

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**Relatório de Estágio Supervisionado**

**INSTALAÇÃO DE LÍSIMETROS COM SISTEMA DE  
IRRIGAÇÃO LOCALIZADA PARA EXPLORAÇÃO DE MILHO  
UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA**

**Aluna: LUCIANA JEANNIE DANTAS BEZERRA**  
Matrícula 29521695

**Orientadora: VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA**  
Professora DEAg/CCT/UFCG

Campina Grande, Julho de 2003



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

## 1.0) INTRODUÇÃO

O desequilíbrio dos recursos hídricos e o crescimento explosivo das grandes cidades obrigam a priorização do uso das águas superficiais para o abastecimento público e geração de energia elétrica, em consequência, surge a idéia do reuso de águas residuárias (LEON,1999).

A utilização ou o uso de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo desde há muitos anos.Há relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância.Nesse sentido, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende, também,o controle de perdas e desperdícios,e a minimização da produção de efluente e do consumo de água (LEON,1999).

Os esgotos tratados têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e de irrigação, entre outros.Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos.

O “reuso” reduz a demanda sobre os mananciais de água, devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior.Tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico.Dessa forma, grandes volumes de água potável podem ser poupados pelo reuso quando se utiliza água de qualidade inferior (geralmente efluentes pós-tratados) para atendimento das finalidades que podem prescindir desse recurso dentro dos padrões de potabilidade.

A irrigação com águas residuárias de esgotos domésticos é uma prática frequente na maioria dos países da América Latina e vem despertando cada vez mais a atenção dos engenheiros sanitaristas e agrícolas, por oferecer vantagens como a reciclagem da água e fornecer ao solo matéria orgânica e nutrientes inorgânicos, embora acompanhada de riscos de transmissão de doenças infecto-contagiosas se não houver tratamento adequado.Na região

semi-árida do Nordeste do Brasil, o uso dessas águas é atraente devido à irregularidade das chuvas e a pouca fertilidade dos solos.

Todos os sistemas de tratamento de esgotos produzem lodo; o qual deve ser periodicamente ou continuamente, de acordo com o sistema de tratamento, ser descartado.

O manejo do lodo compreende operações como adensamento, desaguamento, estabilização e higienização e a desidratação, a sua aplicação está diretamente relacionada ao destino final escolhido para o mesmo. O lodo é um excelente condicionador do solo, podendo auxiliar na melhoria das práticas agrícolas atualmente em uso em nosso país, tornando-se assim uma alternativa viável (SANEPAR.1997).

O milho (*Zeamays L.*) é considerada uma das principais espécies utilizadas no mundo, visto que anualmente são cultivados cerca de 140 milhões de hectares, os quais contribuem para a produção de aproximadamente 610 milhões de toneladas de grãos ( FANCELLI A.L,2003).

O milho, comparativamente a outras espécies cultivadas, tem experimentado avanços significativos nas mais diversas áreas do conhecimento agrônomo, bem como naquelas concernentes à ecologia e etnobiologia, propiciando melhor compreensão de suas relações como meio e o homem. Tais interações mostram-se fundamentais para o exercício da previsão de comportamento da planta, quando submetida a estímulos e abióticos no sistema produtivo (FANCELLI A.L,2003).

## **1.1 Objetivo**

Este projeto tem como objetivo a instalação de lisímetros com sistema de irrigação localizada para exploração de milho utilizando água residuária

### **1.1.1 Objetivos específicos**

- Realizar revisão Bibliográfica sobre o uso de águas residuárias na agricultura, e sobre a cultura do milho
- Instalar um Sistema de Irrigação Localizada para exploração de Milho utilizando efeito residual de biossólido e água residuária Tratada
- Preparar lisímetros de drenagem para plantio da cultura do milho

## **2.0) REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1). Reuso de água**

Menos de 0,5% da água do planeta pode ser utilizada pela humanidade, devido aos requisitos de qualidade e acessibilidade, e os recursos hídricos estão ficando cada vez mais escassos, inclusive no Brasil.

Atualmente mais de um bilhão de pessoas sofre sérios problemas de falta de água. Conforme previsões da ONU, até o ano 2025 esse problema afetará metade das pessoas da terra, se o quadro não for revertido.

Muitos países já enfrentam problemas de escassez de recursos hídricos, com a população crescendo mais rapidamente onde a água já é escassa. Se não forem tomadas medidas urgentes, pode faltar água nas grandes cidades daqui a alguns anos.

A poluição esgota as reservas de águas naturais em ritmo mais acelerado do que o aumento das demandas, pois a qualidade da água é tão importante quanto a quantidade. Por exemplo, um litro de esgoto lançado em um corpo d'água pode tornar vários litros dessa água imprésteveis para diversos usos.

Outro aspecto importante é a distribuição desigual da água entre os continentes, os países e regiões do mundo. A água está distribuída desigualmente no planeta. Há áreas nas quais o recurso é abundante e outras nas quais escasseia.

Até há pouco anos a humanidade se comportou como se a água fosse um bem inesgotável e usou os recursos hídricos de modo irresponsável. Atualmente, quando todo mundo já reconhece que a água é um recurso natural limitado que pode acabar, ela deixou de ser um bem de uso comum e ilimitado, para ser um bem controlado e passou a ter valor econômico.

Em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, com base no seguinte conceito: "a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior" (HESPANHOL, 2001, após ONU, 1958).

A escassez de água para os processos produtivos e para o consumo humano e a crescente exigência por um meio ambiente saudável (pressões econômicas e ambientais) têm motivado a utilização de efluentes líquidos em todo o mundo.

A utilização de efluentes para o reuso das águas reduz a necessidade de captação de águas primárias em mananciais naturais e, devido a menor geração de efluentes finais, evita a poluição ambiental, que é outra forma de esgotar a capacidade dos mananciais, pela degradação da qualidade.

Estas duas conseqüências do reuso, redução do consumo de águas primárias e diminuição da poluição em mananciais, possibilitam conservar os recursos hídricos naturais para usos mais restritivos. A economia de águas naturais é geralmente maior do que aparenta, pois evitando-se a poluição ambiental poupa-se grandes quantidades que seriam inutilizadas para vários fins. Por exemplo, se um litro de esgoto lançado no meio ambiente inutiliza dez litros de água, o reuso desse um litro de esgoto pode resultar em uma grande economia de água natural.

E se não bastassem as razões econômicas e sociais (desenvolvimento sustentável), o reuso da água também é viável financeiramente, pois reduz os custos associados ao manejo dos efluentes (monitoramento, tratamento, manutenção de redes de transporte, multas ambientais, etc.) geralmente em valores suficientes.

O desenvolvimento de novas técnicas de tratamento de águas residuárias tem permitido o reuso de águas de diversas formas e com diversas finalidades.

As formas mais comuns de reuso de águas são as seguintes: para abastecimento humano; para recarga de aquíferos; em edifícios; urbano não potável; em indústrias; na agricultura e pecuária (irrigação de culturas e forragens); e na aquicultura.

Na Califórnia, que tem grande tradição no reuso de águas, em 1987 as percentagens de utilização de águas residuárias, em função do tipo de reuso, eram as seguintes: 63% para irrigação agrícola; 14% para recarga de aquíferas; 13% para a irrigação de áreas verdes urbanas; e 10% para aplicações industriais, recreativas e para a vida silvestre (CAVALLINI, J. M., 1991). Portanto, no mínimo 76% para irrigação.

## 2.2) Problemática no Brasil

No Brasil, a prática do uso de esgotos principalmente para a irrigação de hortaliças e de algumas culturas forrageiras é de certa forma difundida. Entretanto, constitui-se em um procedimento não institucionalizado e tem se desenvolvido até agora sem nenhuma forma de planejamento ou controle. Na maioria das vezes é totalmente inconsciente por parte do usuário, que utiliza águas altamente poluídas de córregos e rios adjacentes para irrigação de hortaliças e outros vegetais, ignorando que esteja exercendo uma prática danosa à saúde pública dos consumidores e provocando impactos ambientais negativos. Em termos de reuso industrial, a prática começa a se implementar, mas ainda associada a iniciativas isolada, a maioria das quais, dentro do setor privado.

A lei No. 9.433 de 8 de janeiro de 1997, em Capítulo II, Artigo 20, Inciso 1, estabelece, entre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, a necessidade de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

Verificou-se, por intermédio dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de bacias hidrográficas em levantamento realizado a fim de se conhecer mais a miúdo a realidade nas diversas bacias hidrográficas brasileiras que há a identificação de problemas relativamente à questão de saneamento básico. Entretanto, não se consegue identificar atividades de reuso de água utilização de reuso de água utilizado efluentes pós-tratados *per se*. Isso deve-se ao fato, talvez, do ainda relativo desconhecimento dessa tecnologia e por motivos de ordem sociocultural.

Mesmo assim considerando que já existe atividades de reuso de água com fins agrícolas em certas regiões do Brasil a qual é exercida de maneira informal e sem as salvaguardas ambientais e de saúde públicas adequadas, torna-se necessário institucionalizar, regulamentar e promover o setor através da criação de estruturas de gestão, preparação de legislação, disseminação de informação, e do desenvolvimento de tecnologias compatíveis com as nossas condições técnicas, culturais e socioeconômicas.

É nesse sentido que a Superintendência de cobrança e conservação-SCC da Agência Nacional de Águas, inova ao pretender iniciar processos de gestão a fim de fomentar e

difundir essa tecnologia e ao investigar formas de se estabelecer bases políticas, legais e institucionais para o reuso de água neste país.

### **3.0) TRATAMENTOS BIOLÓGICOS DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS**

#### **3.1) Composição das águas residuárias**

As águas residuárias compõem-se das águas servidas de uma comunidade. Podem ser de origem puramente doméstica ou podem conter também águas residuárias, provenientes de indústrias ou de atividades agrícolas. Consideremos, inicialmente, somente as águas residuárias domésticas. Essas são compostas por resíduos humanos (fezes e urina) e águas servidas, que são as águas residuárias resultantes do asseio pessoal, lavagem de roupas e de utensílios, bem como da preparação de comida.

De acordo com Silva, 1979, "as águas residuárias recém-produzidas apresentam-se com um líquido turvo, de coloração parda, com odor similar ao do solo. Contém sólidos de grandes dimensões em flutuação ou suspensão (tais como fezes, trapos, recipientes de plástico), sólidos em pequenas dimensões em suspensão (tais como fezes parcialmente desintegradas, papéis, cascas) e sólidos muito pequenos em suspensão coloidal (isto é: não sedimentáveis) bem como poluentes em dissolução". Esteticamente são repugnantes em aparência e extremamente perigosas em seu conteúdo, principalmente por causa do número de organismo causadores de doenças (patogênicos) que contêm.

