



UFPA



UEPB



UERN



UESC



UFAL



UFS



UFC



UFPI

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA / UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE

MAYARA PATRICIA MEDEIROS DO NASCIMENTO

**USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E FERTILIZANTES ORGÂNICOS NA
CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) E NA
FERTILIDADE DO SOLO**



Campina Grande - PB

MAYARA PATRICIA MEDEIROS DO NASCIMENTO

**USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E FERTILIZANTES ORGÂNICOS NA
CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) E NA
FERTILIDADE DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências para obtenção de grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. José Pires Dantas

Campina Grande – PB

2006

MAYARA PATRICIA MEDEIROS DO NASCIMENTO

**USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E FERTILIZANTES ORGÂNICOS NA
CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) E NA
FERTILIDADE DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências para obtenção de grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Data: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Pires Dantas - UEPB
Orientador

Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante - UFPB
Examinador

Prof. Dr. Valderi Duarte Leite - UEPB
Examinador

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha fortaleza, por me amparar e por permitir que eu alcance meus ideais.

A minha Mãezinha Jane, que sempre acreditou em mim e me deu força para seguir em frente.

A meu pai Joel, por todos os seus ensinamentos de dignidade e humildade.

Ao meu esposo Bruno, por todo amor, carinho e compreensão.

A minha irmã Misuê, meu irmão Joabe e todos aqueles da família que torceram por mim.

A Sr^a Fátima, M. Bom, Sr. José, M. Maria com carinho

Aos amigos estagiários que me ajudaram nesta exaustiva pesquisa, sempre com muito carinho lembrarei e serei grata: Thyago Gurjão, Valéria Araújo, Ângela Defensor, Rodrigues Pacífico, Roberto Medeiros, Leandro Nascimento, Valdilênio Virgulino.

Ao amigo Manuel Marques, que foi essencial para as análises químicas, minha eterna gratidão.

A todas as minhas amigas e amigos que me incentivaram com palavras de conforto e carinho.

Ao Prof. Pires, pela paciência e orientação deste trabalho.

A Fátima Nascimento, por todo carinho e por sempre estar disposta a me ajudar.

Aos Professores José Tavares de Sousa, Valderi Duarte Leite, Lourival Cavalcante e João Gil

A secretária do Mestrado, Marilene.

Enfim, a todos que direto ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A cultura do feijão-caupi é fonte de alimentação humana, é utilizado como adubação verde e planta forrageira e representa uma importante alternativa para o crescimento sócio-econômico das Regiões Norte e Nordeste do Brasil, visto que se adapta às condições de seca do Nordeste e a alta umidade relativa do ar do Norte do país. O uso de águas residuárias tratadas, além de ser uma solução economicamente viável, é também ambientalmente sustentável, pois se trata de uma forma efetiva de controle da poluição hídrica e uma alternativa para diminuir o desperdício de água doce no processo de irrigação, visto que, no mundo 70% da água dos rios, lagos e aquíferos destina-se a esta prática. O objetivo do trabalho foi avaliar o uso de águas residuárias tratadas na produção de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e o estudo comparativo com os fertilizantes orgânicos. O experimento foi realizado nas instalações da Escola Agrícola Assis Chateaubriand/UEPB, município de Lagoa Seca-PB, mesorregião do Agreste Paraibano e microrregião de Campina Grande-PB. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três blocos, cada qual com 7 tratamentos e cinco unidades experimentais, cada uma com três plantas. Cada unidade experimental era formada por um saco plástico, preenchido com 10 kg de solo. Os tratamentos utilizados foram: Tratamento (T1): Testemunha Absoluta (solo natural); (T2): Esgoto tratado advindo de reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket); (T3): Esgoto tratado advindo de Lagoa de Polimento; (T4): Esgoto tratado advindo de reator de Chicanas; (T5): Adubação com restos vegetais; (T6): Adubação com composto do esterco; (T7): Adubação com composto do lodo de esgoto. Os resultados foram submetidos a análise de variância para diagnóstico de efeitos significativos e ao contraste de médias para avaliação de diferenças significativas entre os tratamentos. Os tratamentos orgânicos além de terem sido os mais produtivos também tiveram índices superiores em relação ao número de grãos e número de vagens. Os tratamentos orgânicos também se mostraram superiores na produção de matéria seca, das cascas, folhas e caule. Os valores de nitrogênio analisado nas diferentes partes do feijão-caupi, em geral foram também maiores nos tratamentos T5, T6 e T7. Os maiores teores de fósforo nos grãos, correspondeu àqueles tratamentos de natureza sanitária. Houve um acréscimo da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo para os tratamentos de natureza sanitária. E não foi comprovado aumento nas concentrações de potássio, cálcio e magnésio no solo, tanto para os tratamentos de natureza sanitária quanto para os orgânicos após a colheita da plantação. Os teores de fósforo no solo foram elevados, mas com marcante supremacia nos tratamentos que receberam restos vegetais, composto de esterco bovino e lodo de esgoto. Os tratamentos, em geral, elevaram a concentração salina dos tratamentos, mas não em níveis que comprometem o desempenho do feijão-caupi.

Palavras-chave: Águas residuárias, fertilizante orgânico, adubação

ABSTRACT

The culture of the caupi-bean is a source of human feeding, it is used as a green manuring and forage plant and represents an important alternative for the socioeconomic growth of the North's and Northeast's Regions of Brazil, considering that it adapts itself to the conditions of drought of the Northeast and the high humidity of the North of the country. The use of residual treated waters, besides being a solution economically viable, it is also environmentally maintainable, because it is an effective form of control of the hydric pollution and an alternative to reduce the waste of fresh water in the irrigation process, taking into consideration that, in the world, 70% of the water from the rivers, lakes and aquíferos is destined to this practice. The objective of the work was to evaluate the use of residual treated waters in the production of caupi-bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and the comparative study with the organic fertilizers. The experiment was accomplished in the facilities of the Agricultural School Assis Chateaubriand/UEPB, municipal district of Lagoa Seca - PB, middle region of the Paraiban Rural and microregion of Campina Grande-PB. The experimental delineation was made, by chance, in blocks, with three ones, each one with 7 treatments and 5 experimental unities and each unity containing three plants. Each experimental unity was formed by a plastic sack, filled out with 10kg of soil. The used treatments were: Treatment (T1): Absolute Testimony (natural soil);(T2): treated drainage originated from a reactor UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket);(T3): Treated drainage originated from Pond of Polishment;(T4): treated drainage originated from the reactor Chicanas;(T5): Manuring with vegetable remains; (T6): Manuring with composition of the manure; (T7): Manuring with composition of the sewer mud. The results were submitted to the Analysis of variance to diagnose meaningful effects and to the contrast of averages to the assessment of meaningful differences among the treatments. The organic treatments besides being the most productive also had superior indexes in relation to the number of grains and number of green beans. The organic treatments also were indicated as superiors in the production of dry matter, peels, leaves and stem. The values of nitrogen analyzed in the different parts of the caupi- bean, were, in general, also larger in the treatments T5,T6 and T7. The largest tenors of phosphorus in the grains corresponded to those treatments of sanitary nature. There was an increment of the electric conductivity of the extract of saturation of the soil for the treatments of sanitary nature and no increase in the potassium concentrations was proven, calcium and magnesium in the soil, as for the treatments of sanitary nature as for the organic ones after the crop of the plantation. The tenors of phosphorus in the soil were high but with an outstanding supremacy in the treatments which received vegetable rests, compound of bovine manure and sewer's mud. In general, the treatments elevated the saline concentration of the treatments, but not in levels which may commit the caupi-bean's performance.

Word-key: Residual Waters, organic fertilizer, manuring

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Número de vagens de feijão-caupi em função dos tratamentos	59
Figura 2:	Número de grãos de feijão-caupi em função dos tratamentos	59
Figura 3:	Produção de matéria seca das cascas das vagens de caupi em função dos tratamentos	60
Figura 4:	Peso da matéria seca das folhas das plantas de caupi em função dos tratamentos	60
Figura 5:	Peso da matéria seca do caule das plantas de caupi em função dos tratamentos	61
Figura 6:	Peso da matéria seca das raízes em função dos tratamentos	62
Figura 7:	Diâmetro do caule em função dos tratamentos	72
Figura 8:	Comprimento do caule em função dos tratamentos	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Avaliação Bioquímica das sementes de genótipo de feijão-caupi expressa em percentagem de peso seca.	23
Tabela 2:	Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade	26
Tabela 3:	Aumento da produtividade agrícola possibilitada pela irrigação com esgotos domésticos	29
Tabela 4:	Diretrizes microbiológicas recomendadas para uso de esgotos na agricultura	32
Tabela 5:	Ocorrência típicas de microrganismos patogênicos e microrganismos indicadores em esgotos	36
Tabela 6:	Contaminantes biológicos e infecções correspondentes	37
Tabela 7:	Formas químicas em que os nutrientes podem ocorrer na solução do solo	40
Tabela 8:	Macronutrientes e micronutrientes e algumas de suas funções nos vegetais	41
Tabela 9:	Especificações de fertilizantes orgânicos	45
Tabela 10:	Composição química média dos estrumes de curral bem curtidos	47
Tabela 11:	Concentrações de Nutrientes (%), em lodo digerido e ativado	48
Tabela 12:	Composição química média do esgoto bruto e tratado no período de junho a dezembro de 2005, época em que se instalou e conduziu o experimento	49

Tabela 13:	Teores de nutrientes do solo e condições ideais para a planta de feijão-caupi	52
Tabela 14:	Tratamentos utilizados e respectivas quantidades aplicadas no solo	53
Tabela 15:	Doença fúngica e seu controle	54
Tabela 16:	Valores do peso dos grãos produzidos pelas plantas nos diferentes tratamentos	57
Tabela 17:	Correlação entre condutividade elétrica e produção de grãos	58
Tabela 18:	Valores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio analisados nas diferentes porções morfológicas do feijão-caupi, em função dos tratamentos	63
Tabela 19:	Análise do solo, realizadas antes do plantio e após a colheita do feijão-caupi	69
Tabela 20:	Análise do extrato de saturação do solo antes e após o plantio do feijão-caupi	71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivo geral	16
2.2. Objetivos específicos	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1. Feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.)	17
3.2. Características do feijão-caupi	18
3.2.1. Ciclo da planta	18
3.2.2. Arquitetura	19
3.2.3. Aspectos fisiológicos	20
3.2.4. Aspectos Nutricionais das sementes	22
3.3. Fatores intermitentes na cultura do feijão-caupi	24
3.4. Qualidade da água	25
3.5. Utilização de água pelo setor agrícola	26
3.6. Reúso de água na agricultura	27
3.7. Vantagens na utilização de águas residuárias no setor agrícola: Meio ambiente e saúde pública	30
3.8. Medidas de proteção e controle para os grupos de risco	31
3.9. Importância da regulamentação do reúso no Brasil	34
3.10. Aspectos sanitários do reúso de águas residuárias na agricultura	35
3.11. Nutrição e fertilidade do solo	38
3.12. Adubos ou fertilizantes orgânicos	43
3.12.1 Esterco de curral	46

3.12.2. Lodo de esgoto	47
3.13. Esgoto doméstico	48
4. MATERIAL E MÉTODOS	50
4.1. Localização do Experimento	50
4.2. Caracterização e delineamento experimental	50
4.3. Caracterização do solo	51
4.4. Determinação da capacidade de campo	52
4.5. Semeadura e condução do experimento	53
4.6. Análise de macronutrientes em plantas	54
4.6.1. Nitrogênio	55
4.6.2. Fósforo	55
4.6.3. Potássio	55
4.7. Análise química do solo	55
4.7.1. metodologia de análise de solo	55
4.8. Análise Estatística	56
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5.1. Produção de grãos	57
5.2. Número de grãos e número de vagens	59
5.3. Produção de matéria seca (MS) nas diferentes partes da planta	60
5.4. Percentuais dos nutrientes (N, P e K) nas diferentes partes do feijão-caupi	62
5.4.1. Nitrogênio(N)	64
5.4.2. Fósforo (P)	65
5.4.3. Potássio (K)	67
5.5. Análise de solo e extrato de saturação	68

5.6. Parâmetro de crescimento	72
5.6.1. Diâmetro do caule	72
5.6.2. Comprimento do caule	73
6. CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1 INTRODUÇÃO

O grave problema da escassez de água no mundo não deve referir-se apenas ao binômio precipitação e evaporação, uma vez que nesse ciclo ou fenômeno basicamente não há perdas do volume total. Dentre as variáveis que caracterizam a escassez destacam-se, má distribuição, o desperdício, o elevado volume utilizado na agricultura e a poluição através dos esgotos domésticos e industriais não tratados.

Vários países enfrentam atualmente problemas com a falta de água, como Kuwait, Israel, Jordânia, Arábia Saudita, Líbia, Iraque, Bélgica, Argélia, Cabo verde, Etiópia, Iraque, Hungria, México, Estados Unidos, França, Espanha e outros. No Brasil, a região que mais sofre com o problema de escassez é o Nordeste (PAZ, et al, 2000).

O semi-árido nordestino compreende a porção mais extensa e mais interior da região Nordeste, onde ocorrem às secas, tendo uma área total delimitada em torno de 880 mil km² correspondente a 53,10% do território regional). Geralmente, as características mais comuns, que fazem parte dos Estados do semi-árido, são: solos rasos, geralmente pedregosos ou arenosos, deficientes em matéria orgânica e muitas vezes com potencial à salinidade, temperaturas elevadas em torno de 25°C e amplitude térmica anual inferior a 5°C; baixa umidade relativa do ar, quase sempre inferior a 50%; precipitação pluviométrica média anual na faixa de 400 a 800 mm, com distribuição fortemente irregular (FREITAS & TEIXEIRA, 1999).

A água além de solvente universal e a base de sustentação da vida é essencial para o desenvolvimento agrícola, no entanto a irregularidade na disponibilidade exige a busca de alternativas, inclusive a administração adequada para uma agricultura sustentável.

