

POLUIÇÃO DO SOLO

Prof. Haroldo Mattos de Lemos*
Prof. Ricardo E. Musafir

1. Introdução

O solo é, sem dúvida, nossa principal riqueza natural, de onde o homem extrai a maior parte das substâncias de que necessita para sua sobrevivência. Tal é a sua importância, que Henry C. Wallace dizia, e a História nos confirma, que: "As nações só duram enquanto dura o seu solo".

A origem do solo está ligada à desagregação de rochas e à decomposição de restos vegetais e animais. A sua porção mineral pode ser resultante da ação vulcânica ou da desintegração de rochas sólidas por ações físicas, químicas ou biológicas, reunidas sob a denominação genérica de intemperismo.

O solo é um meio vivo, particularmente nas suas camadas superiores, onde habita uma comunidade de fungos, bactérias, protozoários e vermes, que desempenha um papel importante na degradação e mineralização da matéria orgânica morta e sua posterior incorporação aos diversos sistemas existentes. Os microrganismos estão concentrados principalmente nos primeiros 15 centímetros do solo.

O solo é formado por várias camadas, chamadas de horizontes, que têm composição química e física diferentes. O perfil de um solo, de cima para baixo, apresenta os seguintes horizontes:

- a) Horizonte A₀, constituído pela matéria orgânica presente na superfície, com espessura de dois a dez centímetros;
- b) Horizonte A, que é a primeira camada mineral do solo, com teores altos de matéria orgânica. São encontradas grandes quantidades de raízes vivas e mortas, e microrganismos, minhocas e insetos, que permeabilizam o solo, favorecendo sua aeração e a penetração da água das chuvas;
- c) Horizonte B, com baixo teor de matéria orgânica e materiais alterados, com características definidas pela acumulação de argila, ferro e alumínio. Sua espessura varia com a intensidade dos processos formadores, a profundidade do perfil, o tempo de formação do solo e a textura do material parental;
- d) Horizonte C, com matéria mineral não consolidada, pouca ação biológica, e provavelmente com as mesmas características físicas, químicas e mineralógicas da rocha matriz.

Pela ação do homem, os solos podem sofrer alterações de caráter físico:

- mudanças na estrutura do solo por atividades agropecuárias: aragem, gradeamento, compactação;
- queimadas;
- erosão;
- impermeabilização;
- movimentos de terra (escavações e aterros).

E alterações de caráter químico:

- fertilização artificial;
- salinização;
- aplicação de pesticidas;
- disposição de resíduos sólidos e líquidos.

As alterações nas características físicas e químicas afetam os organismos vivos do solo, que são importantes para garantir sua fertilidade. As queimadas, a aplicação de pesticidas, o uso

excessivo de fertilizantes e a poluição causada pelos resíduos podem eliminar muitos organismos úteis.

2. Os fatores de degradação dos solos

Entre os vários fatores de ou degradação dos solos estão: o desmatamento desordenado e suas conseqüências; a utilização irracional do solo; a poluição provocada pela aplicação indiscriminada de pesticidas, herbicidas e fertilizantes na agricultura; a poluição provocada pelos resíduos sólidos e líquidos, tanto domésticos quanto industriais.

2.1. O desmatamento desordenado e suas conseqüências

O desmatamento desordenado constitui o primeiro estágio de degradação dos solos. Os desmatamentos são realizados principalmente para:

- a) utilização da madeira, como combustível (lenha ou carvão) e como matéria prima para a indústria da construção e móveis;
- b) criação de pastagens e/ou lavouras;
- c) crescimento da malha urbana, construção de novas rodovias.

Segundo reportagem o jornal *O Globo*, de 15 de novembro de 2013, baseada em artigo da revista *Science*, entre 2000 e 2012, o planeta perdeu 2,3 milhões km² de área verde original. No mesmo período, 0,8 milhões km² foram replantados.

2.1.1. Estágio atual do desmatamento no Brasil

Os mapas mais antigos do Brasil ressaltavam uma exuberante vegetação cobrindo, praticamente, todo o nosso território. Entretanto, o Estado de São Paulo, que primitivamente possuía 81,8% de seu território coberto de florestas, teve este valor reduzido para apenas 8,3% em 1973 e, atualmente, para menos de 4%. O Estado do Rio Grande do Sul, que tinha 40% de cobertura florestal em 1500, possui hoje menos de 1,0%. Neste Estado, existe um processo de desertificação: no Município de Alegrete, uma pequena mancha de areia identificada em 1930, em 1965 já media 64 hectares, e atualmente ultrapassa 200 hectares. O Estado do Rio de Janeiro, que tinha 97% de cobertura florestal em 1500, tem agora menos de 7% de florestas.

O ecossistema mais ameaçado pelo desmatamento é a Mata Atlântica, que se estendia do Rio Grande do Norte à Santa Catarina, e que hoje tem apenas 6% do total de 1500. O cerrado brasileiro já perdeu mais de 50% de área florestada.

Quanto à Floresta amazônica, embora cerca de 80% da área de floresta ainda esteja preservada, o desmatamento avança, ainda que a área desmatada anualmente tenha sido significativamente reduzida desde 2004. As principais causas para o desmatamento da Amazônia são a pecuária e plantações de soja. Entre 1991 e 2000, a área total de floresta amazônica desmatada para a pecuária e estradas aumentou de 415.000 para 587.000 km² - uma área mais de seis vezes maior do que Portugal. A maior parte dessa floresta perdida foi substituída por pastagem para o gado.

A média histórica de desmatamento nas décadas de 1980 e 1990 foi em torno de 17 mil km². Em 1991, o governo brasileiro revogou os incentivos fiscais que permitiam às empresas multinacionais investirem na compra de áreas na região amazônica para “desenvolve-las” com atividades agropecuárias. Este fato, associado à recessão da economia, fez com que o ritmo de desmatamento caísse significativamente até que em 1995, em virtude do reaquecimento da economia provocado pelo Plano Real (que possibilitou uma redução drástica na inflação), o nível de desmatamento subiu para 29.059 km² (dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE). Para enfrentar esta situação, o Ministro do Meio Ambiente Gustavo Krause propôs que a reserva legal para os terrenos na Amazônia subisse de 50% para 80% da sua área (isto é, quem comprasse um terreno só poderia desmatar 20% da sua área). Esta proposta foi aceita e implantada por Medida Provisória, o que provocou uma redução no ritmo de desmatamento, que foi de 18.161 km² em 1996 e de 13.227 km² em 1997, mas que voltou

a crescer nos anos seguintes, chegando a 27.423 km² em 2004. A partir de então, devido à ação governamental, baseada na implantação do Zoneamento Econômico-Ecológico da região (decretos de 2002 e 2010), o ritmo declinou drasticamente, até 2012, quando chegou a 4.571 km². Entre agosto daquele ano e julho de 2013, entretanto, a área desmatada voltou a crescer, chegando a 5.843 km², 28% acima do registrado em relação ao mesmo período nos anos 2011-2012.