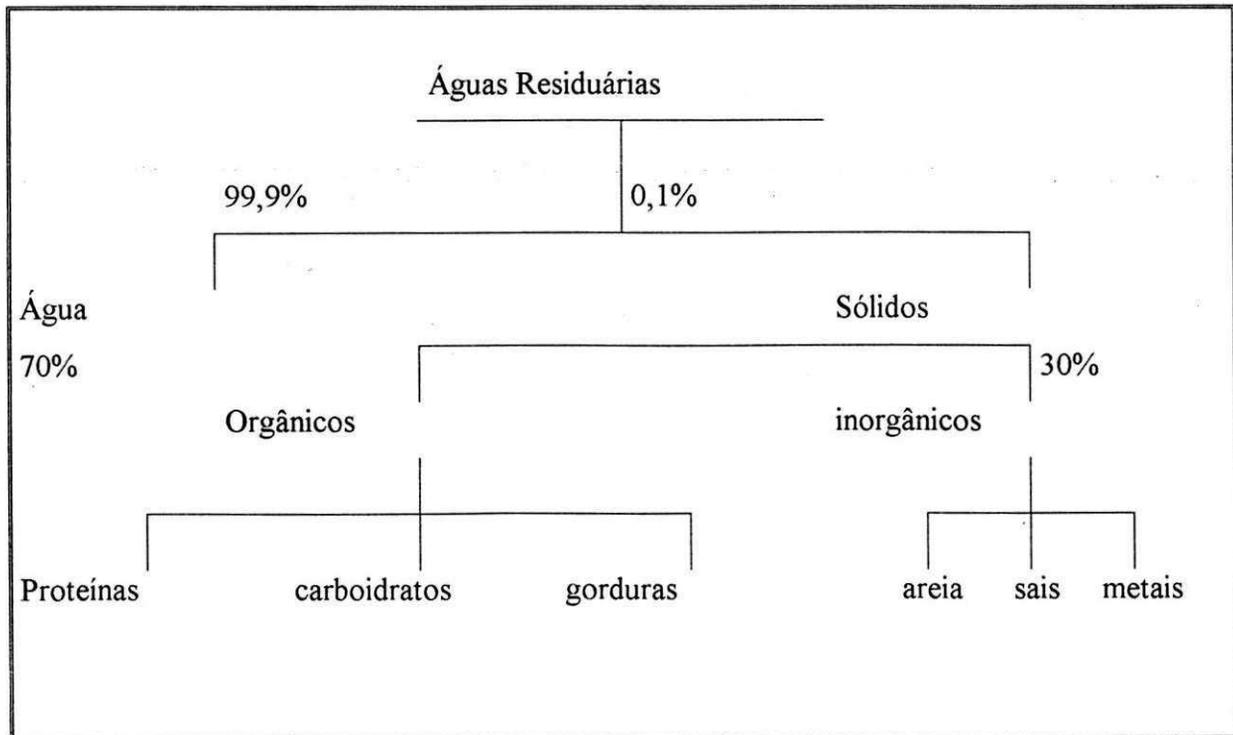
A Tabela 01 apresenta análises de fezes e de urina humanas. A Figura 01 mostra a composição das águas residuárias.

TABELA 01 Composição de urina e fezes humanas

Quantidade	Fezes	Urina
(úmida) por pessoa, por dia	135 - 270g	1,0 - 1,31 kg
(sólido secos) por pessoa, por dia	35 - 70g	50 - 70g
Composição aproximada %		
Umidade	66 - 80	93 - 96
Matéria orgânica	88 - 97	65 - 85
Nitrogênio	5,0 - 7,0	15 - 19
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3,0 - 5,4	2,5 - 5,0
Potássio (K <sub>2</sub> O)	1,0 - 2,5	3,0 - 4,5
Carbono	44 - 55	11 - 17
Cálcio	4,5	4,5 - 6,0

FONTE: H. B. Gotaas, Composting: Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes, World Health Organization, 1956.

FIGURA1. Composição das águas residuárias



FONTE: T. H. Y. Tebbut, principles of Water Quality Control, Pergamon, Oxford, 1970.

### 3.2) Característica das águas residuárias

As águas residuárias são, geralmente, tratadas suprindo-as com oxigênio, a fim de que as bactérias possam utilizar os resíduos orgânicos como alimentação.

A equação geral é:



A complexa natureza das águas residuárias domésticas impede sua completa análise. Como é comparativamente mais fácil medir a quantidade de oxigênio usado pelas bactérias na oxidação dos resíduos, a concentração da matéria orgânica existente nas águas residuárias é expressa em termos de quantidade de oxigênio necessária para sua oxidação. Assim, se meio grama de oxigênio é consumido na oxidação de cada litro de determinada água residuária, diz-se, então, que esta água residuária tem uma demanda de oxigênio de 500mg/ L, o que equívale dizer que a concentração de matéria orgânica em um litro dessa água residuária é tal que, para sua oxidação, se necessita de 500mg de oxigênio.

Segundo Silva, 1979, existem três maneiras de se expressar a demanda de oxigênio de uma água residuária.

#### I) Demanda Teórica de oxigênio – DTO

Esta é a quantidade teórica de oxigênio necessário para oxidar completamente a matéria orgânica existente nas águas residuárias, produzindo o gás carbônico e água.

Assim, na equação de oxidação total da glucose, por exemplo:



podemos determinar que a DTO de uma solução de glucose de 300mg/ L é:  $(192/ 180) \times 300 = 321\text{mg/L}$ )

Devido à complexidade da natureza das águas residuárias, a sua DTO não pode ser calculada, mas na prática é determinada aproximadamente pela Demanda Química de Oxigênio.

## **II) Demanda Química de Oxigênio – DQO**

Esta demanda é determinada pela oxidação dos resíduos em uma solução do ácido bicromato em ebulição. Este processo oxida quase todos os compostos orgânicos existentes na amostra analisada, liberando o gás carbônico e a água, apresentando tal reação geralmente, uma eficiência de mais de 95% de oxidação de todos os compostos orgânicos existentes na água.

A vantagem da determinação da DQO é que os resultados são obtidos rapidamente (cerca de 3 horas) porém com a desvantagem de não especificar a proporção da matéria orgânica existente na água residuária possível de ser oxidada por bactérias, nem a velocidade com que uma bio-oxidação possa ocorrer.

## **III) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

Para Silva, 1979, “esta é a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica pelas bactérias. E portanto, a medida da concentração da matéria orgânica existente na água residuária que pode ser oxidada pelas bactérias. (Biodegradada).” A DBO é, geralmente, expressa em função de um tempo de cinco dias e a uma temperatura de 20°C, isto é: é a quantidade de oxigênio consumido na oxidação da matéria orgânica mantida a 20°C durante cinco dias. Isto ocorre porque a DBO de cinco dias, normalmente expressa como  $DBO_5$ , é mais facilmente determinada que a DBO total (ou final ou última)  $DBO_u$  ou  $DBO_T$ , que é o oxigênio necessário para a bio-oxidação total matéria orgânica.

### **3.3) Necessidade de tratamento das águas residuárias**

Ainda de acordo com Silva, 1974 “as águas residuárias devem ser tratadas antes de seu lançamento em um corpo d’água receptor a fim de:

- a) reduzir a disseminação de doenças transmissíveis, causadas pelos organismos patogênicos existentes nas águas.
- b) evitar a poluição das águas subterrâneas e da superfície.

No entanto estas duas razões são inter dependentes na medida em que um corpo receptor poluído é uma potencial e, freqüentemente, real fonte de infecção, particularmente

em climas quentes. Todavia, existe, atualmente, a crescente consciência de que poluição e contaminação do meio ambiente são totalmente indesejáveis em si mesmas e, portanto, medidas para diminuir a poluição devem ser contempladas do ponto de vista ecológico, e não meramente pelo melhoramento que possam trazer às condições de vida humana.

### **3.4) Reuso de Águas Residuárias na Agricultura**

O aproveitamento das águas residuárias, principalmente para a irrigação, além de constituir uma valiosa fonte, economizando água de boa qualidade que pode ser usada para outros fins, evita que os esgotos sejam lançados indiscriminadamente em corpos aquáticos.

Outro ponto importante é o fato dos nutrientes contidos nas águas residuárias poderem ser utilizados como fertilizantes para determinadas culturas, o que constitui vantagem econômica importante.

A irrigação com água residuária tratada vem sendo praticada há bastante tempo, e tem aumentado em zonas áridas e semi-áridas.

Em Melbourne, na Austrália e Johannesburg na África do Sul, a água residuária tratada é utilizada para irrigação e pastos e forragens desde 1982 e 1914, respectivamente (Kandiah, 1988). Na cidade do México, culturas como alfafa, milho, trigo, tomate, pimentão, cevada e aveia (Blumenthal, 1988; Kandiah, 1985). Em Israel, efluentes de Lagoas de estabilização são utilizados no cultivo de algodão, laranja e forragens (Shuval et al, 1985).

A utilização de águas residuárias domésticas para irrigação de culturas exige conhecimento de suas características físico-químicas e microbiológicas de modo a estabelecer um grau compatível à obtenção da qualidade que satisfaça os critérios recomendados ou padrões que tenha sido fixados para o uso. As normas de segurança devem ser exigidas, para que não ocorram problemas de saúde aos consumidores e às pessoas que irrigam e manuseiam as culturas. A qualidade do efluente também pode ser analisada de acordo com os problemas que possam causar ao solo, tais como salinidade, velocidade de infiltração, toxicidade de íons específicos e excesso de nutrientes (Ayres e Westcot, 1985).

### 3.5) Contaminação dos solos irrigados

As bactérias são os microorganismos mais numerosos que vivem no solo (Pelear et al., 1993). As bactérias possuem capacidade autotrófica e heterotrófica, que nenhum outro organismo que vive no solo possui. Alguns gêneros de bactérias que vivem no solo contribuem muito para completar os ciclos de alguns elementos, como: nitrogênio, carbono e enxofre. Outras, são muito estudadas por serem patogênicas e contaminarem o solo. Estas bactérias atingem o solo por meio de irrigações com águas contaminadas com material fecal, proveniente de contatos com fezes humanas e de animais de sangue quente. A sobrevivência destes organismos, especialmente os patogênicos dependem de diversos fatores, entre eles:

Fator do solo	Efeito na sobrevivência de bactérias
A estrutura do solo	Curto tempo de sobrevivência em solos arenosos ou encharcados
Umidade	Em solos úmidos possuem longo tempo de sobrevivência
Temperatura do solo e do ambiente	Em temperatura mais baixas possuem maior tempo de sobrevivência
Quantidade de matéria orgânica	Quando a matéria orgânica é suficiente o desenvolvimento é maior
Incidência de luz solar	Curto tempo de sobrevivência quando estão na superfície do solo
PH	Curto tempo de sobrevivência em solos ácidos (pH de 3-5) e em solos alcalinos

FONTE: Primavesi, (1990).

Os problemas com a saúde pública, como por exemplo: verminoses, cólera e viroses estão relacionados com a presença dos organismos patogênicos no solo oriundas da irrigação e nas culturas através do contato com o solo estrumado.

### **3.6) Critérios Exigidos na Qualidade de águas Residuárias Reutilizadas na Agricultura**

O estado de Israel, segundo Miranda (1995), foi o primeiro a estabelecer critérios de qualidades em efluentes tratados utilizados para irrigação. Estes critérios determinam que:

- frutas e legumes descascados e cozidos e cinturões verdes de hortaliças quando irrigados devem manter-se no limite de 250 CF/100ml;
- Para vegetais a serem consumidos crus não devem ultrapassar 12 CF/100ml em 20% das amostras;

Segundo a outra, os critérios microbiológicos dos efluentes estabelecidos pela OMS são baseados em dados epidemiológicos insuficientes que contradizem os princípios básicos da Engenharia Sanitária e da saúde pública e ainda ignoram os aspectos legais e de políticas do mercado. Em estados como a Califórnia e Flórida CEUAL, são utilizadas técnicas para tratamento dos efluentes como: clarificação, filtração e desinfecção, com isso conseguem reduzir os coliformes fecais em até 2,2 Cf/100ml. No Brasil, não existem padrões rigorosos, e é comum uso indiscriminado de esgoto, como se em muitos países, na irrigação. As únicas espécie de critério existente no Brasil que pode ser usado com segurança são as normas de classificação de águas para múltiplos usos, proposta pela resolução nº 20 do CONOMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

### **4.0) BIODEGRADAÇÃO**

Os Sistemas de tratamento de esgotos normalmente utilizam forma otimizada, os fenômenos de biodegradação que já ocorrem na natureza. Os métodos mais comuns de tratamento são os biológicos, que utilizam os micro-organismos presentes no esgoto. Sendo o esgoto rico em nutrientes, ao passar por instalações onde as condições facilitam a atividades biológicas, os micro-organismos usam a matéria orgânica como alimento, degradando-a e purificando a água.

