

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

FELIPE GONZAGA MAIA

**EFEITO DA ADUBAÇÃO COM LODO DE ESGOTO NAS
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO, DESENVOLVIMENTO
VEGETATIVO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE
ABACAXIZEIRO cv. VITÓRIA**

VITÓRIA
2013

FELIPE GONZAGA MAIA

**EFEITO DA ADUBAÇÃO COM LODO DE ESGOTO NAS
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO, DESENVOLVIMENTO
VEGETATIVO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE
ABACAXIZEIRO cv. VITÓRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Adelaide de F. S. da Costa.

VITÓRIA
2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

M217e Maia, Felipe Gonzaga, 1984-
Efeito da adubação com lodo de esgoto nas características químicas do solo, desenvolvimento vegetativo, produtividade e qualidade de frutos de abacaxizeiro cv. Vitória / Felipe Gonzaga Maia. – 2013.
63 f. : il.

Orientador: Adelaide de Fatima Santana da Costa.
Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Abacaxi. 2. Lodo residual. 3. Minerais na nutrição de plantas. I. Costa, Adelaide de Fátima S. da (Adelaide de Fátima Santana da), 1958-. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 57

FELIPE GONZAGA MAIA

"EFEITO DA ADUBAÇÃO COM LODO DE ESGOTO NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICA DO SOLO, DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE ABACAXI cv. VITÓRIA"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal na área de concentração Fisiologia Vegetal.

Aprovada em 27 de Fevereiro de 2013.

COMISSÃO EXAMINADORA



Profª Drª Adelaide de Fátima Santana da Costa
Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal-INCAPER
Orientadora



Profª Drª Diolina Moura Silva
Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal - UFES
Examinador Interno



Profº Drº Andre Guarçoni Martins
Incaper - ES
Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), por ter me dado à possibilidade de realização do curso de mestrado;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa durante o período;

A minha orientadora Dr^a. Adelaide de F. S. da Costa pela amizade e principalmente pelos ensinamentos repassados ao longo de todos esses anos de trabalho;

A todos os professores e funcionários, do Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal da UFES;

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), pelo espaço, material vegetal e análises de solo e material vegetativo para a condução do experimento;

Ao “projeto lodo” por meio do seu primeiro coordenador Dr. Aureliano Nogueira da Costa por ter acreditado no meu trabalho e por todo ensinamento que me proporcionaram chegar aqui hoje;

Agradeço ao Clair Barboza pelos ensinamentos a respeito da prática de manejo na cultura do abacaxi, pela atenção e disposição durante todo o período da condução do experimento;

Ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Pós-Colheita do Incaper por meio do seu chefe José Altino Machado Filho pelo espaço físico e auxílio nas análises de pós-colheita;

Ao Dr. Rogério Carvalho Guarçoni pela valiosa ajuda nas análises estatísticas;

A minha família, é uma honra ter vocês por perto, mãe, irmã e pai muito obrigado;

A minha avó Helena por ter me apresentado à agricultura, pelo cuidado e atenção que me trouxeram até aqui hoje;

A minha namorada Camila pelo companheirismo e apoio durante todo o período;

Aos amigos de turma Joilton, Larissa, Leo, Thiele, Vinicius e Vitor pela amizade e ajuda, pelo companheirismo, pelos momentos agradáveis e proveitosos, em especial ao Joilton pela ajuda durante as coletas de dados no campo.

RESUMO

O lodo de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é um resíduo com elevado potencial agrônomo, com quantidades significativas de macro e micronutrientes, distribuídos de forma equilibrada e com possibilidade de aplicação na agricultura. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a influência do lodo de ETE sobre as características químicas do solo, a disponibilidade de nutrientes para o abacaxizeiro, o crescimento, desenvolvimento vegetativo e características pós-colheita do fruto do abacaxizeiro cv. Vitória, adubados com diferentes doses de lodo de ETE higienizados com cal virgem e também com um fertilizante químico mineral e um orgânico. Devido à baixa disponibilidade de fósforo e potássio no lodo, foi feita a adição desses elementos em todos os tratamentos. Foram avaliados o comprimento e a largura da folha D do abacaxizeiro e o peso da massa da matéria úmida e seca da folha D antes da indução floral para análise do desenvolvimento vegetativo. Foi realizada análise foliar dos nutrientes presentes na folha D, peso dos frutos com e sem coroa, comprimento dos frutos e diâmetros dos frutos e dos talos. Os teores de sólidos solúveis totais e a acidez titulável. Foram avaliadas as características químicas do solo após aplicação dos tratamentos, as quais foram comparadas com outras formas de fertilização no solo, correlacionando-se os teores dos elementos no solo e na planta. A elevação nas doses de lodo de ETE no solo provocaram elevação do pH, redução da acidez potencial, elevação do teor de matéria orgânica, fósforo e do boro no solo. Foram observadas relações funcionais entre as doses de lodo e os teores de enxofre, ferro e boro na folha e correlação entre a elevação do pH e a absorção do fósforo, ferro, zinco e manganês no tecido foliar; elevação nos teores de enxofre e boro em função da adição de matéria orgânica. Foi possível estabelecer um modelo de regressão quadrática para os fatores de peso do fruto com coroa e sem coroa e para a produtividade, sugerindo que o lodo de ETE é uma fonte de nutrientes para a cultura. Não houve contaminação biológica dos frutos de abacaxi 'Vitória' fertilizado do com lodo de ETE após o experimento.

Palavras-chave: Abacaxi 'Vitória'; lodo de esgoto; Biossólido; Nutrição mineral de plantas.

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 USO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) NA AGRICULTURA	11
2.1 A GERAÇÃO DO LODO DE ETE.....	11
2.2 UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA.....	12
3 ASPECTOS FISIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DO ABACAXIZEIRO	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	23
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ETE.....	24
4.3 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO.....	25
4.4 ANÁLISES DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO.....	27
4.5 PRODUTIVIDADE E PÓS-COLHEITA.....	28
4.6 AMOSTRAGEM DO SOLO.....	28
4.7 ANÁLISE DE CONTAMINANTES BIOLÓGICOS NO FRUTO.....	28
4.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS RESULTADOS.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	30
5.2 EFEITO DA DOSE DE LODO DE ETE NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO.....	30
5.3 TEORES DE NUTRIENTES NA FOLHA D, CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO ABACAXI.....	40
5.4 PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICA PÓS-COLHEITA.....	48
6 CONCLUSÕES	53
7 REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O volume de resíduos orgânicos urbanos gerados anualmente tem aumentado de forma significativa e o seu reaproveitamento vem sendo estudado buscando-se formas não impactantes de aproveitamento. Entre os principais resíduos urbanos está o lodo das estações de tratamento de esgotos (ETE), um biossólido que vem sendo aplicado aos solos agriculturáveis em diversos países como fonte de macro e micronutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo e ainda de matéria orgânica com efeitos benéficos para o crescimento e desenvolvimento de variadas culturas (EPA,1995; BERTON et al., 1997; MARCIANO,1999). O uso deste insumo de baixo custo é ainda restrito no Brasil e para que se amplie é preciso que a partir de experimentos se estabeleçam critérios de segurança que evitem danos ao meio ambiente e a saúde dos indivíduos (EPA,1995; FERNANDES et al.,1996; ANDREOLI et al.,1997). A necessidade de preservação, racionalização e preservação dos recursos naturais, tornam a utilização do lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) na agricultura preferida em relação ao descarte em aterros sanitários e a incineração (ANTOLIN et al., 2010).

A taxa de média de acumulação do lodo em lagoas de estabilização não mecanizadas em operação no Estado do Espírito Santo é de, aproximadamente, 6,5 cm ano⁻¹ ou 0,025 l hab⁻¹ dia⁻¹ (GONÇALVES et al., 1997). Entre os anos de 2009 e 2011 a produção mensal de lodo nas estações de tratamento da CESAN chegou a um nível médio mensal de 350 toneladas na região da grande Vitória e 70 toneladas nas unidades do interior do estado (LIMA et. al. 2011). Na Europa, a geração de lodo nas ETE foi estimada em 82 g dia⁻¹ de sólidos secos *per capita* (VINCENT; CRITCHLEY, 1984) e nos Estados Unidos, a produção anual é de 5,4 milhões de toneladas de matéria seca, deste total, 33 % é aplicado ao solo, sendo 67 % desse percentual aplicado em terras agricultáveis (EPA, 1995).

O estudo do potencial agrônômico e florestal do uso de lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) é uma prioridade para o Espírito Santo em razão do volume produzido e da necessidade de identificar e desenvolver critérios para sua disposição, no sentido de atender à resolução CONAMA 375/2006 e a elaboração

do manual de uso e recomendação para as condições do Estado do Espírito Santo. O lodo contém matéria orgânica, macro e micronutrientes que exercem um papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo. O lodo de esgoto se destaca como fonte de matéria orgânica que exerce importante papel na agregação das partículas do solo, aumento da aeração, da capacidade de retenção de água, capacidade de troca catiônica e de forma indireta na densidade do solo (COSTA, 2009).

O uso de fertilizantes representa grande expressão mundial. No entanto, o alto custo das matérias-primas para a fabricação desses produtos, pode elevar os custos da produção e, em alguns casos, inviabilizar a produção agrícola. Além disso, o uso sistemático de fertilizantes sintéticos pode comprometer a qualidade dos solos e dos ambientes aquáticos subterrâneos e superficiais.

Os Estados Unidos, Canadá e diversos países europeus já utilizam esse resíduo como fertilizante agrícola e florestal. Por outro lado, no Brasil, o uso de lodo de ETE na agricultura é ainda restrito e normalmente tem destinação em aterros sanitários ou incinerado, gerando um impacto ambiental indesejável e caro para os municípios. Segundo Costa et al. (2001) estudos realizados com o uso do bio-sólido indicam viabilidade agrônômica atendendo às diretrizes, normas e legislação para o seu uso em diversas regiões do Brasil, entretanto para o Estado do Espírito Santo esses estudos precisam ser realizados para identificar os impactos do uso e o seu potencial para o uso agrícola nas diversas regiões do Estado do Espírito Santo.

A disposição de lodo de esgoto nos solos promove, além do aumento dos teores de matéria orgânica nos solos (ABRAHÃO, 1992; MARQUES, 1997), elevação da CTC (MELO et al, 1994) e aumento da atividade biológica do solo (BERTON et al, 1997). Assim, a utilização do lodo de ETE na agricultura como fonte de nutrientes para as culturas revestiu-se numa alternativa interessante de reciclagem deste resíduo.

A fruticultura no Espírito Santo tem um grande potencial de produção com valor agregado e geração de renda, sendo uma alternativa de diversificação das

propriedades rurais. Com a criação dos polos de fruticultura e investindo em ciência, tecnologia e inovação com geração de novas tecnologias de cultivo, a introdução e recomendação pelo INCAPER de variedades mais adaptadas, houve uma elevação de produção nos últimos sete anos de 30% ou seja 1,3 milhão de toneladas de frutas, gerando R\$ 600 milhões de renda para o estado (INCAPER, 2010). A abacaxicultura se enquadra nesse contexto.

O abacaxi é um fruto que é cultivado em praticamente todos os estados brasileiros, sendo que os maiores produtores brasileiros são os estados de Minas Gerais, Pará, Tocantins e Bahia, respondendo juntos com praticamente 68% da produção nacional, com produção menos significativa se destacam, o Espírito Santo, Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro e São Paulo (SOUZA; SOUZA, 2000).

Entre as tecnologias geradas, pode-se destacar o lançamento da cultivar de abacaxizeiro denominada Vitória, em 2006, pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) em cooperação com a Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Esta cultivar é resistente à fusariose, possui melhor qualidade do fruto e características agronômicas semelhantes ou superiores às cultivares Pérola e Smooth Cayenne e, desde o seu lançamento, tem atraído o interesse para o mercado interno e para exportação (VENTURA et al., 2006). Dentre suas características agronômicas se destacam a ausência de espinhos nas folhas, o formato do fruto cilíndrico, cor da casca amarela, cor da polpa branca, elevado teor de açúcares e o peso médio superior as cultivares tradicionais (VENTURA et al., 2006). Porém, faltam informações técnicas sobre a forma de utilização do lodo de ETE em fruteiras comerciais. Desta forma há necessidade de definir critérios para o uso e manejo agrícola do Lodo de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), como fonte de nutrientes e matéria orgânica para a cultura do abacaxizeiro.

A produção de abacaxi alcançou destaque no cenário capixaba, passando de aproximadamente 20 para 35 mil toneladas nos últimos seis anos (INCAPER, 2010). Com o incentivo à ampliação da área plantada pelos agricultores de base familiar, o uso de fontes alternativas de matéria orgânica e nutrientes passa a ser

uma das prioridades dos programas de pesquisa, sendo o uso do lodo de ETE considerado uma boa alternativa ao contexto.

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o efeito da adubação com lodo de esgoto nas características químicas do solo e na absorção de nutrientes, crescimento e desenvolvimento vegetativo, na produtividade e na qualidade do fruto de abacaxizeiro cv. Vitória, e como objetivos específicos estimar a influência do lodo de ETE sobre as características químicas do solo, comparando o seu efeito com o de outras formas de fertilização, quantificar a disponibilidade e a absorção de nutrientes para o abacaxizeiro e determinar os efeitos do lodo de esgoto, como fonte alternativa de nitrogênio e matéria orgânica, sobre o desenvolvimento vegetativo, a produtividade e a qualidade dos frutos do abacaxizeiro.

2 USO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) NA AGRICULTURA

O lodo de ETE é um subproduto das estações de tratamento de esgoto, rico em matéria orgânica, oriundo de redes de esgotos domésticos e ou industriais, possui composições variáveis, dependendo basicamente de sua origem e forma de tratamento.

