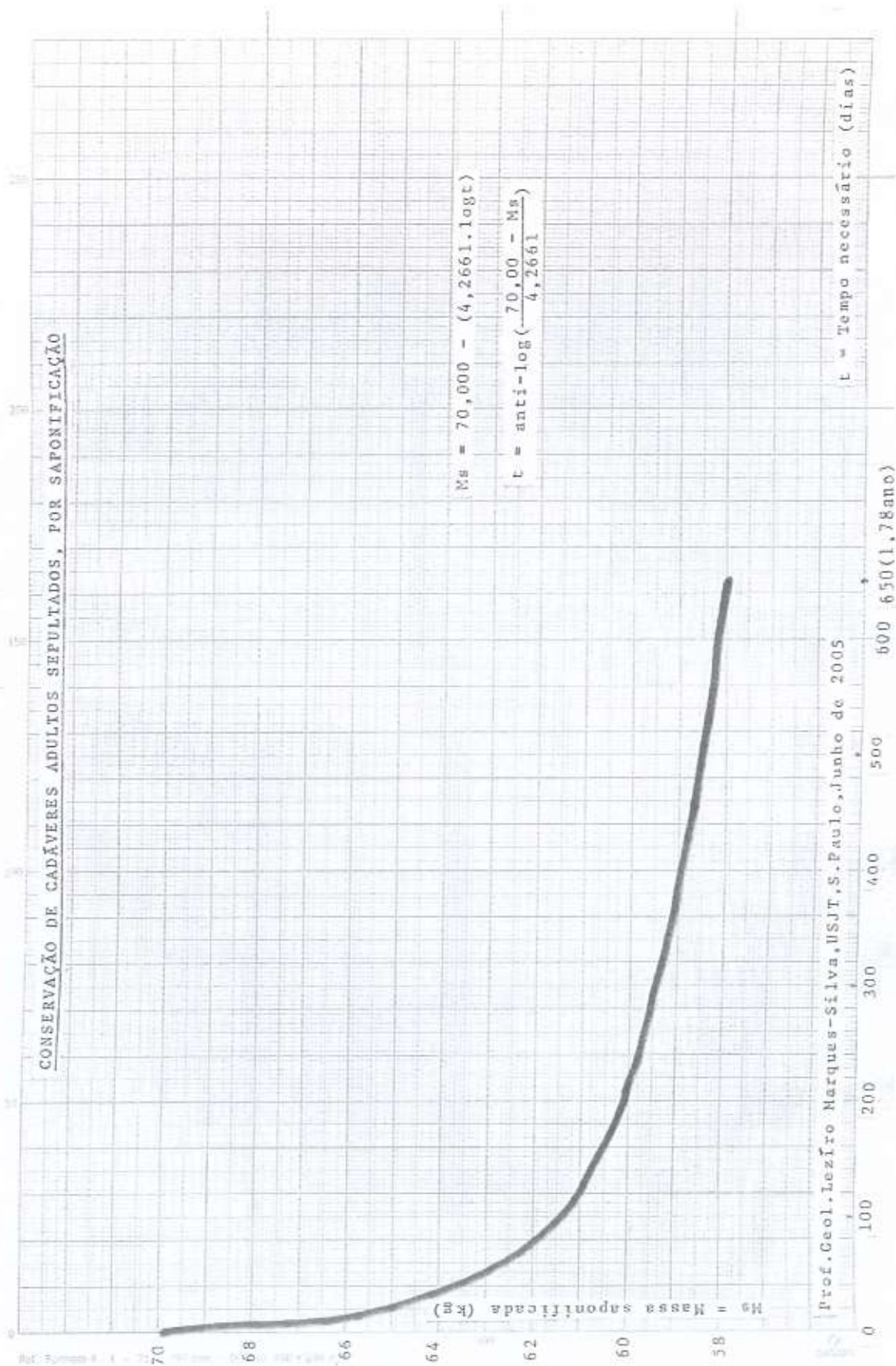
Prof. Geol. Lezíro Marques-Silva, USJT, S. Paulo, SP, Julho de 2005

