



Rede São Paulo de

# Formação Docente

Cursos de Especialização para o quadro do Magistério da SEESP  
Ensino Fundamental II e Ensino Médio

São Paulo

2011



UNESP – Universidade Estadual Paulista  
Pró-Reitoria de Pós-Graduação  
Rua Quirino de Andrade, 215  
CEP 01049-010 – São Paulo – SP  
Tel.: (11) 5627-0561  
www.unesp.br



**GOVERNO DO ESTADO  
DE SÃO PAULO**

Governo do Estado de São Paulo  
Secretaria de Estado da Educação  
Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas  
Gabinete da Coordenadora  
Praça da República, 53  
CEP 01045-903 – Centro – São Paulo – SP



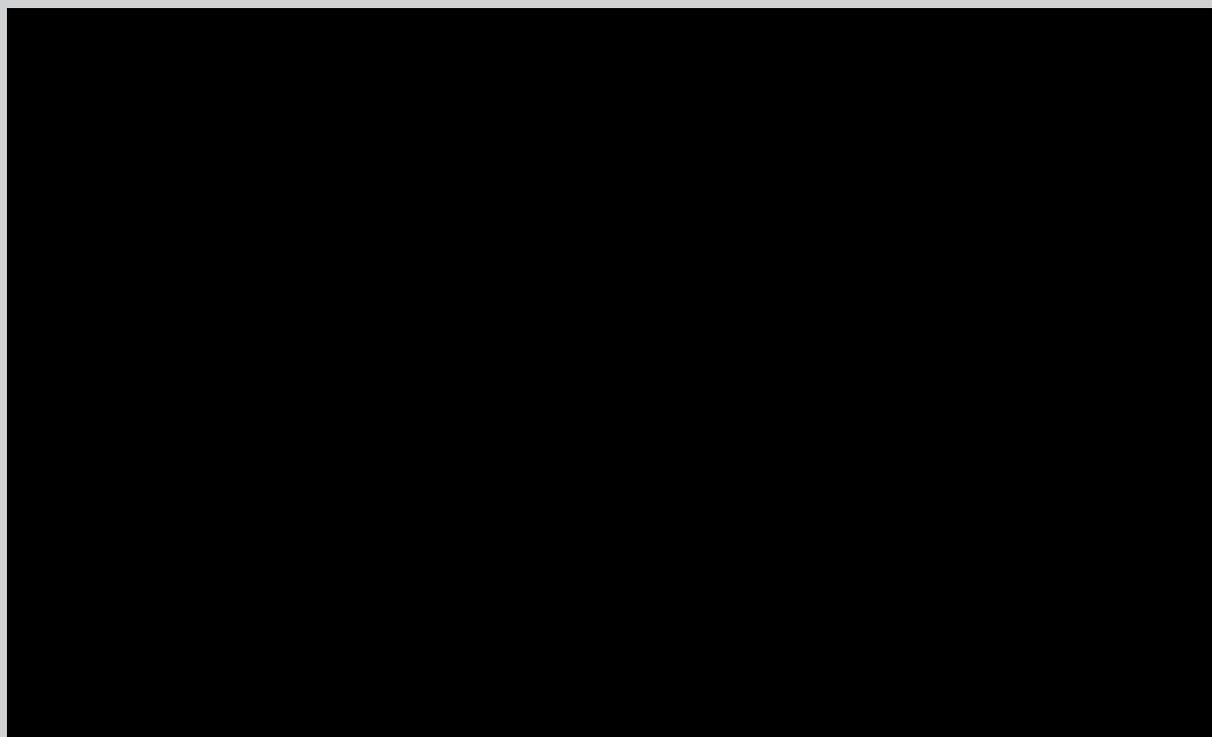
**SECRETARIA  
DA EDUCAÇÃO**



## Sumário

<b>Video da Semana .....</b>	<b>2</b>
<b>Poluentes do solo .....</b>	<b>2</b>
5.1 - Solo Poluído e Solo Contaminado .....	2
5.2 - Poluentes.....	3
5.3 - Poluição do solo rural.....	4
5.4 - Poluição do Solo Urbano .....	10
5.5 - Resíduos Sólidos Urbanos.....	11
5.6 - Os Resíduos como Poluentes do Solo:.....	12
<b>Classificação de Resíduos – ABNT .....</b>	<b>13</b>
5.7 - Fontes da Poluição do Solo. ....	15
5.8 - Formas de contaminação do solo .....	16
5.9 - Recuperação do Solo.....	16

## Video da Semana



### Poluentes do solo.

Para fecharmos os estudos acerca da influência da litosfera e as questões ambientais envolvidas, nessa semana a abordagem será mais direcionada aos poluentes do solo e conseqüências de um solo poluído ou contaminado.

Dentre todos os elementos e compostos que formam ou compõe um solo natural, temos substâncias que, pela sua natureza podem ser considerados contaminantes ou poluentes, não é o fato de se encontrar em quantidades ínfimas ou em nível de traço que uma substância pode ser definida como poluente.

#### 5.1 - Solo Poluído e Solo Contaminado

Solo poluído é quando este contém qualquer tipo de substância que altera suas características, tornando-o desfavorável ao seres vivos. As substâncias que promovem esta alteração são denominadas poluentes. Dos poluentes, os que mais afetam o solo são de origem de atividades industriais, atividades agrícolas e o lixo doméstico.

Lixo é o conjunto de resíduos produzidos pelo homem como papel, restos de alimentos, embalagens plásticas, madeira, garrafas, resíduos industriais, entre outros. O lixo possui uma parte que é denominada biodegradável, esta parte é constituída por restos de animais, de alimentos e de plantas que é denominado lixo orgânico, este lixo orgânico é decomposto no solo formando substâncias úteis a este. O lixo também possui uma parte que não é facilmente decomposta e que pode ficar depositada no solo por muito tempo como décadas ou até séculos para se decompor.

Solo contaminado é quando este contém agentes causadores de doenças, como substâncias tóxicas, vírus, bactérias, micróbios, vermes, protozoários, entre outros. As substâncias tóxicas quando em baixa concentração podem existir no solo e não causar doenças, mas serão consideradas agentes de contaminação quando a sua concentração atingir certo valor que possa causar qualquer tipo de doença no seres vivos.