Ao chegar às Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), o afluente passa por um pré-tratamento onde as impurezas grosseiras são retidas por grades e caixas de areia. O líquido

livre desta fração grosseira passa a conter sólidos finos ou dissolvidos. Em algumas estações o esgoto passa então por um decantador primário onde parte da matéria fina decanta naturalmente. Até a fase de decantação diz-se que o tratamento é primário. Depois do tratamento primário, as estações de tratamento biológico utilizam mecanismos e dispositivos que permitem otimizar os processos naturais de biodegradação, fornecendo aos micro-organismos, condições ótimas para que eles se desenvolvam e degradem a matéria orgânica.

Na natureza existe duas vias principais de biodegradação: a via aeróbia e via anaeróbia.

#### **4.1) Biodegradação Aeróbia**

É realizada em presença de oxigênio pelos micro-organismos aeróbios ou facultativos. Desde que haja fornecimento de oxigênio no meio líquido, e a via mais rápida de biodegradação. A biodegradação aeróbia acontece em lagoas de estabilização aeróbias e facultativas e sistemas com injeção de ar (lodos ativados, aeração prolongada, etc.).

#### **4.2) Biodegradação anaeróbia**

É realizada na ausência de oxigênio pelos microorganismos anaeróbios ou facultativos. Ela começa a ocorrer quando o oxigênio dissolvido no esgoto já foi consumido pelos microorganismos aeróbios. Uma das diferenças entre as duas vias de biodegradação são os produtos finais. Na digestão anaeróbia há produção de gás metano e gás sulfídrico. O metano pode ser utilizado como gás combustível, sendo um subproduto interessante dos reatores anaeróbios.

## **5.0) DIGESTOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCEDENTE (UASB)**

O digestor anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) é usado no tratamento anaeróbio de esgoto a taxa. Esse tipo de reator vem sendo empregado para tratamento de águas residuárias da agroindústria, bem como em esgotos sanitários, com grade eficiência (Chernicharo,1997).

### **5.1) Elementos que constitui o reparador UASB**

O elemento de maior importância é o separador de fases este divide o reator UASB em duas partes: uma parte inferior ou zona de digestão responsável pela digestão anaeróbia proveniente da outra parte superior ou zona de sedimentação responsável pela retenção do lodo permitindo assim o retorno do mesmo para a zona de digestão. Entre essas duas partes já citadas existe uma área de transição, onde são encontrados o separador de fases gás- sólido - líquido com um dispositivo para coleta de gás.

Outro elemento do reator UASB e o defletor de gás, o qual tem a função de desviar as bolhas de gás, evitando assim que o gás produzido escape pela parede do reator

### **5.2) Funcionamento do reator UASB**

O funcionamento do reator UASB se baseia no fluxo ascendente. O esgoto entra na parte inferior do reator UASB e em movimento ascendente atravessa a zona de digestão, o separados de fases e zonas de sedimentação. Na zona digestão, o esgoto entra em contato com lodo anaeróbio, parte da matéria orgânica é degradada e transformada em biogás, e outra parte em massa bacteriana (lodo). Na zona de sedimentação, a massa de lodo se sedimenta e retorna para zona de digestão, aumentando assim a massa de microorganismo essencial para a digestão anaeróbia.

## **6.0) BIODOSSÍLIDOS**

Segundo Tsutya et al. (2001) lodo de esgoto é uma denominação genérica para o resíduo sólido gerado pelos sistemas de tratamento de águas residuárias. Sua composição depende, portanto, do tipo de tratamento empregado para purificar o esgoto e das características das fontes geradoras (população e indústrias)

De modo geral, o lodo de esgoto tem grande interesse agrícola pelo seu conteúdo em nutrientes minerais, principalmente nitrogênio, fósforo e micronutrientes, mas especialmente pelo seu teor em matéria orgânica, cujos efeitos no solo se fazem sentir a longo prazo, melhorando sua resistência à erosão e à seca, ativando a vida microbológica do solo e possivelmente aumentando a resistência das plantas às pragas

### **6.1) Interesse agrônômico do lodo**

A matéria orgânica e os elementos fertilizantes (N,P,K e micronutrientes) têm papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo.

O uso agrícola do lodo pode contribuir para diminuir o problema da erosão. A parte orgânica do lodo pode aumentar o conteúdo de húmus que melhora a capacidade de armazenamento e de infiltração da água no solo, o que aumenta a resistência dos agregados, reduzindo este problema. Os micronutrientes do lodo podem contribuir para reequilibrar o conteúdo mineral dos solos aumentando o seu potencial de produção.

### **6.2) Os nutrientes minerais do lodo**

**Nitrogênio** – o nitrogênio é normalmente o mais valioso constituinte do lodo, sendo também o elemento o qual as culturas apresentam maiores respostas;

**Fósforo** – provém dos dejetos e corpos microbianos do esgoto e dos detergentes e sabões que utilizam fosfatos como aditivos, a disponibilidade deste elemento no lodo é alta, variando de 40% a 80% do fósforo total;

**Potássio** – por ser muito solúvel, pouco do potássio contido no esgoto fica retido no lodo. Por isso o teor de potássio do lodo é baixo, sendo um macronutriente a ser fornecido pela suplementação de fertilização mineral. Mesmo apresentando baixos teores de potássio, 100% destes nutrientes é considerado assimilável.

**Outros macronutrientes (cálcio, magnésio, enxofre).** Estes elementos estão presentes no lodo essencialmente na forma mineral. Mesmo aplicações modestas de lodo podem suprir as necessidades em magnésio e enxofre da maioria dos vegetais.

O lodo tratado com cal contém bastante cálcio e pode influenciar na reação do solo, determinando o aumento do pH.

**Micronutrientes** O lodo contém cobre, zinco, manganês e quantidades menores de boro, molibdênio e cloro. Geralmente, quando o lodo é aplicado em taxas suficientes para suprir as necessidades de nitrogênio, as necessidades de micronutrientes são supridas.

### **6.3) Aspectos sanitários do uso agrícola do lodo**

Como todo o resíduo de origem animal, o lodo contém micro-organismos patogênicos que refletem de maneira direta o estado de saúde da população contribuinte no sistema de esgotamento. Portanto o uso seguro do lodo na agricultura supõe a utilização de uma tecnologia que elimine ou diminua sensivelmente a presença destes micro-organismos, aliada ao controle de qualidade do lodo higienizado e à adequação do tipo de uso agrícola às características microbiológicas do lodo.

Pode-se considerar como do tratamento de lodos, os seguintes processos:

**Adensamento** – tem como objetivo reduzir a água dos resíduos através de meios físicos. Dessa forma consegue-se reduzir a capacidade volumétrica das unidades subsequentes de tratamento, como volume dos digestores, tamanho das bombas etc.

Como outros benefícios pode-se citar a redução de consumo de produtos químicos no desaguamento, redução do consumo de energia no aquecimento dos digestores.

**Condicionamento** – é um processo para melhorar as características de separação das fases sólido-líquido do lodo, seja por meios físicos ou químicos. O condicionamento de lodos neutraliza as forças químicas ou físicas atuantes nas partículas coloidais e no material particulado em suspensão imersos no líquido. Este processo de desestabilização permite que as partículas pequenas se juntem para formar agregados maiores, ou seja, os flocos.

**Desaguamento** – é uma operação unitária física (mecânica) que reduz o volume do lodo por meio da redução do seu teor de água. Os processos de desaguamento podem ser divididos em métodos por secagem natural e métodos mecânicos. Os métodos de secagem natural mais comuns são: leitos de secagem e lagoas de secagem de lodo. Os métodos mecânicos mais utilizados são: filtros prensa de esteira, centrífugas, filtros prensa de placas.

**Estabilização** – tem como objetivos; reduzir a quantidade de patógenos, eliminar os maus odores e inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefação. Os meios para se atingir a estabilização são: redução biológica do conteúdo de sólidos voláteis, a oxidação química da matéria orgânica, adição de produtos químicos no lodo de modo a impedir a sobrevivência dos microorganismos e aplicação de calor para desinfetar ou esterilizar o lodo. As tecnologias mais empregadas para a realização da estabilização são: estabilização por cal, digestão aeróbia e compostagem.

#### **6.4) As alternativas mais usuais para o aproveitamento e/ou destino final de lodo/biossólidos**

- Uso agrícola: aplicação direta do solo, fertilizante e solo sintético;
- Aplicação em plantações florestais;

- Disposição em aterro sanitário: aterro exclusivo e co-disposição com resíduos sólidos urbanos;
- Reuso industrial: produção de agregados leve, fabricação de tijolos e cerâmicas e produção de cimento;
- Incineração: incineração exclusiva e co-incineração com resíduos sólidos urbanos;
- Recuperação de solos: recuperação de áreas degradadas e recuperação de áreas de mineração;
- Disposição oceânica.

### **6.5) Uso agrícola**

Para aplicação em áreas agrícolas, os bio-sólidos devem ser submetidos a processos de redução de patógenos e de atividades de vetores. Na Tabela 02 são apresentadas as classificações de bio-sólidos quanto à presença de patógenos. O bio-sólido deve apresentar uma pequena ou nula atração a vetores como as moscas, os roedores e os mosquitos, para reduzir o potencial de doenças. Os processos de tratamento de bio-sólidos para a redução da atração de vetores são: digestão anaeróbia, digestão aeróbia, compostagem, estabilização química, secagem, aplicação superficial e incorporação no solo.

Para bio-sólidos Classe A, não há nenhuma restrição de uso, podendo ser comercializado ou distribuído gratuitamente. Entretanto, para o bio-sólido Classe B, devem ser respeitadas as seguintes exigências:

- Evitar a aplicação manual e a realização de cultivo ou trabalho na área que recebeu o bio-sólido, por um período de 30 dias após a aplicação. Caso este tipo de operação não possa ser evitado, os trabalhadores deverão utilizar equipamentos de proteção adequados e ser devidamente orientados quanto aos procedimentos de higiene e segurança;
- Não cultivar, por um período de 14 meses após a aplicação, alimentos cuja parte consumida toque o bio-sólido (melões, pepinos, hortaliças etc.)

- Não poderão ser cultivados na área alimentos cuja parte consumida fique abaixo da superfície do solo (batatas, cenouras, rabanetes etc ) – por um período de 38 meses após a aplicação, se o bio sólido for incorporado durante os 4 meses seguintes ao seu espalhamento ou por período de 9 meses, se o bio sólido não for incorporado antes de 4 meses após a aplicação.

