

## a) Fermentação nitrosa

## α) Marcha da oxydação no liquido ammoniacal.

## Importancia da base carbonatada e dos saes ammoniacaes usados

Semeando um fermento de Java em 1000<sup>cc</sup>. de meio mineral contendo 2<sup>gr</sup>. de sulfato de ammonio por litro, com o carbonato de calcio como base carbonatada, BOULLANGER e MASSOL verificam que ha um periodo de seis dias durante o qual se não notam signaes de actividade do fermento. Os nitritos apparecem depois bruscamente e a oxydação continúa-se d'um modo regular, sem variações de intensidade, levando á desaparicação do ammoniaco, por tal fórma completa que o reagente NESSLER não descobre vestigios d'este composto 25 dias depois da sementeira. A velocidade da oxydação do ammoniaco corresponde á formação de perto de 90 mgr. de nitritos por dia e por litro.

A base carbonatada usada na experiencia acima descripta é o carbonato de calcio, que póde, pois, substituir sem inconveniente o carbonato de magnesio vulgarmente usado no meio cultural para a saturação do acido nitroso formado pelo *nitrosomonas*. BOULLANGER e MASSOL usaram tambem, além d'estas bases carbonatadas, outras—os carbonatos de baryo, stroncio, zinco, chumbo, nickel, manganez, cobre, ferro, bismutho, etc.—e notaram que, em presença de qualquer d'ellas, se dá perfeitamente a oxydação do sulfato de ammonio do meio e a formação do nitrito correspondente á base carbonatada.

Sendo certo que o ammoniaco nas condições naturaes póde estar combinado com um grande numero de acidos, mineraes e organicos, além do sulfurico, é conveniente averiguar se alguns dos saes correspondentes serão refractarios á oxydação nitrosa ou, pelo contrario, a poderão soffrer, como o sulfato.

BOULLANGER e MASSOL experimentaram com 20 saes de ammoniaco (arseniato, azotato, azotito, borato, brometo, carbonato,

chloreto, fluoreto, hyposulfito, phosphato, sulfato, sulfito, sulfureto, acetato, formiato, lactato, malato, succinato, tartarato, urato) na proporção correspondente a 0<sup>gr.</sup>257 de ammoniaco por litro, equivalendo a 1<sup>gr.</sup> de sulfato de ammonio por litro; verificaram que em todos os casos se formavam nitritos que, por seu turno, soffriam sem difficuldade a acção futura do fermento nitrico, passando a nitratos.

Certos saes de ammoniaco, antisepticos para outros microbios, como são o borato e fluorhydrato a 2<sup>gr.</sup> por litro, soffrem rapidamente a acção do fermento. A transformação completa e facil do malato, lactato e succinato na dóse elevada de 10<sup>gr.</sup> por litro, e do tartarato, acetato, formiato e urato na dóse de 6<sup>gr.</sup> por litro mostra que estes saes de acidos organicos são inoffensivos para o fermento nitroso, que os oxyda sem que elles sejam previamente decompostos por outros germens.

O arseniato, o iodeto, o citrato e o oxalato, porém, só soffrem a acção do fermento nitroso quando se encontram em doses relativamente baixas — 0<sup>gr.</sup>5 a 1<sup>gr.</sup> por litro.

### β) Influencia da temperatura sobre a fermentação nitrosa

A temperatura de 45° oppõe-se á actividade do fermento nitroso (este germen morre quando sujeitado durante 5 minutos á acção do calor a 45°); 37° é a temperatura que mais favorece a oxydação do sal ammoniacal; a 20° a nitrificação é muito mais demorada: BOULLANGER e MASSOL, fazendo experiencias de laboratorio com germens de um leite bacteriano, verificaram que o fermento nitroso produzia a nitrosificação completa de 20<sup>cc.</sup> de solução ammoniacal em 24 dias com a temperatura de 37°, e em 40 dias com a temperatura de 20°.

### γ) Influencia de varios supportes sobre a oxydação nitrosa

Se, em vez de fazermos que os germens actuem no seio do liquido cultural, utilisarmos certos supportes parcialmente ba-

nhados por esse liquido (como ficou descripto quando se tratou do isolamento dos fermentos) para que elles se possam fixar e desenvolver e o liquido esteja em contacto com o ar sob uma maior superficie, verificaremos que, frequentemente, as acções oxydantes são muito mais rapidas.

BOULLANGER e MASSOL verificaram que um fermento nitroso que n'um meio liquido demorava 47 dias para realizar a nitrosificação de todo o ammoniaco do meio apenas gastava 37 dias para uma quantidade egual de ammoniaco, se se utilisavam escorias parcialmente banhadas pelo liquido cultural, n'um frasco agitado varias vezes por dia.

As escorias, quando usadas em competencia com porcelana porosa, pedra pomes, tijolo e areia, parecem ser o melhor suporte para o fermento nitroso, principalmente quando contidas em pequenos toneis de vidro girantes, percorridos por uma corrente de ar esteril.

A porcelana e a pedra pomes são ainda bastante uteis; o tijolo parece inutil; a areia é prejudicial para a rapidez da operação.

δ) **Influencia da materia organica do meio  
sobre a fermentação nitrosa**

Desde os trabalhos de WINOGRADWSKY e OMELIANSKY, affirmou-se que para que o fermento nitroso possa intervir é preciso que outros germens tenham feito passar ao estado de ammoniaco as substancias azotadas organicas mais complexas. Uma dóse, mesmo pequena, de peptona, urêa, glicerina ou asparagina perturba e diminue muito a actividade do fermento nitroso.

Precisamente o desconhecimento d'esta sensibilidade do fermento nitroso para a materia organica complexa, que existe tão abundantemente nos meios habituaes de cultura, foi um dos factos que mais concorreu para que só muito depois de começadas as investigações se conseguisse o isolamento dos germens nitrificadores.

Notemos contudo que ha um certo numero de substancias organicas que pouco incommodam o fermento nitroso. Taes são os saes de acidos organicos que soffrem rapidamente a nitrosificação sem intervenção previa de outros germens (pag. 212).

Além disso, as recentes experiencias de BOULLANGER e MASSOL parecem levar á conclusão de que as materias organicas actuam impedindo a multiplicação do fermento nitroso, mas pouco se oppõem á acção oxydante do fermento já desenvolvido: Com effeito, se se faz a adjuncção de materia organica a um meio em que as acções de nitrosificação se veem realizando com actividade, com utilização de supportes de escórias e magnifico arejamento, os phenomenos de oxydação de novas dóses de ammoniaco ajuntadas continuam-se regularmente, a não ser que a quantidade de materia organica seja muito elevada.

e) **Influencia da concentração do meio em ammoniaco  
sobre a fermentação nitrosa**

Como vimos, no meio cultural do fermento nitroso entra o sulfato de ammonio que fornece o ammoniaco sem o qual o fermento não começa a exercer a sua acção oxydante. Mas é de notar que, se se augmenta a quantidade de sulfato de ammonio além de um certo limite, o fermento nitroso soffre, e é prejudicado na sua actividade, que póde mesmo ser detida. Para as variedades estudadas por BOULLANGER e MASSOL, a quantidade de sulfato de ammonio inhibitora variava entre 30 e 50<sup>gr</sup>. por litro. (Notemos que nas suas experiencias os autores citados ajuntavam sempre uma quantidade de carbonato de magnesio correspondente á quantidade de ammoniaco existente no meio).

2) Influencia da concentração em nitritos formados  
sobre a fermentação nitrosa

BOULLANGER e MASSOL cultivam o fermento nitroso no meio normal contendo 2<sup>o</sup>/<sub>100</sub> de sulfato de ammonio e, á medida que a formação de nitritos se vai dando, ajuntam uma quantidade de ammoniaco igual áquella que tem desaparecido, assim como uma dóse correspondente de base carbonatada. D'esta fórma, conseguem accumular nitritos em doses consideraveis, mantendo a concentração ammoniacal baixa e quasi constante, e evitando assim a causa de inibição que, como sabemos já, poderia resultar da elevação da quantidade de ammoniaco acima de certos limites.

N'estas condições, verificam que o nitrito de magnesio formado (a base carbonatada era o carbonato de magnesio) quando passa de 8-10<sup>gr.</sup> por litro incommoda o fermento nitroso na sua acção, e paralysa esta quando attinge 13-15<sup>gr.</sup> por litro, sem comtudo destruir o fermento, visto que pela diluição do meio com parte igual de agua a nitrosificação recomeça, progride e realisa-se completamente.

A accumulção do nitrito de calcio (quando se use o carbonato de calcio em vez do carbonato de magnesio na constituição do meio) parece ser ainda mais rapidamente prejudicial do que a do nitrito de magnesio.

η) Influencia da addição prévia de nitritos (de sodio, de potassio, de calcio, de magnesio) sobre a fermentação nitrosa

Se se procura determinar agora a influencia que podem ter sobre a marcha da fermentação nitrosa os nitritos já existentes no meio antes d'este ser sujeitado á acção do fermento, verifica-se que uma quantidade mesmo muito fraca (2<sup>gr.</sup> por litro) de nitrato de sodio ou potassio incommoda muito o desenvolvimento do germen, e a tal ponto que BOULLANGER e MASSOL, com a variedade menos sensivel — fermento de Java —,

viam a duração da nitrosificação de uma certa dose de ammoniaco passar de 7 dias para 2 mezes. Os nitritos de calcio e de magnesio são menos nocivos; apenas produzem respectivamente atrasos de 14 e 9 dias.

Os nitritos empregados eram preparados por BOULLANGER e MASSOL no estado puro e soffriam perfeitamente a oxydação, quando sujeitados á acção do fermento nitrico; eram pois destituídos completamente de qualquer impureza antiseptica a que aquelles resultados podessem ser attribuidos.

9) **Influencia da addição prévia de nitratos ao meio ammoniacal, sobre a fermentação nitrosa**

BOULLANGER e MASSOL procuram determinar se a addição de nitratos (de potassio, de sodio, de magnesio e de calcio) ao meio ammoniacal terá consequencias semelhantes ás da addição de nitritos. Verificam que o nitrato de sodio ajuntado, antes da sementeira, na dose de 1<sup>gr.</sup> por litro, atraza de 11 dias a acção do fermento de Java (o menos sensivel) e na dose de 5<sup>gr.</sup> por litro a annula; a dose de 1<sup>gr.</sup> por litro impede a multiplicação do fermento de leite bacteriano tambem estudado por estes autores.

O nitrato de potassio é menos nocivo; e muito menos o são os nitratos de calcio e de magnesio que só acima de 10<sup>gr.</sup> por litro incommodam o funcionamento do fermento de Java; n'esta dose, estes nitratos demoram a oxydação 20 dias, para o fermento do leite bacteriano.

b) **Fermentação nitrica**

α) **Marcha da oxydação no liquido nitritado.**

**Importancia dos nitritos usados na constituição do meio**

Utilizando um litro de meio mineral contendo 1<sup>gr.</sup> de nitrato de sódio, BOULLANGER e MASSOL verificam que o periodo de

incubação, durante o qual a actividade do fermento nítrico (BRUYÉRE) não é apparente, é muito menor do que para o fermento nítrico: após 48 horas, o nítrato apparece. Ao fim de 12 dias, depois da sementeira, a oxydação é completa, não se encontram já nítritos no liquido.

Ao contrario do que acontece com o producto da oxydação ammoniacal pelo fermento nítrico, a formação do nítrato pelo fermento nítrico não é regular e constante em quantidade: aos 70 mgr. por litro e dia formados durante os primeiros cinco ou seis dias de oxydação, succede-se uma média de 90 mgr. nos tres dias seguintes e uma média de 175 mgr. nos ultimos dias em que a oxydação se completa.

Esta velocidade de nítrificação é muito superior á apontada por WINOGRADWSKY: este autor com um fermento de excepcional energia apenas consegue a oxydação de 10 mgr. de azote nítrico por dia; o fermento de BOULLANGER e MASSOL oxyda uma média de 16 mgr. por dia e chegou um dia a oxydar 30 mgr. de azote nítrico.

Empregando, em vez de nítrito de sódio, nítritos de potassio, calcio, magnesio, baryo, chumbo, manganez, cobre, etc., na dóse de 0,5 a 1 gr. por litro, BOULLANGER e MASSOL verificam que ha uma transformação completa em nítrato, como no caso do emprego do primeiro nítrito.

Apenas com os nítritos alcalinos e alcalinos terrosos, a acção parece ser um pouco mais rapida do que com os outros, sobretudo quando as doses são elevadas.

D'esta fórma póde dizer-se que as bases que se acham combinadas com o acido nítrico teem uma importancia minima para a nítrificação.

β) **Influencia da temperatura sobre a fermentação nítrica**

A temperatura de 45° oppõe-se á actividade do fermento nítrico, como se oppõe á do nítrico (o fermento nítrico morre pela acção do calor a 55° durante 5 minutos). A temperatura que mais favorece a nitrificação do liquido nítrico é a de 37°; a 20° a nitrificação é muito mais lenta: MASSOL e BOULLANGER verificaram que o fermento nítrico oxydava completamente 20<sup>cc</sup> de solução nítrica em 8 dias com a temperatura de 37° e em 27 dias com a temperatura de 20°.

γ) **Influencia dos supportes solidos sobre a fermentação nítrica**

Para o fermento nítrico, a não se usarem escorias, cujo effeito util parece indiscutivel, todos os outros supportes dos citados para o fermento nítrico são inúteis e parecem mesmo ser prejudiciaes.

δ) **Influencia da materia organica do meio sobre a fermentação nítrica**

O fermento nítrico é muito menos sensível do que o nítrico á presença de materia organica no seu meio. ADENEY affirma mesmo que a presença de materias humicas ou terrosas fortalece o germen nítrico e o protege contra a acção toxica que, como veremos, as substancias ammoniacaes exercem sobre elle.

BADDIES confirma este modo de ver: utilizando para cultura nutritiva uma solução contendo 1 % de uma forte solução humica e 0,25 % de silicato de sodio, obteve organismos mais estaveis do que os que WINOGRADWSKY obtivera com ausencia de materia organica.

A asparagina e a peptona são nocivas; não se oppõem á acção oxydante dos germens, mas quando em certa quantidade destroem estes.



## e) Influencia do ammoniaco sobre a fermentação nitrica

WARINGTON foi o primeiro autor que afirmou que o fermento nitrico é, ao contrario do fermento nitroso, incommo-  
dado na sua vitalidade pela presença de doses reduzidas de ammoniaco no seu meio cultural. Bastariam 5 mgr. de ammoniaco por litro, sob a fórma de sulfato, para, segundo WINOGRADWSKY e OMELIANSKY, perturbar o funcionamento do fermento nitrico e 164 mgr. por litro para o deter.

BOULLANGER e MASSOL fazem notar que é preciso distinguir dois casos: aquelle em que o ammoniaco já existe no liquido antes de se começar a manifestar a acção do fermento, e aquelle em que o ammoniaco é ajuntado a um liquido já em plena nitrificação.

Semeando o fermento nitrico em meios mineraes contendo 1 gr. de nitrito de sodio, em presença de doses crescentes de sulfato de ammonio adicionadas antes da sementeira, BOULLANGER e MASSOL notam que com doses superiores a 5 mgr. de ammoniaco por litro alonga-se cada vez mais a duração da nitrificação; com 82 mgr. de ammoniaco por litro o atrazo torna-se de 45 dias; junto de 160-180 mgr. de ammoniaco por litro a transformação dos nitritos é quasi nulla. Estes resultados concordam com os obtidos por WINOGRADWSKY e OMELIANSKY.

Mas se, em vez do sulfato de ammonio ser adicionado ao meio antes da sementeira, o é depois, quando no liquido cultural contendo 2‰ de nitrito a nitrificação se tem terminado, ajuntando-se então, com uma dose nova de nitrito, doses crescentes de sulfato de ammonio, os resultados já são muito diversos. N'estas condições, com effeito, só acima de 110 mgr. por litro é que o ammoniaco produz um atrazo na nitrificação, atrazo que comtudo é muito pouco sensivel entre esta dose e a de 2 gr. de ammoniaco por litro. É de notar, porém, que n'este caso a oxydação do nitrito não é absolutamente com-

pleta; a quantidade de nitrito que escapa á oxydação é sómente doseavel a partir de 1,37 a 1,84 ‰ de ammoniaco ajuntado, attingindo então pouco mais ou menos 150-180 mgr. de nitrito por litro por 1<sup>er</sup>,080 de nitritos ajuntados.

Estas experiencias parecem levar á conclusão de que o ammoniaco actua sobre o fermento nitrico sobretudo impedindo a sua multiplicação; mas que é preciso doses elevadas para retardar, ligeiramente mesmo, a acção oxydante do germen já desenvolvido.

O meio mineral adoptado por OMELIANSKY e WINOGRADWSKY contém 1 ‰ de carbonato de sodio sêcco, util para o desenvolvimento do fermento nitrico; este carbonato pela addição do sulfato de ammonio dá carbonato de ammonio que por seu turno, decompondo-se, dá ammoniaco livre. É interessante saber se a acção nociva exercida sobre o fermento nitrico é devida ao ammoniaco livre, ao carbonato de ammonio formado ou ao sal (sulfato) de ammoniaco adicionado.

Variando as proporções do carbonato de sodio usado no meio que ha de soffrer a adjuncção de sulfato de ammonio, é evidente que as quantidades de carbonato de ammonio formado e de ammoniaco libertado variarão com a quantidade d'aquelle primeiro composto. Orientando-se n'esse sentido, BOULLANGER e MASSOL concluem das suas experiencias que a dose de 1 ‰ de carbonato de sodio pôde descer, sem inconveniente para o fermento, a 0,2 ‰ no meio OMELIANSKY-WINOGRADWSKY e que emquanto não excede 0,25 ‰ a duração da nitrificação é independente da presença ou ausencia do sulfato de ammonio. Portanto a acção nociva no meio ordinario contendo 1 ‰ de carbonato provém do ammoniaco livre formado n'estas circumstancias e não do sal ammoniacal, inoffensivo quando não haja no meio substancias que o decomponham libertando-lhe o seu ammoniaco.

5) Influencia da concentração em nitrito de sodio  
sobre a fermentação nítrica

Sabemos que pela acção do fermento nítrico o nitrito de sodio do meio cultural de OMELIANSKY é levado a nítrato; verifica-se que, á semelhança do que acontece com o ammoniaco para o fermento nítrico, se bem que mais facilmente ainda, quando se eleva a concentração em nitrito este pôde exercer uma acção nociva sobre o seu fermento oxydante. Com effeito, a passagem a nítratos torna-se muito mais lenta com uma proporção de nitrito de sodio de 10 gr. por litro e deixa de produzir-se quando a dose de nitrito attinge 20 gr. por litro.

7) Influencia da accumulção dos nítratos formados  
sobre a fermentação nítrica

BOULLANGER e MASSOL deixam accumular no meio os nítratos formados pela acção do fermento nítrico, obstando a que se dê accumulção de nítritos que venham falsear os resultados, como anteriormente, no caso do fermento nítrico obstavam á accumulção do ammoniaco, quando procuravam determinar a acção dos nítritos formados sobre o seu agente productior.

Para isso semeiam o fermento nítrico em meios mineraes contendo apenas 1 gr. de nitrito de sodio por litro e juntam pouco a pouco novas doses equivalentes de nitrito, logo que se dá a passagem da primitiva dóse para nítratos. N'estas condições verificam que os nítratos formados obstem á acção do fermento nítrico quando accumulados na proporção de 25 gr. por litro.

Dá-se pois para o fermento nítrico o caso curioso e raro de ser uma especie microbiana mais sensível á accumulção dos productos que ataca (nítritos) do que á dos productos resultantes da sua actividade (nítratos).

θ) **Influencia da addição previa de nitratos  
sobre a fermentação nitrica**

Se se procura agora determinar a influencia que podem ter sobre a marcha da fermentação nitrica os nitratos já existentes no meio antes de este ser sujeitado á acção do fermento, verifica-se que o nitrato de sodio só se torna nocivo acima de 10 gr. por litro; 20 gr. por litro não impedem ainda a nitrificação total, se bem que a tornem muito demorada (dois mezes). O nitrato de potassio é ainda mais inoffensivo: uma dose de 20‰ apenas produz na nitrificação um atrazo d'alguns dias. O nitrato de magnesio só acima de 20‰ tem acção nociva sensivel. O nitrato de calcio é o mais nocivo: detem a acção do fermento quando na dose de 10‰.

Vêmos pois que a grande sensibilidade do fermento nitroso para os nitritos de sodio e de potassio adicionados ao meio antes da sementeira não é de modo algum parallela á acção que o fermento nitrico soffre dos nitratos correspondentes em condições semelhantes. É de notar ainda que no caso do fermento nitrico o nitrato de calcio é o mais nocivo, ao passo que no caso do fermento nitroso o nitrito de calcio tinha acção relativamente insignificante.

c) **Fermentação nitrosa e fermentação nitrica  
no mesmo meio cultural**

α) **Acção successiva e acção symbiotica dos germens**

A maior parte dos experimentadores verificam que, quando nas condições habituaes do laboratorio n'um meio cultural esteril contendo 2 gr. de sulfato de ammonio por litro se semeiam simultaneamente os dois germens nitroso e nitrico, ha primeiramente a formação de nitritos e só depois de quasi

terminada a nitrosificação do ammoniaco começa a formação de nitratos.

Quer dizer: ha acção successiva, não ha acção simultanea dos dois fermentos.

A primeira explicação d'este facto, dada em 1891 por WINOGRADWSKY, foi a de que o fermento nitroso, muito mais activo do que o fermento nítrico, impedia a multiplicação d'este, que só era possível quando a fermentação nitrosa se terminava.

Mas, mais tarde, WARINGTON explicava o phenomeno pela acção paralyzante do ammoniaco ainda não transformado sobre o fermento nítrico; esta explicação fundada como sabemos (pag. 219) foi accete logo por OMELIANSKY e pelo proprio WINOGRADWSKY.

Comtudo, WINOGRADWSKY, nas suas primeiras experiencias, procurando as causas da formação dos nitritos nas culturas em via de nitrificação, verificára uma vez que, n'um liquido cultural em que se dera successivamente a formação de nitritos e nitratos, a adjução de uma dose fraca de sulfato de ammonio renovada á medida que desaparecia levava á producção de nitratos sem o apparecimento intermedio de nitritos (que comtudo se dava logo que as doses de sulfato de ammonio ajuntadas se tornavam fortes). N'este caso, pois, havia acção simultanea dos dois germens, em symbiose; o fermento nítrico não era incommodado pelo ammoniaco, e oxydava os nitritos á medida da sua formação. Para este facto não se encontrou á data explicação plausivel. Mas hoje sabemos que se o fermento nítrico soffre muito quando semeado n'um meio em que previamente existia o ammoniaco, essa acção nociva deixa de produzir-se quando o ammoniaco é ajuntado ao liquido em que uma previa formação de nitratos se deu já pela influencia do fermento.

Comprehende-se pois que n'estas condições — as da observação WINOGRADWSKY — a acção symbiotica dos germens se produza. É o que é confirmado pelas recentes experiencias de BOULLANGER e MASSOL. Estes autores, com effeito, verificam que, quer utilizando escorias quer não, n'um liquido ammo-

niacal em que uma primeira nitrificação por phases successivas se tenha produzido, a addição de doses de 2 gr. de sulfato de ammonio, sob a forma de solução esteril, renovadas quando o ammoniaco desaparece, faz seguir áquella nitrificação uma outra, mas agora symbiotica, sem formação intermedia de nitritos.

Os mesmos autores affirmam ainda que a symbiose do fermento nitroso e do fermento nitrico se produz desde o principio n'um meio mineral contendo 2 gr. de sulfato de ammonio por litro, se em vez de semear uma pequena quantidade de germens (uma gôtta de cultura) se semeiam grandes quantidades (100 c. c. de cultura por litro) e se se estabelecem para a acção d'elles condições altamente favoraveis: por exemplo, utilizando pequenos toneis de vidro girantes cheios de escorias parcialmente banhadas pelo liquido cultural e atravessadas por uma corrente de ar esteril. N'estas condições, com effeito, a formação intermedia de nitritos é quasi insensivel.

D'estes factos parece poder concluir-se, como dissemos, que o ammoniaco ataca energicamente o fermento nitrico na sua multiplicação, mas não impede a acção oxydante do fermento desenvolvido.

β) Influencia dos supportes sobre a nitrificação em meios ammoniacaes semeados de fermentos nitrosos e nitricos

Em 1906, MUNTZ e LAINÉ usaram a turfa, residuo da decomposição dos vegetaes na agua, como suporte para os germens nitrificadores; experimentaram varias especies de turfa mais ou menos compacta, dividida em fragmentos e misturada com pedaços de calcareo; obtiveram uma intensissima nitrificação do ammoniaco. Aos mesmos resultados chegaram CALMETTE e GYSSEN.

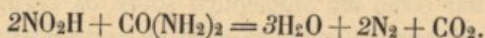
A turfa sem calcareo dá resultados menos lisongeiros, mas ainda superiores aos colhidos com o emprego das escorias como

supporte; porém se ás escorias se associa calcareo, a nitrificação é superior á obtida só com a turfa e por vezes mesmo á obtida com a mistura turfa e calcareo.

γ) **Materia organica e nitrificação n'um meio impuro**

Ulteriores experiencias de BOULLANGER e MASSOL mostram ainda que n'um meio impuro, em que a par dos germens nitrificadores existem outros muito variados (1), os saes ammoniacas neutros ou alcalinos são completamente transformados (2), dando nitratos sem formação intermedia importante de nitritos, e a presença da materia organica tem um effeito muito menos nocivo sobre a marcha da oxydação do ammoniaco do que o que se observa no caso das culturas puras do fermento nitroso em meio esterilizado.

A *urêa* decompõe-se muito facilmente, dando logar á producção de nitratos. Mas nem todo o azote d'aquelle composto é encontrado depois como azote nitrico; uma parte perde-se como gazes. Com effeito, para ser nitrificada, a urêa é transformada em carbonato de ammonio (pelo *micrococcus ureæ*, etc.), que perde facilmente ammoniaco ao contacto do ar, para se transformar em sesquicarbonato e mesmo em carbonato volatil; além d'isso o acido nitroso reagindo sobre a urêa dá



(1) N'estas experiencias, para se obter a nitrificação rega-se uma porção de escorias contidas n'um tubo de vidro com uma delição aquosa de boa terra aravel. Enche-se e mantém-se cheio durante duas horas o tubo com um soluto ammoniacal, renovando os contactos duas vezes por dia até ao desaparecimento do ammoniaco.