## 5.2 - Poluentes.

A poluição do ambiente ou qualquer modificação ou alteração, como o desmatamento, são situações que implicam em um desequilíbrio que afeta todas as características do solo e altera todos os processos que ocorrem alterando a fertilidade do solo.

Uma definição de solo é: uma porção definida de terra (superficial ou subterrâneo), cujas características originais foram modificadas pela ação humana ao incorporar algum agente de contaminação. Os agentes de contaminação podem ser classificados em:

- **Contaminação física:** Quando ocorrem alterações nos parâmetros como temperatura e radioatividade.
- **Contaminação biológica:** Quando ocorrem alterações como a putrefação de espécies patogênicas.
- **A poluição química:** Quando ocorre a incorporação de elementos ou de compostos em concentrações que alterem a composição original do solo.

O critério para definir um limite máximo de concentração para potenciais contaminantes no solo leva em consideração a capacidade do solo em degradar estas espécies sem perder suas características originais sem, portanto gerar um risco de dano ao meio ambiente.

A variedade e quantidade de poluentes no solo são imensas nesse trabalho iremos discutir apenas contaminantes químicos mais característicos e perigosos:

### Contaminantes inorgânicos:

Os materiais inorgânicos também se encontram presente de forma natural no solo. A quantidade desses compostos inorgânicos é regulada pelos ciclos biológicos associados a cada um no solo. O desequilíbrio acontece quando ocorre um aumento da concentração de alguns destes compostos dentro do ciclo, o que é considerado como contaminação, alterando assim o ciclo e a capacidade regulatória do solo.

### Metais pesados:

Esses tipos de metal se encontram presentes naturalmente no solo, mas sempre se apresentam em pequenas quantidades. O risco ocorre quando estes se acumulam em grandes quantidades no solo.

### Poluentes orgânicos:

È o maior grupo de poluentes, pois são inúmeras substâncias que na maioria são produzidas pelo homem. Estas substâncias têm efeitos diferentes sobre o meio ambiente e muitos deles altamente tóxicos.

## 5.3 - Poluição do solo rural

Atualmente, é comum, em áreas rurais, o emprego de substâncias químicas no solo em busca de fertilização ou para evitar o ataque de pragas. Por este motivo que, nesta seção, você vai estudar os efeitos dessas substâncias químicas no solo e também o efeito de salinização devido ao mau uso da prática de irrigação do solo.

O uso exagerado e abusivo de fertilizantes sintéticos e defensivos leva a uma série de impactos ambientais imediatos e a outros, que dependem do fator tempo para se manifestar (anos ou décadas) e ser avaliadas as suas conseqüências finais.

O uso de fertilizantes sintéticos e defensivos até pode ser justificado por muitos para assegurar os níveis de produção, principalmente de alimentos, para o atendimento de uma população que continua a crescer em taxas elevadas, da qual cerca de dois terços têm graves problemas de desnutrição.

Mas devemos pensar com respeito aos riscos do uso desses fertilizantes. Se não é possível abolir o uso desses fertilizantes em curto prazo, então, é preciso limitar seu uso ao estritamente indispensável, cortando os desperdícios geradores de resíduos poluidores, usando técnicas de preparo, controlando o descarte de embalagens e frascos, restringindo o emprego dos defensivos aos ambientalmente mais seguros e empregando técnicas de aplicação que reduzam os acúmulos e propagação pela cadeia alimentar.

As principais substâncias que interferem na qualidade do solo e práticas que levam a impactos ambientais nas áreas rurais são o uso de fertilizantes e defensivos agrícolas que se destacam como substâncias interferentes e poluidoras dos solos.

[Retorne ao BOX 4 para maiores informações acerca dos poluentes orgânicos recalcitrantes ou persistentes](#)

## Fertilizantes sintéticos

Os fertilizantes mais usados eram os compostos de origem natural, tais como, restos de vegetais decompostos e dos excrementos de animais (estrume) e o Salitre do Chile.

Sendo todos produtos naturais, sua biodegradação e incorporação ocorrem mais facilmente no solo, diminuindo os riscos de desequilíbrio ou danos ao meio ambiente, levando em consideração a quantidade de emprego desses.

Desde a produção do adubo artificial, acabaram as barreiras que limitava sua disponibilidade, ocasionando assim o crescimento de riscos de sua acumulação ambiental até a concentração tóxica, desde nutrientes essenciais até de outros elementos.

A adição de fertilizantes ao solo visa atender a demanda de nutrientes das culturas. Em ordem decrescente das quantidades exigidas pela planta, são cerca de dezesseis os elementos suas formas minerais ou mineralizadas encontradas em solução nos solos. Esses nutrientes são ditos macronutrientes principais e secundários e micronutrientes.

Os macronutrientes principais são: o nitrogênio, fósforo e potássio. Em seguida, estão os macronutrientes secundários: o cálcio, magnésio e enxofre. Por fim, os micronutrientes como o ferro, manganês, cobre, zinco, boro, molibdênio e cloro.

Como em qualquer processo físico, químico e biológico, mesmo quando o fertilizante é aplicado com a melhor técnica e de modo que seja mais facilmente assimilável pelo vegetal, a eficiência nunca é de 100%. Assim, provoca em consequência, um excedente que passa a incorporar-se ao solo, fixando-se à sua porção sólida ou solubilizando-se e movimentando-se em conjunto com sua fração líquida ou ainda sendo acumulado na cadeia trófica.

A eficiência dessa aplicação, além de depender da técnica utilizada (modo e local da aplicação, momento da aplicação e ocorrência ou não de agentes que o carreguem e lixiviem etc.) depende também das quantidades adotadas. Essa dependência é expressa pela conhecida lei econômica 'dos rendimentos decrescentes'. Por essa lei, a eficiência cai e quantidades crescentes de fertilizantes incorporam-se ao ambiente, e não à planta. É fácil prever que alguns dos fertilizantes poderão vir a integrar-se a corpos de água e outros ficarão no solo, próximos à superfície em que ocorrem os cultivos. Os fertilizantes que atingem os corpos de água poderão elevar os teores com que naturalmente se apresentam nas águas, ocasionando diferentes formas de poluição, que são: contaminação e eutrofização.