2.1 GERAÇÃO DO LODO DE ETE

As exigências nutricionais do ser humano incluem na sua base de alimentação mais de 20 nutrientes independentemente de sua idade, peso, sexo e atividades desenvolvidas ao longo do dia (OMS, 2013). Os nutrientes que não são absorvidos pelo organismo são eliminados na forma de dejetos e tem como destino majoritário as redes de esgoto doméstico. A maior parte desses nutrientes foi inserida na biosfera através de interações entre a planta e o meio ambiente (EPSTEIN, 1999; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Os esgotos são atualmente os principais poluidores nas áreas urbanas, e muitas vezes são lançados diretamente nos corpos de água. Com a intensa degradação dos recursos hídricos, os governos, por meio de companhias de abastecimentos de água, vêm investindo em projetos de saneamento básico com a melhoria e a construção de redes de esgoto e estações de tratamento de esgotos (ETE). Esses investimentos têm como prioridades a eliminação da proliferação de microrganismos responsáveis por doenças infecciosas e parasitárias e a preservação dos recursos hídricos (LIMA et al., 2011).

Os processos de tratamento de esgotos sanitários visam separar a parte sólida da líquida para que o efluente tratado possa ser liberado em corpos receptores sem causar danos ao meio ambiente. Nesse processo, parte da matéria orgânica é absorvida e convertida, junto à biomassa microbiana, denominada genericamente de lodo, no qual os poluentes e nutrientes são concentrados. Em função disso, algumas restrições podem ser impostas ao uso agrícola do lodo de ETE na

agricultura em função da presença de sais solúveis, patógenos, compostos orgânicos persistentes, e metais pesados (LIMA et al., 2011).

De acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008, o esgotamento doméstico é inexistente em 2.495 municípios brasileiros, sendo que pouco mais da metade dos municípios (55,2%) possuíam serviço de esgotamento sanitário por redes coletoras. No Estado do Espírito Santo 97,4% dos municípios possuem rede coletora de esgoto e 54% recebem tratamento do esgoto sanitário realizados nas estações de tratamento de esgoto. Apesar disso a abrangência de domicílios atendidos por rede geral de coleta de esgoto ainda é muito baixa, chegando a 28,3% (PNSB, 2008). A Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), é responsável pelo tratamento do esgoto doméstico em 52 municípios do Espírito Santo e por meio do programa águas limpas, vem investindo na ampliação de redes coletoras e no tratamento do esgoto doméstico, tendo como meta a ampliação do tratamento de esgoto, atingindo 60% do esgoto tratado no ano de 2012 (CESAN, 2013).

Quando chega a estação de tratamento, o esgoto sofre a separação da parte sólida grosseira com o restante do material. O esgoto passa a ser biodegradado com o auxílio de microrganismos em um ambiente propício promovendo a sua decomposição. Após a biodegradação ocorre o processo de decantação, onde o esgoto é separado do efluente líquido. A parte sólida do esgoto é denominada lodo de esgoto ou lodo de ETE. Em razão da elevada produção de esgoto pela sociedade, faz-se importante identificar possibilidades para a destinação final do resíduo, com agregação de valor e menor impacto ambiental.

2.2 UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA

A produção sistemática de alimentos requer a reposição mineral de nutrientes em áreas de cultivo, para que ocorra o desenvolvimento e o crescimento adequados das plantas, uma vez que elevada quantidade de nutrientes é exportada com a fração colhida. Geralmente o aumento de produtividade de uma cultura está linearmente atrelado à taxa de aplicação de fertilizantes (LOMMIS; CONNOR, 1992; TAIZ; ZIEGER 2009).

O esgoto doméstico tem seu uso na agricultura citado em vários relatos antigos de diversas civilizações. Lopes; Guilherme (2007) citam que nos arredores de Atenas, os solos de plantios ao redor da cidade eram fertilizados com esgoto, que eram canalizados em sistemas de canais com regulagem de fluxo até as áreas de cultivo.

O uso agrícola de lodo de esgoto ainda não foi amplamente difundido no país, porém, está presente nos programas nacionais de controle de impactos ambientais da agenda 21 brasileira, onde é destacada a necessidade de aperfeiçoamento de tecnologias e sugerido o uso do lodo de esgoto doméstico para recuperação de áreas degradadas e empobrecidas (COSCIONE et. al., 2010). A garantia de que não ocorram impactos ambientais negativos, é exigida e tida como uma das maiores preocupações. Diversos estudos em vários estados da federação demonstram os benefícios da aplicação e uso agrícola do lodo, contudo, a possível presença de poluentes como metais pesados, patógenos e compostos orgânicos persistentes são fatores que podem provocar impactos ambientais negativos, e demonstram a preocupação e cuidado que se deve ter com o resíduo (PIRES, 2006).

Diversas formas de contaminação ambiental são citadas na literatura, como a nitrificação causada pela liberação do nitrato sem o sincronismo entre sua formação e a absorção pelas plantas, resultando em risco de contaminação das águas subterrâneas, e também alguns poluentes que podem contaminar o material vegetal de valor econômico ou acumulação no próprio solo, nas águas superficiais e nos sedimentos (SAITO, 2007).

Os Estados Unidos, o Canadá e diversos países europeus e asiáticos, aplicam extensivamente a mais de 40 anos o lodo de ETE como fertilizante agrícola e florestal, em seus solos, demonstrando os efeitos positivos dessa prática (WARMAN; TERMEER, 2005). No Brasil, a aplicação do lodo de ETE na agricultura é bastante restrita, sendo que a maioria é disposta diretamente em aterros sanitários. Esse processo além de acarretar um custo elevado para as companhias de saneamento é extremamente impactante ao meio ambiente. A avaliação do lodo de ETE como fertilizante orgânico na produtividade de culturas

anuais e perenes tem sido realizada por vários pesquisadores em diferentes partes do Brasil. Nas condições brasileiras, vários trabalhos vêm sendo efetuados em áreas agrícolas com resultados promissores (COSTA; COSTA; CAETANO; MAIA, 2011).

Em agosto de 1999 a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) publicou a norma técnica 4.230, impondo critérios para projetos e operações de aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológicos em áreas agrícolas no estado de São Paulo. Este manual é baseado em procedimentos que foram adotados nos Estados unidos pela United States Environmental Protection Agency (USEPA), – North Carolina Department of Environmental, Health and Natural Resources (DEHNR) e o Department of Health and Environmental Control (DHEC), sendo as duas últimas agências ambientais estaduais. O documento aborda aspectos relacionados à distância de mananciais e cursos de água que é permitida a aplicação do lodo, parâmetros para a caracterização química e microbiológica, classificando o lodo em classes e critérios para a determinação da taxa de aplicação (CETESB, 1999).

Com a necessidade de criação de critérios no âmbito nacional para o gerenciamento de resíduos sólidos industriais, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), reformulou o conjunto de normas a serem adotadas no gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo neste grupo, diretrizes de classificação e caracterização de resíduos de estações de tratamento de esgoto (LIMA et al., 2011). Nesse período foram desenvolvidas as normas referentes ao procedimento para a classificação de resíduos sólidos - NBR 10004/2004, procedimentos para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos - NBR 10005/2004, processo para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos NBR 10006/2004 e a Amostragem de resíduos sólidos NBR 10007/2004 (LIMA et al., 2011).

Em outubro de 2006 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), definiram por meio da resolução CONAMA nº 375/2006 critérios e procedimentos para o uso agrícola do lodo de esgoto gerado em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus

produtos derivados, visando beneficiar a agricultura e evitar danos à saúde pública e ao meio ambiente (CONAMA, 2006).

As operações para a disposição final do lodo de forma adequada são geralmente negligenciadas nos projetos de implantação e no planejamento do processo de tratamento de esgoto, este fator, muitas vezes negligenciado pode gerar despesas de até 50% no um custo do orçamento operacional de uma estação de tratamento de esgoto, com transporte e acomodação em aterros sanitários (BETTIOL; CAMARGO, 2000).

Buscando evitar a proliferação e contaminação por doenças e agentes patogênicos, muitas vezes o lodo de ETE deve ser submetido à higienização por diferentes processos para adequação a classe A, com concentração de limite de patógenos e ausência de *Salmonella* spp. UFC/10g de ST; menos de 10^3 coliformes termotolerantes NMP/g de ST; <0,25 ovos viáveis de helmintos ovo/g de ST e 0,25 vírus UFP/g de ST (CONAMA 375, 2006).

Devido à baixa concentração de substâncias inorgânica no lodo de esgoto doméstico, como metais pesados, os agentes patogênicos são a principal limitação ao uso agrícola do lodo, sendo esses fatores bem controlados, por soluções técnicas, dentre as quais vale destacar a caleação com cal virgem ou calcário e a compostagem (ANDREOLI, 1997).

Quando comparado à compostagem, que requer uma fonte de carbono para padronizar a relação C/N, grande espaço físico, tempo, maior demanda de mão de obra e controle da temperatura, que deve ser superior 45°C por aproximadamente 14 dias, a higienização por estabilização alcalina é mais facilmente operacionalizada em escala, devendo o lodo permanecer com pH 12 por no mínimo 2 horas, mantendo-se acima de 11,5 por pelo menos 22 horas, conforme determinado pela resolução CONAMA 380, 2006.

A aplicação de cal virgem, devido ao baixo custo da matéria prima e baixo custo operacional vem sendo o método de higienização do lodo mais usado, e quando utilizado adequadamente, promove a elevação do pH do solo, reduzindo a acidez

trocável e favorecendo a disponibilidade de macronutrientes e alguns micronutrientes, porém desfavorecendo a maioria dos micronutrientes, o que o impede de ser aplicado frequentemente (KNOPIK et al., 2011).

Os principais efeitos observados advindos da aplicação do lodo de ETE sobre as propriedades físicas do solo são condicionadas principalmente á presença de matéria orgânica, que possui capacidade de melhoria de agregação das partículas do solo, com conseqüente diminuição da densidade e aumento na aeração e retenção de água (MELO; MARQUES, 2000; NASCIMENTO et al. 2004).

No Brasil, além dos aspectos ambientais, de saúde pública e discussões a respeito dos critérios para o estabelecimento do lodo de ETE na agricultura, há a necessidade de ampliação do conhecimento a respeito da cinética dos elementos químicos do lodo de ETE no solo e dos efeitos a um longo prazo em solos tropicais (ANDREOLI et al., 1997).

Visando definir os critérios para o uso e manejo agrícola e florestal do lodo de ETE, Costa, Costa, Caetano e Maia (2011) fizeram a indicação das quantidades de lodo higienizado a serem aplicados em diferentes culturas de importância econômica para o Estado do Espírito Santo, como o abacaxi, a banana, o café arábica e conilon, a goiaba, o mamão, o eucalipto, a seringueira entre outros. Foram avaliados também os aspectos químicos e físicos da disposição do lodo de ETE no solo (COSTA; COSTA; CAETANO, 2011), com indicações favoráveis na melhoria das características físicas e químicas do solo para as condições experimentais, atendendo ás exigências legais para a preservação do meio ambiente.

3 ASPECTOS FISIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DO ABACAXIZEIRO

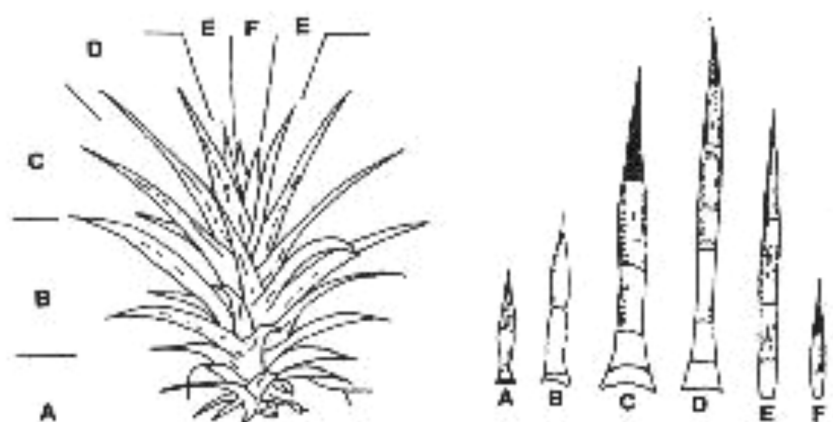
O abacaxizeiro (*Ananas comosus* L., Merrill) é uma planta herbácea, monocotiledonea, da família bromeliaceae, com hábitos terrestre diferindo das epífitas encontradas na mesma família que crescem sobre outras plantas. O ciclo de vida variando entre 12 a 30 meses dependendo da variedade; Os abacaxis pertencem aos gêneros *Ananas* e *Pseudoananas* e são originárias da região da Amazônia no continente americano (REINHARDT, 2000).

Por ser um fruto de clima tropical, a seleção e o critério para escolha da área de plantio deve ser feita, de acordo com o histórico meteorológico da região. O crescimento da planta praticamente cessa em temperaturas inferiores a 7°C e acima de 40°C. o crescimento foliar, atinge o seu ótimo em temperaturas de 32°C, já o crescimento das raízes se dá com temperaturas de 29°C (SANFORD, 1962; MALÉZIEUX et al., 2003). Acredita-se que a temperatura média ótima para o desenvolvimento vegetativo das plantas de abacaxi, esteja ao redor de 25°C, em uma amplitude térmica de aproximadamente 10°C (NEILD; BOSHELL, 1976; MALÉZIEUX et al., 2003). O abacaxi não tolera o encharcamento do solo, sendo preferível solo com granulometria arenosa e boas práticas agrícolas para aeração e drenagem (REINHARDT; SOUZA; CUNHA, 2000).