Com o decorrer dos anos o setor agrícola tem intensificado a sua produção e produtividade, em razão do crescente avanço tecnológico e uso ilimitado de fertilizantes minerais e agrotóxicos. Isto tem prejudicado os processos ecológicos naturais com drásticas conseqüências sobre o meio ambiente. De acordo com Vosti & Reardon (1999), apud Paz et al. (2000) a questão agrícola sustentável não discute se deve haver crescimento agrícola ou quando deve ser, mas, como empreender este crescimento, de tal maneira que a base do recurso natural não seja degradada.

A agricultura sustentável refere-se a agricultura biodinâmica, orgânica, biológica, natural, agroecológica, entre outras. Essa atividade pode contribuir para o equilíbrio entre os setores econômicos, sociais e ambientais. Dessa forma, para que haja agricultura sustentável, (MARTINS, (1999), cita os princípios de Glico, 1990), onde o objetivo maior é o de neutralizar ou minimizar os efeitos das interferências antrópicas no meio ambiente. Dentre eles são: uso dos recursos naturais; estabilidade da estrutura social; dotação de infra-estrutura básica; estabilidade de renda entre outros.

Uma das alternativas a sustentabilidade da agricultura é o uso de águas residuárias que, quando devidamente tratadas resultam em insumo economicamente viável e com baixa agressão ao homem e ao meio ambiente. Além dessas vantagens, trata-se de uma forma efetiva da diminuição da poluição hídrica e uma possibilidade para diminuir o desperdício de água doce no processo de irrigação, visto que, no mundo 70% da água dos rios, lagos e aquíferos destina-se a atividade agrícola (PAZ et al., 2000; CAVALCANTE et al., 2006). Além dessas vantagens promove a redução do uso de fertilizantes químicos prejudiciais ao meio-ambiente e sugere o uso contínuo dos fertilizantes orgânicos.

Associada a importância do uso de águas residuárias na agricultura destaca-se também o feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

que representa alimento essencial para as populações de baixa renda da região Nordeste do Brasil. Seus grãos são ricos em proteínas (23-25%), carboidratos (62%), vitaminas, minerais, elevada proporção de fibras dietética e baixo teor de gordura com 2%, em média. Além disso é rico em lisina e outros aminoácidos essenciais (Nnanna & Phillips, 1989 apud Grangeiro et al 2005). É também fonte de tiamina e niacina e vitaminas hidrossolúveis, como riboflavina, piridoxina e ácido fólico e de minerais, como ferro, zinco, potássio e fósforo (AYKROYD et al., 1982 apud GRANGEIRO et al 2005).

Fisiologicamente o feijão-caupi possui ciclo curto, é menos exigente em água e pode se desenvolver em solos de baixa fertilidade. Pelo seu valor nutritivo, o feijão-caupi é cultivado principalmente para a produção de grãos, secos e verdes, visando o consumo humano “in natura”, e também é processado na forma de conserva ou desidratado. É utilizado como suprimento alimentar dos rebanhos animais como forragem verde, feno, silagem, farinha para alimentação animal e, ainda, como adubação verde e proteção de solos.

Levando em consideração às soluções ambientalmente sustentáveis, como é o caso do reúso e também dos fertilizantes orgânicos e aliando-as a alimentação do Nordeste do Brasil, que é o feijão, esta pesquisa torna-se bastante relevante.

Diante dos problemas constatados e das possíveis soluções, o reúso de águas residuárias, o emprego dos fertilizantes orgânicos associados à importância do feijão-caupi à alimentação Nordestina passam a justificar a realização de trabalhos dessa natureza. Essa tentativa da sustentabilidade da agricultura com qualidade dos produtos, agredindo cada vez menos um dos nossos bens de produção que é o solo, deve sempre ser estimulado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Avaliar a viabilidade do uso de águas residuárias tratadas na produção de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

2.2 Objetivos específicos

- Proceder estudos comparativos quanto ao reúso de águas residuárias e fertilizantes orgânicos usando o feijão-caupi como planta teste.
- Avaliar os efeitos dos tratamentos sobre a fertilidade no solo e na acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio nas porções morfológicas do feijão-caupi.
- Avaliar os efeitos da água residuária na salinidade do solo.
- Definir dentre os tratamentos o mais eficiente no crescimento, na capacidade produtiva do feijão-caupi e na fertilidade do solo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

Alguns autores, como Steele & Mehra (1980) E Ng & Maréchal (1985), citam a Nigéria, no oeste da África, como o centro primário de diversidade da espécie. Outros autores, como Padulosi & Ng (1997), citam Transvaal, na República da África do Sul, como a região mais provável de especiação de *Vigna unguiculata* (L.) Walp (FREIRE FILHO et al., 2005)

O feijão-caupi conforme Freire Filho (1988), foi importado para América Latina, a partir do século XVI através dos colonizadores espanhóis e portugueses. Esta cultura alcançou primeiro as colônias espanholas e, em seguida, as do Brasil, mais provavelmente através do Estado da Bahia.

O feijão-caupi, também conhecido como feijão-macaça, feijão-macáçar ou feijão-de-corda, é uma planta Dicotyledonea, pertencente à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolinae, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, secção Catiang, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. E subesp. *Unguiculata* (VERDCOURT, 1970; MARECHAL et al., 1978; PADULOSI & NG, 1997 apud FREIRE FILHO et al., 2005).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é utilizada na alimentação humana, adubação verde, como planta forrageira e representa uma importante alternativa para o crescimento sócio-econômico das Regiões Norte e Nordeste do Brasil, visto que, possui

adaptação compatível às condições de semi-aridez dessa Região e a alta umidade do Norte do país.

O feijão-caupi segundo Ehlers & Hall, (1997) apud Pinho et al., (2005), se desenvolve e produz adequadamente nos mais variados solos, desde os mais arenosos como areias quartzosas a solos de textura pesada ou argilosa, o que assegura maior adaptabilidade em relação a outras leguminosas. Também se adapta a solos de baixa fertilidade e a diferentes condições de tratos culturais, devido a sua elevada capacidade biológica de fixar nitrogênio. Além disso, se adapta também em uma ampla faixa ambiental, que vai desde a latitude 40° N até 30° S (RACHIE, 1985 apud CARDOSO et al, 2000).

O cultivo do feijão-caupi na Região Nordeste do Brasil, está associado quase sempre às incertezas da agricultura de sequeiro e ao sistema de produção de subsistência em consórcio com outras culturas, como o milho (*Zea mays* L.) e a mandioca (*Manihot utilíssima* Pohl.), embora seja crescente o plantio da cultura em condições de irrigação (PINHO et al., 2005).

3.2 Características do feijão-caupi

3.2.1 Ciclo da planta

De acordo com Freire Filho et al., (2000), a cultura do feijão-caupi é classificada da seguinte forma:

- Ciclo superprecoce – a maturidade é alcançada até 60 dias após a semeadura;

- Ciclo precoce – a maturidade é alcançada entre 61 e 70 dias após a semeadura;
- Ciclo médio – a maturidade é alcançada entre 71 e 90 dias após a semeadura;
- Ciclo médio-precoce – a maturidade é alcançada entre 71 e 80 dias após a semeadura;
- Ciclo médio-tardio – a maturidade é alcançada entre 81 e 90 dias após a semeadura;
- Ciclo tardio - a maturidade é alcançada a partir de 91 dias após a semeadura

É muito importante se conhecer o ciclo das cultivares para que se possa fazer o planejamento da lavoura, no que diz respeito, por exemplo, ao período chuvoso da Região. Em regiões como o Nordeste do Brasil, o maior fator limitante à exploração agrícola de sequeiro é a escassez ou a má distribuição das chuvas; com isso, há uma propensão a se utilizar cultivares de ciclo precoce (PINHO et al., 2005).

3.2.2 Arquitetura

A arquitetura de uma planta é definida como um conjunto de características que delineiam sua forma, tamanho, geometria e sua estrutura externa (ROSS, Citado por Huyghe (1998) apud Freire Filho et al., 2005). Baseando-se neste conceito, Freire Filho et al., (2005), relatam que a arquitetura da planta do feijão-caupi, resulta da interação dos caracteres: hábito de crescimento, comprimento do hipocótilo, do epicótilo, dos entrenós, dos ramos principal e secundários e do pedúnculo das vagens, disposição dos ramos laterais em relação ao ramo principal, disposição dos pedúnculos das vagens em relação à

copa da planta e consistência dos ramos. A combinação destes caracteres resulta nos tipos de portes encontrados na cultura do feijão-caupi, onde os principais, ou seja, os mais encontrados são:

- Tipo 1. Ereto - ramos principal e secundários curtos, com os ramos secundários formando um ângulo que pode variar de agudo a reto com o ramo principal; em ambos os casos a partir do terço médio os ramos secundários são paralelos ao principal.
- Tipo 2. Semi-ereto – ramos principal e secundários de tamanho curto a médio com ramos secundários formando um ângulo reto com o ramo principal, geralmente sem tocar o solo;
- Tipo 3. Semi-enramador – ramos principal e secundários de tamanho médio, com os ramos secundários inferiores tocando o solo a partir de seu terço médio e apresentando tendência para se apoiarem em suportes verticais;
- Tipo 4. Enramador – ramos principais e secundários longos, com os ramos secundários inferiores tocando o solo e apresentando tendência para se apoiarem em suportes verticais.

3.2.3 Aspectos Fisiológicos

A emergência das plântulas, após o plantio, ocorre entre 2 e 3 dias, isto se, a profundidade das sementes tenha entre 2 e 3 cm e a temperatura ambiente esteja em torno de 28°C (WIEN & SUMMERFIELD, 1984 apud PINHO et al., 2005).

O feijão-caupi tem metabolismo do tipo C₃, ou seja, com relação ao crescimento e a luminosidade, o mecanismo seguido é o da carboxilação, chamado de processo redutivo da pentose fosfato (ciclo de Calvin ou ciclo de Benson-Calvin). Com isto, a planta fixa o CO₂

atmosférico e o transforma em compostos orgânicos, que irão formar a estrutura da planta, formada em mais de 90% por compostos de carbono e em menos de 10% por elementos minerais (Cardoso et al., 2000). Por ser uma planta C3, o feijão-caupi satura-se fotossinteticamente a intensidade de luz relativamente baixas, isto é, em torno de 10.000 e 40.000 lux, com isto os valores médios da taxa de crescimento máximo são $13,0 \pm 1,6$ g. m². dia⁻¹ e a taxa de eficiência fotossintética média de 1,4% da radiação solar total (CARDOSO et al., 2000; FERRI, 1979 apud CARDOSO et al., 2000).

Em relação ao período reprodutivo, o feijão-caupi apresenta extrema variação. Algumas cultivares florescem aproximadamente 30 dias após a germinação e passam de 18 a 30 dias em florescimento, mas também existem aquelas que necessitam de mais de 90 dias para iniciar essa fase (WIEN & SUMMERFIELD, 1984 apud PINHO et al, 2005).

Durante o ciclo do feijão, observa-se que a taxa de aborto é alta, com índices de queda de botões florais antes da antese, que variam normalmente de 70% a 80% (Blackhurst & Miller, 1980 apud Cardoso et al., 2005). Dos botões restantes, apenas de 6% a 16% produzem frutos e a metade aborta antes do amadurecimento, devido a fatores ambientais (Ojehomon, 1968 apud Cardoso et al, 2005). O período médio da antese à maturidade dos frutos é de aproximadamente 19 dias, podendo variar de 16 a 22 dias em algumas cultivares (Wien & Ackah, 1978 apud Cardoso et al, 2005). A queda de flores e o vingamento de vagens são influenciados principalmente por: temperatura máxima muito elevada, temperatura mínima muito baixa, estresse hídrico, baixa umidade relativa do ar, nutrição mineral inadequada (CARDOSO et al., 2005).

Geralmente, as vagens têm um comprimento que varia de 12 a 20 cm e a quantidade de grãos varia de 6 a 21, conforme a cultivar e as condições ambientais (Summerfield, 1980 apud Cardoso et al., 2005). O período médio da antese à maturidade dos frutos é de

aproximadamente 19 dias, podendo variar em algumas cultivares de 16 a 22 dias (WIEN & ACCKAH, 1978 apud CARDOSO et al, 2005).

Não só os fatores genéticos influenciam o período reprodutivo (relação vagens/flores) e a baixa eficiência da cultura, mas também: estresse hídrico, excesso de adubação fosfatada, temperaturas elevadas (especialmente à noite), pouca luminosidade (em decorrência de elevada densidade de plantio), fotoperíodo inadequado e fatores bióticos (pragas e doenças) (SUMMERFIELD et al., 1985 apud PINHO, 2005).

3.2.4 Aspectos Nutricionais das Sementes

As sementes contêm substâncias extras, que ficam estocadas e servem como fonte de alimento para suprir as necessidades iniciais da plântula, como o crescimento. Estas substâncias de reserva compreendem principalmente carboidratos, lipídios e proteínas. Na Tabela 1, estão descritos os teores de substâncias de reserva da semente de feijão-caupi, determinados em diferentes genótipos (GRANGEIRO et al., 2005).

Tabela 1 Avaliação bioquímica de sementes de genótipos do feijão-caupi expressa em percentagem do peso da matéria seca.

Cultivar/ Linhagem	Umidade (%)	Proteína Total ⁽¹⁾ (%)	Lipídio Total (%)	Carboidrato ⁽²⁾ (%)	Cinza (%)
Olho-de-ovelha	13,08	25,01	2,68	69,43	3,45
Olho-de-pomba	10,80	25,95	1,00	59,87	3,38
Santo Inácio	11,60	21,30	2,22	61,70	3,18
Canapu	13,74	23,60	2,82	58,64	1,20
BR9-Longá	14,32	21,09	1,23	74,54	2,33
BR1-Poty	11,20	21,70	2,80	62,46	1,84
BR7-Parnaíba	11,30	22,20	3,08	61,28	2,14
BR10-Piauí	11,32	21,50	2,90	62,00	1,09
BR12- Canindé	15,34	21,80	2,70	57,98	2,18
BR17-Gurguéia	11,07	27,39	1,27	57,64	3,70
BR14-Mulato	11,11	29,29	1,37	55,64	3,68
CNC-405	11,08	25,27	1,04	59,08	3,81
CNC-0434	13,72	21,07	1,64	73,89	2,77
Vita-7	13,93	22,07	1,49	73,34	2,47
CE-315	11,63	21,06	1,71	74,11	3,19
TE90-180-88E	12,01	25,35	2,01	57,03	3,61
TE90-180-13E	11,70	25,71	1,20	58,01	3,38
TE96-290-5G	12,07	22,46	1,24	51,09	3,14
TE96-290-8G	10,23	23,28	0,98	62,07	3,44
TE96-290-9G	10,74	22,43	0,97	62,62	3,24
TE96-282 276	10,80	23,71	1,01	61,10	3,38
Média	12,03	23,48	1,77	62,54	2,88

⁽¹⁾Nitrogênio x 6,25 (fator); ⁽²⁾Obtido por diferença.