## Defensivos agrícolas

Entende-se por defensivos agrícolas ou também chamados de agrotóxicos quaisquer produtos de natureza biológica, física ou química que têm a finalidade de exterminar pragas ou doenças que ataquem as culturas agrícolas, prejudicando seu desenvolvimento saudável. Classificam-se os agrotóxicos em grupos de acordo com o tipo de praga que combatem:

- pesticidas ou praguicidas combatem insetos em geral)
- fungicidas (atingem os fungos)
- herbicidas (que matam as plantas invasoras ou daninhas)

Outro tipo de classificação dos agrotóxicos utiliza os seguintes critérios:

Quanto à finalidade:

- ovicidas (atingem os ovos dos insetos),
- larvicidas (atacam as larvas), acaricidas (específicos para ácaros),
- formicidas (atacam formigas).

Quanto à maneira de agir:

- através de ingestão ( a praga deve ingerir a planta com o produto),
- microbiano (o produto contém microorganismos que atacam a praga ou o agente causador da doença)
- por contato ( ao tocar o corpo da praga o produto já faz efeito).

Quanto à origem:

- inorgânicos: Os pesticidas inorgânicos foram muito usados no passado, atualmente representam ~10% do total de pesticidas em uso. São produtos à base de arsênico e flúor e outros compostos minerais.
- orgânicos: Os pesticidas orgânicos compreendem os de origem vegetal e os organo-sintéticos. Os primeiros são de baixa toxicidade e de curta permanência no ambiente (como o piretro contido no crisântemo e a rotenona extraída do timbó). Já os organo-sintéticos, são persistentes e se mantêm muitos anos nos ecossistemas.

A característica que tornou a prática dos defensivos agrícolas popularizada foi sua resistência no ambiente. O uso com sucesso do DDT em programas de saúde pública e na contribuição para o aumento da produtividade agrícola foi ocasionado pela resistência em decompor-se no ambiente, impedindo o desenvolvimento de organismos indesejados.

O DDT (sigla de Dicloro-Difenil-Tricloroetano) é o primeiro pesticida moderno foi sintetizado em 1939. Ele é sintetizado pela reação entre o cloral e o clorobenzeno, usando-se o ácido sulfúrico como catalisador. O estado químico do DDT é sólido em condições de temperatura entre 0° a 40 °C. É insolúvel em água, mas solúvel em compostos orgânicos como a gordura e o óleo e tem um odor suave.

DDT foi utilizado no combate à malária, ao tifo, à febre amarela, à dengue entre outras doenças transmitidas por insetos. Mas sua permanência no ambiente amplia a sua disseminação pela biosfera, seja por meio de fenômenos físicos (como a movimentação das águas e a circulação atmosférica), seja por cadeias alimentares dos ecossistemas presentes no local de sua aplicação original

O DDT foi detectado nas calotas polares e em tecido celular de animais e aves com habitat bastante afastado dos locais de sua aplicação costumeira.

Na circulação das águas e da atmosfera em conjunto com os deslocamentos dos organismos ligados às cadeias alimentares, justificavam a disseminação dos defensivos em escala mundial, as concentrações elevadas são consequência da biomagnificação ou amplificação biológica.

A biomagnificação ocorre quando substâncias persistentes ou cumulativas, como os compostos organoclorados, migram do mecanismo da nutrição de um organismo para os seguintes da cadeia alimentar.

Os defensivos agrícolas presentes no solo transferem-se, parcialmente, para o tecido celular da planta, mas são dependentes principalmente das concentrações existentes no solo e do tipo de planta. Essas transferências levam a efeitos ambientais diretos ou indiretos que podem ser resumido em:

**Mortandade inespecífica:** mesmo quando sintetizada na tentativa de se combater especificamente certa praga por meio da propagação pela cadeia alimentar, essa mortandade pode tornar-se inespecífica.

**Redução da natalidade e da fecundidade de espécies:** mesmo naquelas que só longinquamente e apenas por meio da cadeia alimentar se ligam à praga combatida. A severidade dos efeitos indiretos depende também da quantidade aplicada e do modo pelo qual essa aplicação é feita.

Quando aplicado 0,19 ppm de heptacloro no solo, é detectado na cenoura a presença de concentração no vegetal de 0,140 ppm enquanto que a batata apresenta uma concentração no vegetal de 0,050 ppm.

Difícilmente a adoção de um único método (controle biológico, manejo de pragas, as mudanças no padrão de plantio, as plantas geneticamente modificadas e o uso de agrotóxico)

soluciona os diversos problemas envolvidos na redução populacional da praga. A seguir, os principais grupos de defensivos agrícolas sintéticos:

A partir de 31 de dezembro de 2009 com a execução global do Codex Alimentarius pela FAO e OMC, organizações subordinadas a ONU, o DDT está para ser autorizado novamente no comércio mundial de alimentos, onde serão liberadas margens mínimas de concentração do DDT nos alimentos.

Maiores informações disponíveis em: [Codex Alimentarius](#).

## Inseticidas

**Clorados:** grupo químico dos agrotóxicos compostos por um hidrocarboneto clorado que tem um ou mais anéis aromáticos. Mesmo que sua toxicidade seja menor (se fosse aguda ocasionava morte imediata) que outros organo-sintéticos, são mais persistentes no corpo e no ambiente, ocasionando efeitos patológicos a longo prazo. Estes agrotóxicos agem no sistema nervoso, causando interferência nas transmissões dos impulsos nervosos. Compõe este grupo o DDT, Aldrin, Dieldrin, Heptacloro etc. Estes são extremamente persistentes (DDT permanece 40% após 15 anos da aplicação).

**Cloro-fosforados:** grupo químico dos agrotóxicos que têm um éster de ácido fosfórico e outros ácidos à base de fósforo, possuindo em um dos radicais da molécula um ou mais átomos de cloro. Possui toxidez aguda, podendo de provocar morte imediata, e age sobre uma enzima colinesterase, importante no sistema nervoso e nas transmissões de impulsos nervosos.