Mais informações sobre o desmatamento da Amazônia podem ser obtidas, por exemplo, em http://pt.wikipedia.org/wiki/Desmatamento_da_Floresta_Amazônica e em www.inpe.br.

O “Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa (1990-2005)”, publicado em 2010, mostrava que o desmatamento na Amazônia contribui, naquele período, com mais de 50% das emissões de gases do efeito estufa (GEE) do Brasil. A segunda edição do documento, publicada em 2014 e incluindo dados até 2012, mostra que, a partir de 2009, a contribuição do desmatamento para as emissões brasileiras de GEE teve significativa redução, sendo, em 2012, de 15% do total. É interessante notar que, naquele ano, o desmatamento do Cerrado teve uma contribuição maior para essas emissões do que o da Amazônia. O documento pode ser encontrado em:

http://www.mct.gov.br/upd_blob/0235/235580.pdf

É importante explorar os imensos recursos da floresta amazônica de forma sustentável, i.e., sem causar a destruição da floresta, que tem importante papel regulador no clima e que abriga um número imenso de espécies animais e vegetais — muitas das quais ainda não são conhecidas: em maio de 2013 foi divulgada a identificação de 15 novas espécies de pássaros na Amazônia.

2.1.2. Conseqüências do desmatamento

a) Erosão: com a derrubada das florestas o solo fica sem a sua proteção natural, sujeito à calcinação das camadas superiores e à erosão acelerada, principalmente nas encostas mais íngremes. A erosão pode ser provocada pelos ventos e, principalmente, pelas chuvas, perdendo-se assim as camadas mais férteis do solo, que são as camadas superiores. A intensidade da erosão depende de fatores como a quantidade e intensidade de chuvas e a estrutura e composição geológica do terreno. A erosão acelerada atinge com grande intensidade os Estados do Paraná e Mato Grosso do Sul, através do fenômeno conhecido por “voçoroca”. As principais medidas para o controle da erosão são:

- proteção da vegetação existente e reflorestamento de áreas degradadas;
- disciplinamento do uso e ocupação do solo;
- práticas agrícolas adequadas (plantio em curvas de nível, manutenção da vegetação natural nas partes mais altas, cordões de vegetação permanente, controle das queimadas, cobertura morta do solo (com palhas, folhas, capim seco);
- proteção do escoamento das águas;
- controle dos movimentos de terra em obras de engenharia.

Para registrar a importância da erosão eólica de solos degradados, os cientistas da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional – NOAA dos Estados Unidos, informaram, em 18 de abril de 2001, que uma gigantesca tempestade de poeira, oriunda do norte da China, atingira os Estados Unidos, cobrindo áreas do Canadá ao Arizona com uma camada de pó. Um novo deserto está se formando na divisa leste da Planície Quinghai-Tibete, numa região outrora famosa pelo capim que chegava à barriga dos cavalos. Estima-se que a desertificação atinja 2.330 km² de terra por ano, e uma área várias vezes maior está sofrendo declínio de produtividade por excesso de uso.

b) Assoreamento e Inundações: como conseqüência da erosão, produz-se o assoreamento dos cursos d'água, reduzindo a altura útil do leito dos rios e diminuindo sua capacidade de escoamento. Com as chuvas torrenciais, ocorrem então inundações das margens e das

áreas baixas vizinhas, com enormes prejuízos materiais (lavouras, rebanhos, casas). A sedimentação do material carreado se faz principalmente nos remansos dos rios e nas barragens, onde a velocidade da água é menor, podendo reduzir significativamente suas capacidades originais de armazenamento de água.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos estima que 4 bilhões de toneladas de sedimentos por ano são carreados para os rios naquele país, em virtude da má utilização do solo. Se a degradação dos solos continuar no mesmo ritmo atual (6 milhões de hectares se transformam em desertos por ano), 1/3 das terras cultiváveis do mundo será perdida nos próximos 30 anos.

c) Modificações climáticas: se uma região é inteiramente desmatada, ocorrem modificações no microclima local, como o aumento da temperatura e redução da umidade. Em virtude da evapotranspiração das plantas e da evaporação das águas de lagos, rios e áreas inundadas, cerca de metade das chuvas que caem na região amazônica é gerada dentro da própria região. O regime de chuvas em Belém hoje é muito diferente do de 50 anos atrás: a famosa chuva diária das 13 horas já não acontece mais com a regularidade anterior.

d) Modificações nos regimes dos rios: a floresta, com a cobertura vegetal e a camada de húmus, funciona como uma "esponja" durante as chuvas, encharcando-se de água e liberando-a lentamente após o término das chuvas. Um tapete de 10 cm de espessura de musgos vivos e secos sobre 1 m² de superfície pesa 6 kg e pode reter 52 kg de água, dos quais cedem lentamente 46 kg. Assim, de 1 ha de terreno coberto por um tapete de musgos deste tipo, podem ser retirados 460.000 litros de água. Através das raízes, facilitam também a penetração da água para as camadas subterrâneas, que por sua vez abastecem os rios, lenta e constantemente. Aqui no Brasil, temos exemplos de vários rios da região Nordeste, que já foram rios perenes e que se transformaram em rios torrenciais (só têm água no período das chuvas), em virtude do intenso desmatamento nas suas nascentes e ao longo de suas margens.

e) Extinção de espécies animais e vegetais: a redução de diversidade biológica está ocorrendo em virtude do desmatamento. A redução do habitat natural reduz a possibilidade de alimentação dos animais (tigre de Bengala, na Índia). A extinção das espécies animais ocorre também pela caça ou pesca predatória (baleias).

f) Desertificação: a derrubada das florestas e a utilização irracional do solo têm como consequência final a desertificação, motivo atualmente de grande preocupação internacional. Somente um terço da superfície sólida do nosso planeta, isto é, 50 milhões de km², é cultivável, mas calcula-se que já perdemos pela desertificação, área superior a 9 milhões de km². O Deserto do Saara avançou quase 100 km para o sul em 17 anos, enquanto que o Deserto de Atacama, na América do Sul, avança rumo ao sul cerca de 1,5 a 3 km por ano, numa extensão de 80 a 160 km. Há meio século, o Deserto de Tar na Ásia avança 1 km por ano.