SECAGEM E NEUTRALIZAÇÃO DO "QUANTUM DIÁRIO" DE NECROCHORUME



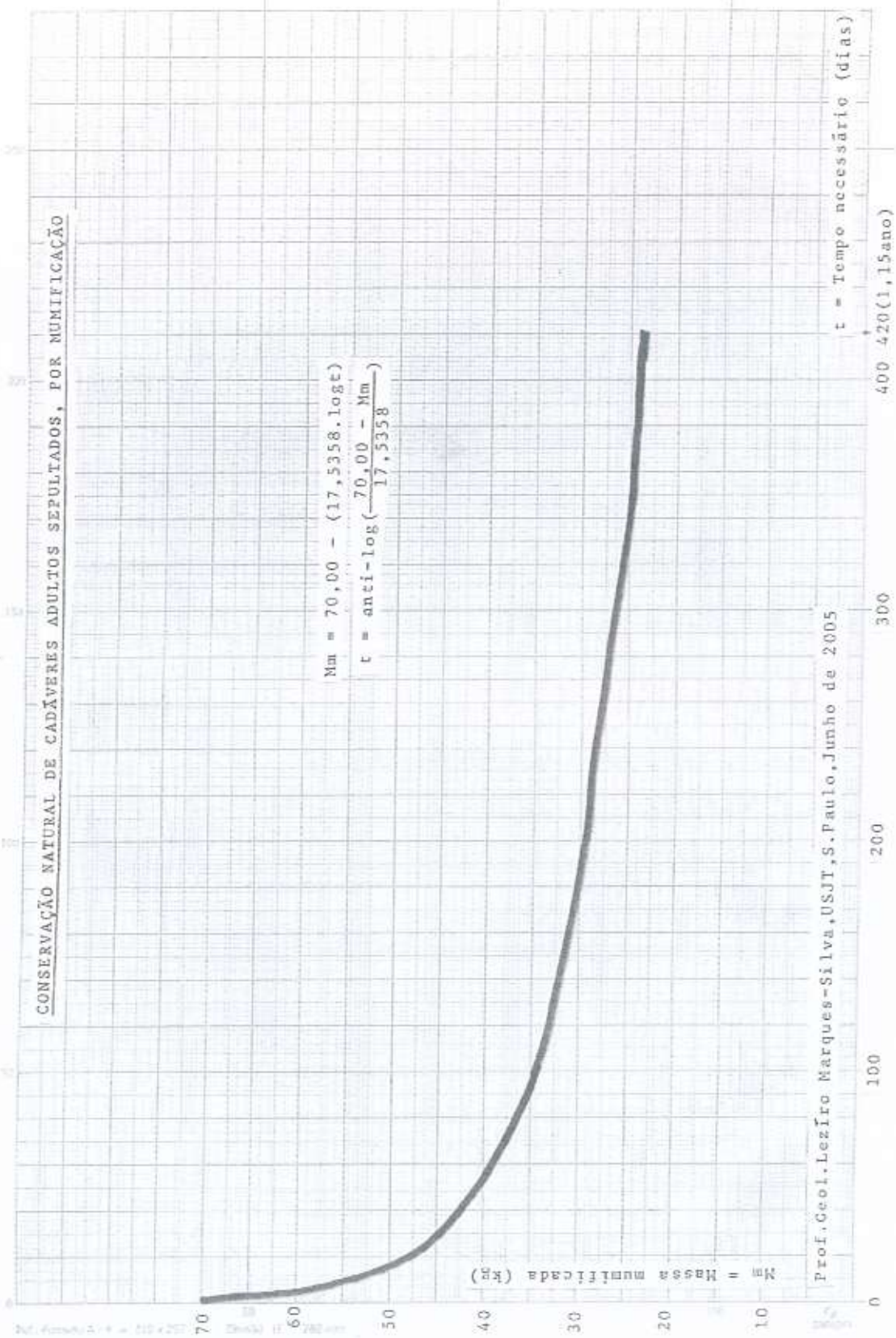
Prof. Geol. Lexiro Marques-Silva, USJT, S. Paulo, Junho de 2005

CONSERVAÇÃO DE CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS, POR SAPONIFICAÇÃO