**Fosforados:** grupo químico formado apenas por ésteres de ácido fosfórico e outros ácidos à base de fósforo. Quando comparados com os agrotóxicos clorados e carbamatos, os organofosforados são mais tóxicos, mas se degradam rapidamente e não se acumulam nos tecidos gordurosos. Sua atuação ocorre na inibição da enzima colinesterase na transmissão dos impulsos nervosos. Parathion, Malathion, Phosdrin etc. São compostos orgânicos derivados do ácido fosfórico e seus homólogos (ácido fosfórico, tiofosfórico, ditiofosfórico e fosfônico) e também seletivos para os insetos e se degradam mais rapidamente que os organoclorados. Os compostos organofosforados são os utilizados mundialmente, e infelizmente são também os que mais causam intoxicações e até morte.

**Carbamatos:** são praguicidas sintéticos do grupo químico dos agrotóxicos compostos por ésteres de ácido metilcarbônico ou dimetilcarbônico possuem alta eficiência praguicida, especialmente, atividade inseticida, baixa ação residual e baixa toxicidade em longo prazo. Quando comparados aos pesticidas organoclorados e organofosforados, os carbamatos podem ser classificados como tendo toxicidade aguda média, sendo degradados de maneira rápida e não se acumula em tecidos gordurosos. Tem também papel fundamental na inibição da enzima colinesterase, que tem função importante na transmissão dos impulsos nervosos cerebrais. Os pesticidas organofosforatos também inibem essa enzima, mas de forma irreversível, o que causa a forma mais severa de envenenamento. Muitos desses produtos foram proibidos em diversos países também em virtude de seu efeito altamente cancerígeno.

## Fungicidas

- **Sais de cobre** - mais comumente usados.
- **Organomercuriais** - uso restrito às sementes.

## Herbicidas

- **Derivados do arsênico** - uso decrescente e limitado.
- **Derivados do ácido fenoxiacético** - 2,4D; 2,4,5T; Pichloram. Os dois primeiros foram utilizados no Vietnã em dosagens muito elevadas (superiores às máximas recomendadas na agricultura) e provocam efeitos catastróficos sobre a fauna, a flora e as populações, esse herbicida ficou conhecido pelo nome de agente laranja.

## 5.4 - Poluição do Solo Urbano

A poluição do solo urbano é proveniente de resíduos diversificados, todos gerados pelas atividades típicas das cidades, como a indústria, o comércio, a residencial e os serviços.

Os resíduos urbanos quando lançados ou expostos nos limites do território urbano, intensificam os problemas de poluição do solo, e também causam o empobrecimento nas áreas onde origina-se a matéria e a energia que, após a utilização no meio urbano, transformam-se em resíduos.

Provoca-se a poluição do solo por resíduos nas fases sólida, líquida e gasosa, ou seja, os resíduos líquidos que atingem o solo urbano e que são provenientes dos efluentes líquidos de processos industriais e, principalmente, dos esgotos sanitários que não são lançados nas redes públicas de esgoto.

Os esgotos sanitários, e às vezes os de processos industriais, completamente irregulares, são desprezados sobre o terreno superficial, vias públicas, sarjetas etc., gerando problemas graves não só provenientes da poluição que agride o olfato e a visão, mas, também, podendo gerar ocorrências de saúde pública, endêmicas e epidêmicas, quando esses materiais estão contaminados por substâncias patogênicas e tóxicas.

O efeito poluidor dos resíduos gasosos sobre o solo se dá através da precipitação nas áreas urbanas, que podem chegar ao solo na forma de poluentes em solução, trazidos, por exemplo, pelas chuvas ácidas’.

A poluição por resíduos sólidos é o problema de poluição de solo urbano mais comum, por isso, deve ser estudado com maior atenção nesse momento.

A geração de resíduos sólidos destaca-se principalmente por duas razões, que são:

1. As quantidades geradas; e,
2. As características de imobilidade ao seu transporte no meio ambiente.

## 5.5 - Resíduos Sólidos Urbanos

Os resíduos sólidos de uma área urbana são constituídos por desde o que comumente se denomina de lixo até resíduos especiais, provenientes de processos industriais e de atividades médico-hospitalares.

Lixo pode ser entendido como toda mistura de resíduos produzidos nas residências, comércio e serviços, e nas atividades públicas, na preparação de alimentos, no desempenho de funções profissionais e na varrição de logradouros.

De maneira mais específica e prática, a norma brasileira NBR 10.004 caracteriza como resíduos sólidos todos os “[...] resíduos, nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de ativida-

des da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Um exemplo disso são os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água.

O denominado ‘lixo’, em função de sua proveniência variada, apresenta também constituintes bastante diversos, e o volume de sua produção varia de acordo com sua procedência, com o nível econômico da população e com a própria natureza das atividades econômicas na área onde é gerado.

Os estudos arqueológicos valorizam os resíduos como fonte de conhecimento dos costumes e da civilização de povos mais antigos. Os resíduos coletados nos aglomerados urbanos há certo grau de similaridade em sua composição. Tem-se trabalhado no sentido de organizar os serviços públicos ou privados e a orientar e educar a população para manusear, acondicionar, coletar, transportar e dispor, de maneira diferenciada, os resíduos sólidos conforme a classe (NBR 10.004) em que se enquadram.

Nos centros urbanos uma organização pública que considere como prioridade a limpeza de logradouros, da coleta, disposição e tratamento do lixo que acabe com os riscos de saúde pública e elimine ou reduza a níveis aceitáveis os demais impactos sobre o ambiente vinculados ao lixo.

## 5.6 - Os Resíduos como Poluentes do Solo:

O homem tem uma proximidade física muito grande com o solo, tornando este o local mais provável para depósito de resíduos originados da atividade humana. Estes são rapidamente incorporados ao solo através de processos de degradação.

Esses resíduos inicialmente eram facilmente metabolizados e assimilados pela natureza, mas com o crescimento da sociedade e da indústria, os resíduos gerados são cada vez mais perigosos. A época atual é marcada por uma sociedade de consumo, e o agravante é que a quantidade diária de resíduos gerada no planeta a partir de todos os tipos de atividades, não podem mais ser degradados naturalmente, pois o tempo necessário para isso é muito grande e esses resíduos então são fontes potenciais de contaminação.

O resultado deste aumento na quantidade de resíduos gerado é a redução da oferta de matérias-primas e o aparecimento de sérios problemas ambientais devido ao descarte destes

resíduos de forma inadequada e descontrolado. Isso leva a uma dispersão de poluentes e, com isso, uma ampliação do problema.