O abacaxizeiro possui um caule (talo) curto e grosso, ao redor da qual crescem e se desenvolvem as folhas, em forma de calhas, estreitas e rígidas, e no qual também se inserem raízes axilares na sua base. O sistema radicular é fasciculado, superficial e fibroso, encontrando em geral à profundidade de zero a 30 cm e, raras vezes mais de 60 cm de profundidade no solo. A planta adulta mede em média 1,0 a 1,20 m de altura e 1,5 m de diâmetro. No caule está inserido o pedúnculo que sustenta a inflorescência e o fruto. É um fruto composto ou múltiplo, chamado sincarpo ou sorose, formado pela coalescência dos frutos individuais, do tipo baga, numa espiral sobre o eixo central, que é a continuidade do pedúnculo. É constituído por cem a duzentas flores individuais arrumadas em espiral em volta de um eixo (REINHARDT, 2000).

As folhas são classificadas, segundo seu formato e sua posição na planta, em A, B, C, D, E e F (Figura 1), da mais velha e externa para a mais nova e interna. A folha D é a mais importante do ponto de vista do manejo da cultura; sendo a mais jovem dentre as folhas adultas e, metabolicamente a mais ativa de todas, sendo esta a folha usada na análise do crescimento e do estado nutricional da planta para estudos sobre a cultura. Em geral, a folha D forma um ângulo de 45° entre o nível de solo e um eixo imaginário que passa pelo centro da planta, apresenta os bordos da parte inferior, perpendiculares à base, e é facilmente destacada da planta (MALÉZIEUX et al., 2003).

FIGURA 1 – Posicionamento das folhas no caule em função da idade da folha



Fonte: SIDERIS e KRAUSS (1936), PY (1969) e CATUNDA (2006).

O abacaxi é uma fruta com baixo teor calórico, entretanto contém altas concentrações de vitaminas A, B e C, assim como carboidratos, sais minerais como o cálcio, fósforo e o ferro e fibras alimentares. Da folha do abacaxizeiro, pode-se extrair a bromelina, uma enzima nobre, capaz de decompor proteínas (SILVA, TASSARA, 2008).

De acordo com Reinhardt (2000), o ciclo do abacaxizeiro é dividido em três fases. A primeira, a fase vegetativa, onde há o crescimento das folhas, vai do plantio ao dia da indução floral, natural ou artificial. Tem duração variável, mas o período é compreendido entre 8 a 12 meses. A segunda, a fase reprodutiva ou de formação

do fruto, compreendida entre o período da indução floral até a formação do fruto, tem duração de 5 a 6 meses. O primeiro ciclo completo da cultura dura, portanto, de 13 a 18 meses, na região tropical brasileira. A terceira fase do ciclo, denominada de propagativa, de formação de mudas (filhotes e rebentões), sobrepõe-se, parcialmente a segunda fase. A fase propagativa tem duração variável de 4 a 10 meses para mudas do tipo filhote, cuja formação se inicia no período de pré-floração, e de 2 a 6 meses para mudas do tipo rebentão. Essas mudas dão origem ao segundo ciclo da planta, também chamado de soca que também passa por três fases. A primeira mais curta (6 a 7 meses) que no primeiro ciclo, determinando o segundo ciclo como duração total de apenas 11 a 13 meses. Se o desenvolvimento do rebentão da soca for satisfatório, a planta poderá passar pelo terceiro ciclo, e, assim, sucessivamente, mostrando que o abacaxizeiro é, sob o aspecto botânico, em cultivos agrícolas uma planta perene.

De acordo com Zamperlini (2010), o abacaxi 'Vitória', apresenta um crescimento sigmoidal, com um período de desenvolvimento inicial lento, com a formação e o desenvolvimento do sistema radicular até os quatro meses, seguido a um período de crescimento rápido até a indução floral com maior exigência e absorção de nutrientes até a estabilização do crescimento no período após a indução floral e de formação do fruto.

O abacaxizeiro, por ser uma planta de crescimento lento e de sistema radicular muito superficial, é muito sensível à concorrência de plantas daninhas até o quarto mês, período de formação do sistema radicular e pode ter seu ciclo atrasado ou comprometimento em termos de produção, em razão da incidência de plantas invasoras em sua área de produção (PY; LOSSOIS, 1962; GIACOMELLI, 1974; MODEL, 2010)

O controle intensivo de plantas daninhas, no preparo convencional do solo por meio das atividades de aração e gradagem, para o plantio do abacaxizeiro em sulcos, em condições de clima tropical com temperatura e umidade abundante, levam a uma aceleração nos processos de degradação da matéria orgânica do solo. A incorporação da cobertura vegetal, acelerando a taxa de mineralização,

alterando as propriedades físicas do solo e a sustentabilidade da atividade (MODEL, 2010).

O status nutricional tem uma larga influencia no crescimento da planta e seu desenvolvimento vegetativo e conseqüentemente na sua produtividade e qualidade do fruto. Um indicador do status nutricional da planta é a folha “D”, de fácil identificação na planta. Esta é a folha mais jovem, quase madura do ponto de vista fisiológico e com uma precisão aceitável a qual reflete o estado nutricional da planta. Os níveis de nutriente encontrado na folha “D” fornecem informações quanto à quantidade de nutriente absorvida pela planta (MALÉZIEUX; BARTHOLOMEW, 2003).

Os nutrientes são obtidos do solo na forma de íons inorgânicos pelas raízes na solução do solo, que junto a grande área de superfície das raízes e a sua capacidade em absorver, íons inorgânicos em baixas concentrações fazem da absorção mineral pelas plantas um processo muito eficaz, sendo tais elementos translocados para as diversas partes da planta, nas quais são utilizados em numerosas frações biológicas entrando de fato, na biosfera (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O conteúdo de nutrientes, em qualquer tecido foliar no abacaxi depende da sua idade fisiológica. Como aproximadamente 80% da massa do abacaxizeiro provém do tecido foliar, ele é o mais citado em discussões. A quantidade total de nutrientes em uma planta aumenta com a idade, porém a sua concentração no tecido pode aumentar, permanecer estável ou diminuir dependendo do nutriente, do tecido, das condições de cultivo e idade da planta. Em geral os sintomas de deficiência nutricional são observados nas folhas, visualmente ou em análises, sendo bem específicos (MALÉZIEUX; BARTHOLOMEW, 2003). Sendo assim a diagnose foliar é baseada na premissa de existir uma relação funcional direta entre o suprimento de nutrientes e os teores desses nutrientes na planta, e que o aumento ou decréscimo nas concentrações seja uma variável para avaliação da produção (BATAGLIA; SANTOS, 2001).

O abacaxizeiro depende da adubação para suprir as necessidades nutricionais da cultura em sistemas de produção comercial, possuindo um alto grau de exigência, podendo variar em função da variedade cultivada (REINHARDT et al., 2002; GUARÇONI; VENTURA, 2011). Ainda existem poucas informações científicas a respeito das exigências nutricionais do abacaxi cv. Vitória, porém como em seu processo de melhoramento utilizou-se como parental masculino a cv. Smooth Cayenne acredita-se que o abacaxi cv. Vitória tenha uma resposta similar ao Smooth Cayenne quanto à adubação.

O nitrogênio e o potássio são requeridos em maiores quantidades quando comparados a outros nutrientes pelo abacaxi, sendo o nitrogênio o maior responsável pelo crescimento, maior número de folhas pelas plantas e maiores frutos. O potássio por sua vez confere qualidade ao fruto elevando o teor de sólidos solúveis totais e acidez, porém possui menor influência no desenvolvimento vegetativo da planta (TEIXEIRA et al., 2002; SPIRONELLO et al., 2004; GUARÇONI; VENTURA, 2011).

O abacaxi não demanda grandes quantidades de cálcio durante o ciclo de cultivo, sendo a deficiência, assim como a do boro mais observada no momento da diferenciação floral. Por outro lado, a aplicação em excesso de cálcio pode afetar o aroma do fruto, possivelmente pela interferência, ou competição na absorção de potássio pelas plantas (MALÉZIEUX; BARTHOLOMEW, 2003).

O ajuste do pH comumente associado a uma fonte de cálcio pode favorecer a podridão do olho e a podridão das raízes causada pelo fungo *Phytophthora nicotianae* var. *parasítica*, uma doença que merece destaque no presente trabalho, uma vez que seu desenvolvimento é favorecido pelo plantio em solos alcalinos, mal drenados, e com alta precipitação pluviométrica (MATOS, 2005). Os sintomas iniciais se limitam à base das mudas, na região aclorofilada. Quando infectadas as plantas morrem ou não se desenvolvem de modo satisfatório. As folhas novas apresentam clorose e há o apodrecimento das raízes, em qualquer fase do desenvolvimento, com odor de putrefação evidente; Apesar da incidência em todas as regiões produtoras do país, o aparecimento da doença é esporádico

devido a condições de solo, que na maioria são intemperizados e com baixos valores de pH (GÓES, 2005).

Ambas as doenças devem ser controladas mediante o emprego de medidas integradas, envolvendo práticas culturais tais como o plantio em solos leves, bem drenados e se possível em camalhões. A calagem deve ser feita com critérios, para que não haja alcalinização do solo, o uso de carbureto na parte apical da planta deve ser controlado pelo mesmo motivo. Controles químicos também podem ser aplicados, porém possuem limitações devido ao patógeno (MATOS, 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental de Sooretama, pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), no município do Sooretama – ES. O local do experimento situa – se a 19°114'S, 40°079'W e à altitude de 75 m. O clima do município de Sooretama, segundo classificação Köppen é do tipo tropical quente e úmido (Aw), apresentando estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média anual é de 23,3 °C, variando entre 14,8 e 34,2 °C média das mínimas e máximas, respectivamente, com uma precipitação pluviométrica média anual de 1.202 mm, caracterizada por uma forte variabilidade entre anos (CECON et al., 2008).

Antes da implantação do experimento, foram coletadas duas amostras compostas de solo, formada por vinte amostras simples cada, nas camadas de 0-20 e de 20-40 cm de profundidade separadamente, para caracterização da área experimental. As amostras compostas foram secas ao ar, peneiradas em peneira de dois milímetros, analisadas quimicamente, sendo determinados pH em H₂O, fósforo disponível (P), sódio (Na), potássio (K), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu) usando o extrator Mehlich-1, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) usando o extrator KCL 1 mol/L, acidez potencial (H+Al) em correlação SMP, boro (B) extrator água quente, matéria orgânica (MO) método colorimétrico, soma das bases (SB) K + Ca + Mg + Na, CTE efetiva (t) SB + Al, CTC pH 7 (T) SB + H + Al, índice de saturação em bases (V) SB/CTC x 100, saturação em alumínio (IsNa) Al/t x 100 e o fósforo remanescente (P-rem).

TABELA 1 – Resultado das características químicas do solo na área experimental, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, antes da implantação do experimento.

Prof. cm	pH H ₂ O	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T
		---mg dm ⁻³ ---			cmol _c dm ⁻³						
0-20	5,2	2	75	44	1,54	0,39	0,07	2,32	2,31	2,38	4,63
20-40	5,1	1,7	52	31	1,31	0,33	0,14	2,08	1,9	2,04	3,98

pH em água – relação 1:2,5; P – Na – K extrator Mehlich-1; Ca²⁺ – Mg²⁺ – Al³⁺ extrator KCl–1 mol l⁻¹; H + Al – correlação com pH SMP; SB – soma das bases trocáveis; t - Capacidade de troca catiônica efetiva; T - Capacidade de troca catiônica a pH 7(CTC).

TABELA 2 – Resultado do fósforo remanescente e micronutrientes do solo na área experimental nas profundidades de 0-20 e 20-340 cm, antes da implantação do experimento.

Prof.	V	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B ⁽¹⁾
Cm	--%--	dag kg ⁻¹	mg l ⁻¹			mg dm ⁻³		
0-20	49,9	1,95	48,7	3,7	63	20	0,4	0,27
20-40	47,7	1,56	46,3	2,7	86	19	0,3	0,23

V – índice de saturação em bases; MO – matéria orgânica (C. org. x 1,724); P-rem – fósforo remanescente; Zn – Cu – Fe – Mn extrator Mehlick – 1; ⁽¹⁾ B – extrator água quente.

Em um levantamento pedológico, foi constatado que o solo da área experimental é constituído por um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, arenoso, de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999). O fósforo remanescente é usado como parâmetro para a estimativa da textura do solo, sendo considerado argiloso quando os teores se encontram entre 0 – 10 mg L⁻¹, médio quando se encontram entre 10 – 40 mg L⁻¹ e arenoso entre 40 - 60 mg L⁻¹.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ETE

O lodo de esgoto foi fornecido pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), sendo gerado na Estação de Tratamento de Esgoto do município de Castelo, ES, a partir de reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB). Uma amostra do lodo usado no experimento foi analisada no laboratório de solos do Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Serrano, pertencente ao INCAPER (Tabela 3), para determinação das concentrações de macro e micronutrientes, do pH e da umidade. Uma segunda amostra foi enviada ao Centro de Análises Químicas (CETAM) para determinação dos teores de Benzenos Clorados, Ésteres de Ftalatos, Fenóis não Clorados, Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAH), Poluentes Orgânicos Persistentes (POP) e Parâmetros físico-químicos e parâmetros biológicos. (ANEXO I). A ausência desses contaminantes é o pré-requisito para o uso agrícola do lodo de ETE. O uso agrícola do lodo de ETE é definido por CONAMA 375 (2006).

TABELA 3 – Caracterização química e física do lodo de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) usado no experimento e do esterco de cama de frango.

Lodo de ETE	Bruto	Higienizado	Esterco
Umidade (%)	40 ⁽¹⁾	13	26
MO (%)	49	42	73
pH(%)	6	12	8
N (%)	3	1,3	2
P (%)	0,69	0,06	1,87
K (%)	0,44	0,28	2,18
Ca (%)	0,72	19,84	7,72
Mg (%)	0,14	0,14	1,87
S (%)	0,44	0,61	2,18
Na (%)	0,04	0,04	300
Zn (mg/kg)	675	175	2850
Fe (mg/kg)	20300	9150	379
Mn (mg/kg)	193	84	125
Cu (mg/kg)	67	53	22
B (mg/kg)	18	13	***
Cd (mg/kg)	2	3	***
Cr (mg/kg)	60	17	***
Pb (mg/kg)	79	44	***
Ni (mg/kg)	31	21	***
relação C/N	9/1	19/1	***

(1) Todos os valores de concentração são apresentados com base na matéria seca;

(2) *** Valores não estimados.