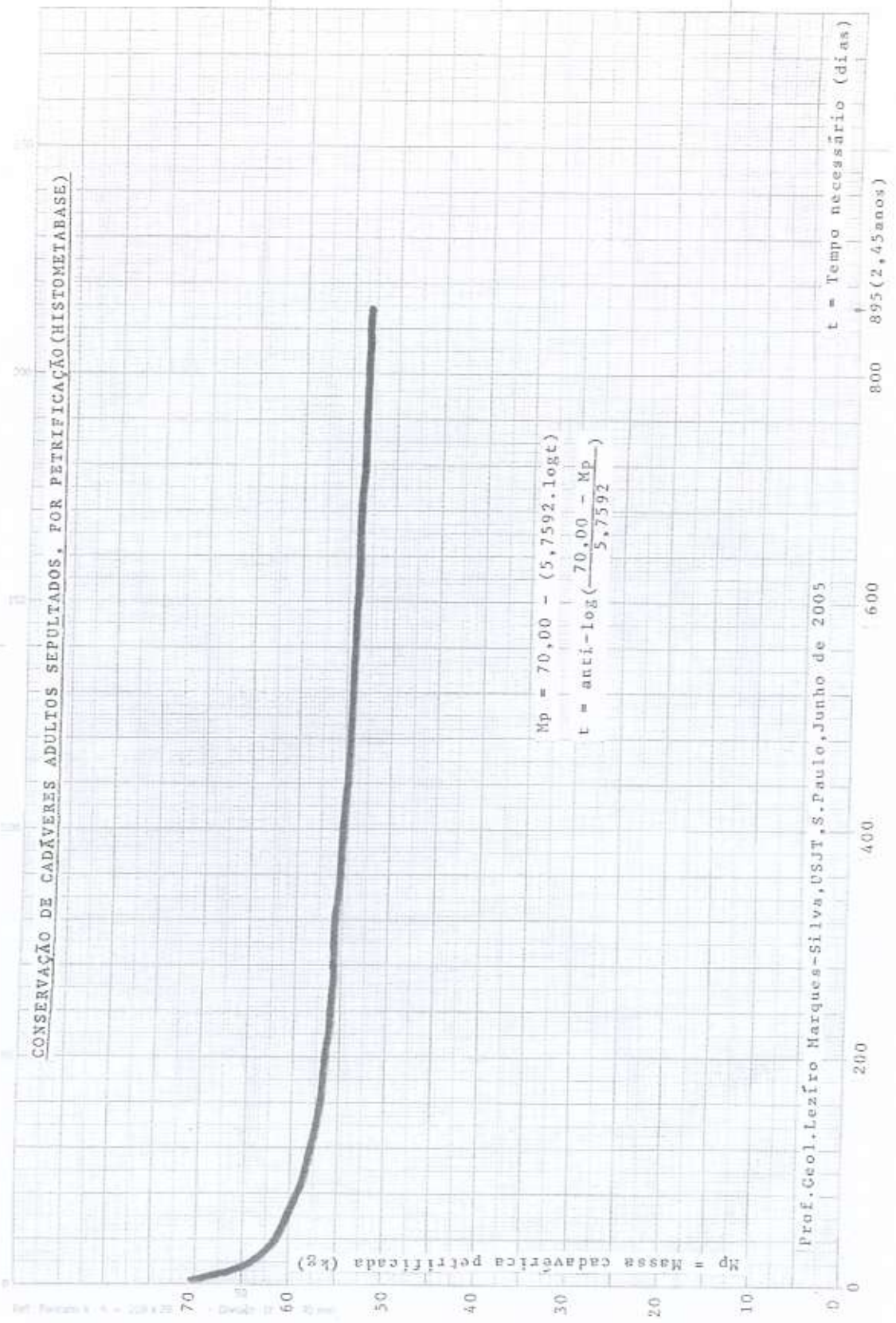


Prof. Geol. Lezíro Marques-Silva, USP, S. Paulo, Junho de 2005

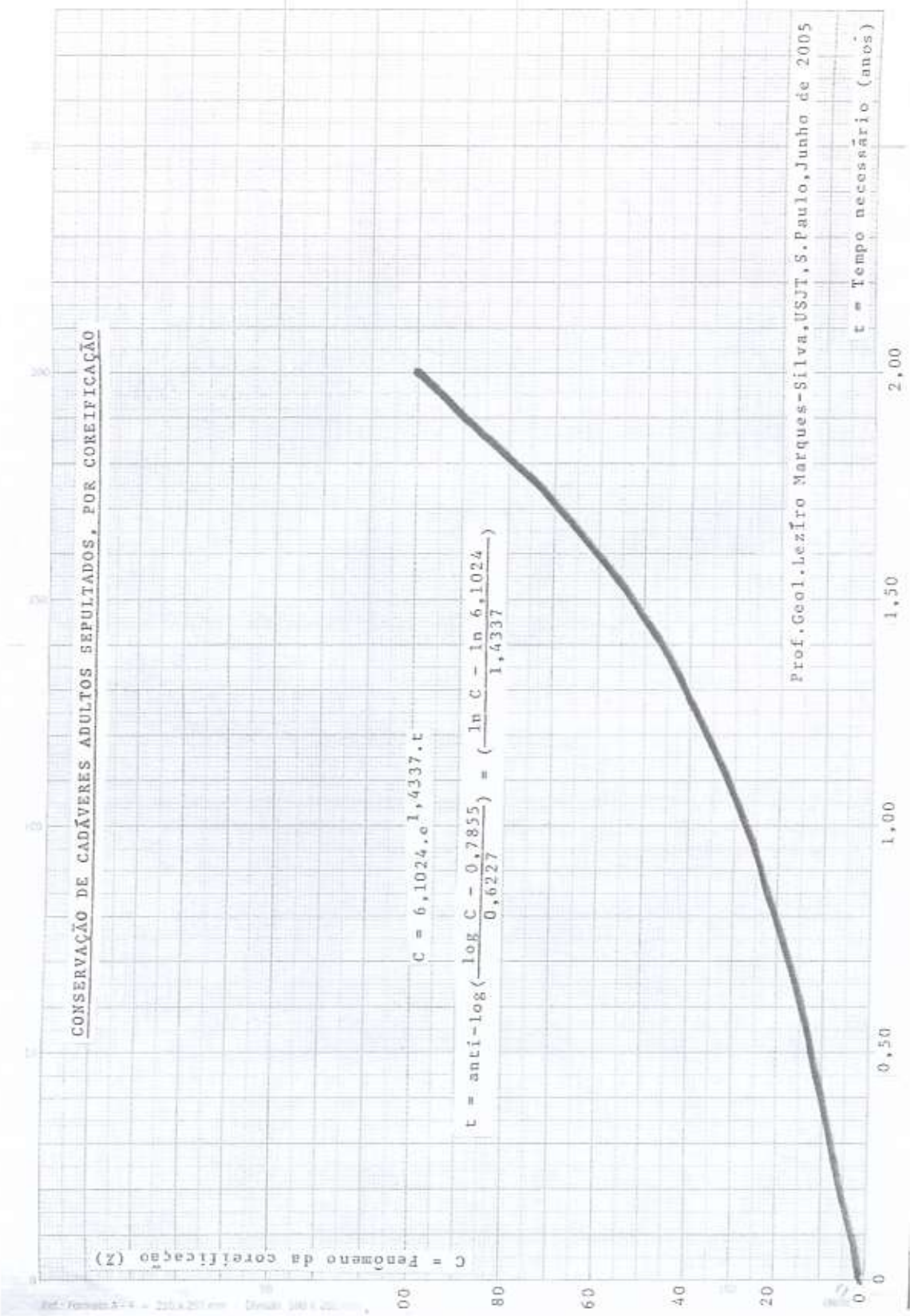
CONSERVAÇÃO NATURAL DE CADAVERES ADULTOS SEPULTADOS, POR MUMIFICAÇÃO



CONSERVAÇÃO DE CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS. POR PETRIFICAÇÃO (HISTOMETABASE)