3. Poluição do Solo

A poluição do solo pode ser definida como qualquer alteração provocada nas suas características pela ação de produtos químicos (fertilizantes, herbicidas ou pesticidas) ou de resíduos sólidos ou líquidos, que prejudique os usos do solo ou o torne prejudicial ao homem e outros organismos.

3.1. Produtos químicos e seus efeitos

A redução ou eliminação da fauna natural em virtude do desmatamento, pode provocar uma superpopulação de animais transmissores de doenças, como os mosquitos, ou concorrentes do homem pelos alimentos, como os ratos, formigas e lagartas, que antes mantinham-se sob controle de seus predadores naturais. Para restabelecer o equilíbrio e controlar os animais nocivos, o homem inventou meios artificiais de combate através de pesticidas. Para controlar os vegetais indesejáveis, começou a aplicar herbicidas.

A poluição do solo pelos pesticidas e herbicidas acentuou-se de forma impressionante após a Segunda Guerra Mundial, graças ao grande progresso da química orgânica. O homem passou a contar com uma infinidade de produtos sintéticos consideravelmente mais eficazes e mais acessíveis que os anteriores, quase todos pertencentes à química inorgânica (produtos à base de arsênico, sulfato de cobre, etc...). O DDT, que já foi usado em larga escala, surgiu em 1942 e foi o primeiro de uma série que se multiplicou com velocidade espantosa: em dois anos apenas, 1966 e 1967, foram registrados oficialmente, nos Estados Unidos, 58.831 marcas diferentes de "pesticidas".

O uso indiscriminado de defensivos agrícolas (pesticidas e herbicidas), para tentar diminuir as perdas causadas pelas pragas e ervas daninhas, fez com que o Brasil se tornasse um grande consumidor mundial desses produtos. Entre as principais consequências do uso dos defensivos agrícolas (ou agrotóxicos) estão:

- destruição de insetos úteis (abelhas e outros animais polinizadores), que pode provocar o aparecimento de pragas secundárias;
- contaminação e mortandade de peixes, répteis, anfíbios, aves e mamíferos (tanto maior quanto mais alto estiver na cadeia alimentar – fenômeno da magnificação biológica), provocando falta de alimento para outras espécies;
- destruição de plantas úteis;
- resistência das pragas: o uso excessivo e continuado de um agrotóxico favorece o aparecimento de populações resistentes a aquele agrotóxico. Para resolver o problema, novos produtos mais tóxicos devem ser desenvolvidos e aplicados;
- contaminação de alimentos de origem vegetal ou animal com resíduos de agrotóxicos;
- danos à saúde do homem: intoxicação aguda, em caso de acidentes ou nas pessoas que aplicam os agrotóxicos nas lavouras sem a proteção e os cuidados necessários, ou de longo prazo, pela ingestão de alimentos contaminados com resíduos dos agrotóxicos, ou de animais que acumularam os agrotóxicos pela cadeia alimentar (peixes, aves, carne de boi).

Algumas doenças provocadas pela ingestão constante de doses relativamente baixas de agrotóxicos são: lesões hepáticas e renais, diminuição das defesas orgânicas, esterilidade masculina, reações de hipersensibilidade (alergia, asma), teratogênese e carcinogênese.

3.1.1. Classificação dos pesticidas

a) de acordo com a constituição química:

- inorgânicos: sulfato de cobre, derivados do arsênico e flúor, etc...
- orgânicos: podem ser naturais, quando extraídos de vegetais (piretrina, nicotina, rotenona), e sintéticos (DDT, Aldrin)

b) quanto à espécie química:

- organoclorados: DDT, Dieldrin, Aldrin etc...
- organofosforados: Malathion, Parathion etc...
- carbamatos: Dimetan, Sevin, Isolan etc...

3.1.2. Efeitos dos produtos químicos

Muitos resultados positivos foram alcançados com a utilização dos agrotóxicos. Os pesticidas permitiram controlar as pragas das lavouras, diminuindo assim os seus estragos e permitindo um acréscimo na produção de alimentos. Os inseticidas, por sua vez, permitiram eliminar ou limitar sensivelmente certas doenças, especialmente a malária. Calcula-se que a campanha contra esta doença salvou cerca de 10 milhões de vidas no período de 1950 a 1960, em virtude da pulverização periódica do interior das habitações com o DDT. Considera-se que este método de aplicação do DDT não provoca problemas sérios, em comparação com os benefícios obtidos. Atualmente, são comercializados por ano centenas de novos produtos químicos. Muitos destes produtos podem causar a morte

pela ingestão de pequenas doses durante um período longo de tempo. O período de latência, desde a primeira exposição a carcinogênicos químicos, até o desenvolvimento do câncer, pode ser de até 30 anos. O maior perigo da utilização de pesticidas persistentes (não biodegradáveis), está na sua concentração ao longo das cadeias alimentares. Na água o teor de DDT pode ser multiplicado cerca de 10 milhões de vezes nos organismos vivos. Na Guatemala, onde o DDT foi utilizado durante 15 anos nas plantações de algodão, o leite materno continha, no final dos anos 70, de 0,3 a 12,2 ppm deste produto, isto é, 15 a 500 vezes a quantidade diária aceitável, segundo a Organização Mundial da Saúde.

O emprego excessivo de fertilizantes sintéticos também pode provocar problemas de poluição do solo e das águas pela eutrofização, que é a concentração de nutrientes na água e a conseqüente proliferação de algas. O solo sofre alterações caracterizadas por um rápido decréscimo do seu teor de matéria orgânica e mudanças nas suas características físicas, influenciando na capacidade de retenção e escoamento das águas. O excesso de nitrato no solo, absorvido pelos vegetais que vão alimentar o homem, ou poluindo a água subterrânea que o homem vai beber, pode provocar problemas à saúde, principalmente às crianças, pela redução da capacidade do sangue em fixar o oxigênio. Além disso, os adubos sintéticos contêm impurezas, como arsênico, cádmio, cromo e chumbo, que pelo seu acúmulo no solo, podem provocar a redução da produtividade ou afetar a saúde dos consumidores dos vegetais ali produzidos.