**Tabela2. Classificação de biossólidos quanto à presença de patógenos.**

Tipo de Biossólidos	Critérios de classificação	Processos de redução de patógenos
<b>ClasseA</b>	Coliformes fecais: Densidade < 1000 NMP/gST e Salmonella Sp: densidade < 3 NMP/4gST	Compostagem Secagem térmica Tratamento térmico Digestão aeróbio termofílica Irradiação Pasterização
<b>Classe B</b>	Coliformes fecais: Densidade < 2.000.000 NMP/gST em pelo menos uma amostra e Coliformes fecais : média geométrica da densidade de 7 amostras < 2.000.000 NMP/gST ou 2.000.000 UFC/gSt.	Digestão aeróbia Secagem Digestão anaeróbia Compostagem Estabilização com cal

Fonte: Braga,2002

NMP/gST – Números Mais Prováveis por grama de Sólidos Totais.

UFC/gST – Unidades Formadoras de Colônias por grama de Sólidos Totais.

## 7.0) SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

A irrigação localizada consiste na aplicação d'água molhando apenas parte da área ocupada pelo sistema radicular das plantas. O molhamento de mais de 55% da área sombreada

pela planta descaracteriza o método, eliminando uma das suas principais vantagens que é a economia de água.

São sistemas com elevados graus de automação, capazes de aplicar produtos químicos dissolvidos na água de irrigação (Scaloppi, 1985).

Segundo Azevedo, 1982, o Laboratório de engenharia de Irrigação da Universidade Federal da Paraíba classifica este método de irrigação da seguinte maneira:

- por gotejamento;
- por microaspersão;
- tipo xiquexique;
- tipo subsuperficial.

## **7.1) Irrigação por Gotejamento**

### **7.1.1) Características e emprego da irrigação por gotejamento**

O gotejamento é um método de irrigação de alta frequência, no qual a água é aplicada em gotas, diretamente sobre a zona radicular da planta, sem necessidade de molhar toda a superfície do terreno. O suprimento de pequenas vazões às zonas radiculares é alcançada mediante dispositivos denominados gotejadores ou emissores, localizados juntos aos pés das plantas.

O abastecimento d'água para os gotejadores se efetua através de um sistema fixo de irrigação pressurizada, composto por uma rede de distribuição, uma estação de bombeamento e um dispositivo de filtragem e controle da água aduzida. Os gotejadores são instalados unidos a linhas de tubulações laterais flexíveis, estendidas sobre o terreno, paralelamente às fileiras das plantas. As linhas laterais, por sua vez são conectadas às tubulações finais ou terminais de rede de distribuição, que também são conhecidas com tubulações de derivação (GOMES, 1999).

A aplicação de pequenas vazões diretamente sobre a zona radicular da planta faz com que a irrigação por gotejamento possua algumas características peculiares, no que diz respeito à relação entre a água, o solo e a planta.

### **7.1.2) Componentes do Sistema**

Os componentes de um sistema de irrigação por gotejamento são: tubulação de adução, cabeçal de controle, rede de tubulação de distribuição e gotejadores (GOMES, 1999)

### **7.1.3) Cabeçal de controle**

Os sistemas de irrigação por gotejamento necessitam que a água chegue aos gotejadores com um alto grau de limpeza, para evitar entupimento nos mesmos. A uniformidade e eficiência da irrigação por gotejamento depende, em grande escala, do procedimento, de filtragem ou tratamento empregado para limpar a água, uma vez que as obstruções dos gotejadores se constituem no maior problema desse método de irrigação. É necessário eliminar as partículas sólidas em suspensão, de origem orgânica ou mineral, cujas dimensões obstruam as passagens d'água através dos gotejadores.

Basicamente o cabeçal de controle consta de um ou mais filtros, um equipamento de fertilização, e as peças especiais de regulagem e controle (válvulas, ventosas, manômetros, etc), (GOMES, 1999).

### **7.1.4) Gotejadores**

O conjunto de gotejadores da instalação constitui a parte mais sensível do sistema de irrigação por gotejamento, já que o mesmo deve assegurar o suprimento das pequenas vazões as plantas, com uma uniformidade aceitável em toda a parcela ou unidade a irrigar. Os

gotejadores funcionam também como dissipadores de energia, em virtude de que devem reduzir a pressão nominal de entrada em geral, entre 5 e 15mca para zero, à saída das gotas.

Para assegurar as pequenas vazões de projeto, que habitualmente estão compreendidas entre 2 e 12L/h, os orifícios dos gotejadores têm que ser bastante pequenos (os diâmetros variam entre 0,5 e 1,5 mm), o que os tornam extremamente sensíveis aos entupimentos. Os gotejadores com maiores diâmetros terão menos problemas de obstruções, porém suas vazões ou descargas serão conseqüentemente maiores. Portanto, a função do gotejador é dupla e antagônica: garantir uma vazão pequena, pouco sensível às variações de pressão, com um orifício suficientemente grande para evitar entupimentos (GOMES, 1999).

#### **7.1.5) Tipos de Gotejadores**

A variedade de gotejadores existentes no mercado é muito grande, devido ao objetivo permanente que os fabricantes almejam alcançar: gotejadores eficazes, resistentes e baratos. De uma maneira geral, os gotejadores podem ser classificados em três categorias: gotejadores de longo percurso, gotejadores de curto percurso ou de orifício, e gotejadores tipo vértice. Estas categorias de gotejadores se diferenciam entre si segundo a forma com que a energia de pressão é dissipada na passagem da água através do emissor.

#### **7.1.6) Uniformidade e Eficiência da Irrigação por gotejamento**

De acordo com GOMES, (1999) “em uma instalação de irrigação por gotejamento praticamente não se perde água no percurso desde o ponto de abastecimento até a saída dos gotejadores”. Fundamentalmente, as perdas existentes ocorrem no solo molhado, por percolação, e em menor escala, por evaporação e escoamento sobre a superfície do terreno.

Existirão perdas inevitáveis por percolação, principalmente em solos de textura grossa, mesmo que o gotejador forneça a vazão de projeto requerida dos gotejadores que proporcionam vazões superiores às de projeto, já que não se pode alcançar uma uniformidade absoluta das vazões dos emissores nas unidades de irrigação.

# Milho

## Cultura do milho

O milho constitui um dos principais insumos para o segmento produtivo, sendo utilizado com destaque no arraçamento de animais, em especial na suinocultura, na avicultura e na bovinocultura de leite, tanto na forma "in natura", como na forma de farelo, de ração ou de silagem. Na alimentação humana, o milho é comumente empregado na forma "in natura", como milho verde, e na forma de subprodutos, como pão, farinha e massas (BÜLL,1993).

Na indústria, o milho é empregado como matéria-prima para a produção de amido, óleo, farinha, glicose, produtos químicos, rações animais e na elaboração de formulações alimentícias. Porém, pesquisas recentes têm revelado novas utilidades para o cereal, que no passado seriam pouco imagináveis. Estima-se que hoje existam cerca de 600 produtos onde o milho participa como matéria-prima (BÜLL,1993).

Segundo BÜLL,1993, para o futuro, a tendência é abrir cada vez mais o leque de novas aplicações para o amido de milho e seus derivados, que já são largamente usados nos setores alimentícia, têxtil, d bebidas, papéis, papelões, curtumes e colas. O xarope de glicose de milho é usado na fabricação de cosméticos, xaropes medicinais, graxas e resinas. Nas fábricas de aviões e veículos, os derivados de milho são utilizados nos moldes de areia para a fabricação de machos e de peças fundidas. Também na extração de minério e petróleo o milho está presente, assim como em outras áreas pouco conhecidas como as de explosivos, baterias elétricas, cabeças de fósforos, borrachas, etc.

Para Andrade (1995), apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta sensibilidade a estresse de natureza biótica e abiótica, que aliada a sua pequena plasticidade foliar, reduzida prolificidade e abaixa capacidade d compensação efetiva, seu cultivo necessita ser rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, objetivando a manifestação de sua capacidade produtiva.

Assim, o conhecimento da influência efetiva dos fatores que determina o desempenho da planta, poderá contribuir de forma decisiva para a minimização de estresses de natureza

diversa. Ainda, tal fato favorecerá a predição ou previsão da duração das etapas de desenvolvimento da planta bem como a coincidência dessas etapas com condições desfavoráveis de oferta dos fatores de produção (FANCELLI,2003).

De acordo com BÜLL,1993, em termos de distribuição geográfica, o milho aparece nos quatro cantos do país. Tomando-se por base a Região Centro-Sul, responsável por mais de 95% da produção do cereal, as estatísticas do IBGE registram pelo menos dois aspectos de significativa importância: o primeiro é

que uma quantidade bastante significativa de entrevistados cerca de 30% do total, declaravam que se dedicam ao cultivo do milho; o segundo é que a cultura é basicamente desenvolvida em propriedades situadas nos menores **estratos** de área. Aproximadamente 79% dos entrevistados estão em propriedades de até 50 hectares e 9% entre 51 e 100 hectares.

### **Tecnologia e Produtividade**

No tocante à produtividade da lavoura de milho no Brasil, os índices agregados escondem pontos importantes. A cultura dispõe de um “pacote tecnológico” que permite aos agricultores mais tecnificados atingir níveis de produtividade comparáveis aos de países mais desenvolvidos.

A produtividade nacional é afetada pela baixa produtividade da agricultura de subsistência, principalmente no Norte-Nordeste, onde as técnicas de produção são rudimentares, com baixa ou nula utilização dos insumos modernos disponíveis. Nessas duas regiões estão cerca de 30% da área plantada com milho do país, mas a produção mal alcança 10% do total, isso quando não ocorrem adversidades climática (BÜLL,1993).

O Brasil perdeu a característica de auto-suficiência em milho e precisa de uma política agrícola definida para reverter esse quadro.

### **Classificação Botânica**

É o milho uma monocotiledônea herbácea, anual, monóica, pertencente à família gramínea, classificada como *Zea mays* L. O gênero *Zea* é monotípico; todos os grupos de milho, antigamente classificados como espécies ou subespécies, não passam de formas genéticas bem definidas, algumas simples e outras complexas. As principais são as seguintes: *tunicata*, *indurata*, *indetata*, *amilácea*, *sacarata* e *cerácea*, tôdas fazendo referência à forma ou à estrutura do grão (GRANER, 1962).

**Descrição da planta** - O milho é uma gramínea cuja altura varia ao redor de 2 metros. Na formação do seu sistema radicular distinguem-se três tipos de raízes: a) raiz primária que, via de regra, desaparece antes de a planta atingir seu pleno desenvolvimento; b) raízes em número limitado de 3 a 4, nascida em nós do embrião, que se ramificam posteriormente; c) raízes dos primeiros nós do côlmo, chamadas raízes adventícias aéreas, grossas e cilíndricas antes de atingirem o solo e que se ramificam posteriormente ao atingi-lo (GRANER, 1962).

Os colmos são eretos geralmente não ramificados e constituídos, como em todas as gramíneas, de nós e meritalos; internamente são de natureza esponjosa e mais ou menos adocicados (GRANER, 1962).

As folhas são alternadas e inseridas nos nós. Constam de uma bainha invaginante, pilosa, verde-clara e de uma lâmina verde-escura, estreita, laceolada, de bordos serrilhados, provida de uma nervura principal larga e em forma de caneleta. Entre a bainha e a lâmina existe uma lígula estreita e membranosa (GRANER, 1962).

As flores são dispostas em inflorescências: as masculinas, numa panícula terminal, conhecida comumente como “flecha”, e as femininas em espigas axilares (GRANER, 1962).