Fonte: ARAÚJO, 1996; MAIA, 1996; SILVA et al. 1999 apud GRANGEIRO et al, 2005.

3.3 Fatores intermitentes na cultura do feijão-caupi

O desenvolvimento e a produção da cultura podem ser influenciados principalmente por três fatores climáticos:

1. Água
2. Temperatura
3. Radiação solar (fotoperíodo)

A água é o fator mais importante no desenvolvimento e produção de uma cultura, visto que, praticamente todos os processos metabólicos da planta são influenciados pelo conteúdo de água disponível. Desta forma, deficiências hídricas detectadas inicialmente podem afetar sensivelmente o processo germinativo, comprometendo conseqüentemente o estabelecimento da cultura. O caupi exige no mínimo 300mm de precipitação bem distribuída para que produza com viabilidade, sem irrigação (CARDOSO et al, 2000).

A temperatura, também determina a adaptabilidade e a produção da cultura. O bom desenvolvimento da cultura ocorre com temperaturas variando entre 18 e 34°C. A temperatura ótima para germinação varia de 8 a 11°C e para floração inicial de 8 a 10°C, segundo Craufurd et al (1996) apud Cardoso et al (2000). Autores como Araújo et., (1984) apud Pinho et al.(2005), consideram a faixa de temperatura entre 20°C e 35°C. E a faixa ideal para germinação de 23°C a 32,5°, independentemente do genótipo. Entretanto a faixa de temperatura adequada para formação de nódulos oscila de 24°C a 33°C (CRAUFURD et al., 1996 apud PINHO et al., 2005)

3.4 Qualidade da água

Na ótica da Engenharia Sanitária e Ambiental, o conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que a simples caracterização da água. Isto porque a água, devido as suas propriedades de solvente e a sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, as quais definem a qualidade da água, que é resultante de fenômenos naturais e antrópicos (Von Sperling, 1996). Ayres & Westcot (1999) definem qualidade da água por uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas em função do seu uso. É fundamental que os recursos hídricos apresentem condições físicas e químicas adequadas para a sua utilização pelos organismos. Eles devem conter substâncias essenciais à vida e estar isentos de outras substâncias que possam produzir efeitos deletérios aos organismos que compõem as cadeias alimentares. Assim, disponibilidade de água significa que ela está presente não somente em quantidade adequada em uma dada região, mas também que sua qualidade seja satisfatória para suprir as necessidades de um determinado conjunto de seres vivos (biota) (Braga et al., 2002). Em contraposição à qualidade existente de uma determinada água, tem-se a qualidade desejável para esta água. A qualidade desejável para uma determinada água é função do seu uso previsto (VON SPERLING, 1996). Na Tabela 2 são apresentados os requisitos de qualidade para abastecimento de água doméstico e irrigação.

Tabela 2 Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade

Uso Geral	Uso Específico	Qualidade Requerida
Abastecimento de água doméstico	-	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde - Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Adequada para serviços domésticos - Baixa agressividade e dureza - Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor: ausência de macrorganismos)
	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde - Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Salinidade não excessiva
Irrigação	Demais plantações	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações - Salinidade não excessiva

Fonte: Von Sperling, 1996.

3.5 Utilização de água pelo setor agrícola

Sabe-se que o consumo de água pela agricultura torna-se cada vez mais crescente. É muito provável que até o término desta década, o uso de água pela agricultura chegue em torno de 80% do total consumido atualmente. No entanto, para que haja a sustentabilidade da produção de alimentos é necessária à inovação de critérios no que concerne a gestão dos recursos hídricos. Considera-se que o instrumento mais moderno e eficaz de gestão para garantir a sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos nacionais seria a adoção de uma

cultura e política de conservação de águas, aliado ao reúso consciente e planejado de águas de baixa qualidade, como as de drenagem agrícola, salobras, de chuva e, principalmente, esgotos domésticos e industriais (HESPANHOL, 2003).

Diante do fato que 70% do total de água utilizado, destina-se ao setor agrícola, torna-se necessário o estabelecimento de prioridades para institucionalizar, promover e regulamentar o reúso agrícola, visto que, a escassez de água potável torna-se uma realidade cada vez mais próxima do cotidiano de muitas partes do mundo inclusive de regiões brasileiras.

3.6 Reúso de água na agricultura

A escassez de água não é uma problemática que atinge apenas as regiões áridas e semi-áridas, mas também aquelas em que as taxas de precipitações anuais são insuficientes para gerar vazões que atendam as demandas excessivamente elevadas. Com isso são gerados conflitos de usos e restrições de consumo, afetando assim o desenvolvimento econômico, urbano, industrial, agrícola e a qualidade de vida da população (HESPANHOL, 2003).

Segundo Ayres & Westcot (1999) quando se estuda o uso de águas residuárias para irrigação, deve-se primeiro avaliar suas características microbianas e bioquímicas segundo as normas de saúde pública, tendo em consideração o tipo de cultura, o solo, o sistema de irrigação e a forma em que se consumirá o produto. Depois de verificadas as condições especificadas pelas normas de saúde, deve-se considerar a avaliação em termos de seus componentes químicos.

A irrigação com águas residuárias pode contaminar o ar, os solos e as plantas da área vizinha aos campos irrigados. Portanto, o uso na agricultura dessas águas deve ser cuidadosamente planejado, para controlar, em longo prazo, os efeitos de salinidade, sodicidade, nutrientes e micronutrientes, sobre os solos e as culturas (AYERS & WESTCOT, 1999).

A forma pela qual, serão tratadas as águas residuárias, dependerá do uso que dela será feito, ou seja, determinando-se a sua utilidade são estabelecidos os níveis de tratamento, critérios de segurança, custos de capital, de operação e manutenção (HESPANHOL, 2003).

De acordo com Hespagnol (2003), o reúso das águas na agricultura tem se intensificado, em razão dos seguintes fatores:

- Dificuldade de detenção de fontes alternativas de águas para irrigação;
- Custo elevado de fertilizantes;
- A segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são reduzidos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas;
- Custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores;
- A aceitação sociocultural da prática do reúso agrícola;
- O reconhecimento, pelos órgãos de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

O Instituto Nacional de Pesquisas de Engenharia Ambiental (NEERI) em Nagpur, Índia, investigou os efeitos da irrigação com esgotos sobre as culturas produzidas e esses dados são apresentados na Tabela 3 (SHENDE, 1985 apud HESPANHOL, 2003).

Tabela 3 Aumento da produtividade agrícola possibilitada pela irrigação com esgotos domésticos.

Irrigação efetuada com	Trigo 8 anos^(a) (t/ha)	Feijão 5 anos^(a) (t/ha)	Arroz 7 anos^(a) (t/ha)	Batata 4 anos^(a) (t/ha)	Algodão 3 anos^(a) (t/ha)
Esgoto bruto	3,34	0,9	2,97	23,11	2,56
Efluente primário	3,45	0,87	2,94	20,78	2,3
Efluente de lagoa de estabilização	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
Água + NPK	2,7	0,72	2,03	17,16	1,7

(a) Número de anos para cálculo da produtividade média.

Fonte: Hespanhol, 2003.

A utilização das águas residuárias elimina uma fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas ou superficiais e mantém a qualidade dessas águas para outros fins. A demanda de água de boa qualidade para fins domésticos e industriais tem criado, nos países com economia altamente desenvolvida, a necessidade de reutilizar as águas excedentes. Da mesma forma, muitos dos países em desenvolvimento estão enfrentando situações semelhantes, especialmente nas regiões áridas e semi-áridas, nas quais, a disponibilidade limitada de água constitui obstáculo importante ao seu desenvolvimento (AYERS & WESTCOT, 1999).

A aplicação de esgotos no solo é uma alternativa efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semi-áridas. Os maiores benefícios dessa prática são associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (BRAGA et al., 2002).

O uso de águas residuárias para fins de agricultura, serve também, como fertirrigação organo-mineral vindo, assim, consubstanciar ações direcionadas para o desenvolvimento sustentável da região (SOUSA et al., 1998).

A utilização de esgotos domésticos na agricultura reduz significativamente, ou até mesmo elimina a utilização de fertilizantes comerciais, visto que as águas residuárias são muito ricas em nutrientes. A capacidade que o solo tem em reter água também é otimizada, devido à concentração de matéria orgânica incorporada a este solo (HESPANHOL, 2003).

3.7 Vantagens na utilização de águas residuárias no setor agrícola: Meio ambiente e saúde pública

De acordo com Hespanhol (2003), quando os sistemas de reúso para fins agrícolas são adequadamente planejados e administrados, os benefícios ambientais e de saúde pública são otimizados, entre os quais:

- Minimização das descargas de esgotos em corpos de água;
- Preservação dos recursos subterrâneos;
- Conservação do solo, pela acumulação de húmus e aumento da resistência a erosão;
- Aumenta a concentração de matéria orgânica do solo, possibilitando maior retenção de água;
- Contribui, principalmente em áreas carentes, para o aumento da produção de alimentos, elevando, assim, os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações associadas aos esquemas de reúso;
- Aumento da produtividade e da produção;

- Economia no uso de fertilizantes comerciais;
- Economia no uso de água;
- Redução de danos ao meio ambiente;
- Proteção dos recursos de água de boa qualidade contra a poluição.

3.8 Medidas de proteção e controle para os grupos de riscos

Os grupos de risco associados a sistemas de reúso agrícola são: consumidores de culturas, carne e leite advindos de campos irrigados com esgotos, operários agrícolas e respectivas famílias, manuseadores ou transportadores de colheitas e populações localizadas nas proximidades de campos irrigados por sistema de aspersões. As medidas básicas podem ser aplicadas na intenção de proteger a saúde pública dos grupos de risco, são elas: tratamento dos esgotos, seleção e restrição de culturas, técnicas de aplicação dos esgotos e controle da exposição humana (HESPANHOL, 2003).

É importante ressaltar, que os critérios de tratamento para reúso agrícola diferem dos estabelecidos para a descarga de efluentes líquidos em corpos de água, principalmente no que concerne a matéria orgânica e nutrientes. A Tabela 4 estabelece as diretrizes da Organização Mundial de Saúde referente ao uso de esgotos na agricultura.

Tabela 4 Diretrizes microbiológicas recomendadas para uso de esgotos na agricultura ^(*)

Categoria	Condições de reúso	Grupos de risco	Nematodos intestinais ⁽¹⁾ (nº ovos/L) ⁽²⁾	Coliformes fecais (nºovos/100ml) ⁽³⁾	Sistema de tratamento recomendado para atingir a qualidade microbiológica
A	Irrigação de culturas a serem ingeridas cruas, campos esportivos, parques públicos ⁽⁴⁾	Operários, Consumidores, público	≤ 1	1.000	Lagoas de estabilização em série ou tratamento equivalente
B	Irrigação de culturas não ingeridas cruas, como cereais para indústria, pastos, forragem e árvores ⁽⁵⁾	Operários	≤ 1	–	Retenção em lagoas de estabilização por 8 a 10 dias ou remoção equivalente de helmintos e coliformes fecais
C	Irrigação localizada de culturas da categoria B, se não ocorrer exposição de trabalhadores e do público	Nenhum	–	–	Pré-tratamento requerido pela técnica de irrigação aplicada, mas não menos do que tratamento primário

(*) Em casos específicos, fatores epidemiológicos, socioculturais ou ambientais devem ser levados em consideração e essas diretrizes modificadas de acordo: (1) *Ascaris*, *Trichuris*, *Necator americanus* e *Ancilostomus duodenalis*; (2) Média aritmética durante o período de irrigação; (3) Média geométrica durante o período de irrigação; (4) Um valor diretriz mais restritivo (200 coliformes fecais por 100 mL) é apropriado para gramados públicos, tais como os de hotéis, com os quais o público tenha contato direto; (5) No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve cessar duas semanas antes dos frutos serem colhidos, e frutos não devem ser colhidos do chão. Irrigação por sistemas de aspersores não deve ser utilizada. Fonte: OMS (1980 apud HESPANHOL, 2003).

De acordo com Hespanhol (2003), as medidas mitigatórias, que devem ser implementadas pelas autoridades responsáveis pela operação e vigilância dos sistemas em operação, para que sejam mínimas a exposição humana à prática agrícola, são estabelecidas em razão de cada grupo específico de risco e constituída por:

Operários rurais, suas famílias e manuseadores de culturas

Medidas protetoras básicas:

- Prover imunização contra febre tifóide e hepatite A e B;
- Prover tratamento quimioterápico, principalmente para infecções intensas de helmintos em crianças e controle de anemia;
- Prover instalações médicas adequadas para o tratamento de doenças diarréicas;
- Promover campanhas de educação sanitária;
- Exigir padrões elevados de higiene pessoal e alimentar;
- Exigir uso de calçados e luvas apropriados para reduzir a infecção por helmintos.

Consumidores

Medidas protetoras básicas:

- Cozer carne e vegetais e ferver o leite
- Prover vigilância sanitária da carne, onde há risco de ocorrência de teníases (*Taenia solium* e *T. saginata*);
- Cessar a aplicação de esgotos pelo menos duas semanas antes de liberar os plantéis nas pastagens, onde há risco de cisticercose (*Cysticercose bovis* e *C. cellulosae*);

- Cessar a irrigação de árvores frutíferas duas semanas antes da colheita e não permitir que frutas sejam colhidas do chão;
- Promover campanhas de educação sanitária;
- Padrões elevados de higiene pessoal e alimentar;
- Colocar sinais indicativos e de advertência ao longo do perímetro das áreas irrigada com esgotos.