(2) O ammoniaco dos saes ammoniacas nitrifica-se de uma maneira intensiva, mesmo na dose de 2 gr. por litro (para o bicarbonato e sesquicarbonato de ammonio). O ammoniaco livre, porém, já na dóse de 100 mgr. por litro é manifestamente nocivo para uma boa nitrificação.

O *acido urico* dá tambem nitratos por transformações faceis.

As amidas, como a *asparagina*, são mais resistentes á nitrificação, e necessitam que a solução esteja muito povoada de germens.

A *peptona* decompõe-se e dá ammoniaco que é oxydado e levado a nitritos; as duas acções de decomposição da peptona e nitrificação do ammoniaco podem produzir-se lado a lado, ao contrario do que acontece nos meios culturaes de WINOGRADWSKY. Mas só uma parte do azote da peptona se encontra ulteriormente como azote nitrico; a outra perde-se quasi toda como gaz, por certo devido á intervenção de germens desnitrificadores que encontram nas soluções de peptona um meio favoravel.

A *glycose* tem sobre a nitrificação uma acção nociva, que se manifesta mais claramente n'estas experiencias com meios contendo uma flora microbiana variada do que nas de WINOGRADWSKY e OMELIANSKY com meios esterilizados sementeados apenas de fermentos nitrosos ou nitricos. Com effeito, BULLANGER e MASSOL verificam que 0<sup>gr.</sup>05 de glycose por litro já prejudica a nitrificação do ammoniaco; com 0<sup>gr.</sup>5 deixa de haver nitrificação; com 1 gr. ha desnitrificação. A glycose parece actuar como um antiseptico sobre os germens nitrificadores, mas sem os exterminar, visto que a acção d'elles se manifesta logo que se suprime a causa perturbadora.

#### 2) Influencia da reacção do meio

A *acidez* do meio, mesmo fraca, é nociva para as acções nitrificantes. Segundo ERVEL e WILEY, a nitrificação detem-se quando a acidez corresponde a 3-4 c. c. de soluto normal de soda.



Uma ligeira *alcalinidade* é favoravel para a nitrificação. A alcalinidade pôde elevar-se muito sem se tornar prejudicial; comtudo acima de certo limite torna-se nociva. A melhor alcalinidade, segundo CALMETTE, seria a correspondente a 900 mgr. de carbonato de calcio por litro; a correspondente a 1.800-2.000 mgr. de carbonato de calcio por litro impede por completo as acções oxydantes. Segundo WARINGTON, a alcalinidade correspondente a 446 mgr. de ammoniaco por litro é a maxima que não tem acção inhibidora.

e) **Influencia dos sulfuretos, dos sulfocyanetos e dos antisepticos sobre a nitrificação, n'um meio impuro**

Os *sulfuretos* até 200 mgr. por litro não teem acção sensível; 500 mgr. deteem a nitrificação; estes compostos são em parte oxydados e transformados em sulfatos.

Os *sulfocyanetos* são bastante nocivos para a nitrificação, que por elles é detida; estes corpos não são decompostos aerobicamente.

Os *chloretos* atrazam ligeiramente a nitrificação; estes compostos podem ser oxydados e dar chloratos.

A *cal* e os *saes de ferro* favorecem a nitrificação.

O *acido phenico* só começa a oppôr-se á nitrificação quando em doses superiores a 2 gr. por litro.

O *lysol*, solução alcalina de phenoes, não tem influencia até á dose de 0<sup>gr.</sup>50 por litro. Na dose de 0<sup>gr.</sup>76 torna mais lenta e acaba por deter a nitrificação.

Os *fluoretos* em pequenas doses (0<sup>gr.</sup>150 por litro) são fa-

voráveis, mas acima de 0<sup>gr</sup>.480 por litro são nocivos. Com 0<sup>gr</sup>.600 por litro é manifesta a acção antiseptica sobre os germens nitrificadores.

#### 4) Os phenomenos de nitrificação no solo e nos leitos bacterianos

##### a) Marcha do processo nitrificador

Das suas experiencias laboratorias, WINOGRADWSKY concluia que a marcha dos phenomenos de nitrificação na natureza deveria ser a seguinte:

Emquanto no meio existem as materias organicas complexas, o fermento nitroso, incommodado por ellas, não se desenvolve e permanece inactivo; só depois de estas substancias attingirem um grau avançado de decomposição, por acção de outros germens que á custa d'ellas originam ammoniaco, é que o fermento nitroso actua sobre este, oxydando-o e formando nitritos; durante este tempo e enquanto não se tem dado a transformação de todo o ammoniaco existente no meio, o fermento nitrico permanece inactivo, inhibido na sua multiplicação pela presença do fermento nitroso em actividade (WARINGTON affirmou depois que a acção inhibidora do fermento nitrico resulta da presença do ammoniaco; WINOGRADWSKY foi levado a aceitar este modo de vêr, pelas suas experiencias ultteriores); só depois do desaparecimento do ammoniaco começa o fermento nitrico a atacar os nitritos, oxydando-os e dando nitratos.

Mas a observação dos factos veio a mostrar que, se esta marcha de phenomenos se produz nas condições habituaes do laboratorio, está longe de ser a que se dá nas condições naturaes no solo e nos leitos. Com effeito n'estes, quando se lhes lança agua residual, ha uma nitrificação intensa, mesmo em presença de grandes quantidades de materia organica, sem

que em nenhum periodo da oxydação se note a presença de mais do que doses insignificantes de nitritos, que podem faltar mesmo por completo; pelo contrario, os nitratos apparecem em proporções muito elevadas, não obstante a grande quantidade de ammoniaco que por vezes existe na agua residual tratada (210 mgr. de ammoniaco livre ou salino por litro de agua de esgoto de Madeleine).

Portanto, no solo e nos leitos bacterianos não só o fermento nitrico não é facilmente incommodado pelo ammoniaco, mas ainda a sua acção dá-se sempre simultaneamente com a do fermento nitroso; com effeito só por um funcionamento symbiotico dos dois germens se póde explicar a falta do apparecimento do producto intermedio da oxydação — os nitritos.

WINOGRADWSKY em quanto pensava que, no laboratorio, o fermento nitroso tem pela sua presença uma acção inhibidora sobre o nitrico procurava achar a explicação da producção da symbiose no solo e nos leitos bacterianos no facto da porosidade do meio, que obstaria a que aquella acção nociva do fermento nitroso sobre o nitrico se fizesse sentir. Mas verificado mais tarde que a acção inhibidora sobre o fermento nitrico, nas condições laboratorias, provém do ammoniaco, era para o facto de saber porque deixára de existir nas condições naturaes essa acção prejudicial d'este composto sobre aquelle fermento que deveriam ser dirigidas as investigações.

ADENEY affirma, e BEDDIES com elle, que as materias turfosas ou humicas preservam a vitalidade do germen nitrico durante a fermentação do ammoniaco e estabelecem condições que permitem aos dois fermentos nitroso e nitrico uma vida activa simultanea sem inconveniente mutuo.

Mas são BOULLANGER e MASSOL quem veem esclarecer a questão, com as suas experiencias, mostrando que a symbiose que se dá nas condições naturaes tambem póde dar-se em certas condições no laboratorio.

No laboratorio os dois fermentos são semeados geralmente em pequena quantidade n'um meio muito rico em ammoniaco; o fermento nitrico, então, só se póde multiplicar e actuar

apreciavelmente depois de nitrosificado o ammoniaco; mas se grandes quantidades de germens são sementeas em condições que favoreçam a utilização do poder oxydante, que o ammoniaco pouco attinge, já a acção do fermento nitrico abundante no meio será apreciavel, e realisar-se-á a symbiose. A symbiose produz-se tambem quando juntamos ammoniaco, mesmo relativamente em grande quantidade, ao liquido depois d'elle ter soffrido uma nitrificação completa, porque esta nitrificação previa tem desenvolvido em quantidade não só os germens nitrosos, mas tambem os nitricos.

As condições excepçionaes no laboratorio tornam-se fóra d'elle as habituaes; com effeito, nó solo e nos leitos bacterianos ha uma grande abundancia de germens bem desenvolvidos n'um meio em via de nitrificação continua. N'estas condições o ammoniaco não virá a ter, senão quando em doses muito elevadas, uma acção sensível sobre os resultados do fermento nitrico, que impeça a acção symbiotica de se produzir; ora, na terra e nos leitos bacterianos, o ammoniaco livre, que como vimos é o unico nocivo, ou as substancias que como o carbonato de ammoniaco o libertam não existem em quantidade apreciavel e a dose que as aguas de esgoto e industriaes conteem nunca alcançará na pratica a quantidade necessaria para obstar á acção oxydante dos germens desenvolvidos e só muito raro alcançará os 200 mgr. de ammoniaco livre por litro necessarios para que o fermento nitrico seja detido na sua multiplicação (tal facto pôde dar-se em todo o caso — como para as aguas sujas dos matadouros, para os effluentes das fossas septicas, etc.), se bem que esta seja tanto mais activa quanto menor fôr a quantidade de ammoniaco.

As experiencias de BOULLANGER e MASSOL mostram tambem que o facto da presença de materias organicas quando em limitada quantidade, como acontece com as aguas de esgoto, não perturbarem, nas condições naturaes, a marcha da nitrificação é devido a que estas materias não tem grande poder sobre o fermento nitroso bem desenvolvido e abundante nos supportes.

Finalmente as mais recentes observações mostram que o ammoniaco não é o unico composto nitrificavel. A propria materia organica azotada, póde soffrer directamente a oxydação e ser levada a nitratos sem passar pelo ammoniaco, pela intervenção de outros germens que não os descriptos por WINOGRADWSKY. A oxydação seria, segundo DUNBAR, n'estes casos, mais rapida do que a do ammoniaco. Estes germens não teem, porém, sido estudados isoladamente.

São estas, com toda a probabilidade, as razões porque na natureza se produz uma acção symbiotica que só raras vezes é observada nos laboratorios.

b) Condições que favorecem ou prejudicam a nitrificação  
no solo e nos leitos bacterianos

Do que tem sido dito póde partir-se para concluir quaes devem ser as principaes condições a realizar para obter na pratica uma nitrificação intensa.

A temperatura do meio onde a oxydação do liquido se realisa será tanto mais favoravel quanto mais perto estiver de 37°.

Um liquido residual acido (1) não poderá soffrer uma boa nitrificação. Os effluentes acidos de industrias quando não em grande quantidade são neutralizados pela massa da agua de esgoto domestica, habitualmente alcalina em virtude da grande porção de alcalis fixos derivados da soda das lavagens (2) e

---

(1) CHUARD observou que a nitrificação póde occorrer n'um meio acido, mas que é então extremamente lenta.

(2) Admittindo, com OMELIANSKY e WINOGRADWSKY, que o carbonato de sodio é essencial para o desenvolvimento do fermento nitrico, comprehende-se que a abundancia de agua de sabão e de outras substancias que lhe possam dar origem seja de utilidade. De resto a acção do carbonato de ammonio sobre o chloreto de sodio de urina garantirá quasi sempre no liquido uma quantidade sufficiente d'aquelle composto.

ammoniacal livre que contem; mas, se, pelo contrario, esta alcalinidade é vencida por grandes quantidades de liquidos acidos, torna-se necessario que, antes de se procurar obter a oxydção do liquido total, elle seja tratado pela cal que o neutralise ou antes o alcalinise apreciavelmente, porque o facto da nitrificação leva á producção de acidos que devem encontrar no meio uma base fixa com que se combinem; pela mesma razão poderá ser conveniente o lançamento de cal ao solo quando este não contenha esse composto.

Mas é preciso tambem que a alcalinidade do liquido não seja muito elevada, para que não se torne prejudicial para a nitrificação. O grau inibidor de alcalinidade correspondente a 446 mgr. de ammoniacal por litro que WARINGTON aponta não se encontrará vulgarmente na agua de esgoto. Quando, pelo facto de rejeição de liquidos alcalinos industriaes, a alcalinidade se torna exaggerada, é necessaria a neutralisação parcial por acidos ou a diluição da agua residual.

A nitrificação será tanto mais facil e rápida quanto menos rico fôr o liquido em materia organica, a qual quando muito abundante incommodará os germens. A passagem por fossas de sedimentação, de precipitação chimica ou septicas, baixando a riqueza do liquido em materia organica (principalmente suspensa) torna-lo-á, sob esse ponto de vista quantitativo, mais facilmente oxydavel.

Se não houvesse germens que directamente oxydam a materia organica azotada e apenas existissem como nitrificadores os germens de WINOGRADWSKY que só actuam sobre o ammoniacal, é claro que a passagem por fossa septica seria altamente conveniente, ainda, por fazer com que as substancias organicas complexas fossem decompostas n'uma phase hydrolytica, demorada bastante para levar essa decomposição além das peptonas, asparagina e outros productos que não só deixam de soffrer a acção do fermento nitroso, mas mesmo o atacam na sua vitalidade. Desde que ha, porém, outras fórmulas de azote além do ammoniacal que são nitrificaveis e mesmo até, segundo DUNBAR, mais rapidamente, pela intervenção de

outros germens que não os de WINOGRADWSKY, a conveniencia das fossas septicas desce muito em importancia sob o ponto de vista da facilitação da nitrificação do liquido, tanto mais que a formação de grandes quantidades de hydrogeneo sulfurado e mesmo o grande augmento na quantidade de ammoniaco, que é a consequencia da demora na fossa, são prejudiciaes aos proprios germens nitrificadores d'este ultimo composto. D'ahi a necessidade, pois, de, a usar-se a fossa septica, não super-septicisar o liquido, e o preceito de não usar a fossa septica quando o meio ammoniacal que o liquido representa seja muito concentrado.

O meio correspondente a uma solução de urina a 12% representaria, segundo WARINGTON, a concentração mais forte que póde soffrer a nitrificação; uma tal concentração é rara na massa total da onda urbana das aguas residuaes domesticas, mas é frequente nos liquidos effluentes de urinoes, estabulos, etc. Quando se haja de tratar um liquido n'estas condições é preciso diluil-o, não esquecendo que 2% de urina atrazam cinco vezes a nitrificação (RIDEAL).

Visto que os saes de ferro são uteis ao fermento nitrico, parece que não haverá inconveniente na existencia de ferro em certos liquidos residuaes previamente precipitados por aquelles compostos.

Um certo grau de humidade do solo é favoravel á oxydação; o melhor grau seria, segundo DEHERAIN, 10 a 15%. Um solo ensopado em agua é prejudicial e oppõe-se á nitrificação, pela difficuldade de arejamento.

As condições de arejamento tem com effeito excepcional importancia para o funcionamento dos germens nitrificadores. Evidentemente a quantidade de oxygeneo necessaria para a oxydação d'uma substancia dependerá não só da qualidade d'esta, mas tambem do grau a que essa oxydação haverá de ser levada. A pag. 256 do vol. I já indicámos quão grande é a quantidade de oxygeneo requerida para que se produza a nitrificação da materia azotada. No solo natural a nitrificação torna-se menos intensa com a profundidade, á medida que escas-

seiam o ar e os germens de nitrificação; segundo WARINGTON, abaixo de 0<sup>m</sup>,91 a nitrificação diminue rapidamente e a 1<sup>m</sup>,8 é nulla; segundo RIEGLER, a acção dos germens nitrificadores já não se faz sentir abaixo de 0<sup>m</sup>,50; na argilla a acção nitrificadora desce até 0<sup>m</sup>,45, na areia mais abaixo. Nos solos preparados e nos leitos artificiaes torna-se possivel a nitrificação até maior profundidade.

É preciso que o solo ou leitos utilizados sejam permeaveis, munidos de conveniente drenagem, para que o CO<sub>2</sub> resultante da destruição da materia organica pela acção de varias bacterias e nocivo para a nitrificação encontre facil sabida (1), os liquidos carregados de productos da actividade biologica não estacionem por muito tempo e o arejamento se mantenha.

A cultura do solo, se não tem acção depuradora directa, é comtudo até certo ponto conveniente absorvendo os nitratos, que assim se não accumularão, e impedindo a compacidade do solo e favorecendo-lhe a oxygenação.

Na pratica as varias circumstancias nem sempre se auxiliam e as condições favoraveis são por vezes difficeis de ver reunidas n'um mesmo terreno.

A areia pela sua permeabilidade e pelo seu facil aquecimento auxilia a oxydação, mas difficulta-a pela sua secura; a adjuncção de agua a um solo d'esta natureza será uma vantagem, que é naturalmente alcançada nos casos que nos interessam em que grandes massas de liquido são o vehiculo da materia a oxydar. Por isso nos solos de areia as oxydações são muito intensas, ao passo que são insignificantes nos solos de

---

(1) Passando liquidos residuaes atravez de turfa e calcareo ou de escorias e calcareo (carbonato de calcio), nota-se que a nitrificação é mais intensa do que quando o material filtrante é apenas turfa ou escorias. Isso seria devido a que a riqueza em gaz carbonico no material filtrante é menor no primeiro caso, por virtude da formação de bicarbonato de calcio soluvel que sai com o liquido effluente (GYSSEN).



argilla onde faltam o calor e o ar, principalmente quando tenha havido chuvas abundantes ou um affluxo muito consideravel de um liquido residual. O calcareo, segundo o tamanho dos seus grãos e a agua que armazena, porta-se como a areia ou como a argilla. O humus tem maior ou menor poder oxydante, conforme a agua que contém.

No laboratorio as condições são mais faceis de regular do que na natureza e por isso no solo natural nunca se conseguirá a nitrificação que SCHLÖESING obtém nas suas experiencias com as melhores condições de arejamento, humidade e temperatura; n'estas experiencias, 200 gr. de terra nitrificavam 4 a 8 mgr. de azote por dia.

Nos supportes artificiaes dos leitos bacterianos é mais facil produzir um arejamento intenso do que no solo, porque se podem escolher as dimensões dos elementos materiaes a empregar e dispol-os convenientemente.

Mas quando, quer n'um quer n'outros, o arejamento não seja sufficiente para a vida do fermento nitrico pôde acontecer que o fermento nitroso, que necessita menos oxygeneo, possa viver e actuar. É o que acontece nas camadas superiores do solo ou dos leitos mais ou menos impermeabilisados e em toda a espessura d'estes quando em relativamente más condições. Então produzem-se nitritos ao mesmo tempo que compostos amidados, acidos gordos e residuos, dissolvidos durante a phase hydrolytica prévia na fossa septica ou nos esgotos, se continuam resolvendo.

A formação de nitritos pôde em circumstancias de mau arejamento dar-se por outro processo, não já por oxydação, mas por redução dos nitratos; é o que veremos nas paginas seguintes.

### C) A desnitrificação

No solo e nos leitos bacterianos, quando o arejamento é mau, pôde haver uma decomposição da materia organica azotada que dê logar á formação de acido carbonico e gases mal cheirosos — hydrogeneo carbonado ou sulfurado — e a acidos amidados (leucina, tyrosina), indol, escatol, ptomainas varias. O resultado d'estas transformações putrefactoras das materias organicas leva á accumulção de azote organico, sob essas fórmãs bastante complexas, estaveis e resistentes á degradação, a par de um pouco de ammoniaco e de acidos da série gorda. Estas acções de natureza biologica já foram estudadas a proposito das transformações que se realisam nas condições do tratamento na fossa septica.

Aqui estudaremos as acções de reduccção que no solo e nos leitos bacterianos podem soffrer os nitratos e nitritos de um liquido residual previamente oxydado.

\*

JENSEN restringe o emprego do termo *desnitrificação* para a reacção da passagem de nitratos a N ou  $N_2O$  em presença de certos compostos organicos.

Mas ha outra fórmula de desnitrificação: é a reduccção dos nitratos a nitritos. Foi MENSEL o primeiro que, em 1875, observou que n'uma agua em que existem nitratos estes por vezes se transformam em nitritos e que esta transformação é impedida pela esterilisação do liquido ou pela adjuncção de certos antisepticos. WAGNER chamou a attenção para a importancia d'estes ultimos factos que provam a natureza biologica da desnitrificação.

Os chamados germens desnitrificadores são bastante numerosos; além d'aquelles que atacam os nitratos, ha outros que só atacam os nitritos; em certos casos pôde haver uma

acção symbiotica de germens das duas especies, que faz com que quando da decomposição dos nitratos se chegue á libertação completa do azote sem apparecimento dos nitritos intermedios.

RIDEAL classifica em tres grupos os germens desnitrificadores:

1.º Os que destroem os nitritos sem terem acção sobre os nitratos; ex.: *Bacterium desnitrificans I* de BURRI e STUTZER.

2.º Os que destroem nitratos e não actuam sobre os nitritos; ex.: *Bacterium desnitrificans V*; *B. racemosus*, *violaceus*, *vermicularis*, *liquidus*, *cereus*, *pestifer*, *plicatus*, *prodigiosus*, *chlorinus*, *citreus*, *nubilis*, *aurescens*, *fluorescens*, *aureus*, *profusus*; *Micrococcus carnicolor*, *rosaceus*.

3.º Os que destroem os nitratos e os nitritos; são raros: RIDEAL aponta — *B. fluorescens liquefaciens*, *B. pyoceanus*, *Vibrio desnitrificans* e por vezes *Proteus mirabilis* e *vulgaris*, *B. megaterium*, *mycoides* e *acidi lactici*; JENSEN aponta mais seis.

Attribuem-se em geral as acções desnitrificadoras a germens anærobios. Mas é preciso notar que estes não são pela maior parte dos obrigatoriamente anærobios (1). Ha alguns microbios que, segundo as circumstancias, são ærobios e oxydantes ou anærobios e reductores; é o que acontece com o *B. mycoides*, já descripto como agente oxydante productor do ammoniaco, mas que pôde tambem viver no solo como anæ-

---

(1) Segundo W. MAIR as bacterias desnitrificadoras são essencialmente ærobias; comtudo podem viver em condições anærobias em presença de nitratos de que aproveitam o oxygeneo. Com um bom arejamento vivem sem atacar os nitratos.

Partindo do principio de que um numeroso grupo de bacterias pôde oxydar a materia organica servindo-se do oxygeneo dos nitratos tão facilmente como outros utilisam para esse fim o oxygeneo do ar, PAKES e JOLLYMAN modificaram a definição de germens anærobios; estes seriam os que não se desenvolvem nem em presença de oxygeneo livre, nem em presença do oxygeneo dos nitratos; os outros seriam os ærobios. Portanto os germens desnitrificadores actuariam sempre como ærobios.

robio e produzir o ammoniaco por redução dos nitratos e nitritos (MARCHAL). Ha além d'isso alguns germens que actuam na mesma occasião, com arejamento moderado, ao mesmo tempo como oxydantes e como reductores: RICHTER aponta na urina fresca um cocco de tamanho medio que em vinte minutos fórma n'ella muitos nitritos por oxydação, e por redução egualmente os produz decompondo os nitratos.

Finalmente, ha certos germens reductores que actuam como taes, mesmo em presença de um arejamento abundante: tal é o *B. desnitrificans I* (BURRI e STUTZER) que decompõe os nitritos que tenham resultado da acção previa do *B. acidi lactici* sobre os nitratos.

BREAL descreve ainda um organismo ærobio, existindo nos restos de vegetaes, que destroe os nitratos e faz entrar parte do azote nitrico em combinação organica, deixando perder a parte restante sob a fórma gazosa. ARNOULD pensa que se póde attribuir a este germen existente nas folhas mortas, que são dotadas de um real poder desnitrificador, a pequena quantidade de nitratos que se encontra no solo das florestas apesar do arejamento sufficiente d'este.

Onde ha mau arejamento, como acontece nos sitios muito humidos, a quantidade de nitratos formada é naturalmente pequena e é consumida rapidamente pelos fungos e bolores abundantes em taes logares.

Do azote dos nitratos decompostos, em geral apenas uma pequena parte se organisa: O *Bacterium denitrificans II* de BURRI e STUTZER liberta como N gazoso, segundo RIDEAL 90 %, segundo GILTAY 80 % e segundo STUTZER 98,9 a 99,6 % do azote nitrico; uma insignificante parcella é convertida em azote organico.

Quando assim aconteça, a desnitrificação, dando logar a que o oxygeneo correspondente ao azote libertado como gaz sirva para a destruição de uma parte da materia organica do meio, póde ser de utilidade para a realisação de uma boa depuração.

GAYON e PETIT definem a *desnitrificação* como sendo uma fermentação que consiste na oxydação do carbono organico á custa do oxygeneo de um nitrato, e isolaram dois organismos que, como anærobios, em presença de materia organica, decompõem os nitratos, levando á formação de azote e oxydo nitroso, mas não de azote organico; todo o azote nitrico se perderia como gaz e o oxygeneo, combinando-se com o carbono da materia organica, daria  $\text{CO}_2$ , que se libertaria como gaz ou se combinaria com a base do meio dando carbonato acido. N'uma solução nitrata a decomposição póde attingir 9 gr. por litro; mas a presença de materia organica que sirva de alimento aos germens é necessaria para que a desnitrificação se complete. Segundo RIDEAL, a desnitrificação de 1 gr. de  $\text{KNO}_3$  exige a presença de 0<sup>gr.</sup>148 de carbono ou 0<sup>gr.</sup>273 de materia albuminoide. Não existindo nitratos e fóra do contacto do ar, a materia organica não soffre a acção d'estas duas bacterias.

ULPIANI e AMPOLLA demonstraram a possibilidade da transformação em  $\text{CO}_2$  e N das materias organicas [amido acidos, gorduras, assucares (1)] e dos nitratos sem passagem d'estes por nitritos. Isolaram duas bacterias que mostraram ter esta acção que leva ao aproveitamento de todos os atomos de O de  $\text{N}_2\text{O}_5$  para a oxydação do carbono, o que não aconteceria se se formassem nitritos.

Comtudo mais frequentemente a decomposição dos nitratos dá, como já dissemos, logar ao apparecimento de nitritos. Mas estes vão ainda actuar sobre a materia organica: GUIMBERT, demonstrou que o *B. coli communis* e o *typhosus* que em solução de peptona a 1 % contendo 1 % de nitrato de potassio não libertam gaz, o produzem quando a peptona é substituida por extracto de carne que contém compostos amidados mais simples (2); o facto de que o gaz libertado é duplo em volume

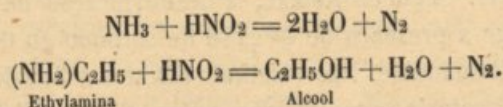
(1) Como vimos a glycose favorece muito as acções desnitrificadoras.