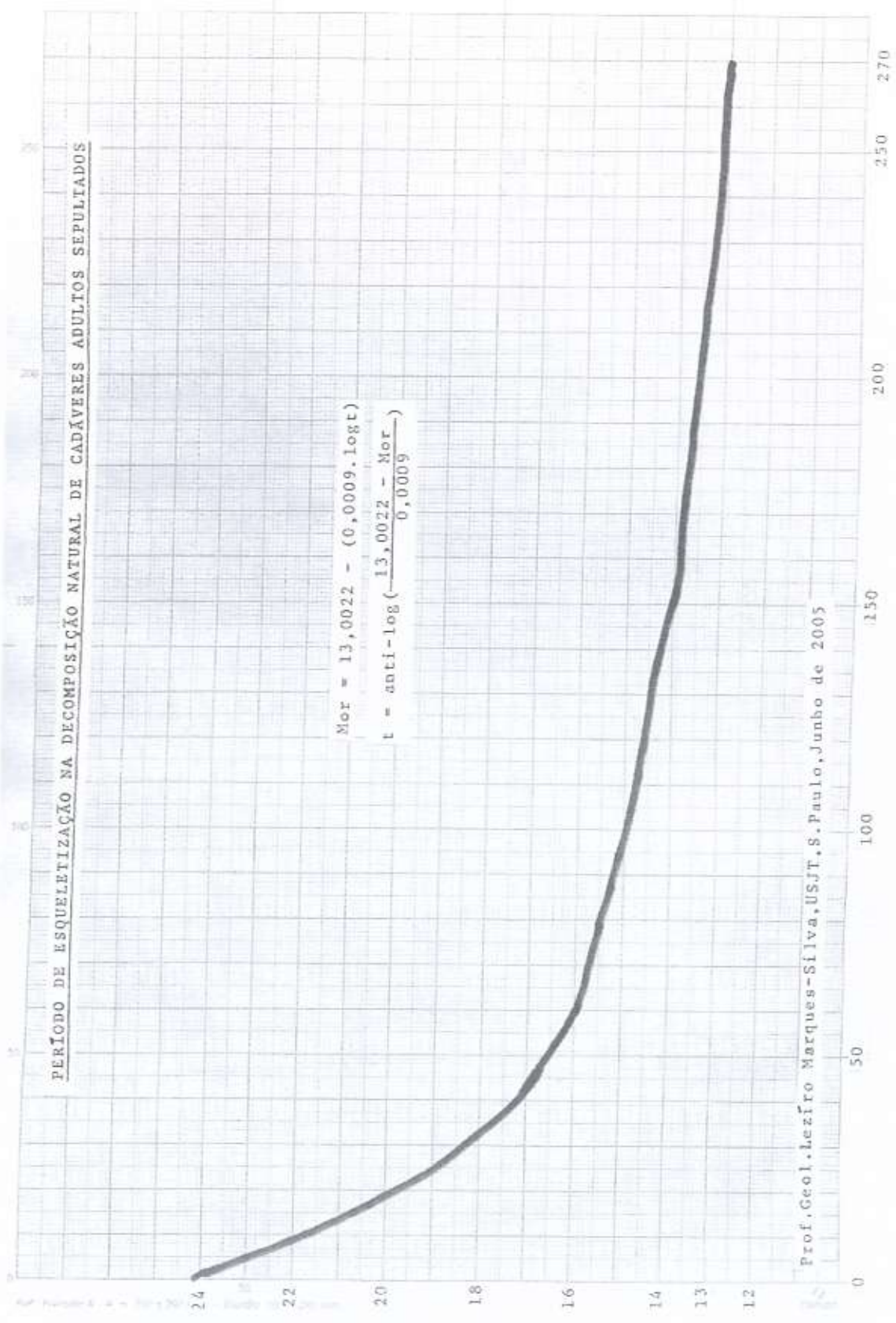
CONSERVAÇÃO DE CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS, POR COREIFICAÇÃO



Prof. Geol. Lezíro Marques-Silva, USJT, S. Paulo, Junho de 2005

t = Tempo necessário (anos)