Cabe ressaltar que se entende por resíduo somente aqueles produtos gerados nas atividades de produção e consumo e não aqueles no contexto em que são produzidos.

Podemos estender ainda que resíduo é aquele que não possui nenhum valor econômico agregado devido à falta de tecnologia apropriada para seu aproveitamento ou como a falta de mercado para os possíveis produtos recuperados.

## Classificação de Resíduos – ABNT

A Norma Técnica Brasileira (NBR 10.004) traz o conceito de periculosidade de um resíduo:

“Periculosidade é a característica apresentada por um resíduo, que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar: a) risco à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade por incidência de doenças, e ou;b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada”.

No Brasil, os resíduos são classificados quanto à periculosidade, segundo a Norma Técnica NBR 10.004, da seguinte maneira:

### Resíduo Classe I - Perigosos

São os resíduos que em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para o aumento de mortalidade ou incidência de doenças, e que apresentam riscos ao meio ambiente, quando manejados ou dispostos de forma inadequada. Ex.: Solventes usados, fluídos dielétricos, resíduos de tintas, entre outros

13

## Resíduo Classe II - Não Inertes

Podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, porém não se enquadram como resíduo I ou III.

Ex.: Resíduos de gesso, areia de fundição, borra de fundição.

Características: Combustibilidade, biodegradabilidade, solubilidade.

## Resíduos inertes Classe III

Estes resíduos não representam qualquer risco para o meio ambiente. São resíduos com certas características que não necessitam de qualquer tipo de tratamento para o devido descarte no meio ambiente. Quando submetidos a teste de solubilidade nenhum de seus constituintes solubilizados se encontram em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor. Exemplos, rochas, tijolos, vidros, certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

Para maiores informações acesse:

<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res06a.html>

## Resíduos radioativos.

Rejeito Radioativo é definido como qualquer material resultante de atividades humanas, que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados na Norma CNEN-NE-6.02 - Licenciamento de Instalações Radioativas, e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista. Esta propriedade apresenta os núcleos atômicos de algumas espécies é um decaimento espontâneo do mesmo, com emissões de partículas e radiação eletromagnética.

Estes resíduos radioativos podem ser classificados pelos seguintes itens.

- estado físico: sólido, líquido ou gás.
- A meia-vida: é de grande importância tendo em vista um armazenamento final.

- atividade específica: o número de desintegrações nucleares por unidade de tempo e massa de material radioativo.
- a natureza da radiação determina as barreiras.
- a toxicidade dos resíduos radioativos: este parâmetro reside nas radiações ionizantes emitidas por radionuclídeos nele contidas.
- a quantidade de radioatividade contida nos resíduos por unidade de volume ou de massa.

Para maiores informações acesse:

[Licenciamento de Instalações Radiativas](#)

## 5.7 - Fontes da Poluição do Solo.

O abandono ou o depósito de todos os tipos de materiais no solo é uma prática comum que tem sido utilizada por décadas sendo uma solução eficaz e barata de se livrar dos resíduos.

Infelizmente, são jogados no solo muitos compostos químicos sintéticos, não existentes naturalmente no ambiente, chamados Xenobióticos, em que *xeno* tem origem grega e significa estranho e biótico, vida.

O solo recebe grandes quantidades de uma variedade imensa de compostos químicos sintéticos, não existentes naturalmente no ambiente, chamados Xenobióticos (originado do grego *xeno*, significa estranho e biótico, vida).

Nas últimas décadas tem-se observado que esta prática traz severas conseqüências para o homem, tendo inúmeros casos em diversos países de casos de contaminação por intoxicação da população com resíduos enterrados durante anos.

No Brasil e em muitos outros países não existem meios adequados para o tratamento de descarte de resíduos industriais de substâncias tóxicas e perigosas atualmente mesmo com um grande investimento não há capacidade suficiente de atender a demanda e a já existente é muito inferior às necessidades reais.

## 5.8 - Formas de contaminação do solo

São várias as Formas de contaminação do solo com origem antrópicas comuns entre elas podem ter (não excludentes):

- **Superficial:** Devido ao acúmulo de resíduos descarregados acidentalmente ou voluntariamente na superfície do solo.
- **Subterrânea:** Corresponde ao acúmulo de resíduos em aterros. A contaminação é muito complexa, e o indicio de uma contaminação fica evidenciada apenas como uma aparente mudança na textura da superfície do solo.
- **Descarga clandestina:** Consiste em um derramamento ou descarga de qualquer produto de forma ilegal. É uma das formas mais perigosas de poluição devido à presença de substâncias perigosas e do não conhecimento do foco poluente.
- **Descarga acidental:** São aqueles em que a fonte da contaminação é acidental, principalmente por falta de conhecimento ou por negligência na gestão dos poluentes. São os casos de vazamento de substâncias tóxicas de tanques, em acidentes, com a liberação do conteúdo no meio ambiente.

## 5.9 - Recuperação do Solo

### Métodos de recuperação dos solos

Atualmente há diversas técnicas para que seja realizada a recuperação de solos e também de águas subterrâneas contaminadas. A seleção da técnica apropriada é um processo muito completo e envolve o conhecimento de diversas e detalhadas características do local e do poluente, além disso, deve-se ter um estudo da viabilidade econômica e da viabilidade técnica da aplicação do processo adequado ou das várias alternativas para o local e o poluente específico.

Para aplicação de qualquer método de recuperação deve-se atentar para todos os aspectos de ordem institucional, legal e política. Inicialmente, é necessário uma remediação adequada à proteção da saúde dos seres humanos e também à do meio ambiente. Assim é importante considerar:

- incertezas quanto à disposição do poluente no terreno;
- persistência, toxidez, mobilidade e tendência à bioacumulação das substâncias;
- riscos à saúde humana a curto e longo prazo;
- risco potencial à saúde e meio ambiente associado com escavação, transporte, disposição ou confinamento.
- custos de manutenção;
- caso de a remediação não funcione, custos de limpeza e procedimentos adequados.