4.3 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos foram formados por seis doses crescentes de lodo de estação de tratamento de esgoto, previamente higienizados com adição de 30% de cal virgem (volume x volume) e três testemunhas, sendo uma sem adubação nitrogenada e duas com fontes tradicionais de nitrogênio, uma fonte orgânica (esterco de cama de frango) e uma fonte mineral (sulfato de amônio), perfazendo um total de nove tratamentos (Tabela 4). A definição das doses baseou-se nas recomendações técnicas para culturas descritas no Manual de Recomendação de Adubação para o estado do Espírito Santo, para a cultura do abacaxi (PREZOTTI, 2007). O fósforo, aplicado de uma só vez no sulco de plantio na forma de superfosfato simples (150 kg ha⁻¹ de P₂O₅), com antecedência de três dias ao plantio e o potássio foi aplicado em cobertura, na forma de cloreto de potássio (KCl) na dose total de 180 kg ha⁻¹ de K₂O, em quatro parcelamentos, no primeiro

e terceiro meses (20%), no sexto e nono meses (30%), sendo estes mantidos como fatores constantes.

TABELA 4 – Doses de fertilizante orgânico (esterco de cama de frango); Fertilizante mineral (sulfato de amônia) e lodo de Estação de Tratamento de Esgoto.

Tratamento	Doses de N	Dose convertida ⁽¹⁾	Doses de N
	----- Kg hectare ⁻¹ -----		Kg m ⁻¹
1 – Orgânico	300	20270,2 ⁽²⁾	1,80 ⁽⁴⁾
2 – Mineral	300	1666,66 ⁽³⁾	0,15
3 – Controle	0	0	0
4 - Lodo de ETE	100	8841,73	0,80
5 - Lodo de ETE	200	17683,46	1,60
6 - Lodo de ETE	300	26525,19	2,40
7 - Lodo de ETE	400	35366,93	3,20
8 - Lodo de ETE	500	44208,66	4,00
9 - Lodo de ETE	600	53050,4	4,80

⁽¹⁾ Em quantidade de fertilizante; ⁽²⁾ Fator encontrado a partir da equação da taxa de aplicação = [(N recomendado/N disponível) / % umidade]; ⁽³⁾ fator encontrado através da transformação da quantidade de N disponível no sulfato de amônio (18%) em relação à dose de N do tratamento; ⁽⁴⁾ divisão do valor dose convertida pelo número de metros por hectare no experimento (11111,1 m);

No mês de setembro de 2010 foi feito o plantio das mudas do tipo rebentão em área previamente gradeada e sulcada, em sulcos e com espaçamento de 40 x 90 cm, gerando densidade de aproximadamente 27.778 plantas ha⁻¹.

A taxa de aplicação do lodo de ETE e do esterco de cama de frango foi definida de acordo com a concentração de nitrogênio (%N) e umidade do lote (% umidade), conforme descrito na resolução nº 375 do CONAMA (CONAMA, 2006).

$$\text{Taxa de aplicação} = [(N \text{ recomendado}/N \text{ disponível}) / \% \text{ umidade}]$$

Foi feita a aplicação do lodo de ETE e do esterco de cama de frango no sulco de plantio com antecedência de três dias ao plantio. O sulfato de amônio (tratamento 2) foi aplicado junto ao cloreto de potássio em quatro aplicações na dosagem recomendada. Foram aplicados os tratamentos culturais de rotina para a cultura, controle de plantas daninhas com herbicida e capina manual, controle de pragas e doenças e as adubações anteriormente comentadas.

O experimento foi desenvolvido em delineamento de Blocos ao Acaso (DBC) com três repetições. As parcelas foram compostas por seis linhas, com doze plantas cada. As duas linhas de cada extremidade da parcela, e as duas primeiras e duas últimas plantas de cada linha foram consideradas como bordadura, gerando um total de 40 plantas úteis por parcela.

A indução floral foi realizada com ethefon (Ethrel[®]), na dose recomendada para a cultura no 11º mês após o plantio, e a colheita dos frutos iniciado seis meses após a indução floral artificial.

4.4 ANALISE DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO

Uma semana antes da indução floral foram coletadas, ao acaso, sete folhas D de plantas úteis por parcela. O comprimento foi medido da bainha do feixe à outra extremidade e a largura foi medida através da parte mediana da folha D no eixo longitudinal, ambos com o auxílio de uma trena graduada em milímetro. As amostras foliares foram pesadas, para determinação da massa de matéria fresca e acondicionadas em estufa de circulação forçada, até massa constante, para determinação da massa de matéria seca das folhas D. As folhas foram moídas em moinho tipo Willey e mineralizadas por via úmida com solução sulfúrica, para determinar os teores totais de nitrogênio, fosforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, manganês, ferro, zinco e boro.

Após a indução floral foi feito o levantamento na área útil do experimento do número de plantas mortas e plantas debilitadas que não frutificaram, por parcela. Foi feita a divisão da quantidade de frutos produzidos pelo número de plantas úteis na área que gerou o índice de frutificação (IF), permitindo aferição mais precisa da produtividade por tratamento no experimento.

4.5 PRODUTIVIDADE E PÓS-COLHEITA

Após seis meses os frutos foram colhidos e analisados para determinação da massa com coroa (MCC) e da massa sem coroa (MSC), comprimento do fruto (CF), diâmetro dos frutos (DF) e o diâmetro dos talos (DT). A partir PCC foi estimada a produção em $t\ ha^{-1}$. Determinou-se, no suco da região mediana da polpa dos frutos, a acidez total titulável (ATT, em % de ácido cítrico), os teores de sólidos solúveis totais (SST, em ° brix) e a relação SST/ATT (ratio) no laboratório de fisiologia vegetal do Centro Regional de Desenvolvimento Rural Nordeste, em Linhares, ES, pertencente ao INCAPER,

4.6 AMOSTRAGEM DO SOLO

Após a colheita dos frutos foram coletadas dez amostras simples de solo por parcela, na profundidade de zero a 20 cm, gerando uma amostra compostas de solo por parcela. Estas foram secas ao ar, destorroadas e analisadas para determinação do pH em H_2O , fósforo disponível (P), sódio (Na), potássio (K), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu) usando o extrator Mehlich-1, cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) usando o extrator KCL 1 mol/L, acidez potencial (H+Al) em correlação SMP, boro (B) extrator água quente, matéria orgânica (MO) método colorimétrico, soma das bases (SB) K + Ca + Mg + Na, CTE efetiva (t) SB + Al, CTC pH 7 (T) SB + H + Al, índice de saturação em bases (V) SB/CTC x 100, saturação em alumínio (IsNa) Al/t x 100.

4.7 ANÁLISE DE CONTAMINANTES BIOLÓGICOS NOS FRUTOS

Durante a colheita, no dia 15 de janeiro de 2012, foram coletados três frutos por parcela em todos os tratamentos para avaliação da contaminação biológica por coliformes termotolerantes (UFC: unidade formadora de colônia por g:ml) e Salmonella spp.(/25g:ml). As análises foram realizadas pelo CETAN (ANEXO II).

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Análises de variância de regressão simples ou múltipla foram aplicadas e selecionadas os melhores modelos para avaliar o comportamento das estimativas da variabilidade dos parâmetros avaliados. A significância foi testada pelo teste F, considerando-se apenas os efeitos significativos ($P \leq 0,05$) e o coeficiente de determinação (R^2) para determinar o grau de explicação de cada modelo de regressão. Todos os tratamentos foram submetidos ao teste de Dunnett para comparação com o tratamento controle ($N = 0$). Foram feitas correlações entre as características do solo e os teores de nutrientes encontrados na análise do tecido foliar e entre os parâmetros do solo e a produtividade, considerando apenas as correlações significativas ($P \leq 0,10$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O resultado da análise de solo da área experimental anterior a implantação do experimento revelou um solo com elevada acidez, pH 5,2 na profundidade zero a 20 cm e pH 5,1 na profundidade de 20–40 cm. Pelo teor do fósforo remanescente, pode-se estimar que o solo analisado apresentou características de solo de textura arenosa, baixos teores de fósforo (P), Magnésio (Mg) e teor considerado médio para o potássio (K) e o cálcio (Ca), baixo teor de Alumínio (Al) no solo, baixa acidez potencial (H + Al), baixa Saturação por bases (V), Soma das bases (SB) e teor de matéria orgânica (MO) para os padrões da cultura do abacaxi.

Os resultados apresentados evidenciam que a área na fazenda experimental de Sooretama, que já vem sendo explorada com fins agrícolas, apresenta condições de pH adequado para o desenvolvimento da cultura do abacaxi. Os macronutrientes fósforo e potássio apresentaram teores baixos na análise de solo, porém tiveram os teores ajustados em todos os tratamentos pela adição de superfosfato simples no sulco e cloreto de potássio em doses parceladas em cobertura.

5.2 EFEITO DA DOSE DE LODO DE ETE NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

Aos 17 meses após a aplicação do lodo de ETE no solo foi feita a análise do solo das parcelas experimentais. Os resultados das características avaliadas encontram-se nas tabelas 5 e 6 e foram discutidos nesse capítulo quando observada a relação funcional nas regressões ou modelos hiperbólicos entre o efeito da dose de lodo de ETE e o parâmetro no solo e o efeito da comparação entre o tratamento 3 (N=0) e os outros tratamentos.

TABELA 5 – pH do solo, fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), alumínio (Al³⁺) e acidez potencial (H + Al), Soma das bases trocáveis, CTC a pH 7(t) e CTC efetiva (T), decorrente dos tratamentos com esterco de cama de frango, sulfato de amônia e lodo de ETE.

Tratamentos	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T
	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³						
T1	6,03 ⁽¹⁾	132,6*	99	11	4,4	0,2	0,03	1,7	4,9	5	6,6
T2	6	54,3	85,6	9	3,5	0,16	0,16	2,13	3,8	4	6
T3	5,06	31,6	68	7,6	2,2	0,13	0,13	2,6	2,5	2,6	5,1
T4	7,33**	85,3	102	9	5,8	0,13	0	0,83**	6,2*	6,2*	7
T5	7,63**	89,6	118,3	10,6	6,6*	0,13	0	0,63**	7*	7*	7,7
T6	7,96**	93	98,6	10,3	6,8*	0,1	0	0,6**	7,1*	7,1*	7,7
T7	7,8**	74	114,6	12	6,5*	0,1	0	0,7**	6,9*	6,9*	7,6
T8	7,96**	72,3	96,3	16	5,5	0,13	0	0,6**	5,9	5,9	6,5
T9	8**	27,3	64	12	6,8*	0,06	0	0,6**	7*	7*	7,6

⁽¹⁾Média de três repetições; pH em água – relação 1:2,5; P – Na – K extrator Mehlich-1; Ca – Mg – Al extrator KCl-1 mol l⁻¹; H + Al – correlação com pH SMP; SB – soma das bases trocáveis; t – Capacidade de troca catiônica efetiva; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7(CTC). *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste de Dunnett, ^(ns) não significativo. T1 – esterco de cama de frango; T2 sulfato de amônia; T3 controle; T4 a T9 doses crescentes de lodo de ETE.

TABELA 6 - Saturação em bases, índice de saturação em alumínio (m), Índice de saturação em sódio (ISNa) e matéria orgânica (MO) e micronutrientes decorrente dos tratamentos com esterco de cama de frango, sulfato de amônia e lodo de ETE.

Tratamentos	V	m	ISNa	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	%	dag kg ⁻¹			mg dm ⁻³				
T1	73,3 ⁽¹⁾	0,6	0,1	1,7	9,2	55,7	16,1	1,7	0,31
T2	58,3	7,3	0,1	1,8	13,3	125	21,4	1,7	0,28
T3	48,6	5,3	0,1	1,7	16	31,3	12,8	1,3	0,31
T4	87,6**	0	0,06	1,7	11,1	73	18,9	1,5	0,28
T5	91,3**	0	0,1	1,8	11,3	64,6	12,5	1,8	0,28
T6	92,3**	0	0,06	1,8	12,6	86	16,7	2	0,27
T7	91**	0	0,06	1,8	12,7	43	15	1,3	0,33
T8	89**	0	0,1	1,9	9,3	60	12,7	2,1*	0,35
T9	92**	0	0,06	1,9	12,6	92,3	12,8	2,2*	0,34

⁽¹⁾Média de três repetições; V – índice de saturação em bases; MO – matéria orgânica (C. org. x 1,724); P – rem – fósforo remanescente; Zn – Cu – Fe – Mn extrator Mehlick – 1; B – extrator água quente. *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste de Dunnett, ^(ns) não significativo. T1 – esterco de cama de frango; T2 sulfato de amônia; T3 controle; T4 a T9 doses crescentes de lodo de ETE.

As características químicas do solo: pH, acidez potencial, matéria orgânica, fósforo, boro e sódio, encontrados na análise do solo apresentaram um modelo de regressão significativo ($p \leq 0,05$), sendo o modelo capaz de explicar o efeito da dose de lodo de ETE sobre a característica avaliada (Tabela 7).

TABELA 7 - Equação de regressão do pH (pH em H₂O), fósforo (P em mg dm⁻³), acidez potencial (H+Al em molc dm⁻³), matéria orgânica (MO em dag kg⁻¹) e Boro (B em água quente) no solo, 17 meses após a aplicação de lodo de ETE decorrente da aplicação de doses crescentes de lodo de ETE.

