

A QUÍMICA DA SOBREVIVÊNCIA

Professoras das disciplinas de Química, Matemática e Biologia discutem e apresentam uma proposta de atividade interdisciplinar sobre o documentário

A Química da Sobrevivência, que mostra como a Química contribui para a sobrevivência do homem na Terra e fora dela também.

CONSULTORES

Professora Catiane M.C. Ronsoni - Química

Professor Helder N. Albuquerque - Biologia

Professora Zuzana L. Cândido - Matemática

TÍTULO DO PROJETO

Moléculas Perigosas

❖ MATERIAL NECESSÁRIO PARA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE:

Química

- frascos de PET de 2 L marca PEPSI;
- tampas do frasco PET;
- mangueiras plásticas tipo sanfonada;
- amido de milho;
- vaselina líquida;
- suco de um limão;
- cola CASCOREZ (rótulo azul);
- fios de cobre encapado;
- software CHEMSKETCH;
- tinta ACRILEX - PVA para artesanato plástica (preto, vermelho, verde, amarelo);
- tinta ACRILEX para tecido (preto, vermelho, verde, amarelo).

Biologia

- biscoito ou massa de modelar
- caixa de CD's usada
- animais em resinas, plásticos ou similares
- ambientes terrestres em maquetes e/ou aquário
- invertebrados conservados em resina
- lápis para escrever em CD
- máquina Fotográfica
- lupa
- TV e DVD
- resina para conservação de invertebrados

Matemática

- software Microsoft Excel.

❖ PRINCIPAIS CONCEITOS QUE SERÃO TRABALHADOS EM CADA DISCIPLINA

➔ QUÍMICA

- Identificar as funções orgânicas presentes nas moléculas;
- Solubilidade das substâncias orgânicas;
- Compostos orgânicos voláteis;
- Estabilidade;
- Persistência;
- Biodegradação;
- Estruturas moleculares.

➔ BIOLOGIA

- Bioacumulação;
- Ações no meio ambiente;
- Conseqüências aos seres vivos e outras espécies;
- Biodegradação;
- Biodiversidade;
- Ecossistemas;
- Cadeia e Teia Alimentar;
- Níveis Tróficos;
- Ação Antrópica;
- Biogeografia;
- Poluição e Contaminação Ambiental;
- Ciclagem de Matéria;
- Más formações Congênitas;
- Bioindicadores ecotoxicológicos;
- Microbiologia;
- Patologia.

➔ MATEMÁTICA

Poliedros: conceito de poliedro; elementos orgânicos; classificação de poliedros segundo: quantidade de faces, distribuição do número de vértices entre as faces, relação de congruência ou não entre as faces, eixos de simetria, paralelismo e perpendicularismo de faces;

- Relação de Euler;
- Tabelas e gráficos;

- Caracterização de tabelas simples e de dupla entrada;
- Caracterização de gráficos de barras/colunas, de linha, de setores.
- Estatística: medidas de tendência central: média, mediana e moda; conceito de amostra;
- Porcentagem: conceito de índice percentual e de porcentagem; cálculo de índice percentual e de porcentagem.

❖ DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE

Principais etapas e estratégias para trabalho interdisciplinar sugerido

1 Introdução

O desenvolvimento da agricultura, da pecuária e da indústria tem levado à produção de inúmeros compostos, além da descoberta de uma infinidade de substâncias naturais, que podem ser empregadas como pesticidas, tensoativos, aditivos e cargas para diversos produtos, sendo descartadas deliberada ou inadvertidamente após o seu uso diretamente no meio ambiente.

Muitos desses compostos não são biodegradáveis ou sua taxa de biodegradação é muito lenta. Tais compostos são denominados recalcitrantes ou refratários. Dentre elas podem-se citar plásticos, detergentes, solventes, tintas, inseticidas, herbicidas, produtos farmacêuticos, aditivos alimentares etc. Não sendo degradados, tais compostos vão se acumulando nos ecossistemas, atingindo concentrações tão altas que geram sérios riscos aos seres vivos.

O grupo de compostos orgânicos que apresentam essas características tem crescido a cada ano. Assim, esses poluentes são classificados de acordo com suas estruturas moleculares (bifenilas policloradas, empregadas como fluídos em trocadores de calor; hidrocarbonetos poliaromáticos, produtos de petróleo; dioxinas, subprodutos em sistemas de incineração; óleos lubrificantes) ou com os usos a que se destinam (pesticidas ou agrotóxicos, empregados em atividades agropecuárias; plastificantes, utilizados na produção de plásticos e resina; detergentes e tensoativos; hormônios sintéticos, medicamentos; entre outros.

Estima-se que a produção global de compostos químicos sintéticos tenha aumentado de 1 milhão de toneladas para 400 milhões de toneladas entre a década de 1930 e os dias atuais. Muitas dessas substâncias foram lançadas no mercado sem restrições ou sem conhecimento de seus impactos ambientais.

Algumas dessas substâncias orgânicas são ainda mais tóxicas sendo chamadas de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Os POPs são substâncias químicas sintéticas altamente tóxicas, as quais, por suas características físico-químicas, não se decompõem facilmente, mantendo-se inalteradas por longos períodos de tempo, podendo reagir, serem transportadas pelo ar, rios ou oceanos, a longas distâncias do local que foram originadas.

Essas substâncias apresentam efeito danoso por serem facilmente absorvidas pelo organismo, perturbando o funcionamento normal do corpo e desequilibrando as reações químicas naturais, com amplo conjunto de disfunções nos seres vivos. As principais características desses compostos são: elevada persistência, biocumulatividade, toxicidade elevada e grande capacidade de se dispersar, atingindo longas distâncias.

Dentre esses compostos estão 12 compostos banidos ou restritos em maio de 2001 na Convenção de Estocolmo. Dentre eles estão oito pesticidas (DDT, Aldrin, Dieldrin, Clordano, Endrin, Heptacloro, Mirex, Toxafeno), dois produtos industriais Hexaclorobenzenos – HCBs e Bifenilas Policloradas – PCBs) e dois subprodutos, gerados da combustão de matéria orgânica (Dioxinas e Furanos).

Estas substâncias tóxicas surgem através de diversos processos industriais, entre eles: a) Produção do PVC: plástico utilizado em embalagens de alimentos, brinquedos, utensílios domésticos, tubos e conexões etc; b) Produção de papel: através do processo de branqueamento com cloro; c) Geração e composição de produtos agrícolas: um grande número de herbicidas, inseticidas e fungicidas; d) Incineração de lixo doméstico, industrial e hospitalar; e) Processos industriais: todos os que empregam cloro e derivados do petróleo.

Outra classe de poluentes orgânicos preocupante são os perturbadores endócrinos ou agentes hormonalmente ativos. Esses compostos agem no sistema endócrino de diversos animais e também no homem, podendo inibir, aumentar ou diminuir a atividade dos hormônios naturais. Essa situação não provoca a morte das células nem atacam o DNA, agem apenas sobre os hormônios.

Outras substâncias orgânicas tóxicas que merecem destaque são os ftalatos (ésteres orgânicos do ácido ftálico). Esses compostos são amplamente utilizados nas mais diversas atividades industriais, podendo-se citar: produção de plásticos, principalmente de policloreto de

vinila (PVC), vernizes, resinas, papéis de embrulho, entre outros. Esses plastificantes não estão ligados de forma irreversível ao polímero produzido, podendo migrar para o ambiente, dependendo das condições de disposição. Podem ser encontrados em brinquedos e artigos para bebês e podem ser disponibilizados na saliva das crianças e por elas serem ingeridos, o que causa danos ainda maiores, uma vez que esses indivíduos são os mais suscetíveis aos efeitos endócrinos desses compostos devido ao fato de que seu sistema reprodutor ainda está em formação.