PERÍODO DE ESQUELETIZAÇÃO NA DECOMPOSIÇÃO NATURAL DE CADAVERES ADULTOS SEPULTADOS

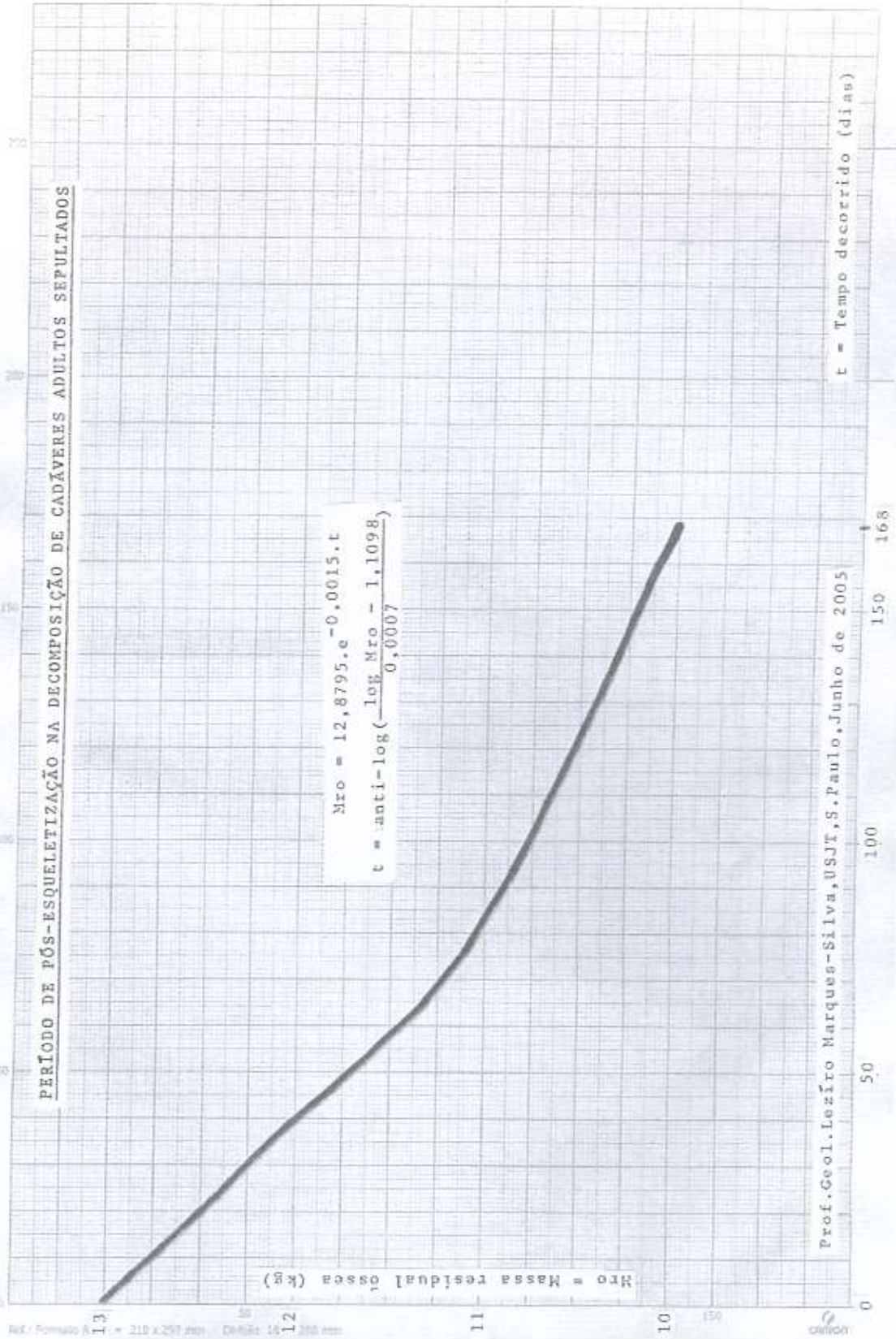