3.9 Importância da regulamentação do reúso no Brasil

O uso de esgotos no setor agrícola constitui um importante elemento de políticas e estratégias de gestão de recursos hídricos. Uma política criteriosa de reúso transforma a problemática poluidora e agressiva dos esgotos em um recurso econômico e ambientalmente seguro. No Brasil, os governos estaduais e federais precisam iniciar, imediatamente, processos de gestão para estabelecer bases políticas legais e institucionais para reúso de água, tanto em relação aos aspectos associados diretamente ao uso de afluentes como aos planos estaduais ou nacionais de recursos hídricos (HESPANHOL, 2003).

Em vários países, o reúso planejado faz parte de políticas governamentais, sendo componente nos programas de irrigação e gestão de recursos hídricos. No caso de águas residuárias, o risco de saúde pública talvez seja o ponto mais polêmico. No entanto, com base nos padrões de qualidade e graus de tratamento, pode-se garantir a segurança sanitária para riscos aceitáveis.

É de grande relevância para regiões áridas e semi-áridas e aquelas onde a demanda é precariamente satisfeita pela transposição de água de bacias adjacentes, que o projeto de

reúso esteja presente nos planos nacionais de gestão de recursos hídricos e desenvolvimento agrícola, para que se possa utilizar destas águas adequadamente, sem riscos a saúde e ao meio ambiente e abolir as formas clandestinas de reúso. Portanto, torna-se necessário, que soluções viáveis e cuidadosamente elaboradas sejam rapidamente colocadas em prática e assim minimizar os problemas relacionados com mau uso das águas residuárias, tais como, poluição, saúde pública e meio ambiente.

3.10 Aspectos sanitários do reúso de águas residuárias na agricultura

O principal objetivo do tratamento de águas residuárias é a eliminação de organismos nocivos à saúde, os quais são transmitidos ao homem através das verduras e de outros alimentos ingeridos crus, manipulação de alimentos durante as colheitas e falta de higiene pessoal. Os principais organismos patogênicos de interesse para saúde pública são as bactérias, vírus entéricos e parasitas intestinais (protozoários e helmintos). As concentrações usuais destes organismos em águas residuárias não tratadas estão expostas na Tabela 5.

As bactérias são os organismos presentes, em maior número, nos esgotos sanitários. As bactérias do grupo coliformes fecais ou coliformes termotolerantes, como foi recentemente designadas, fazem parte da microbiota do trato gastrointestinal humano e são os organismos indicadores de contaminação, ou seja, sua presença em águas indica que possivelmente há a presença de organismos patogênicos de origem fecal. Os vírus de interesse sanitário são os entéricos e são eliminados em elevadas densidades pelas fezes ($10^6 - 10^{12}/g$ fezes); apresentam sobrevivência similar ou um pouco superior à das bactérias no meio ambiente, no entanto, são mais resistentes aos processos de tratamento.

Os protozoários associados aos esgotos sanitários e patogênicos ao homem, mais comuns são: *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* e *Balantidium coli*; são bem mais resistentes que as bactérias e vírus à ação dos desinfetantes usualmente empregados em processos de tratamento de água e esgotos, particularmente ao cloro. Os helmintos estão presentes nos esgotos na forma de ovos e larvas. Os ovos são muito resistentes no meio ambiente e também a ação da maioria dos desinfetantes. A contaminação poderá ocorrer pela ingestão de ovos ou larvas (ex.: *Ascaris lumbricoides*) ou por penetração de larvas na mucosa ou pele (ex.: *Ancylostoma duodenale*). Geralmente, é necessário apenas um ovo ou larva para desencadear um processo infeccioso (GONÇALVES et al., 2003). A Tabela 6 apresenta as principais características epidemiológicas destes organismos e suas infecções

Tabela 5 Ocorrência típicas de microrganismos patogênicos e microrganismos indicadores em esgotos

Microrganismos	Contribuição per capita (org/hab.d)	Concentração (org/100mL)
Bactérias		
Coliformes fecais	10^9 a 10^{12}	10^6 a 10^{10}
Coliformes fecais	10^8 a 10^{11}	10^6 a 10^9
<i>Escherichia coli</i>	10^8 a 10^{11}	10^6 a 10^9
<i>Salmonellae spp.</i>	10^5 a 10^6	10^2 - 10^3
<i>Streptocococ fecalis</i>	10^8 a 10^9	10^5 a 10^6
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10^4 - 10^5	10^1 a 10^2
Protozoários		
Cistos de <i>Giardia sp.</i>	10^5 a 10^7	10^2 a 10^4
Oocistos de <i>Cryptosporidium spp.</i>	10^4 a 10^5	10^1 a 10^2
Helmintos		
Ovos de helmintos	10^4 a 10^6	10^1 a 10^3
Vírus	10^5 a 10^7	10^2 a 10^4

Fonte: Adaptado de Bastos et al. (2001), Tchobanoglous & Burton (1991) e Chernicharo et al. (2001) apud GONÇALVES et al., 2003.

Tabela 6 Contaminantes biológicos e infecções correspondentes.

Contaminantes biológicos	Característica epidemiológica	Infecção
Bactérias	Não-latentes	Febre tifóide e paratifóide
	Média ou alta	Salmonelose
	Dose infecciosa	Disenteria bacilar
	Moderada	Cólera
	Persistente	Diarréia
	Capaz de multiplicar	Enterite compylo-bacteriana
Helmintos	Latentes	Ascaridíase
	Persistentes	Tricuríase
		Ancilostomíase
		Esquistossomose
Vírus	Não-latentes	Poliomelite
	Persistentes	Meningite
		Diarréia
		Doenças respiratórias
		Hepatite
		Febre
Protozoários	Não-latentes	Giardíase
	Baixa dose infecciosa	Amebíase
		Balantidíase

Fonte: CEBALLOS (1990); HELLER(1997) apud SOUSA & LEITE(2003)

De acordo com Souza & Leite (2003) e Léon & Cavalini(1999), a transmissão de doenças através da utilização de esgotos domésticos na irrigação, está em função, principalmente dos seguintes fatores:

- Quando a quantidade de microrganismos patogênicos presentes no efluente, está em número adequado (dose infectiva) para infectar um novo hospedeiro;
- Quando o novo hospedeiro é infectado;
- Latência – intervalo de tempo que o microrganismo dispõe desde a excreção até torna-se infectivo;

- Capacidade de sobrevivência do microrganismo no meio ambiente (persistência)
- Susceptibilidade da pessoa à doença;
- Capacidade de multiplicação do microrganismo no organismo humano;
- Quando a infecção se manifesta como enfermidade e/ou fomenta a transmissão.

Analisando-se estas características, observa-se que a disseminação das doenças dependerá da virulência do patógeno e também da susceptibilidade dos indivíduos atacados. Na maioria dos casos em que a concentração de patógenos é baixa, os indivíduos mais susceptíveis às enfermidades são aqueles frágeis também as crianças (LÉON & CAVALLINI, 1999).

Desta forma torna-se muito importante, a eficiência dos tratamentos de esgotos em relação à redução da concentração dos microrganismos patogênicos para que estes não venham a contaminar o meio ambiente e pôr em risco a saúde pública.

3.11 Nutrição das plantas e fertilidade do solo

O crescimento das plantas está relacionado a um conjunto de fatores, dos quais os mais importantes são: temperatura, água, luz, ar e nutrientes.

Os elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, são classificados em macronutrientes e micronutrientes, de acordo com a quantidade absorvida pela planta, ou seja, os macronutrientes como: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) são expressos na ordem de $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e os micronutrientes, como: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro

(Fe), mangânes (Mn), molibdênio (Mo), são expressos na ordem de g.ha^{-1} . Mas, apesar de serem requeridos em quantidades diferentes, todos são igualmente necessários, pois a produtividade será limitada pelo nutriente que estiver em menor disponibilidade, mesmo que todos os demais estejam presentes em quantidades adequadas (TOMÉ JR, 1997). A ausência de algum nutriente poderá provocar distúrbios no metabolismo da planta e estas alterações metabólicas se manifestam por sintomas visíveis, como crescimento atrofiado, amarelecimento das folhas ou outras anormalidades, que podem ser corrigidas mediante o uso de fertilizantes e corretivos, em quantidade adequada, aumentando assim a produtividade da cultura (MELO et al., 2005). Na Tabela 7 são apresentadas as formas químicas em que os nutrientes podem ocorrer na solução do solo e na Tabela 6 são apresentados os macronutrientes, os micronutrientes e suas principais funções.

Tabela 7 Formas químicas em que os nutrientes podem ocorrer na solução do solo

Nutrientes	Principais formas que ocorrem na solução do solo
Nitrogênio	NO_3^- (nitrato). NH_4^+ (amônio), aminoácidos solúveis e outros compostos nitrogenados solúveis
Fósforo	Íons fosfato (H_2PO_4^- ou HPO_4^{2-} , dependendo do pH), compostos orgânicos solúveis contendo fósforo
Potássio	K^+
Cálcio	Ca^{2+}
Magnésio	Mg^{2+}
Enxofre	SO_4^{2-} (sulfato), aminoácidos sulfurados e outros compostos orgânicos solúveis contendo enxofre
Ferro	Fe^{2+} e outros compostos orgânicos contendo ferro, principalmente na forma de quelados*
Cobre	Cu^{2+} e outros compostos orgânicos contendo cobre, principalmente na forma de quelados*
Manganês	Mn^{2+}
Zinco	Zn^{2+} e outros compostos orgânicos contendo zinco, principalmente na forma de quelados*
Molibdênio	MoO_4^{2-} (molibdato)
Boro	H_3BO_3 (ácido bórico não-dissociado)
Cloro	Cl (cloreto)

Fonte: (TOMÉ JR, 1997).

Tabela 8: Macronutrientes e micronutrientes e algumas de suas funções nos vegetais.

Nutrientes	Formas assimiláveis	Funções
Nitrogênio (N)	NO_3^- , NH_4^+	Macronutriente. O nitrogênio faz parte dos aminoácidos e junto com esses formam as proteínas. Está presente ainda na clorofila, enzimas entre outros.
Fósforo (P)	H_2PO_4^-	Macronutriente. Faz parte da constituição do trifosfato de adenosina (ATP), gerado na respiração e na fotossíntese e também do DNA. É importante na floração e na frutificação e ajuda no desenvolvimento do sistema radicular.
Potássio (K)	K^+	Macronutriente. Colabora no funcionamento enzimático. É necessário para formação dos açúcares nas folhas e seu transporte para outros órgãos na planta. Plantas bem providas de K são mais resistentes à seca, frio, pragas e moléstias.
Cálcio (Ca)	Ca^{+2}	Macronutriente secundário. Faz parte da parede celular. Participa com o fósforo no desenvolvimento e funcionamento das raízes e floração. Aumenta a resistência à penetração de fungos e bactérias.
Magnésio (Mg)	Mg^{+2}	Macronutriente secundário. Constituinte da molécula de clorofila e ativador de muitas enzimas. Serve como ponte entre o ATP e compostos orgânicos. Ajuda na absorção do fósforo.
Enxofre (S)	SO_4^{-2}	Macronutriente secundário. Está presente nas proteínas, coenzimas e algumas vitaminas. Atuam na fotossíntese e na fixação do nitrogênio nos nódulos das raízes de leguminosas.
Boro (B)	H_3BO_3	Micronutriente. Colabora com o cálcio em muitas funções como desenvolvimento e funcionamento das raízes, germinação do grão de pólen e floração.
Cloro (Cl)	Cl	Micronutriente. Essencial na fotossíntese. Além disso, aumenta o processo de absorção dos elementos minerais, tanto pela raiz quanto pelas folhas.
Zinco (Zn)	Zn^{+2}	Micronutriente. Várias enzimas contém Zn ou são ativadas por ela, anidrase carbônica, desidrogenases, aldoses e petidases.
Cobre (Cu)	Cu^{+2}	Micronutriente. Colabora com enzimas respiratórias e fotossintéticas. Aumenta a resistência a doenças.
Ferro (Fe)	Fe^{+2} e Fe^{+3}	Micronutriente. Apesar de não fazer parte da clorofila é necessário para que ela se forme. Participa dos processos de fotossíntese, respiração, fixação biológica do nitrogênio e sua assimilação, desenvolvimento de cloroplastos e ribossomos.
Manganês (Mn)	Mn^{+2}	Micronutriente. Faz parte da proteína manganina e participa da decomposição da água na fotossíntese. Além disso toma parte na formação de clorofila, algumas gorduras, da membrana dos cloroplastos, da síntese protéica e dos ácidos nucléicos e do controle hormonal. Recentemente verificou-se que aumenta a resistência da planta a doenças fúngicas.
Molibdênio (Mo)	MoO_4^{-2}	Micronutriente. Faz parte da enzima que ajuda na assimilação do nitrogênio nítrico (NO_3^-) absorvido pelas raízes ou folhas. É indispensável junto com o Fé e o Co para a fixação biológica do N. Participa da formação do grão de pólen, do metabolismo das proteínas e dos ácidos nucléicos e da absorção e transporte de ferro.
Cobalto (Co)	Co	Micronutriente. É ativador de enzimas, que atuam na formação da clorofila e de outros compostos. Faz parte da vitamina B12, essencial para formação de leghemoglobina dos nódulos das leguminosas, que participa do processo de fixação do nitrogênio. Colabora com enzimas respiratórias e fotossintéticas. Aumenta a resistência a doenças.
Níquel (Ni)		Micronutriente. Durante muito tempo foi considerado tóxico. Constituinte da enzima uréase. Tal enzima desdobra uréia em amônia e gás carbônico.
Selênio (Se)		Micronutriente. Durante muito tempo foi considerado tóxico. Sua função está relacionada aos ácidos nucléicos e síntese de proteínas.

Fonte: MALAVOLTA et al. 2002.

O solo, substrato no qual crescem e se desenvolvem as plantas terrestres e que abriga inúmeros organismos, divide-se em 3 fases:

- (1) Fase sólida- 50% (45% mineral, 5% orgânica);
- (2) Fase líquida- 25%;
- (3) Fase gasosa- 25%.