Outros poluentes orgânicos mais simples, mas nem por isso menos tóxicos e que são produzidos em grande quantidade são os compostos carbonílicos mais simples que são emitidos para a atmosfera a partir de uma grande variedade de fontes naturais e antropogênicas e podem ser formados *in situ*, a partir da fotólise e fotooxidação de hidrocarbonetos e outros compostos orgânicos. Dentre os membros desta classe com concentrações superiores na troposfera destacam-se o formaldeído, acetaldeído, acetona, metil-etil-cetona, acroleína, crotonaldeído, metilvinil-cetona, dimetil-éter, dietil-éter, ácido fórmico e ácido acético.

Compostos orgânicos naturais também podem apresentar efeitos tóxicos, principalmente após algum processamento que aumente a sua concentração em determinado local.

6.2 Química

O projeto interdisciplinar começa com a apresentação do vídeo durante a aula de Química, com a participação dos outros professores caso seja possível. Com a abordagem do vídeo é possível trabalhar vários conceitos químicos, biológicos e físicos e ainda utilizar outras disciplinas como alavanca para o estudo dos conceitos em questão, como português, geografia e matemática.

O documentário possibilita a abordagem de vários conceitos, mas se analisarmos as informações são transmitidas de modo interligado. Pode-se observar que é este aborda principalmente questões ambientais, resultantes do conhecimento da química, ou seja, a relação que existe entre a Química e o dia-a-dia do aluno e de todos os seres vivos, fazendo uma ligação clara entre a interdependência desses assuntos com o meio ambiente e outras disciplinas, fazendo com que os alunos percebam no documentário que a problemática também existe na sua cidade,

região ou bairro e se sinta o participante ativo desse processo e sua importância de reverter à situação.

Que as ações antrópicas, mesmo servindo inicialmente para a humana podem gerar moléculas que no ambiente natural sofrem modificações e estas atuam de forma maléfica para todos os organismos vivos sobrevivência do planeta.

Posteriormente a exibição do documentário, o professor de química pode despertar o interesse do aluno pelas informações, abordadas, bem como enfatizar o tema proposto para o projeto interdisciplinar.

Em seguida cada professor pode trabalhar os conceitos de poluentes orgânicos relativos à sua área para aprofundamento dos trabalhos em sua disciplina e também entre as disciplinas.

6.2.1 Conceitos Abordados

Os POPs são compostos que possuem baixa solubilidade na água, mas alta solubilidade nos lipídeos, o que tem como principal consequência a sua acumulação nos tecidos adiposos. Esta característica, aliada à sua persistência (intervalo de tempo que um composto é capaz de permanecer no ambiente antes de ser degradado em outros compostos mais simples), potencializa a sua periculosidade ao nível da cadeia alimentar, e consequentemente, os riscos de exposição dos consumidores de topo, como é o caso do homem.

a) *Físico-Químicas*

De um modo geral, pode-se dizer que as propriedades físico-químicas de uma substância dependem do tipo de átomos que formam a sua molécula e da posição que estes átomos ocupam. No caso dos POPs, as suas características de persistência, lipo-solubilidade e semi-volatilidade é que lhes conferem a habilidade de resistir à degradação, bioacumularem e serem transportados a longas distâncias, ocasionando desta forma efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente

b) Persistência

Substância persistente é aquela cujas moléculas são estáveis e não são facilmente destruídas por meios biológicos, químicos ou pela fotodegradação, permanecendo no ambiente após o uso para o qual foi destinada.

A estabilidade de um composto químico orgânico é em função de sua estrutura química. Assim, compostos cíclicos são mais estáveis que compostos alifáticos e, compostos aromáticos são mais estáveis que os primeiros. As estruturas ramificadas são mais estáveis que as estruturas lineares. A ligação cloro-carbono, muito presente em POPs, é muito resistente à hidrólise, portanto contribui para a resistência da molécula à degradação biológica e fotolítica.

Existe assim uma série de estabilidade crescente, onde compostos que tenham átomos de cloro ligados aos anéis aromáticos são mais estáveis de que substâncias que possuem átomos de cloro ligados a estruturas lineares, já a estabilidade de um anel aromático cresce com o número de átomos de cloro presentes. As estruturas químicas dos POPs geralmente são cíclicas, ramificadas e cloradas.

c) Transporte a Longas Distâncias

A capacidade de transporte a longas distâncias é decorrente de sua semi-volatilidade. A grandeza físico-química que mede esta propriedade é a pressão de vapor. Os POPs apresentam valores de pressão de vapor tais, que podem evaporar e condensar sucessivamente dependendo das condições em que se encontram.

Na água, a maior parte dos POPs é de tal forma insolúvel, pois estes se depositam à superfície de sedimentos ou mesmo de seres vivos, percorrendo curtas distâncias relativamente ao ponto de origem. A quantidade de poluentes armazenados desta forma é muito superior à que se encontra dissolvida, enquanto a quantidade existente no ar quase se pode considerar

insignificante. A libertação de POPs diretamente para a água constitui, normalmente, um problema de âmbito local ou regional, ainda que de grande gravidade.

d) Estruturas Químicas

A ligação carbono cloro caracteriza-se por ser difícil de romper, e a presença do cloro reduz também a reatividade de outras ligações das moléculas orgânicas. Para muitas aplicações, a falta de reatividade é uma vantagem importante. Porém, essa mesma propriedade significa que, uma vez que os organoclorados tenham entrado no ambiente, eles degradam-se muito lentamente, tendendo, portanto, a se acumular. Além disso, a maioria dos compostos organoclorados é solúvel em meios semelhante ao hidrocarboneto, tais como óleos ou tecidos adiposos. A falta de uma via eficiente para degradação desses compostos, em combinação com sua hidrofobicidade, tem levado o acúmulo em organismos vivos.

6.2.2 Sugestão de Atividade

Depois de abordar os conceitos teóricos referentes aos poluentes orgânicos podem-se estudar as características estruturais dos compostos orgânicos através da construção de fórmulas de representações macroscópicas das principais moléculas orgânicas estudadas.

Uma das grandes realizações da química foi mostrar que toda a matéria no mundo, seja um pedaço de rocha, um copo d' água, uma pena de avestruz ou uma árvore, é construída a partir de não mais que aproximadamente cem elementos.

Os átomos se unem entre si para formar os compostos químicos. Composto é uma combinação de elementos. Assim a água é combinação de hidrogênio e oxigênio e o benzeno é uma combinação de carbono e hidrogênio.

Muitos compostos consistem de moléculas. Uma molécula é um agrupamento característico de átomos, unidos por um arranjo geométrico definido.

Estamos rodeados de moléculas, e quase tudo que se pode tocar é feita delas. Ao tomar café se ingere moléculas. Ao se sentar em uma sala somos bombardeados por uma quantidade enorme de moléculas. Ao nos sentirmos mau cheiro se cheira moléculas. Na verdade somos feitos de moléculas.

Para o estudo do comportamento químico das moléculas, estas podem ser representadas por modelos macroscópicos. Os modelos de representação dos átomos e moléculas podem dizer muito sobre os compostos que representam. Deste modo, para o estudo das moléculas orgânicas é comum a utilização de kits moleculares (Figura 1) produzidos pela indústria. Este kit tem um custo elevado para alunos, escolas e professores não permitindo na maioria das vezes sua utilização. Entretanto, pode-se construí-los utilizando material alternativo, de fácil aquisição, baixo custo ou mesmo reaproveitando materiais. O meio de veiculação pode variar desde o papel, passando pelos conjuntos plásticos, isopor e chegando à tela do computador.



Figura 1: Kit molecular estruturas orgânicas.

Um kit molecular alternativo para estudo das características estruturais dos compostos orgânicos pode ser construído com massa de biscoito conforme a Figura 2.