Os problemas causados pela utilização indiscriminada dos pesticidas motivaram pesquisas na direção de eliminar as pragas e os insetos daninhos sem provocar danos diretos ou indiretos a outras espécies, principalmente ao homem. Uma solução para evitar a concentração ao longo das cadeias alimentares foi a utilização dos pesticidas organofosforados, cuja degradação na natureza é bem mais rápida que a dos organoclorados, embora sejam extremamente tóxicos. A decomposição dos organofosforados na natureza é medida numa escala de dias ou semanas, ao invés de anos dos organoclorados. O DDT, por exemplo, após 17 anos da aplicação, apresenta uma persistência de 39%. A alta toxidez dos pesticidas fosforados têm provocado inúmeros problemas, como a morte de homens (lavradores) e animais e a eliminação de predadores e parasitas dos insetos daninhos. Assim, outra solução que tem sido tentada é a produção de inseticidas seletivos, isto é, que são tóxicos apenas para aquelas espécies que queremos combater.

Precisamos reconhecer que os produtos químicos melhoraram profundamente nossa qualidade de vida, mas também provocaram efeitos colaterais (não intencionais), como afirmava Elizabeth Dowdeswell, Diretora Executiva do PNUMA, entre 1993 e 1997.

Em regiões frias próximas aos pólos, encontramos atualmente, concentrações surpreendentemente altas de produtos químicos tóxicos e persistentes (com velocidade de biodegradação muito baixa). Alguns exemplos são os PCBs (bifenilas policloradas, usadas em transformadores elétricos, equipamentos de resfriamento e materiais de isolamento) e pesticidas como DDT, Lindano e Toxafeno, que nunca foram utilizados naquelas regiões.

Para explicar este fenômeno, que está transformando as regiões polares em lixeiras químicas, os cientistas descobriram um processo que estão chamando de “destilação global”. Alguns poluentes orgânicos persistentes – POPs, como os mencionados acima, são usados ou aplicados em regiões tropicais e temperadas. Por serem ligeiramente voláteis ou semi-voláteis (evaporarem lentamente) são transportados pelos ventos na forma gasosa até encontrarem temperaturas mais baixas. Quando isto ocorre são condensados diretamente na superfície do solo ou nas partículas presentes em aerossóis, que serão depositadas posteriormente através da neve ou chuvas.

Na realidade, também ocorre evaporação nas regiões mais frias, e o transporte pelas correntes de ar dos pólos para as regiões tropicais equivale à corrente inversa. Mas como a condensação e deposição são favorecidas pelas baixas temperaturas, o balanço final

desse processo é o transporte mais intenso dessas substâncias químicas na direção das regiões polares. Como agravante, tem-se que, quanto mais baixa a temperatura, mais baixa a velocidade de biodegradação dos POPs, o que favorece o aumento da concentração desses poluentes nas regiões mais frias. Atualmente, as grandes concentrações de pesticidas (α -HCH e toxafeno) encontradas nas águas do mar estão no Oceano Ártico¹.

O transporte dos POPs para as regiões polares pode se dar em uma ou em várias etapas (efeito “gafanhoto”), e pode levar algumas décadas, até que o produto químico seja degradado ou retido de forma permanente. Assim como nas regiões onde os POPs foram usados e aplicados, nas regiões mais frias eles entram nas cadeias alimentares e se acumulam nos peixes, aves, mamíferos marinhos e no homem.

Estamos, portanto, frente a um novo problema ambiental em escala global, pois ele afeta mesmo aqueles que não contribuíram (ou contribuíram muito pouco) para o surgimento do problema. Um exemplo são os esquimós: as mulheres Inuit na Groenlândia e no Ártico Canadense apresentam hoje uma concentração de PCB no seu leite, muitas vezes maior do que as mulheres que vivem nos países industrializados¹.

Outro problema descoberto recentemente por cientistas europeus, mostra que alguns produtos químicos, mesmo quando presentes em concentrações extremamente baixas no organismo, reproduzem os efeitos de certos hormônios (os estrogênios p.e.) ou bloqueiam a produção destes. Vale lembrar que os hormônios desempenham papel fundamental nos animais, como mensageiros químicos circulando no sangue e regulando muitas funções do corpo, como o crescimento, o metabolismo e a reprodução².

Alguns produtos químicos podem imitar, destruir, desorganizar ou interferir na rede hormonal dos seres humanos e dos animais (sistema endócrino). Os “perturbadores endócrinos” (endocrine disrupters), como estão sendo chamados, incluem muitos POPs, pesticidas e resíduos industriais. A presença conjunta de algumas dessas substâncias, mesmo em doses muito pequenas, potencializa, ao que parece, seus efeitos e dificulta ainda mais o seu estudo, pois a toxicologia de muitos desses produtos químicos ainda não está completa.

Os perturbadores endócrinos estão sendo responsabilizados por uma série de efeitos tóxicos, como o aumento da incidência de câncer de mama, da próstata e dos testículos, danos ao sistema nervoso, doenças do sistema imunológico e várias anomalias da reprodução, como a redução de cerca de 50% na contagem do esperma, infertilidade masculina, retração de testículos e até hermafroditismo. Pode-se medir atualmente, pelo menos 500 produtos químicos que carregamos no nosso organismo, e que antes de 1920, jamais estiveram presentes no corpo humano⁴.

Alguns perturbadores endócrinos reproduzem a ação do estrogênio no organismo. São substâncias artificiais, como o DDT, que se comportam como o estrogênio natural, e são chamados de estrogênios ambientais. Provocam o aparecimento de características femininas nos organismos afetados. Cientistas noruegueses encontraram no verão de 1998, diversos casos de ursos polares hermafroditas⁴.

Em 1993, um grupo de toxicologistas identificou 45 pesticidas e produtos químicos industriais como perturbadores endócrinos ou como suspeitos de serem perturbadores endócrinos⁵. Em 1995, o Conselho de Administração do PNUMA aprovou uma lista com 12 POPs e iniciou um processo para a criação de uma Convenção Internacional para a redução o eliminação da produção, venda e uso destes poluentes orgânicos persistentes.

