

POLUIÇÃO DE CORPOS D'ÁGUA

Princípios da Depuração Biológica de Esgotos e Águas Residuárias Industriais

- 1 - Introdução
- 2 - A Poluição por Compostos Orgânicos
- 3 - Principais Indicadores da Matéria Orgânica
- 4 - Controle da Poluição por Compostos Orgânicos: Os Processos Biológicos de Tratamento

1 - Introdução

O presente texto tem por objetivo apresentar conhecimentos básicos referentes à poluição por compostos orgânicos, seus efeitos em corpos d'água, parâmetros para sua avaliação, e processos de controle.

Primeiramente, podemos questionar: o que polui? porque polui? como abater este tipo de poluição?

As respostas para estas perguntas são simples, bastando procurar as explicações na própria natureza.

2 - A Poluição por Compostos Orgânicos

Imaginemos, para raciocínio, o meio ambiente aquático natural, sem as influências do homem e da civilização. Tomemos como exemplo um corpo d'água, digamos, um rio. Estabelece-se no mesmo um equilíbrio de seu ecossistema, o qual inclui a própria água, a macro e micro fauna nela presente, a flora e fauna presentes nas margens do rio, o oxigênio do ar, microrganismos diversos, peixes, répteis, etc. Neste grande equilíbrio da natureza, diversos fenômenos ocorrem constantemente, tais como peixes se alimentando de seres inferiores e "respirando" o oxigênio dissolvido na água; seres inferiores alimentando-se de microrganismos, os quais por sua vez também consomem oxigênio dissolvido na água; folhas e galhos de árvores, excrementos de animais em decomposição sendo dissolvidos e fornecendo matéria orgânica para alimentação dos microrganismos; o ar repondo o oxigênio necessário ao consumo pelos microrganismos e peixes, insetos pousando na superfície da água, sendo atacados e consumidos por peixes e animais; enfim, um sem número de situações e processos sendo conduzidos ao mesmo tempo, dentro do que se estabeleceu denominar "equilíbrio do ecossistema".

Nas condições acima citadas, a matéria orgânica tem participação fundamental, como mostrado nos exemplos apresentados: serve de fonte de alimentação a microrganismos e animais inferiores, sendo suprida por fontes "naturais", ou seja, decomposição de folhas, galhos, excrementos e animais.

Suponhamos que se estabeleça ao redor desse meio aquático natural uma cidade, cujos esgotos e efluentes industriais sejam lançados neste rio. Os esgotos domésticos, bem como muitos tipos de resíduos industriais, são constituídos, preponderantemente, de matérias orgânicas, que como vimos acima alimentarão peixes e organismos menores.

A medida que a matéria orgânica aumente, começará um desequilíbrio no consumo da mesma, pois os microrganismos que mais se beneficiam quando há excesso de alimento se proliferam de forma rápida, sendo que a população de peixes não aumenta em igual velocidade.

O desequilíbrio aumenta também na medida em que o consumo de oxigênio no ambiente passa a ser maior, e a reposição através da superfície líquida (que é muito lenta) ou através da fotossíntese de vegetais verdes microscópicos (algas, por exemplo) não é suficiente.

Devemos lembrar também que o esgoto lançado "escurece" o ambiente líquido dificultando a penetração dos raios luminosos indispensáveis à realização da fotossíntese.

Em termos simplistas, podemos dizer que quando maior o volume de esgotos ou efluentes lançado em um determinado rio, maior será o consumo de oxigênio provocado neste. Isto é, quanto maior for a concentração de matéria orgânica, maior será a proliferação de bactérias, maior a atividade total de respiração e maior, por conseguinte, a demanda de oxigênio.

O resultado disso é a redução das concentrações de oxigênio a um nível incompatível com as necessidades respiratórias dos peixes o que causaria a morte de todos.

Porém, é frequente observarmos a presença de grande número de peixes no local de lançamento dos esgotos. O motivo disso é que os esgotos contêm grande quantidade de compostos e partículas que servem de alimento aos peixes, e como nesse ponto inicial ainda não houve tempo suficiente para que uma maciça população de bactérias aeróbicas se desenvolva e retire o oxigênio da água, os peixes não terão restrições com relação às suas necessidades respiratórias. Somente algumas centenas ou milhares de metros abaixo (dependendo da velocidade, desnível e outros fatores do curso d'água) do ponto de lançamento dos esgotos que os efeitos nocivos da poluição começam a se fazer sentir, pois durante este trajeto ocorrerá a multiplicação desordenada de bactérias que consumirão o oxigênio disponível.

Portanto o lançamento de esgotos de uma cidade, ou de despejos industriais orgânicos em um rio provoca a deterioração do mesmo, devido à queda do nível de oxigênio dissolvido no mesmo.