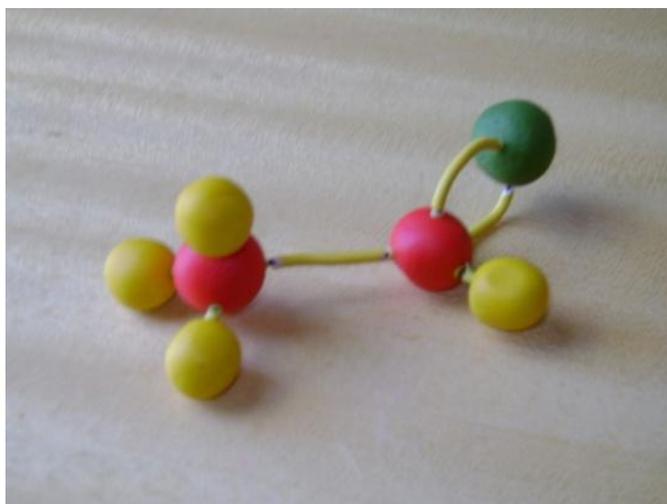


Figura 2: Molécula Orgânica de etanal construída com massa de biscoito.

Para preparar a massa de biscoito no fogão misture 2 xícaras de chá de cola CASCOREZ (rótulo azul) ou cola Cascorez Porcelana Fria com 2 xícara de chá amido de milho, 1 colher de sopa de suco de limão (age como conservante), 2 colheres de sopa de vaselina líquida na panela com revestimento anti-aderente e leve ao fogo brando, mexendo sem parar com a colher de pau, até que a massa forme uma bola e se solte do fundo e das laterais. Tome cuidado para evitar que as sobras que costumam ficar na borda da panela não se incorporem à massa. Depois de pronta, espalhe o creme de mãos sobre um tampo de mármore ou de outra pedra e sove a massa por vários minutos, ainda quente. Acondicione-a num saquinho plástico bem fechado, para não ressecar, ou envolva-a em filme plástico para cozinha.

Pode-se também, após misturar todos os ingredientes e em uma tigela de vidro e colocar no microondas em uma tigela de vidro por aproximadamente 3 minutos em potência máxima. A cada 50 segundos retirar a massa e mexer. Quando ficar consistente com ainda um pouco de cola no fundo a massa estará pronta.

Para tingir faça um rolinho de massa com as mãos e adicione um pouco de tinta a óleo na cor desejada. Manuseie bem a massa até que fique colorida por igual. Se necessário acrescente mais tinta, até alcançar a tonalidade desejada.

Com a massa pronta faça bolinhas dos principais átomos (C, H, O, N). Os tamanhos podem ser correspondentes ao tamanho de cada átomo indicado na tabela.

Aguardar a massa estar quase seca para colocar as ligações. As ligações entre os átomos podem ser feitas com fio de cobre encapado. Para os átomos de carbono, introduza apenas a capa do fio de cobre em quatro posições com em forma tetraédrica. Nos átomos de hidrogênio coloque um fio de cobre encapado, desencapando apenas uma das pontas para que esta posteriormente possa ser conectada ao átomo de carbono. As ligações entre carbonos ou outros elementos podem ser feitas utilizando fio de cobre encapado, deixando expostas as extremidades.

Outro modelo de kit molecular de baixo custo, que pode ser feito utilizando frascos de refrigerante PET (Figura 3).



Figura 3: Kit molecular para estudo de moléculas orgânicas, construído com PET.

Fonte: Gomes e Cardoso, 2007.

Para construção do átomo de carbono deve-se cortar quatro frascos da marca PEPSI conforme Figura 4. Em seguida devem-se unir os quatro frascos e colá-los com cola especial. As

ligações podem ser feitas com tubos de borracha dessas de máquina de lavar roupa e para representar os átomos de hidrogênio podem ser utilizados frascos usados de filme fotográfico.



Figura 4: Construção fórmula orgânicas com frascos PET.

Fonte: Gomes e Cardoso, 2007.

As moléculas espaciais podem ser construídas também virtualmente utilizando o Software ChemSketch. Este aplicativo pode editar desde fórmulas e estruturas planas até construir estruturas tridimensionais complexas (Figura 5), calcular massas molares, número de isômeros, reações, diagramas esquemáticos e projeções em 3D.

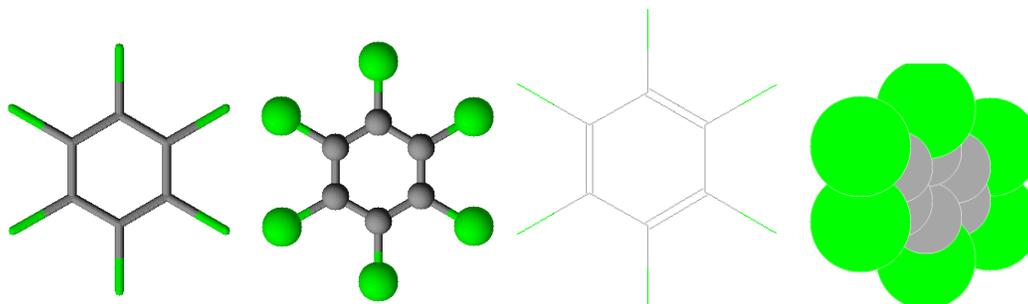


Figura 5: Fórmulas estruturas da molécula orgânica de hexaclorobenzeno construída no Software ChemSketch.

O software ChemSketch é um programa de livre domínio e pode ser baixado no endereço eletrônico: <http://www.acdlabs.com/download/chemsk.html>. Para compreensão do funcionamento e procedimentos para instalação deste software pode-se consultar a página do professor João Neto, cujo endereço eletrônico é <http://www.santateresa.g12.br/QUIMICA/minicurso.pdf>.

Caso queira-se gravar moléculas em formato gif animado para apresentações ou representações animadas, pode-se utilizar o software gratuito Movies 13. Este programa permite animar figuras inanimadas, modificar figuras animadas, bem como elaborar seqüências de ações para serem utilizadas em vídeos educativos.

Para baixar o programa acesse <http://baixaki.ig.com.br/download/Movies.htm>. Depois de instalado é só copiar várias figuras (Figura 6) em diferentes posições de uma molécula fornecida pelo software ChemSketch e em seguida dar PrtScSysRq (tecla do teclado) e colar no Paint do WINDOWS. Em seguida recorte imagem e adicione no Movies 13, para que ele salve a seqüência desejada e converta as figuras inanimadas em animadas.

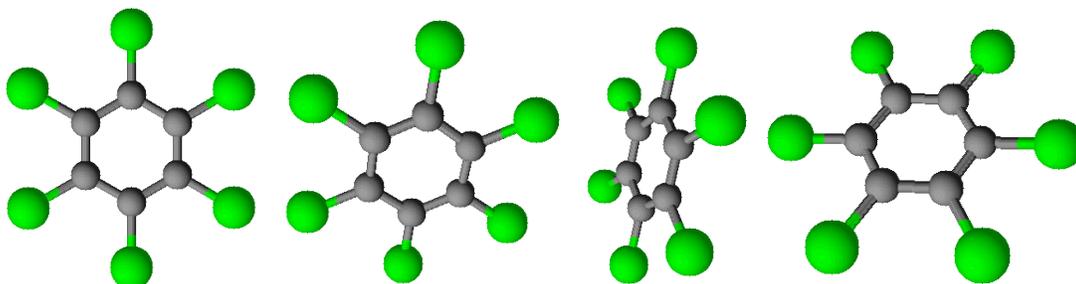


Figura 6: Seqüência de figura da molécula de hexaclorobenzeno produzida no ChemSketch e inseridas no Movies 13 para animação.