$$Mor = 13,0022 - (0,0009 \cdot \log t)$$

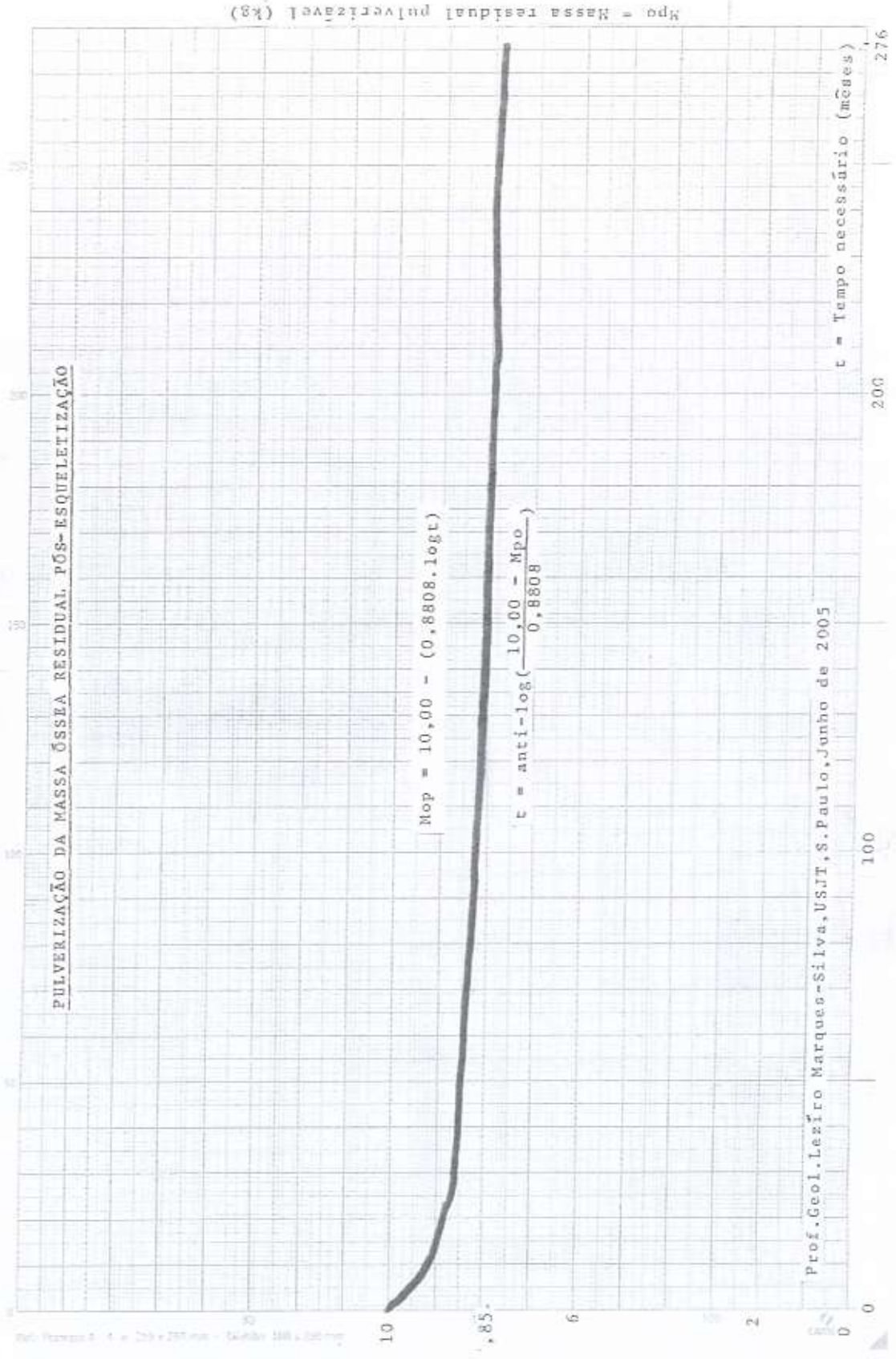
$$t = \text{anti-log} \left(\frac{13,0022 - Mor}{0,0009} \right)$$