Os 12 POPs aprovados inicialmente são a) pesticidas: DDT, Aldrin, Chlordano, Dieldrin, Endrin, Heptacloro, Mirex e Toxapheno; b) produtos industriais: bifenilas policloradas (PCBs) e hexaclorobenzeno (que também é pesticida); c) subprodutos de processos industriais e queima incompleta (produção não intencional): dioxinas e furanos.

Os critérios recomendados para que se considerem novos POPs a serem acrescentados à linha existente são: persistência, bioacumulação, capacidade de transporte a longas distâncias e toxicidez. A partir da análise destes dados, será possível decidir se um produto químico apresenta riscos suficientes para exigir uma ação global. Ao final de 1988 outros produtos químicos, incluindo metais pesados, como o chumbo, tinham sido incluídos na lista inicial, aumentando o número de suspeitos para 60⁶. Uma estimativa recente elevou para 250 o número de possíveis perturbadores endócrinos⁷.

Em 22 de maio de 2001, em Estocolmo, foi adotada a Convenção sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, assinada, em seguida, por 105 países e pela União Européia. Até 31 de dezembro de 2002, 151 países haviam assinado a Convenção, e 24 países já a tinham ratificado. Ela entraria em vigor após a sua ratificação pelos Congressos ou Parlamntos de 50 países (o Canadá e as Ilhas Fiji foram os dois primeiros a ratificá-la). A Convenção entrou em vigor em maio de 2004.

O Objetivo da Convenção é proteger a saúde humana e o meio ambiente dos efeitos deste perigoso grupo de produtos químicos. Ela proporciona os meios para proibir sua produção e uso, e para reduzir e – quando possível – eliminar sua liberação para o ambiente. A Convenção cobre atualmente os 12 produtos químicos mencionados anteriormente, mas definiu um processo, que inclui critérios científicos, para a definição de novos POPs. Foi aprovado também um mecanismo financeiro para ajudar os países em desenvolvimento a tomar as ações necessárias. O comércio de POPs (produzidos intencionalmente) e rejeitos de POPs será restringido, e os estoques existentes devem ser guardados, manipulados e tratados de forma ambientalmente correta.

Para atingirmos os objetivos da Convenção, serão necessárias várias mudanças nos produtos, práticas e processos que usamos hoje, com amplos impactos em todos os países⁸. Por exemplo:

a) PCBs: têm sido usados desde 1930, num amplo campo de aplicações, incluindo equipamentos elétricos e sistemas de transmissão (como transformadores). Uma grande quantidade deste produto continua sendo usada em vários países. Os materiais e equipamentos que contem PCBs ou que estão contaminados com seus resíduos terão que ser inventariados, retirados de serviço e guardados de forma apropriada até 2025. E até 2028 devem ser finalmente dispostos de forma ambientalmente correta. Isto significa lidar com milhares de peças de equipamentos e envolve o gerenciamento de grandes volumes de resíduos perigosos. Novos equipamentos elétricos, usando materiais alternativos serão necessários;

b) DDT: a Convenção restringiu sua produção e uso a programas de controle de malária, nos 25 países que ainda usam o DDT, incluindo alguns dos mais pobres do mundo. O objetivo, entretanto, é encontrar uma alternativa prática e economicamente viável que permita acabar com o seu uso. Todos os países Partes da Convenção estão comprometidos com o desenvolvimento de alternativas ao uso do DDT. Esta situação será revista um ano após a entrada em vigor da Convenção, e, em seguida, a cada três anos, até a solução final do problema.

Documentos oficiais das negociações e outras informações sobre os POPs estão disponíveis no site do PNUMA, www.chem.unep.ch/pops, e em www.pops.int.

3.2. Controle biológico das pragas

Para que se evite a aplicação de pesticidas, estão sendo realizadas em várias partes do mundo, pesquisas para o controle biológico das pragas, isto é, o controle de pragas utilizando organismos vivos, que é feito através de:

a) uso de inimigos naturais das pragas: predadores, bactérias ou vírus e parasitas. Aqui no Rio de Janeiro, por exemplo, uma das formas de combate aos pernilongos é a utilização

de pequenos peixes (barrigudinhos) que se alimentam das larvas dos insetos. Conhecem-se hoje em dia várias espécies de fungos, protozoários, bactérias e vírus capazes de causar enfermidades em insetos, das quais, pelo menos, 50 a 100 espécies são apropriadas ao combate biológico aos animais nocivos. Elas não atacam nem o homem nem os animais e vegetais úteis, sendo "especializadas" em infectar, seletivamente um determinado inseto. Na França, as larvas (*Thaumetopoca pityocampa*) que devastam os pinheirais, são combatidas com um vírus (*Smithiavirus pityocampae*), que as destroem sem afetar mais nenhum ser vivo.

b) técnicas de esterilização: consistem em esterilizar os machos de uma determinada espécie de inseto que se quer controlar e soltá-los no ambiente, para que entrem em competição com os machos sadios. Nos Estados Unidos, este método foi empregado com sucesso contra mosca transmissora do berne para o gado; no Brasil, vem sendo empregado contra o mosquito *aedes* que transmite dengue, zika e chicungunha. Há também a possibilidade de se produzirem linhagens estéreis através de cruzamentos em laboratório, de insetos da mesma espécie, mas de locais diferentes, pelo fenômeno da "incompatibilidade citoplasmática".

c) uso de hormônios: os insetos, em um certo ponto de seu desenvolvimento, sofrem uma metamorfose do estágio larvário para o estágio adulto. Pela utilização de hormônios específicos a cada tipo de insetos, pode-se inibir a metamorfose ou fazer com que ela não se complete (moscas sem asas).

d) utilização de substâncias sintetizadas a partir de hormônios para atrair os insetos: em muitas espécies de insetos, as fêmeas emitem uma pequena quantidade de uma substância (mensagem química), que atrai os machos quando elas estão prontas para o cruzamento. Versões sintéticas dessas substâncias têm sido testadas para atrair os machos para armadilhas.

e) utilização de espécies vegetais resistentes: algumas plantas são resistentes às pestes, porque elas são capazes de sintetizar o seu próprio inseticida. Por exemplo, um gene obtido de uma cevada selvagem da Etiópia e introduzido na cevada plantada em longa escala na Califórnia, protegendo-a contra o vírus anão amarelo⁸.