Pode-se também construir as moléculas utilizando tampas de frascos de refrigerante tipo PET (Figura 7). Neste caso a estrutura resultante é do tipo estrutural plana. Para construção desse Kit deve-se escrever o símbolo do elemento em um pedaço de PVA, recortar e colar na tampa de refrigerante. As ligações entre os átomos de carbono podem ser feitas de EVA.

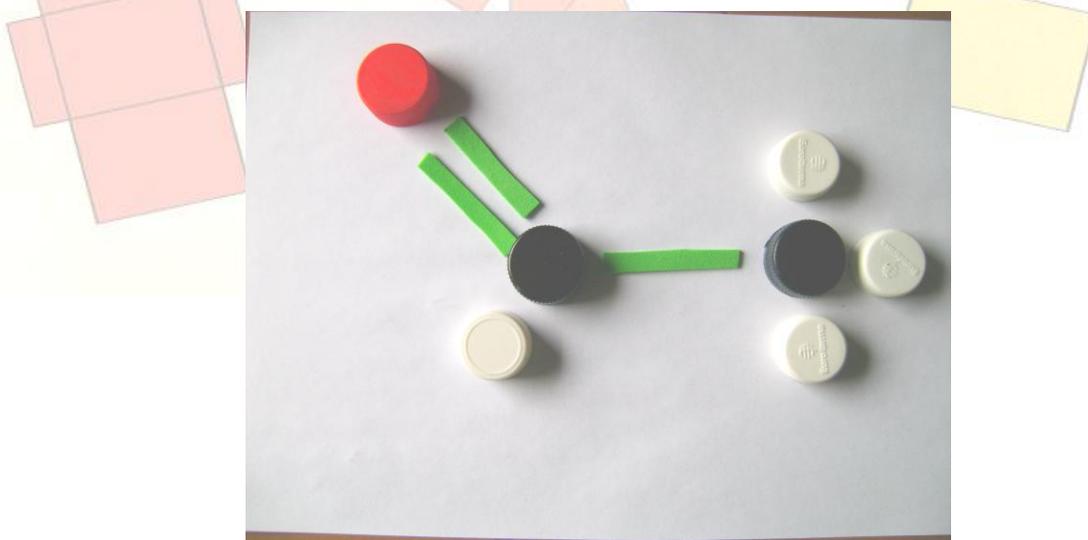




Figura 7: Estrutura plana da molécula etanal construída com tampas de frascos PET.

6.2.3 Observações

Para produção das moléculas é preciso convencionar cores das esferas para poder distinguir os átomos que são representados. As cores das esferas não são as cores reais dos átomos. Átomos são nuvens incolores, difusas, de elétrons circundando uma minúscula região do núcleo central, e cor de uma molécula é uma propriedade coletiva de todos seus átomos. Assim, as cores utilizadas são códigos escolhidos de modo a aludir a alguma propriedade do elemento ou a seus compostos. Deste modo, o hidrogênio é mostrado como branco, pois é o átomo mais simples. O carbono é preto como a fuligem, e o oxigênio, que confere a vida, é o vermelho.

As regras que governam essa atividade (que podem ser explicadas aprofundando-se mais na estrutura atômica) são as seguintes: a) um átomo de hidrogênio geralmente forma apenas uma ligação; b) um átomo de carbono geralmente forma quatro ligações; c) um átomo de nitrogênio geralmente forma três ligações; d) um átomo de oxigênio geralmente forma duas ligações e; e) um átomo de cloro geralmente forma uma ligação.

O carbono desempenha um papel especial no mundo porque tem uma capacidade única de formar ligações consigo próprio. Alguns outros elementos podem se ligar a si próprios, mas nenhum tão extensivamente como o carbono, e nenhum dá origem a tantas estruturas estáveis.

Ao examinarmos muitos dos compostos orgânicos, pode ser útil considerá-los como cadeias ou anéis de átomos de carbono que formam um esqueleto carbônico ao qual estão ligados outros grupos de átomos. Esses grupos funcionais são as partes quimicamente ativas das moléculas orgânicas.

O professor pode reunir a turma em grupos e solicitar a construção de uma molécula orgânica poluente utilizando um ou mais dos recursos anteriores, dando preferências para os compostos orgânicos determinados pela pesquisa de campo. Após a construção os alunos podem pesquisar as principais características químicas e biológicas das moléculas estudadas, como agem

no organismo dos indivíduos e explicações sobre os tipos de poliedros a que pertencem estudados na disciplina de matemática.

6.3 Biologia

6.3.1 Bioindicadores ecotoxicológicos de POPs

A contaminação ambiental causada pelo uso crescente e, algumas vezes, indiscriminado de POPs, agrotóxicos ou pesticidas tem gerado preocupações quanto ao lançamento inadequado desses compostos no ambiente. Sendo esses produtos nocivos aos organismos vivos, deve-ser tomar precauções quanto à sua aplicação, formação de resíduos provenientes das mais diversas fontes e descarte final adequado, de forma que não haja comprometimento do meio ambiente como um todo. Além disso, em alguns casos, os produtos de degradação desses compostos podem ser até mais tóxicos que os produtos originais.

O comportamento de POPs no ambiente pode ser influenciado por diversos fatores como: volatilidade, método de aplicação, tipo de formulação e solubilidade do composto em água; características do solo e plantas; adsorção das moléculas às partículas de solo; persistência e mobilidade dos compostos e condições climáticas do ambiente. Mas, uma vez no ambiente, seus resíduos podem se tornar um risco para todo o agroecossistema.

O estudo dos efeitos de substâncias químicas tóxicas nas comunidades naturais é um dos objetivos fundamentais da ecotoxicologia. Segundo a Agência Americana de Proteção Ambiental, os efeitos de alteração ou de saúde do ambiente são chamados de indicadores ecológicos. Entretanto, há pelo menos uma década tem-se notado que alguns organismos - peixes, insetos, algas, plantas, etc - são resistentes a alguns níveis de contaminação, não morrem quando expostos a agentes tóxicos e fornecem informações precisas sobre a saúde dos ambientes respectivos de cada um desses organismos. Esses tipos de plantas e animais são chamados de indicadores biológicos ou bioindicadores da presença de contaminantes no ambiente.

Os organismos bioindicadores, apesar de não morrerem por alterações do ambiente, respondem a elas por meio de reações comportamentais ou metabólicas mensuráveis, que indicam e refletem alguma mudança no ambiente onde eles vivem. Um indicador é definido como um índice ou uma medida final para avaliar a saúde de um sistema, seja ele econômico, físico ou biológico, já o bioindicador é como a biota ou o componente biótico de um ecossistema que é utilizado como indicador da qualidade do ambiente.

Tem-se verificado que a determinação da contaminação de tecidos de organismos coletados de ambientes naturais é útil. Mas, para fornecer informações de contaminação antes da ocorrência da mortalidade ou do dano, também é necessária a determinação dos efeitos de doses subletais sobre biomarcadores - componentes celulares ou bioquímicos, estruturas e funções que são mensuráveis num sistema ou amostra biológica como bioindicador. De qualquer forma, os parâmetros estudados devem ser sensíveis como bioindicadores de bioconcentração.

Não se deve confundir o uso de bioindicadores com o uso de biomonitores, já que biomonitoramento é a observação contínua de organismos usados como biomonitores de uma determinada área. É o monitoramento que pode fornecer avisos precoces de mudanças no ambiente e que podem resultar em risco para espécies individuais, populações, comunidades ou ecossistemas. Como não se podem monitorar todas as espécies de um ecossistema, têm-se desenvolvido um conjunto de bioindicadores que podem ser usados para se avaliar o status e as tendências de efeitos ecotoxicológicos num ecossistema (Figura 8).