(2) Segundo GUIMBERT as bacterias desnitrificadoras dividem-se em dois grupos — as *desnitrificadoras verdadeiras*, que atacam directamente

do que a destruição dos nitratos poderia motivar, leva a pensar que o acido nitroso produzido pela desnitrificação actua secundariamente sobre os compostos amidados, originando gazes. Na verdade, se ao meio contendo 1 % de nitrato se substitue um outro contendo 1 % de nitrito, o gaz desenvolve-se pelo menos tão bem.

Portanto os nitritos, quer nascidos por oxydação do ammoniaco, quer por redução de nitratos, podem ser agentes de purificação actuando sobre os productos de transição — ammoniaco, acidos amidados e amidas — dando agua ou compostos hydroxydados, mais tarde decompostos, e azote gazoso (1).

Exemplo:



Em 1890, o *Massachussets Report* concluia que n'um effluente de tratamento biologico em que a nitrificação foi levada o mais longe possivel e que só contém 2 % da materia organica da agua bruta a depuração pelos agentes biologicos não pôde ir mais além porque aos germens falta o alimento de então em deante.

os nitratos dando gaz; as *desnitrificadoras indirectas* (*b. hypnitrosus*) que só atacam os nitratos por intermedio das substancias amidadas, com o concurso de acidos provavelmente.

O *b. hypnitrosus* não daria azote gazoso, mas ammoniaco.

(1) Os compostos nitrosos podem ainda servir de portadores do oxygeneo do ar para as materias organicas, podendo haver então oxydação por intermedio de compostos azotados oxydados, mas sem perda de azote: Müntz demonstrou que o nitrito de calcio, que no solo esterilizado dá rapidamente acido nitroso quando sobre elle se faz passar rapidamente uma corrente de  $\text{CO}_2$ , oxyda-se facilmente e dá nitrito, quando exposto ao ar ou ao acido carbonico largamente misturado com ar. Ora o composto nitrico pôde passar a nitroso dando oxygeneo que será aproveitado na oxydação das materias carbonadas; o composto nitroso novamente se oxyda ao contacto do ar e assim successivamente.

Ora se isto é verdade para os germens nitrificadores não o é para os desnitrificadores que acabamos de mencionar, os quaes podem, decompondo os nitratos do liquido, dar oxygeneo que vái destruir o ultimo resto de substancia organica do effluente. Estas acções só cessarão quando a materia organica falte.

Sendo, nas correntes naturaes, o oxygeneo dissolvido na proporção de 10 mgr. por litro, a oxydabilidade do liquido residual pelo permanganato pôde indicar-nos qual o numero de volumes de agua da corrente que se deve misturar com um volume d'aquelle para a oxydação da materia organica se fazer á custa apenas do oxygeneo dissolvido; para a agua residual bruta pôde ser de vinte volumes. Mas os nitratos podem fornecer uma grande quantidade de oxygeneo utilisavel; por isso ADENEY propunha que ás aguas residuaes se juntasse nitrato de sodio, para que pela desnitrificação se tivesse uma fonte de oxygeneo; porém, este processo é dispendioso e inutil, porque nas condições de uma boa nitrificação natural pôde obter-se uma grande dose de nitratos á custa das substancias azotadas do liquido, e d'esta fórma pôde um effluente contendo ainda materia organica levar em si, sob a fórma de nitritos e nitratos, o oxygeneo sufficiente para a sua depuração total sem que tenha de utilizar-se do oxygeneo dissolvido na corrente a que fôr lançado, e mesmo melhorando esta. (Veja-se o que foi dito a este respeito a pag. 163 do vol. 1).

D'aqui se conclue tambem a necessidade de analyses o mais immediatas possivel dos effluentes nitratados, para que os resultados favoraveis obtidos no desaparecimento da materia organica se não attribuem apenas ás acções nitrificadoras.

\*

Vimos pois que em todas estas transformações a destruição da materia organica se faz com libertação de acido carbonico e azote; é o que acontece na phase de plenitude dos leitos

bacterianos submersiveis e o que explica, segundo GUIMBERT, a perda do azote no solo. Mas por virtude de esta perda de azote, consequencia das acções de desnitrificação, o liquido terá um valor muito menor sob o ponto de vista agricultural, o que tem importancia no caso em que é praticada a irrigação cultural.

Assim póde haver interesse em impedir as acções de desnitrificação. Ora, a desnitrificação não se dá, segundo PFEIFFER, quando faltam no meio particulas de palhas, fezes ou tecidos vegetaes que servem de alimento aos germens desnitrificadores. Mas a principal substancia utilizada por estes como alimento é a xylana, isomero da cellulose, soluvel nos alcalis; portanto se, antes da entrada nos leitos ou passagem á terra, o liquido soffrer uma fermentação alcalina isso poderá impedir, até certo ponto, as futuras acções desnitrificadoras.

A presença de assucares, citratos e malatos e uma temperatura elevada favorecem a acção dos germens desnitrificadores.

\*

\* \*

#### RESUMINDO:

A passagem de um liquido residual atravez do solo natural ou composto artificialmente de escorias, coke, etc., dá lugar a acções depuradoras de varia natureza:

1.º Acções physicas — consistindo na retenção de materias suspensas e fixação de algumas das dissolvidas (principalmente das mais complexas).

2.º Acções chemicas — consistindo em combinações com oxydos de ferro, de cobre, de manganez do material filtrante, e na oxydação chimica de certas substancias.

3.º Acções biologicas — que concorrem para a fixação e absorpção das materias organicas e provocam a sua decomposição e mineralisação final, por intervenção dos microbios (e



de outros seres mais elevados) que povoam os elementos do solo natural ou artificial.

As acções biológicas teem um papel preponderante e foi por isso que, com as reservas feitas a pag. 184, classifiquei como biológicos os processos de depuração pelo solo e pelos leitos bacterianos. Vejamos como na pratica se realiza esta depuração.

---

Received of the Treasurer of the  
County of ... the sum of ...  
for ...

Witness my hand and seal this ...  
day of ... 1872

...

...

...

...

...

...

## SUB-SECÇÃO II

### Aplicações praticas

#### I

### Depuração pelo solo

De um modo geral, podem considerar-se dois processos de applicação dos principios estabelecidos para a depuração por *irrigação*, comprehendendo sob este nome o tratamento das aguas de esgoto pelo solo.

Um d'elles:

A) A *irrigação cultural* consiste na distribuição da agua de esgoto sobre extensas superficies de terreno, drenado ou não, tendo em vista favorecer o crescimento de certos vegetaes, tanto quanto seja compativel com a depuração do liquido residual.

O outro processo:

B) A *filtração intermittente*, que melhor será chamada *filtração intensiva* (1), consiste no lançamento do liquido residual,

---

(1) A intermittencia do lançamento do liquido a uma dada porção de solo é essencial tanto no caso da irrigação cultural como no caso da vulgarmente chamada filtração intermittente; portanto o termo—intermittente—deve ser excluido do nome d'este ultimo processo a que não serve de caracteristica distinctiva. O nome de *filtração* só por si não fica rigoroso, porque na *irrigação cultural*, mesmo quando não haja drenagem do solo, este nunca será por tal fórma impermeavel que não permitta uma maior ou menor penetração do liquido e, portanto, uma certa filtração; n'este caso a filtração nunca será, porém, tão notavel e rapida como no do outro processo, em que a drenagem tem um particular

com curtos intervallos de tempo, sobre uma area relativamente pequena de terreno especialmente escolhido em vista de uma porosidade conveniente e quasi sempre cuidadosamente e amplamente drenado. A vegetação não é systematicamente excluida, poderá existir em certos casos, mas ao seu interesse não se subordinarão de modo algum os interesses da depuração.

### A) Irrigação cultural

#### 1) Valor agricultural dos excreta e das aguas de esgoto

As aguas de esgoto conteem substancias, como o azote e os phosphatos, que quando lançados a um solo cultivado poderão concorrer poderosamente para a prosperidade das plantas.

Essas substancias proveem em grande parte dos excreta animaes. Servindo-me de elementos dados por Tivy, construo o seguinte quadro, para mostrar o valor agricultural da urina e das fezes e o dos seus componentes:

	Ammoniac valendo 290 réis o kilo	Acido phosphorico		Potassa, valendo 125 réis o kilo	Valor por tonelada, em réis
		solavel a 165 réis o kilo	insolavel a 85 réis o kilo		
	kilos	kilos	kilos	kilos	
1 tonelada de urina no estado natural	10,688	1,312	—	1,491	3,505
1 tonelada de fezes no estado natural	15,801	—	11,884	4,223	6,5095
1 tonelada de ex- creta mixtos de uma população..	10,336	1,245	0,862	1,709	3,480

desenvolvimento e o solo é escolhido com grande porosidade. Por isso á expressão de filtração intermittente se poderá substituir com mais rigor a de filtração *propriamente dita* ou *intensiva*.

RIDEAL, com outros autores, calcula que os excreta annuaes de um homem adulto valem de 1\$465 a 4\$500 réis. Estes excreta annuaes valeriam, segundo WELCKER, 34<sup>kilos</sup>,020 de guano peruviano.

Segundo DUCLAUX, o emprego como adubo dos dejectos de vinte pessoas n'um hectare de terreno convenientemente cultivado faria produzir a este o sufficiente em alimentos para a vida d'essas pessoas, as quaes, assim, sem sahir do terreno em questão, poderiam manter-se obtendo as substancias alimentares «á custa de uma rotação continua da materia, por uma symbiose entre si mesmos e os microbios do solo».

Um kilo de excreta humanos vale 15 kilos de dejectos de cavallo ou 6 kilos de dejectos de boi (MACAIRE e MARCET). Os excrementos de um carneiro tem o mesmo valor que os excreta totaes de um homem adulto (MECH).

Dada a variabilidade de composição e de diluição das substancias rejeitadas de uma para outra povoação, comprehende-se que as respectivas aguas de esgoto differirão muito entre si com respeito á sua abundancia em principios utilisaveis, e de tal fórma que será difficil estabelecer de um modo geral, em numeros, o seu valor agricultural.

Segundo TROY, 1000 toneladas de agua de esgoto bruta de Londres, contendo 97<sup>kilos</sup>,937 de ammoniaco (valendo 290 réis por kilo), 12<sup>kilos</sup>,326 de acido phosphorico dissolvido (valendo 465 réis por kilo), 10<sup>kilos</sup>,804 de acido phosphorico não dissolvido (valendo 85 réis por kilo) e 22<sup>kilos</sup>,611 de potassa (valendo 125 réis por kilo), tem um valor de 34\$180 réis.

## 2) Aproveitamento, na agricultura, das substancias rejeitadas. Origem da pratica scientifica da irrigação

De ha muito que, em quasi todos os paizes, se utilisam os dejectos e residuos da vida animal, mais ou menos diluidos em agua, para a fertilisação dos terrenos.

A China é o paiz onde os dejectos humanos são mais completamente aproveitados como adubo (ROUCHY). N'este paiz, os cultivadores vão procurar as fezes ás cidades e, ainda no estado fresco, desfazem-as mais ou menos em agua com a qual regam os pés das plantas. «Os chinezes, diz DEHERAIN, teem sabido manter pelo emprego dos dejectos humanos a sua população tão numerosa e animada de um movimento de expansão contínua» (original explicação da vitalidade chinesa!).

Em alguns pontos da Europa a venda das substancias retiradas das fossas constitue um commercio verdadeiramente importante.

Na Belgica, por exemplo, as materias fecaes colhidas em varias cidades são levadas pelos canaes, em barcos especiaes cobertos, até Louvain, onde são armazenadas em grandes cisternas, á espera de compradores. Anvers tira da venda das suas substancias sujas um proveito annual de mais de 18.000\$000 réis.

É tambem muito antiga a pratica de beneficiar os solos cultivados regando-os com liquidos residuaes retirados dos collectores dos esgotos.

Ha alguns seculos já que as Marcitas de Milão são irrigadas pelas aguas da Vettabia, que recebe as aguas de esgoto da cidade.

O rio Rusafa, o grande collector dos esgotos de Valencia (Hespanha), irriga a chamada Huerta e dá-lhe tão grande fertilidade que BARRAL affirma ter noticia de um campo de luzerna que n'um anno permittira 22 córtes.

Em Edimburgo, em 1760, os cultivadores de terrenos situados na visinhança da passagem das aguas de esgoto para o mar desviaram parte do liquido para as suas propriedades; os resultados foram excellentes, e a vegetação attingiu mesmo grande parte do terreno arenoso da praia. Varias cidades da Escossia e da Inglaterra seguiram depois o exemplo de Edimburgo; assim tomaram origem as chamadas *sewage-farmes*.

No Japão utilisam-se, de ha muito, os liquidos sujos para

a cultura do arroz, com resultados lisongeiros. As aguas residuaes accumulam-se em grandes tanques cobertos de palha, e ahi se deixam até que, por fermentação, a uréa se tenha transformado em ammoniaco; depois são lançadas sobre o terreno argilloso, onde o arroz se desenvolve em planos formando terraços successivamente mais baixos, sobre os quaes o liquido passa até ir, depois de um longo trajecto, cahir na corrente mais proxima n'um estado de depuração razoavel (DIVERS e KELLNER).

D'um modo geral, pôde-se dizer que tão remota no tempo é a origem como espalhada no espaço é a pratica da utilização agricultural dos residuos humanos e animaes, isolados ou associados a outros residuos na agua de esgoto.

Mas, sendo desconhecidas até época relativamente recente as vantagens hygienicas que se podem obter pela regularisação d'esta pratica no caso de aguas de esgoto, apenas se olhava aos interesses da cultura. É certo que a depuração da agua residual, mesmo assim, poderia já ser inconscientemente obtida, até um certo ponto. Sendo, porém, as aguas de esgoto lançadas directamente nas correntes naturaes sempre que as necessidades agriculturaes não exijiam a sua passagem pelos campos, é facil de vêr que essa depuração havia de ser muito irregular e modesta e que na realidade os rios haviam de continuar a ser mais ou menos abundantemente conspurcados.

A hygiene pouco tinha portanto a ganhar, n'esses casos, e antes mesmo muito tinha a perder por vezes, como, por exemplo, quando a má qualidade do terreno irrigado e a falta de um certo numero de precauções permittiam a infecção das aguas do sub-solo e, com ella, o advento e a propagação de epidemias. Só depois dos trabalhos de varios sabios que puzeram em evidencia o poder depurador que o solo naturalmente possui é que a irrigação com aguas de esgoto começou a ser feita de modo a poderem ser obtidos resultados uteis e mais ou menos constantes, sob o ponto de vista hygienico.

Assente então já em bases racionais e scientificas, a depuração pelo solo cultivado foi applicada em varias partes.

Na Inglaterra, seu paiz de origem, praticavam-a em 1895 42 cidades de mais de 10.000 habitantes; entre as mais importantes d'ellas — Birmingham, Nothingham, Leicester, Edimburgo.

Em França, Paris começava em 1869 a utilização de alguns hectares do terreno arenoso de Genevilliers, e progressivamente foi praticando a irrigação em outros terrenos de Achères, Triel, Pierrelaye. Em resultado do augmento do poder productivo do solo, pelo facto da irrigação, o valor do aluguer do hectare em Genevilliers passou de 16\$200–18\$000 réis para 72\$000–90\$000 réis. Em Achères, antes da irrigação pelas aguas de esgoto, os terrenos bons alugavam-se a 16\$200–18\$000 réis, os medios a 12\$600 réis e os maus a 3\$600 réis por hectare; hoje todos se alugam indifferentemente a 23\$400–27\$000 réis; estes mesmos terrenos vendiam-se respectivamente a 720\$000–900\$000 réis, 450\$000–540\$000 réis e 360\$000 réis; hoje todos se vendem a 720\$000–1.080\$000 réis por hectare. Em Triel o aluguer e venda do terreno eram respectivamente 6\$300 e 270\$000 réis por hectare, antes de utilizados para a depuração das aguas de esgoto; hoje aluga-se o hectare por 27\$000 réis e vende-se por 900\$000 réis.

REIMS, recentemente, seguiu o exemplo de Paris.

Na Allemanha, Berlim, desde 1875, depura as suas aguas de esgoto em campos cultivados; a irrigação transformou a planicie desolada, arenosa e improductiva que cercava a cidade em arredores dos mais apraziveis.

BRESLAU, FRIBURGO, MAGDBURGO, BRUNSWIK, DANTZIG seguiram mais tarde o exemplo de Berlim. Os terrenos arenosos junto ao mar, aos quaes Dantzig lança o seu effluxo, alugavam-se antes da irrigação á razão de 210 réis por hectare; depois d'ella foram alugados por 30 annos á razão de 17\$510 réis por hectare.

Na Russia, Odessa, desde 1887, e nos Estados Unidos da America do Norte muitas cidades, principalmente do Oeste,



adoptaram processos semelhantes para a purificação dos seus effluxos. Na India e na Australia encontra-se tambem muito desenvolvido o uso das *sewage-farms*.

3) **Importancia hygienica, esthetica e economica da cultura do solo irrigado com aguas de esgoto. Culturas apropriadas. Utilisação dos productos obtidos**

Quando pela irrigação se começou a procurar obter a depuração das aguas sujas, a cultura do solo continuou geralmente a ser feita não só porque se esperava, com certo fundamento, tirar d'ella uma compensação economica para a supressão do commercio de estrumes e das industrias de preparação de adubos artificiaes e para as despezas occasionadas pela pratica da remoção e depuração das aguas residuaes, mas tambem porque durante muito tempo a vegetação foi encarada como um factor importante na purificação do liquido conspurcado.

Hoje, porém, depois dos estudos de SCHLÖESING e de outros, está demonstrado que as plantas, pelo menos na immensa maioria dos casos, apenas se utilizam de substancias muito simples, mineralisadas — acido carbonico, agua, acido nitrico, phosphatos — e não de substancias organicas mais ou menos complexas que podem existir no liquido com que se irriga o solo. Com effeito, se alguns autores, como RIDEAL, admittem ainda que um certo numero de especies vegetaes, utilizando ou não a acção dissolvente das suas enzymas, pôde absorver e aproveitar para alimento alguns constituintes ammoniacaes e organicos das aguas de esgoto, esses mesmos autores são concordes em affirmar que as plantas extrahem do ar a maior parte do seu carbono e procuram quasi totalmente o seu azote nos nitratos que as acções microbianas originaram pela oxydção das materias azotadas mais complexas.

Quanto a estas não só são inuteis, mas até mesmo prejudi-

ciaes para as plantas, quando em certa quantidade. Assim, por exemplo, 100 mgr. de ammoniaco por litro (proporção em que é possível encontrar este composto nas aguas residuaes) actuam muito desfavoravelmente sobre os vegetaes (CLOETZ), e um solo que tenha recebido uma dose «um tanto forte» de saes ammoniacaes permanece esteril durante muitos annos (DEHERAIN).

Comtudo, se, em vista d'isto, pôde ficar praticamente estabelecido que a vegetação não exerce acções depuradoras por decomposição activa ou absorpção de substancias organicas, e apenas liberta o solo de corpos mineralizados, simples e inofensivos, a verdade é que, indirectamente, a cultura pôde ter um effeito util, quer facilitando o arejamento do solo, que as raizes mantem menos compacto, quer favorecendo a sua drenagem pela evaporação que se produz nas folhas (1).

Além d'isso, é incontestavel que a vegetação favorece os terrenos irrigaveis sob o ponto de vista esthetico e limita em certos casos a propagação dos cheiros.

É razoavel o desejo de tirar o maior interesse economico possível da cultura do solo irrigado; mas acima de tudo é necessario attender aos interesses da hygiene.

Para que as exigencias da hygiene não venham a tornar-se incompativeis com as exigencias da cultura, é preciso que esta seja feita por tal fôrma que em todas as estações do anno haja maneira de tratar o total das aguas residuaes, lançando-as ao solo nas doses legalmente prescriptas por unidade de superficie, sem que as plantas soffram pelo facto de um affluxo de

---

(1) Segundo DEHERAIN, uma folha nova de cereal pôde n'uma hora evaporar o seu peso de agua. Segundo HELLNEGEL e WOLLNY, o liquido evaporado varia de 233 a 912 partes em peso por cada 1 parte de tecido de planta formada; a evaporação é maxima no trevo e nas hervas e minima nas batatas e plantas raizes. LOWES calcula que uma planta evapora 250 a 300 partes de agua, por cada 1 parte de solidos seccos que elabora.

liquido para ellas exaggerado. Com effeito as plantas, segundo a sua natureza, o seu estado de desenvolvimento e a estação do anno, toleram maior ou menor quantidade de liquido e uma irrigação mais ou menos repetida; assim, por exemplo, ao passo que os espargos só podem ser irrigados tres vezes por anno, os prados podem sel-o dia sim, dia não (1).

Sob o ponto de vista da tolerancia a grandes quantidades de liquido, são os prados a cultura mais conveniente; supportam 100:000 m<sup>3</sup>, e mais, de agua de esgoto por hectare, no anno. Segundo RAWLINSON e RIDEAL, é o solo plantado de *rye grass italiano* o que pôde absorver maior volume de liquido; o producto da cultura apparece cedo no mercado e dá annualmente cinco a sete cortes e setenta e cinco a cem toneladas de boa herva, por hectare; ao fim de 3 annos é preciso deixar repousar o solo, lavrando-o e plantando-o de couves ou raizes, geralmente beterrabas; depois volta-se ao *rye grass*. Em Berlim cultiva-se o *rye grass* e o *timothy*; obteem-se seis cortes annuaes de herva de excellente qualidade; mas a sua venda é difficil; secca-se em apparatus especiaes.

Os cereaes são pouco recommendaveis; não supportam bem mais de 10:950 m<sup>3</sup> por hectare-anno; além d'isso a palha é sempre muito mais do que o grão obtido e este é de má qualidade e de conservação difficil. Em Berlim, por hectare, o trigo de inverno rende 34\$470 réis, o da primavera 29\$255 réis, o centeio de inverno 32\$235 réis, a cevada 24\$605 réis, a aveia 8\$160 réis.

Na visinhança das cidades, a cultura dos legumes é a mais remuneradora; apesar dos productos serem depreciados no mercado, nos campos de Berlim alugam-se facilmente os terrenos para essa cultura á razão de 53\$520 réis o hectare. Mas os legumes supportam pouca agua; em Genevilliers, onde

---

(1) É esta a opinião geralmente seguida; mas ha tambem quem affirme que os prados não devem ser irrigados no inverno, porque isso prejudica as raizes.

a cultura d'elles está desenvolvida, são lançados ao solo apenas 10:000<sup>m3</sup> a 12:000<sup>m3</sup>.

As couves e as alcachofras nos campos de Genevilliers toleram 25:000<sup>m3</sup> por hectare-anno.

A beterraba e a batata podem dar bons productos, mas a batata não supporta a irrigação na primavera e no verão. Em Berlim a beterraba rende 18\$000 réis e a batata 15\$460 réis por hectare.

O cuminho, a colza e o nabo dão bons productos, mas o seu baixo preço não compensa a cultura.

A beterraba de assucar, o lupulo e o tabaco, experimentados em Berlim, dão productos inferiores.

O aipo e os girasoes teem sido cultivados com bom resultado. Os bosques consomem pouca agua.

Ao longo dos fossos e caminhos são uteis as arvores de fruto (macieiras, etc.) e nos fossos os vimeiros.

Em Berlim a cultura é feita de um modo racional; a cidade tem os seus dominios irrigaveis divididos em oito administrações e é ella propria que os explora, cultivando-os do modo mais apropriado para a realisação da depuração que se tem em vista.

Mas nem sempre se olha como em Berlim em primeiro logar ao interesse da depuração, e em certos casos são os interesses agriculturaes postos em primeiro plano.

Assim, por exemplo, dos 5:505 hectares destinados á depuração das aguas de esgoto de Paris, apenas 1:765 (1:145 em Achères, 520 em Mery e 100 em Carrières) são dependentes directamente da municipalidade; os 3:740 restantes (905 em Genevilliers, 1:630 em Mery, 850 em Carrières e 355 em Achères) são alugados ou pertencem a particulares que, tendo á sua disposição as boccas de distribuição do liquido, fazem esta segundo as necessidades da cultura que lhes aprouve escolher. D'esta fórma, em 1903, metade dos terrenos de cultura livre estavam plantados de espargos e bosques que quasi não absorvem agua de esgoto. Os proprios terrenos municipaes não

estão tão bem regulados na sua cultura como deveriam estar; na primavera a cultura não tolera uma irrigação que permita o tratamento da quantidade de liquido que legalmente ali deveria ser depurada.

A existencia de terrenos de cultura livre e a má disposição dos terrenos municipaes, dependentes da falta de agronomos competentes a par dos engenheiros na direcção da irrigação, levam á necessidade de fazer o lançamento intensivo e abusivo do liquido residual a superficies mais ou menos vastas, que se tornam assim grandes pantanos maus de cultivar e com cujo auxilio não se consegue assegurar a depuração da onda total do liquido de esgoto, da qual grandes porções, que na primavera attingem 35 % do total, passam ao Sena sem serem tratadas.

D'aqui resulta que a depuração conseguida para as aguas de esgoto de Paris, que segundo VINCEY é de 99,9 % se se considera o liquido tratado, deve ser estabelecida apenas em 65 % se, referindo-nos á onda total rejeitada no rio, levarmos em conta os 35 % de liquido não depurado.

VINCEY propõe para remediar isto que se façam plantações de natureza tal que em todas as estações se possa obter uma média constante do liquido tratado. Nos terrenos livres, a supressão dos cereaes, a diminuição dos espargos e batatas e a elevação da superficie dos prados a 32 % da superficie total, deixaria absorver ao solo, sem inconveniente para a cultura e sem prejuizo para a depuração, doses de liquido residual superiores á legalmente prescripta (40:000 m<sup>3</sup> por hectare-anno). No dominio municipal de Mery-Pierrelaye, pondo-se 54 % da superficie a prado, poder-se-iam utilizar as materias nutritivas do liquido residual e assegurar a depuração d'este; na primavera seriam os prados que supportariam a quasi totalidade das aguas de esgoto.

Notemos que geralmente, quando se faz a irrigação cultural empregando as doses de liquido legalmente prescriptas, nem todas as materias utilisaveis pelas plantas são absorvidas por

estas. Aos dominios da administração de Osdorf (Berlim), os 12:378<sup>m3</sup> por hectare-anno ahí lançados trazem 859 k. de azote, 161 k. de acido phosphorico e 711 k. de potassa; fazendo a analyse do liquido effluente depurado vê-se que das substancias apontadas só ficam retidos 454 k. de azote, 154 k. de acido phosphorico e 637 k. de potassa.