Essas técnicas têm se mostrado, em geral, seguras para o meio ambiente. Ainda assim, devem ser tomadas sempre precauções quanto à inserção de espécies exóticas ou de vírus e bactérias no ambiente, pois a proliferação sem controle pode trazer problema graves.

3.3. A questão dos Transgênicos

A manipulação genética dos vegetais, feita em princípio com ao objetivo de torná-los mais resistentes a pragas e a agrotóxicos, de forma a aumentar a produção, é um tema ainda bastante controverso. Embora alguns defendam essa prática como essencial para que se possa alimentar a crescente população mundial, outros apontam para o fato de que as consequências da introdução de vegetais geneticamente modificados no ambiente não são ainda bem conhecidas: como não conhecemos completamente todas as características da planta que são determinadas por um dado gene, ao alterar esse gene, visando modificar uma delas, não sabemos quais outras alterações estamos introduzindo, nem que efeitos essa alterações trarão à saúde dos consumidores; alguns estudos mostraram redução de biodiversidade em lavouras transgênicas de alguns produtos (mas não em toda e qualquer lavoura de transgênicos). Essas são questões que necessitam ainda de mais investigações. Enquanto o Japão rejeita a entrada de transgênicos, a União Européia autorizou a sua importação em 2004 e o cultivo (batata e milho) em 2010. Atualmente os maiores produtores de transgênicos são os Estados Unidos, Canadá, Brasil, Argentina, China e Índia. As principais culturas são as de milho, soja e algodão.

No Brasil produtos alimentícios com mais de 1% de componentes transgênicos em sua composição são rotulados, desde 2003, com um T preto, dentro de um triângulo amarelo para identificação, como abaixo.

Símbolo usado para identificação de produto com transgênico em sua composição.



O Greenpeace tem uma postura bastante desfavorável aos transgênicos, apresentada em <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/O-que-fazemos/Transgenicos/>. Essa organização teve importante papel no estabelecimento da rotulagem, especialmente no Brasil.

No momento, está em discussão no Senado um Projeto de Lei (aprovado pela Câmara dos Deputados em abril de 2015) que reduz as exigências para a rotulagem de produtos contendo transgênicos em sua composição. Esse Projeto de Lei encontra forte oposição dos ambientalistas.

4. Resíduos Sólidos (Lixo)

4.1. Introdução

Segundo a Associação Americana de Obras Públicas: "Resíduo é todo rejeito sólido, líquido ou gasoso proveniente das atividades normais de um aglomerado urbano". Na prática, entretanto, usamos a palavra "lixo" para fazer referência apenas aos resíduos sólidos urbanos. A disposição inadequada do lixo urbano e dos resíduos sólidos industriais e agrícolas resulta na poluição dos solos.

Com o crescimento demográfico e o aumento do nível de vida (que acarreta um aumento na produção diária de lixo por habitante), o problema da coleta, tratamento e destinação final dos resíduos agravou-se consideravelmente. Aqui no Brasil, cerca de 33 milhões de toneladas de lixo são produzidos por ano. A cidade de São Paulo produz cerca de 12.000 toneladas de lixo por dia. Na Cidade do Rio de Janeiro, entre 1970 e 1975, a produção de lixo cresceu cerca de 10% ao ano, apesar do crescimento da população ter sido de apenas 3% ao ano, e a produção atual de lixo é de 7.800 toneladas por dia. Deste total, cerca de 32% (2.500 toneladas) correspondia ao lixo coletado nas vias públicas. Para efeito de comparação, o "lixo público" das cidades européias corresponde a apenas 10% do total coletado. Com a implantação do "Programa Lixo Zero", pela Prefeitura, a partir de agosto de 2013, com multas para aqueles que descartam o lixo inadequadamente nas ruas, entretanto, estima-se que houve (em cerca de 3 meses) uma redução em cerca de 50% do "lixo público" da Cidade do Rio de Janeiro.

A composição do lixo doméstico sofreu grande transformação nos últimos trinta anos, notando-se um forte aumento de papéis e papelões de embalagem e um extraordinário desenvolvimento de matérias plásticas. A composição do lixo pode ser, portanto, um indicador do padrão de vida e dos costumes de um povo.

O lixo domiciliar é constituído por resíduos de origem:

- a) vegetal: papel, papelão, madeira, resto de comida;
- b) animal: carnes, ossos, couros, laticínios;
- c) mineral: latas, vidros, louças;
- d) sintética: plásticos.

Fazem parte, também, do lixo doméstico pilhas e baterias, pneus, entulhos de obras, lixo hospitalar, eletrodomésticos e móveis velhos.

A composição percentual média dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, é distribuída segundo⁹:

Vidro: 2,4%
Metais: 2,9%
Papel, papelão, tetrapack: 13,1%
Plástico: 13,5%
Matéria orgânica: 51,4%
Outros: 16,7.

Relatórios detalhados sobre a situação no lixo no Brasil podem ser obtidos no site da ABRELPE, <http://www.abrelpe.org.br/>.

4.2. Problemas causados pelos resíduos domésticos e industriais

a) Resíduos domésticos

A disposição inadequada do lixo doméstico, como a disposição a céu aberto em terrenos nos arredores das cidades, além do problema estético, pode trazer sérios riscos à saúde do homem, por se tornar viveiro de moscas, mosquitos e roedores (podem transmitir doenças como o tifo, dengue, malária, leptospirose). Os baixos níveis de atendimento dos serviços de coleta vêm provocando sérios problemas de assoreamento de galerias de águas pluviais, obstrução de cursos d'água e deslizamentos de encostas. Podem provocar também a poluição do ar, pela queima do lixo ao ar livre, e poluição das águas superficiais ou dos aquíferos subterrâneos.

b) Resíduos industriais

A poluição do solo por despejos líquidos e sólidos de diversas atividades industriais, especialmente indústrias químicas, vem provocando crescentes e sérios problemas à saúde do homem.

No início dos anos 80 estimava-se que existiam nos Estados Unidos cerca de 34.000 depósitos onde tinham sido despejados 35 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano, sendo 90% ou mais dispostos de forma inadequada. A Agência de Proteção Ambiental – EPA estabeleceu uma rigorosa legislação de controle, incluindo a limpeza dos locais onde a disposição havia sido feita de forma inadequada.