Assim, o termo bioindicador tem sido usado para identificar respostas biológicas que indicam a exposição ou os efeitos de poluentes em organismos, populações, comunidades e ecossistema. Essas respostas biológicas referem-se, portanto, a respostas expressas desde os níveis biomoleculares-bioquímicos até o nível de comunidade. Os bioindicadores ainda são identificados com medidas de efeitos e biomarcadores com medidas de exposição ou da dose dos agentes de estresse. Pode-se apontar como bioindicadores, por exemplo, mudanças na riqueza e abundância de espécies de populações de diferentes comunidades, no tamanho dos espécimes, na integridade reprodutiva, etc. Como biomarcadores pode-se citar como exemplos: atividade enzimática, integridade do DNA, presença de determinadas enzimas, conteúdo de lipídios, etc.

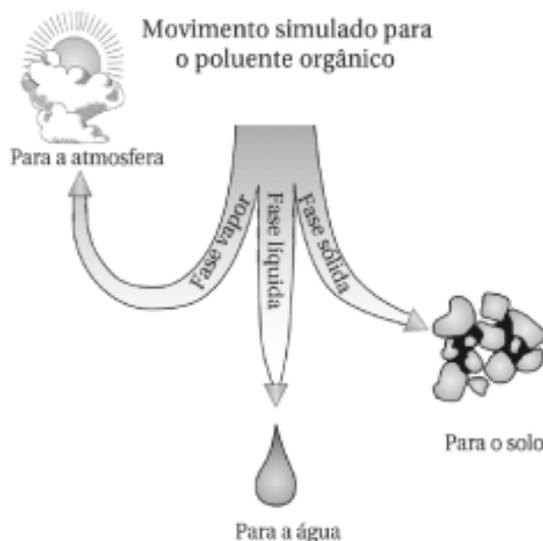


Figura 1. Movimento do poluente em três fases: vapor, líquida e sólida

Figura 8: Movimento do poluente em três fases: vapor, líquida e sólida.

As medidas de bioindicadores têm sido usadas para apontar a probabilidade de um agente estressor (contaminante, alterações das condições físicas, etc.) causar efeito adverso no ambiente e nas populações. São também feitas para caracterizar a saúde do ambiente; indicar o grau de perigo e dar suporte às determinações dos possíveis riscos ecológicos de mudanças na saúde do ambiente. Na agricultura, o uso de agrotóxicos ou pesticidas pode representar um desses riscos porque pode provocar alterações indesejáveis nos ecossistemas por alterações nas funções, atividades, número e abundância de indivíduos de diferentes populações, assim como em características do próprio ambiente. Assim, além dos efeitos desejáveis de controle dos organismos fitófagos, organismos fitopatogênicos e competidores, o uso de agrotóxicos pode representar perigo potencial para o ambiente e para as redes ou teias alimentares.

Entre os efeitos ecológicos de bioindicação, a bioacumulação e a bioconcentração traduzem o acúmulo do poluente nos organismos em relação à quantidade do poluente presente, respectivamente, no solo e na água. Portanto, os bioindicadores devem ter uma relevância biológica para informar sobre a possível contaminação do respectivo ecossistema. Entre os fatores que caracterizam esta relevância, um dos mais importantes é a sua posição trófica, isto é, quanto mais baixo for seu nível trófico e quanto mais ele servir de alimento para os níveis superiores da

cadeia trófica, maior é a relevância biológica do organismo como bioindicador porque através de sua contaminação toda a cadeia trófica pode se contaminar. Na Figura 8 pode-se notar que há necessidade de muita biomassa de produtores para alimentar o topo da cadeia trófica e verifica-se que, se muitos organismos produtores estiverem contaminados, toda a cadeia alimentar da qual eles fazem parte pode se contaminar. Além disso, quanto mais baixa for a posição trófica de um organismo, maior é a probabilidade que ele faça parte de várias teias ou redes alimentares e, por isso, medidas de contaminação em organismos bioindicadores da base de teias alimentares podem indicar o perigo potencial de contaminação de várias teias alimentares (Figura 9).

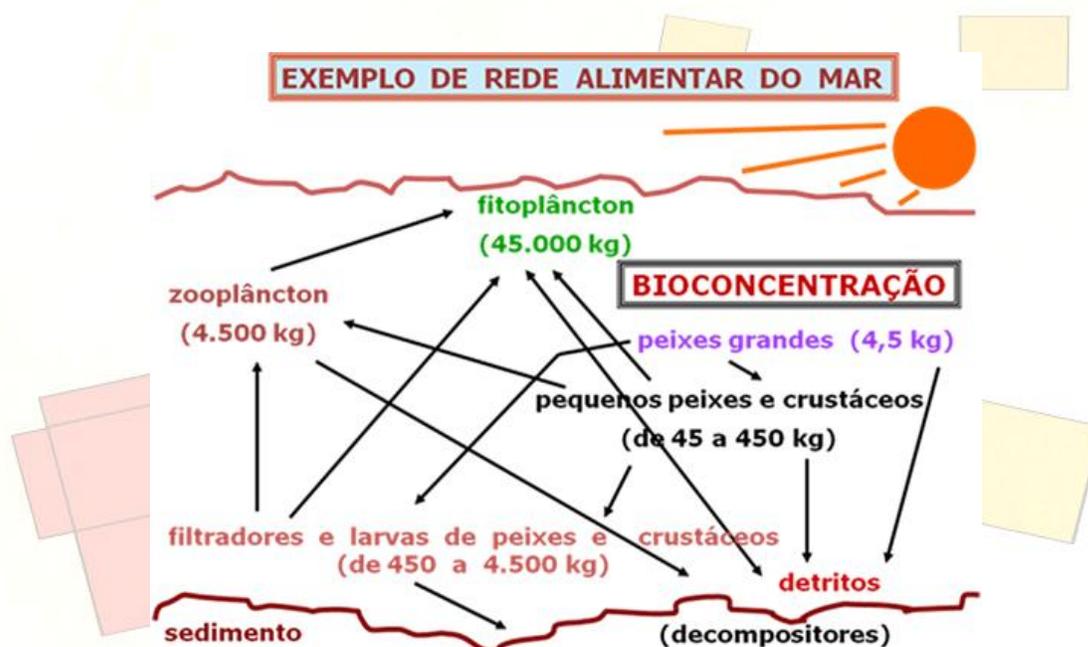


Figura 9: Exemplo de cadeia alimentar.

Outro parâmetro de relevância é o nicho ecológico dos organismos utilizados como bioindicadores. Organismos sedentários ou de atuação em ambientes muito específicos refletem as condições específicas do lugar. Organismos que se alimentam de solo (Figura 10) ou filtram grandes volumes de água (Figura 11), como por exemplo, minhocas e bivalves aquáticos, têm sido

utilizados como bioindicadores de contaminação de solo, de água e de sedimentos não só por agrotóxicos, como por outros poluentes como, por exemplo, metais pesados.