Para que fossem aproveitados o mais completamente possível os elementos de valor agricultural da agua de esgoto seriam necessarias extensões de terreno muito mais vastas, o que tornaria tambem muito maior o desembolso do capital. Na pratica, com qualquer processo de adubagem as chuvas arrastam para as aguas subterraneas uma certa quantidade de elementos utilisaveis.

O proveito retirado dos productos obtidos por uma exploração agricola judiciosa e a melhoria das qualidades productivas de solos primitivamente ordinarios podem compensar as despesas annuaes do tratamento do liquido residual, mas não contrabalançam o capital dispendido n'uma primeira installação.

Por isso o que sob o ponto de vista economico convém é lançar a uma dada extensão de terreno a maior quantidade de liquido residual que seja compativel com o seu poder depurador. Em breve veremos como essa quantidade pôde ser determinada.

Nos campos de irrigação a evaporação muito intensa arrefece o solo, fazendo geralmente com que os productos da cultura se desenvolvam tardiamente e só appareçam nos mercados quando n'estes já abundam productos da mesma especie. Este facto e o de serem em geral muito ricos em agua concorre muito para que a venda d'aquelles productos seja feita por preços relativamente baixos.

Quando os terrenos irrigados estão situados na immediata vizinhança das cidades, os productos de cultura, principalmente legumes, teem uma sabida relativamente facil; mas o mesmo não

acontece já quando os terrenos cultivados ficam a grande distancia e não teem communições rapidas com a cidade, porque então pôde ser extremamente difficil encontrar compradores.

A baixa do preço do pasto e das beterrabas fez com que se tenha pensado em utilizar estes vegetaes, na *sewage-farme*, para a engorda de gado e para a producção de leite.

As forragens dos campos de irrigação são mais ricas em agua do que as dos campos ordinarios, mas a sua materia secca é muito mais rica em azote. Segundo LAWES, aquellas forragens conveem perfeitamente para a alimentação dos animaes, que se desenvolvem nas mesmas condições dos animaes nutridos com pasto vulgar. A engorda de gado é, portanto, recommendavel para aproveitar os productos de cultura que se não podem vender; além d'isso, o estrume animal encontra uma collocação proveitosa e facil nas terras não irrigadas.

Mas é talvez preferivel a alimentação de cabras e vaccas productoras de leite, que encontra sahida facil para os asylos e hospitaes. Os hospitaes de Berlim consomem diariamente 5:000 litros de leite, que pagam a 35-40 réis por litro quando puro, a 25 réis por litro quando desnatado.

Segundo LAWES, o leite produzido pelos animaes alimentados com forragens dos campos de irrigação seria tão abundante e de tão boa qualidade como o dos animaes alimentados com as forragens dos campos ordinarios. Mas, mais recentemente, SMEET chega á conclusão de que o leite dos animaes alimentados nas primeiras condições é muito mais alteravel do que o dos outros e rapidamente se torna azedo e putrido; a manteiga obtida d'elle tomaria tambem mau gosto e rançaria depressa.

Portanto parece recommendavel que o leite produzido pelos animaes sustentados nas *sewage-farmes* seja consumido o mais rapidamente possivel.

Finalmente a distillação das batatas, para extracção de alcohol, tem sido feita com bons resultados nas administrações de

Buch e Schmeistsdorf (Berlim). Os residuos servem para engordar gado.

Ha quem não veja isento de perigos o consumo dos productos de cultura dos campos irrigados pela agua de esgoto.

WURTZ e BOURGES em 1901 fizeram experiencias que os levaram a concluir que os germens pathogenicos, como a bacteridia do carbunculo, o bacillo tuberculoso e o vibrião cholericico, postos accidentalmente á superficie da terra ou enterrados mesmo a certa profundidade são arrastados pelas plantas que se desenvolvem e n'ellas se mantem vivos nas folhas ou nas hastes; cultivando rabanetes e alface em terra banhada por liquidos contendo germens pathogenicos, notaram que estes appareciam na haste da planta, por vezes á altura de 0<sup>m</sup>,30 acima do solo; plantando batatas infectadas pelo germen do anthrax verificaram que estas se desenvolviam e que, ao fim de 101 dias, na sua haste existia ainda o germen infectante. CLAUDITZ chegou a conclusões semelhantes. A ser assim, poderiam originar-se no homem doenças varias, pelo facto de se utilisarem para alimento os vegetaes cultivados nos campos de irrigação; e o pasto d'estes proveniente poderia igualmente favorecer a disseminação do carbunculo, do tetano e de varias epizootias nos animaes a que fosse fornecido.

Mas é de notar que nas experiencias d'aquelles autores não se realisam as condições que na pratica e nos campos irrigaveis concorrem para a destruição dos germens: acção da dessecação alternando com os periodos de humidade, lavagem mecanica pelas chuvas, luz solar intensa, concorrência vital de outros germens muito abundantes, etc.

DIATROPTOFF, nos campos de irrigação de Odessa, verificou que germens de cholera por elle lançados sobre os legumes plantados morriam em tres a quatro horas. Este autor e ARNOULD affirmam, com a maioria dos autores inglezes, que não está provada a realidade da transmissão das doenças infecciosas pelos legumes e que, em todo o caso, essa transmissão



é pouco provavel. Comtudo deve dizer-se que BRAUDIS aponta a persistencia do bacillo tuberculoso e do typhico em legumes regados directamente com liquidos fecaloides e GSELWIND admitte que cinco casos de febre typhoide por elle observados se originaram no consumo d'esses productos.

Seja como fôr, comprehende-se que o perigo da transmissão das doenças pelos vegetaes dós campos de irrigação será minimo quando esta seja feita pelo processo de infiltração, em que a agua de esgoto não attinge a haste nem as folhas das plantas, mas só as suas raizes, e ainda indirectamente depois de atravessar maior ou menor espessura de terreno.

Prudentemente, a Junta Consultiva de Hygiene de Paris recommendou, comtudo, que se não cultivem legumes ou saladas destinados a serem comidos crus; a acção da cosedura será sempre sufficiente para exterminar os germens nocivos, tanto mais que estes, como FERNBACH o demonstrou, não penetram nos tecidos vegetaes. Para os casos em que, contra este preceito, se faça a cultura de vegetaes que hajam de ser consumidos no estado crú, RIDEAL recommenda a lavagem d'elles por uma solução antiseptica; ao acido sulfurico ou a outros antisepticos, prefere RIDEAL, para este fim, o trissulfato de sodio, manejavel, inoffensivo e efficaç na dose de 4<sup>gr</sup>,71 por litro.

#### 4) Situação dos campos de irrigação

Raras vezes os campos de irrigação ficam na visinhança immediata das cidades, onde o terreno escasseia, e por vezes estão mesmo situados a consideraveis distancias. O liquido dos collectores urbanos é levado até lá por canalisações especiaes, auxiliado, geralmente, na sua marcha pela acção poderosa de bombas e machinas de installações appropriadas.

As canalisações destinadas á passagem da agua de esgoto de Paris, desde a officina de Clichy até Triel, teem um comprimento de 28 kilometros.

A distancia a que os terrenos a irrigar ficarão da cidade depende usualmente de muitas considerações praticas.

Eis, segundo a *Royal Commission*, as vantagens e desvantagens que pôde haver em que essa distancia seja algum tanto consideravel:

#### Vantagens

O total da agua residual pôde chegar ao solo depurador com as suas substancias já desintegradas e parcialmente decompostas, dispensando qualquer tratamento preliminar.

Ha considerações sentimentaes, se não hygiénicas, para que o tratamento da agua de esgoto seja feito em regiões pouco densamente povoadas.

A distancia, o terreno é mais barato do que na visinhança immediata das cidades.

Ha mais facilidade em augmentar a area do terreno depurador parallelamente ao crescimento da população urbana.

Quanto maior é o caminho percorrido pelo liquido tanto mais uniforme será a composição e menos variavel o volume da onda a tratar.

#### Desvantagens

As materias fecaes solidas, que teem um valor definido como adubo facil de applicar, e as materias cellulosicas, que teem uma tendencia para impermeabilisar o solo, passam a este com a parte liquida que as dissolve, ao passo que na agua de esgoto fresca não é difficil separar as materias fecaes solidas e uma certa quantidade de papeis, utilisaveis depois no proprio terreno.

Quando ha processos preliminares de tratamento por fossas de sedimentação ou de precipitação, a lama tem pouco valor agricultural e é de difficil emprego.

A maior extensão da canalisação implica uma maior despeza na sua construcção (1), um gasto maior nas reparações e permite que a agua do sub-solo afflua ás canalisações em maior quantidade, augmentando assim muito o volume do liquido a tratar.

Quanto maior é a distancia a que os campos de irrigação ficam da cidade tanto mais difficil será o transporte e a venda dos productos da cultura.

---

(1) WILMENS DORF, nos arredores de Berlim, dispendeu mais de 720 contos de réis para construir uma canalisação de 18 kilometros, capaz de levar-lhe as aguas sujas aos seus terrenos irrigaveis.

Tudo bem considerado, na generalidade dos casos, parece haver, segundo a *Royal Commission*, uma certa conveniencia em que os terrenos depuradores fiquem a grande distancia da cidade.

##### 5) Constituição do solo e determinação do seu poder depurador

Quando se pretenda praticar a depuração das aguas de esgoto pelo solo é necessario attender á constituição d'este e verificar se ella permittirá a realisação da depuração em condições praticas.

D'um modo geral, pôde dizer-se que é preciso um solo bastante poroso até pelo menos um metro de profundidade.

Os terrenos argillosos compactos não convirão, porque a agua correrá á sua superficie sem os penetrar; se esta simples *irrigação superficial* pôde dar uma depuração razoavel quando, como no caso citado da cultura do arroz no Japão, seja praticada em superficies muito vastas, na maioria dos casos os resultados por ella fornecidos são illusorios ou muito incompletos, porque se não poderá dispôr de uma sufficiente extensão de terreno. Em Inglaterra, comtudo, a *irrigação superficial* em solos compactos argillosos é praticada por muitas cidades das quaes adeante vão citadas algumas (Leicester, South-Norwood, etc.); a extensão officialmente recommendada é então de 1 hectare por 61 pessoas, mas na pratica usam-se extensões menores e por isso os resultados são mans. Na Allemanha evita-se usar solos d'esta ordem e pratica-se a depuração apenas n'aquelles em que uma certa filtração seja possivel.

Notemos ainda que o calor, seccando os terrenos argillosos, pôde abrir-lhes fendas, que são tão inconvenientes como as fissuras tão frequentes nos terrenos calcareos, por permittirem uma passagem directa e rapida á agua de esgoto que, assim, sem soffrer depuração, pôde ir, mesmo muito longe, infeccionar

poços ou cisternas de que se retire agua alimentar. A *Royal Commission* cita um caso em que, n'uma *sewage-farme* em que só havia uma pequena espessura de terra vegetal cobrindo argilla fissurada, passavam aos tubos de drenagem pedaços de palha de mais de 12 millimetros de comprimento.

Um terreno compacto não ficará mais utilisavel quando se procure obter artificialmente em certos pontos a sua permeabilidade, pela abertura de fossos que se encham de materiaes grosseiros, como pedras partidas, etc.: os espaços excessivamente largos assim formados serão tão pouco appropriados para a depuração como a parte restante do solo que se deixe permanecer com a sua densidade excessiva.

As cinzas revolvidas com as camadas superficiaes de um solo argiloso, podem melhorar algum tanto as condições d'este (RIDEAL).

Um terreno lamacento e um terreno turfoso são egualmente inconvenientes. Mas um solo excessivamente permeavel, de saibro ou de areia grossa, que se deixe atravessar muito rapidamente sem dar tempo a que se produza a fixação das materias organicas, é tambem pouco appropriado. O solo de areia fina não é ainda o mais conveniente.

O melhor será um solo medio, de areia argillosa, ou ainda arenoso com um pouco de calcareo ou humus.

A existencia de bases alcalinas no solo (carbonato de cal) será vantajosa, principalmente se o liquido residual as não traz consigo. FRANKLAND, em 1870, comparando a composição chimica de dois solos em um dos quaes a nitrificação era quasi nulla ao passo que no outro se conseguia realizar diariamente a depuração de 112 litros de agua de esgoto por m<sup>2</sup>, achava que o primeiro continha menos de 2% de carbonato de cal ao passo que na composição do segundo este composto attingia 8,1%. Nos terrenos arenosos de irrigação de Berlim o lançamento de 2 1/2 a 6 toneladas de cal por hectare deu resultados lisongeiros.

\*

Desde que haja o proposito de fazer a irrigação n'um dado terreno, torna-se necessario determinar o poder depurador d'este. Para isso, preconizou FRANKLAND o processo seguinte (1): Enche-se com a terra a estudar um tubo vertical de 2 metros de altura e 25-30 cm. de diametro, assente dentro de uma tina; lança-se-lhe diariamente, durante algumas semanas, um certo volume da agua a depurar e nota se o grau de depuração obtida pelo liquido filtrado; depois, durante um novo periodo de tempo, tambem bastante longo, faz-se o lançamento de uma maior dose de liquido, da qual se verifica egualmente o grau de purificação; e, assim, ir-se-ão empregando successivamente doses crescentes de agua residual, durante periodos sufficientemente importantes, até que a analyse do filtrado indique ter sido attingida a dose maxima para além da qual a depuração do liquido se apresenta imperfeita.

Sendo conhecido o volume de terra usado na experiencia e a espessura utilisavel do solo depurador, facilmente se calcula a quantidade de agua de esgoto que poderá ser depurada por  $m^3$  e qual será a maxima tolerada por  $m^2$ .

Este modo de determinação não pôde, evidentemente, ser de resultados rigorosos, quando applicado na pratica; é preciso, com effeito, contar com a falta de homogeneidade e com as variações de espessura da camada de solo depuradora, e tambem com as variações de composição que sempre se produzem nas aguas de esgoto. Em todo o caso, o processo de FRANKLAND não deixa de ter utilidade para estabelecer de um modo approximado quaes as condições em que se deve praticar a irrigação, qual o volume de agua de esgoto que poderá ser tratado por unidade de superficie e portanto qual a extensão de terreno necessaria para obter a depuração do effluxo residual de uma dada cidade.

---

(1) FRANKLAND preconizou este processo mais especialmente para o caso da filtração intensiva.

### 6) Superfícies necessarias

Com as varias condições locais, variarão muito as superficies de solo necessarias para criação de uma *sewage-farme* onde a depuração das aguas residuaes de uma cidade se possa fazer por irrigação cultural.

É necessario fazer a distincção entre a *superficie total* da *sewage-farme* e a sua *area irrigavel total*. A *area irrigavel total* é a porção da superficie que está preparada para a irrigação e que é irrigada n'uma ou n'outra occasião no decurso do anno.

A differença entre a *superficie total* e a *area irrigavel total* tem o nome de *area superflua*; esta *area superflua*, de umas para outras *sewage-farmes*, não se mantem como uma constante percentagem da superficie total, como vemos no quadro de pag. 270-271 para varias cidades inglezas; é por exemplo de 37 % em Croydon e apenas de cerca de 13 % em Aldershot e de 12 % em Rugby.

Não deve suppôr-se que a extensão da area superflua seja cousa que não mereça attenção; pôde, pelo contrario, ter muita. Os cereaes são, como vimos, praticamente inadmissiveis na area irrigavel; ahi, a cultura deve ser de plantas, como *ray grass*, que podem tolerar grandes quantidades de agua residual, mas para as quaes é preciso achar depois da colheita uma sabida facil; por isso, ha vantagem economica, frequentemente, em empregar a *area superflua* para *leitarias* ou criação de gado alimentado com os productos da area irrigavel. Além d'isso, geralmente quando antes da irrigação a agua de esgoto soffre um tratamento preliminar que a liberta da maior parte das materias suspensas, as lamas obtidas poderão ser enterradas na area superflua. Finalmente, se esta area é susceptivel de

ser preparada para a irrigação sem muita despesa (isso depende de muitos factores — contorno superficial do solo, etc.), temos n'ella uma superficie de reserva para quando mais tarde se torne necessaria uma maior area irrigavel, sem ter que ir a outros pontos adquirir terrenos; estes podem mesmo faltar por completo e então a area superflua será utilizada, ainda que seja necessario recorrer a elevação dispendiosa do liquido por bombas quando o contorno superficial o exija.

Sem que seja possivel dar uma relação constante recommendavel da area superflua para a superficie total, porque em cada caso deve attender-se ás condições locais, pôde dizer-se, de um modo geral, que é desejavel que se possa dispôr de uma grande area superflua. Isto, partindo, naturalmente, de que a *area irrigavel total* é de conveniente extensão para o tratamento do volume de liquido residual; com effeito, é claro que uma *sewage farme* com uma area irrigavel demasiadamente pequena em relação ao liquido a tratar será condemnavel, por grande que seja a sua area superflua.

Com respeito á extensão da area irrigavel total, pôde dizer-se que, sendo as acções de nitrificação no solo relativamente superficiaes (pag. 233), torna-se necessario dispôr de terrenos muito vastos, tanto mais que em geral se attende ás necessidades da cultura, que pôde ser prejudicada por grandes doses de liquido.

Não ha accordo entre todos os autores ácerca de qual seja a base mais recommendavel para fazer o calculo das superficies irrigaveis totaes necessarias. SCUDDER e SANTO CRIMP entendem que essa base deve ser o volume diario do liquido a tratar; BALDWIN LATHAM é de opinião que a area de terra deve ser determinada de preferencia em relação com a população da cidade drenada.

Mas é necessario naturalmente attender á qualidade do solo depurador; e ainda não se deve esquecer que a existencia ou a falta de processos preliminares de tratamento do liquido lançado á terra pôde influir muito sobre a extensão d'esta que

seja a utilizar. Assim, por exemplo, o *Local Government Board*, na Inglaterra, pede 1 hectare de solo argiloso compacto por cada 61 pessoas e 1 hectare de areia grossa barrenta por cada 247 pessoas para agua de esgoto não precipitada e apenas exige 1 hectare de solo argiloso compacto por 494 pessoas e 1 hectare de solo de areia grossa barrenta por 988 pessoas quando a irrigação seja feita com agua de esgoto que tenha soffrido a precipitação chimica.

D'um modo geral, segundo a *Royal Commission*, com um solo da melhor qualidade e com um bom tratamento preliminar da agua de esgoto pôde bastar 1 hectare por cada  $336^{m^3},767$  de liquido ou por cada 2470 pessoas; alguns autores admittem mesmo que um hectare de terreno de muito boa qualidade poderá bastar para uma dose dupla de liquido ( $673^{m^3},534$ ) ou para um numero duplo de pessoas (4940 pessoas) quando previamente tenha havido uma precipitação chimica seguida de filtração por filtros especialmente construidos (RIDEAL). Com um solo inconveniente, tal como argilla, um hectare não bastará para mais de  $33^{m^3},667$ , mesmo quando a agua residual tenha soffrido uma previa sedimentação.

TATTON dá o seguinte quadro em que se mostram quaes as areas approximadamente requeridas nos differentes casos:



Solos de	Disposição do solo para distribuição do liquido a depurar, favorecendo	Sem tratamento preliminar		Com previa precipitação chimica ou sedimentação		Com previa filtração por leitos biologicos	
		Pessoas por hectare	Hectares por 1:000 pessoas	Pessoas por hectare	Hectares por 1:000 pessoas	Pessoas por hectare	Hectares por 1:000 pessoas
Areia grossa	escorrimento (irrigação superficial)	247	4,047	1:235	0,8194	2:470	0,4047
	infiltração...	370	2,695				
Barro leve..	escorrimento	247	4,047	1:235	0,8194	1:860	0,5382
	infiltração...	370	2,695				
Barro denso..	escorrimento	186	5,3946	494	2,0235	988	1,011
	infiltração...			741	1,3476	1:235	0,8094
Turfa (1) ...	infiltração...	186	5,3946	494	2,0235	988	1,011
Argilla (2) ..	escorrimento	123	8,094	247	4,047	741	1,3476

Na pratica, havendo que attender não só á composição do solo, mas tambem á composição das agnas residuaes e a varias circumstancias de local e economicas, as superficies utilizadas para a irrigação não se mantem entre si proporcionaes ás populações das respectivas cidades ou aos volumes dos seus liquidos residuaes.

Façamos notar, já aqui, uma distinção fundamental que deve ser feita entre a *area irrigavel total* de uma *sewage-farme* e a sua *area média irrigada de cada vez* ou *area activa*; esta ultima é a porção da area disposta para a irrigação que, em media, n'uma dada occasião está servindo para a purificação

(1) Os terrenos turfosos não podem ser dispostos para a irrigação por escorrimento ou superficial, por virtude do seu poder absorvente intenso, que faz com que o solo actue como esponja.

(2) A grande impermeabilidade da argilla não permite que se pratique a irrigação com infiltração.

do liquido residual. A differença entre a primeira e a segunda toma o nome de *area irrigavel superflua* ou *em repouso* e deverá ser consideravel não só para permittir ao solo o recuperar plenamente o seu poder purificador, mas tambem para facilitar o tratamento de subitos augmentos de volume da onda residual.

Esta questão da extensão da *area irrigavel em repouso* é muitas vezes dominada por considerações economicas de interesses agriculturaes, antepostos infelizmente aos interesses hygienicos. Póde acontecer que, para poupar uma dada cultura, o solo correspondente fique em repouso muito tempo e uma outra porção da area irrigavel total seja, indevidamente, continuamente irrigada, com grande prejuizo do proprio solo e da qualidade do effluente obtido. É conveniente (principalmente no caso de esgotos do systema combinador) existir uma grande *superficie irrigavel superflua* que deverá ser olhada antes de mais nada como um meio de permittir o descanso do solo recentemente irrigado e só secundariamente como um solo conveniente para a obtenção de colheitas remuneradoras. Deve comtudo dizer-se que, com uma orientação e direcção judiciosas, quanto maior é a area irrigavel superflua tanto melhor é não só a purificação do liquido, mas tambem, dentro de certos limites, o proveito economico, isto, naturalmente, suppondo que a area irrigavel irrigada em cada occasião é sufficiente para o liquido a tratar. A percentagem da area total irrigavel irrigada de cada vez varia de caso para caso, como se vê no quadro de pag. 270-271: de 16 em Beddington, é de 46 em Nottingham.

Geralmente, quando se dá a nota do volume de agua residual tratada por dia e por unidade de superficie, faz-se, por commodidade, a supposição de que em cada dia toda a superficie irrigavel soffre a irrigação uniformemente e, portanto, os numeros obtidos são medias e muito menores do que os que indicam o volume de liquido realmente tratado em cada dia por unidade de superficie irrigavel em actividade.

\*

O quadro das paginas seguintes, formado com elementos colhidos no quinto relatorio da Real Commissão Inglesa, indica, para 6 cidades, a natureza e extensão do solo depurador, o volume de liquido tratado por unidade de superficie, a população por hectare de solo sujeito a irrigação, etc. N'esse quadro vê-se bem que quando o solo é poroso e permite a filtração de liquido a área exigida é muito menor do que quando as superficies irrigadas, de permeabilidade difficil, não permitem praticamente mais do que uma simples irrigação superficial; isto, bem entendido, quando em ambos os casos se queiram obter resultados satisfactorios.

Paris utiliza um total de 5:505 hectares (1 hectare por 494 habitantes) de terreno com um sub-solo de areia argillosa uniformemente permeavel, repartidos da seguinte fórma: 905 hect. do dominio de Genevilliers, 1:500 hect. do parque agricola de Achères, 2:150 hect. em Mery-Pierrelaye e 950 hect. em Carrières-Triel, onde a agua de esgoto chega depois de um percurso de 28 kil. Com a dose legal de 40:000<sup>m<sup>3</sup></sup> por hectare e por anno (10 a 11 litros por m<sup>2</sup> e por dia)(1), os terrenos existentes, quando estejam concluidos os trabalhos da sua regularisação, conseguirão depurar 220.200.000<sup>m<sup>3</sup></sup> annuaes de agua de esgoto. Mas se se considera o debito total dos collectores alimentados não só pelos esgotos de Paris, mas tambem pelos das communes dos arrabaldes, verifica-se que uma parte das aguas residuaes tem que continuar sendo lançada

---

(1) MILLIE e DURAND CLAY em 1869, servindo-se do processo de FRANKLAND, calcularam que o solo de Genevilliers permite a depuração de uma dose diaria de 15,6 por cada m<sup>2</sup> de superficie, correspondendo a 2<sup>m</sup> de espessura (7,8 por m<sup>3</sup>). O que quer dizer que annualmente por cada hectare podem ser depurados 56.940<sup>m<sup>3</sup></sup> da agua de esgoto de Paris. Foi n'estes calculos que se baseou o relatorio da lei de 1894 para estabelecer as quantidades de liquido residual que devem ser tratadas por unidade de superficie.

Nome da povoação	Aldershot (a)
Situação da <i>sewage-farme</i> .....	em Ashvale, perto de Aldershot
Superfície total da <i>sewage-farme</i> .....	56hect.,0509
Área superflua.....	7hect.,2846
Relação entre a area superflua e a superfície total.....	cêrca de 13 %
Área irrigavel total.....	48hect.,7663
Percentagem da superfície total que constitue a área irrigavel total.....	cêrca de 87 %
Área media irrigada de cada vez.....	cêrca de 1hect.,6190
Percentagem da área total irrigavel actualmente irrigada de cada vez.....	cêrca de 33 %
Solo.....	areia
Sub-solo.....	areia
População em relação com a <i>sewage-farme</i> .....	20.000 hab.
População correspondendo a cada hectare da área irrigavel total	410 hab.
Natureza da agua de esgoto.....	domestica
Litros de agua de esgoto por habitante e dia.....	2271,175
Onda de tempo sêcco de 24 horas.....	4543 <sup>m</sup> ,5
Quantidade de liquido residual de tempo sêcco tratado por hectare da área irrigavel irrigada em 24 horas.....	280 <sup>m</sup> ,770
Quantidade de agua residual tratada por hectare em 24 horas horas, suppondo que cada hectare da área irrigavel total está permanentemente soffrendo irrigação (1).....	93 <sup>m</sup> ,126
Methodo de tratamento.....	Passagem por grades, sedimentação e irrigação com infiltração.