4.3. Técnicas de disposição e tratamento de lixo.

a) Aterro sanitário

É um método de disposição do lixo no solo que não causa danos ambiente nem é prejudicial à saúde pública. O lixo é depositado num local previamente preparado, que é geralmente revestido com uma manta de PVC para impedir que o chorume, o líquido proveniente da decomposição anaeróbica da matéria orgânica, atinja o lençol d'água. O lixo é então espalhado e compactado em camadas de altura máxima de cerca de 2,5 m, e coberto diariamente (ou em intervalos menores, se for necessário) com camadas de terra de no mínimo 15 cm de altura.

Forma-se assim uma espécie de "sanduíche" múltiplo de lixo e terra, que tanto pode ser feito em depressões do terreno (naturais ou preparadas) como acima deste.

Um aterro sanitário, propriamente dito, deve ter um sistema de drenagem para o chorume e outro para o metano, que também é formado a partir da decomposição anaeróbica da matéria orgânica. O chorume deve ser, idealmente, tratado (numa estação de tratamento, da mesma forma que o esgoto, para a redução da DBO), antes de ser disposto, por exemplo, em um curso d'água. Já o metano, pode ser utilizado como combustível e, se isso

não for feito, deve ser queimado antes de ser lançado à atmosfera, pois o CH₄ tem um poder calorífico cerca de vinte vezes superior ao do CO₂, contribuindo então muito mais do que o CO₂ para o agravamento do efeito estufa (devido à capacidade de absorver mais calor).

No Rio de Janeiro, o biogás (mistura de metano e CO₂) retirado do aterro de Gramacho vem, desde o segundo semestre de 2013, sendo fornecido à Refinaria Duque de Caxias (REDUC), da Petrobrás. O aterro foi formalmente fechado para o recebimento de novos resíduos em 2012. A expectativa de fornecimento de biogás é de chegar a 70 milhões de m³ por dia, e que esse valor (ainda não atingido) possa ser mantido por cerca de 15 anos. A vazão atual é de cerca de 145.000 m³ por dia.

É importante notar que o aterro sanitário é o único processo de disposição final do lixo que atende às condições de higiene e às demais normas ambientais (as outras alternativas como métodos de disposição final seriam a disposição na água e nos chamados “lixões”, onde não há controle). Todas as formas de tratamento de lixo (incineração, reciclagem e produção do “composto” – que também pode ser visto como um tipo de reciclagem) deixam resíduos que devem ser dispostos em aterros.

A “Política Nacional de Resíduos Públicos”, em vigor desde 2010, pretendia terminar com os “lixões” a céu aberto em todo o território nacional até 03 de agosto de 2014. Em abril de 2014, tinha-se ainda que cerca de 2 mil lixões em operação no país, sendo 22 deles no Estado do Rio de Janeiro. Em julho de 2015, o Senado Federal aprovou a prorrogação do prazo para a erradicação de lixões no país: 31 de julho de 2018 para capitais e municípios de regiões metropolitanas e, para os outros municípios, as datas limites variam de 31 de julho de 2019 a 31 de julho de 2021, em função, principalmente, do número de habitantes do município. Atualmente, apenas o Estado de Santa Catarina está livre de Lixões.

b) Incineração do lixo

A incineração municipal do lixo é uma técnica também muito utilizada, principalmente quando não existem áreas disponíveis perto da cidade para um grande aterro sanitário. Ela exige, entretanto, um investimento inicial alto e custos razoáveis de operação e manutenção. Além disso, há sempre um resíduo (cerca de 10 a 15%) que deverá ser disposto em aterro ou empregado como base de pavimentos ou outros fins. Existe uma fração dos resíduos sólidos urbanos que sempre necessita ser incinerada, devido às suas características, como lixo hospitalar e substâncias tóxicas.

Principais vantagens do uso dos incineradores: redução do custo de transporte dos resíduos; forma sanitariamente segura de tratar o lixo; requer pouca área para instalação; pode ser aproveitada a energia liberada pela queima, sob a forma de vapor ou eletricidade, embora o poder calorífico do lixo seja relativamente baixo.

Com as várias tecnologias existentes (grelhas, fornos rotativos e leitos fluidizados) os incineradores podem fornecer energia sob a forma de vapor, que pode ser absorvido diretamente por indústrias próximas, ou mesmo energia elétrica, através da conversão por um sistema de turbinas. A capacidade de geração de energia do incinerador está intimamente ligada ao poder calorífico do lixo: para um lixo de 1.250 Kcal/Kg, são necessários 2,4 kg de resíduos para se obter 1 KWh.

Dados do PNUD e do banco Mundial indicam que o número de incineradores de lixo vem crescendo aceleradamente no mundo, principalmente nos países mais industrializados¹⁰. Um relatório do PNUD de 1987¹⁰ informava a existência de 342 incineradores no mundo, sendo 169 deles com aproveitamento de água quente, 133 com recuperação de vapor e 119 com geração de energia elétrica. O país que mais possuía unidades instaladas era o Japão, com 69 incineradores.

Desde que os incineradores possuam câmara de combustão secundária, que opera com temperatura de combustão próxima dos 1000 °C e que permite um tratamento eficaz da fumaça produzida antes do lançamento final na atmosfera, a incineração pode ser considerada uma excelente técnica de disposição do lixo, do ponto de vista sanitário. Sem essas precauções e sua correta operação, entretanto, são produzidas substâncias cancerígenas (dioxinas e outras), o que faz com que muitos ainda tenham restrições à incineração.