EXEMPLO DE REDE ALIMENTAR NO SOLO

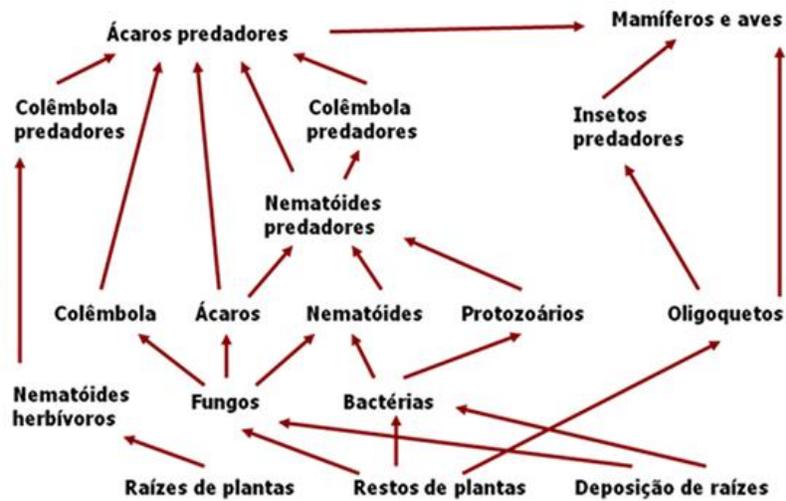
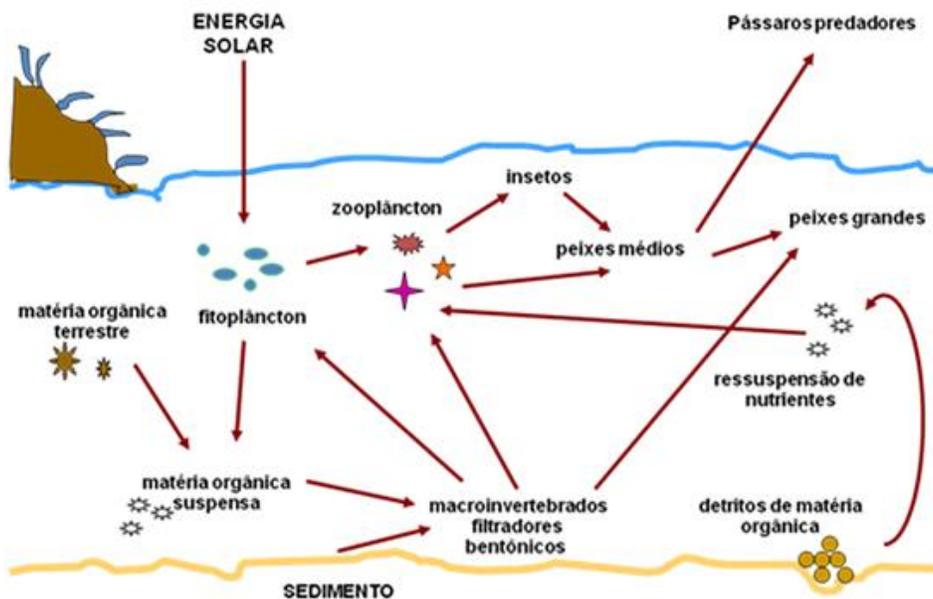


Figura 10: Teia alimentar de ambiente terrestre.



EXEMPLO DE REDE ALIMENTAR DA ÁGUA

Figura 11: Teia alimentar de ambiente aquático.

As minhocas têm sido usadas como bioindicadores de poluição do ambiente edáfico porque elas têm papel destacado na formação do solo; na decomposição de resíduos de plantas e ciclagem de nutrientes da matéria orgânica; na formação do húmus e de agregados de solo, onde a atividade biológica é mais intensa; no melhoramento da estrutura, fertilidade, porosidade e capacidade de infiltração, drenagem e retenção de água, ar e também no transporte de microrganismos e nutrientes do solo por meio dos canais formados por sua escavação e seus deslocamentos no solo. Por meio de seus deslocamentos e de ingestão de solo ou serapilheira contaminados, as minhocas entram em contato com poluentes que atingem ou são aplicados no solo e nele podem permanecer adsorvidos nas partículas minerais, na matéria orgânica e na solução do solo. Elas podem ainda se expor e absorver os contaminantes da solução do solo por meio de contato direto e passagem pela cutícula. A partir desse contato, as minhocas podem se intoxicar, morrer, ou sobreviver, incorporar e até bioacumular esses poluentes em seus tecidos.

Portanto, o nicho ecológico e a importante posição trófica das minhocas, que se situam nos níveis mais baixos das teias alimentares terrestres, servindo de alimento para vários animais e como rota de transferência e biomagnificação de contaminantes ao longo dessas teias, além do conhecimento já acumulado sobre seus hábitos alimentares e habitats, fazem delas excelentes bioindicadores de ecotoxicidade de substâncias químicas no solo, pois elas indicam a bioacumulação potencial ao longo dessas teias.

No ambiente aquático marinho, muitos estudos apontam a utilidade de bivalves para estudos de biomonitoramento porque eles são sedentários, refletem condições específicas do lugar e são filtradores, além de serem naturalmente adaptados a ambientes dinâmicos como os costões e os estuários. Mariscos e mexilhões, como bivalves filtradores, são particularmente vulneráveis aos efeitos de sólidos em suspensão e têm sido usados como bioindicadores para bioconcentração de compostos organoclorados. Além disso, esses organismos filtradores e que se alimentam de depósitos sobre o substrato também refletem a contaminação, respectivamente das colunas d'água e do sedimento.

Assim como há fluxo de energia nas cadeias alimentares, os poluentes podem passar de um nível para outro das cadeias. Desta forma, os organismos dos níveis tróficos mais baixos são os que melhor indicam o potencial de contaminação das teias alimentares. Entre esses, as minhocas e os moluscos bivalves têm sido muito pesquisados, mas muitos outros organismos também têm os atributos necessários para serem utilizados como bioindicadores. Mas, na literatura recente, nota-se uma quantidade crescente de estudos com bioindicadores tanto animais como vegetais, entre os quais, cita-se uma grande faixa de espécies, tais como, algas e líquens, invertebrados como caramujos e caracóis, peixes e pequenos mamíferos predadores, anfíbios, outros oligoquetas, etc. Também insetos têm sido cada vez mais pesquisados sob diferentes aspectos.

Nesses organismos bioindicadores muitas vezes pesquisam-se biomarcadores específicos que devem estar relacionados com as respostas de interesse. Entre os biomarcadores citam-se os efeitos de poluentes em: mortalidade; reprodução representada pelo número de ovos; variação de médias de pesos e tamanhos; respiração; alterações nos conteúdos de lipídios e alterações histológicas; efeito na hemoglobina de insetos; toxicidade para esporos de algas; alterações no comportamento sexual; alterações nas atividades enzimáticas que fornecem informações sobre o

metabolismo de substâncias e de elementos dos ciclos biogeoquímicos (arilsulfatase; desidrogenase; celulase, etc), assim como, técnicas moleculares modernas de reação em cadeia de polimerase - PCR.

No Instituto Biológico, pesquisas utilizando organismos e processos como bioindicadores dos efeitos de agrotóxicos no ambiente têm sido feitas no Laboratório de Ecologia de Agroquímicos já há algum tempo. Entre outros resultados, verificou-se, por exemplo, que a biomassa e a atividade de algumas enzimas de origem microbiana em diferentes solos são inibidas ou estimuladas por efeito de agrotóxicos. Porém, de modo geral, esses efeitos são de curto prazo. Também se verificou que repetidas aplicações de alguns agrotóxicos, como o glifosato, por exemplo, afetaram a microbiota do solo de tal forma que a mineralização do próprio composto foi diminuída quanto maior o número de aplicações. Este herbicida também foi bioacumulado por minhocas, numa relação diretamente proporcional ao tempo de contato com a terra tratada com ele. As minhocas também bioacumularam os herbicidas simazina e paraquat. Entretanto, somente a bioacumulação de paraquat aumentou com o aumento da dose de tratamento do solo. Por outro lado, alguns atributos do solo, como seu conteúdo de matéria orgânica, afetam a bioacumulação de agrotóxicos nas minhocas, isto é, quanto maior o conteúdo orgânico, menos composto fica disponível para bioacumulação nos organismos. Por atender aos requisitos, bivalves de mar e de estuário também foram estudados como organismos bioindicadores de sedimentos desses ambientes contaminados com um composto organoclorado, o hexaclorobenzeno, que é classificado pelo Programa Ambiental das Nações Unidas como um dos poluentes orgânicos persistentes (POP). Esses estudos demonstraram que o nicho ecológico do organismo influencia no processo de absorção do poluente e determina maiores ou menores valores de bioacumulação. Também demonstraram grande correlação deste poluente persistente achado em vários compartimentos ambientais do mundo todo, com o conteúdo de lipídios dos organismos.