Os frutos do milho são do tipo cariopse e estão dispostos, geralmente, em número par de carreiras, ao longo da espiga. A espiga apresenta tamanho variável e forma mais ou menos troncônica, segundo a variedade; consta ela das seguintes partes:

- a) Uma haste pequena, com entrenós curtos e brácteas desenvolvidas que constituem a chamada “palha do milho”;
- b) Uma raque quase cilíndrica, grossa, de cor branca, rosada ou arroxeadada, na qual estão inseridos os frutos; é conhecido como “sabugo” do milho;

- c) Um grande número de frutos, também chamados comumente de “grãos”. Estes representam, em peso, aproximadamente 70% das espigas secas das variedades cultivadas; os 30% restantes são divididos entre palha e sabugo, em proporções variáveis (GRANER, 1962).

**Variedades** – As variedades de milho cultivadas no Brasil estão classificadas, do ponto de vista comercial, em dois grandes grupos: milho amarelo e milho branco. Ambos os grupos compreendem também os tipos duro e mole. Segundo, GRANER, 1962, representam esses grupos, no Estado de São Paulo, as seguintes variedades:

Milho amarelo – duro: cateto ou Amarelinho.

Milho amarelo – mole: Armour ou Amarelão e Asteca.

Milho branco – duro: Cristal.

Milho branco – mole: Amparo e Mexicano Branco.

**Clima e Solo** – Sendo de origem tropical, é muito natural que o milho dê preferência às regiões quentes intertropicais; todavia, o grande número de formas que apresenta torna possível a sua cultura também nas regiões subtropicais, com relativo sucesso. Em relação à umidade, a sua exigência não é grande: a sua necessidade se torna crescente a partir da germinação, para atingir um máximo durante a fase de fertilização. Desse modo, uma região de clima relativamente quente, com aproximadamente três meses e meio de chuvas regulares, está em condições de poder cultivar o milho basta fazer coincidir a fase de fertilização, que vai, para as nossas variedades, do 60º dia após a germinação até aproximadamente ao 90º dia, com o período mais chuvoso (GRANER, 1962).

O milho produz regularmente tanto nos solos argilosos como nos silicosos, desde que tenham relativa fertilidade. Todavia, não tolera terrenos alagadiços, mesmo que o sejam momentaneamente, nem os muito ácidos. Desenvolve bem nos terrenos de recém-derrubada, alcançando então grandes produções (GRANER, 1962).

**Rotação** – a rotação das culturas é uma prática que deve ser adotada por todo lavourador. De acordo com GRANER, 1962, experiências têm mostrado que a rotação do milho, com algodão, por exemplo, dá bons resultados. O ideal é introduzir também uma leguminosa no sistema de rotação. O plantio, em anos alternados, do milho e da mucuna ou do milho e da Crotalaria dá ótimos resultados.

### **Rotação de culturas e produtividade**

O estudo e a implantação de sistemas agrícolas envolvendo diferentes rotações de culturas constituem pontos importantes no uso dos solos. Além de ser uma prática eficaz no controle de pragas, de doenças e de plantas daninhas, a rotação de culturas reduz o efeito da erosão e altera as características físico-químicas e biológicas do solo. Pode, também, afetar os teores de nutrientes no solo devido às diferenças nas exigências nutricionais, à profundidade de solo explorada pelas raízes e à quantidade de material vegetal que retorna ao solo após a colheita. Assim, alterações na quantidade de nutrientes e /ou de matéria orgânica no solo podem depender da combinação entre os sistemas de preparo do solo e as culturas (Maria & Castro, 1993).

A rotação de culturas, tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar o rendimento das espécies envolvidas. Silveira & Silva (1996) avaliaram os efeitos de diferentes rotações de culturas sobre o rendimento do feijoeiro comum, cultivado sob irrigação no sistema pivô central, na região de Goiânia – GO. De modo geral, o feijoeiro quando cultivado após o arroz apresentou rendimentos maiores do que quando cultivado após o milho. Observou-se, também, efeito positivo do calopogônio e da soja, cultivados anteriormente, sobre a produtividade do feijoeiro.

A rotação de culturas tem contribuído para aumentar o rendimento do trigo (Santos et al., 1986; Medeiros et al., 1987). Comparando o rendimento do trigo anualmente na sucessão soja-trigo e trienalmente na rotação soja-trigo-soja-feijão-arroz-feijão, Silveira (1997) encontrou rendimento superior do trigo no segundo ciclo da rotação trienal (3.352 Kg/ha), em comparação à sucessão anual da cultura (2.824 Kg/ha), como apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Rendimento do trigo em diferentes sistemas de rotação/ sucessão de culturas (plantios de 1993, 1994, 1995 e 1996).

Rendimento de trigo (Kg/ha)		
Ano de plantio	Rotação/ sucessão de culturas	
	Soja / trigo	Soja / trigo / soja / feijão arroz / feijão
1993	3.771	3.183
1994	3.526	-
1995	3.833	-
1996	2.824	3.352

Fonte: Siveira (1997)

Tanto faz usar Plantio Direto, Plantio Mínimo ou Convencional, a rotação das culturas sempre é indispensável. E a maneira de oferecer condições de vida cada vez a outros seres vivos. Deste modo, aumenta-se o número de espécies e como um come o outro e é comido por terceiros, há um controle muito bom de todos. E a dura da natureza: comer e ser comido. Cada um é inimigo do outro. Pode haver um maior e outro menor, mas o famoso “inimigo natural” praticamente não existe. E a diversidade de espécies que controla! E a diversidade aparece com a diversidade da vegetação. E, como não se podem plantar vinte ou trinta culturas numa só vez, plantam-se cinco a seis culturas umas seguidas das outras. E a rotação de culturas! (PRIMAVESI,1992).

### **Rotação de Culturas e seu efeito nas doenças do milho**

A rotação de culturas é indicada principalmente no controle de nematóides e podridões do colmo e das espigas. Os nematóides das espécies *Pratylenchus Zese* e *P. brachyurus* são

importantes patógenos do milho, responsáveis por grandes perdas, especialmente se consideradas as suas associações com o fungo *Fusarium* moniliforme (Almeida Pinto & Vasconcelos, 1992). As podridões do colmo são causadas por um complexo de patógenos como *Colletotrichum graminicola*, *Diplodia maydis* e *Fusarium* moniliforme. As podridões das espigas têm como principais agentes causais os fungos *Diplodia maydis*, *Gibberella Zese* e *Fusarium* moniliforme. Embora menos eficiente, a rotação é também indicada no controle de doenças foliares como *helminthosporiose* (*Helminthosporium Turcicum*), mancha de *Helminthosporium* (*H. maydis*) e da macha de *Phacosphaeria* (*Paeosphaeria maydis*), além do carvão (*Ustilago maydis*). O fungo *C. graminicola*, agente causal da antracnose, é considerado patógeno importante quando sua ocorrência é de grande severidade em períodos de muita nebulosidade, úmidos e de muitas chuvas. Este fungo permanece em colmos de milho deixados no campo e, desta maneira, os restos de milho no solo funcionam como fontes primárias do inoculo que irá infectar raízes, caules e folhas. Naturalmente, a sobrevivência do patógeno irá depender das condições de ambiente, incluindo temperatura e umidade (SILVEIRA et al. 1999).

Para Almeida Pinto & Vasconcelos (1992), os parasitas mais importantes do milho são nematóides *Prtylenchus Zese* e *P. brachyurus*, seja devido à ampla distribuição geográfica ou as suas interações com fungos do solo. Segundos seus relatos, em plantios de milho que sucederam ao de mucuna ocorreram menores populações destes nematóides.

A rotação de culturas é a técnica mais antiga empregada no controle de doenças e um dos meios mais eficiente para limitar as populações de nematóides e de outros patógenos do milho, habitantes do solo, sem a utilização de produtos químicos. Sua eficácia depende das culturas e serem intercaladas, bem como do período entre os cultivos.

### **Adubação do Milho**

As recomendações de adubação para o milho no Brasil geralmente visam a obtenção de produtividades entre 4 e 6 t /ha de grãos, refletindo o grau de tecnologia relativamente baixo empregado nessa cultura no país (BÜLL, 1993).

Altas respostas do milho à calagem têm sido observados nos solos predominantemente ácidos do Brasil. Para os solos dos Estados da Região Sul e São Paulo, a calagem para o milho visa elevar o pH do solo a 6 ou a saturação por bases a 60% da CTC. Nos demais Estados, os critérios utilizados conduzem a recomendações, em geral, mais conservadoras (BÜLL,1993).

Segundo Bernardes (1988), experimentos de campo realizado no Brasil têm mostrado altas respostas do milho à aplicação de nitrogênio e fósforo, e reação moderada ao potássio. As tabelas de adubação para fósforo e potássio são baseadas em parâmetros de análise de solo.

De acordo com BÜLL(1993), o zinco é o micronutriente que mais tem limitado a produção de milho nos solo brasileiros, especialmente naquelas da região dos cerrados.

As doses de nitrogênio, fósforo e potássio recomendadas variam de 50 a 120 Kg /ha de N, 20 a 100 Kg / ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e O a 100 Kg / ha de K<sub>2</sub>O. Em alguns poucos casos, as recomendações atingem 180, 110 e 130 kg / ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente. De modo geral, as quantidades de nutrientes aplicadas no Brasil à culturas do milho são relativamente baixas. Um rendimensionamento da adubação para maiores produtividades requer a correção adequada da acidez do solo e o fornecimento balanceado de nutrientes, inclusive de micro-elementos, levando em conta ainda a altas exigências da cultura para potássio e nitrogênio.

## **Importância e prática de nutrientes na cultura do milho – macromutrientes**

### **Importância e prática da adubação nitrogenada**

Sendo o nutriente mais exigido pelo milho, o nitrogênio (N) é responsável pelo desenvolvimento vegetativo e o verde intenso das folhas. Como constituinte essencial dos aminoácidos, é fundamental para a síntese de proteínas e, uma vez que a formação dos grãos depende do conteúdo de proteínas na planta, a produção de milho está diretamente relacionada com o suprimento de N (MUZILLI, 1989).

Havendo carência no solo, sua deficiência se manifesta na fase de crescimento intenso, coincidindo com os períodos de maior demanda pela cultura. Essa deficiência é reconhecida pela coloração verde-pálida das folhas novas e clorose típica nas folhas velhas, que se tornam amareladas no sentido do ápice para o centro, com o vértice voltado para a parte central da folha e as bordas podendo permanecer verdes (MUZILLI, 1989).

As deficiências de N em milho são comuns nos solos desgastados e com baixa disponibilidade de matéria orgânica onde os sintomas aparecem já na fase vegetativa e se torna mais acentuadas em condições de seca, por ocasião do florescimento, quando a falta de umidade restringe a absorção do N existente no solo pela planta. O fenômeno é conhecido como “requeima”, e pode se manifestar também em períodos excessivamente chuvosos, quando o nitrato existente no solo é lixiviado rapidamente pela água percolada (MUZILLI, 1989).

### **Importância e prática da adubação fosfatada**

Embora o milho seja considerado espécie das mais exigentes em fósforo (P), as quantidades totais do nutriente absorvidos pela planta são menores em relação às exigências em nitrogênio e potássio.