Se diminuirmos o lançamento deste excesso de matéria orgânica, através do tratamento dos esgotos e efluentes lançados, o rio, com o tempo, se auto-depurará, podendo existir novamente o "equilíbrio do ecossistema".

3 - Principais Indicadores da Matéria Orgânica

DBO - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

O lançamento de esgotos ou despejos industriais orgânicos em um determinado rio, aumenta a concentração de matéria orgânica no meio, que, por sua vez, desencadeia a proliferação de bactérias que aumenta a atividade total de respiração e por conseguinte ocorre uma demanda maior de oxigênio.

Portanto o esgoto lançado causa um consumo maior de oxigênio no meio, mas como esse consumo (demanda) é provocado sempre por intermédio de uma atividade biológica ou bioquímica (atividade bacteriana) falamos em Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

A quantidade de esgoto lançado pode ou não ser assimilado pelo rio, dependendo da quantidade lançada, vazão do rio, e outros fatores.

A concentração de matéria poluidora lançada a um rio poderia ser medida por uma complexa análise química, onde poderiam ser determinados todos os seus constituintes orgânicos e a quantidade que cada um deles exigiria de oxigênio da água para sua completa estabilização ou assimilação. Conhecendo-se também a concentração de oxigênio disponível na massa d'água, calcularíamos a massa que restaria dele depois de algum tempo; porém esta análise seria onerosa, devido à sua complexidade, e foi substituída por uma determinação simples e prática que nos revela a quantidade de oxigênio que é "absorvida" pelos oxidação bioquímica dos despejos orgânicos.

A técnica mais usada para a medida da DBO consiste em adicionar pequenas quantidades do esgoto ou resíduo orgânico a um determinado volume de água saturada de oxigênio, deixar essa solução em um frasco fechado, em uma incubadora a 20°C, durante certo número de dias (geralmente 5 dias), e medir quimicamente a quantidade de oxigênio que restou após esse período de incubação. Sabendo-se que a concentração inicial de oxigênio, obtém-se, por diferença, a quantidade de oxigênio consumido durante aquele tempo, pelo volume de esgoto ou efluente industrial ali adicionado. No caso de despejos industriais, uma semente microbiológica é adicionada, geralmente esgoto urbano, o qual contém microrganismos em grande variedade e diversidade.

A DBO representa o potencial ou a capacidade que possui uma determinada massa orgânica de consumir o oxigênio dissolvido nas águas de um rio, lago ou oceano. Este consumo, por outro lado, não é praticado diretamente pelo composto orgânico, mas sim ele é resultado da atividade respiratória de microrganismos que se alimentam da matéria orgânica.

Finalmente lembramos que a DBO, por si mesma, não é nociva à saúde do homem. Muitas bebidas, como a cerveja, refrigerantes e vinhos possuem DBO altíssimas. Porém é nociva aos peixes e outros seres aeróbicos que habitam o meio aquático devido aos mecanismos de respiração dos microrganismos aquáticos acima mencionados.

DQO - DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

Este teste é também utilizado para medir o conteúdo de matéria orgânica de águas residuárias e águas naturais. O oxigênio equivalente da matéria orgânica que pode ser oxidado é medido usando-se um agente oxidante em meio ácido (dicromato de potássio).

O teste de DQO é sobremaneira precioso na medida da matéria orgânica em despejos que contenham substâncias tóxicas à vida. A DQO em um despejo é, em geral, mais alta do que a DBO, em virtude da maior facilidade com que grande número de compostos pode ser oxidado por via química do que por via biológica.

Para muitos tipos de despejos é possível correlacionar a DQO com a DBO. Isto é vantajoso, pois a DQO é determinada em apenas três horas, ao passo que a determinação da DBO leva cinco dias.

Outros testes utilizados na caracterização de certos tipos de despejos industriais são a Demanda Teórica de Oxigênio (DTO), Carbono Orgânico Total (COT) e Demanda de Oxigênio Total (DOT).

4 - Controle da Poluição por Compostos Orgânicos: Os Processos Biológicos de Tratamento

O tratamento biológico de esgotos e águas residuárias industriais é uma imitação de processos que ocorrem normalmente na natureza, na qual recebeu globalmente a denominação de autodepuração.

Basicamente o princípio de tratamento biológico de esgotos apoia-se na atividade de bactérias e microrganismos que se alimentam de matéria orgânica dos próprios resíduos e essa atividade depende do fornecimento de oxigênio para a sua respiração.