Na Cidade Universitária da UFRJ funcionou, de 2004 a 2016, a “Usina Verde” (próximo ao Hospital Universitário), que recebia diariamente 30 toneladas de resíduos sólidos, já pré-tratados, provenientes do aterro sanitário da Comlurb, no Caju. Na unidade, os resíduos passíveis de reutilização ou de reciclagem eram retirados e, o restante, incinerado. Os gases ácidos resultantes da incineração do lixo eram lavados com água alcalinizada. Ocorria então uma reação química que transformava essas substâncias em sais minerais e água. Graças a uma caldeira de recuperação de calor instalada no forno do projeto, o calor da incineração dos gases de combustão era aproveitado para gerar energia elétrica, suficiente para abastecer 2300 residências, com um consumo médio de 200 kW/ mês. O fechamento da Usina ocorreu por questões de viabilidade econômica.

c) Produção de "Composto"

O "composto" de lixo é um fertilizante orgânico pobre (comparado com o bovino, humano, etc.), obtido através de um processo de estabilização natural, por decomposição aeróbica. Num dos processos utilizados para obtenção do composto, faz-se inicialmente uma separação de papéis, papelão, plásticos, vidros (catação manual) e metais (esteira imantada). O lixo é então triturado e disposto em fileiras de altura entre 1,20 e 1,80m, largura de 2,40 a 3,60m, e comprimento de acordo com as possibilidades do local. Estas fileiras devem ser reviradas (no início diariamente) para manter condições aeróbicas até a estabilização do composto, quando então poderá ser misturado com terra e aplicado na agricultura.

Outro processo para obtenção do “composto” é o Dano (utilizado em São Paulo), que usa um bio-estabilizador, um cilindro quase horizontal de 8 a 10 m de comprimento e 2 e 3 m de diâmetro, dotado de movimento rotativo de 1 a 12 rpm, onde o lixo permanece de 4 a 8 dias, sendo desintegrado e homogeneizado, propiciando assim sua transformação. A umidade e o ar necessários são controlados e fornecidos por tubulações internas. No final, sai um produto parcialmente estabilizado. Para a viabilização da produção do "composto", é necessário que haja mercado próximo para venda do produto.

4.4. Reciclagem e Coleta Seletiva do Lixo

A reciclagem cada vez maior dos componentes do lixo urbano e industrial (como papel, plástico, metais, vidros, etc.) é uma das condições mais importantes para que se possa atingir o desenvolvimento sustentável.

A coleta seletiva do lixo, embora bem mais cara e mais trabalhosa que a coleta simples, é indispensável para aumentar a eficiência da reciclagem. Nos países nórdicos, a população é obrigada a separar o lixo, muitas vezes em até 10 componentes, e levá-los aos centros coletores específicos (caixas coletoras especiais para garrafas, latas, etc.). Aqui no Brasil, a população não estava acostumada a se preocupar com a coleta e o destino do lixo. A primeira experiência bem sucedida foi feita no Bairro de São Francisco, em Niterói, que funciona desde 1985. Alguns grandes condomínios na Barra da Tijuca adotaram ainda na década de 1980, separação do lixo e a venda direta para cooperativas de catadores e de reciclagem. Hoje em dia, existem centenas de exemplos similares em todo o Brasil. No final de agosto de 1993, a COMLURB realizou no Auditório do BNDES um seminário: "A Implantação da Coleta Seletiva na Cidade do Rio de Janeiro", e, partir daí, deu início, no princípio de forma bastante tímida, à implantação do sistema na Cidade do Rio de Janeiro. A ideia foi originalmente baseada na implantação de cooperativas de bairro, algumas das

quais ainda estão em funcionamento. Atualmente, a Comlurb oferece o serviço de coleta seletiva na Zona Sul e em parte das Zonas Norte e Oeste do Rio, funcionando, em geral, um dia por semana. Em seu site é possível verificar se seu logradouro possui a coleta seletiva e quando.

A coleta seletiva, entretanto, necessita do apoio maciço da população (separando o lixo em "lixo seco" e "lixo úmido") para surtir efeito. Devido a ser extremamente cara é mantida essencialmente pelo aspecto educativo. A forma economicamente viável de aumentar significativamente a reciclagem é que os condôminos, na sua maioria, separem o lixo e entreguem ou vendam os componentes recicláveis diretamente à cooperativas de catadores.

Para mais informações, podem ser consultados, por exemplo, os sites

http://www.lixo.com.br/site_antigo/www.lixo.com.br/riodejaneiro.htm

<http://www.tirio.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=13252&sid=195>.

4.5. Observações Finais

Da mesma forma que para o caso dos outros problemas ambientais, a conscientização da população é de extrema importância no caso do lixo. Neste caso em particular, a população pode contribuir de forma muito intensa, obtendo-se resultados em pouco tempo, tanto através da separação do lixo, mencionada acima, quanto pela redução da quantidade de lixo efetivamente produzido, por exemplo, através do consumo consciente e da redução do uso de embalagens desnecessárias.

BIBLIOGRAFIA

1. Wania, F. e Mackay D., "Global Destillation", Revista Our Planet, Vol. 8 N. 6, UNEP, Nairobi, 1997.
2. Mc Cally, M., "POPs, Medical Waste and Endocrine Disruption", idem.
3. Colborn, T., "Restoring Children's Birthrights", idem.
4. Informação da Rádio WWF, Genebra, 1999.
5. Colborn, T., von Saal, F., e M. Soto A., "Developmental Effects on Endocrine-Disrupting Chemicals in Wildlife and Humans", Environmental Health Perspectives, October 1993.
6. von Saal, F. e M. Sheehan, D., "Challenging Risk Assessment", Forum for Applied Research and Public Policy, 1998.
7. ENDS Report, "Industry Glimpses New Challenges as Endocrine Science Advances", March 1999.
8. UNEP, "UNEP Profile", Nairobi, 1990 (traduzido pelo Instituto Brasil PNUMA sobre o título "Perfil do PNUMA", Rio de Janeiro, 1992).
9. ABRELPE, Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2012
10. UNDP/World Bank, "Energy Recovery from Burning Municipal Solid Wastes", Nova York, 1987.

* Presidente do Instituto Brasil PNUMA (Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) desde 1991; Professor de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro; Superintendente do Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental ABNT/CB-38; Vice Presidente do Conselho Empresarial de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Associação Comercial do Rio de Janeiro; Secretário de Meio Ambiente do Ministério do Meio Ambiente de 04/94 a 03/99; Coordenador Brasileiro do Sub-Grupo de Meio Ambiente SGT-6 do MERCOSUL de 05/94 a 03/99; Vice Presidente do Instituto ACQUA 93/94; Secretário de Desenvolvimento Urbano e Regional do Estado do Rio de Janeiro 87/91; Vice Diretor do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA 82/87; Diretor Geral do Instituto Nacional de Tecnologia - INT 80/82; Presidente da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - FEEMA 75/79; Engenheiro Chefe de Coordenação da Cia. Estadual de Águas da Guanabara - CEDAG 65/75.