O fósforo é importância já na fase inicial de desenvolvimento vegetativo da cultura por estimar a formação e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Na fase reprodutiva, a máxima concentração de P ocorre nas espigas, onde o nutriente está ligado ao

metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas que são armazenados nos grãos e, assim, o desenvolvimento e a produção dos grãos pelo milho são influenciados pelo fósforo (MUZILLI, 1989).

De acordo com MUZILLI, 1989, havendo deficiência os sintomas se manifestam já nos primeiros períodos do desenvolvimento vegetativo, por um crescimento retardado das plantas. Nas folhas e colmos das plantas novas, é comum o aparecimento de uma coloração vermelho-arroxeadada típica, em consequência da formação de antocianina, um pigmento purpúreo que se desenvolve quando há um acúmulo de açúcar, decorrente da redução do metabolismo dos carboidratos pela planta, em virtude de carência de fósforo. Na fase de espigamento, a falta de fósforo provoca a formação de espigas tortas e com folhas nas fileiras de grãos, bem como o processo de maturação é retardado e desuniforme.

No solo, o fósforo aparece na forma de numerosas combinações orgânicas e inorgânicas das quais apenas uma pequena porção pode se extraída. Em condições de solo ácido, a maior parte do nutriente disponível pode ser retida em forma de compostos insolúveis de ferro e alumínio; na forma orgânica, o fósforo não pode ser extraído pelas plantas, a menos que seja liberado e mineralizado. Assim, culturas de ciclo curto como o milho necessitam encontrar no solo fosfatos em forma inorgânica facilmente solúveis.

### **Importância e prática da adubação potássica**

A deficiência de potássio (K) pode afetar os mais diversos processos fisiológicos como a fotossíntese, a respiração, a formação de clorofila e o aproveitamento de água pelas plantas. Funcionando mais como um ativador de processos metabólicos, o potássio não é incorporado a nenhum composto formado pela planta, predominando a sua ocorrência em forma iônica livre no suco celular; daí a possibilidade do nutriente ser lixiviado das folhas do milho pelas águas da chuva ou de irrigação. No milho, atribuem-se ao potássio as propriedades de aumento de resistência dos colmos ao acamamento ou quebramento, ao ataque de pragas e doenças e a maior tolerância da planta à seca (MUZILLI, 1989).

Quando a deficiência do potássio no solo é severa, a planta de milho apresenta um retardamento de crescimento, já na fase inicial de desenvolvimento, seguido do secamento da

ponta e das margens das folhas mais velhas. Mantida a deficiência, as espigas poderão apresentar-se mal formadas e geralmente sem granação na extremidade.

Segundo MUZILLI, 1989, por se tratar de elemento facilmente absorvido pelas plantas, a adubação potássica em cobertura, feita até os 30-40 dias após a emergência, poderá corrigir em tempo uma deficiência que e presente na cultura do milho.

## **Efeitos, funções e importância de outros nutrientes na cultura do milho - Macronutriente**

### **Cálcio**

As principais funções do cálcio nas plantas, tais como absorção de íons, manutenção da integridade da membrana plasmática, formação da parede celular, divisão celular e processos metabólicos celulares, são descritas em vários trabalhos (PAVAN, 1984). O cálcio é indispensável para a germinação do grão de pólen e para o crescimento do tido polínico (MALAVOLTA, 1980). A necessidade de cálcio para o crescimento da planta pode ser facilmente demonstrada pela interrupção no fornecimento deste nutrientes às raízes; a taxa de crescimento é imediatamente reduzida e após alguns dias as extremidades das raízes tornam-se marrons e gradualmente morrem (MENGEL, K. & KIRKBY, 1987). O cálcio desempenha um papel preponderante na assimilação dos nitratos e na formação das proteínas pelas plantas (Minotti et al; 1968, citados por VILLA-CHICA & CABREJOS, 1974).

A absorção de cálcio pelas raízes do milho ocorre essencialmente na forma de íons  $Ca^{2+}$ , sendo que 71% (MALAVOLTA, 1979) do contato íon-raiz se dá por fluxo de massa. Geralmente, a concentração de cálcio da solução do solo é cerca de 10 vezes maior que a de potássio. A taxa de absorção de cálcio, entretanto, é usualmente menor que a de potássio. Este pequeno potencial de absorção de cálcio, segundo Clarkson & Sanderson (1978), citados por Mengel & Kirkby (1987), ocorre porque o cálcio pode ser absorvido unicamente pelas extremidades de raízes jovens, nas quais as paredes celulares da endoderme não são ainda suberizadas.

Grande parte dos trabalhos de pesquisas envolvendo cálcio na cultura do milho, assim ocorre geralmente com a maioria das culturas, procura relacionar os efeitos da aplicação deste nutrientes em termos de elevação do pH do solo, já que sua utilização normalmente se dá na forma de calcário; trabalhos desenvolvidos por BANWART & PIERRE (1975b), BATISTA & BATISTA (1981), CAMARGO et al. (1982) e ERNANI & GIANELLO (1982) mostram os efeitos da elevação do pH do solo sobre a produção de grãos de milho. Aumentos na concentração foliar e na quantidade absorvida de cálcio estão intimamente relacionados à elevação do pH do solo (LUTZ et al; 1972a). A exigência de correlação positiva e significativa entre níveis de cálcio na folha e produção de grãos de milho foi observada por PECK et al. (1969).

Trabalhos relacionado os efeitos de níveis de cálcio, isolados dos efeitos de pH, sobre a produção de milho, são bem menos freqüentes. Dados obtidos por BATISTA & BATISTA (1981), permitiram concluir que a produção de matéria seca de milho foi beneficiada pelo aumento dos níveis de cálcio do solo, tanto em condições de acidez excessiva, como com a acidez corrigida.

## **Magnésio**

Uma das principais funções do magnésio na planta é como constituinte da molécula de clorofila; como consequência, participa ativamente na fotossíntese. O magnésio entra, também, na composição da fitina (sal de cálcio e magnésio do ácido inositol fosfórico), que se acumula nas sementes; quando estas germinam, o fósforo e o magnésio migram para as diversas partes da planta em vias de desenvolvimento, contribuindo para a formação de fósforo dentro da planta e como ativador de algumas importantes enzimas do metabolismo de carboídratos (NEPTUNE, 1984).

O contato íon-raiz do magnésio na cultura do milho se dá preferencialmente (87% segundo MALAVOLTA, 1979) pelo processo de fluxo de massa, sendo o íon  $Mg^{2+}$  a forma absorvida.

Trabalhos desenvolvidos por PEASLEE & MOSS (1966) mostram a estreita relação entre a concentração foliar de magnésio e a taxa de fotossíntese na cultura do milho. Sugerem

estes autores que a deterioração da clorofila parece ser a maior causa do decréscimo da fotossíntese em folhas de milho deficientes em magnésio.

Da mesma forma que para o cálcio, o pH do solo tem grande influência sobre a absorção e a concentração foliar de magnésio em plantas de milho (LUTZ et al., 1972a).

Por outro lado, VILLACHICA & CABREJOS (1974) observaram existir correlação positiva e significativa entre produção de matéria seca a níveis de magnésio na parte aérea do milho.

### **Enxofre**

O enxofre na planta desempenha funções que determina aumentos na produção e na qualidade do produto obtido. Este nutriente é composto dos aminoácidos cistina, metionina e cisteína, os quais são componentes de proteínas, encerrando 90% do enxofre encontrado na planta (BULL, 1993).

A absorção de enxofre pelo milho é feita basicamente na forma de sulfato, sendo que o fluxo de massa participa em 95% dos processos de contato íon-raiz (MALAVOLTA, 1979). Conforme Stewart & Porter (1969), citados por ARNON (1975), o crescimento de raízes no milho é particularmente influenciado pela deficiência de enxofre; resultados obtidos por esses autores mostraram aumentos de até 230% no crescimento de raízes quando da aplicação de 1 ppm de S para cada 30 ppm de N adicionados.

RENDING et al. (1976) observam que o acúmulo de N-amídico (asparagina) em plantas deficientes em enxofre está associado com baixos níveis de açúcares, resultado, segundo esses autores, da queda na atividade fotossintética de folhas cloróticas deficientes em enxofre. MENGEL & KIRKBY (1987) atribuem o acúmulo das amidas asparagina e glutamina a altos níveis de nitrogênio inorgânico na planta.

Respostas da cultura do milho à aplicação de enxofre foram obtidos tanto na produção de matéria seca (FREIRE et al., 1972; SOARES et al., 1983; Kliemann, 1987, citado por VITTI, 1989, como na produção de grãos (KANG & OSINAME, 1976; Gilbran, 1986, citado por VITTI et al., 1988).

## Micronutrientes

### Boro

As funções do Boro são relacionadas a alguns processos básicos, como o metabolismo de carboidratos e o transporte de açúcares através das membranas, a síntese de ácidos nucléicos (RNA e DNA) e de fitohormônios, a formação de paredes celulares, a divisão celular e o desenvolvimento de tecidos (DECHEN, 1988; BORKERT, 1989).

As respostas do milho a aplicação de boro são consistentes. PECK et al. (1969) obtiveram correlação negativa entre produção de grãos e níveis de boro na folha; TOUCHTON & BOSWELL (1975) observaram que aplicações de boro, tanto via como foliar, não influenciaram a produção de grão; MOZAFAR (1989), trabalhando com duas variedades submetidas a níveis crescentes de boro na solução, observou resposta positiva na produção de matéria seca total em uma variedade apenas. WOODRUFF et al. (1987), em um experimento envolvendo variações em níveis de vários nutrientes, incluindo o boro, com uma população de 70.000 a 80.000 plantas ha, observaram efeitos benéficos do boro sobre a produção de grãos, sugerindo esses autores que aplicações de boro podem ser necessárias quando se intensifica o uso de práticas de aumento de produtividade associado a pesadas adubações com potássio.

No Brasil, trabalhos envolvendo boro na cultura do milho (GALRÃO & MESQUITA FILHO, 1981b; GALRÃO, 1984; ABREU et al; 1987; Galho et al., 1965 e Abreu & Lopes, 1985, citados por GALRÃO, 1988) não apresentaram respostas à aplicação deste micronutrientes. GALLO et al. (1976) observaram ausência de correlação entre teor foliar de boro e produção de grãos em experimentos conduzidos em dois diferentes locais.

## **Cloro**

As funções do cloro na planta estão ligados ao desdobramento da molécula de água no fotossistema II, ao efeito estimulante na ATPase localizada no tonoplasto e ao metabolismo do nitrogênio (DECHEN, 1988).

Como acontece com a maioria das culturas, problemas de deficiência de cloro em milho praticamente não são relatados, em razão de ser este micronutriente o principal ânion acompanhante da adubação potássica; além disso, o cloro pode ser fornecido por outras fontes abundantes, como o solo, a chuva e a atmosfera poluída. Por esses motivos, os problemas com o cloro se restringem praticamente a efeitos de toxidades, sendo o milho altamente tolerante a níveis elevados de cloro no tecido (MENGEL & KIRKBY, 1987).

## **Cobre**

O Cobre na planta desempenha importante papel em diversos processos fisiológicos, como fotossíntese, respiração, distribuição de carboidratos, redução e fixação do nitrogênio, e metabolismo de proteínas e das paredes celulares. Controla as relações de água na planta e a produção de DNA e RNA, sendo que a sua deficiência reduz marcadamente a produção de sementes pelo aumento da esterilidade do pólen; está envolvido, também, nos mecanismos de resistência a doenças ( DECHEN, 1988; BORKERT, 1989).