## Tecnologias de tratamento

Existem diversas tecnologias para o tratamento de solos contaminados, mas deve-se considerar que existem vantagens e desvantagens de cada um. Alguns problemas encontrados para uma dada tecnologia são difíceis de contornar, pois são muitos os fatores que podem prejudicar o tratamento. Alguns exemplos são as emissões gasosas, a produção de grandes quantidades de resíduos contaminados e o elevado custo do tratamento.

Dentre alguns métodos de descontaminação do solo a incineração permite a eliminação ambiental dos poluentes orgânicos, através da sua mineralização. Abaixo temos a descrição de técnicas disponíveis para tratamento de solos contaminados:

## Tratamento Térmico

Para o tratamento térmico a altas temperaturas é necessário um grande consumo de energia, que pode ser contornado em determinadas situações, com temperaturas mais baixas e consequentemente diminuindo o consumo de energia. Nesse processo sempre há a possibilidade de emissões gasosas de contaminantes perigosos, mas se realizado de forma adequado, com o tratamento das emissões pode-se minimizar ou eliminar outros tipos de poluição ambiental, outro fator é onde depositar os resíduos sólidos. O material necessário para a acomodação deste tipo de tratamento pode ser semimóvel, sendo que os custos financeiros dependem do processo em geral e também do teor de umidade, tipo de solo e concentração de poluentes,

bem como de medidas de segurança e das regulamentações ambientais em vigor. A aplicabilidade deste sistema é adequada a muitos poluentes, por exemplo, óleos e petróleo, solventes clorados e não-clorados, cianetos e outros.

## Tratamento Físico-Químico

Os métodos atualmente mais usados baseiam-se na lavagem do solo (Extração, ou lixiviação do solo). Estes métodos se baseiam no princípio da transferência de um contaminante do solo para um outro meio, que pode ser uma fase líquida ou gasosa. O principal produto obtido com a técnica é o solo tratado e os poluentes concentrados. O processo de tratamento depende das características do contaminante, ou mais especificamente no tipo de interação do contaminante com o solo e do contaminante com a fase adequada. Outros fatores a se considerar para a utilização deste sistema de tratamento são as características do solo, a quantidade de solo a ser tratado, as variações na concentração do contaminante, o destino do solo tratado e tratamento e eliminação de águas residuais.

Um exemplo são as argilas que possuem elevada afinidade por grande parte das substâncias poluentes, para a separação dos contaminantes desse tipo de local é necessário romper as possíveis ligações entre estes e as partículas do solo e a transferência para outra fase, ou ainda extrair as partículas do solo que estão contaminadas.

Nessa técnica outros processos e mecanismos podem ser necessários como filtros para tratamento de líquidos e do ar para evitar novas formas de contaminação. Este tratamento não é viável quando a fração de argila do solo for superior a 30%, devido ao custo elevado e à quantidade de resíduo contaminado gerada.

## Tratamento Biológico

Nos métodos biológicos utilizam-se microorganismos para metabolizar compostos químicos. O solo possui um grande número de microorganismos que se adaptam as fontes de energia e carbono disponíveis. No tratamento biológico, os microorganismos naturais e já presentes naquele ambiente, são estimulados a degradar os contaminantes. A estimulação é realizada com a criação de uma ambiente propício, com controle de temperatura, pH, umida-

de, fornecimento de oxigênio, nutrientes, etc. Em certas situações é adequado o uso de microorganismos específicos ou a microorganismos geneticamente modificados para metabolizar poluentes muito persistentes conseguir uma otimização da biodegradação.

Atualmente as principais técnicas biológicas de tratamento incluem:

- “Landfarming - (sistema de tratamento de resíduos através de um processo biotecnológico, que utiliza a população microbiana do solo para a degradação destes).
- Compostagem: decomposição aeróbia (sob presença de oxigênio) ou decomposição (sob ausência de oxigênio), em resíduos orgânicos por populações microbianas in situ, sob condições total ou parcialmente controladas, que produzem um material parcialmente estabilizado.
- Reatores biológicos - unidades onde ocorre a remoção da matéria orgânica pela ação de microorganismos aeróbios submetidos à aeração, presença constante de ar.

O tratamento biológico do solo diminui os riscos para a saúde pública, bem como para o ecossistema e, ao contrário da incineração ou dos métodos químicos, não interfere nas propriedades naturais do solo.

## Biorremediação

Biorremediação é a utilização de organismos vivos, especialmente microorganismos, para degradar ou transformar poluentes ambientais em substâncias de menor toxicidade. É uma técnica mais utilizada para substâncias orgânicas, como combustíveis e solventes orgânicos, podendo também ser aplicada em substâncias inorgânicas.

Na biorremediação de substâncias orgânicas, geralmente os poluentes são degradados a  $\text{CO}_2$  ou  $\text{CH}_4$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , dependendo das condições do meio, podendo ocorrer em condições aeróbicas e anaeróbicas. Em condições aeróbicas, os microorganismos usam oxigênio atmosférico disponível para oxidar os poluentes em  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Em condições anaeróbicas, as substâncias formadas pela degradação do composto original, geralmente, estarão nas suas formas mais reduzidas, o carbono, por exemplo, na forma  $\text{CH}_4$ . A estrutura química dos poluentes orgâ-

nicos tem uma grande influência na habilidade dos micro-organismos metabolizarem essas moléculas, especialmente com respeito às taxas e à extensão da biodegradação. De modo geral, compostos ramificados polinucleados são mais difíceis para degradar que moléculas mono aromáticas ou com cadeias simples, e aumentando o grau de halogenação da molécula, diminui-se a biodegradabilidade. Ainda considerando poluentes orgânicos, os micro-organismos utilizam o catabolismo e o cometabolismo como principais rotas para a degradação destes contaminantes.

As principais vantagens da biorremediação é o baixo custo, o baixo consumo de energia e principalmente que este processo provoca poucas mudanças nas características físicas, químicas e biológicas do meio.

### Biorremediação de solos contaminados por petróleo e derivados

O petróleo é um dos maiores contaminantes do solo, os vazamentos são a fonte mais comum dessa contaminação, esses ocorrem por vários motivos, principalmente por derrame incidental.

Quando o solo encontra-se contaminado por petróleo ou derivado é possível fazer o tratamento por processos biológicos, físicos, químicos, físico-químicos ou térmicos.

