

## 2

### **Riscos de contaminação do solo por metais pesados associados ao lodo de esgoto**

O lodo de esgoto, geralmente, se apresenta na forma semi-sólida com cerca de 20% de água ou líquida, com 0,25 a 12% de sólidos, podendo se destacar as cinzas e compostos de origem não orgânicos. Essa percentagem é estabelecida dependendo do processo e do sistema a ser utilizado. O volume de lodo produzido em uma estação de tratamento de esgoto representa cerca de 1 a 2% do volume de esgoto tratado. Seu tratamento e disposição final podem alcançar até 60% do custo operacional da estação de tratamento (WEBBER & SHAMES, 1984). Segundo METCALF-EDDY (1991) “de todos os subprodutos, o lodo é, sem dúvida, o de maior volume e seu tratamento e disposição é talvez, o problema mais complexo que enfrenta um engenheiro, dentro do campo de tratamento da água residuária”. A tabela 1 exemplifica o volume de lodo de esgoto produzido em estação de tratamento de esgoto da cidade de São Paulo.

Nos sistemas de tratamento de esgoto utilizam-se, normalmente, os fenômenos de biodegradação, que ocorrem espontaneamente na natureza. Os métodos biológicos são os mais utilizados nesse tipo de tratamento, pois, apresentam custos baixos, decorrente da utilização dos próprios microrganismos presentes no esgoto, tendo a finalidade de degradar a matéria orgânica solúvel na água. As alternativas de tratamento que podem reduzir a produção do lodo, são os sistemas anaeróbios, lagoas e estabilização.

**Tabela 1:** Produção diária de lodo da estação de tratamento de esgoto de Barueri-SP

| Mês/2002  | Tonelada /dia | kg/1000m <sup>3</sup> de esgoto tratado. |
|-----------|---------------|------------------------------------------|
| Janeiro   | 308           | 506                                      |
| Fevereiro | 171           | 308                                      |
| Março     | 240           | 417                                      |
| Abril     | 241           | 434                                      |
| Maio      | 225           | 397                                      |
| Junho     | 293           | 538                                      |
| Julho     | 242           | 486                                      |
| Agosto    | 247           | 485                                      |
| Setembro  | 273           | 537                                      |
| Agosto    | 153           | 293                                      |
| Novembro  | 119           | 229                                      |
| Dezembro  | 221           | 383                                      |
| Média     | 228           | 418                                      |
| D.P       | 56            | 100                                      |
| C.V. (%)  | 24,6          | 23,9                                     |

Os esgotos são classificados de duas maneiras: industriais e domésticos. Os últimos, geralmente, são constituídos de principalmente de despejos domésticos, outra parte de águas pluviais e também águas de infiltração. Quase sempre uma parcela do esgoto industrial é misturada ao esgoto doméstico.

Os esgotos domésticos ou residenciais são originados principalmente de casas, edifícios comerciais, qualquer instituição que contenha instalação de banheiros, cozinhas, lavanderias, ou seja, em tudo que a água seja usada com características domésticas.

Os esgotos industriais são gerados a partir de qualquer utilização da água para fins industriais, geralmente, o efluente industrial apresenta características próprias da linha de produção de cada empresa e também do tipo de sistema de tratamento a ser utilizado.

As normas de lançamento de despejos industriais da ABNT e Resolução CONAMA nº 20 relatam que os efluentes industriais podem ser lançados na rede pública de esgoto, chegando até uma estação de tratamento de esgoto, logicamente quando estão de acordo com os parâmetros estabelecidos pelas mesmas. O lançamento de efluentes industriais sem nenhum tipo de tratamento na rede pública de esgotos sanitários, pode trazer ao sistema sérios problemas e alterações no seu principal subproduto que é o lodo de esgoto. Neste caso, é importante tentar identificar a fonte da poluição presente através do conhecimento do processo industrial e das fontes de geração do resíduo. O lançamento de uma indústria pode comprometer a qualidade do lodo de toda uma cidade, tornando o tratamento até a disposição final do lodo muito caro.

Caso não controlado de uma forma adequada, o lodo de esgoto pode ser considerado como um concentrador de matéria orgânica, de nutrientes, de organismos vivos, de metais pesados e outros elementos que possam representar algum tipo de risco aos seres humanos.