No Brasil, estudos conduzidos com milho cultivado em solos originalmente sob vegetação de cerrado (BRITO et. al., 1971; GALRÃO & MESQUITA FILHO, 1981b; GALRÃO, 1984) e em solo de várzea (ABREU et. al.; 1987) não mostraram efeitos positivos à aplicação de cobre. Nos trabalhos desenvolvidos por GALRÃO & MESQUITA FILHO (1981) e por GALRÃO (1984) obteve-se, embora sem significância estatística, um aumento na produção de grãos no tratamento com isenção destes micronutrientes. GALLO et. al. (1976), em dois ensaios em diferentes locais, encontraram correlação positiva entre níveis foliares de cobre e produção de grãos em apenas um dos experimentos.

## **Ferro**

O ferro é considerado o metal chave nas transformações da energia necessária para as sínteses e outros processos da vida das células nas plantas. É componente de hemoproteínas e de outras proteínas não hemo e está envolvido no mecanismo de transferência de elétrons na fotossíntese, na dedução de nitritos e de sulfatos, no mecanismo dos ácidos nucleicos e na formação da clorofila, são também conhecidas as funções catalisadoras do  $Fe^{2+}$  e do  $Fe^{3+}$  (DECHEN, 1988; BORKERT, 1989).

Em solos brasileiros, as respostas da cultura do milho a aplicação de ferro praticamente inexistem, chegando, inclusive, a ocorrer aumento na produção de biomassa (ABREU et. al.; 1987) e de grãos (GALRÃO & MESQUITA FILHO, 1981b; GALRÃO, 1984) quando da omissão destes micronutrientes em relação ao tratamento completo, em razão provavelmente, de algum efeito tóxico do ferro sobre o desenvolvimento da cultura.

## **Manganês**

O manganês é importante ativador de enzimas que atuam no ciclo de Krebs, como as descarboxilases e as desidrogenases e, juntamente com o cloro, atua no desdobramento da molécula de água no fotossistema II. Participa do metabolismo do nitrogênio e forma pontes entre o ATP e as enzimas transferidoras de grupos fosfatados (BARBOSA FILHO, 1987).

Os cloroplastos são os mais sensíveis de todos os componentes da célula à deficiência de manganês, e a consequência disso é o aparecimento de uma desordem na sua estrutura (BORKERT, 1989), com reflexos negativos na atividade fotosintética.

À semelhança do ferro, ocorrências de deficiência de manganês na cultura do milho praticamente inexistem, havendo maiores problemas de toxicidade deste elemento, principalmente em solos com condições adversas de reação. Trabalhos desenvolvidos por PECK et al. (1969), SINGH & STEENBERG (1974), VILLACHICA & CABREJOS (1974), BATSTA & BATISTA (1981), GALRÃO & MESQUITA FILHO (1981b), GALRÃO (1984) e ABREU et al. (1987) não mostram qualquer efeito positivo do suprimento deste

micronutriente na produção de biomassa ou de grãos, tendo sido observada, em alguns trabalhos, elevação na produção naqueles tratamentos em que houve omissão de manganês.

### **Molibdênio**

O molibdênio é o nutriente requerido em menor quantidade na planta; participa como cofator de enzimas como a redutase do nitrato, a oxidase da xantina, a oxidase de aldeído e a oxidase de sulfeto. O resultado da deficiência de molibdênio é uma redução na concentração de clorofila nas folhas, acarretando um decréscimo de eficiência da fotossíntese e a desagregação do metabolismo do nitrogênio, tendo como consequência um acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  no tecido das plantas (BORKEERT, 1989).

Algumas variedades de milho, principalmente quando bem supridas em nitrogênio, podem apresentar uma germinação prematura dos grãos nas espigas, antes da colheita. TANNER (1978) associou este problema a um inadequado suprimento de molibdênio.

Trabalhos conduzidos no Brasil por GALRÃO & MESQUITA FILHO (1981b) e GALRÃO (1984), envolvendo aplicações de molibdênio na cultura do milho, não apresentaram respostas a este micronutriente quanto à produção de grãos.

### **Zinco**

O zinco tem funções metabólicas essenciais na planta e uma das importantes é participar como componentes de um grande número de enzimas, como as desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfohidrolases. As funções básicas na planta estão relacionadas ao metabolismo do carboidrato, das proteínas e dos fosfatos, e na formação da estrutura de auxinas, RNA e ribossomos (BORKERT, 1989).

Uma das consequências da carência de zinco na planta é o encurtamento dos entrenós, resultado em redução do crescimento; isto ocorre porque o zinco é necessário à produção de triptofano (BARBOSA FILHO, 1987), um aminoácido do precursor do ácido indol acético (AIA), hormônio vegetal promotor do crescimento.

Resultados obtidos por diversos autores citados por DECARO et al. (1983), para a cultura do milho, mostram efeitos positivos do zinco no aumento das plantas, do número de folhas, na produção de forragem e de grãos como aumento do conteúdo total de nitrogênio e de proteína nos grãos.

Em áreas de cultivo reconhecidamente deficientes em zinco, GRUNES et al. (1961) observaram que as plantas de milho apresentaram enraizamento extremamente superficial e ausência de espigas.

De todos os micronutrientes, o zinco é o que apresenta as maiores respostas de produção de grãos na cultura do milho em solos brasileiros; isto decorre da deficiência generalizada deste micronutriente, principalmente em solos das regiões dos cerrados (BÜLL, 1993).

### **Preparo do solo para a cultura do milho**

O preparo do solo pode ser definido como a manipulação física, química (aplicação de calcário, principalmente) ou biológica do solo, com o objetivo de otimizar as condições para a germinação e emergência das sementes, assim como o estabelecimento das plântulas.

De acordo com Castro, 1989 o preparo do solo e as manipulações do solo podem, em geral, ser divididos em três categorias.

- a) preparo primário do solo;
- b) preparo secundário do solo;
- c) cultivo do solo após plantio.

a) Entende-se por preparo primário do solo aquelas operações mais profundas e grosseiras que visam, entre outras, eliminar ou aterrar as ervas daninhas estabelecidas, assim como restos de culturas e, também, soltar o solo. Exemplos: aração, desmatamento, operações com rolo-faca.

b) Como preparo do solo secundário do solo podem ser definidos todas as operações superficiais subseqüentes ao preparo primário que visa, por exemplo, a nivelção do terreno, destorroamento, incorporação de herbicidas, eliminação e ervas daninhas no início do seu desenvolvimento, assim como a sua cobertura com terra, produzindo um ambiente favorável ao desenvolvimento inicial da cultura implantada. Exemplos: gradagem (pesada, niveladora, de dentes); enxada rotativa.

c) Entende-se por cultivo do solo após plantio, toda manipulação do solo após a cultura ter sido implantada, visando, entre outras coisas, eliminar as ervas daninhas que concorrem com a cultura, principalmente em água, nutrientes e luz.

## Material e Métodos

- **Local e ano:** a investigação experimental será desenvolvida em uma área coberta, pertencente ao Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), conveniado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil, Campina Grande - Paraíba, no ano de 2003.
- **Tratamentos e delineamento estatístico:** os tratamentos que foram utilizados na mamona são constituídos de três níveis de lodo (Lo, L1 e L2), onde o Lo (sem lodo), L1 (representa 100% da necessidade de nitrogênio) e L2 (representa 50% da necessidade de nitrogênio). Duas água de abastecimento e água residuária e um tratamento adicional: adubo químico na fórmula NPK, três repetições, em esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$ , totalizando 21 unidades experimentais, utilizando-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado.
- **Procedimentos**
  - Limpar os lisímetros, removendo as raízes da mamoneiras nos primeiros 30cm do solo;
  - Colocar água de abastecimento nos lisímetros até a capacidade de campo momentos antes do plantio.
  - Adquirir as sementes do milho híbrido com o ciclo de 120 dias.
  - Colocar o adubo químico na fórmula NPK, nos solos testemunha.
  - Fazer o plantio com 05 sementes por Lisímetro, sendo 5,0 cm de distância de uma semente para outra, plantar de 2 à 3 cm de profundidade do solo e no final ficarão 2 plantas definitivas com a distancia de 20,0 cm de uma para outra.

- **Tratamentos**

- Os tratamentos que serão utilizados no milho são adubo químico na fórmula NPK nos solos testemunha e os tratamentos já existentes no solo durante o plantio da mamona, ou seja 2 águas (abastecimento e residuária), três lodos (L<sub>0</sub>, L1 e L2) e o adubo químico NPK.

**Análise de crescimento não destrutivas:**

À cada quinze dias , após a germinação, medir:

- a) Altura da planta;
- b) Diâmetro do caule;
- c) Área foliar;
- d) Comprimento das espigas;
- e) Peso das espigas;
- f) Peso dos grãos;
- g) Número de nós;
- h) Número de sementes por espigas;
- i) Fitomassa / parte aérea e raízes.

**Análise do solo: química e física**

Antes e após o plantio (no final do ciclo do milho) retirar 1Kg de solo de cada Lisímetro da parte do meio para serem feitas as análises: química e física.

**Local:** as análises físicas serão feitas no Laboratório de Irrigação e Salinidade, pertence ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal De Campina Grande – PB e as análises químicas serão feitas na Universidade Federal de Areia- Paraíba.

## Resultados

Sistema de Irrigação instalado foi composto pelos seguintes componentes:

- Bombas de com 0,5 CV de potência para adução das águas residuárias;
- Linhas primárias de PVC rígido com 2' de diâmetro;
- Linhas secundárias de plástico flexível com ½' de diâmetro;
- Filtro de areia;
- Filtro de tela;
- Filtro de discos;
- Gotejadores de vazão igual a 3,75 L/H e pressão de 15 mca.

Os lisímetros instalados consistiram de caixas de fibra de vidro de volume igual a 500 L, o diâmetro da face superior e inferior eram iguais a 110 cm e 90 cm, respectivamente, com 70 cm de altura. Em cada lisímetro foram colocados tubos de PVC rígido com diâmetro igual a ¾ de polegada, perfurados com orifícios de 5mm de diâmetro na face superior, drenando, assim, para o exterior do lisímetro.

Os lisímetros possibilitaram o estudo de:

- desenvolvimento, crescimento e produção de diversas culturas
- contaminação do solo
- qualidade do efluente
- variação nas características físicas e químicas do solo

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. AWWA. WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, Amer. Public Health Assoc., Water Works Associations, Water Poll. Control Federation, Washington, D.C., 1992. 1587 p.

ARAÚJO, H. W. C. de. **Tratamento por Filtro Lento de Esgotos Sanitários Pré-Tratados para Reuso na Agricultura**. Campina Grande PB, 1998. 120p. Dissertação de Mestrado. PRODEMA UFPB/UEPB.

BRAGA, B. ; HESPANHOL, L; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 72 - 122 p.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFCG, 1997.

Companhia de Saneamento do Paraná. **Manual técnico agrícola do lodo de esgoto no Paraná**. Curitiba: Sanepar, 1997.

LEON, S. G.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**, tradução de H. R. Gheyi; A. König; B.S.O. Ceballos; F.A.V. Damasceno. Campina Grande, UFPB, 1999.