**Observações:** — (a) O volume tratado por hectare é grande de mais para que-se A agua residual é muito concentrada. — (b) O volume tratado por hectare é exagge-fosse preparada para favorecer a infiltração, os resultados seriam melhores. — (c) O — (e) Os effluentes são, uniformemente, de excepcional pureza. O volume de liquido o affluente se tornasse mau. — (f) O volume tratado por hectare é exaggerado; os

(1) Isto, é claro, nunca acontece na pratica; o fim d esta supposição é apenas facilitar a comparação das

Croydon (Beddington) (b)	Leicester (c)	South Norwood (d)	Nottingham (e)	Rugby (f)
a 4.800 <sup>m</sup> de Croydon	a 3.200 <sup>m</sup> de Leicester	perto de South Norwood	em Stoke-Bar-dolph, a 8.000 <sup>m</sup> de Nottingham	em New Bilton, a 1.600 <sup>m</sup> de Rugby
272hect.,5654	687hect.,9495	77hect.,2977	367hect.,0629	16hect.,188
102hect.,5914	141hect.,6045	15hect.,7833	103hect.,6032	2hect.,0235
cêrca de 37 %	cêrca de 20 %	cêrca de 20 %	cêrca de 28 %	cêrca de 12 %
169hect.,974	546hect.,345	61hect.,5144	263hect.,4597	14hect.,1645
cêrca de 62 %	cêrca de 79 %	cêrca de 79 %	cêrca de 71 %	cêrca de 87 %
28hect.,3290	136hect.,3839	20hect.,235	121hect.,41	2hect.,8329
cêrca de 16 % barro arenoso grosso	cêrca de 25 % argilla	cêrca de 33 % argilla	cêrca de 46 % barro arenoso pouco denso e saibro	cêrca de 20 % barro denso
areia e saibro	argilla densa	argilla	areia e saibro	argilla densa
100.000 hab.	197.000 hab.	21.000 hab.	258.584 hab.	6.000 hab.
588 hab. domestica	360 hab. $\frac{3}{4}$ domestica	340 hab. domestica	980 hab. $\frac{4}{7}$ domestica	422 hab. principalmente domestica
	$\frac{1}{4}$ residual de industrias		$\frac{3}{7}$ residual de industrias	
1811,740	1661,930	1291,4897	1221,674	2271,175
181 <sup>m3</sup> ,74	32.940 <sup>m3</sup> ,375	2726 <sup>m3</sup> ,1	31.804 <sup>m3</sup> ,5	1.363 <sup>m3</sup> ,05
641 <sup>m3</sup> ,05	241 <sup>m3</sup> ,37	134 <sup>m3</sup> ,72	261 <sup>m3</sup> ,583	480 <sup>m3</sup> ,065
106 <sup>m3</sup> ,590	60 <sup>m3</sup> ,251	44 <sup>m3</sup> ,88	120 <sup>m3</sup> ,615	95 <sup>m3</sup> ,37
Passagem por grades e irrigação, em parte superficial, em parte com infiltração.	Passagem por grades, sedimentação e irrigação, em parte superficial, em parte com infiltração.	Passagem por grades, sedimentação e irrigação superficial.	Passagem por grades e irrigação com infiltração.	Passagem por grades, precipitação chimica, sedimentação e irrigação, em parte superficial, em parte com infiltração.

obtenha uma boa purificação. Em todo o caso, a percentagem de depuração é elevada. rado, para que se possam ter resultados dos mais lisonjeiros; se toda a superficie volume tratado é exaggerado; os resultados não são dos melhores. — (d) Como atraz. tratado diariamente por unidade de superficie poderia aumentar bastante sem que resultados não são lisonjeiros.

diferentes *sewage-farms*, com respeito ás quantidades de agua residual tratada.

ao Sena sem depuração, como até agora acontece. Em 1904, os collectores deram passagem a 268.397:561<sup>m³</sup>, dos quaes 215.967:218<sup>m³</sup> foram lançados aos campos, na dose media de 39:231<sup>m³</sup> por hectare-anno e 51.509:828<sup>m³</sup> (isto é, 141.670<sup>m³</sup> por dia) foram lançados ao rio sem depuração (1).

REIMS trata, a 6 kil. a N. O. da cidade, em 600 hectares de mau terreno (delgada camada de humus rico em calcareo repousando sobre calcareo fissurado) em parte pantanoso, os seus 40.000<sup>m³</sup> diarios de aguas residuaes, na sua quasi totalidade de industria e pouco ricas em materia organica (as materias fecaes são excluidas dos esgotos por falta de agua para as remover por fluctuação); esta pobreza de substancia organica concorre para que um solo de tão fraca qualidade não se torne insufficiente na depuração.

Na Allemanha, Berlim (1.600.000 habitantes) envia, por 7 collectores, os seus liquidos sujos para dois grupos de dominios, um situado a 6 kilometros a N. E. da cidade, outro a 12 kilometros a S. O., com um total de 15.722 hectares de terreno de alluviões, ora marnoso, ora argilloso e arenoso, ora arenoso, e por vezes turfoso. Os campos de irrigação de Berlim teem uma area correspondente a 1 1/2 vezes a área da cidade (RIDEAL). D'aquella superficie, 7.720 hect. estão por ora de reserva, cultivados como prados, bosques, jardins, parques, etc., e só 8.000 hectares (1 hect. por 200 habitantes) são utilizados para depurar os 240.000<sup>m³</sup> (CALMETTE) diarios do effluxo urbano, o que dá um tratamento de 10.800<sup>m³</sup> por hectare-anno, de 30<sup>m³</sup> por dia e hectare ou de 3 litros por m<sup>2</sup> e dia. A dose legal é de 12.000<sup>m³</sup> por hectare e anno ou 3<sup>1</sup>,29 por m<sup>2</sup> e dia) (2).

(1) Note-se que, na realidade, nem todo o liquido enviado pelas bombas para os terrenos de irrigação é aproveitado n'esta; uma grande parte d'elle é deixada escoar para o rio, indepurada, pelos arrendatarios das terras que praticam a cultura livre e não utilizam senão a dose de agua de esgoto que á vegetação convém, sem se preocuparem com os interesses da hygiene.

(2) Vê-se portanto que a superficie dos campos de irrigação de

BRESLAU, para tratar as aguas residuaes dos seus 360.000 habitantes, tem 1:742 hectares de terreno formado por uma camada argillosa, mas bastante permeavel, de 0<sup>m</sup>,50 de espessura, assente em areia perfeitamente permeavel.

O quadro de GEISSLER apresentado adeante mostra as superficies usadas na Allemanha para a irrigação depuradora dos liquidos residuaes de varias cidades.

Na India, onde a agua de esgoto é mais concentrada do que na Europa (segundo SILK, em Calcuttá a agua de diluição das fezes e urina corresponde a 13<sup>l</sup>,600 por cabeça e dia) e onde a temperatura favorece as acções nitrificadoras, são exigidas extensões menores para a irrigação. Segundo JONES, poderia bastar 1 hectare de bom solo por cada 1:235 pessoas, com um consumo diario de 68 litros por cabeça.

Mádras, em 1901, lançava diariamente parte (18.172<sup>m</sup><sup>3</sup>) da sua agua de esgoto nos terrenos de varias quintas e por vezes o total (68.151<sup>m</sup><sup>3</sup>) em uma quinta de solo arenoso situada junto ao mar, n'uma enorme extensão.

Em Melbourne, Sydney e outros pontos da Australia, ha tambem grandes superficies arenosas que se utilizam para a depuração das aguas de esgoto.

---

Berlim é muito maior do que a dos de Paris, apesar d'esta cidade ter um effluxo muito mais consideravel. Mas as aguas de Berlin são de concentração dupla das de Paris e as areias da bacia do Sena são muito mais convenientes do que as areias dos arredores de Berlin, em que a camada permeavel é apenas de 1-1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> metro ao passo que attinge 3 a 6 metros nos dominios de Paris.

Se suppozermos o caso de uma cidade da Europa de 20.000 habitantes drenada pelo systema separador e com um effluxo correspondendo a 100 litros diarios por pessoa, é facil de vêr que quando se disponha de terrenos de grande poder depurador, permittindo o tratamento de 40.000<sup>m</sup><sup>3</sup> por hectare e anno (como os campos de irrigação de Paris), bastarão 18 hectares para a depuração dos seus 2.000<sup>m</sup><sup>3</sup> diarios de liquidos residuaes, ao passo que 60 hectares, pelo menos, seriam necessarios se o solo, como o dos arredores de Berlin, não tolerasse mais do que 12.000<sup>m</sup><sup>3</sup> por hectare e anno.

7) Distribuição do liquido segundo a natureza do solo.  
Configuração e preparo da superficie d'este

O liquido residual quando chegado aos campos de irrigação sai das canalisações, que até ahí lhe deram passagem, para canaes secundarios que o levam a cada um dos lotes em que a superficie do solo se acha dividida. Estes canaes sub-dividem-se, mais ou menos, estabelecendo a communicação com outros mais pequenos, dos quaes o liquido passa directamente ás superficies depuradoras. Fôrma-se, assim, em cada lote de terreno uma rede ou um circuito de canaes distribuidores.

A agua residual não deve affluir a uma dada porção de solo de um modo continuo, mas sim com intervallos de tempo sufficientemente grandes para que a terra não fique ensopada e o seu arejamento seja possivel.

Aqui levanta-se a questão da intermittencia, muito mais complexa do que á primeira vista pôde parecer.

Quanto mais poroso é o solo tanto mais agua de esgoto é usualmente tratada por hectare; mas, se convém mais irrigar intensamente uma área limitada com longos intervallos de repouso, ou irrigar parcimoniosamente uma grande área com intervallos pequenos, é um ponto a esclarecer.

Sendo dada a relação entre a *area em actividade* e a *area irrigavel total*, tambem não sabemos se é melhor ter periodos longos, se periodos curtos de actividade e repouso: por exemplo, suppondo que a *area activa* está para a *area irrigavel total* como um para dois, deve irrigar-se a primeira em dias alternados, em semanas alternadas ou em mezes alternados? Na pratica occorrem grandes variações nas diferentes *sewage-farmes*, mas para cada uma d'estas as variações não são consideraveis, excepto quando grandes volumes de aguas residuaes acodem aos campos de irrigação (*Royal Commission*).



Em Paris, por exemplo, todo o debito diario é lançado n'uma grande parte da extensão total dos dominios; no dia seguinte, n'outra e assim successivamente, para só passados tres ou quatro dias voltar á primeira, que durante esse tempo tem ficado em descanso.

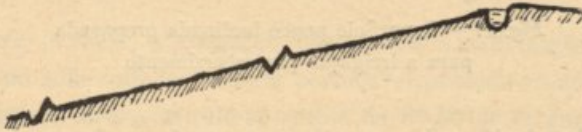
\*

A boa repartição do liquido no solo é um problema difficil de resolver.

Para que a irrigação possa ser feita com regularidade e nas melhores condições é preciso preparar o solo por fórmula que variará com a configuração superficial e com a natureza d'este.

O processo de escorrimento do liquido sobre superficies inclinadas deve ser o preferido para nos solos argillosos compactos, pouco permeaveis, fazer a *irrigação superficial*, a unica ahi realisavel praticamente.

Se o solo é naturalmente em rampa accentuada (*fig. 15*) abre-se na parte mais elevada da superficie a irrigar um canal



*Fig. 15* — Superficie inclinada preparada para a irrigação por escorrimento

de 40 a 70 cm. de largura por 15 a 25 cm. de fundo; a agua de esgoto lançada n'este canal sai d'elle por trasbordamento e escorre pelo declive, molhando os pés das plantas ahi existentes; a parte não absorvida accumula-se, mais abaixo, em um pequeno fosso ou por detraz do obstaculo formado por um pequeno dique, um ou outro dispostos parallelamente ao canal superior

\*

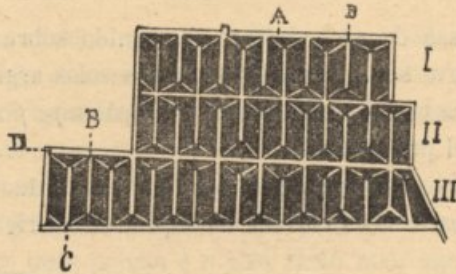
de affluencia. Logo que o liquido attinge ahi uma certa altura, de novo trasborda e escorre pelo plano inclinado que se segue, até encontrar outro fosso ou dique que momentaneamente o detenha; e assim successivamente.

Se o solo compacto é pouco inclinado (*fig.<sup>s</sup> 16 e 17*), então é preciso obter artificialmente as rampas para o escorrimento



*Fig. 16* — Superfície pouco inclinada preparada para a irrigação por escorrimento. (Secção transversal)

do liquido. Cava-se o terreno com gotteiras paralelas, de 50 metros de comprimento pouco mais ou menos, formadas por planos rectangulares convergentes de 6 a 7 metros de largura,



*Fig. 17* — Superfície pouco inclinada preparada para a irrigação por escorrimento

inclinados de  $\frac{1}{50}$  a  $\frac{1}{150}$  e onde a vegetação se desenvolve (*I*). Os planos de gotteiras visinhas unem-se dois a dois pelos seus bordos superiores, formando cristas paralelas, distanciadas de 12 a 14 metros. Estas cristas são cavadas em toda a sua extensão de uma regueira (*B*), onde a agua de esgoto afflue de um canal de distribuição (*A*) disposto á mesma altura e perpendicularmente á direcção das cristas. O liquido caminha nas regueiras graças a uma ligeira inclinação (de  $\frac{1}{600}$  a  $\frac{1}{300}$ ) d'estas e, tendo-as enchido em toda a extensão, trasborda, escorrendo pelos planos inclinados, banhando os pés das plantas ahi dispostas; a parte não absorvida pelo solo, chegando aos

espaços angulares (*C*) das gotteiras, caminhará n'estas em virtude de uma inclinação egualmente muito ligeira, dirigindo-se para um novo canal de distribuição a uma segunda série (*II*) de regueiras, das quaes, por fôrma semelhante, escorrerá para gotteiras constituídas por planos inclinados. Geralmente, este tratamento por escorrimento do liquido repete-se, uma vez ainda, n'um terceiro leito (*III*) de cristas e gotteiras, antes que se dê por realisada a depuração. A inclinação aqui exigida para assegurar o deslocamento do liquido é muito pequena; comtudo nem sempre é facil obte-la; e vê-se frequentemente a applicação d'este processo dar logar á estagnação de uma maior ou menor porção de liquido, que se accumula, «dormente», em espaços que deveriam servir-lhe apenas de passagem.

A irrigação por escorrimento necessita sempre de muita vigilancia e é difficil de regular. Por isso, ainda que seja possível empregar-a tambem para os solos porosos, prefere-se em geral para estes, principalmente quando pouco inclinados, a irrigação por outros processos que permittam aproveitar melhor a acção absorvente das superficies, a não ser nos casos em que as terras sejam muito baixas e só muito difficilmente possam deixar escoar a agua que tenham absorvido.

Para praticar a irrigação permittindo a penetração do liquido no solo sufficientemente permeavel procede-se em geral da seguinte fôrma: abrem-se sulcos de 0<sup>m</sup>,50 de largura e 20 a 60 metros de comprimento, deixando entre elles elevações de terreno, em fôrma de fitas de pouco mais ou menos um metro de largura. A vegetação é disposta na parte alta e plana d'estas (*fig. 18*) ou ainda nas suas partes lateraes ligeiramente obliquas,



*Fig. 18* — Superficie preparada para a irrigação por infiltração

mas só até ponto que não seja alcançada pelo liquido (*fig. 19*), que é lançado nos sulcos por um canal perpendicular á direcção

d'elles. Se o solo absorve bem a agua, esta, infiltrando-se n'elle, irá molhar as raizes das plantas.

Este processo de irrigação cultural, *por infiltração* do liquido nos sulcos intermediarios a leitos cultivados, é o seguido em quasi todos os dominios da cidade de Paris; em Genevilliers e Achères, notadamente, o solo de areia argilosa é preparado d'esta fôrma e plantado de arvores de fruto, flores e alguns prados. Na Allemanha, é esta pratica tambem muito seguida.

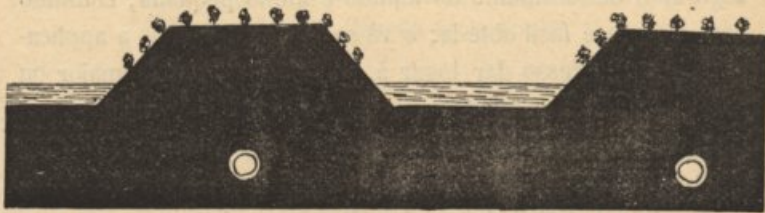


Fig. 19 — Superfície preparada para a irrigação por infiltração

Sob o ponto de vista da cultura, com esta fôrma de irrigação ha a vantagem de as folhas e as hastes das plantas destinadas ao consumo não serem conspurcadas pela agua de esgoto; mas ha o inconveniente de se perder muito terreno cultivavel com os numerosos canaes de distribuição e sulcos de irrigação e com os caminhos de passagem para chegar aos leitos cultivados.

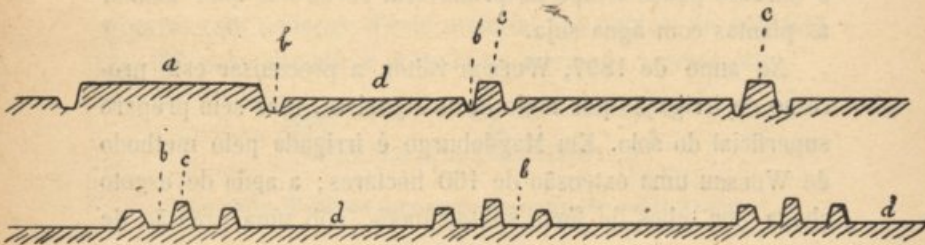
Só n'uma superficie muito pouco inclinada ou horizontal é que este processo de irrigação pôde ser posto em pratica; conveem, portanto, para elle os solos permeaveis que naturalmente tenham já uma superficie assim. Os solos permeaveis muito inclinados terão que ser previamente dispostos em successivos terraços horizontaes (*fig. 20*) ou quasi, a não ser que



Fig. 20 — Superfície inclinada, preparada em terraços para a irrigação por infiltração

se prefira irrigal-os por escorrimento, como acima ficou indicado para os solos compactos; n'este caso, a inclinação de terreno pôde ser favoravel até certo ponto, permitindo que a agua penetrada no solo caminhe obliquamente nas camadas superficiaes d'este, onde a nitrificação é mais intensa.

Nos terrenos planos e de superficie bem horizontal (*fig.<sup>s</sup> 21 e 22*) ainda se pratica, se bem que menos vezes e principal-



*Fig.<sup>s</sup> 21 e 22* — Superficies horisontaes preparadas para a irrigação por submersão

mente no inverno, a irrigação chamada por *submersão*. Para isso formam-se bacias mais ou menos extensas (1-10 hectares) (*d*) rodeadas por um canal (*b*) d'onde a agua sai, espalhando-se na superficie plana n'uma altura de 25-50 cm.; do lado exterior o canal tem um bordelete elevado (*c*) formando dique que impede a sahida do liquido para fóra da bacia inundada. Nos solos compactos a evaporação, nos solos permeaveis a evaporação e a infiltração vão fazendo desaparecer o liquido. Os solos divididos em leitos para cultura com sulcos de irrigação intermedios são por vezes submergidos, quando ainda não esteja feita a plantação.

GERSON recommendou em 1882 um systema de irrigação que já tinha sido proposto alguns dez annos antes em Inglaterra (Fulham): Regularisam-se o mais possivel superficies quadradas de 2-3 hectares que se rodeiam com sulcos de  $\frac{1}{2}$  metro de fundo, pouco mais ou menos, feitos com uma charrua especial; a terra tirada fôrma muros de  $\frac{1}{2}$  metro de alto. A

agua de esgoto é trazida ao campo de irrigação por uma rede de canaes subterraneos providos, de 200 em 200 metros pouco mais ou menos, com pequenos ramos a que se ligam, por uma articulação movel, tubos que duas pessoas levam á posição conveniente. A agua corre de orificios lateraes abertos n'estes tubos ou é espalhada pela utilização de uma mangueira com agulheta. Em Inglaterra deixou de usar-se este processo, principalmente porque o seu emprego só pôde ser feito no inverno e durante pouco tempo na primavera, se se não quer molhar as plantas com agua suja.

No anno de 1897, WULSCH voltou a preconisar este processo de irrigação por meio de mangueiras, mas sem preparo superficial do solo. Em Magdeburgo é irrigada pelo methodo de WULSCH uma extensão de 160 hectares; a agua de esgoto chega por tubos de ferro subterraneos, sob uma pressão de quatro atmospheras, e é espalhada por meio de tres tubos de ferro, de 70 a 80<sup>mm</sup> de secção e 400-600 metros de comprido, collocados á superficie do solo, e por meio de uma mangueira de 20 metros de comprido e 60<sup>mm</sup> de diametro com um orificio dando um jacto de 30<sup>mm</sup> de diametro; a agua é, de cada vez, lançada até corresponder no solo a uma altura de 5 a 10<sup>mm</sup>. Com o methodo de WULSCH dispendem-se em Magdeburgo apenas 35\$680 réis para a preparação de cada hectare de terreno, ao passo que para preparo da superficie para a irrigação com sulcos e taboleiros de cultura se gastariam 245\$300 réis, segundo DUNBAR. A irrigação pelo methodo de WULSCH, além de exigir apenas  $\frac{1}{7}$  do que exige a irrigação pelos methodos usuaes, nas despezas de installação e preparo do solo, parece que dá um rendimento agricultural duas ou tres vezes superior aos d'estes, porque a herva regada com mangueira tem em Magdeburgo uma maior procura.

É preciso apontar a *irrigação subterranea*, praticada em primeiro lugar por CHARPENTIER junto a Bordeus, depois por HENRI HOULE em Inglaterra, e finalmente em 1875 na America do Norte por WARING, que estabeleceu os principios technicos

do processo; este tem sido applicado principalmente a pequenas agglomerações, como casas particulares, prisões, hotéis, e, n'um caso, a uma aldeia.

A agua de esgoto, depois de libertada o mais completamente possivel das suas materias suspensas, passa a tubos distribuidores subterraneos, de 5-10 cm. de diametro, collocados no solo arenoso a uma profundidade de 0<sup>m</sup>,30, e tendo á distancia de 1-2 metros, de cada lado, tubos de drenagem, de grés, collocados extremo a extremo e mal unidos, assentes sobre telhas e cobertos com pedaços d'este material nos pontos de contacto (*fig. 23*) para impedir a entrada da terra, de vermes, etc.



*Fig. 23* — Tubo de drenagem na irrigação subterranea

Este modo de fazer irrigação é recommendavel quando se queira, por preocupação esthetica, evitar na medida do possivel a vista desagradavel dos liquidos sujos á superficie dos terrenos.

*A priori*, o maior inconveniente d'este systema está na difficuldade de, quando haja entupimento dos tubos de distribuição, verificar o ponto em que esse entupimento se produziu. Parece comtudo que, praticamente, este receio não encontra fundamento em nenhuma das 70 installações citadas por WARING, que funcionam satisfactoriamente; o custo maximo de uma installação para casa particular seria, na America, de 892,5000 réis.

Este processo de irrigação não terá occasião de ser generalisado na pratica para a depuração das aguas residuaes das grandes agglomerações.

Quando a configuração geologica permita que, em virtude da existencia de differenças de nivel, a agua entrada no solo volte á superficie, formando fontes, é possivel que esta segunda parte do trajecto complete a nitrificação que na primeira parte se tenha realisado incompletamente.

De um modo geral, pôde dizer-se que o solo de superficie melhor configurada é aquelle em que esta se dirige, em rampa regular e pouco accentuada, para um curso de agua, terminando em altura que, quando das cheias, fique de 1<sup>m</sup>,2 a 1<sup>m</sup>,5 acima do nivel do liquido.

N'um solo completamente horizontal e n'um solo muito inclinado ou accidentado é egualmente muito difficil regular a distribuição e o escoamento do liquido.

Notemos que todos os processos de irrigação cultural que ficam descriptos podem ser usados n'um mesmo dominio, segundo a configuração local do solo e segundo tambem as qualidades da cultura.

O preparo superficial do terreno a irrigar exige por vezes que se faça a regularisação de niveis tirando terra dos pontos elevados e enchendo as depressões; d'aquelles pôde, assim, desaparecer a terra cultivavel e estas ultimas podem ser cheias com terra de má qualidade, de caminhos ou fossos. D'estes factoe resulta no principio, geralmente, uma má influencia sobre a prosperidade da cultura (em Malchow, Berlim, ainda passados 25 annos se faz sentir essa influencia).

É necessario tambem notar que nos fossos e divisorias entre varios lotes de terreno se perde muito espaço e que haveria por isso vantagem em que esses lotes fossem bastante extensos. Mas além de 50 metros a agua não se destribue regularmente e a irrigação torna-se defeituosa. Por isso usam-se lotes medios, em geral de 50 ares, com 50 metros de largura por 100 metros de comprimento.

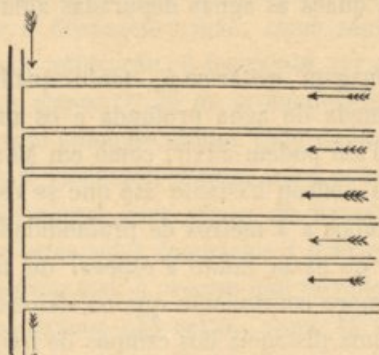
### 8) Drenagem

Não deve esquecer-se que é preciso manter o solo n'um estado de humidade que não impeça a nitrificação, que cessa quando o solo se ensôpa. Por isso, em geral, pratica-se uma



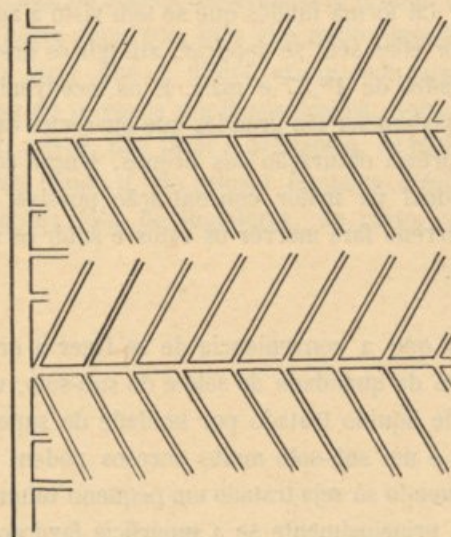
drenagem d'este por um systema de tubos, perfurados ou não, de betão, grés ou barro, collocados a maior ou menor profundidade, uns em seguida aos outros, mal unidos, permittindo a entrada do liquido.