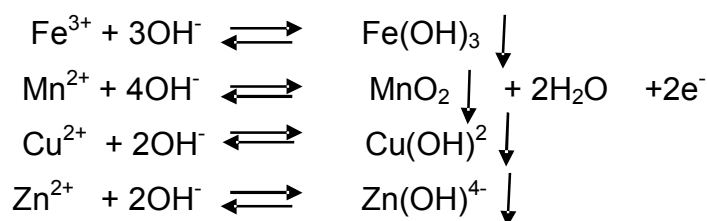
Equação	R ²
pH = 8,10515 – 78,8119/x **	0,89
P = 65,27 + 0.23019*x - 0,00047619*x ²	0,92
H + Al = - 0,55692+ 25,5163/x *	0,74
MO = 1,96574 -28,3451/x **	0,85
B = 1 / (3,83899 - 0.00171743*x)	0,75
Na = 6,9857 + 1,0214x*	0,67

*, **: significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste F.

Aos 17 meses após a aplicação de lodo de ETE no solo foi, observada elevação no pH dos solos em função do caráter alcalino conferido pela higienização do lodo com a adição de cal virgem (30%) (Figura 2). A elevação nas doses de lodo de ETE neutralizou a acidez do solo (Tabela 5). O modelo hiperbólico foi selecionado para explicar a elevação dos valores estimados até um ponto em que o pH se estabilizaria. Provavelmente a aplicação do lodo de ETE caleado no sulco de plantio, incorporado, maximizou o efeito de correção da acidez do solo, elevando excessivamente o pH do solo.

Alcarde (1983) considera a cal virgem um corretivo de acidez dos solos devido aos seus constituintes neutralizantes, um óxido ligado ao cálcio com caráter alcalino. É possível calcular a capacidade de neutralização relativa à cal virgem, tomando como padrão o índice de equivalência com o carbonato de cálcio (E_{CaCO₃}). Assim um grama de cal virgem com 45% de CaO tem uma ação neutralizante de 45 x 1,79 = 80,55%, isto é 100kg de cal virgem tem poder de neutralização equivalente a 80,55kg de carbonato de cálcio (CaCO₃) (ALCARDE, 1996).

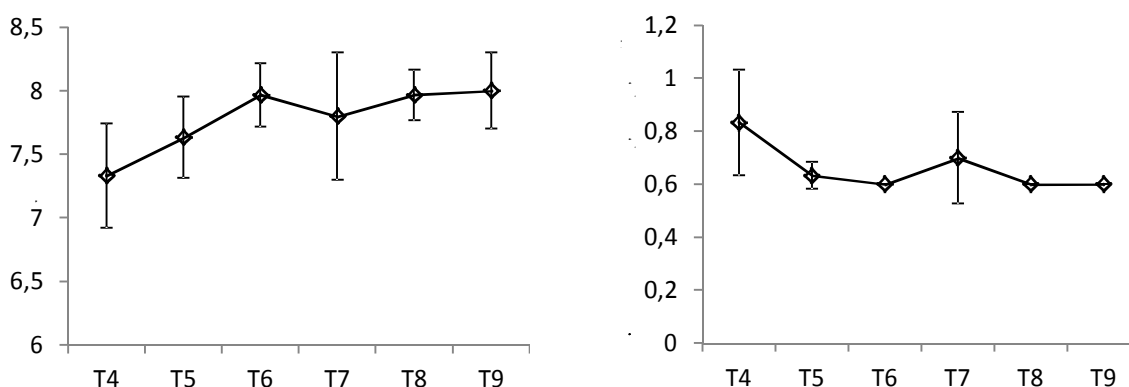
Esse dado evidencia o forte poder neutralizante da cal virgem na acidez do solo, elevando a teores de pH a 8,0 (Tabela 5), e se diferenciando dos tratamentos sem a adição de dose de lodo de ETE. A supercalagem é tão prejudicial quanto à acidez elevada, com o agravante da sua reversão ser muito mais difícil. Souza et al. (2007) cita a precipitação de diversos nutrientes do solo, como o fósforo (P), zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu) e o manganês (Mn), em razão da elevação do pH, tendo como consequência a indisponibilidade desses elementos a planta.



Os cuidados com a elevação do pH do solo em função da calagem a valores acima do adequado para a cultura, que são compreendidos entre 4,5 a 5,5; devem ser observados como forma de prevenir a situação acima descrita (SOUZA; CUNHA, 2000).

A elevação do pH do solo decorrente do resíduo calcado foi capaz de precipitar todo Al^{3+} , um cátion de caráter ácido, na forma de hidróxidos, indisponibilizando o elemento químico no sistema solo-planta.

FIGURA 2 – Efeito da aplicação de lodo de ETE sobre o pH do solo e a acidez potencial ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), aos 17 meses em função da aplicação de doses crescentes de lodo de ETE na Fazenda Experimental de Sooretama. Barras verticais indicam o desvio padrão; T4 a T9 tratamentos com doses crescentes de lodo de ETE.



De acordo com Foy, (1974), geralmente nos solos com acidez elevada, o alumínio é o principal elemento que tem efeito fitotóxico na forma de cátions trivalentes Al^{3+} hidratado $\text{Al}(\text{OH})_2$ ou quando parcialmente hidrobilizado $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, afetando o sistema radicular. Fageria (1998) cita o pH como sendo o principal fator que controla as concentrações de alumínio disponíveis para a planta na

solução do solo, porém a solubilidade é muito baixa em pH 5,5, sendo a toxidez mais severa em solos com pH 5,0 ou menor. No solo utilizado para o experimento, os teores de alumínio já eram baixos em função do pH 5,2 encontrado na análise de solo (Tabela 5).

O mesmo comportamento foi observado com a acidez potencial ($H + Al$), adotando um modelo hiperbólico inverso (Figura 3) para explicar a redução nos valores estimados até um ponto de estabilização próximo a zero (Tabela 7). Essa acidez, composta pela acidez trocável e a acidez não trocável teve uma correlação negativa com o pH do solo ($r = - 0,89$; $p < 0,01$).

Foi observada uma correlação positiva entre o pH e a matéria orgânica (MO) no solo, ($r = 0,88$; $p < 0,01$), esse fator é atribuído ao efeito provocado pela elevação da dose de lodo de ETE ao meio, que além de proporcionar a elevação do pH, foi uma fonte de elevação da matéria orgânica no solo.

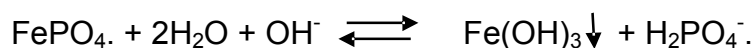
Apesar de não ter sido possível estabelecer um modelo válido, pode-se observar que a elevação nos teores de lodo e conseqüentemente de cal virgem aplicado, elevaram os teores de cálcio no solo (Tabela 5), diferindo significativamente das menores doses e dos tratamentos sem adição de lodo de ETE. Essa alteração nos valores estimados de cálcio proporcionaram a elevação da soma das bases (SB) que é a soma dos teores estimados pela análise de solo de ($K + Ca + Mg + Na$), da CTC efetiva (t) que é a soma das bases (SB) + alumínio (Al) (Tabela 5); e da saturação em bases (V) (Tabela 6) que é a Soma das bases dividida pela CTC e multiplicada por 100 (Tabela 6).

O fósforo (P) no solo assumiu uma relação funcional quadrática (Tabela 7 e Figura 3). O efeito pode ser explicado pelo maior desgaste do extrator Mehlich 1 (H_2SO_4 0,025N em HCl 0,05), formado por uma solução de ácidos fracos em contato com o pH elevado dos solos que receberam as maiores dosagens de lodo de ETE. Esse fato legitima a relação quadrática entre a detecção do elemento na análise de solo e o seu comportamento. De acordo com Silva e Rajj (1999), os métodos de extração do Mehlich 1 e Bray 1 são os mais eficazes em solos ácidos, porém, não indicados para solos alcalinos.

Sanyal e De Matta (1991) relatam que embora haja um aumento na capacidade máxima de adsorção do fósforo pelo aumento no teor de matéria orgânica, a adição da matéria orgânica na forma de esterco causou um efeito de competição dos ácidos orgânicos com alta energia pelos sítios de ligação no solo de adsorção do fósforo, tornando o P mais disponível para as plantas. Moléculas com maior nível de grupos funcionais como o OH^- e o COOH^- , foram mais efetivos na competição pelos sítios de adsorção tornando o P numa forma lábil para as plantas. Porém, apesar de efetivamente restringir a adsorção do P pelos solos, deve-se levar em consideração o fato de que alguns ácidos orgânicos são rapidamente mineralizados pela ação de microrganismos, sendo assim, essa forma de liberação do P para as plantas deve ser associada à taxa de mineralização da MO e a sua reposição ao sistema, por meio de aplicações contínuas desses ácidos (HUE, 1991; IYAMUREMYE; DICK, 1996, NOVAIS; SMYTH, 1999).

A concentração de P no resíduo orgânico é outro parâmetro que deve ser levado em consideração. Apesar de o lodo de ETE caleado possuir 0,06% de P na sua composição final (Tabela 3), esse valor não reflete o valor do P-orgânico no lodo de ETE bruto, e sim o efeito da diluição pela cal virgem, que não contém o elemento químico P em sua composição, dessa forma não é refletido o teor original de P na composição que era de 0,69%. Quando o valor de P é inferior a 0,2% no resíduo, ocorre à imobilização do P na solução do solo na forma mineral pelos microrganismos para mineralização da do P-orgânico (IYEMUEMYE; DICK, 1996). O teor de P no esterco de cama de frango (1,87%) foi o responsável pelo maior valor encontrado durante a análise entre todos os tratamentos, gerando diferença estatística quando comparada aos outros tratamentos. Novais et al. (2007) correlaciona o aumento e diminuição da concentração do P no solo em função da elevação do pH, devido à redução da acidez e aumento de OH^- na solução do solo, aonde em seus extremos há a precipitação do elemento.

Em solos ácidos:

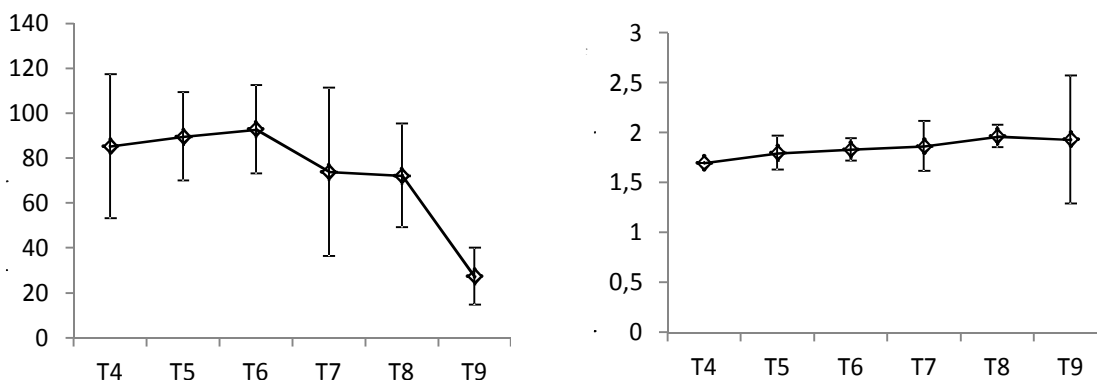


Em solos alcalinos:



O efeito da cal virgem sobre a elevação do pH na solução do solo, pode ter gerado a precipitação do P, nas maiores doses de lodo de esgoto, houve o desgaste do extrator, que impossibilitou a quebra da ligação do fosfato de cálcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), mascarando o teor de P no solo, esse resultado gera uma relação quadrática entre o P no solo e o efeito da dose de lodo de ETE. De acordo com Dean (1949); HSU (1965); Samples et al. (1980) e Novais & Smyth (1999), a ocorrência de precipitação e a formação de compostos de composição pouco solúveis em reações do P com as formas iônicas de Al^{3+} e de Fe^{2+} em solos ácidos ou o Ca^{2+} em solos neutros ou alcalinos. No solo dos tratamentos o efeito quadrático explicado como um somatório entre a maior disponibilidade de P causada principalmente pelo bloqueio dos sítios de ligação no solo e o desgaste do extrator em pH elevado nas maiores doses de lodo de ETE, e como consequência, altas doses de cal virgem. O pH muito alcalino do solo levou a precipitação de fosfatos adicionados ao solo (SAMPLE et al., 1980). O extrator mehlich 1 é capaz de quebrar a ligação do fosfato de cálcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) em solos ácidos, característicos país, porém com a elevação do pH houve o desgaste do extrator, impossibilitando a sua detecção.

FIGURA 3 – Efeito da aplicação de lodo de ETE em função da elevação da dose no fósforo (mg dm^{-3}) e na matéria orgânica (dag kg^{-1}) no solo, aos 17 meses em função da aplicação de doses crescentes de lodo de ETE na Fazenda Experimental de Sooretama. Barras verticais indicam o desvio padrão; T4 a T9 tratamentos com doses crescentes de lodo de ETE.



A matéria orgânica (MO) apresentou uma relação funcional hiperbólica (Tabela 7) e foi elevada até a dose de 400 kg de N na forma de lodo de ETE com tendência a estabilização em doses acima da referida (Figura 4). Foi observada uma forte correlação entre o pH e a MO (0,88, $p < 0,01$), mostrando que essas duas características foram alteradas da mesma forma em função da elevação da dose de lodo aplicada.

A matéria orgânica presente no lodo de ETE, também classificada como matéria orgânica leve (MOL), contribui com cerca de 3–20% do carbono orgânico total (COT) do solo, que naturalmente é composta por restos vegetais em diversos estádios de decomposição (SOARES, 2005; SILVA; MENDONÇA, 2007).