Os processos biológicos de tratamento tem por princípio básico reproduzir, em volumes confinados, as reações bioquímicas de oxidação da matéria orgânica por microrganismos que ocorreriam em corpos d'água receptores, antes do lançamento dos despejos nos mesmos. A diferença é que, por tratar-se de volumes de confinamento relativamente pequenos, este trabalho é realizado mediante a concentração de microrganismos. Cada processo de tratamento foi concebido visando a manutenção de uma biomassa ativa depuradora de poluentes orgânicos, das mais diversas formas.

Os sistemas de tratamento mais comumente utilizados, que são projetados de acordo com as características principais dos esgotos, da disponibilidade de área para o tratamento e da legislação referente ao local, são basicamente:

- Filtros biológicos,
- Lodos ativados, e
- Lagoas de estabilização
- Reatores Anaeróbicos

FILTROS BIOLÓGICOS:

Os filtros biológicos ou leitos bacterianos são constituídos de cascalhos de pedra, ou pedra britada, ou ainda de enchimentos plásticos, onde o despejo que percola pelo mesmo forma um húmus constituído de um grande número de microrganismos (bactérias, fungos, protozoários, etc) que formam colônias de consistência gelatinosa.

Essa formação se deve à presença de matéria orgânica, como alimento, e de oxigênio para sua respiração. Existindo esses dois elementos em abundância, os microrganismos se desenvolvem, e são responsáveis pela depuração, através de dois princípios básicos: o da adsorção, isto é, retenção de partículas sólidas do esgoto à superfície gelatinosa e o da nutrição seguida de respiração, transformando a matéria orgânica solúvel e insolúvel em gás carbônico e sais minerais.

LODOS ATIVADOS:

O processo de lodos ativados constitui-se basicamente de um tanque de aeração e um decantador secundário.

O processo de lodos ativados consiste em se provocar o desenvolvimento de uma cultura microbiológica na forma de flocos (lodos ativados) em um tanque totalmente misturado (tanque de aeração), que é alimentado pelo efluente a tratar.

Neste tanque, a agitação tem por finalidade evitar a deposição dos flocos bacterianos e os misturar homogeneamente ao efluente. Esta mistura é denominada "licor". O oxigênio necessário ao crescimento biológico é introduzido no licor através de um sistema de aeração mecânica.

Após um tempo de retenção determinado, o licor é enviado continuamente a um decantador, destinado a separar o efluente tratado do lodo. O último é recirculado ao tanque de aeração a fim de manter a concentração de microorganismos dentro de uma certa proporção em relação à carga orgânica afluente.

O sobrenadante do decantador (efluente tratado) é enviado ao corpo receptor.

O excesso de lodo, decorrente do crescimento biológico, é extraído do sistema e enviado a desidratação.

LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO:

Finalmente, no sistema de Lagoa de Estabilização ou Lagoa de Oxidação não existe nenhum meio artificial ou qualquer tipo de equipamento mecânico em operação. O processo se baseia na decomposição bacteriana aeróbica, em que o oxigênio é fornecido por fotossíntese. As lagoas devem ser rasas, e receber o esgoto pré-decantado. Com a introdução de matéria orgânica elas passam a apresentar coloração verde, pois os microrganismos aeróbicos presentes se alimentam das matérias orgânicas, consumindo oxigênio do meio e libertando gás carbônico e sais minerais, e algas microscópicas, que utilizam fotossíntese, despreendendo oxigênio indispensável à respiração dos primeiros. É o método que mais se aproxima dos processos de depuração existentes na natureza.

Outros tipos de processos aeróbicos incluem Lagoas Aeradas (uma espécie de processo que se situa entre o de lodos ativados "sem recirculação de lodo" e o de lagoas de estabilização), e variantes do processo de lodos ativados, tais como Valos de Oxidação, depuração em alta carga, etc..

REATORES ANAERÓBICOS

Além dos processos aeróbicos, podemos ainda citar os processos anaeróbicos de tratamento, onde a decomposição da matéria orgânica é efetuada pela alimentação de microrganismos anaeróbicos, ou seja, que vivem na ausência de oxigênio. A biodigestão anaeróbica tem se tornado recentemente uma opção viável para certos tipos de despejos, principalmente os mais facilmente biodegradáveis, tais como despejos de indústrias alimentícias, agro-indústrias, etc.

Este processo baseia-se em uma série de reações em sequência, desencadeadas por uma cultura diversificada de microrganismos anaeróbicos, os quais promovem a redução das moléculas orgânicas mais complexas (como gorduras e proteínas) a estruturas moleculares mais simples (aminoácidos, ácidos orgânicos, aldeídos e álcoois); subsequentemente estes intermediários são fermentados a H₂O, CO₂ e ácido acético. O ácido acético é o precursor primário do produto final destas reações, o metano.