Verifica-se então que organismos bioindicadores podem servir como modelos de avisos prévios de contaminação e servir como espécies-sentinelas de alterações no ambiente. No entanto, há necessidade de definição do que se espera como bioindicação e pré-requisitos para escolha do organismo bioindicador. As bases científicas e os usos de bioindicadores e biomarcadores de estressores ambientais e suas relações com medidas específicas de efeitos mensuráveis em populações da flora e fauna, assim como a humana, são objetivos específicos da

“International Society of Environmental Bioindicators - ISEBI” e do periódico Environmental Bioindicators.

Contaminação agrícola faz surgir rãs de seis patas (Figura 12). Rãs com seis patas ou com quadris adicionais podem ter suas deformidades atribuídas aos resíduos ricos em nutrientes. As alterações ambientais causadas por seres humanos podem tornar a vida mais fácil para os parasitas nocivos.



Figura 12 Rãs com seis patas.

6.4 Matemática

6.4.1 Atividade Proposta

A disciplina de Matemática pode desempenhar um papel instrumental, isto é, pode fornecer conceitos e procedimentos que permitam quantificar e analisar grandezas para interpretar fenômenos que serão pesquisados pelos alunos e tomar posição diante dos resultados dessa análise. Deste modo a habilidades a serem desenvolvidas são:

- analisar e representar modelos de poliedros, identificando seus elementos (vértices, arestas, faces) bem como a quantidade deles;

- relacionar esses números para elaborar modelos de poliedros que representam a estrutura de compostos orgânicos;
- elaborar e analisar tabelas e gráficos de colunas, barras, de setores, de linha que mostram dados organizados a partir do resultado de uma pesquisa sobre a “ação” dos compostos orgânicos no meio ambiente;
- elaborar questionário para uma pesquisa quantitativa;
- determinar a amostra de uma população para desenvolver uma pesquisa;
- determinar e interpretar medidas de tendência central representativas do conjunto de dados obtidos a partir de uma pesquisa;
- desenvolver um trabalho cooperado no levantamento de dados de uma pesquisa;
- identificar problemas (ligados ao tema do vídeo) existentes na comunidade em que vivem;
- elaborar estratégias de enfrentamento de tais problemas para solucioná-los.

❖ ETAPA INTERDISCIPLINAR

Projeto – Moléculas perigosas

Após exposição do documentário a Química da Sobrevivência e durante os trabalhos individuais de cada disciplina. Os professores podem solicitar aos alunos que façam uma pesquisa de campo, utilizando um questionário com o objetivo de documentar, relatar e analisar informações sobre produção e utilização de compostos orgânicos persistentes ou não na região em que a escola esta inserida.

Para realização dessa atividade os professores, juntamente com os alunos devem decidir a área de coleta de dados e a quantidade de questionários que devem ser feitas. A área de coleta das informações pode ser próxima a uma indústria, área com grande concentração de veículos, áreas rurais ou próximas a zona rural que faz uso de pesticidas, locais próximos a aterro sanitário, incinerados ou outras atividades que possam gerar ou produzir algum tipo de poluente orgânico.

Para essa atividade é importante que os o objeto da pesquisa, faça parte do dia-a-dia dos alunos e de seus familiares. Assim, os resultados obtidos serão realmente significativos para a vida do educando e para a aprendizagem dos conceitos estudados.

Após a coleta e análise das informações, os alunos podem utilizar o Software Excel ou outro, para esboçar os resultados obtidos através da produção de tabelas e gráficos. Esta atividade pode ser orientada pela disciplina de matemática.

Os resultados obtidos podem ser apresentados pelos alunos em um seminário, juntamente com um trabalho de pesquisa que envolva as três disciplinas, como o estudo aprofundado de uma molécula orgânica poluente, suas características química, físicas e biológicas e sua estrutura geométrica.

6.5.1 Etapas do trabalho Interdisciplinar

O trabalho interdisciplinar entre as disciplinas de Química, Biologia e Matemática pode ser resumido conforme as etapas seguintes:

1ª ETAPA:

- Identificar a problemática (origem dos poluentes). Exemplo: Frota de automóveis, poluentes na água, solo ou ar, agrotóxicos ou outros;
- Identificar os poluentes (compostos orgânicos) existentes na fonte de pesquisa.

2ª ETAPA

- Pesquisa bibliográfica de cada poluente identificado por pequenos grupos de alunos.

3ª ETAPA

- Elaboração de questionário pelos alunos referente à situação dos poluentes na origem, para ser aplicado aos moradores;
- Escolha de uma amostra representativa;
- Aplicação dos questionários;
- Organização dos dados através de tabelas e gráficos;
- Interpretação dos resultados.

4ª ETAPA

- Divulgar os dados levantados para a comunidade escolar e moradores;
- Divulgar o conhecimento gerado através de exposição, relatórios e artigos;
- Sensibilizar e intervir.

❖ RESUMO DA ATIVIDADE

Uma passadinha rápida em todo o processo

- Apresentação do vídeo.
- Nas aulas de Química: estudo das funções orgânicas e características físico-químicas utilizando modelos virtuais e usuais.
- Nas aulas de Biologia: aprofundamento teórico referente à persistência e bioacumulação desses compostos.
- Nas aulas de Matemática: estudo dos modelos de poliedro (referente à ligação dos compostos), análise e produção de tabelas e gráficos, regras para escolha de amostras para pesquisa.
- Atividade Interdisciplinar: levantamento de dados sobre a poluição provocada por compostos orgânicos na comunidade próxima a escola, através da aplicação de questionários, análise e reprodução dos dados coletados.
- E. Confeção de cartazes, folders, resumos, resenhas, relatórios, monografias, acervo fotográfico, filmes, maquetes
- Seminário: apresentação dos dados pesquisados e das informações coletadas a campo.

❖ COMO VOCÊS AVALIARIAM ESSE TRABALHO?

Hora de avaliar a atividade

Avaliação caracteriza-se por um processo contínuo de pesquisas que visa interpretar os conhecimentos, habilidades e atitudes dos alunos, tendo em vista mudanças no comportamento, propostas nos objetivos, a fim de que haja condições de decidir sobre alternativas do planejamento de trabalho do professor e da escola como um todo.

Assim a avaliação deve ser entendida como um processo contínuo, participativo, cumulativo e interativo, envolvendo todos os segmentos da comunidade escolar. Deve interpretar os conhecimentos, habilidades e atitudes dos alunos, tendo em vista mudanças no comportamento. Deve verificar até que ponto os objetivos estão sendo alcançados, identificando os alunos que necessitam de atenção individual, reformulando o trabalho com a adoção de procedimentos que possibilitem sanar as deficiências identificadas.

A avaliação deve abranger o desempenho do aluno, do professor e a adequação do programa. Deve ser considerada como um processo contínuo, visando à correção das possíveis distorções. Trata-se da continuidade de informações aos alunos e não da continuidade de provas. Assim é um processo que leva à aprendizagem.

Deste modo a avaliação dos alunos pode ser feita de forma conjunta e participativa pelos professores das disciplinas envolvidas, uma vez que os produtos obtidos através do projeto podem ser de interesse de todos os envolvidos. Os alunos podem ser avaliados pela produção da pesquisa de campo, bem como pelas habilidades manuais utilizadas na construção das moléculas, pela participação e colaboração nas atividades propostas e pela pesquisa bibliográfica e apresentação do assunto pesquisado durante o seminário.