SOUSA, J.T. de ; ARAÚJO, H.W.C.de; CATUNDA, P.F.C.; FLORENTINO, E.R; COSTA, R.A.L. S. **Tratamento de esgotos sanitários por filtro lento, objetivando produzir efluente para reuso na agricultura**. In: VIII simpósio Luso - Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa - PB, 1998. Anais Rio de Janeiro, ABES, 1998, V. 2, TI, p. 317 - 327

SOUSA, J.T. de; VAN HAANDEL, A.C; CABRAL, R.P.B. **Desempenho de sistemas wetlands no pós-tratamento de esgotos sanitários pré-tratados em reator UASB**; In: IX simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Seguro Bahia, 2000.

TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M. **Os biossólidos na agricultura**. 1ª ed. São Paulo: Sabesp, 2001. 133 - 207 p.

BERNARDES, L.T. **A experiência do capeão: como produzir 16 toneladas de milho por hectare**. Informações Agronômicas, Piracicaba, (44) : 1 - 3, 1988.

BULL, Leonardo Theodoro. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade/editado** por Leonardo Theodoro Bull e Heitor Cantarella. Piracicaba: Potafos, 1993.

MUZILLI, Osmar. **Adubação do milho**, por Osmar Muzilli, Edson Lima de Oliveira e Ademir Calegari. Campinas, Fundação Cargill, 1989.

CASTRO, Orlando Melo de. **Preparo do solo para a cultura do milho**, por Orlando Melo de Castro. Campinas, SP, Fundação Cargill, 1989.

PAVAN, M.A. **O cálcio como nutriente para as culturas**. In: Silva, M.C., coord. SEMINÁRIO SOBRE FÓSFORO, CÁLCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES; situação atual e perspectivas na agricultura, São Paulo, 1984. Anais. São Paulo, Manah S.A., 1984. P. 82 - 91.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Editora Agronômicas Ceres, 1980. 251 p.

MENGEL, K. & KIRBY, E. A. Principles of plant nutrition. Bern, International Potash Institute, 1987. 687 p.

VILLACHICA, H. & CABREJOS, O. Efecto de la cal, nitrogeno y manganejo en el rendimiento y la concentracion de nutrimentos en el maiz. Turrialba, 24 (3): 319 - 26, 1974.

MALAVOLTA, E. Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato - Instituto Internacional da Potassa, 1979, 92 p. (Boletim técnico, 4).

BANWART, W.L. & PIERRE, W. H. Cation - anion balance of field - grown cyops. I. Effect of nitrogen fertilization. Agronomy Journal, Madison, 67 (1): 14 - 9, 1975a.

BATISTA, L.F. & BATISTA, R.A.B. Efeito do cálcio e do pH do solo na absorção de manganês, ferro e fósforo e na produção de milho (Zea mays, L.). Agropecuária Técnico, Areia, 2(1): 31 - 9, 1981.

CAMARGO, A.P. de; RAIL, B. Var; CANTARELLA, H.; ROCHA, T.R. de; NAGAI, V.; MASCARENHAS, H.A.A. Efeito da colagem nas produções de cinco cultivos de milho, seguidos de algodão e soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 17: 107 - 12, 1982.

ERNANI, P.R. & GIANELLO, C. Efeito imediato e residual de materiais orgânicos, adubo mineral e calcário no rendimento vegetal. Revista Brasileira de Ciências do solo. Campinas, 6 (2): 119 - 24, 1982.

LUTZ, Jr. J.A.; GENTER, C.F.; HAWKINS, G.W. Effect of soil pH on element concentration and uptake by maize: II. Cu, B, Zn, Mn, Mo, Al and Fe. Agronomy Journal, Madison, 64 (5): 583 - 5, 1972b.

PECK, T.R.; WALKER, W.M.; BOONE, L.V. Relationship between corn (Zea mays L.) yield and Leaf Levels of ten elements. Agronomy Journal, Madison, 61 (2): 299 - 301, 1969.

NEPTUNE, A.M.L. O magnésio como nutriente para as culturas. In: SILVA, M.C., coord. SEMINÁRIO SOBRE FÓSFORO, CÁLCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES; situação atual e perspectivas na agricultura, São Paulo, Manah S.A., 1984. P 74 - 7.

PEASLEE, D.E. & MOSS, D.N. Photosynthesis in Kand Mg - deficient maize (Zea mays L.) Leaves. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 30: 220 - 3, 1966.

LUTZ, Jr., J.A. ; GENTER, C.F.; HAWKINS, G.W. Effect of soil pH on element concentration and uptake by maize: II. Cu, B, Zn, Mn, Mo, Al and Fe. Agronomy Journal, Madison, 64 (5):583 - 5, 1972 b.

RENDING, V.V. ; OPUTA, C. ; Mc COMB, E. A. Effects of sulfur deficiency on non - protein nitrogen, soluble sugars, and N/S rations in young corn (Zea mays L.) plant. Plant and Soil, The Hague, 44: 423 - 37, 1976.

VIII, E.C. Enxofre do solo. In: BULL, L.T. & ROSOLEM, C.A., ed. Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação. Botucatu, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. P. 129 - 73

VIII, G.C. ; MALAVOLTA, E. ; FERREIRA, M.E. Respostas de culturas anuais e perenes à aplicação de enxofre. In: BORKERT, C.M & LANTMANN, A.F., ed. SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA. Londrina, 1988 - Anais. Londrina, EMBRAPA - CNPSo/IAPAR/SBCS, 1988. P. 61 - 85.

DECHEN, A.R. Micronutrientes; funções nas plantas. In: FERREIRA, M.E ; coord. SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., Jaboticabal, 1988. Anais. Jabotical, FCAV/UNESP, 1988. P. 111 - 32.

STEWART, B.A. & PORTER, L.K. Nitrogen - sulfur relations - ships in wheat ( triticum aestivum,L), corn (zes mays), and beans ( Phaseolus Vulgaris). Agronomy Journal. Madison, 61: 267 - 71, 1969.

BORKERT, C.M. Micronutrientes na planta. In: BULL, L.T. & ROSOLEM, C.A., ed. Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação. Botucatu, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. P. 309 - 29.

TOUCHTON, J.T. & BOSWELL, F.C. Boron application for corn grown on selected southentern soils. Agronomy Journal, Madison, 67 (2): 197 200, 1975.

MOZAFAR, A. Boron effect on mineral nutrients of maize. Agronomy Journal, Madison, 81 (2) : 285 - 90, 1989.

WOODRUFF, J.R. ; MOORE, F.W. ; MUSEN, H.L. Potassium, boron, nitrogen, and Lime effects on corn yield and carleaf nutrient concentrations. Agronomy Journal, Madison, 79 (3): 520 - 4, 1987.

GALLO, J.R.; IGUE, T.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; MIRANDA, L.E.C. Influência do uso contínuo de fertilizantes na nutrição mineral do milho híbrido IACHmd/6999B. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO 15., Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. P 245 - 54.

GALRÃO, E.Z. Respostas das culturas aos micronutrientes boro e zinco. In: BORKERT, C.M. & LANTMANN, A.F., ed. SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA. Londrina, 1988. Anais. Londrina, EMBRAPA/JAPAZ/SBCS, 1988. P. 205 - 37.

BRITTO, D.P.P.S.; CASTRO, A.F.; MENDES, W.; JACCOUD, A.; RAMOS, D.P.; COSTA, F.A. Estudo das reações a micronutrientes em Latossolo Vermelho - Escuro sob vegetação de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 6: 17 - 22, 1971. (Série Aeronomia)

GALRÃO, E.Z. & MESQUITA FILHO, M.V. Efeito de micronutrientes na produção e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) e do milho (*Zea mays* L.) em solo de cerrado. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 5 (1) : 72 - 5, 1981b.

GALRÃO, E.Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e composição química do arroz, milho e soja em solo de cerrado. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, 8 (1) : 111 - 6, 1984.

ABREU, C.A.; LOPES, A.S.; ANDRADE, D.S. Identificação de deficiências de micronutrientes em cinco solos de várzeas da região de cerrados de Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 22 (8): 883 - 41, 1987.

BARBOSA FILHO, M.P. Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado) Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa das Potassa e do Fosfato, 1987. 120 p (Boletim Técnico, 9)

SINGH, B.R. & STEENBERG, K. Plant response to micronutrients. II. Uptake, distribution and translocation of manganese in maize and barley plants. Plant and Soil, the Hague, 40 : 647 - 54, 1974.

TANNER, P.D. A relationship between premature sprouting and the cob and the molybdenum and nitrogen status of maize grain. Plant and Soil, the Hague, 49 : 427 - 32, 1978.

DECARO, S.T.; VIII, E.C. ; FORNASIERI FILHO, D.; MELLO, W.J. Efeito de doses e fontes de zinco na cultura do milho (*Zea mays* L.) Revista de Agricultura, Piracicaba, 58 (1 - 2) : 25 - 36, 1983.

GRUNES, D.L. ; BOAWN, L.C. ; CARLSON, C.W. ; VIETS Jr., F.G. Zine deficiency of corn and potatoes as related to soil and plant analysis. Agronomy Journal, Madison, 53 : 68 - 71, 1961.

FRANCELLI, A.L. Fisiologia, Nutrição e Adubação do milho para alto rendimento. Departamento de Produção Vegetal. ESALQ/USP. Piracicaba. Email: [alfarcel@carpa.ciagri.usp.br](mailto:alfarcel@carpa.ciagri.usp.br), 2003.

ANDRADE, F.H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. Field Crops Research, 41:1 - 12, 1995

GRANER.E.A. e JÚNIOR C. GODOY. Cultivos da fazenda brasileira. Edições Melhoramentos. São Paulo - SP, 1962.

MARIA, I.C. de; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo., Campinas, v. 17, nº 3, p. 471 - 477, 1993.

SILVEIRA, P.M. da; SILVA, J.B. da. Efeito do preparo do solo e da rotação de cultura sobre o rendimento do feijoeiro irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia, GO. Anais. Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1996. V. 1, p. 462 - 464. (EMBRAPA - CNPAF - Documentos, 69).

SANTOS, H.P. dos; PEREIRA, L.R.; LHAMBY, J.C.B.; REIS, E.M. Rotação de culturas. VI - Avaliação do rendimento de grãos de trigo, observando-se um intervalo de dois anos de rotação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 21, nº 10, p. 1067 - 1072, 1986.

MEDEIROS, C.A.B.; SILVA, D.B. da; ANJOS, J.R.N. dos. Sucessão de culturas sob irrigação em sistemas de produção para os cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisas Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisas Agropecuárias dos Cerrados 1982 - 1985. Planaltina, 1987. P. 292 - 295.

SILVEIRA, P.M.da. Manejo de solo - planta e avaliação sócio econômica de sistemas agrícolas irrigados por aspersão as regiões dos cerrados. Goiânia - GO: EMBRAPA - CNPAF, 1997. 36 p. (EMBRAPA - Programa 04 - Sistemas de produção de grãos. Subprojeto 04-0-35.273.06) Projeto em andamento.

PRIMAVESI, Ana. Agricultura sustentável. - São Paulo: Nobel, 1992.

SILVEIRA, P.M. da. COBUCCII. Rios G.P. STONE .L.F. & SILVA O.F. Sistemas Agrícolas Irrigados nos cerrados. Santo Antonio de Goiás, GO - EMBRAPA, 1999.

ALMEIDA PINTO.N.F.J. de; VASCONCELLOS, C.A. Efeito de Sistemas de rotação de culturas nas densidades populacionais de Pratylenchus spp. Parasitas do milho. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisas Agropecuárias de Milho e Sorgo. 1988 - 1991. Sete Lagoas, 1992. P. 122.