A matéria orgânica leve é caracterizada em razão da sua composição química, pela alta disponibilidade aos microrganismos do solo e pelas sensibilidades do meio (ROSCOE; BUURMAN, 2003). Em plantios comerciais de abacaxi, com alto revolvimento do solo e eliminação e combate de plantas daninhas sem a produção de material vegetal para produção *in situ* de matéria orgânica, a adição de uma fonte de matéria orgânica como o lodo de ETE se mostra como uma estratégia interessante de manejo. O ambiente agrícola com aporte de nutrientes, associados à umidade do solo promovida pela irrigação e a temperatura elevada são um estímulo ao aumento da atividade de microrganismos no solo, contribuindo para a decomposição da matéria orgânica (SILVA; MENDONÇA, 2007). A continuidade do monitoramento do solo em relação à matéria orgânica se faz necessária, com rotação no cultivo das áreas de plantio de abacaxi visando à preservação e manutenção da fração de matéria orgânica leve no solo, como forma de mitigar a sua decomposição.

Por apresentar o sistema radicular superficial e crescimento inicial lento, no sistema tradicional de cultivo do abacaxi faz-se uso de capinas e aplicação sistemática de herbicidas para controle de plantas daninhas que podem atrasar o desenvolvimento e reduzir a sua produção (REINHARDT, 2000). Essa forma de cultivo elimina qualquer forma de deposição de folhas e restos vegetais *in situ* na área gerando apenas a degradação da matéria orgânica inicial presente no

sistema. A aplicação de uma fonte exógena de MO contribui para suprir a carência e a degradação da MO no sistema de cultivo adotado.

Os micronutrientes, com exceção do boro (B) (Tabela 7) não apresentaram modelos válidos para o efeito da dose de lodo de ETE, apresentando comportamento anômalo. Não há como relacionar a aplicação do lodo de ETE e o acréscimo ou decréscimo dos teores de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) (Tabela 6).

O boro (B) apresentou um incremento no solo em função da dose de lodo de ETE aplicada (Figura 4). O B se diferencia dos outros micronutrientes por ser aniônico e ter sua faixa de disponibilidade no solo para as plantas entre os pH 5 a 7. Por estar associado à matéria orgânica característica que apresentou comportamento similar. Foi observada uma correlação positiva ($r=0,84$; $p<0,05$) entre o comportamento da matéria orgânica no solo e o teor de boro no solo em função da dose de lodo de ETE aplicado. A sua liberação para planta, é variável em função da taxa de mineralização da matéria orgânica do solo.

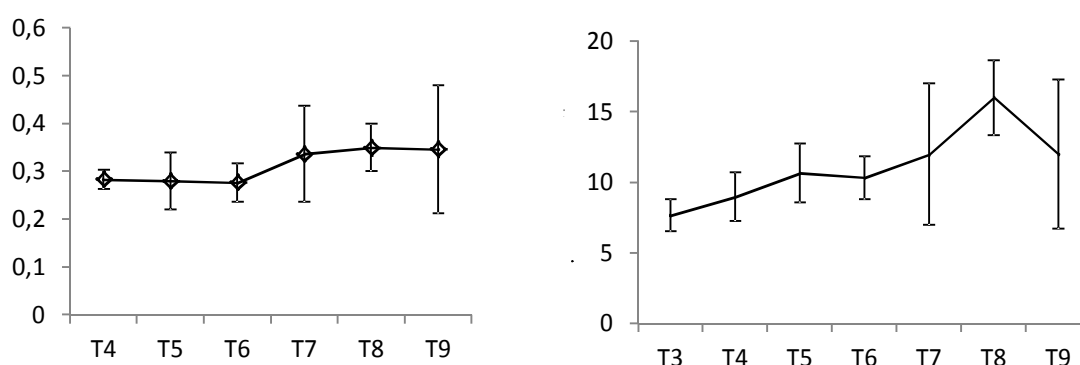
A natureza das reações do B com a matéria orgânica não é bem entendida, mas pode envolver grupos de hidroxilas nos complexos orgânicos e as condições de solo que favorecem a decomposição da matéria orgânica, resultam no aumento da disponibilidade de B para as plantas. (ABREU et al., 2007). Silva e Ferreira (1998) verificaram correlação positiva ($r = 0,619$; $p<0,01$) entre os teores de matéria orgânica e do B pelo mesmo método de extração por água quente do trabalho.

Alguns desses micronutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta, também são considerados metais pesados. Esse é o caso do zinco e do cobre, além do molibdênio que não é analisado em de análise de solo padrão. O zinco e o cobre apresentam um comportamento similar no solo, porém, neste trabalho não foram observadas alterações significativas no teor de zinco no solo; já o cobre apresentou acréscimo nos tratamentos com as maiores doses de lodo de ETE (Tabela 6) e esse comportamento pode ter ocorrido em função da formação de complexos estáveis, ligado à matéria orgânica no solo, fato relatado por Abreu

et al., (2007). Apesar do acréscimo no solo é citado na literatura que a disponibilidade do zinco e do cobre para as plantas no solo decresce linearmente em razão da precipitação desses elementos causada pela elevação do pH do solo (MALAVOLTA, 1982).

Outro fator que se deve salientar nesse trabalho é a correlação entre o comportamento do sódio (Na) e a matéria orgânica no solo ($r= 0,88 < 0,01$), mostrando uma possível forma de salinização no solo em doses mais elevadas de lodo de ETE, efeito esperado pelo fato do biossólido conter o elemento químico. Apesar de não haver o elemento em alta concentração. Garcia et al. (2009), relata e faz uma revisão de literatura sobre a contaminações pelo excesso de sódio em alguns efluentes, incrementando sua taxa no solo. O efeito do excesso de sais prejudica o comportamento vegetativo e produtivo das plantas pela ação de efeitos diretos sobre o potencial osmótico e dos íons potencialmente tóxicos na solução do solo (CAVALCANTE, 2000; FREIRE et al., 2003).

FIGURA 4 – Efeito da aplicação de lodo de ETE sobre o boro (mg dm^{-3}) e o sódio (mg dm^{-3}), aos 17 meses em função da aplicação de doses crescentes de lodo de ETE na Fazenda Experimental de Sooretama. Barras verticais indicam o desvio padrão; T4 a T9 tratamentos com doses crescentes de lodo de ETE.



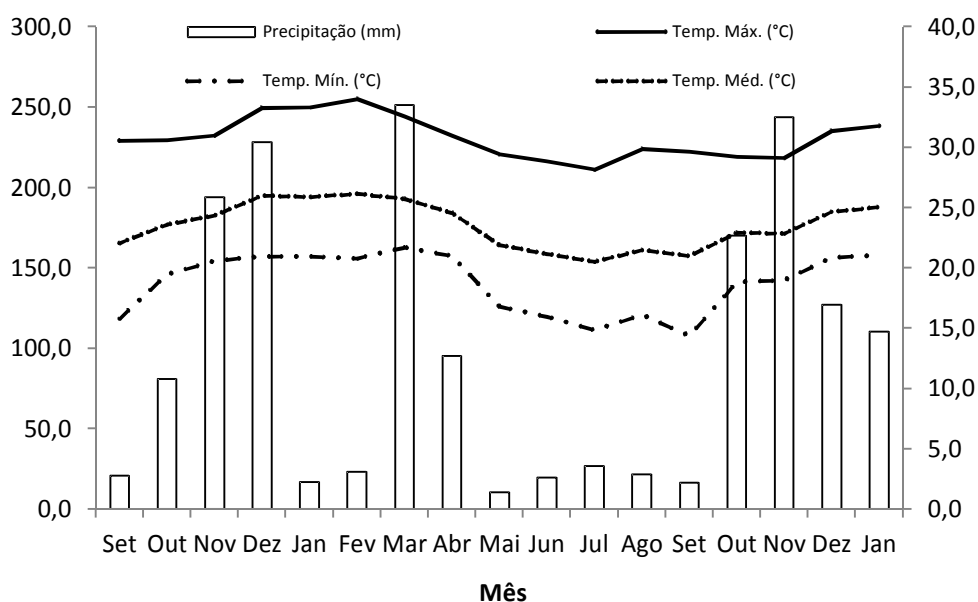
Foi possível estabelecer uma relação funcional linear (Figura 4) entre a elevação da dose de lodo de ETE e a elevação nos teores de sódio o solo (Tabela 7). Encontram-se na literatura relatos de elevação nos teores de Na trocável em solos fertilizados com lodo de ETE (ROSS et al., 1990; HUE, 1995; NASCIMENTO et al., 2004), esse fator se deve basicamente a presença do elemento em quantidades variáveis nas amostras de lodo. A elevação nos teores

de Na não foi significativa (Tabela 9) no presente trabalho basicamente devido ao baixo teor do elemento no lodo, havendo uma elevação linear basicamente em função da alta quantidade de lodo aplicada no solo.

5.3 DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO ABACAXI E TEOR DE NUTRIENTES NA FOLHA D

A Figura 5 apresenta os dados das temperaturas (°C) máxima, média e mínima mensais e a pluviosidade (mm) durante todo o período de condução do experimento no campo, obtidos na estação meteorológica localizada na Fazenda Experimental de Sooretama.

FIGURA 5 – Precipitação mensal (mm) e a média mensal das temperaturas máxima, média e mínima (°C) nos meses de setembro de 2010 a janeiro de 2012, de acordo com dados da estação meteorológica na fazenda experimental de Sooretama.



Fonte: Incaper

Nas condições climáticas encontradas durante o período de condução do experimento no campo (Figura 5), pode-se observar que a temperatura média permaneceu dentro de uma faixa adequada (22° C e 32° C) para o ótimo desenvolvimento da cultura e melhor qualidade do fruto. A série histórica de precipitação durante o experimento mostra um nível de precipitação acumulada (mm) de 990 mm nos primeiros doze meses (set/2010 a ago/2011), abaixo do

nível adequado compreendido entre 1000 e 1500 mm recomendados para a cultura do abacaxi, para o desenvolvimento de folhas e raízes recomendado por Reinhardt, Souza e Cunha (2000). Esse dado mostra que o abacaxi foi cultivado sob condições adequadas de temperatura, porém abaixo das condições adequadas de precipitação, passando por períodos de estresse hídrico durante o seu desenvolvimento vegetativo. Esse estresse hídrico pode ter dentre os vários problemas causados, prejudicado o transporte de nutrientes para as plantas, refletido negativamente no crescimento e no desenvolvimento vegetativo do abacaxizeiro.

Foram observadas uma elevação no teor de Enxofre (S) e uma redução no teor de manganês (Mn) em função da elevação da dose de lodo de ETE aplicada entre os tratamentos pelo teste de Dunnett (Tabela 8).

TABELA 8 – teores de macro e micronutrientes no tecido foliar do abacaxizeiro no período da indução floral.

Tratamentos	dag kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Fe	Zn	B
T1	1,36 ⁽¹⁾	0,20	3,49	0,45	0,13	0,09	4,3	87,3	61,6	19	29,3
T2	1,43	0,17	3,23	0,41	0,11	0,08	4,6	131,6	58,3	20	27,6
T3	1,26	0,17	3,56	0,5	0,13	0,08	4,3	112	58,3	20	32,6
T4	1,33	0,22	3,36	0,4	0,1	0,08	5,3	78,6	80,3	20	23
T5	1,33	0,24	3,68	0,5	0,15	0,08	5	80	43,6	19,3	30,3
T6	1,26	0,18	3,33	0,45	0,1	0,09	4,3	78	57,3	18,6	24,6
T7	1,23	0,24	3,35	0,41	0,11	0,1*	5	55,6**	58,6	20,6	24,6
T8	1,26	0,17	3,29	0,46	0,11	0,09	4,3	60,6**	57,6	16,6	25,3
T9	1,23	0,17	3,22	0,5	0,1	0,1*	4,6	50,6**	55,6	18	26,3

⁽¹⁾Média de três repetições. *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste de Dunnett, ^(ns) não significativo. T1 – esterco de cama de frango; T2 sulfato de amônia; T3 controle; T4 a T9 doses crescentes de lodo de ETE.

O requerimento pela planta de macro e micronutrientes é baixo até os quatro meses de idade em função da lenta formação do sistema radicular, período em que o requerimento começa a crescer linearmente até a indução floral, aonde praticamente é cessado novamente (LACOEUILHE, 1978; INGAMELLS 1981)

O aumento nas doses de lodo de ETE no solo proporcionou a seleção de modelos que mostraram o comportamento do enxofre (S), Ferro (Fe) e o Boro (B),

apresentando um modelo hiperbólico para os teores foliares de S e o Fe e um modelo log-recíproco para o B (Tabela 9).

TABELA 9 - Equação de regressão do teor de S, Fe e B das folhas D do abacaxi 'Vitória', à época da indução floral (11 meses após o plantio), decorrente da aplicação de doses de lodo de ETE.

Equação	R ²
$S = 0,101237 - 1,66337/x^*$	0,70
$Fe = - 42,9578 + 3643,00 /x^*$	0,66
$Log B = 1,37372 - 20,5054 /x^*$	0,68

*Significativo a 5% pelo teste F.

A elevação do pH do solo gerou efeitos indiretos sobre a disponibilidade de alguns nutrientes para as plantas como o fósforo ($r = -0,84$; $p \leq 0,01$); enxofre ($r = 0,84$; $p \leq 0,05$), ferro ($r = -0,79$; $p \leq 0,05$), zinco ($r = -0,71$; $p \leq 0,05$) e o boro ($r = 0,85$; $p \leq 0,05$). A disponibilidade desses nutrientes está estritamente relacionada a propriedades químicas tais como as reações de sorção, dessorção e precipitação dos íons inorgânicos que ocorrem em solos e que influenciam diretamente o crescimento das plantas (SOUSA et al., 2007).

O teor de enxofre(S) na folha D apresentou uma relação funcional hiperbólica significativa com a elevação da dose de lodo de ETE (Tabela 9). Normalmente, a quase totalidade de S dos solos encontra-se na forma orgânica, sendo esta considerada a principal reserva deste nutriente (ALVAREZ V. et al., 2007). O íon SO_4^{2-} é a forma na solução do solo absorvida pela planta sendo o enxofre parte constituinte de alguns aminoácidos (cisteína e metionina), várias coenzimas e vitaminas (acetil coenzima A, S-adenosilmetionina, biotina, vitamina B₁, ácido pantotênico) essenciais ao metabolismo da planta (TAIZ; ZIEGER, 2009).