Estas fases constituem um ambiente favorável para o desenvolvimento vegetal. A fase sólida do solo é constituída por partículas de vários tamanhos e origens. Esta fase, de acordo com a composição química de seus constituintes, subdivide-se em:

- Fase sólida mineral: seus constituintes possuem tamanho e composição variável e normalmente são derivados de pequenos fragmentos de rocha e minerais (fragmentos rochosos, partículas de argila).

- Fase sólida orgânica: constituída por resíduos animais e vegetais em estágios iniciais ou finais de decomposição e, portanto principais fontes de alguns dos elementos essenciais para o desenvolvimento vegetal como o fósforo, nitrogênio, enxofre e boro. Além disso, a matéria orgânica melhora as condições físicas do solo, sua capacidade de reter água e torná-la disponível para as plantas. É também a principal fonte de energia para os microrganismos do solo e, sem ela, a atividade bioquímica do solo é praticamente paralisada.

A fase líquida é representada pela solução do solo, na qual estão dissolvidos materiais orgânicos e inorgânicos provenientes da fase sólida do solo. A solução do solo contém íons como fosfatos, sulfatos, nitratos, sódio, potássio, cálcio, hidrogênio e amônia. Além disso, a solução do solo constitui uma importante fonte para o fornecimento de nutrientes as plantas. É o meio para a maioria dos processos químicos e biológicos que ocorrem nos solo. É também o meio principal para o movimento de materiais no solo. O

conteúdo de ar do solo e seu intercâmbio gasoso, fatores estes relacionados com a respiração das raízes são também determinados pela quantidade de água retida nos poros. A fase gasosa que representa o ar do solo caracteriza-se por apresentar O₂, CO₂, N₂, ou seja, os mesmos componentes do ar atmosférico, porém em quantidades diferentes, devido aos inúmeros processos ocorridos no solo em que há consumo de O₂ e liberação de CO₂ ou vice-versa. Através desta fase é possível o transporte do nitrogênio, oxigênio e gás carbônico, elementos essenciais ao crescimento das plantas (MALAVOLTA, 1976; BRADY, 1989; GUERRA, 2000).

3.12 Adubos ou fertilizantes orgânicos

A quantidade e a qualidade da matéria orgânica são determinadas principalmente pelas atividades dos microrganismos que por sua vez, são influenciadas pela umidade, arejamento, pH e temperatura (MALAVOLTA et al, 2002).

A quantidade de nutrientes encontrada em adubos orgânicos irá depender da origem e manuseio do material. Por exemplo, aves tratadas com ração terão esterco mais ricos em nutrientes que bovinos tratados com capim de baixo teor nutritivo. Um fator, que ocasiona perdas de nutrientes nos materiais, é a volatilização da amônia e a lixiviação de nitratos e potássio. Antes de serem utilizados, os adubos orgânicos, precisam passar pelo processo de humificação, que consiste em uma fermentação aeróbia, onde os microrganismos atacam os compostos orgânicos. Neste processo ocorre considerável desprendimento de gás carbônico e calor. Os adubos orgânicos são responsáveis pelo melhoramento das propriedades físicas e biológicas do solo (RAIJ, 1991).

Na maioria dos fertilizantes orgânicos, o principal elemento é o nitrogênio, visto que o mais abundante em peso na maior parte das plantas. Os adubos orgânicos são caracterizados pelos teores de matéria orgânica, teores totais dos nutrientes, teor de água e relação C/N. Na Tabela 9 são apresentadas as especificações mínimas exigidas de fertilizantes orgânicos, para registro e comercialização. Porém, como existem grandes variações nos teores, devido à heterogeneidade das matérias-primas, não é possível o controle rigoroso dos adubos orgânicos, como é feito com os adubos químicos.

De acordo com Malavolta et al. (2002), além da importância que tem os adubos orgânicos em fornecer nutrientes para as plantas, eles atuam como:

- Fonte de energia para microrganismos;
 - Melhoram a estrutura e arejamento dos solos;
 - Melhoram a capacidade do solo em armazenar água;
 - Regulam a temperatura do solo
 - Retarda a fixação do fósforo, aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC), ajuda a adsorver potássio, cálcio, magnésio e outros nutrientes catiônicos em formas disponíveis para as raízes, protegendo-as de lavagem ou lixiviação pela água das chuvas ou de irrigação.
- Alguns de seus produtos de decomposição têm efeito hormonal ou estimulante para o desenvolvimento das raízes.

Tabela 9 Especificações de fertilizantes orgânicos

Orgânicos simples processados de	Umidade máxima (%)	Matéria orgânica mínima (%)	pH mínimo	C/N máximo	N mínimo (%)	P₂O₅ mínimo (%)
Composto	40	40	6	18	1.0	-
Esterco bovino, bagaço de cana, palha de arroz	25	36	6	20	1.0	-
Esterco de galinha	25	50	6	20	1.5	-
Palha de café	25	46	6	20	1.3	-
Borra de café	25	60	6	20	1.8	-
Torta de algodão, amendoim, mamona e soja	15	70	-	-	5.0	-
Farinha de osso	15	6	-	-	1.5	20(total, dos quais 80% solúvel em ácido cítrico 2%)
Farinha de peixe	15	50	-	-	4	6(total)
Farinha de sangue	10	70	-	-	10	-
Turfa e linhita	25	30	6	18	1	-

Fonte: Ministério da Agricultura apud RAIJ (1991)

3.12.1 Esterco de curral

De acordo com Malavolta et al. (2002), um dos mais tradicionais adubos orgânicos é o esterco ou estrume de curral e as vantagens na sua utilização consistem em:

- Aumento da quantidade de húmus do solo e conseqüentemente aumento da capacidade do solo em absorver água;
- Absorção de água na proporção de 16 vezes o seu próprio peso;
- Melhoramento das condições físicas do solo, tornando os argilosos mais permeáveis e aumentando a capacidade dos arenosos;
- Enriquecimento do solo de elementos fertilizantes;
- Desenvolvimento da vida microbiana;
- Facilitar a dissolução dos elementos que se encontram em estado insolúvel e não aproveitáveis pela planta.

A composição química dos esterco varia de acordo com: (1) a espécie animal; (2) o regime; (3) a natureza das camas empregadas (composição química). Na Tabela 10 são apresentadas às médias para os estrumes bem curtidos. As camas são preparadas, com diversos materiais, como palha de cereais, capins, restos de colheita, serragem de madeira, turfa, terra vegetal etc. Elas absorvem as urina, misturam-se com as fezes e são levadas às estrumeiras de curral. As de maior valor fertilizantes são as mais absorventes (MALAVOLTA et al, 2002).

Tabela 10 Composição química média dos estrumes de curral bem curtidos

Estrume	N (%)	P₂O₅ (%)	K₂O (%)
Touro	0,62	0,26	0,72
Vaca	0,40	0,20	0,44
Cavalo	0,54	0,23	0,54
Porco	0,45	0,19	0,60
Carneiro	0,83	0,23	0,67
Chorume	0,20	0,08	0,50

Fonte: MALAVOLTA & ROMERO (1975) apud MALAVOLTA et al, 2002

3.12.2 Lodo de esgoto

Os diversos tipos de lodo produzidos estão em função do método de tratamento de esgoto e de acordo com Malavolta et al, 2002, estes métodos podem ser classificados da seguinte forma:

- Lodo sedimentoso, resultante da simples deposição;
- Lodo digerido, resultante de decomposição anaeróbia do sedimentado;
- Lodo ativado, produzido por tratamento aeróbio especial e rápido que entra na composição e deposição de matérias em suspensão;
- Lodo ativado e digerido;
- Lodo precipitado quimicamente.

De acordo com Silvério, 2004, as vantagens em se utilizar lodo de esgoto, são:

- Aumenta a retenção de água em solos arenosos;
- Melhora a permeabilidade e infiltração nos solos argilosos;
- Incorporação dos macronutrientes (nitrogênio e fósforo)
- Incorporação dos micronutrientes (zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio).
- Reduz a absorção e a energia de ligação do fósforo no solo sem interferir na capacidade máxima de absorção desse nutriente.

A decomposição biológica do lodo ocorre durante a sedimentação, precipitação e especialmente durante a digestão, neste processo, há perda de matéria orgânica e nitrogênio e aumento no teor de cinzas. Em geral, o que determinará a decomposição dos lodos irá ser a composição do esgoto e o tratamento utilizado. Alguns resultados que podem ser considerados típicos são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Concentração de Nutrientes (%), em lodo digerido e ativado.

Tipo de Lodo	% Nutrientes								
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn
Lodo digerido	2	1,4	0,8	2,1	0,5	0,1	0,3	0,3	0,4
Lodo ativado	5-6	2,9	0,6	1,3	0,7	0,5	0,07	0,07	0,01

Fonte: MALAVOLTA et al., 2002

3.13 Esgoto doméstico

Os esgotos domésticos são uma fonte natural de nutrientes. A Tabela 12 apresenta as características médias do esgoto bruto e também das águas residuárias tratadas em relação

à concentração de NTK (Nitrogênio Total Kjeldahl), Fósforo, Potássio e DQO (Demanda Química de Oxigênio).

Tabela 12 Composição química média do esgoto bruto e das águas residuárias tratadas no período de junho a dezembro de 2005, época em que se instalou e conduziu o experimento*.

	N (mg. NTK. L⁻¹)	P (mg. P.L⁻¹)	K (mg.K.L⁻¹)	DQO
Esgoto Bruto	49,16	6,50	20,63	485,20
UASB	35,23	5,96	20,90	177,80
Filtro Biológico de Chicanas	30,9	5,61	20,40	70,00
Lagoa de Polimento	4,41	3,46	22,44	209,00

*Dados fornecidos pelo PROSAB.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização do Experimento

O experimento foi realizado nas instalações da Escola Agrícola Assis Chateaubriand/UEPB, município de Lagoa Seco-PB, localizada pelos pontos de coordenadas geográficas: Latitude 7° 09S, Longitude 35° 52 w e Altitude de 634 m acima do nível do mar. O município localiza-se na mesorregião do Agreste Paraibano e microrregião de Campina Grande-PB.

4.2 Caracterização e delineamento experimental

Foram utilizados para fertirrigação do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), variedade Corujinha, efluentes de reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), Lagoa de polimento e Reator de Chicanas os quais tratam esgoto sanitário advindo do interceptor leste do sistema urbano de esgotamento da cidade de Campina Grande-PB.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três blocos, cada qual com 7 tratamentos e com cinco unidades experimentais, cada qual com três plantas. Cada parcela era formada por um saco plástico, preenchido com 10 kg de solo. Em cada saco foram plantadas 3 plantas. Os tratamentos utilizados foram:

1° Tratamento (T1): Testemunha Absoluta (solo nas condições naturais)

2° Tratamento (T2): Esgoto tratado advindo de reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

3° Tratamento (T3): Esgoto tratado advindo de Lagoa de Polimento

4º Tratamento (T4): Esgoto tratado advindo do Filtro Biológico de Chicanas

5º Tratamento (T5): Adubação com composto oriundos de restos vegetais enriquecidos com pó de rochas naturais fosfática e potássica.

6º Tratamento (T6): Adubação com composto do esterco bovino

7º Tratamento (T7): Adubação com composto do lodo de esgoto

4.3 Caracterização do solo

De acordo com as análises físicas e químicas, o solo utilizado no experimento apresenta de acordo com a Tabela 13 baixa fertilidade, sendo, portanto, necessário a correção de alguns fatores.

Tabela 13: Teores de nutrientes do solo e condições ideais para a planta de feijão-caupi

Condição natural do solo	Condição necessária para melhor desenvolvimento da planta *
pH = 4,4	pH = 6,6
Nitrogênio (N) = 25ppm	Nitrogênio (N) = 200 ppm
Fósforo (P) = 5 ppm	Fósforo (P) = 200ppm
Enxofre (S) = 5 ppm	Enxofre (S) = 50 ppm
Potássio (K) = 70 ppm	Potássio (K) = 200 ppm
Cálcio (Ca) = 160 ppm	Cálcio (Ca) = 50 ppm
Magnésio (Mg) = 48 ppm	Magnésio (Mg) = 25 ppm
Boro (B) = 0,28 ppm	Boro (B) = 1ppm
Cobre (Cu) = 0,3 ppm	Cobre (Cu) = 2 ppm
Ferro (Fe) = 101 ppm	Ferro (Fe) = 12 ppm
Manganês (Mn) = 10 ppm	Manganês (Mn) = 2 ppm
Zinco (Z) = 0,8 ppm	Zinco (Z) = 5 ppm
Molibdênio (Mo) = -	Molibdênio (Mo) = 0,5 ppm

* As concentrações de nutrientes consideradas ideais para a planta são aquelas estabelecidas por Malavolta (1965).

4.4 Determinação da capacidade de campo

Para se determinar a umidade ao nível de capacidade de campo do solo, ou seja, a quantidade de água que um solo pode reter após cessar a drenagem, foi utilizado um balde com 10 Kg de solo e irrigado com água até haver escoamento. Cessado o escoamento, após 12 horas foram retiradas três amostras do solo e levadas a estufa a 65° C para determinação

da umidade correspondente a capacidade de campo do solo, que no caso foi de 15% ou 1,5 L de água por vaso (10Kg de solo).

4.5 Semeadura e condução do experimento

No dia 28 de junho de 2005, foram coletadas amostras de terra de cada um dos 7 tratamentos. Em seguida foram irrigados com os respectivos volumes de água e aplicados os quantitativos de insumos orgânicos como indicado na Tabela 14.

Tabela 14 Tratamentos utilizados e respectivas quantidades aplicadas no solo

Tratamentos	Quantidade a ser aplicada por saco
T1 - Testemunha (solo nas condições naturais)	1,5 L
T2 - Esgoto tratado advindo do reator UASB	1,5 L
T3 - Esgoto tratado advindo de lagoa de Polimento	1,5 L
T4 - Esgoto tratado advindo de reator de Chicanas	1,5 L
T5 - Restos vegetais	250 g
T6 - Composto de esterco bovino	250 g
T7 - Lodo de esgoto	250 g

A próxima etapa, foi a irrigação, sendo os tratamentos T1, T5, T6 e T7, irrigados com 150 mL de água de chuva. Nos tratamentos T2, T3 e T4 não foi acrescentada água de chuva, pois os tratamentos constam de água residuária.