Prof. Geol. Lezíro Marques-Silva, USJT, S. Paulo, Junho de 2005

PERÍODO DE PÓS-ESQUELETIZAÇÃO NA DECOMPOSIÇÃO DE CADÁVERES ADULTOS SEPULTADOS



Prof. Geol. Lezírio Marques-Silva, USJT, S. Paulo, Junho de 2005





Exumação de um cadáver semi-decomposto



João Walner/Folia Imagem

Cemitério público na periferia de São Paulo, onde pratica-se a inumação e o entumelamento



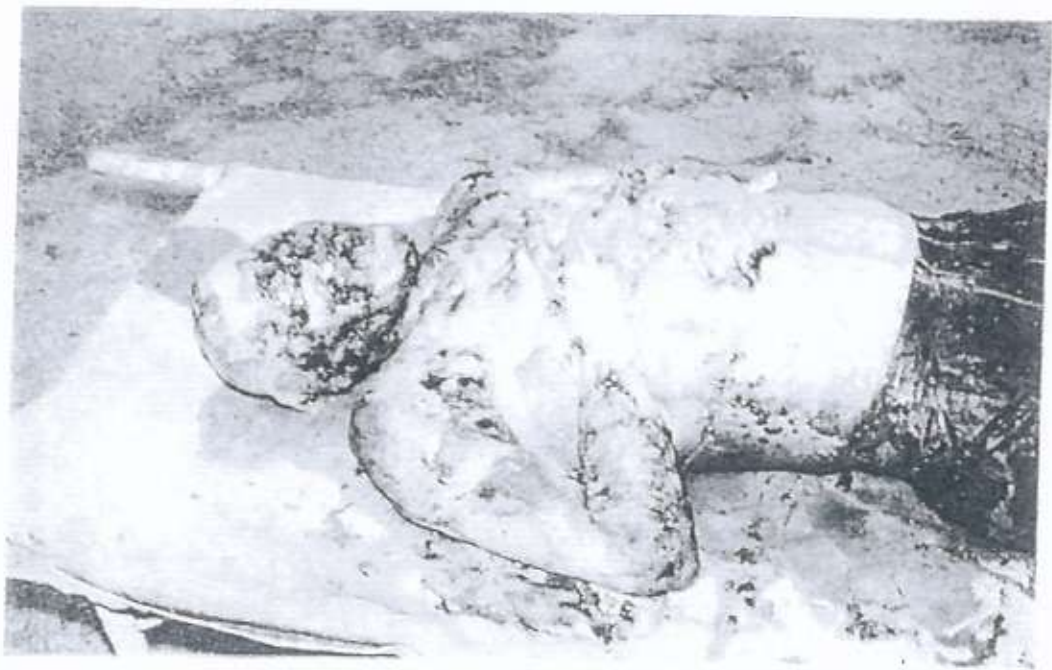
Cadáver exibindo o fenômeno da neceração