Houve uma correlação significativa entre o teor de matéria orgânica no solo e o S no tecido foliar ($r = 0,78$; $p < 0,05$), havendo aumento da disponibilidade do nutriente e a absorção pelas plantas em função do teor de matéria orgânica no solo. A elevação do teor de S no tecido foliar nos tratamentos com as maiores doses de lodo é maior do que nos tratamentos sem a adição do lodo de ETE (Tabela 8). Essas diferenças encontradas apenas nas três maiores doses de lodo

de ETE são basicamente em função do teor de MO aplicado junto ao lodo de ETE. O S é muito encontrado em solos em que o material de origem são rochas ígneas de material magmático. Primavesi (1999) cita a calagem como uma forma de aumento da disponibilidade no solo, pois o SO_4^- interage com as cargas positivas do solo, que podem ser as cargas positivas de argilas de baixa atividade, argilas silicatadas do tipo 1:1 e, sobretudo em solos ricos em hidróxidos e óxidos de ferro e alumínio, principais responsáveis pela sua adsorção. Esse fator é observado no experimento, pela forte correlação entre a elevação do pH do solo e a absorção do S pela planta ($r=0,84; p<0,05$).

O ferro (Fe) na planta apresentou uma relação funcional hiperbólica significativa em função da elevação da dose de lodo de ETE aplicada no solo (Tabela 9). A redução nos teores de Fe em função da dose de lodo de ETE pode ser explicada em grande parte em função da correlação à elevação do pH e a indisponibilidade do elemento para a planta ($r= - 0,79; p<0,05$) e da correlação positiva com a acidez potencial do solo ($r= 0,88; p<0,01$). Dechen & Nachtigall. (2006) avaliou o efeito da calagem sobre a dinâmica do Fe, Mn, Cu e Zn, reduzindo a solubilidade dos elementos no solo sendo o Fe e o Zn os mais afetados. Efeito similar foi verificado por Borges e Coutinho Filho (2004), em que com o aumento do pH devido a aplicação do biossólido (lodo de ETE caleado), gerou a redistribuição do Fe da fração trocável para a fração ligada a matéria orgânica ou óxidos menos disponíveis para a planta.

O ferro na planta exerce papel de componente de enzimas envolvidas na transferência de elétrons (reações redox), como citocromos, leguemoglobina, catalase, peroxidase, dismutase do superóxido, etc, sendo reversivelmente oxidado de Fe^{2+} a Fe^{3+} durante a transferência de elétrons (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). O ferro faz parte de enzimas que catalisam a biossíntese da clorofila e na sua ausência, a planta só apresenta os pigmentos xantofila e caroteno (TAIZ; ZIEGER, 2009).

O boro (B) apresentou uma relação funcional significativa em função da dose de lodo de ETE aplicada no solo (Tabela 9). O incremento nos níveis no nutriente em função da elevação das doses de matéria orgânica (MO) promovidas pela

elevação da dose de lodo de ETE foi a grande responsável pelo aumento nos níveis do elemento no solo. O boro, ligado a matéria orgânica, está em uma forma disponível para a planta.

A elevação do pH do meio pode ter favorecido a decomposição da matéria orgânica, sendo observado a correlação positiva entre os teores de B na folha e o pH do solo ($r = 0,85$; $p < 0,05$). Existe a possibilidade de que o B inserido no solo via matéria orgânica ter sido biodisponibilizado em função da maior degradação da matéria orgânica promovida pela elevação do pH no solo.

Evidências sugerem que o boro atua no alongamento celular, síntese de ácidos nucleicos, respostas hormonais e no funcionamento de membranas (TAIZ; ZIEGER, 2009). Dechen & Nachtigall (2006), cita ainda um papel importante do boro no florescimento, no crescimento do tubo polínico, nos processo de frutificação, no metabolismo do N e na translocação de açúcares e metabolismo de carboidratos.

Além do ferro, a absorção do zinco (Zn) pelo abacaxizeiro foi reduzida em função da alteração no pH do solo. O efeito foi observado em função da correlação negativa ($r = -0,75$; $p < 0,05$) entre o efeito do pH e o teor foliar do elemento e correlação entre o zinco e a acidez potencial ($r = 0,80$; $p < 0,05$) na folha D. Abreu et al. (2007) cita que a maior disponibilidade do nutriente ocorre na faixa de pH 5,0 a 6,5.

Foi observada uma redução significativa nos teores de manganês nas maiores doses de lodo de ETE, comparados ao outros tratamentos (Tabela 8). Como já vem sendo discutido, a elevação do pH do solo teve influencia direta na menor concentração do micronutriente catiônico no tecido foliar, provavelmente sendo encontrado precipitado na forma de MnO_2 . Dechen e Nachtigall (2006), cita o manganês como essencial a síntese de clorofila, sendo a sua função principal relacionada a ativação de enzimas, em particular as descarboxilases e desidrogenases envolvidas no ciclo dos ácidos tricarbóxicos. Na fotossíntese o manganês está envolvido na fotólise da água no Fotossistema II.

Os dados do trabalho coincidem com relatos de Malézieux e Bartholomew (2003), que cita que as respostas ao manejo de nutrientes são drasticamente afetadas por condições do solo, que afetam o desenvolvimento radicular: Patógenos, nematóides, alagamento e solos mal drenados que podem facilmente inibir a assimilação de nutrientes e as respostas ao efeito da aplicação de fertilizantes na cultura do abacaxi, sendo vários sintomas do estresse da planta associados apenas a deficiências nutricionais sem que haja correlação a nutrição ao problema.

Em relação às medidas de crescimento não foi observado diferenças significativas entre as formas de fertilização e o comprimento, largura, e massa da matéria seca da folha D (Tabela 10).

TABELA 10 – Comprimento da folha D (COM); largura da folha D (LAR), massa da matéria fresca (MMF) e massa da matéria seca (MMS).

Tratamentos	COM	LAR	MMF	MMS
	cm	Cm	g	g
T1	79,94 ^{ns}	5,57	58,30	9,89
T2	82,54	5,67	59,64	10,31
T3	80,27	5,6	59,28	9,91
T4	79,5	5,76	59,16	9,99
T5	80,43	5,57	61,54	10,59
T6	81,44	5,55	61,28	10,38
T7	78,87	5,41	55,09	10,07
T8	79,09	5,48	57,78	9,96
T9	82,89	5,74	61,92	10,41

(^{ns}) não significativo pelo teste de Dunnett. T1 – esterco de cama de frango; T2 sulfato de amônia; T3 controle; T4 a T9 doses crescentes de lodo de ETE.

O baixo índice de precipitação durante o período desfavoreceu o desenvolvimento vegetativo de todos os tratamentos, apresentando resultados médios abaixo do estimado por Ventura (2006), para o abacaxi 'Vitória' que encontrou valores médios do comprimento da folha D de 92,4 cm e largura da folha D de 10,48 cm.

Esse padrão de crescimento desuniforme é uma relação entre os vários fatores necessários ao crescimento e produção da planta: as relações de competição entre plantas, teor de nutrientes encontrados pela planta para o seu desenvolvimento, as condições edafoclimáticas, e a população de plantas por área. A incidência de uma menor população de plantas nas parcelas em função

da elevação da dose de lodo de ETE aplicadas favoreceu a exploração dos nutrientes do solo pelas plantas sobreviventes para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

De acordo com Zonta et al. (2006), é importante a associação de estudos relacionados à nutrição mineral a estudos e observação *in situ*, no campo visando o manejo e a observação de anomalias nas lavouras, já que é quando associados aos fatores edafoclimáticos, que o abacaxizeiro encontra condições fundamentais para o seu desenvolvimento no campo, podendo então ser definidas a otimização das práticas de adubação em função da densidade de plantio, irrigação, etc.

Nesse trabalho não foi possível associar o comportamento encontrado por Souza et al. (2009) em que o aumento da densidade de plantas de abacaxi foi o responsável pela diminuição do peso médio dos frutos por área; nesse trabalho não foi possível estabelecer a mesma correlação entre o aumento do número da densidade de plantas (menor número de plantas mortas por parcela) e o peso médio dos frutos, já que as plantas submetidas a doses elevadas de lodo de ETE caçado foram afetadas por outras alterações causadas ao solo do ambiente de cultivo.

Os valores do índice de frutificação (Tabela 11) decresceram de forma linear em função da dose de lodo de ETE aplicada, sendo que a maior dose de lodo de ETE proporcionou o menor índice de frutificação quando comparado ao tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

TABELA 11 – Índice de frutificação nos tratamentos com doses crescentes de lodo de ETE.

Tratamentos	Índice de frut. (%)
T1	0,91
T2	0,86
T3	0,86
T4	0,85
T5	0,8
T6	0,83
T7	0,71
T8	0,7
T9	0,66*

*Significativo a 5% de probabilidade; pelo teste de Dunnett,^(ns) não significativo. T1 – esterco de cama de frango; T2 sulfato de amônia; T3 controle; T4 a T9 doses crescentes de lodo de ETE.

O índice de frutificação seguiu o modelo de uma regressão linear negativo (Tabela 12), decrescendo em função da dose de lodo de ETE aplicada, sugerindo uma condição insalubre ao desenvolvimento da cultura nas condições proporcionadas pela elevação das doses de lodo de ETE.

O pH fora da faixa recomendada para o pleno desenvolvimento da cultura entre 4,5 e 5,5 (REINHARDT et al., 2000), sugere que esse parâmetro foi o principal limitante ao desenvolvimento da cultura. A elevação do pH no solo pode ter sido a causa do menor índice de frutificação nas maiores doses de lodo de ETE, porém não é possível correlacionar o menor índice de frutificação com o efeito do pH isoladamente, já que os efeitos indiretos da alteração do pH influenciaram negativamente o abacaxi no experimento.

TABELA 12 - Equação de regressão do índice de frutificação decorrente da aplicação de doses de lodo de ETE.

Equação	R ²
IF = 90,278- 3,9286x **	0,88

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A incidência de fungos de solo dos gêneros *Phytophthora* e *Pythium*, é relatada na literatura por possuir ocorrência esporádica, ser habitante natural em todos os solos e estar presente em todas as regiões produtivas do país, gerando perdas significativas apenas em áreas favoráveis ao desenvolvimento dos

microrganismos, sendo estas sempre associadas à elevação do pH no solo, e elevada umidade e temperatura.

Góes, (2005), Bartholomew, Paull e Rohrbach (2003), Reinhardt et al. (2000) e Matos, (2005); citam a elevação do pH, associado ao excesso de umidade, áreas sujeitas ao alagamento e temperaturas elevadas como fatores favoráveis a incidência da doença popularmente chamada de podridão do olho e podridão das raízes.

5.4 PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICAS PÓS-COLHEITA

Verificou-se que não foi possível estabelecer uma relação funcional entre as variáveis, comprimento do fruto, diâmetro do fruto e diâmetro do talo, sólidos solúveis totais e acidez titulável e doses de lodo de ETE, porém observou-se uma relação funcional polinomial entre a o peso da massa do fruto com coroa (PCC) e o peso da massa do fruto sem coroa (PSC) (Tabela 14) em função da dose de lodo de ETE aplicada (Tabela 13).

Os principais nutrientes que estão diretamente relacionados à massa e a qualidade em um fruto de abacaxi, de acordo com PY et al. (1987), N e K não são encontrados em altos teores no lodo de ETE utilizado. A aplicação do potássio em cobertura em todos os tratamentos mitigou qualquer efeito da dose ou do tratamento em relação aos teores de sólidos solúveis totais e acidez titulável entre os tratamentos. A ausência de um modelo de relação funcional entre os teores de N e K no tecido foliar em função da dose de lodo de ETE, ou a ausência de diferenças significativas entre os teores desses nutrientes observados nas plantas, sugerem que esses parâmetros não seriam afetados em função dos tratamentos.

O baixo índice pluviométrico (Figura 3) durante o período de crescimento vegetativo do abacaxizeiro no experimento teve influencia direta na absorção e disponibilidade de nutrientes para a planta, de modo que não foi possível estabelecer a superioridade entre um tratamento apenas pelos parâmetros avaliados nessas análises. Esse fato mais uma vez é constatado quando os

dados são comparados com os dados de Ventura et al. (2006), que sugerem valores maiores aos alcançados para todos os parâmetros avaliados.

TABELA 13 – Comprimento do fruto (CF); diâmetro do talo (DT); diâmetro do fruto (DF); peso da massa do fruto com coroa (PCC); peso da massa do fruto sem coroa (PSC); sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável (ATT).

Tratamentos	CF	DT	DF	PCC	PSC	SST	ATT
	Cm	Cm	Cm	Kg	kg	°brix	%
T1	13,38 ^{ns}	1,49	9,46	1,19	1,05	14,15	0,7
T2	12,79	1,59	9,62	1,13	0,99	14,51	0,69
T3	11,89	1,63	9,87	1,09	0,89	14,55	0,67
T4	12,94	1,26	9,82	1,17	1,02	13,03	0,69
T5	12,19	1,46	10,37	1,17	1,01	14,17	0,72
T6	12,91	1,49	9,65	1,13	0,98	14,21	0,69
T7	12,1	1,37	9,52	1,02	0,89	14,42	0,69
T8	12,4	1,38	9,55	1,05	0,91	14,52	0,69
T9	11,07	1,21	9,28	0,88	0,73	15,16	0,67

(^{ns}) não significativo pelo teste de Dunnett a 5%; CF, DT, DF em cm; MCC e MSC em kg; SST em °brix e acidez titulável em % ác. cítrico. T1 – esterco de cama de frango; T2 sulfato de amônia; T3 controle; T4 a T9 doses crescentes de lodo de ETE.