A semeadura foi realizada no dia 04 de julho de 2005 sendo depositadas 8 sementes por unidade experimental em covas de 2 cm de profundidade. Após o plantio cada

tratamento foi irrigado com 150 mL de água de chuva, exceto os tratamentos T2, T3 e T4, pois estes foram irrigados com as respectivas águas residuárias.

No dia 19 de julho de 2005, foi realizado o desbaste, mantendo-se as 3 plantas mais vigorosas por saco.

Durante o cultivo do feijão-caupi foram identificadas doenças fúngicas e o seu controle realizado de acordo como apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 Doença fúngica e seu controle

Doença	Agente etiológico	Controle
Oídio	O fungo <i>Erysiphe polygoni</i> DC (<i>Oidium polygoni</i>)	A presença desse fungo foi detectada aos 26 e 66 dias após a semeadura. Para o controle foi aplicado fungicida Kumulus® DF ⁽¹⁾

⁽¹⁾ o preparo do agrotóxico foi realizado de acordo com o proposto pelo fabricante

4.6 Análise de macronutrientes em plantas.

A análise de macronutrientes (NPK) na matéria seca do caule, casca, grãos e folhas das plantas, seguiram o método recomendado por Tedesco et al (1995).

4.6.1 Nitrogênio

Após a obtenção do extrato, o nitrogênio foi quantificado por arraste de vapor de amônia, pelo método micro-Kjeldahl.

4.6.2 Fósforo

Foi determinado por calorimetria do meter vanadato.

4.6.3 Potássio

Foi determinado por fotometria de chama após a diluição do extrato, sendo ajustado a sensibilidade do aparelho com os padrões adequados.

4.7 Análise química do solo

Foi determinado conforme metodologia da EMBRAPA (1999).

Parâmetros avaliados: pH em água, pH em CaCl₂, Extração com KCl(1 M): Cálcio, Magnésio e Alumínio, Cálcio + Magnésio trocáveis, Cálcio trocável, Magnésio trocável, Alumínio trocável e matéria orgânica.

4.7.1 Metodologia de análise de solo

- pH em água: (1:2,5)

- Cálcio, Magnésio: extração com KCl (1 M), quantificados pelo método complexométrico com o emprego do EDTA.
- Alumínio: foi utilizado o método de titulação com hidróxido de sódio.
- Fósforo e Potássio: extração com solução Mehlich 1 e quantificados da seguinte forma:
 - Fósforo “disponível”: determinado por espectrofotometria, sendo intensidade de cor dada pelo complexo fosfomolibdico, produzido pela redução do molibdato com ácido ascórbico.
 - Potássio “trocável”: determinado pelo método fotométrico.
- Matéria orgânica: determinada pelo método volumétrico, utilizando-se bicromato de potássio como agente oxidante.

4.8 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância para diagnóstico de efeitos significativos e ao contraste de médias para avaliação de diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Produção de grãos

Apesar dos tratamentos com lodo de esgoto (T7), esgoto tratado do reator UASB (T2), esgoto tratado da Lagoa de polimento (T3) e esgoto tratado do reator de Chicanas (T4) não diferirem entre si sobre a produção de grãos do feijão-caupi (Tabela 17), constata-se superioridade significativa sobre o tratamento controle ou testemunha. Por outro lado, verifica-se também que os tratamentos com restos vegetais (T5) e com esterco bovino (T6) foram estatisticamente semelhantes, mas superaram com significância os tratamentos com águas residuárias e com lodo de esgoto. Com base nos resultados da Tabela 16 verifica-se a possibilidade de resposta das águas residuárias no cultivo do feijão-caupi.

Tabela 16 Valores do peso dos grãos produzidos pelas plantas nos diferentes tratamentos

Tratamentos	g/planta
T1	26,107c
T7	77,44b
T2	73,29b
T3	67,84b
T4	61,72b
T6	105,27a
T5	116,27a
DMS	25,108
CV	11,6498

As diferenças dos tratamentos com água em relação à testemunha, embora não significativa possivelmente sejam devidas ao aumento da condutividade elétrica que variou de 0,15dS/m para 0,39 no T2 e 0,49 no T3 e 0,40ds/m no T4 (Tabela 17).

A maior produtividade foi obtida nas plantas do tratamento (T7) que recebeu lodo de esgoto, atribuído a sua riqueza em nutrientes, principalmente Nitrogênio, pois conforme Malavolta et al. (2002), o lodo digerido chega a alcançar 2% de Nitrogênio na matéria seca.

Para os tratamentos referentes ao esgoto tratado, sua superioridade sobre a Testemunha deve-se ao fato de apresentarem valor nutricional considerado, conforme a Tabela 12.

Quanto aos tratamentos T5 e T6 que receberam adubo orgânico compostado, o T5 mostrou-se superior em produtividade de grão, como também o T6, quando comparados com os demais tratamentos. Esses tratamentos foram estatisticamente superiores aos demais, possivelmente devido à ação da matéria orgânica tanto como condicionador físico, como no aumento da fertilidade do solo.

Tabela 17 Correlação entre Condutividade elétrica e produção de grãos

Tratamentos	Condutividade elétrica(CE)	Produção (g)
	(dS/m)	X
T1	0,15	78,32
T2	0,39	219,87
T4	0,40	185,16
T3	0,49	203,53
T7	1,22	232,32

* Correlação: 0,68, sendo não significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Student.

5.2 Número de grãos e número de vagens

A exemplo da produção de grãos, o número de vagens e número de grãos por vagem (Figuras 1 e 2) foram superiores nos tratamentos com restos vegetais (T5), composto de esterco bovino (T6) e com lodo de esgoto (T7). Essa situação evidencia que apesar da superioridade em relação à testemunha, o solo tratado com água residuária necessita de um complemento para sua fertirrigação.

Trat	Nº de vagens
T1	56
T7	117
T2	98
T3	91
T4	86
T6	137
T5	140

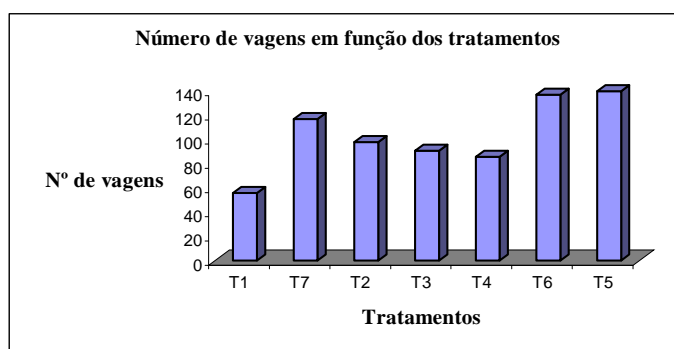


Figura 1 Número de vagens de feijão-caupi em função dos tratamentos

Trat	Nº de grãos
T1	401
T7	1189
T2	905
T3	854
T4	809
T6	1385
T5	1475

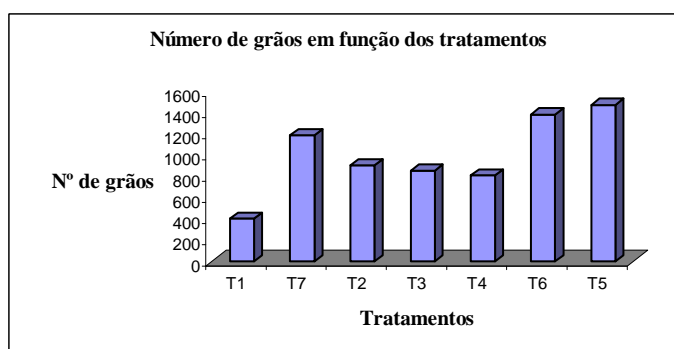


Figura 2 Número de grãos de feijão-caupi em função dos tratamentos

5.3 Produção de Matéria Seca (MS) nas diferentes partes das plantas

Os dados da Figura 3 inerente a produção de matéria seca (MS) da casca não apresenta uma consistência como registrado para o número de grãos e número de vagens, no entanto a superioridade do T5 se faz expressar, haja vista o material orgânico referente a este tratamento ser de natureza vegetal compostada associada ainda a rochas fosfáticas e potássicas. Esta tendência é refletida para os índices de matéria seca de folhas e matéria seca de caule (Figura 4 e Figura 5).

Trat	P. MS cascas(g)
T1	24,7
T7	46,21
T2	49,62
T3	48,96
T4	41,55
T6	62,38
T5	69,72

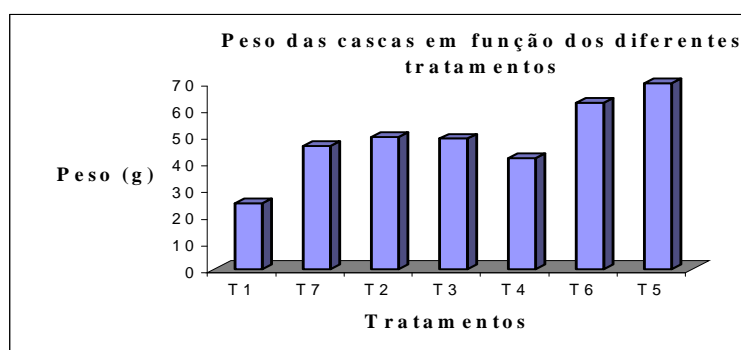


Figura 3 Produção de matéria seca das cascas das vagens de caupi em função dos tratamentos

Trat	P. MS folhas(g)
T1	50,97
T7	118,69
T2	100,95
T3	91,82
T4	113,02
T6	113,96
T5	125,21

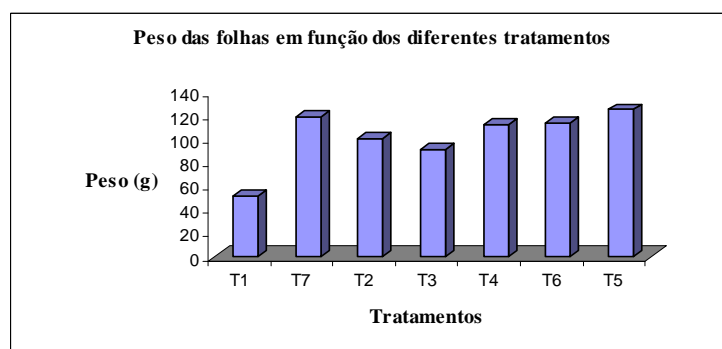


Figura 4 Peso da matéria seca das folhas das plantas de caupi em função dos tratamentos

Trat.	P.MScaule
T1	69,75
T7	106,67
T2	112,82
T3	99,72
T4	116,98
T6	102,93
T5	123,29

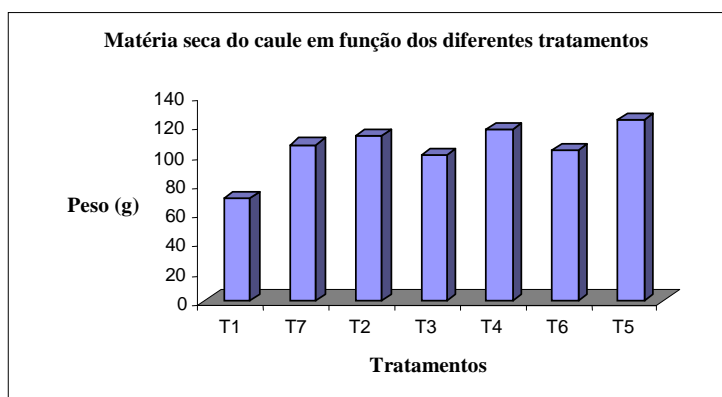


Figura 5 Peso da matéria seca caule das plantas de caupi em função dos tratamentos

Com relação ao peso das raízes (Figura 6), os maiores valores foram alcançados para os tratamentos T2 e T4, o que poderá ser explicado pela fertilidade desses solos o que induz o crescimento desordenado das raízes em busca de nutrientes.

Já o T5 que vinha com produção superior aos demais tratamentos a partir da produção de grãos, teve o peso de raízes inferior ao T2 e T4, isto se deve a superioridade em fertilidade do solo desse tratamento que suplantou a fertilidade do solo dos demais tratamentos, evitando assim que houvesse um crescimento desordenado de raízes como ocorreu com os demais.

Trat.	P. MS raiz (g)
T1	3,09
T7	3,46
T2	5,42
T3	4,23
T4	5,45
T6	3,21
T5	4,01

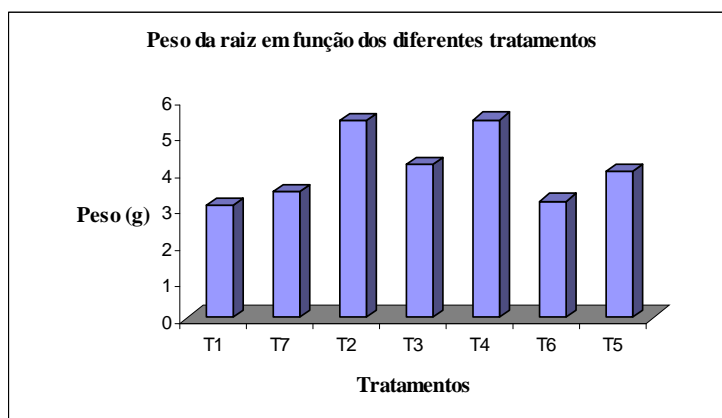


Figura 6 Peso da matéria seca das raízes em função dos tratamentos

5.4 Percentuais dos nutrientes (N, P e K) nos diferentes órgãos das plantas do feijão-caupi

Os teores percentuais de nitrogênio, fósforo e potássio determinados na matéria seca das plantas de caupi estão indicadas na Tabela 18

Tabela 18 Valores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio analisados nas diferentes porções morfológicas do feijão-caupi, em função dos tratamentos.