Estes tubos são umas vezes dispostos em linhas paralelas, affluindo a um canal perpendicular (*fig. 24*); outras vezes



*Fig. 24* — Drenagem por tubos paralelos

affluem obliquamente a um e outro lado de um canal, formando com este uma especie de espinha (*fig. 25*). A primeira dispo-



*Fig. 25* — Drenagem em espinha

sição é preferivel, segundo o relatorio da *Streford Sewage Farm*.

Por vezes, a agua effluente d'estes tubos reune-se em canaes descobertos, em pequenos regatos que contribuem para formar lagos, pequenas ilhas, etc., que servem de embellezamento ao dominio. Descobertos são quasi sempre os canaes terminaes pelos quaes as aguas depuradas affluem ao rio mais proximo.

Com a drenagem evitar-se-á, tanto quanto possivel, a elevação da camada de agua profunda e os maus resultados sanitarios que d'ahi podem advir, como em Mery e Triel, em que a população soffreu bastante até que se estabeleceu uma drenagem por tubos a 4 metros de profundidade.

Mas, apesar de haver muito a esperar de uma drenagem bem feita, é sempre conveniente que na vizinhança immediata e mesmo a alguma distancia dos campos de irrigação não haja poços ou cisternas de que se retire agua para alimento.

Com effeito a infecção do liquido d'estes reservatorios pôde dar-se mesmo quando a qualidade dos terrenos, não excessivamente porosos e aparentemente isentos de brechas ou fissuras, o não deixe suppôr. Os ratos e os vermes cavam tócas e buracos por tal fórma fundos que se tem visto a agua residual, passando por elles sem se depurar, attingir os drenos situados a profundidades de 4<sup>m</sup>,37 e mais. E os inconvenientes d'aqui resultantes podem ser tão grandes que em certos casos convém, depois de previa obturação dos drenos, lançar aos campos o liquido residual na maior concentração possivel; o embebiamento do terreno fará morrer os ratos e subir os vermes para a superficie.

Notemos que a conveniencia de se fazer a drenagem depende não só da qualidade do solo e do sub-solo, mas tambem do volume de liquido tratado por unidade de superficie.

Um solo e um sub-solo muito porosos podem dispensar a drenagem quando só seja tratado um pequeno volume de liquido por hectare, principalmente se a superficie favorece o escorrimto do liquido, porque então este terá tempo de se escoar

das camadas filtrantes. Mas em geral a dose de liquido é muito grande e sem a drenagem o solo ficaria embebido durante tempo excessivo. N'estes solos a *Royal Commission* recommenda que os drenos sejam collocados a uma profundidade de 1<sup>m</sup>,8 e a uma distancia de 20 metros uns dos outros.

Um solo compacto, em que o processo de escorrimento será sempre o seguido na irrigação, poderá tambem em certos casos dispensar a drenagem; mas, como sempre se dá na pratica uma certa infiltração, é frequente vêr collocar drenos a pouco mais ou menos 0<sup>m</sup>,75 de profundidade, dispostos de modo que o liquido effluente d'elles volte de novo á superficie do solo (graças á inclinação d'este) para poder soffrer mais ampla depuração n'uma nova phase de irrigação superficial. Mas, para que n'estes solos compactos a drenagem não venha a tornar-se antes um mal, é preciso que as vallas abertas para a collocação dos drenos não sejam, como ás vezes acontece, cheias de materiaes mais ou menos grosseiros e que os canaes de distribuição do liquido á superficie não fiquem na vertical dos drenos. Pois que de contrario o liquido não atravessaria o terreno compacto, mas sim os materiaes de enchimento excessivamente permeaveis que separassem dos canaes de distribuição á superficie os drenos enterrados; o liquido que a estes chegaria não seria depurado, mas sim muito impuro.

É forçoso dizer que é difficil evitar completamente este perigo no caso de terrenos argillosos densos. Seria mesmo recommendavel, talvez, não fazer a drenagem, se não fosse mais recommendavel ainda o não utilizar terrenos d'esta natureza para a irrigação; fóra de Inglaterra, de resto, ninguem os utiliza.

### 9) Tratamento preliminar das aguas de esgoto destinadas á irrigação

O lançamento, aos campos de irrigação, do liquido residual tal como existe nos collectores dá geralmente maus resultados.

As aguas de esgoto conteem gorduras (1) e materias suspensas, muitas das quaes de natureza cellulosa, que teem um poder impermeabilizante muito notavel. Todas estas substancias formam uma camada de revestimento ao solo, camada que, se no principio é delgada bastante para se fender durante o intervallo que deve medear entre duas irrigações, acaba, em resultado de sobre-posições successivas, por adquirir uma espessura sufficiente para impedir a infiltração da agua de esgoto no solo e o arejamento d'este. Torna-se então necessario o revolvimento por charrua ou a raspagem das superficies feita por qualquer fórma; as substancias do revestimento impermeabilizante são incorporadas no solo e, pela sua decomposição rapida, concorrem para enriquecel-o, sob o ponto de vista agricultural.

Mas para evitar a necessidade de revolvimentos superficiaes repetidos, sempre incomodos e demorados, reconheceu-se a conveniencia de só irrigar o solo com agua de esgoto previamente libertada da gordura e das materias não dissolvidas mais grosseiras.

\*

Em alguns casos, faz-se passar em primeiro logar a agua residual atravez de plantações de vimes, que actuum como grades.

---

(1) Segundo SCHREIBER póde calcular-se que a agua de esgoto arrasta 20 gr. de gordura por habitante e por dia.

As gorduras e os sabões prejudicam o desenvolvimento das plantas.

Em Paris e Columbus as materias fluctuantes são retiradas por grades limpas automaticamente (vol. 1, pag. 188).

Algumas vezes, utilizam-se filtros de materiaes grosseiros que afinal actuam não só mecanicamente, mas tambem biologicamente (vol. 1, pag. 189).

Em Osdorf (Berlim), as aguas passam nas bacias de sedimentação descriptas no vol. 1 a pag. 199.

Instalações d'esta ordem teem os inconvenientes de serem bastante dispendiosas na construcção e pessoal e o de roubarem muito espaço não só para a decantação das aguas, mas tambem para a seccagem das lamas, mal cheirosas e difficeis de utilizar. As lamas, apesar de ricas em phosphoro e azote, são prejudiciaes para as plantas quando contenham grandes quantidades de gordura e de cellulose; procurar-se-á, então, conseguir a destruição d'estas substancias, pela exposição das lamas ao ar e á acção dos fungos e bolóres durante 6 mezes, revolvendo-as frequentemente; seguidamente serão deixadas um anno em repouso para serem depois utilizadas, mas ainda então deverão ser enterradas a 15-18 cm. de profundidade, para que não sejam atingidas senão pelas raizes das plantas já desenvolvidas. Lamas d'esta natureza podem tambem ser queimadas; a gordura e a cellulose auxiliam a combustão e as cinzas servem para adubo.

Mas nos casos de aguas ricas em gordura o mais conveniente é ainda, talvez, adoptar os apparelhos KREMER (vol. 1, pag. 201), como se faz em Osdorf, ou outros apparelhos que, occupando relativamente pouco logar, permitam a separação da gordura, dando lamas faceis de prensar e seccar, utilisaveis como adubo, ou como combustivel quando contenham muita cellulose.

Mas ao tratamento preliminar mecânico ou physico prefer-se por vezes o da precipitação chimica. É preciso empregar, então, compostos que não impeçam ou prejudiquem a nitrificação que se deve produzir no solo. Os melhores precipitantes parecem ser os compostos de ferro e aluminio (mistura alu-

mino-ferrica) e a cal, os quaes até certo ponto parecem favorecer as acções oxydantes.

Além d'estes processos physicos e chimicos pôde empregar-se, para tratamento preliminar das aguas de esgoto destinadas à irrigação, o processo biologico das fossas septicas, como tambem se faz em Berlim; as lamas obtidas são relativamente pouco putresciveis, sem cheiro fecaloide, não fermentam, e seccam-se mais facilmente do que as da sedimentação e da precipitação chimica.

Em certos casos a agua de esgoto é lançada ao solo só depois de ter sido tratada em leitos biologicos de oxydção. N'estes casos, a irrigação com liquido já relativamente depurado é ou um processo complementar de depuração, ou simplesmente um meio de aproveitamento do valor agricultural do effluente dos leitos bacterianos, rico em nitratos. A este assumpto voltaremos mais tarde, no sitio proprio.

O uso de tratamentos preliminares diminue muito o perigo da impermeabilisação do solo e permite que os terrenos destinados a tratar uma dada quantidade de liquido residual tenham uma extensão muito mais reduzida do que se se lhes lançasse a agua residual bruta.

#### 10) Resultados obtidos pela irrigação cultural para a depuração do liquido residual

##### a) Sob o ponto de vista chimico

Se é de boa qualidade e bem preparado o solo em que se faz a irrigação e se esta é praticada segundo as regras que

ficaram indicadas, obtém-se, em geral, uma depuração muito lisongeira do liquido sujo. Esta depuração, n'um terreno em começo de funcionamento, só se manifesta depois de algumas semanas, quando as proprias aguas de esgoto tenham trazido ao solo um numero sufficiente de germens. Mas desde então mantem-se os bons resultados, de inverno como de verão, a não ser que a temperatura desça tanto que obste a que a irrigação se faça (a congelação da agua no solo diminue a permeabilidade d'este de modo notavel) ou a nitrificação se produza.

O tempo de chuva não é favoravel, mas não prejudica excessivamente a depuração, quando o systema seja o separador; a altura de aguas pluviaes annualmente cahida sobre uma dada superficie de solo depurador é insignificante em comparação com a agua residual que a esta superficie é lançada no mesmo tempo; além d'isso, a diluição do liquido effluente compensa um pouco a imperfeição da depuração que tenha soffrido. Com o systema combinador, havendo grandes affluencias de liquido em tempo de chuva, a depuração soffrerá, quando não haja superficies especiaes para tratar o excesso de onda.

O effluente é, em geral, claro, muito limpido, praticamente liberto de materia suspensa, e a analyse chimica mostra-o muito empobrecido em materia organica e ammoniaco e com certa quantidade de nitratos. Estes, comprehende-se bem, não correspondem a todo o azote primitivo, do qual 60 % em media (40 % a 75 %) desaparecem durante o processo de depuração, quer no ar sob a fórma de azote gazoso, quer assimilado pelas plantas (geralmente como nitratos), vermes, etc. A quantidade de nitratos do effluente depurado será maior no inverno do que no verão, porque no tempo frio as plantas absorvem os nitratos muito mais lentamente.

Os estudos da *Royal Commission* em Inglaterra mostram que nas 6 *sewage-farms* escolhidas para observação systematica a depuração chimica do liquido, calculada pelo oxygeneo atmosferico consumido além do oxygeneo contido no effluente sob

a fôrma de nitrato, é de 98 %, em media. Eis a composição das aguas residuaes e dos effluentes depurados nos varios casos:

Composição chimica media (1), em mgr. por litro, das aguas de esgoto (2) e effluentes depurados pelo solo, em varias cidades inglesas

Nome da cidade.....	Aldershot		Croydon (Beddington)		Leicester		Nottingham		Rugby		South- Norwood	
	agua de esgoto	effluente depurado	agua de esgoto	effluente depurado	agua de esgoto	effluente depurado	agua de esgoto	effluente depurado	agua de esgoto	effluente depurado	agua de esgoto	effluente depurado
Azote total.....	133	60	71,8	22	81,2	25,3	76,9	22,7	96,5	23,1	52,0	23
Azote ammoniacal.....	78,7	18,5	45	14,8	81,2	16,5	39,8	1,3	61,1	16,2	35,4	8,7
Azote organico total....	50,6	—	20,7	2,6	23,4	4,5	31,5	—	32,9	—	14,9	—
Azote albuminoide.....	16,2	2,6	9,1	1,4	11,9	2	14,5	0,3	17,3	1,8	6,7	1
Azote nitroso + azote nitrico.....	—	32,1	—	3,7	—	5,1	—	20,6	—	5,2	—	3,9
Oxygeneo consumido á custa do permanganato em 4 horas a 26°,7 C.	207,9	27,2	124,8	14,1	223,5	25	231,2	1,9	84,4	14,1	77,1	14,4
Chloro.....	149,8	—	83,4	—	133,8	—	136,8	—	99,9	—	74,5	—
Solidos suspensos.....	366	—	345	—	341	—	519	—	473	—	219	—
Prova da incubação (per- centagem das amos- tras que não adquirem cheiro).....	—	89%	—	73%	—	92%	—	100%	—	75%	—	75%
Depuração chimica ex- pressa pela redução na quantidade:												
do azote albuminoide...	—	84%	—	89%	—	85%	—	99%	—	89%	—	85%
do oxygeneo consumido á custa do permanganato em 4 horas a 26°,7 C.	—	87%	—	89%	—	88%	—	99%	—	92%	—	81%

(1) Os numeros apresentados correspondem ás medias de séries de analyses feitas para amostras colhidas em cada uma das 24 horas, em tempo secco e proporcionalmente ao debito de occasião (3 séries de analyses para todas as installações menos para as de Croydon e South-Norwood, onde se praticaram 7 séries de analyses).

(2) Vêr no quadro de pags. 270-271 o tratamento preparatorio que soffrem as aguas de esgoto antes de lançadas ao solo.



Este quadro mostra-nos que variam muito, de uma para outra cidade, a composição das aguas de esgoto e a composição media dos efluentes depurados e que, para uma dada *sewage-farme*, a composição do liquido tratado effluente não se mantem, de modo nenhum, constante e uniforme. Nottingham é a unica cidade das estudadas cujo effluente depurado se revelou constantemente imputrescivel pela prova da incubação; n'este caso, a qualidade do solo é satisfactoria e as doses de liquido tratadas por unidade de superficie não são exaggeradas (12 litros por m<sup>2</sup> e dia ou 43.800 m<sup>3</sup> por hectare e anno), ao contrario do que acontece em alguns casos dos citados e de outras cidades inglesas que praticam a depuração pela irrigação n'um solo pouco proprio e em condições pouco racionais.

Segundo os *Annaes* do observatorio de Montsouris (4 de agosto de 1905), as aguas de esgoto de Paris, que nas bacias de Clichy conteem, em mgr. por litro: materia organica 43,3, azote nitrico, ammoniacal e organico respectivamente 0,3, 22 e 2,4, apparecem nos drenos dos campos irrigados com a composição seguinte, em mgr. por litro:

Drenos de	Materia organica	Azote		
		nitrico	ammoniacal	organico
Genevilliers.....	1,025	31,1	0	0
Achères.....	1,750	17,9	0,475	0
Mery-Pierrelaye.....	0,817	14,23	0	0
Carrières-Triel.....	1,240	26,24	0	0

Outras analyses publicadas nos mesmos annaes mostram que, ao passo que a agua de esgoto do collector de Asnières tem, em mgr. por litro, 34,9 de materia organica, 0 de azote nitroso, 2,2 de azote nitrico e 16,7 de azote ammoniacal, a agua depurada tem a composição seguinte, em mgr. por litro:

Drenos de	Materia organica	Azote		
		nitroso	nitrico	ammoniacal
Gresillon.....	1,2	0	27,3	0
Noyers .....	0,9	0	15,3	0
Garenne .....	1,8	0	15	0

Comparando estes resultados de analyses recentes com a media dos resultados das analyses feitas de 1887 a 1896 por LEVY, que dá em mgr. por litro para a agua bruta do collecter e para a agua depurada dos drenos de Genevilliers, respectivamente: 47,8 e 1,4 de materia organica, 6,4 e 0 de azote organico, 21,9 e 0 de azote ammoniacal, 3,7 e 22,1 de azote nitrico, e 76 e 72 de chloro, vê-se que o poder depurador das terras de Genevilliers não diminuiu de então para cá.

As analyses das aguas effluentes dos campos de irrigação de Berlim estão longe de dar resultados tão lisongeiros, mas ainda mostram uma depuração apreciavel, como se vê no quadro da pagina seguinte.

Vê-se que a composição das aguas de drenagem de terrenos depuradores de uma dada agua de esgoto varia bastante nos campos de Berlim, o que se explica pelas differenças na natureza do solo de uns para outros pontos. Em Grossbeeren os numeros referentes á dosagem pelo permanganato e ao acido nitroso (e aos germens) são pouco satisfactorios, provavelmente em virtude da pouca densidade e excessiva permeabilidade do solo. O solo das outras administrações, mais denso e de areia mais argillosa, dá uma depuração melhor.

#### b) Sob o ponto de vista bacteriologico

Na agua de esgoto tratada pela irrigação o numero dos germens desce de muitos milhões para alguns milhares, se o solo é de natureza conveniente.

Composição, em mgr. por litro, da agua de esgoto bruta de Berlim e da agua de drenagem dos seus campos de irrigação, segundo as varias as administrações e segundo as culturas do solo

	Acua bruta (1902)	Agua de drenagem (1903)											
		Administrações						Culturas do solo					
		Ostorf	Grossbeeren	Sputendorf	Malchow	Falkenberg	Blankenfeld	Beterrabas	Prados	Beterrabas e prados	Fosses		
Numero de analyses.....	6	8	4	10	4	8	5	19	20	39	30		
Extracto secco.....	1025,8	2082,5	820	886,2	1124,4	1131,9	1007,0	1214,4	1196,2	1205,1	744,9		
Perda ao rubro.....	295,7	173,9	144,6	105,0	127,6	121,8	122,8	143,7	119,4	131,2	89,5		
Residuo ao rubro.....	730,1	1858,6	675,4	781,2	996,8	1010,1	884,2	1070,7	1076,8	1073,9	655,4		
Permanganato de potassio.....	373,9	37,7	44,6	26,5	29,7	29,4	24,1	31,6	30,9	31,3	39,1		
Ammoniac.....	102,3	1,3   2	1,1   2,1	0,8   1,1	1,9   2,4	1,7   2,2	1,5   1,8	1,5   2	1,2   1,7	1,4   1,9	3,8   4,5		
Azote organico, em NH <sub>3</sub> .....	—	0,7   2	1	0,3   1	0,5   2,4	0,5   2,2	0,3   1,8	0,5   1,7	0,5   1,7	0,5   1,7	0,7   4,5		
Acido nitroso.....	—	6,3	13,4	2,9	3,5	2,8	2,3	4,1	5,1	4,6	4,7		
Acido nitrico.....	—	179	132,7	102,5	136,2	135,1	148,5	161,0	114,8	137,3	44,7		
Acido phosphorico.....	22	0,3	0,4	0,2	vestigios	0,3	vestigios	0,1	0,4	0,3	0,1		
Acido sulfurico.....	57,1	168,8	44,1	60,7	141	102,9	89,5	—	101,1	101,1	—		
Chloro.....	204,2	662,6	149,1	151,5	203,8	219,7	152,5	232,9	316,1	275,6	146,9		
Potassa.....	61,3	35,5	28,6	22,8	43,4	27,3	18,3	—	29,3	29,3	—		
Soda.....	222,2	578,6	168,7	135,6	214,6	272,5	125	—	249,1	249,1	—		
Germeus por c. e.....	—	4.850	82.620	29.137	2.226	2.207	3.837	22.271	14.162	18.113	29.893		

Das analyses do Observatorio de Montsouris vê-se que o numero de bacterias, que na agua residual do collector de Asnières é de 41.750:000 por c. c., desce para 4175, 188 e 2.350 respectivamente nos drenos de Gresillon, Noyers e Garenne.

Segundo KOENIG as aguas de Berlim depois de tratadas pelo solo contém, em media geral, 16.000 bacterias por c. c. (vêr quadro da pagina anterior).

A eliminação das bacterias varia muito, como é natural, segundo a qualidade dos terrenos: é o que se vê se se comparam os numeros dados acima com o de 400.000 bacterias por c. c. que se encontram nas aguas de certos drenos de Carrières, ou melhor com os numeros, muito mais elevados ainda, que representam a riqueza bacteriologica total dos efluentes de algumas cidades inglesas tratados em solos e em condições pouco recommendaveis (vêr quadro da pagina seguinte).

Nottingham é das poucas terras inglesas em que o tratamento pelo solo dá um effluente que bacteriologicamente se approxima muitas vezes da agua potavel; comtudo a riqueza bacteriologica dos liquidos tratados soffre variações aqui, como nos casos das outras cidades providas de campos de irrigação de menor poder depurador.

Com effeito, n'um dado terreno é facil verificar que o numero de germens da agua depurada varia com os drenos: Os annaes de Montsouris mostram que na região de Mery Pierrelaye, em que o liquido effluente contém em media 3.690 bacterias por c. c., ha a seguinte quantidade de bacterias no liquido de varios drenos:

Dreno Mery.....	1.355	} por c. c.
» Bonneville.....	16.970	
» Epluches.....	595	
» Courcelles.....	2.430	
» Chaussée Jules César.....	230	
» Ruelle Darras.....	500	

Além d'isso o liquido effluente de um dado dreno poderá

Riqueza bacteriológica por c. c. de effluentes tratados pelo solo em algumas cidades inglesas  
(os numeros entre parenthesis indicam a percentagem de redução com relação á agua de esgoto bruta)

Logares	Altrincham	Aldershot	Croydon (Beddington)	Cambridge	Leicester	Nottingham	Rugby	South Norwood
Numero total de bacterias (gelatina a 20° C.)	263.400 (99 %)	183.266 (99 %)	1.413.200 (95 %)	711.476 (94 %)	532.777 (95 %)	frequentemente menos de 1.000	637.133 (97 %)	778.322 (98 %)
Numero total de bacterias (gelose a 37° C.)	7.275 (99 %)	37.308 (99 %)	112.200 (97 %)	78.327 (94 %)	70.500 (95 %)	Resultados varia- veis, mas quasi sempre muito sa- tisfactorios rela- tivamente	81.526 (97 %)	35.157 (99 %)
B. coli. ....	100 a 1.000	1 000 a 10.000	1.000 a 10.000	1.000 a 10.000	1.000 a 10.000		1.000 a 10.000	1.000 a 10.000
B. enteritidis sporogenes..	1 a 10	10 a 100	10 a 100	10 a 100	10 a 100		10 a 100	10 a 100

ter, segundo as occasiões, uma pequena quantidade ou uma grande riqueza de bacterias, sem que por vezes haja razões apparentes para essas variações. MIQUEL, em 10 de janeiro de 1902, encontrava 200 bacterias por c. c. na agua do dreno de Bonneville (Mery-Pierrelaye) e até 31 do mesmo mez contava n'ella uma media diaria de 216 germens por c. c.; a 7 de fevereiro, porém, repentinamente, apparecem no liquido do dreno em questão 39.785 bacterias por c. c., numero que desce para 145 no dia 14, restabelecendo-se o regimen normal até 7 de março; mas, então, a analyse accusa 161.780 germens por c. c.!

Em presença do que fica dito, comprehende-se bem que os numeros apresentados como correspondendo á riqueza bacteriologica do liquido depurado apenas podem servir como medias muito geraes e pouco elucidativas.

Segundo Houston, as altas percentagens de redução do numero de germens pouco significam, porque as especies perigosas ou suspeitas podem ser relativamente em grande numero no effluente do solo.

Para observar os effeitos do lançamento, ao Sena, das aguas de esgoto não depuradas e dos effluentes do tratamento pelo solo (no 3.º trimestre de 1904), MIQUEL analysa as aguas do rio em varios pontos, obtendo os seguintes numeros de bacterias por c. c.:

Choisy le Roi .....	150.000
Pont-Royal.....	119.460
Point du Jour.....	293.200
Ponte de Saint-Ouen (depois de rejeição, no rio, das aguas de esgoto de Clichy).....	900.000
Argenteuil (depois da affluencia dos liquidos de Genevilliers).....	10.145.000
Ponte de Conflans (depois da affluencia dos li- quidos de Achères).....	61.560.000

Em Mantes a auto-depuração torna o rio tão pobre em germens como elle era a montante de Paris.

Estes numeros, que mostram o grau de poluição do Sena, não nos dão a nota da depuração biologica soffrida pelas aguas de esgoto pelo facto da irrigação cultural. Com effeito, mesmo em Genevilliers e Achères são lançadas ao rio grandes quantidades de liquidos não tratados, como já foi dito.

\*

Com respeito á sobrevivencia dos germens pathogenicos no liquido effluente dos campos irrigados nada se pôde dizer de seguro, por agora. Poucos estudos ha sobre este assumpto.

Se bem que o tratamento pelo solo em boas condições pareça ser o que, de entre os tratamentos biologicos, dá melhores resultados quanto á exterminação dos germens, não ha a certeza de que os seus effluentes possam ser inoffensivos quando lançados a rios cujas aguas sejam utilizadas para alimentação. O modo de tornarmos seguramente inoffensivos os liquidos drenados dos campos de irrigação será indicado mais tarde a proposito da esterilisação e desinfeccção dos effluentes dos leitos bacterianos, que geralmente dão resultados menos perfeitos do que um solo conveniente bem preparado.

#### 11) Custo da depuração pela irrigação cultural

Para se fazer irrigação cultural com fins depuradores da agua de esgoto é necessario não só obter terrenos de natureza e extensão convenientes, mas tambem preparal-os, regularizando niveis, pelo enchimento de depressões e atenuações de alturas, e cortando a superficie por canaes entre leitos de cultura convenientemente dispostos. Tudo isto, e a drenagem do sub-solo quasi sempre necessaria, além de outras obras secundarias, não se faz sem grande dispendio de capital.

Os terrenos destinados á irrigação, e mesmo, por vezes, aquelles por onde tem de passar as canalisações que levam a agua de esgoto até aos primeiros, podem ter que ser comprados á razão de 150,000–350,000 réis, e mais, por hectare, mesmo quando sejam de má qualidade, porque os seus proprietarios, conhecendo o fim a que são destinados, contam já com o augmento do valor agricultural do solo e intendem frequentemente que devem participar dos beneficios (BECHMAN).

A despeza feita por Berlim com a *sewage-farm* de 14.184 hectares que possuia em 1903 foi de 12.083.048,725 ou seja 851,860 réis por hectare. D'estes 851,860 réis, 414,334 réis (48,76 %) correspondem á compra do terreno, 294,806 réis (34,50 %) á drenagem e ao arranjo superficial do solo e 142,720 réis (16,74 %) á construcção de edificios, á acquisição de material e de animaes e ao capital corrente.