Os principais parâmetros indispensáveis ao lodo visando seu aproveitamento na agricultura são: concentração de metais pesados, perfil sanitário, teor de umidade, estabilidade do resíduo e valor agronômico. A tabela 2 mostra a composição química do lodo de esgoto produzido na estação de tratamento de Barueri-SP.

**Tabela 2:** Composição química do lodo de esgoto (base seca) originado da estação de tratamento de Barueri-SP, incluindo os teores de macronutrientes e metais pesados

| Parâmetros analisados              | Concentração média  |
|------------------------------------|---------------------|
| pH                                 | 10,6                |
| C (g kg <sup>-1</sup> )            | 165                 |
| Relação C: N (g kg <sup>-1</sup> ) | 11: 1               |
| Macronutrientes                    | g kg <sup>-1</sup>  |
| N total                            | 15                  |
| N inorgânico                       | 1,4                 |
| P                                  | 10                  |
| K                                  | 1,2                 |
| Ca                                 | 150                 |
| Mg                                 | 4                   |
| Metais Pesados                     | mg kg <sup>-1</sup> |
| Cd                                 | 21                  |
| Cr                                 | 669                 |
| Cu                                 | 917                 |
| Ni                                 | 364                 |
| Pb                                 | 200                 |
| Zn                                 | 1876                |

\*Médias obtidas em um conjunto de onze amostras entre os anos de 1993-1996.

Os metais pesados que se apresentam no lodo de esgoto têm sido objeto de muitos estudos, dado o impacto gerado por esses elementos tanto na saúde humana quanto animal e, também, não se deve esquecer da qualidade dos alimentos. Os metais pesados podem se acumular no solo por um longo tempo. Geralmente, o lodo apresenta em sua composição os seguintes metais: Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Pb, Sn e Zn. Destes, alguns são considerados essenciais para plantas e animais como, por exemplo, Cu, Mo e Zn, enquanto outros são tóxicos, Cd, Hg e Pb.

O lodo gerado no tratamento de esgoto urbano geralmente possui uma baixa concentração de metais pesados. Se o esgoto industrial, juntamente com a água das chuvas entrarem no mesmo sistema de tratamento de esgoto, há um aumento significativo destes elementos (BERTON et al, 1999). A tabela 3 apresenta a variação mensal de uma série de metais no lodo de esgoto produzido na estação de tratamento de Baurueri-SP ao longo do ano de 2002. Pode-se notar que, ao menos neste caso, os teores dos metais estudados eram bastante constantes.

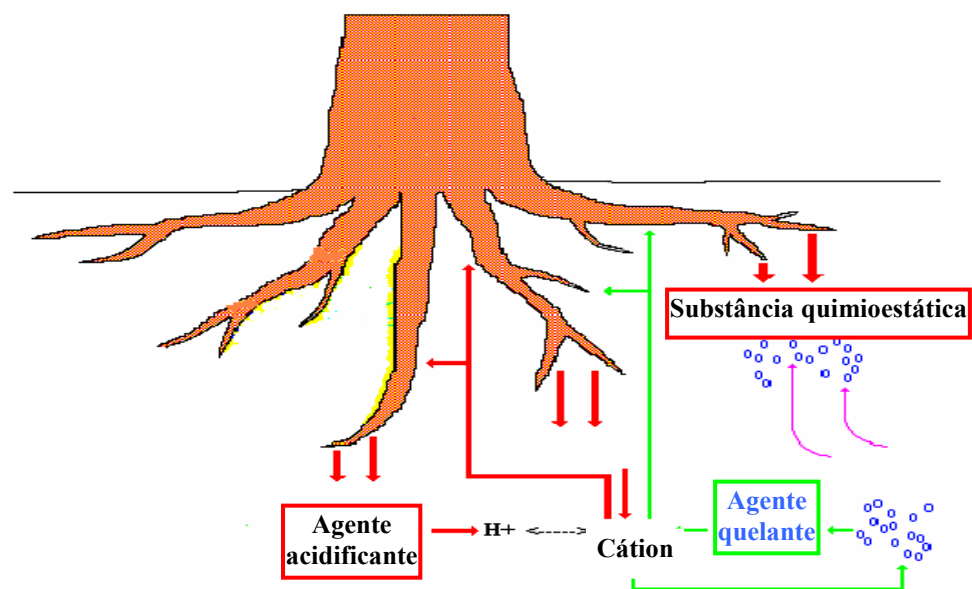
**Tabela 3:** Concentração dos metais presentes no lodo da estação de tratamento de esgoto de Barueri-SP