Tratamentos	Nitrogênio (%) *				Fósforo (%) *				Potássio (%) *			
	Grãos	Folhas secas	Caule	Casca	Grãos	Folhas secas	Caule	Casca	Grãos	Folhas secas	Caule	Casca
T1	3,7333 ^a	2,1133bc	1,3133bc	1,2266c	0,5300a	0,3400c	0,1733e	0,3866a	1,1033d	0,7467bcd	0,8133d	0,9466c
T2	3,6733 ^a	2,0933c	1,2466c	1,2233c	0,5700a	0,3933bc	0,2200d	0,3400ab	1,2433bc	0,8000bc	0,9800cd	1,2100b
T3	3,5700 ^a	2,1366bc	1,3600bc	1,3600b	0,5700a	0,5200b	0,2200d	0,2766c	1,2266bc	0,7767bc	1,4833b	1,1800b
T4	3,6567 ^a	2,3233ab	1,4366ab	1,3500bc	0,6066a	0,4400bc	0,2566c	0,2866bc	1,2666b	0,8633b	1,0033c	1,3100b
T5	3,6533 ^a	2,6833a	1,5800a	1,3966ab	0,2466b	0,8700a	0,2400cd	0,3400ab	1,4066a	2,7400a	4,5466a	2,3333a
T6	3,7000 ^a	2,2600abc	1,3433bc	1,4600ab	0,2366b	1,0266a	0,5366a	0,3166bc	1,3200ab	0,4800cd	0,9666cd	1,2666b
T7	3,3767 ^a	2,4566a	1,4166b	1,5166a	0,2533b	0,9033a	0,3066b	0,3333ab	1,1433cd	0,4033d	1,0466c	0,8166c
DMS	0,3674	0,2254	0,1617	0,1253	0,079	0,1649	0,0312	0,0545	0,1176	0,3579	0,1892	0,149
CV (%)	3,5482	3,5016	4,0856	3,2152	6,4150	8,9900	3,9100	5,8534	3,3066	12,8730	4,2753	4,0273

* Valores na vertical seguidos de mesmas letras representam não significância entre médias.

5.4.1 Nitrogênio

Constata-se que os maiores teores de N foram encontrados nos grãos, sendo o Tratamento T1 o que conferiu maior valor, embora não tenha ocorrido diferença significativa entre os demais tratamentos. Dantas (1979) ao proceder estudos sobre a nutrição mineral do feijão-caupi, utilizando 2 variedades, Pitiuba e Dorminhoco em solução nutritiva, encontrou valores nos grãos dessas variedades em torno de 4,64 % N para a variedade Pitiuba e 4,42 %N para a variedade Dorminhoco, o que está de certa maneira concordante com os valores encontrados nos grãos para variedade Corujinha estudada.

Na matéria seca de folhas, o maior valor encontrado foi de 2,6833 % para o tratamento T5. Esse diferiu significativamente para os tratamentos T1, T2 e T3.

Entre os tratamentos T2 e T3 e entre T3 e T4 ambos de natureza sanitária, não houve valores significativos entre si, embora o tratamento que recebeu lodo de esgoto compostado tenha apresentado valor correspondente a 2,4566%N, valor esse significativo quando comparado aos tratamentos T1, T2 e T3. Dantas (1979) encontrou valores para Nitrogênio nas folhas, inferiores do feijão-caupi na ordem de 1,69 %N para Pitiuba e 2,24%N para Dorminhoco. Valores esses que estão concordantes com o presente trabalho, principalmente quando comparado a variedade Dorminhoco.

Os valores detectados no caule de plantas de feijão-caupi em função dos tratamentos tiveram o maior valor para o tratamento T5 que diferiu significativamente para os tratamentos T1, T2, T3, T6 e T7. No geral, as concentrações de N no caule estão bem superiores àquelas encontradas por Dantas (1979) que variaram de 0,69 %N(Pitiuba) para 0,80 %N(Dorminhoco).

Os maiores valores de Nitrogênio concentrados nas cascas do feijão-caupi variedade corujinha, foram detectadas nas cascas referentes ao tratamento T7 (lodo de esgoto compostado), esse valor diferiu significativamente para a testemunha e para os tratamentos que receberam esgoto líquido tratado. Comparando esses valores com aqueles encontrados por Dantas (1979) constata-se uma superioridade quando comparada as concentrações de nitrogênio na casca das variedades Pitiuba e Dorminhoco que foram de 0,74 %N e 0,80 %N respectivamente.

5.4.2 Fósforo (P)

Os maiores teores de Fósforo encontrados nos grãos corresponderam aos tratamentos que receberam esgoto líquido tratado na seguinte ordem: 0,57 %P (T2), 0,57%P (T3) e 0,60 (T4), valores esses não significativos entre si. Os tratamentos que receberam compostos orgânicos obtidos a partir de restos de cultura associados às rochas fosfáticas e potássicas, esterco bovino compostado e lodo de esgoto compostado, foram reduzidos à metade quando comparados com os de natureza sanitária, isso se deve provavelmente ao efeito de diluição desse elemento no tecido vegetal haja visto a produção de grãos nesses tratamentos terem sido o dobro dos tratamentos que utilizaram esgoto tratado.

Comparando esses dados com os de Dantas (1979) constata-se uma superioridade para as concentrações de P encontradas nos grãos da variedade Pitiuba e Dorminhoco que foram de 0,16 e 0,18 respectivamente.

Nas folhas, a concentração de Fósforo apresentou o inverso dos grãos, sendo os menores valores para os tratamentos que receberam esgoto líquido tratado e as maiores concentrações para os tratamentos que receberam resíduos orgânicos compostados.

A maior concentração de P encontrada nas folhas correspondeu ao Tratamento T6 que diferiu estatisticamente para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 e não diferiu significativamente para os tratamentos T5 e T7.

Conforme Dantas (1979), os teores de P na matéria seca de folhas inferiores do feijão-caupi foram da ordem de 0,15%P e 0,13%P respectivamente para as variedades Pitiuba e Dorminhoco, esses valores estão muito abaixo dos encontrados no presente trabalho.

A concentração de P no caule foi deveras irregular em função dos tratamentos, a maior concentração de P encontrada no caule correspondeu ao tratamento T6 (0,536%) que diferiu estatisticamente dos demais. Dantas (1979) encontrou valores de P no caule da ordem de 0,08% e 0,09% respectivamente para as variedades Pitiuba e Dorminhoco, valores esses impossíveis de comparação com as concentrações de P no caule em função dos tratamentos, haja vista que a menor concentração de P no caule correspondente ao tratamento T1 foi da ordem de 0,173%P.

As maiores concentrações de P nas cascas foi de grande variabilidade em função dos tratamentos, sendo o menor valor (0,276%P) correspondente ao T3 e o maior (0,386%P) correspondente a Testemunha Absoluta, o que não apresenta coerência na respostas em função dos tratamentos. Dantas (1979) encontrou valores na casca de feijão-caupi de 0,04%P iguais para as duas variedades. Valores esses inconsistentes de comparação com aqueles encontrados no presente trabalho.

5.4.3 Potássio (K)

O teor de Potássio nos grãos em função dos tratamentos variou de 1,103 %K para Testemunha Absoluta e 1,406 para o tratamento T5. Este tratamento diferiu estatisticamente para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T7.

Comparando com os dados apresentados por Dantas (1979) constata-se uma coerência, haja visto que os teores de K nos grãos das variedades Pitiuba e Dorminhoco foram respectivamente de 2,46 e 2,19, aproximado-se daqueles encontrados no presente trabalho.

A menor concentração de K nas folhas secas correspondeu ao T7 que diferiu significativamente para os tratamentos T2, T3, T4 e T5. O maior valor foi para o tratamento T5 (2,740 %K) que diferiu estatisticamente para todos os outros tratamentos. Esses dados comparados com os de Dantas (1979) mostraram-se inferiores, porém comparáveis àqueles, haja vista na matéria seca das folhas inferiores das variedades Pitiuba e Dorminhoco terem sido respectivamente 3,09%K e 3,30%K.

A concentração de potássio do caule teve seu máximo valor correspondente ao T5 e o menor a Testemunha Absoluta. Este maior valor deve estar relacionado ao composto orgânico de resíduos vegetais potencializados com rochas potássicas e fosfáticas. Esse tratamento T5 diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. Dantas (1979) constatou valores de K no caule das variedades de feijão Pitiuba e Dorminhoco respectivamente 2,37%K e 2,18 %K, valores em parte superiores aos encontrados no presente trabalho, com exceção do T5.

A concentração de K nas cascas das vagens, variou de 0,8166 %K para o tratamento T7 e alcançando o máximo de concentração para o T5 (2,333%K). Esta redução de K no

T7 (composto do lodo de esgoto) se deve provavelmente a fácil liberação do potássio nesse composto, ficando livre na solução do solo, podendo ser adsorvido no complexo coloidal do solo por força de superfície, impossibilitando a absorção desse elemento com maior eficiência pelas raízes da planta. Dantas (1979) encontrou concentração de K na casca de vagens de duas variedades de feijão-caupi de 2,76%K e 2,18%K, o que de certo modo estão superiores aos encontrados no presente trabalho.

5.5 Análise de solo e extrato de saturação

Analisando-se a Tabela 19 constata-se a superioridade dos Tratamentos de natureza sanitária quando aplicados ao solo sobre o parâmetro fósforo. Isso é justificável, por ser esse elemento exigido em quantidade menor, quando comparada com os demais macronutrientes, por apresentar baixa mobilidade no solo (difusão) conforme Malavolta et al (1997) e também por esses constituintes sanitários apresentarem valor considerado conforme a Tabela 12.

Para os tratamentos que receberam resíduos orgânicos, os valores de fósforo tanto como depois são considerados elevados, corroborando com a superioridade do tratamento T5 sobre a maioria dos parâmetros fenológicos levantados.

Tabela 19 Análise do solo, realizadas antes do plantio e após a colheita do feijão-caupi

Análise do solo									
Tratamentos	Época	pH H ₂ O	Al ⁺³ (cmol _c /dm ³)	Ca ⁺² + Mg ⁺² (cmol _c /dm ³)	Ca ⁺² (cmol _c /dm ³)	Mg ⁺² (cmol _c /dm ³)	K (mg/dm ³)	P (mg/dm ³)	Matéria Orgânica (g/Kg)
T1	Antes*	5,82	0,12	3,07	1,89	1,18	82,39	0,41	10,65
	Após**	5,48	0,10	2,64	1,46	1,18	61,19	1,31	10,54
T2	Antes	5,74	0,05	3,05	1,81	1,24	65,90	0,46	11,02
	Após	5,68	0,04	3,03	1,63	1,40	49,88	3,57	9,53
T3	Antes	5,69	0,05	3,38	1,42	1,96	69,43	0,51	11,17
	Após	5,83	0,04	2,93	1,73	1,20	63,30	2,09	9,51
T4	Antes	5,68	0,05	3,23	1,44	1,79	74,14	1,13	18,17
	Após	5,75	0,05	2,85	1,71	1,13	45,64	1,55	10,84
T5	Antes	6,74	0,00	5,06	2,94	2,12	435,20	225,64	18,16
	Após	6,83	0,01	5,49	3,79	1,70	225,62	254,97	15,94
T6	Antes	6,38	0,03	4,64	2,45	2,19	104,76	88,77	14,02
	Após	6,32	0,03	4,58	3,13	1,44	64,48	87,44	14,73
T7	Antes	5,89	0,05	4,81	2,65	2,16	83,56	94,31	17,90
	Após	6,06	0,02	4,65	6,67	1,08	56,95	112,94	14,51

* Análises feitas do solo, antes do plantio; ** Análises feitas do solo, após o plantio.

A análise do extrato de saturação do solo antes e após a implementação do experimento constata-se pela Tabela 20 o efeito dos tratamentos de natureza sanitária sobre a condutividade do solo para os tratamentos T2, T3, T4 e T7 sendo observado uma ordem crescente nos valores de Condutividade Elétrica (CE) dimensionada em dS/m (RICHARDS, 1954).

Quanto ao potássio, sódio e fósforo, idêntica tendência foi observada. Especula-se que, no manejo sistemático e contínuo desses solos utilizando essas águas residuárias possa haver concentração desses elementos no solo ao ponto de comprometerem a produtividade agrícola.

Quanto ao íon carbonato não houve nenhuma interferência desses tratamentos.

Para o íon bicarbonato, não foi constatado acúmulo no solo após aplicação dos tratamentos.

Quanto aos tratamentos referentes aos compostos orgânicos utilizados, a CE foi reduzido devido provavelmente ao poder adsorptivo que os colóides orgânicos têm sobre os cátions potássio e sódio, entre outros.

Para o potássio os valores deste elemento foi reduzido após o plantio, atribuindo provavelmente a extração dessa pela planta. Já para o sódio ocorreu situação inversa, por esses compostos orgânicos apresentarem sódio em teores elevados. A tendência do fósforo foi idêntica ao potássio com redução dos teores desse elemento após o plantio do feijão.

Tabela 20 Análise do extrato de saturação solo, realizadas antes e após o plantio do feijão-caupi

Análise do Extrato de saturação do solo							
Tratamentos	Época	Condutividade (dS/m)	K (m mol/L)	Na (m mol/L)	P (m mol/L)	Carbonato (mg/L) Co3²⁻	Bicarbonato (mg/L) HCO3⁻
T1	Antes*	0,15	0,68	0,23	77,67	0,00	0,71
	Após**	0,75	0,54	1,10	41,99	0,00	1,02
T2	Antes	0,39	0,47	0,32	50,00	0,00	0,98
	Após	1,47	0,75	12,40	76,94	0,00	0,94
T3	Antes	0,49	0,64	0,19	55,83	0,00	1,31
	Após	2,51	0,88	11,97	111,65	0,00	0,92
T4	Antes	0,40	0,54	0,10	43,45	0,00	1,19
	Após	2,51	0,92	10,64	155,10	0,00	1,11
T5	Antes	1,60	7,49	2,13	146,12	0,00	5,41
	Após	1,40	4,30	3,38	135,19	0,36	2,88
T6	Antes	1,00	1,27	0,71	97,33	0,00	7,23
	Após	0,79	0,61	1,10	83,50	1,22	1,50
T7	Antes	1,22	0,88	0,88	11,41	0,00	4,38
	Após	1,48	0,75	1,27	83,50	0,00	1,32

* Análises feitas do solo, antes do plantio; ** Análises feitas do solo, após o plantio.