Os processos biológicos visam reduzir ou eliminar diversos tipos de compostos orgânicos que se acumulam no ambiente. Quando se trata do petróleo, parte dos componentes são evaporados ou biodegradados de maneira fácil, enquanto outros persistem recalcitrantes na natureza. O petróleo é constituído por várias centenas de compostos orgânicos como hidrocarbonetos alifáticos e hidrocarbonetos aromáticos, variando da simples molécula do metano a moléculas com alto peso molecular.

A Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency – EPA*) dos Estados Unidos da América lista hidrocarbonetos como carcinogênicos, mutagênicos, teratogênicos, além de terem a capacidade de se bioacumularem nas diferentes cadeias alimentares.

### Landfarming

Esta é um tipo de técnica de biorremediação bastante utilizada no tratamento de solos contaminados com hidrocarbonetos. Utiliza-se de microrganismos heterotróficos da camada

superficial do solo, aos quais são fornecidas condições adequadas para estimulação com o propósito de degradar os contaminantes ali presentes, transformando-os em substâncias inertes, como a água e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). As condições para estimulação podem ocorrer simplesmente através do revolvimento mecânico do solo em operações de aração e gradagem, nesse processo ocorre a aeração e a homogeneização das camadas com diferentes concentrações de contaminantes, outras condições são a adição de corretivos para o solo ou o uso de fertilizantes e, se necessário, de água através da biorremediação.

## Catabolismo

*Catabolismo* é um processo de biorremediação em que se usa a parte do metabolismo referente ao processamento de qualquer material para obtenção de energia. O processo começa a partir de moléculas grandes, que contêm grandes quantidades de energia e termina com a geração moléculas pequenas, com pouca energia ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ), durante a degradação o organismo se aproveita da energia resultante liberada no processo.

## Biosorção

Compostos inorgânicos, como metais e metalóides, não podem ser degradados biologicamente. Entretanto, podem ser transformados ou imobilizados, sendo a biosorção, a bioacumulação e a oxi-redução os processos mais utilizados pelos micro-organismos.

A biosorção ocorre quando certos tipos de biomassa microbianas que estão inativas ou mortas se ligam a metais tóxicos. Esse tipo de biomassa age como um trocador iônico de origem biológica. A estrutura da parece celular de certas algas, fungos e bactérias são o agente responsável por esse fenômeno (formação de complexos metal-orgânico), podendo-se acumular um excesso de 25% de seu peso seco ou mais, como chumbo, cádmio, zinco, cromo, urânio e outros.

## Bioacumulação

A *bioacumulação* ocorre principalmente na cadeia alimentar de uma espécie para outra, mas também pode ser resultado do metabolismo de metais essenciais em muitos micro-organismos que possuem diversas formas para complexar metais. A bioacumulação intracelular ocorre numa faixa muito menor do que a atingida por adsorção. Reações de oxidação e redução com

metais tóxicos podem ocorrer via micro-organismos, aumentando assim a disponibilidade de diversas espécies metálicas, que podem diminuir sua toxicidade. Alguns micro-organismos têm a capacidade de metilar e, em alguns casos, a forma metilada é menos tóxica, em outros casos a forma metilada é potencialmente mais tóxica como é o caso do mercúrio.

Os principais fatores que influenciam na biorremediação são condições ambientais – como tipo de solo, quantidade de água, nível da água, concentração de nutrientes, potencial redox, pH e temperatura. Para a execução de um projeto de biorremediação, inicialmente deve-se avaliar natureza e a extensão das substâncias químicas do solo; levando em conta a necessidade de reabilitação e as opções disponíveis. Uma estratégia adequada de biorremediação pode ser então desenvolvida e implementada. Esta avaliação é importante para que se possa reconhecer se os solos afetados possuem substâncias que não são adequadas para a biorremediação.

A gestão da biorremediação dependerá da natureza e da concentração das substâncias químicas, assim como a proximidade do processo de biorremediação de ambientes sensíveis e garantias adequadas para a saúde humana e ao ambiente.

## Fitorremediação

A fitorremediação é uma técnica nova e o seu uso vem crescendo nos últimos anos, nesse processo se utiliza plantas para remediar o solo contaminado. Pode ser utilizado em solos contaminados com os mais diversos poluentes como por metais pesados, compostos orgânicos e radionuclídeos. Para o uso com metais pesados, os trabalhos envolvendo fitorremediação procuram estudar a utilização de plantas hiperacumuladoras, ou seja, plantas que tenham a capacidade de estocar grandes quantidades de metais pesados sem um uso aparente no metabolismo.

No estudo desta técnica biológica procura-se estudar e compreender os mecanismos de defesa e tolerância das plantas. O acúmulo na planta pode ocorrer como mecanismo de defesa, para tentar evitar ou diminuir a entrada do metal, a planta pode acumular por exclusão, pode produzir proteínas – fitoquelatinas – que podem complexar com os metais e assim poder eliminá-los, ou ainda pode transformar o resíduo tóxico em outros menos tóxicos. Um experimento conduzido pelos Pesquisadores do Laboratório Nacional de Pesquisa em Fitorremediação da Coreia conseguiu criar uma planta transgênica na qual um gene da levedura

*Saccharomyces cerevisiae* foi transferida para o DNA da *Arabidopsis thaliana*, planta modelo em pesquisas genéticas. O gene aumentou a capacidade de tolerar metais pesados, como o chumbo e o cádmio dessa espécie vegetal. Deste procedimento resulta em uma planta transgênica capaz de absorver esses poluentes da terra e de prevenir a contaminação de humanos, principalmente em regiões industriais.