Mas aqui não se contam senão as despezas feitas nos campos de irrigação ou de reserva. É preciso ajuntar o custo das canalisações que dão passagem ás aguas residuaes desde a cidade até lá, além de outras despezas.

LAUNAY, considerando as despezas totaes feitas com os dominios cultivaveis e com as canalisações de passagem, calcula que o capital da installação para a depuração das aguas de esgoto de Berlim foi de 19.800:000,000 réis. O augmento notavel para as canalisações não deve admirar, quando recordemos que só um dos bairros dos arredores de Berlim, Wilmensdorf, gastou mais de 720 contos de réis para a construcção de um emissario de 18 kilometros que o liga aos campos de depuração e que, em Inglaterra, WIGAN dispendeu 225 contos de réis com uma canalisação de ferro fundido, de 0<sup>m</sup>,685 de diametro, com 3 syphões e percorrendo uma extensão de um pouco mais de 11,5 kilometros.

A despeza feita annualmente (exploração, juros, amortização do capital) é em Berlim de 1.800:000,000 réis dos quaes 1.080:000,000 réis são compensados pelo rendimento dos productos de cultura dos 8.000 hectares de campos irrigados com



aguas de esgoto e dos 7.720 hectares de reserva. Os primeiros, considerados isoladamente, consomem annualmente (exploração e encargos da divida) 792.000\$000 réis e rendem 417.600\$000 réis, isto é, dão uma despeza liquida annual de 374.400\$000 réis.

Segundo os numeros dados para os campos de irrigação de Berlim, pôde calcular-se a mão d'obra em 44\$600 réis por hectare e por anno.

O quadro das pag. 300-301, de GEISSLER, é muito elucidoativo; permite vêr as despezas feitas por varias cidades allemãs com a depuração por irrigação cultural.

N'esse quadro, para preços da compra de terreno, tomaram-se os preços medios das varias parcelas de cada dominio. As despezas com as canalisações de adducção não estão comprehendidas no calculo do custo das obras; differem muito segundo as condições locaes. As despezas de conservação e exploração referem-se apenas ás feitas com o pessoal occupado nos campos irrigaveis e não ao da administração central. O juro annual é calculado a 4% para as despezas de compra e disposição. A amortização calcula-se a 1%, unicamente para as despezas de preparação; não se contou com a amortização do preço da compra porque os terrenos não perdem de valor pelo facto da irrigação. Vê-se que a installação de Charlottenburgo, apesar das despezas muito elevadas da compra do terreno (561\$960 réis por hectare) dá bons resultados economicos, pois que as despezas geraes attingem apenas 2,007 réis por m<sup>3</sup>. Isto resulta sobretudo do tratamento preliminar das aguas residuaes, que, supprimindo uma grande parte das materias suspensas, evita a impermeabilisação e permite uma irrigação com muito maior quantidade de liquido; assim, ao passo que em Berlim cada hectare recebe 32-42 m<sup>3</sup> por 24 horas, em Charlottenburgo cada hectare recebe 122 m<sup>3</sup>.

O quadro da pag. 302 dá o custo da depuração por 1.000 m<sup>3</sup> de liquido residual e o custo annual por habitante, para seis *sewage-farms* inglesas, systematicamente observadas pela *Royal*

Logar.....	BERLIM		Braunschweig
	Falkenberg	Sputendorf	
Anno.....	1906	1906	1904
Numero de habitantes em relação com a instalação..	375:000	379:700	136:300
Superficie, em hectares { Total .....	2:020	2:076	476
{ Utilizada na irrigação .....	1:540	1:131	401
Quantidade de agua por cabeça { Por dia, em litros..	132	132	105
{ Por anno, em m <sup>3</sup> ...	48	48	38
Quantidade de liquido empregado na irrigação, por anno em milhares de m <sup>3</sup> .....	18:000	18:300	5:250
Quantidade de liquido por hectare, { Por anno....	11:688	15:256	13:100
{ Em 24 horas	32	42	38
Numero de habitantes, por hectare.....	243	336	294
Tratamento preliminar.....	nullo	nullo	nullo
Preço da compra da superficie preparada, em réis...	906.236\$100	331.287\$685	291.461\$000
Preço da compra por hectare, em réis .....	588\$275	293\$020	727\$755
Preço da preparação do solo, em réis .....	798.917\$345	376.554\$010	210.289\$000
Preço da preparação e drenagem por hectare, em réis	511\$340	332\$940	524\$275
Despezas com a compra, adaptação e { Totaes.....	1.693.969\$995	707.841\$695	561.750\$000
drenagem do solo, em réis .....	4\$518	1\$865	3\$680
Despezas annuaes de juros e amorti- { Totaes.....	75.635\$355	32.078\$995	22.172\$890
sação, em réis.....	200	85	163
Despezas de conservação { Por anno.....	17.731\$175	11.300\$970	—
{ Por habitante.....	47	31	—
{ Por m <sup>3</sup> de liquido tratado	0,892	0,669	—
Despezas correntes totaes, { Por anno.....	93.366\$530 (a)	43.379\$970 (b)	— (c)
{ Por habitante.....	248	116	—
{ Por m <sup>3</sup> de liquido tratado	5,129	2,453	—
Producto do aluguer dos terrenos cultivados, em réis	—	—	—

Observações: — O excedente, isto é, a diferença entre as receitas correntes e as despesas  
 b) 4.042\$765 réis — c) 3.434\$200 réis — d) 10.431\$280 réis — e) a drenagem está disposta com

Breslau	Charlotten- burgo	Dortmund	Magdeburgo	RIXDORF		Schöneberg
				Wasmannsdorf	Boddliensfeld	
1907	1907	1905	1905	1907	1907	1908
480:000	210:000	175:000	240:700	205:000	73:000	141:000
1:742	883	825	1:074	456	552	623
985	267	516	534	264	125	377
153	136	240	115	81,8	82,2	156
56	50	88	42	30	31	57
26:890	11:170	15:400	10:600	5:600	2:200	8:090
26:696	44:500	27:800	19:800	21:200	17:600	21:400
73	122	76	54	58	48	58
488	824	340	450	776	580	374
nullo	decantação	nullo	nullo	nullo	decantação	decantação
373.324\$300	153.977\$040	246.188\$655	133.371\$840	66.643\$105	68.015\$000	108.451\$590
383\$560	561\$960	477\$443	249\$760	252\$436	544\$120	287\$670
399.638\$300	187.743\$700	324.381\$600	245.325\$870	151.640\$000	66.900\$000	278.750\$000
405\$860	341\$190	—	—	372\$410 (e)	446\$000 (e)	—
772.962\$600	341.720\$740	577.260\$253	378.697\$710	218.305\$405	134.915\$000	387.201\$590
1\$610	1\$625	3\$256	1\$581	1\$066	1\$846	2\$745
34.914\$887	15.546\$220	26.066\$470	17.600\$945	10.247\$295	6.065\$600	18.275\$295
71	74	147	71	49	82,5	127
4.560\$575	7.615\$450	14.374\$580	5.463\$500	3.857\$900	—	—
9	36	80	22	18	—	—
0,223	0,669	0,89	0,446	0,669	—	—
39.475\$460	23.161\$670	40.441\$050	23.064\$445 (d)	14.105\$195	—	—
80	109	227	96	69	—	—
1,561	2,007	2,453	2,23	2,453	—	—
16.412\$800	8.697\$000	10.927\$000	11.105\$400	8.920\$000	—	—

correntes para toda a superficie, sem juro nem amortisação, attinge: — a) 31.574\$125 réis — cinco metros de afastamento entre as linhas de drenos.

*Commission*, durante dois annos. O calculo da despeza é baseado na onda de tempo secco; comtudo, ha frequentemente grandes quantidades de aguas meteoricas que augmentam o volume da onda tratada.

Nome da povoação	Numero de habitantes cujos liquidos residuaes são levados aos campos depuradores	Onda de tempo secco em m <sup>3</sup> por 24 horas	Despeza liquida do tratamento da agua de esgoto por 1.000 m <sup>3</sup> , incluindo encargos de emprestimos, baseada na onda do tempo secco (em réis)	Despeza liquida annual do tratamento por habitante, incluindo encargos do emprestimo (em réis)
South Norwood..	21.000	2.726 <sup>m3</sup> ,100	15\$330 (1)	721,875 (1)
Leicester.....	197.000	32.940 <sup>m3</sup> ,375	5\$581	337,5
Croydon (Beddington).....	100.000	18.174 <sup>m3</sup>	5\$322	351,56
Aldershot Camp	20.000	4.543 <sup>m3</sup> ,5	1\$898 (2)	154,6875 (2)
Rugby.....	6.000	1.363 <sup>m3</sup> ,05	1\$471	117,1875
Nottingham.....	258.000	31.804 <sup>m3</sup> ,5	Para Nottingham não se pôde apresentar a nota das despezas.	

A despeza annual feita com a depuração por irrigação cultural (comprehendendo a amortização do capital) é de 385 réis por habitante, segundo a media dos resultados colhidos por CALMETTE para 15 cidades inglesas.

As despezas dependem em cada caso das circumstancias locais; por isso varia muito de terra para terra o preço da depuração dos liquidos residuaes.

\*

Com o fim de tornar possivel a comparação entre o custo da depuração pela irrigação cultural e o custo da depuração

(1) Estas quantias incluem a despeza feita com a elevação do liquido por bombas da parte mais baixa para a mais alta dos terrenos.

(2) Não estão aqui incluidos os encargos do emprestimo.

por outros processos, vejamos qual poderá ser aquelle em certas condições hypotheticas. Para isso servir-nos emos de elementos fornecidos pelo 5.º relatório da *Royal Commission*, e supponhamos que:

- 1.º O custo do terreno é de 4.411\$935 réis por hectare;
- 2.º O systema de esgotos é o combinador;
- 3.º A onda diaria de tempo secco é de  $1.000\text{m}^3$  (1);
- 4.º A agua de esgoto é de um caracter domestico normal, de concentração media correspondendo a 1.000 (isto é, que exige 1.000 mgr. de oxygeneo dissolvido para a oxydação completa da materia organica de cada litro;
- 5.º A agua de esgoto é previamente passada por tanques de sedimentação;
- 6.º No caso em que se faz a irrigação por escorrimento, ha uma inclinação e differenças de nivel sufficientes; no caso em que se pratica a irrigação pelos processos de infiltração, o terreno é sufficientemente plano. Em qualquer dos casos, não ha necessidade de grandes despezas com nivelamentos.

Podemos dividir os solos, segundo a sua natureza, em tres classes:

Classe I—Todas as especies de solos e sub-solos de boa qualidade (exemplo: barro arenoso cobrindo areia grossa e fina, como em Nottingham e Beddington).

Classe II—Solo denso com sub-solo argilloso, como em Rugby.

Classe III—Solo argilloso denso sobre argilla compacta, como em Leicester e South Norwood.

Os solos da primeira classe podem ter a superficie disposta de modo a favorecer o escorrimento do liquido ou a sua infiltração. Nos solos das outras classes, menos porosos, a parte

---

(1) Os calculos feitos pela *Royal Commission* são para uma onda diaria de tempo secco igual a 1.000.000 gallões ( $4.543\text{m}^3,5$ ). Aqui eu calculo proporcionalmente para  $1.000\text{m}^3$ ; a esse respeito o leitor poderá ler a nota 2 de pag. 153.

mais importante da purificação é realizada á superficie, ainda que até certo ponto a infiltração se possa realizar (como em Leicester); por isso supponemos que os solos da segunda e terceira classes estão preparados de modo a favorecer o escorrimento superficial do liquido.

O quadro seguinte indica quaes as quantidades da agua de esgoto da hypothese que poderão ser tratadas em 24 horas por unidade de superficie de cada classe de solo, e qual a área total requerida para o tratamento de uma onda diaria de tempo secco de  $1.000\text{m}^3$ .

Classes de solo e sub solo e processo de distribuição	Volume de agua de esgoto, depois de sedimentada, que póde ser tratada por hectare em 24 horas	Área total de terra requerida para o tratamento da onda de tempo secco de $1.000\text{m}^3$ ; em hectares (1)	Volume de agua de esgoto susceptível de ser praticamente depurado por hectare e por anno
Classe I {	processo de infiltração . . . . .	133 <sup>m</sup> 3,65	48.782 <sup>m</sup> 3
	processo de escorrimento . . . . .	77 <sup>m</sup> 3,429	28.261 <sup>m</sup> 3
Classe II - processo de escorrimento . . . . .	56 <sup>m</sup> 3,135	17,814	20.489 <sup>m</sup> 3
Classe III - processo de escorrimento . . . . .	33 <sup>m</sup> 3,613	29,75	12.268 <sup>m</sup> 3

Supponemos que ha um tratamento preliminar por sedimentação; o seguinte quadro indica a capacidade que os tanques devem ter e qual o preço de construcção d'estes, nos varios casos:

(1) Estas áreas são sufficientes para tratar em tempo de chuvas um volume triplo do volume do tempo secco.

Classes de solo e sub-solo e processo de distribuição	Estada média do líquido nos tanques de sedimentação, em horas (1)	Capacidade total dos tanques, em m <sup>3</sup>	Custo de construção dos tanques, em réis	
Classe I {	processo de infiltração.....	4 1/2	250	2.208,650
	processo de escorrimento.....	4 1/2	250	2.208,650
Classe II - processo de escorrimento.....	15	833,333	5.063,055	
Classe III - processo de escorrimento.....	15	833,333	5.063,055	

Levando em conta a qualidade dos solos, mais ou menos permeáveis, em que se enterra a lama húmida com 90 % de água, pôde calcular-se que as áreas necessárias para esse fim serão de 0<sup>hect.</sup>,4453 no caso de solos da classe I, de 1<sup>hect.</sup>,0687 no caso de solos da classe II e de 1<sup>hect.</sup>,7812 no caso de solos da classe III.

Fazendo um calculo para as despesas de preparo da superficie e drenagem do solo, e attendendo ao que fica dito, podem vêr-se no quadro seguinte as áreas totaes de terra requeridas para a irrigação e para o enterramento das lamas e o custo total da primeira instalação.

(1) Nos casos em que os solos são de má qualidade é conveniente que a eliminação dos solidos suspensos seja mais cuidadosa do que no caso de solos de boa qualidade. Por isso se suppõe que para os solos da classe I a estada na fossa é de 4 1/2 horas e para os das classes II e III de 15 horas. Em qualquer dos casos suppõe-se que a sedimentação se faz com água corrente.

Classes de solo e sub-solo e processo de distribuição	Área requerida para tratar a onda diária de tempo secco (1.000 <sup>m3</sup> ), em hectares	Área requerida para a disposição das lamas, em hectares	Área total, em hectares	Costo total da terra, a réis 4.411\$935 cada hectare	Costo do preparo da superfície, da drenagem, etc., em réis	Costo das fossas de sedimentação, em réis	Costo total da instalação, em réis
Classe I { com infiltração... com escorrimento..	7,482	0,4453	7,9275	8.814\$865	6.273\$355	2.208\$650	17.296\$870
	12,915	0,4453	13,3603	14.855\$785	4.450\$975	2.208\$650	21.515\$410
Classe II - com escorrimento..	17,814	1,0687	18,8827	20.996\$335	5.714\$755	5.063\$055	31.774\$145
Classe III - com escorrimento..	29,75	1,7812	31,5312	35.060\$645	7.526\$245	5.063\$055	47.649\$945

O seguinte quadro dá os encargos do empréstimo necessário para a compra do terreno, construção das fossas, etc., suppondo que o empréstimo é levantado por 30 annos, ao juro de 3 1/3 % annualmente, e pago em annuidades eguaes.

Classe de solo e sub-solo e processo de distribuição do liquido	Encargos do empréstimo necessário para a compra do terreno, construção das fossas, arranjo da superfície e drenagem do solo, etc., em réis	
	Por anno	Por 1.000 <sup>m3</sup>
Classe I { processo de infiltração... processo de escorrimento..	940\$510	2\$575
	1.169\$930	3\$205
Classe II - processo de escorrimento..	1.727\$755	4\$735
Classe III - processo de escorrimento..	2.590\$985	7\$100

Calculando as despesas feitas com os salarios dos empregados no enterramento das lamas e no regulamento do func-



cionamento das fossas e com um vigilante da instalação, obteremos o seguinte quadro:

Classe de solo e sub-solo e processo de distribuição	Custo da mão d'obra e vigilância em relação com as fossas e a disposição das lamas, em réis (1)	
	Por anno	Por 1.000 m <sup>3</sup>
Classe I { processo de infiltração... { processo de escurrimto..	150\$380	410
	150\$380	410
Classe II - processo de escurrimto..	206\$225	565
Classe III - processo de escurrimto..	206\$225	565

Calculando que para fazer a distribuição do liquido no solo irrigavel é necessario 1 homem por cada 16 hectares approximadamente, pôde suppôr-se que a despeza de salarios feita com o trabalho de distribuição da agua residual e com a vigilancia d'elle é dada pelo seguinte quadro:

Classe de solo e sub-solo e processo seguido na irrigação	Custo do trabalho e vigilancia com respeito á distribuição do liquido, em réis (1)	
	Por anno	Por 1.000 m <sup>3</sup>
Classe I { processo de infiltração... { processo de escurrimto..	139\$600	380
	194\$125	530
Classe II - processo de escurrimto..	247\$605	680
Classe III - processo de escurrimto..	302\$080	825

(1) Cada operario ganha 4\$725 réis por semana e o vigilante 585\$000 réis por anno na hypothese da *Royal Commission*, n'uma instalação destinada a depurar 4.543m<sup>3</sup>,5 (1.000.000 gallões) de onda de tempo secco. Para calcularmos a despeza proporcional para os 1.000m<sup>3</sup> do nosso caso supposto, podemos sem erro muito consideravel deixar os 4\$725 réis por operario, se reduzirmos o numero de operarios. Mas o

Resumindo n'um só quadro a despesa annual total feita com o tratamento pelo solo (encargos do emprestimo, mão d'obra e vigilancia tanto do tratamento preliminar como do tratamento pelo solo propriamente dito), temos :

Classe de solo e sub-solo e processo seguido na irrigação	Despesa total bruta do tratamento completo	
	Por anno	Por 4.000 m <sup>3</sup> , onda do tempo secco
Classe I { processo de infiltração... { processo de escorrimento..	1.230\$490	3\$365
	1.513\$835	4\$145
Classe II - processo de escorrimento..	2.181\$185	5\$980
Classe III - processo de escorrimento..	3.099\$290	8\$490

Mas no caso de tratamento por irrigação cultural tira-se, naturalmente, um certo proveito da venda dos productos da cultura, da lama, etc. O rendimento assim obtido, que vem

vigilante vem a ser sempre necessario e portanto, para o calculo proporcional se conservar, temos que reduzir o ordenado annual d'elle; feita essa redução, o ordenado fica em 128\$755 réis, importancia evidentemente muito baixa e inaceitavel na pratica, pois que quasi tanto deverá ganhar na realidade um vigilante de uma grande como o de uma pequena installação. O erro aqui commettido pelo calculo proporcional attenua-se se fizermos as contas para um caso de 5.000<sup>m3</sup> ou melhor 4.500<sup>m3</sup> diarios de agua de esgoto.

Suppõe-se ainda que o vigilante gasta  $\frac{2}{3}$  do seu tempo na vigilancia da depuração pelo solo e o outro terço na vigilancia da installação de tratamento preliminar; por isso no primeiro d'estes quadros leva-se em conta  $\frac{1}{3}$  e no segundo  $\frac{2}{3}$  do ordenado.

Admitte-se que os mesmos operarios que fazem a distribuição do liquido no solo são encarregados tambem da limpeza dos tanques e enterro das lamas; as quantias dadas em cada um d'estes dois quadros attendem á parte do salario que os operarios ganham em cada uma d'estas especies de serviço.

diminuir o desembolso que o tratamento do liquido exige, varia de uma para outras *sewage-farmes*. Comtudo a *Royal Commission* calcula que a importancia liquida da venda dos productos de cultura, feita a dedução do que se gasta no trabalho propriamente agricultural, é, em media, de 16\$680 réis por hectare da area total do terreno irrigavel. Partindo d'aqui teremos o seguinte quadro :

Classe de solo e sub-solo e processo de irrigação	Venda dos productos da cultura, em réis	
	Por anno	Por 1,000 m <sup>3</sup> de agua de esgoto
Classe I { processo da infiltração... { processo de escorrimento..	124\$795	340
	215\$425	590
Classe II - processo de escorrimento..	297\$140	815
Classe III - processo de escorrimento..	496\$230	1\$360

Deduzindo do custo bruto do tratamento das aguas residuaes a importancia produzida pela venda dos vegetaes cultivados, teremos finalmente o custo liquido da irrigação cultural nas condições da nossa hypothese :

Classe de solo e sub-solo e processo de irrigação	Custo liquido da depuração por irrigação cultural, em réis		
	Total por anno	Por 1,000 m <sup>3</sup>	Por habitante, annualmente, suppondo que a população é de 6:666 hab. (1)
Classe I { processo de infiltração... { processo de escorrimento	1.105\$695	3\$025	166
	1.298\$410	3\$555	195
Classe II - processo de escorrimento	1.884\$045	5\$165	283
Classe III - processo de escorrimento	2.603\$060	7\$130	391

(1) Baseado n'uma onda de 150 litros de agua de esgoto por cabeça e dia.

Para estabelecer qual o capital necessario para aquisição de uma *sewage-farm* capaz de tratar as aguas residuaes de uma cidade com uma onda diaria de 50.000<sup>m</sup><sup>3</sup>, CALMETTE faz o seguinte calculo:

Terreno: — 500.000 <sup>m</sup> <sup>2</sup> para a irrigação á razão de 40.000 <sup>m</sup> <sup>3</sup> por hectare-anno + 50.000 <sup>m</sup> <sup>2</sup> para prados de reserva + 50.200 <sup>m</sup> <sup>2</sup> para caminhos, edificios, etc. = 600.200 <sup>m</sup> <sup>2</sup> a pouco mais ou menos 540\$000 réis o hectare.....	32.400\$000
Preparação do solo para culturas, nivellamento e deslocamento de terras, a 180\$000 réis por hectare dos 55 hectares irrigados e de reserva	9.900\$000
Drenagem.....	12.859\$200
Caminhos e calcetamentos.....	17.901\$000
Canaes e apparatus de irrigação.....	17.857\$800
	<hr/> 90.918\$000

Portanto por cada m<sup>3</sup> de agua de esgoto a depurar diariamente gastar-se-ia 18\$185 réis na primeira installação dos campos de depuração. N'este calculo não entram, bem entendido, as despezas a fazer com as canalisações desde a cidade aos campos e d'estes para os rios onde os effluentes se lancem.

#### B) Filtração intensiva (Filtração intermitente de FRANKLAND)

Já vimos que a vegetação não tem uma acção util directa na depuração das aguas de esgoto lançadas ao solo e que a cultura d'este pôde mesmo ter um papel inconveniente quando, com o fim de a não prejudicar, se seja levado a não aproveitar tanto quanto seria possivel o poder depurador do terreno.

Comprehende-se pois que se pensasse em eliminar esse elemento perturbador e em fazer a depuração n'um espaço re-

lativamente limitado de solo nú de boa natureza, bem poroso, em que, por filtração intensiva, fossem tratadas doses consideráveis de aguas de esgoto.

Inspirado nas experiencias de FRANKLAND no Laboratorio da *Royal Commission*, BAILEY DENTON (1871) em Merthyr Tydvil (Inglaterra) applicava a filtração por solo nú á depuração de liquidos residuaes; para isso, dispunha de 4 séries de leitos, occupando 8<sup>hect.</sup>,0940 de solo poroso drenado a uma profundidade de 1<sup>m</sup>,52-2<sup>m</sup>,13, a cada um dos quaes successivamente lançava as aguas rejeitadas por mais de  $\frac{1}{3}$  da população da cidade (50.000 habitantes) que era relacionada com os esgotos. A superficie dos leitos estava preparada em cristas e regueiras; estas eram fossos, de 1<sup>m</sup>,37 de largura na parte superior e de 0<sup>m</sup>,50 de fundo, que soffriam durante 6 horas o affluxo do liquido, previamente precipitado pela cal, que as enchia n'uma altura de 6<sup>m</sup>,15; seguiam-se 18 horas para arejamento e repouso. Por hectare, eram tratados 400-570<sup>m</sup>3 no tempo sêcco e o duplo em tempo de chuvas. DENTON, se bem que se não preoccupasse com as necessidades da vegetação, plantou couves nas cristas intermedias e obteve colheitas abundantes e de boa qualidade que em 1872 renderam de 466,5830 réis a 500,5975 réis por hectare.

RIDEAL, a par dos padrões de pureza propostos por FRANKLAND, apresenta as seguintes medias, em mgr. por litro, das analyses dos effluentes, feitas em 1871-1872 por este autor.

	Solidos dissolvidos	C organico	N organico	NH <sub>3</sub>	N nitroso e nítrico	N total combinado	Cl	Solidos suspensos	
								mineraes	organicos
Padrões de pureza propostos.....	—	20	3	—	—	—	—	30	10
Agua de esgoto tratada pela cal....	520	24,4	9	27	0,17	31,8	59,8	118	216
Effluente da filtração pelo solo.....	332	1,4	0,3	0,63	2,73	3,48	27,4	vestigios	vestigios
Agua do sub-solo...	194	1,06	0,11	0,04	0,61	0,75	9	—	—

FRANKLAND chamava a attenção para a diluição que o liquido tratado por qualquer systema de irrigação pôde soffrer pelas aguas da chuva cahidas sobre o solo ou pelas aguas subteraneas. Quando essa diluição se dê, pôde attribuir-se ao solo um poder depurador mais intenso do que o que elle realmente possui. Fundando-se no facto de que o chloro varia pouco n'um dado liquido antes e depois da filtração pelo solo, visto que este retém mal os chloretos, FRANKLAND, designando por  $a$ ,  $b$ ,  $c$  as quantidades do chloro existentes na agua de esgoto, na agua do sub-solo, e no effluente do solo filtrante, respectivamente, propõe que, na fórmula abaixo,  $x$  dê o valôr do volume da agua de sub-solo que se combinou n'um dado caso com um dado volume de agua depurada

$$x = \frac{a + c}{c + b}.$$

No caso do tratamento do liquido de cujas analyses acima se apresentam as medias, FRANKLAND calcula que cada volume da agua residual se mistura com 1,9 a 2,3 volumes de agua do sub-solo, e provavelmente tambem com alguma chuva, visto como a media das quantidades de solidos dissolvidos na agua de esgoto e na agua do sub-solo é a correspondente pouco mais ou menos á quantidade de solidos dissolvidos no effluente ao passo que o chloro do effluente é menos de metade do da agua de esgoto. Mas, mesmo feita esta correccão, os resultados obtidos pela passagem da agua residual atravez do solo justificam as affirmações de FRANKLAND de que «a agua effluente em todas as occasiões era purificada muito além do exigido pelos padrões de pureza apresentados por nós como aquelles abaixo dos quaes não deve ser permittida a rejeição dos liquidos residuaes nos rios».