Através das atividades paralelas desenvolvidas pelas disciplinas e principalmente através da atividade interdisciplinar pretende-se alcançar os seguintes objetivos: a) Formar multiplicadores ambientais; b) Intervir para a redução da poluição e contaminação na área; c) Intervir para a redução dos impactos gerados; d) Sensibilizar e Desenvolver uma consciência ambiental dos alunos; e) Apresentar e estimular o acesso e uso da metodologia científica na escola; f) Acionar os órgãos públicos ambientais para atuar junto a estas empresas e ou indústrias para agirem de acordo com as normas ambientais em vigor; g) Contribuir para que as futuras gerações possam ter acesso ao ambiente limpo e com a biodiversidade presente.

**❖ EM QUAL ANO OU ANOS DO ENSINO MÉDIO SERIA MELHOR
APLICAR ESSE TRABALHO?**

Hora de avaliar a aplicabilidade da atividade

Este trabalho deve ser aplicado no terceiro ano do ensino médio, pois para compreensão das estruturas químicas e características dos compostos abordados, é fundamental que os alunos tenham conceitos anteriores referentes à união dos compostos (ligações químicas), entretanto, pode ser adaptado para a segunda e primeira série do ensino médio, considerando que na disciplina de biologia pode-se trabalhar Embriologia e Histologia no 1º ano, Seres Vivos no 2º ano e Genética, Evolução e Ecologia no 3º ano. Já a disciplina de matemática pode ser considerada uma ferramenta para discussão e compressão dos dados e pode ser aplicada também nos três anos do ensino médio.

Deste modo considera-se que o terceiro ano do ensino médio seja o ano que tem maiores condições de desenvolvimento, pois, já possuem um conhecimento mais elaborado e completo.

Dessa forma os alunos terminarão o ensino médio qualificado para atuarem na intervenção social e ambiental de seus municípios e estados, além de que, não terão problemas para o ingresso no curso superior, pois dominarão as etapas do método científico, bem como a produção de resumos, resenhas, texto, relatórios e monografias.

SUGESTÕES DE LEITURAS

Livros e periódicos:

Andréa, M.M.; Peres, T.B.; Luchini, L.C.; Marcondes, M.A.; Pettinelli Jr., A.; Nakagawa, L.E. Impacto f long term applications of cotton pesticides on soil biological properties, dissipation of [14C]-methyl parathion and persistence of multi-pesticide residues. IAEA-TECDOC-1248. Austria: International Atomic Energy Agency, 2002. p.15-36.

Andréa, M.M.; Pettinelli Jr., A. Efeito de aplicações de pesticidas sobre a biomassa e a respiração de microrganismos de solos. Arquivos do Instituto Biológico, v.67, n.2, p.223-228, 2000.

Andréa, M.M.; Peres, T.B.; Luchini, L.C.; Bazarin, S.; Papini, S.; Matallo, M.B.; Savoy, V.L.T. Influence of repeated applications of glyphosate on its persistence and soil bioactivity. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, n. 11, p.1329-1335, 2003.

Andréa, M.M.; Papini, S.; Peres, T.B.; Bazarin, S.; Savoy, V.L.T.; Matallo, M.B. Glyphosate: influência na bioatividade do solo e ação de minhocas sobre sua dissipação em terra agrícola. *Planta Daninha*, v.22, n.1, p.95-100, 2004.

Andréa, M.M.; Tomás, A.R.G.; Vampé, T.M.; Barreto, O.J.S.; Luchini, L.C. Bioaccumulation and Retention of ¹⁴C-hexachlorobenzene (HCB): I. The Marine Tropical Mussel *Perna perna*. *Environmental Bioindicators*, v.2, n.4, p.219-228, 2007a.

Andréa, M.M.; Tomás, A.R.G.; Vampé, T.M.; Barreto, O.J.S.; Luchini, L.C. Bioaccumulation and Retention of ¹⁴C-hexachlorobenzene (HCB): II. The Estuarine Clam *Mytella guyanensis*. *Environmental Bioindicators*, v.2, n.4, p.229-236, 2007b.

Atkins, P.W. *Moléculas*. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

Baird, C. *Química Ambiental*. Porto Alegre: Bookman, 2002.]

Bartell, S.M. Biomarkers, bioindicators, and ecological risk assessment – A brief review and evaluation. *Environmental Bioindicators*, v.1, p.60-73, 2006.

Beeby, A. What do sentinels stand for? *Environmental Pollution*, v.112, p.285-298, 2001.

Bottomley, P.J. Microbial ecology. In: Sylvia, D.M.; Fuhrmann, J.J.; Hartel, P.G.; Zuberer, D.A. (Ed.) *Principles and Applications of Soil Microbiology*. New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1999. p.149-167.

Bueno, P.G; Camargo, M.C.R; Catarino, T.T.M. Os Efeitos dos Poluentes Orgânicos Persistentes na Saúde Humana e no Meio Ambiente. Extraído: www1.sp.senac.br/hotsites/sigas/docs/20071016_cas_OsEfeitosdosPoluentesOrganicos.pdf. Acessado: 23/09/2008.

Burattini, S.V.; Brandelli, A. Bioacumulação. In: Zagatto, P.A.; Bertoletti, E. (Ed.) *Ecotoxicologia Aquática. Princípios e Aplicações*. São Carlos: RiMA, 2006. p.55-88.

Burger, J. Bioindicators: types, development, and use in ecological assessment and research. *Environmental Bioindicators*, v.1, p.22-39, 2006.

Environmental Protection Agency - EPA – About biological indicators. Link. Acesso em: 15 set. 2003.

Gomes, D.; Cardoso, K.K e Coimbra, M.A. Construindo moléculas com garrafas PET. XXVII- Encontro de Debates sobre Ensino de Química (27º-EDEQ). Colégio Estadual Visconde de Bom Retiro. Rua Luiz Casemiro Frâncio S/N, Bairro Santa Rita, Bento Gonçalves, RS, Cep: 957000-000. kkimica@hotmail.com

Lima, J. S. Bioindicação em sistemas terrestres. Link. Acesso em: 19 out. 2005.

Luchini, L.C.; Andréa, M.M. Dinâmica de Agrotóxicos no Ambiente. In: AMBIENTE, Ministério Do Meio; AGRICULTURA, Fórum Nacional de Secretários de. (Org.). Programa de Defesa Ambiental Rural - Textos Orientadores. Brasília, 2002, p. 27-44.

Papini, S.; Andréa, M.M. Ação de minhocas Eisenia foetida sobre a dissipação dos herbicidas simazina e paraquat aplicados no solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.67-73, 2004.

Piletti, C. Didática Geral. São Paulo: Ática, 1993.

Amarante, O.P; Vieira, E.M; Coelho, R.S. Poluentes Orgânicos. São Carlos: RiMa, 2006.

United Nations Environment Program (UNEP). Ridding the world of POPs: a guide to the Stockholm convention on persistent organic pollutants. Geneva, Switzerland: UNEP. 2005, 18p.

Páginas da Rede (internet) que podem ser consultadas pelos professores e estudantes para complementar esse trabalho.

<http://www.santateresa.g12.br/QUIMICA/minicurso.pdf>

Site que explica como utilizar o software ChemSketch para construção de molécula virtuais.

http://www.3bscientific.com.br/shop/brasil/fwd-es-quimica/kit-de-materiais-organicos-para-estudantes-w19721,5_p_194_195_0_0_4324_image_full.html

Site para compra de kit molecular.

<http://www.acdlabs.com/download/chemsk.html>.

Site para fazer download do software ChemSketch.

<http://baixaki.ig.com.br/download/Movies.htm>

Site para fazer download do softwares Movies 13

Quais as principais palavras-chave para busca de mais material na internet?

Poluentes Orgânicos; Moléculas Orgânicas, Poluição Ambiental.

Passeios, visitas e lugares para levar os alunos.

Os alunos podem fazer uma visita ao local do estudo da pesquisa de campo para observação das características e aspectos ambientais do local.