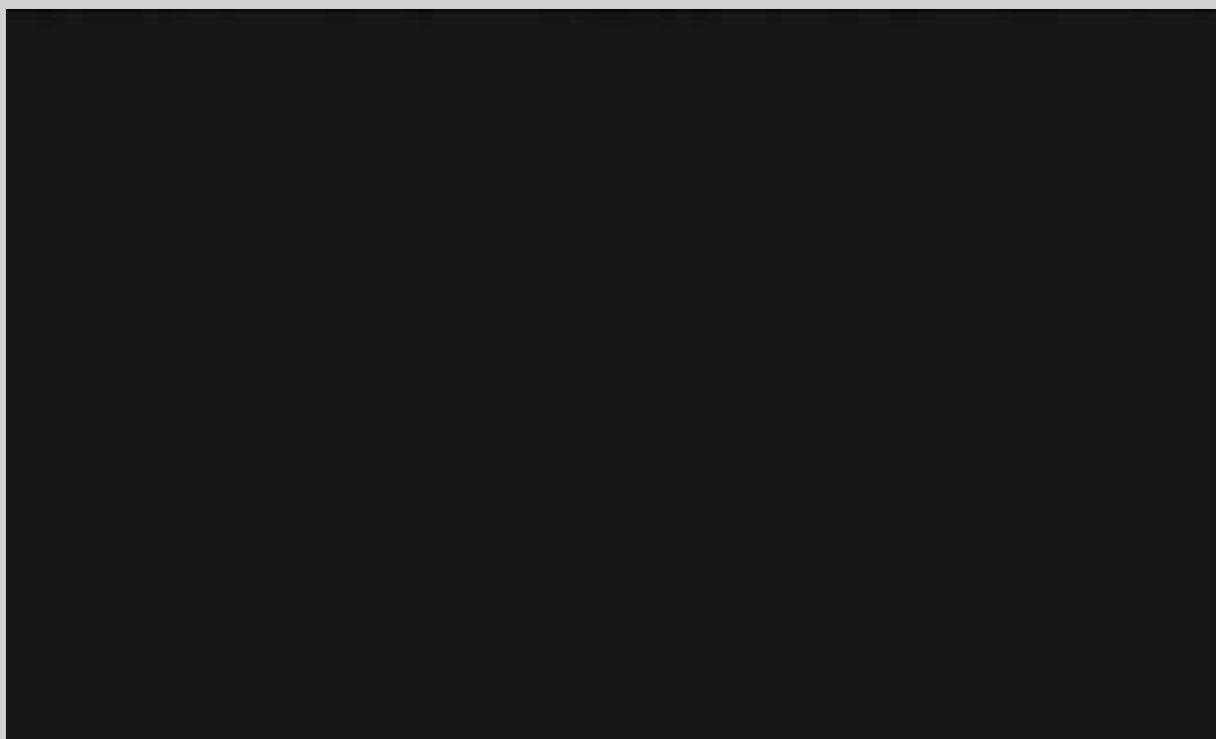
## Compostagem

Pode ser definida como um processo de tratamento auxiliado por micro-organismos em que há uma decomposição controlada de matéria orgânica, o produto dessa transformação se apresenta como um material umidificado, de cor escura, odor de terra denominado “composto” e pode ser utilizado como adubo orgânico sendo benéfico para o solo e para as plantas. Na compostagem os micro-organismos presentes transformam a matéria orgânica, como estrume, folhas, papel e restos de comida.

Esse processo é realizado utilizando-se dos próprios micro-organismos presentes nos resíduos, e acertando-se outras condições como a temperatura, aeração e umidade. A maneira como se controla o processo pode ser simples ou complexa onde os diversos fatores são muito bem controlados. Os sistemas de compostagem agrupam-se em três categorias:

- **Sistemas de leiras revolvidas (Windrow):** Nesse sistema os resíduos são misturados entre si e a mistura obtida é disposta em leiras, que passam por um revolvimento mecânico o que promove a aeração da mistura.
- **Sistema de leiras estáticas aeradas (Static pile):** Como no método anterior a mistura obtida é colocada sobre uma tubulação perfurada com a finalidade de promover a aeração desta. Neste processo não ocorre o revolvimento mecânico das leiras.
- **Sistemas fechados ou reatores biológicos (In-vessel):** Nesse sistema toda matéria orgânica é colocados em um recipiente fechados, esse sistema permitem um ótimo controle das condições utilizadas na compostagem.

Ficha da Disciplina:  
**A Química da Biosfera**



Iêda Aparecida Pastre



Rosebelly Nunes Marques



# Estrutura da Disciplina

Semana	Temas
1/ago a 7/ago	Resumo Introdução 1. Atmosfera - Importância da Qualidade do Ar para a Manutenção da Vida no Planeta
8/ago a 14/ago	2. A Hidrosfera - “Água” que Líquido é Esse? Por Que Devemos Cuidar?
15/ago a 21/ago	3. Poluição das Águas 4. Litosfera: A Química da Parte Sólida da Terra
22/ago a 28/ago	5. Poluentes do Solo
29/ago a 4/set	6. Relevância da Química para uma Sociedade Sustentável

Pró-Reitora de Pós-graduação

Marilza Vieira Cunha Rudge

Equipe Coordenadora

Elisa Tomoe Moriya Schlünzen

Coordenadora Pedagógica

Ana Maria Martins da Costa Santos

Cláudio José de França e Silva

Rogério Luiz Buccelli

Coordenadores dos Cursos

Arte: Rejane Galvão Coutinho (IA/Unesp)

Filosofia: Lúcio Lourenço Prado (FFC/Marília)

Geografia: Raul Borges Guimarães (FCT/Presidente Prudente)

Antônio Cezar Leal (FCT/Presidente Prudente) - *sub-coordenador*

Inglês: Mariangela Braga Norte (FFC/Marília)

Química: Olga Maria Mascarenhas de Faria Oliveira (IQ Araraquara)

Equipe Técnica - Sistema de Controle Acadêmico

Ari Araldo Xavier de Camargo

Valentim Aparecido Paris

Rosemar Rosa de Carvalho Brena

Secretaria/Administração

Márcio Antônio Teixeira de Carvalho

## NEaD – Núcleo de Educação a Distância

*(equipe Redefor)*

Klaus Schlünzen Junior

Coordenador Geral

Tecnologia e Infraestrutura

Pierre Archag Iskenderian

Coordenador de Grupo

André Luís Rodrigues Ferreira

Guilherme de Andrade Lemeszenski

Marcos Roberto Greiner

Pedro Cássio Bissetti

Rodolfo Mac Kay Martinez Parente

Produção, veiculação e Gestão de material

Elisandra André Maranhe

João Castro Barbosa de Souza

Lia Tiemi Hiratomi

Liliam Lungarezi de Oliveira

Marcos Leonel de Souza

Pamela Gouveia

Rafael Canoletti

Valter Rodrigues da Silva