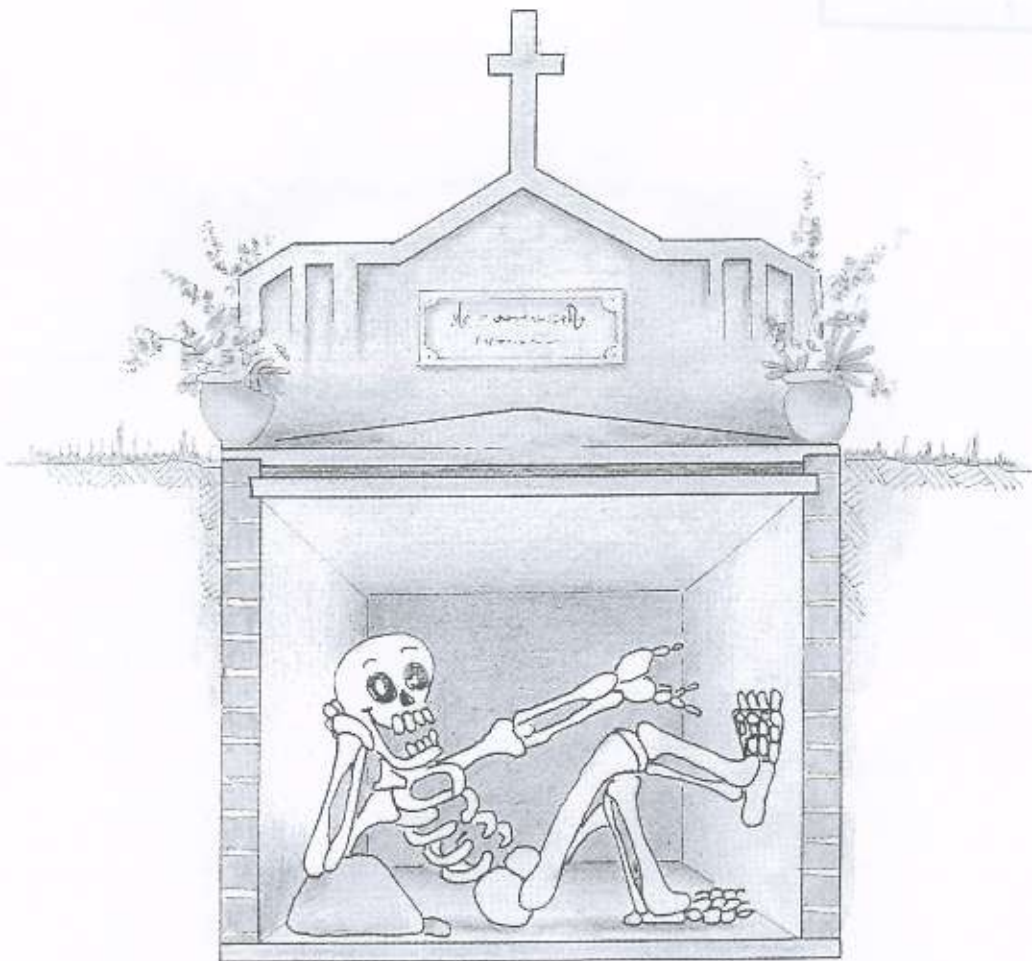
De volta para casa
Museu dos EUA devolveu
múmia retirada ilegalmente
do Egito no século 19



Cadáver exibindo as manchas de hipóstase



Cadáver exibindo o fenômeno da saponificação




UNIVERSIDADE
SÃO JUDAS TADEU
 Fac. Tecn. Ciências
 Exatas
 Engenharia Civil



Prof. Leziro Marques-Silva
 CREA 0600-28.986-3

Rua Taquari, 546 - Móoca
 03166-000 - São Paulo - SP - Brasil
 Tel: (55) (11) 2799-1999 - Fax: (55) (11) 2798-1692
 E-mail: prof.leziromsilva@uejt.br
www.hidrogeocambiental.pro.br

Entrada: 08/10/2008
Indicação:
Aquisição:
Preço:
Tombado em: 08/10/2008

CETESB - Companhia de
Tecnologia de Saneamento
Ambiental

Biblioteca

	Ficha de Empréstimo I
<small>Código de barras</small>	<small>Nº de livro</small>
2300/Si38d/039398	32287
A decomposicao de cadaveres no subsolo b...	
20-09-10 EEB40 	

Se este livro não for devolvido dentro do prazo regulamentar, o leitor ficará sujeito às penalidades do regulamento da biblioteca

O prazo poderá ser prorrogado se não houver pedido para este livro.