5.6 Parâmetros de crescimento

5.6.1 Diâmetro do caule

Diâmetro do caule (mm)	
Tratamentos	Média
T1	0,40
T7	0,46
T2	0,49
T3	0,46
T4	0,49
T6	0,49
T5	0,61

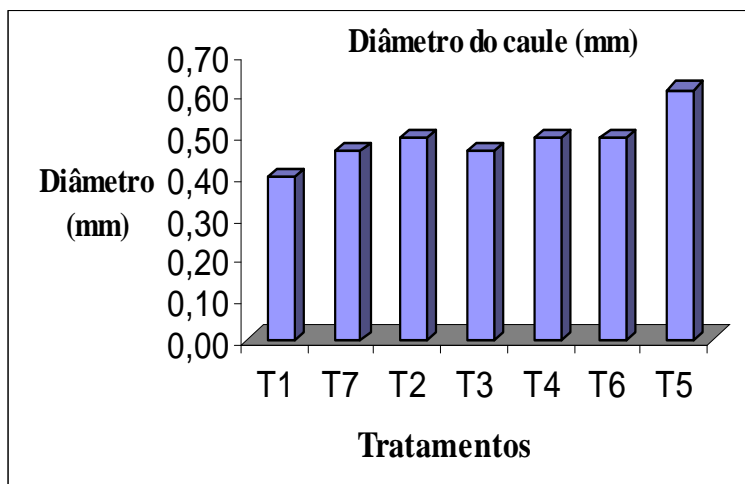


Figura 7 Diâmetro do caule em função dos tratamentos

Tendo em consideração o diâmetro do caule (Figura 7), observa-se que praticamente que são iguais os valores para os tratamentos de natureza sanitária. Já o T5 conferiu o maior diâmetro de caule (0,61 mm) o que se correlaciona muito bem com os demais parâmetros referentes a este tratamento.

5.6.2 Comprimento do caule

Comprimento do caule (cm)	
Tratamentos	Média
T1	102,62
T7	144,55
T2	163,48
T3	142,99
T4	156,95
T6	114,58
T5	138,31

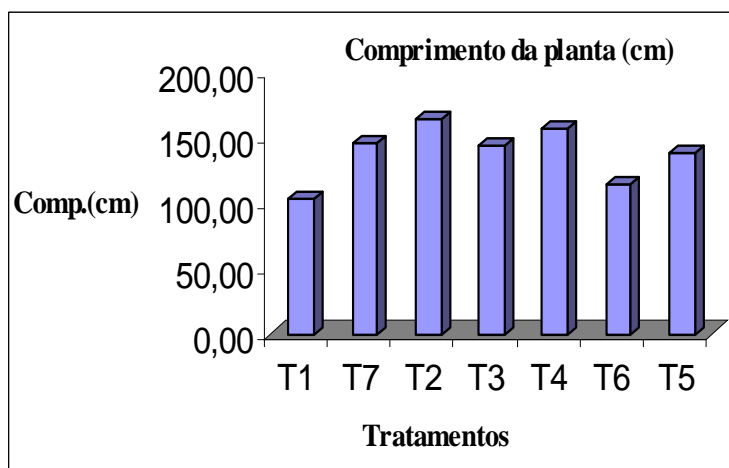


Figura 8 Comprimento do caule em função dos tratamentos

Para o comprimento de caule (T5) há uma certa consistência entre os dados referentes ao tratamentos de natureza sanitária. O Tratamento T5 apesar de ter apresentado superioridade nos demais parâmetros apresentou-se com valor inferior aos tratamentos de natureza sanitária.

6 CONCLUSÕES

- Os tratamentos com restos vegetais e compostos de esterco bovino orgânicos foram mais produtivos que os tratamentos com água residuária e lodo de esgoto. Os tratamentos de natureza sanitária exerceram efeitos estatisticamente semelhantes sobre o desempenho do feijão-caupi.

- Os tratamentos orgânicos também se mostraram superiores na produção de matéria seca, das cascas, folhas e caule.

- Os valores de nitrogênio analisado nas diferentes partes do feijão-caupi, em geral foram maiores nos tratamentos T5, T6 e T7

- Os maiores teores de fósforo nos grãos, correspondeu àqueles tratamentos de natureza sanitária.

- A concentração de potássio nas diferentes partes morfológica do feijão-caupi, variou muito entre os tratamentos.

- Houve um acréscimo da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo para os tratamentos de natureza sanitária.

- Não foi comprovado aumento nas concentrações de potássio, cálcio e magnésio no solo, tanto para os tratamentos de natureza sanitária quanto para os orgânicos após a colheita da plantação.

- Os teores de fósforo no solo foram elevados, mas com marcante supremacia nos tratamentos que receberam restos vegetais, composto de esterco bovino e lodo de esgoto.

- Os tratamentos, em geral, elevaram a concentração salina dos tratamentos, mas não em níveis que comprometem o desempenho do feijão-caupi.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. P. de; RIOS, G. P.; WATT, E. E.; NEVES, B. P. das; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P. de; GUIMARÃES, C. M. & SILVEIRA FILHO, A. **Cultura do caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.)**; descrição e recomendação técnicas de cultivo. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1984. 82p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica, 18).

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na irrigação**. Campina Grande – PB: UFPB.1999.153p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado.

AYKROYD, W.R.; DOUGHTY, J.; WALKER, A. F. **Legumes in human nutrition**. 2. ed. Rome: FAO, 1982. (FAO. Nutritional Studies, 19).

BLACKHURST, H.T.; MILLER, J.C. Cowpea. In: FEHR, W.R.; HADLEY, H.H. (Ed.). **Hybridization of crop plants**. Madison: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America, 1980. p.327-337.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M. T. L.; VERAS Jr, M.S.; PORTO, M. F. A.; NUCCI, N. L. R.; JULIANO, N. M. de A.; EIGER, S. **Introdução à Legislação Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. p. 108-123.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B. de; JÚNIOR, A. S. A. de; LIMA, M. G. de. Clima e aspectos de plantio. In: CARDOSO, M. J. (coordenador). **A cultura do feijão caupi no meio-norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 49-66.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B. de; LIMA, M. G. de. Ecofisiologia de plantio. In: **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**/ editores técnicos, Francisco Rodrigues Filho, José Albérico de Araújo Lima, Valdenir Queiroz Ribeiro. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 213-228. 2005.

CAVALCANTE, L. F.; ALVES, J.P.; SOUSA, A.P.; FEITOSA FILHO, J. C.; OLIVEIRA, F. A.; GONDIM, S.C.; RAPOSO, R. W. C. **Água para agricultura**: irrigação com água de boa qualidade e água salina. Areia: UFPB. 2006. 28p.

CRAUFURD, P.Q.; ELLIS, R. H.; SUMMERFIELD, R. J.; MENIN, L. Development Incowpea (*Vigna unguiculata*) I. The influence of temperature on seed germination and seedling emergence. **Experimental Agriculture**, v.32, p.1-12, 1996a.

DANTAS, J. P.; **Estudo sobre a nutrição do feijão macassar (caupi) (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). IV. Exigências de macro e micronutrientes**. Anais da “ESA” Luiz de Queiroz. Piracicaba-SP, 1979.p425-433.

EHLERS, J. D.; HALL, A.E. Heat tolerance of contrasting cowpea lines in short and long days. **Field Crops Research**, Amsterdam, Holanda, v.1, n.1, p.1-21, 1998

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa Solos, Embrapa informática Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, 1999. 370p.

FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDU, 1979.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org). **O caupi no Brasil**. Goiânia: Embrapa-CNPAP; Ibadan: IITA, 1988. p.25-46.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A.dos. Melhoramento Genético. In: **Feijão-caupi: avanços tecnológicos/** editores técnicos, Francisco Rodrigues Filho, José Albérico de Araújo Lima, Valdenir Queiroz Ribeiro. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.29-75. 2005.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V.Q.; SANTOS, A. A. Cultivares de caupi para região Meio-norte do Brasil. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio – Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa- CPAMN, 2000.p.67-88. (Embrapa-CPAMN, Circular Técnica, 28).

FREITAS, K. G. De; TEIXEIRA, O. A. **Agricultura irrigada e desenvolvimento sustentável no Nordeste semi-árido do Brasil**. Revista Científica Rural. Revista Técnico-Científica. v.4, n.2, p.141-153.1999.

GUERRA, H. O. **Física do solos**. Campina Grande: CCT: UFPB. Centro de Ciência e Tecnologia CCT-UFPB,2000 , p.3-6.

GRANGEIRO, T. B.; CASTELLÓN, R. E. R.; ARAÚJO, F. M. M. C. de; SILVA, S. M. de S.; FREIRE, E.de A.; CAJAZEIRAS, J. B.; ANDRADE NETO, M.; GRANGEIRO, M. B.; CAVADA, B. S. Composição bioquímica da semente. In: RODRIGUES FILHO, F.; LIMA, J.A de A.; RIBEIRO, V. Q (editores). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.339-364.

GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P.; SOBRINHO, P. A. **Desinfecção de efluentes sanitários**. Ricardo franci Gonçalves (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, RiMa, p.1-12, 2003.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos.In: **Reúso de água** / editores, Pedro Caetano Sanches Mancuso, Hilton Felício dos Santos, Barueri, SP: Manole, 2003. p31-91.

LÉON, G.; CAVALLINI, J.M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Título **original**: Tratamiento y uso de aguas residuales. Lima:CEPIS-OPS-OMS, 1996. Tradução: GHEYI, H. R.; KONIG, A.; CEBALLOS, B. S. O.; DAMASCENO, F. A. V. 1999.

MALAVOLTA, E. Métodos para la determinación de deficiencia. In: **Fitopatologia – Curso moderno**, Tomo IV. Ed. Por Sarasola A. A. e Sarasola M. A. R. Buenos Aires: Editorial Hemisfério Sur, 1965. p. 244-247.

- ALAVOLTA, E. **Nutrição de plantas e fertilidade do solo**. Piracicaba, 1976.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas**. Princípios e aplicações. 2.ed.ver. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997.319p.
- MALAVOLTA, E.; GOMES. F.P.; ALCARDE, J.C. **Adubos e adubação**. São Paulo: Nobel, 2002.200p.
- MARÉCHAL, R.; MASCHERPA, J. M; STAINIER, F. Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. **Boissiera**, Genebra, n.28, p. 1-273, 1978.
- MARTINS, S. R. **Sustentabilidade na agricultura: dimensões econômicas, sociais e ambientais**. Revista Científica Rural. Revista Técnico- Científica. v.4, n.2, p.175-187.
- MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo e adubação. In: **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**/ editores técnicos, Francisco Rodrigues Filho, José Albérico de Araújo Lima, Valdenir Queiroz Ribeiro. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.231-242. 2005.
- NG, N. Q.; MARÉCHAL, R. Cowpea taxonomy, origin germ plasm. In: SINCH, S.R; RACHIE, K.O. (Ed.). **Cowpea research, production and utilization**. Chichester: : John Wiley, 1985.p.11-21.

NNANNA, I. A.; PHILLIPS, R. D. Amino acid composition, protein quality and water-soluble vitamin content of germinated cowpeas (*Vigna unguiculata*). **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 39, n.2, p.187-200, 1989.

OJEHOMON, O.O. The development of the inflorescence and extra-floral nectaries of *Vigna unguiculata*. **Journal of the West Africa Science Association**, (Nigeria?), v.13, p.93-114, 1968.

PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SING, B.B.; MOHAN; DASHIELL, K.E; JACKAI, L. E. N. (Ed). **Advances in Cowpea Research**. Tsukuba. p. 1-12.1997.

PAZ, V. S. da; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande –PB, v.4, n.3, p.465-473.2000.

PINHO, J. L. N. de; TÁVORA, F. J. A. F.; GONÇALVES, J. A. Aspectos Fisiológicos. In: **Feijão-caupi: avanços tecnológicos/** editores técnicos, Francisco Rodrigues Filho, José Albérico de Araújo Lima, Valdenir Queiroz Ribeiro. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 193-210.

RAIJ, Bernardo van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991.

RACHIE, K. O. **Introduction**. In: SINGH, S.H.; RACHE, K.O. Cowpea, research, production and utilization. Ed. John Wiley, Chichester, U.K. p21-28. 1985.

RICHARDS, L. A. **Diagnostico y recuperación de suelos salinos y sódicos**. Departamento de agricultura de los Estados Unidos da América, 1954. 172p. (Manual de agricultura, 60).

SILVA, F. C. De. **Manual de Análises químicas do solo**. EMBRAPA, 1999.

SOUSA, J.T. de; ARAÚJO, H. W. C. de; CATUNDA, P.F.C.; FLORENTINO, E.R. **Tratamento de esgotos sanitários pôr filtro lento, objetivando produzir efluente para reúso na agricultura**, In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 9, João Pessoa, PB, 1998, v.1,T.1, p.317-327, ABES, Rio de Janeiro, 1998.

SOUSA, J.T. de; LEITE, V.D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: EDUEPB, 2003. 135 p.

STEELE, W.M.; MEHRA, K.L. Structure, evolution and adaptation to farming system and inveronment in *Vigna*. In: SUMMERFIELD, D. R; BUNTING, A. H. (Ed.). Advances in legume science. England: Royal Botanic Gardens, 1980. p. 459-468.

SUMMERFIELD, R. J. The contribution of physiology of increased yields in grain legumes crops. In: HURD, R. G.; BISCOE, P.V.; DENNCE, C (Ed.). **Opportunities for increasing crop yields**. London: Pitmaras, 1980. p. 51-69.

SUMMERFIELD, R. J.; PATE, J. S.; ROBERTS, E. H. The physiology of cowpea. In SINGH, S. R.; RACHIE, K.O. (Ed.). **Cowpea research, production and utilization**. Great Britain: A. Wiley-Interscience Publication, 1985. p.65-102.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Boletim Técnico nº 5; 2ª edição revisada e ampliada. Porto Alegre, 1995(Boletim Técnico, 5).

TOMÉ JR., J. B. **Manual de interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

VERDCOURT, B. Studies in the Leguminosae – Papilionoidea for the flora of tropical East Africa. IV. **Kew Bulletin**, Londres, v. 24, p. 597-569, 1970.

Von SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ªed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 1996.

WIEN, H.C.; ACKAH, E.E. Pod development period cowpea; varietal differences as related to seed characters and environmental effects. **Crop Science**, Madison, v.18, n.5, p.791-794, 1978.