| Mês/2002  | Cd<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Cr<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Cu<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Ni<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Pb<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Zn<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) |
|-----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Janeiro   | 9                            | 458                          | 516                          | 330                          | 169                          | 2154                         |
| Fevereiro | 15                           | 447                          | 666                          | 284                          | 211                          | 2090                         |
| Março     | 14                           | 497                          | 479                          | 232                          | 111                          | 1999                         |
| Abril     | 16                           | 580                          | 516                          | 263                          | 131                          | 2002                         |
| Maio      | 16                           | 662                          | 590                          | 311                          | 171                          | 2192                         |
| Junho     | 17                           | 771                          | 614                          | 319                          | 165                          | 2226                         |
| Julho     | 14                           | 725                          | 549                          | 325                          | 154                          | 2443                         |
| Agosto    | 15                           | 680                          | 535                          | 275                          | 189                          | 2783                         |
| Setembro  | 11                           | 665                          | 574                          | 259                          | 165                          | 2402                         |
| Agosto    | 14                           | 622                          | 608                          | 298                          | 147                          | 2381                         |
| Novembro  | 16                           | 775                          | 700                          | 368                          | 175                          | 2444                         |
| Dezembro  | 16                           | 891                          | 787                          | 441                          | 203                          | 2632                         |
| Média     | 14                           | 648                          | 595                          | 309                          | 166                          | 2312                         |
| D. P.     | 2                            | 136                          | 88                           | 56                           | 28                           | 245                          |
| C.V. (%)  | 14,3                         | 21,0                         | 14,8                         | 18,1                         | 16,9                         | 10,6                         |

A solubilidade dos metais depende da forma na qual eles se encontram no solo e do pH. A solubilidade de Cd, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn é inversamente proporcional ao pH. Por outro lado, a solubilidade do As, Mo e Se é diretamente proporcional à variação de pH. O Cr, quando se apresenta no seu estado de oxidação III, sua solubilidade diminui com o aumento do pH. Berton et al. (1999) acidificou um grande número de solos que haviam recebido lodo de esgoto por muito tempo e ficaram em repouso por 13 anos. A acidificação para pH 4,1 liberou gradualmente os metais Cd, Ni e Zn da fração matéria orgânica, enquanto que as concentrações de Cd, Cu e Zn diminuíram rapidamente nas frações redutível e oxidável, carbonatos e matéria orgânica; praticamente todo Cd que se apresentava nos tratamentos com lodo de esgoto foi redistribuído para frações solúvel e trocável a medida em que a solução de equilíbrio foi sendo acidificada.

A absorção de nutrientes pelas plantas e a toxicidade dos metais pesados apresenta uma grande dependência da espécie química presente. Segundo Parker et al (1997) a espécie iônica é aquela de maior taxa de absorção. Isso pode ser explicado pelo fato de que apenas o metal livre, por exemplo,  $\text{Cd}^{2+}$ , tem a capacidade de atravessar o plasmalema e entrar no citoplasma das células. Já os íons metálicos complexados com ligantes inorgânicos ou quelados com ligantes orgânicos na solução do solo, não podem ser absorvidos diretamente, todavia precisam ser rompidos dos ligantes por um processo de troca.

As plantas absorvem os cátions livres em solução devido ao fato das células das raízes apresentarem um potencial negativo ao longo da membrana celular favorecendo a absorção de espécies catiônicas. Já os cátions complexados, (Shulgin et al, 1998) apresentam menores cargas positivas ou até mesmo cargas negativas outro fator que inibe a absorção dos metais complexados é o aumento do volume da espécie.



**Figura 1:** Modelo da atuação do composto húmico mineral na complexação dos cátions