RIDEAL faz notar que as analyses apresentadas acima mostram que ha uma reduccão de 75 %, pouco mais ou menos, na quantidade de N existente sob as varias fórmãs na agua de esgoto, reduccão que está muito longe de ser compensada

pelo ligeiro augmento de nitratos e nitritos no effluente. Ora não é possível que esta perda de azote dependesse em grande parte da volatilisação do ammoniaco, visto que a agua de esgoto entrava no solo á medida que sobre elle era lançada, ou da simples fixação mecanica do azote organico pelo solo, visto que as analyses são feitas durante um anno e meio; a razão d'esta desappareição de azote deve antes attribuir-se ás acções bacterianas de que FRANKLAND ignorava a existencia, acções de desnitrificação, e outras, que no solo por vezes originam, á custa de nitratos e nitritos, do ammoniaco e da materia organica, azote livre e oxydos inferiores de azote que se perdem como gaz.

Os estudos de FRANKLAND e de BAILEY DENTON de 1880 a 1890, e, em Lawrence (Mass.), os de HIRAM MILLS (vêr pag. 332) que conseguia em certas condições bem determinadas depurar grandes massas de agua residual por filtração em pequenas áreas de solo arenoso ou bacias cheias de areia de varias dimensões, estabeleceram o processo em bases scientificas.

Para que a filtração intensiva dê resultado, é preciso dispôr de um solo perfeitamente permeavel, pelo menos até uma profundidade de 1 metro; a permeabilidade não deve ser, porém, exaggerada nem o poder absorvente muito fraco, para que a agua não venha a escoar-se muito rapidamente e sem que a fixação das substancias a oxydar se tenha produzido.

Os terrenos arenosos, e mesmo a areia quasi pura de elementos de grandeza media, conveem bem, como demonstraram em 1877 SCHLOESING e WURTZ, obtendo a oxydação das aguas de esgoto pela filtração por areia quartzosa.

Durante o funcionamento, o material filtrante deve occupar  $\frac{2}{3}$  e o liquido  $\frac{1}{3}$  do espaço total.

A intermittencia na filtração impõe-se para que o arejamento se faça e que, assim, o oxygeneo chegando até aos germens lhes permitta realizar a oxydação das substancias com elles fixadas nas paredes dos alveolos.

A drenagem n'este processo toma um grande desenvolvi-

mento; os drenos, espaçosos e bem dispostos, podem actuar como arejadores importantes, ao mesmo tempo que impedem o estagnamento do liquido e o embebimento do solo, tornando assim a nitrificação mais activa e intensa até uma grande profundidade.

Para manter o solo arejavel e permeavel, é preciso tambem não deixar de revolver de quando em quando as camadas superficiaes, em que tem ido ficando retidas as materias suspensas do liquido affluente; este revolvimento superficial é sufficiente porque as materias impermeabilisantes nunca chegam a penetrar fundo no corpo do solo filtrante.

A impermeabilisação da superficie é naturalmente, aqui como no caso da irrigação cultural, menos rapida se se usa um tratamento preliminar para retirar a maior parte das materias suspensas do liquido residual; esta pratica permittirá tambem que as areas de terreno a usar sejam menores do que as necessarias para o tratamento do liquido bruto.

FRANKLAND affirmava que um hectare de terreno por cada 2.470 pessoas permite uma boa depuração do liquido residual e é compativel com a cultura, e que se se abandona por completo a cultura ainda menor superficie seria necessaria. A verdade porém é que a agua de esgoto que serviu para as experiencias de FRANKLAND era pouco concentrada e já previamente tratada pela cal; deve reputar-se um pouco exaggerada a efficiencia attribuida por este autor ao processo, se se tem em vista o tratamento de agua de esgoto bruta no solo que se pôde encontrar em Inglaterra. Assim é que o *Local Government Board* n'este paiz exige um hectare de solo de areia grossa por cada 247 a 741 pessoas, quando o liquido não tenha sido previamente precipitado; e havendo uma precipitação preliminar consente que a mesma superficie de terreno de igual natureza corresponda a 1.235-1.482 pessoas.

Varias cidades inglesas praticam a filtração intensiva:— Merthyr-Tydwil (136 hect. para 100.000 hab.), Withington (19<sup>hect.</sup>,8 para 33.000 hab. e 4,544<sup>m<sup>3</sup></sup> diarios de agua de es-



goto), Hitchin (8<sup>hect.</sup>,09 para 8.000-9.000 hab. e 1.818<sup>m</sup><sup>3</sup> de agua de esgoto diariamente).

Comtudo a *Royal Commission* nos seus estudos não faz distincção entre a filtração de FRANKLAND e a vulgarmente chamada irrigação cultural, pelo facto de que n'esta ha quasi sempre filtração e n'aquella se faz tambem geralmente cultura, se bem que com menos desenvolvimento. Podemos suppor equivalentes á filtração de FRANKLAND os casos descriptos pela *Royal Commission* como sendo de *sewage-farms* de terreno de primeira classe, quanto á permeabilidade e retenção, e nas quaes se faz a distribuição do liquido de modo a favorecer a sua infiltração e a cultura toma um pequeno desenvolvimento; é o caso de Altrincham e de Cambridge (1).

(1) Vem a proposito apresentar os calculos da *Royal Commission* para a depuração de uma agua de esgoto de concentração media por esta fórmula de tratamento pelo solo. Supporemos que se dão as condições estabelecidas a pag. 303 (1<sup>o</sup> a 6<sup>o</sup>) para custo do terreno, systema de esgotos, volume da onda, caracteres do liquido residual, seu tratamento preliminar e configuração do solo.

O volume da agua residual sedimentada que póde ser tratada por hectare em 24 horas é de 278<sup>m</sup><sup>3</sup>,44 e n'um anno de 101.630<sup>m</sup><sup>3</sup>. A área total requerida para o tratamento de 1.000<sup>m</sup><sup>3</sup> diarios (onda de tempo secco) é de 3<sup>h</sup>,563. A estada media do liquido nas fossas de sedimentação é de 4 1/2 horas; a capacidade total d'estas é de 250<sup>m</sup><sup>3</sup> e o custo da sua construção de 2.208\$650 réis.

Para enterrar as lamas será necessario uma superficie de 0<sup>hect.</sup>,4453; portanto a área total requerida será 3,563 + 0,4453 = 4<sup>hect.</sup>,0083 e o seu custo será de 4.456\$970 réis. O custo do preparo superficial e da drenagem do solo será 4.545\$065 réis. Se accrescentarmos a estas verbas os 2.208\$650 réis de construção de tanques, teremos que a despeza de primeira installação será de 11.210\$695 réis.

Os encargos do emprestimo necessario para as despezas de primeira installação, levantado por 30 annos a juro de 3 1/2 % e a pagar em annuidades eguaes, serão de 609\$580 réis por anno ou 1\$670 réis por cada 1.000<sup>m</sup><sup>3</sup> de agua tratada (onda diaria de tempo secco).

As despezas com os salarios dos empregados no enterramento das lamas e com a vigilancia da installação das fossas serão de 150\$380 réis por anno ou 410 réis por 1.000<sup>m</sup><sup>3</sup> (veja nota de pag. 307).

A despeza de salarios correspondendo a distribuição do liquido no

Na America, especialmente no Massachussets onde ha sufficiente extensão de solo arenoso muito mais appropriado do que o de Inglaterra, a filtração pelo systema de FRANKLAND faz-se nas doses de  $561^{m^3}$  a  $1.122^{m^3}$  por hectare-dia ou  $204.765^{m^3}$  a  $409.530^{m^3}$  por hectare-anno.

BROCKTON (E. U. A.), com 40.000 habitantes, combina a irrigação cultural com a filtração intensiva para depuração dos seus  $5.600^{m^3}$  diarios; para isso dispõe de 23 bacias filtrantes (*fig. 26*) de solo arenoso (grãos de  $0^{mm},04$  a  $0^{mm},75$  de diametro, n'uma profundidade de  $2^m,30$ , assente sobre uma camada de argilla impermeavel e occupando uma extensão total de 8 hectares e 7 ares. O lançamento da agua, liberta previamente de um modo mecanico dos seus materiaes grosseiros, faz-se em cada bacia em 30 minutos. A superficie de algumas bacias é semeada com milho que parece dar a melhor cultura. Mesmo durante os maiores frios a temperatura da agua não desce abaixo de  $7$  a  $8^{\circ}$  (a habitual é de  $10-12^{\circ}$ ); no outomno as bacias são cavadas de sulcos com cristas intermedias que no inverno supportam o gelo formado ao passo que a absorpção

---

solo e á vigilancia da irrigação será de  $139\$,600$  réis por anno ou  $380$  por  $1.000^{m^3}$ .

Juntando n'uma só verba a despeza feita com o tratamento pelo solo (encargos do emprestimo, mão d'obra e vigilancia tanto do tratamento preliminar como do de irrigação propriamente dito) temos que se gastarão  $899\$,560$  réis por anno ou  $2\$,460$  réis por  $1.000^{m^3}$  (onda diaria de tempo secco).

Suppõe-se que o proveito liquido tirado da venda dos productos da cultura, da lama, etc., depois de descontado o que se gasta no trabalho propriamente agricultural, é de  $59\$,430$  réis por anno ou  $160$  réis por cada  $1.000^{m^3}$  de agua tratada.

Deduzindo do custo bruto do tratamento das aguas residuaes esta importancia, teremos finalmente o custo da irrigação com filtração e pouca cultura nas condições da nossa hypothese —  $840\$,130$  réis por anno ou  $2\$,300$  réis por  $1.000^{m^3}$  (onda diaria de tempo secco); a despeza annual por habitante será de  $124$  réis, suppondo a população de  $6:666$  hab. e a onda suja de  $150$  litros por cabeça.

da agua se faz perfeitamente nas partes mais fundas do sulco.

A quantidade de agua depurada não vai além de 30 litros por dia e  $m^3$ ,  $300m^3$  por hectare-dia ou  $109.500m^3$  por hectare

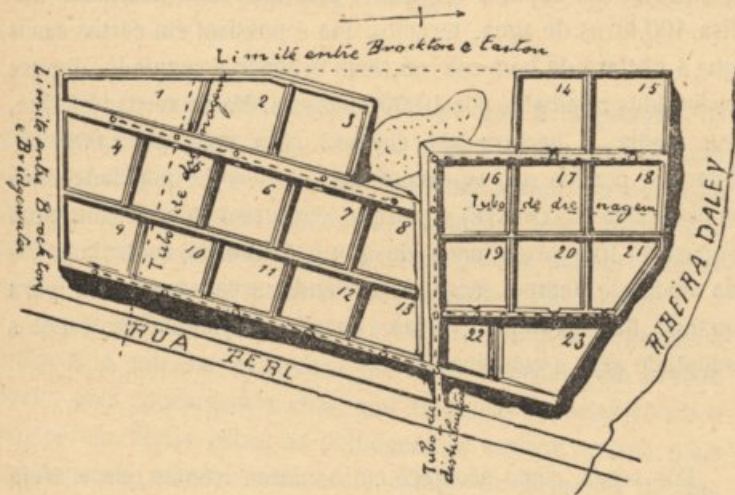


Fig. 26 — Plano da instalação de depuração de Brockton.

anno. A depuração chimica é de 98%. O ammoniaco desce de 70 a  $2^{mgr}$  por litro. A despesa de primeira instalação foi de 191.160\$000 réis; a despesa annualmente feita é de 3.420\$000 réis.

Na Europa Continental a filtração intermitente de FRANKLAND é pouco usada, porque não abundam os terrenos de natureza conveniente. Em Asnières, França, no Jardim modelo da cidade de Paris, ROUCHY observava que em 4-8 horas se fazia a depuração do liquido residual na dose de 100 litros diarios por  $m^2$  ou de  $360.000m^3$  por hectare-ano pela filtração atravez de terra, enchendo até meio bacias de 12 metros de comprimento por 5 metros de largo e por  $2^{m,5}$  de fundo; o enchimento d'estas bacias pelo liquido fazia-se de uma só vez em 20 minutos. Ao fim de algumas semanas era necessario revolver as camadas superficiaes, para que não baixasse a nitrificação e não

augmentasse a materia organica no effluente. Processos semelhantes, seguidos em Genevilliers e Achères, tornaram egualmente possivel a depuração de doses de liquido (400.000<sup>m</sup>3 por hectare-anno, e mais) 10 a 12 vezes superiores ás que a irrigação cultural depura. Suppondo pois que cada habitante utiliza 100 litros de agua, teremos que é possivel em certos casos que 1 hectare de bom solo nú, bem drenado e regulado, depure os liquidos rejeitados por 10.950 pessoas. Mas a verdade é que, em media, 1 hectare não chegará para mais de 2.000 habitantes, porque não se encontram terrenos da qualidade mais appropriada (CALMETTE) e porque é preciso contar com uma superficie tres vezes maior do que a destinada ao tratamento da onda de tempo secco, reservando areas especiaes para quando haja grandes chuvas, quando o systema de esgotos adoptado seja o combinador.

Por vezes, como acontece em Asnières, vêmos que a areia é transportada para logares appropriados e ahi accumulada, formando filtros em bacias especiaes onde se pratica a filtração intermitente de FRANKLAND; estabelece-se, assim, uma insensivel transição para os leitos bacterianos de depuração biologica artificial; na filtração intermitente, n'estas condições, a depuração é feita ainda com elementos de solo natural, mas dispostos artificialmente como os dos leitos bacterianos. Em breve voltaremos a este assumpto, para mostrar como estes se originaram n'aquella.

### C) Vantagens e inconvenientes dos processos de depuração pelo solo. Indicações do seu emprego

Não pôde haver duvida de que, quando o solo é conveniente e de área sufficiente, a materia organica da agua de esgoto

a elle lançado pôde soffrer uma oxydação quasi completa; mas a depuração pelo solo, tal qual é realisada na pratica, tem varios inconvenientes hygienicos e economicos que na maior parte dos casos, não sendo compensados por vantagens sufficientes, contra indicam o seu emprego.

Desde ha muito, occorren a idéa de que o lançamento de grandes quantidades de aguas sujas ao solo não se poderá fazer sem que traga, como consequencia, uma grande accumulção de bacterias, algumas d'ellas pathogenicas, transformando o terreno depurador n'um foco terrivel, d'onde podem irradiar infecções propagadas pelos insectos e poeiras levantadas.

Segundo DUCLAUX, porém, a grande quantidade de germens nitrosos e nitricos existentes na terra impedem em grande parte, pela concorrência vital, que as outras especies vivam e prosperem. Entre estas, as pathogenicas seriam mesmo mais rapidamente exterminadas n'um campo de irrigação do que n'um terreno onde não fossem lançadas aguas sujas; é o que parece deprehender-se das experiencias de STUTZER, que verificou que os bacillos de cholera lançados em agua a porções de terra dos campos de irrigação de Berlim morrem em 48 horas, se sobre a terra se deita uma pequena porção de urina, ao passo que lançados nas mesmas condições a solo vulgar resistem por muito mais tempo.

Mas a verdade é que experiencias de resultados contrarios teem levado outros autores a conclusões menos optimistas.

As analyses de HOUSTON, feitas para 21 especies de solos, mostram que o numero total de germens e esporos por c. c. augmenta consideravelmente nos solos conspurcados por substancias residuaes, como se vê d'alguns numeros que seguem:

1	Solo arenoso junto, ao mar.....	8.000
2	Solo de jardim sub-urbano, não estrumado recentemente.....	518.000
3	Solo escuro de jardim, estrumado seis mezes antes.....	795.000

4	Solo escuro, barrento, estrumado occasionalmente.....	1.084.000
5	Argilla compacta periodicamente estrumada.....	2.531.000
6	Solo n.º 3, depois de estrumagem recente	3.308.000
7	Solo de jardim tratado com fezes humanas e urina, seis mezes antes .....	26.780.000
8	Campo de irrigação; terra de um fosso ao longo do qual agua de esgoto correrá algum tempo antes.....	115.000.000

SIDNEY MARTIN notou que o bacillo typhico pouco resiste e depressa morre nos solos virgens, ao passo que nos terrenos ricos em materia organica, e principalmente nos campos de irrigação, póde multiplicar-se e persistir 450 dias, quando só, e 50 dias, quando em concorrência com outras bacterias; isto apesar de variações de temperatura de 3º a 37º e de alternativas de humidade e secura.

Por isso, ainda que o estado sanitario das povoações visinhas dos campos de irrigação pareça ser relativamente satisfactorio, e satisfactoria pareça ser tambem a saude dos operarios n'elles empregados (inquerito de BERTILLON), não se deve negar a possibilidade da propagação das doenças infecciosas pelo transporte das bacterias e de larvas e ovos de parasitas, por meio das moscas e insectos, por exemplo. Para a tuberculose e febre typhoide essa possibilidade está demonstrada (Musehold, citado por CALMETTE). CHANTEMESSE e BOREL, recentemente, puzeram em relevo o papel das moscas na transmissão da cholera e GRASSI, ha mais de 20 annos, demonstrou a possibilidade d'estes animaes transportarem nas patas ovos de tricócephalos, tenias e oxyuros. Ora as moscas são muito abundantes nos campos de irrigação, nos canaes e nos fossos, principalmente no verão.

Os resultados do tratamento são por vezes lisongeiros; mas praticamente é muito difficil que elles se mantenham em toda a extensão dos campos e não haja fissuras ou frestas que pos-

sam deixar passar aos drenos liquido indepurado ou permittir mesmo a infecção de poços e reservatorios de agua. Hoje ainda, Paris é obrigada a fornecer a muitas communas visinhas a agua potavel que o mau funcionamento dos seus terrenos de irrigação lhes tira.

Por factos semelhantes é que PERCY FRANKLAND, grande entusiasta, durante muito tempo, da depuração pelo solo, affirmava, já em 1884, que esse processo depurador não offerece seguras garantias, e citava casos de contaminação das aguas subterraneas com propagação de febre typhoide.

N'estas condições, no caso de sobrevir uma invasão de cholera, por exemplo, é natural que a pratica da irrigação pelo solo se tornasse bastante perigosa (CALMETTE).

A infecção da agua alimentar e a possivel elevação da camada de agua subterranea, como aconteceu em Mery-Pierrelaye e Carrières-Triel, onde as caves das casas chegaram a ser inundadas, fazem que se encontre por vezes obstaculos serios, da parte das povoações visinhas, ao estabelecimento dos campos de irrigação.

Será difficil que o terreno de que se pôde dispôr seja em todos os pontos de qualidade conveniente e appropriada.

Se o solo é muito poroso e bem drenado, no tempo secco o liquido pôde atravessal-o rapidamente de mais e o effluente carecer de depuração. Se o solo tem a densidade bastante para em tempo secco demorar sufficientemente o liquido, acontecerá no tempo chuvoso e com o systema unitario que o solo se ensoará, perdendo a sua permeabilidade.

Portanto é prudente calcular a superficie como a necessaria a tratar doses superiores a tres vezes a da onda de tempo secco e reservar ainda zonas especiaes para os casos de muito grandes affluxos. Os processos de depuração pelo solo exigem pois terrenos muito vastos, cuja cultura, como vimos, não só está longe de compensar as despezas feitas com a irrigação, mas é por vezes mesmo um factor hygienicamente perturbador.

É certo que o espaço exigido se torna menor quando se pratica a irrigação com filtração intensiva, dispensando-se a cultura quando esta possa perturbar a realização das acções depuradoras; mas ainda então tem que ser feito um grande dispendio de capital.

As superficies serão menores quando haja tratamentos preliminares, mas o que com estes se gasta pôde ser ainda importante.

O solo é mais barato longe das cidades, mas as despesas feitas n'esse caso com a canalisação são consideraveis.

O crescente desenvolvimento das cidades implica a necessidade de um correspondente augmento nos seus terrenos irrigaveis, o que por vezes é extremamente difficil.

Por terem reconhecido na prática estes inconvenientes da irrigação é que das 134 cidades que em Inglaterra em 1881 praticavam a depuração pelo solo quasi todas hoje a teem substituido pouco a pouco pela depuração por processos biologicos artificiaes.

Isto não quer dizer, bem entendido, que devam abandonar-se os processos de irrigação em todos os pontos em que são praticados. Algumas cidades ha em que esses processos, estabelecidos em boas condições á custa de enormes despesas, dão effluentes excellentes como se não obteem praticamente por outro processo biologico; convém então conserval-os.

Mas quanto a ser recommendavel actualmente a criação de campos de irrigação isso só poderá acontecer para os casos excepçionaes de cidades tendo na sua proximidade terrenos baratos, de boas qualidades depuradoras e de extensão sufficiente para permittir a depuração do liquido residual e o alargamento futuro das superficies irrigaveis. N'estes casos poderá acontecer mesmo, como já dissemos, que a fertilisação de terrenos agriculturalmente ordinarios se torne uma vantagem importante. É o caso de Reims, Triburgo, Dantzig, Odessa, etc.



Em todos os outros casos, porém, será bom procurar processos depuradores de mais facil realisação e de menor despeza, com sufficiente efficacia.

Os processos biologicos dos leitos bacterianos oxydantes satisfazem a estas condições. N'estes processos póde fazer-se, como veremos, o aproveitamento das substancias da agua de esgoto, fazendo a irrigação com effluentes depurados, ricos em phosphatos e azote, sob uma fórma que não prejudica já a hygiene; e assim desapparece o argumento, em parte sentimental, de que, sendo um dever social o aproveitamento das substancias da agua residual uteis para a vida das plantas, se deve praticar a depuração pela irrigação do solo com a agua bruta, de preferencia a qualquer outro processo.

The first of these is the fact that the  
 government has a long history of  
 intervention in the economy. This  
 has been done in a variety of ways,  
 including price controls, subsidies,  
 and direct ownership of certain  
 industries. The second is the fact  
 that the government has a strong  
 interest in the welfare of its  
 citizens. This has led to the  
 development of a social security  
 system and a public health system.  
 The third is the fact that the  
 government has a strong interest  
 in the development of the  
 economy. This has led to the  
 creation of a central bank and  
 the implementation of various  
 economic policies.

The fourth is the fact that the  
 government has a strong interest  
 in the education of its citizens.  
 This has led to the establishment  
 of a public education system and  
 the implementation of various  
 educational policies. The fifth is  
 the fact that the government has  
 a strong interest in the  
 environment. This has led to the  
 creation of an environmental  
 protection agency and the  
 implementation of various  
 environmental policies. The sixth  
 is the fact that the government  
 has a strong interest in the  
 arts and culture. This has led  
 to the establishment of a  
 national endowment for the arts  
 and the implementation of various  
 cultural policies. The seventh is  
 the fact that the government has  
 a strong interest in the  
 space program. This has led to  
 the creation of a space agency  
 and the implementation of various  
 space policies. The eighth is the  
 fact that the government has a  
 strong interest in the  
 nuclear energy program. This has  
 led to the creation of a nuclear  
 energy commission and the  
 implementation of various nuclear  
 energy policies. The ninth is the  
 fact that the government has a  
 strong interest in the  
 transportation program. This has  
 led to the creation of a  
 transportation department and  
 the implementation of various  
 transportation policies. The tenth  
 is the fact that the government  
 has a strong interest in the  
 international relations program.  
 This has led to the creation of  
 a state department and the  
 implementation of various  
 international relations policies.

## II

### Depuração das aguas de esgoto pelos leitos bacterianos de oxydação

No caso de uma installação completa de depuração biologica por disposições artificiaes, a agua de esgoto, depois de passada pelas bacias de decantação de detricos, onde abandona as suas materias mineraes, pesadas e imputresciveis, e pelas fossas septicas, onde as materias organicas solidas precipitam e se dissolvem, é lançada sobre conjunctos de determinados materiaes, nos quaes se favorece voluntariamente o desenvolvimento de germens oxydantes. N'estes supportes microbianos, solos artificiaes, realisam-se phenomenos semelhantes aos que se passam no solo natural. A materia organica do liquido é fixada nos corpos solidos com que este entra em contacto, por virtude de acções physicas, physico-chimicas, e mesmo por acções biologicas ás quaes cabe, principalmente, a destruição da substancia organica fixada e a consequente regeneração do poder fixador do material.

As disposições materiaes que permitem a realisação d'estas acções de depuração biologica são os chamados *leitos bacterianos*, a que já temos feito referencias.

\*

Nos leitos bacterianos podemos considerar duas grandes

classes, differindo uma da outra nas relações de contacto estabelecidas entre o liquido e o material do leito.

N'uma d'estas classes, as substancias que entram na construcção do leito, contidas em espaços limitados por paredes geralmente impermeaveis, são, durante tempo bastante longo (horas), completamente submersas pela agua de esgoto que lhes é lançada; assim se constitue um *periodo de submersão ou de plenitude* que se contrapõe e alterna com um outro — o periodo de *arejamento ou de vasio* — durante o qual o leito esvasiado fica exposto á acção do ar por tempo ainda mais consideravel, geralmente, do que aquelle que corresponde ao primeiro periodo.

Nos leitos da outra classe, pelo contrario, a agua nunca se accumula a ponto de poder submergir os materiaes; apenas passa por entre estes, molhando-os, acompanhada ou immediatamente seguida de uma quantidade de ar mais ou menos importante.

D'esta fôrma, a contrapôr aos primeiros — *leitos submersiveis* (de submersão intermittente) — temos os segundos — *leitos não submersiveis* (em que não ha submersão seja qual fôr o periodo em que se considerem).

A existencia ou a falta de uma phase de submersão parece-me ser o character mais recommendavel, como exactidão e generalidade, para a primeira divisão a estabelecer na classificação dos leitos bacterianos. Mas não é esta a opinião geralmente seguida; os varios nomes que se dão ordinariamente a cada classe de leitos mostram que, para a classificação, se utilisam caracteres de menor valor e de exactidão e constancia mais ou menos discutiveis, como vamos vêr.

Pelo facto de que nos leitos submersiveis a agua de esgoto só existe durante o periodo de submersão, faltando no periodo