O peso do fruto, obtido com $0,8 \text{ kg de lodo m linear}^{-1}$ foi estimado em $1,178 \text{ kg}$ influenciado pelo desenvolvimento vegetativo da planta e em função da dose de lodo aplicada (Tabela 13). Doses crescentes de lodo de ETE geraram uma relação quadrática no peso do fruto, sugerindo que as interações dos fatores do solo, associados ao desenvolvimento vegetativo alcançado ao longo do período de crescimento beneficiaram o aumento de peso do fruto nas menores doses, passando a ter um efeito maléfico nas maiores doses de lodo. O aumento nas doses de lodo de ETE no solo proporcionou a seleção de modelo de regressão quadrático polinomial para os parâmetros peso do fruto com coroa (PCC) e sem coroa (PSC) e no índice de produtividade (TABELA 14).

TABELA 14 - Equações da regressão do peso da massa do fruto com coroa em kg (PCC), o peso da massa sem coroa em kg (PSC) e a produtividade (Prod.) decorrente da aplicação de doses de lodo de ETE ha^{-1} .

Equação	R ²
$\text{PCC} = 1,0414 + 0,0817x - 0,0148x^2^*$	0,88
$\text{PSC} = 0,8186 + 0,1155x - 0,0181x^2^*$	0,86
$\text{Prod.} = 25,804 + 1,2358x - 0,3777x^2^{**}$	0,91

** , * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

A produtividade (Prod.) apresentada é dada em razão do índice de frutificação do tratamento e do peso da massa do fruto com coroa (PCC) (Tabela 15). Os dados sugerem uma queda drástica na produtividade em função da dose de lodo de ETE aplicada ao solo. Não foram observadas diferenças significativas entre a produtividade em função do tipo de fertilização como fonte de nitrogênio, sugerindo que a aplicação de 8,841 ton. ha⁻¹ de lodo de ETE podem substituir a adubação orgânica e com sulfato de amônia nas suas doses usadas no trabalho.

TABELA 15 – produtividade do abacaxi (ton. ha⁻¹), em função do tratamento.

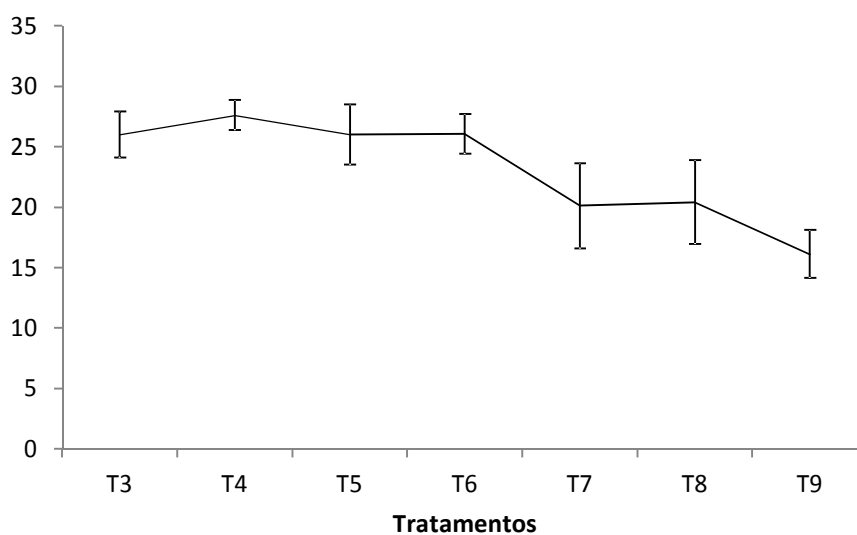
Tratamentos	Prod. Ton. ha ⁻¹
T1	30,08
T2	26,99
T3	26,03
T4	27,62
T5	26,00
T6	26,05
T7	20,11**
T8	20,41
T9	16,13**

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett; T1 – esterco de cama de frango; T2 sulfato de amônia; T3 controle; T4 a T9 doses crescentes de lodo de ETE.

A maior produtividade estimada foi de 28,09 ton. ha⁻¹, referente à dose de 8,841 ton. de lodo de ETE ha⁻¹ não diferiu pelo teste de Dunnett à fertilização mineral com sulfato de amônia e orgânica com esterco de cama de frango á 5% de probabilidade pelo teste F (Figura 8). Provavelmente a baixa precipitação durante o período de desenvolvimento vegetativo seja a principal causa para a falta de contraste entre os tratamentos com diferentes fontes de fertilizante e com o controle (N=0). A aplicação de sulfato de amônio pode ter sido prejudicada pela maior volatilização do nitrogênio em períodos de estiagem prolongada. O fertilizante é aplicado após uma chuva seguido a um longo período de estiagem. Esse fator desfavoreceu a disponibilidade e absorção do nitrogênio no tratamento químico mineral (T2), diminuindo a sua influência no desenvolvimento e produtividade do abacaxi.

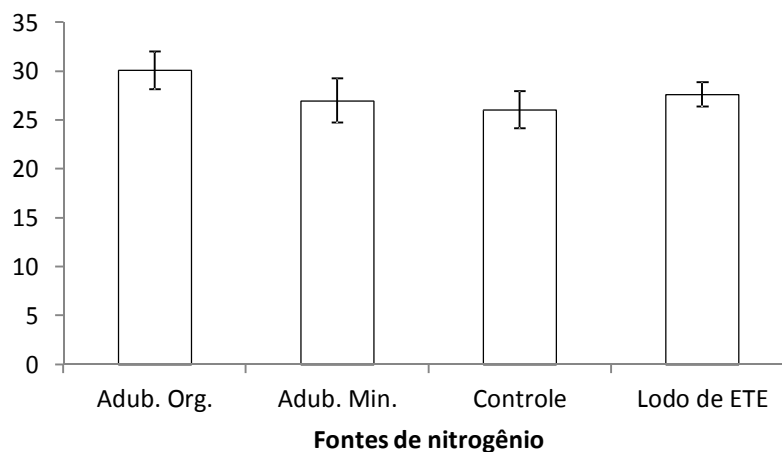
As alterações químicas no solo provocadas pelo efeito da cal virgem no resíduo, como o pH, sugerem que esse atributo influenciou de maneira negativa a produtividade nas parcelas fertilizadas com as maiores doses de lodo de ETE (Figura 7). Esse efeito favoreceu a mortalidade de plantas, porém a causa direta não pode ser afirmada.

FIGURA 7 – Efeito da aplicação de lodo de ETE sobre a produtividade, em função da aplicação de doses crescentes de lodo de ETE na Fazenda Experimental de Sooretama. Barras verticais indicam o desvio padrão; T4 a T9 tratamentos com doses crescentes de lodo de ETE.



Os resultados de peso médio dos frutos é bem abaixo ao citado por Ventura et al. (2006), para a cv. Vitória, sugerindo que os fatores edafoclimáticos para o período não favoreceram o desenvolvimento vegetativo e a produção de frutos no período de avaliação do experimento.

FIGURA 8 - Efeito da aplicação de esterco de cama de frango (Adeb. Org.), sulfato de amônio (Adeb. Min.), controle (N=0) e lodo de ETE (tratamento 4) sobre a produtividade (ton. ha^{-1}), na Fazenda Experimental de Sooretama. Barras verticais indicam o desvio padrão.



Os dados sugerem que apenas a fonte de nitrogênio isoladamente não foi capaz de apresentar contrastes significativos entre as fontes de nitrogênio. Houve uma relação linear por MO abacaxi apresentou características de desenvolvimento e produtividade similares em função da qualidade da dose de nitrogênio aplicada de forma isolada no presente trabalho. O lodo de ETE se mostrou compatível as outras formas de fertilização, não diferindo dos outros tratamentos.

Devido à necessidade de atender ao limite estabelecido pela resolução CONAMA 375/2006 quanto à contaminação por agentes patogênicos, foi feita a análise dos frutos após a colheita a fim de buscar evidências de uma possível contaminação biológica pelo lodo de ETE aos frutos de abacaxi. Não foi encontrada nenhuma contaminação biológica por coliformes termotolerantes ($< 1,0 \times 10 \text{ UFC g;ml}$) e *Salmonella* spp (ausência/ 25g;ml).

6 CONCLUSÕES

A aplicação concentrada no sulco de lodo de ETE caleado elevou excessivamente o pH do solo, indisponibilizando o fósforo, ferro e zinco para a planta.

A elevação nas doses de lodo de ETE aplicadas no solo promoveu a elevação do pH e do cálcio, fator atribuído a cal virgem usada na higienização do lodo, promovendo a redução da acidez potencial, elevação da soma das bases, da CTC a pH 7, do índice de saturação por bases e a redução do cobre disponível no solo. Foi possível estabelecer modelos de regressão para a elevação do pH e acidez potencial e nos teores de matéria orgânica, fósforo, boro e sódio.

O teor de manganês no tecido foliar caiu em função da elevação das doses de lodo. Foi possível obter modelos de regressão para o comportamento do enxofre, ferro e boro no tecido foliar em função do lodo de ETE e identificar a correlação negativa entre o pH e o fósforo, o ferro e o zinco e correlação positiva entre o pH e o enxofre e correlação positiva entre a matéria orgânica e o enxofre no tecido foliar.

O lodo de ETE usado como fonte de N não apresentou diferenças significativas com a fertilização nitrogenada orgânica e mineral, nos parâmetros de desenvolvimento vegetativo e características de pós-colheita, entre os tratamentos.

Não foi possível estabelecer nenhuma relação funcional com a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis totais ou correlação entre esses parâmetros e os teores de macro e micronutrientes nas folhas.

Modelos de regressão quadrática entre o peso do fruto com coroa (PCC) e sem coroa (PSC), encontrados no trabalho sugerem que a aplicação do lodo de ETE concentrado no sulco de plantio promove um efeito positivo sobre esses parâmetros com doses baixas de lodo de ETE.

Os frutos de abacaxi de todos os tratamentos do experimento não foram contaminados por agentes biológicos associados ao lodo de ETE,

Há a necessidade de trabalhos futuros mais detalhados quanto à dosagem de cal virgem aplicada para promover a higienização do lodo de ETE, buscando a redução do volume para efeito de higienização, diminuindo o efeito da elevação do pH, excesso de cálcio e aumento nos custos para higienização do lodo.

7 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, E.C. **Efeito de doses de lodo de esgoto sobre a fertilidade, atividade de amilase e celulase de um latossolo vermelho-escuro, textura média.** Trabalho de Graduação - UNESP, Jaboticabal, SP. 110 p., 1992.

ABREU, C. A. de; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F. et. al. **Fertilidade do Solo.** Sociedade Brasileira de ciências do Solo. Viçosa MG, c. 11 p. 645-736. 2007.

ALCARDE, J.C. Características de qualidade dos corretivos da acidez do solo. IN: SIMPÓSIO SOBRE "ACIDEZ E CALAGEM": REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15., Campinas, 1983; **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 11 - 23. 1983.

ALCARDE, J. C.; RODELLA, A.A. O equivalente em carbonato de cálcio dos corretivos de acidez dos solos. **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2-3, maio 1996 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161996000200002&lng=en&nrm=iso>. Acesso: 02 fev. 2013.

ALVARES V.; V. H; ROSCOES, R.; KURIHARA, H.; PEREIRA, N. de F. Enxofre In: NOVAIS, R. F. et. al. **Fertilidade do Solo.** Sociedade Brasileira de ciências do Solo. Viçosa - MG, c. 10 p. 595 - 644. 2007

ANDREOLI, C.V.; DOMASZK, S.; FERNANDES, F.; LARA, A.I. **Proposta preliminar de regulamentação para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto no Paraná.** Sanare, Curitiba, v. 7, n. 7, 1997.

ANDREOLI, C. V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema.** Tese de (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 278 p., 1999.

ANTOLÍN M.C.; et al. Application of sewage sludge improves growth, photosynthesis and antioxidant activities of nodulated alfalfa plants under drought conditions. **Environmental and Experimental Botany**, n. 68 p. 75–82, 2010.

BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.96, p.1-8, 2001.

BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S.; CAMARGO, O. A.; BATAGLIA, O.C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.4, p. 685-691, 1997.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna, 312 p., 2000.

BORGES, M.R.; COUTINHO, E.L.M. Metais pesados do solo após aplicação de biossólido. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.28: p.557-568, 2004.

CATUNDA, M.G. et al. Interferência de plantas daninhas no acúmulo de nutrientes e no crescimento de plantas de abacaxi. **Planta daninha**, v.24, n.1, p. 199-204. ISSN 0100-8358. 2006.

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia: CCA-UFPB, 72p. 2000.

CECON et. al. Análise de medidas repetidas na avaliação de clones de café 'Conilon'. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v.43, n.9, p.1171-1176, set. 2008.

CESAN - Companhia Espírito Santense de Saneamento, Versão eletrônica, Disponível em : <<http://www.cesan.com.br/page.php?142>> acesso em: 14 fev. 2013.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Norma p. 4230**: Aplicação de biossólido de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios, projetos e operação. São Paulo, 35 p. 1999.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 375**: Uso agrícola de lodos gerados de esgoto gerados em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados: Critérios para projeto e operação. Brasília. 31 p., 2006.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 380**: Uso agrícola de lodos gerados de esgoto gerados em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados: Processos para a redução da atratividade de vetores. Brasília. 2 p., 2006.

COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T.R.; PIRES, A.M.M. **Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a resolução nº 375 do CONAMA**. Botucatu: Ed. FEPAF, 407 p., 2010.

COSTA, A. N. da. Critérios para o uso de resíduos orgânicos em sistemas produtivos [CD-ROM]. In: Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos, 1., **Anais...** Vitória, Incaper, 2009.

COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da COSTA; MARQUES, M. O.; SANTANA, R. C. Estudo de caso: utilização de lodo de estações de tratamento de esgoto (ETES) na cultura do mamoeiro no Norte do Estado do Espírito Santo. In: ANDREOLI, C. V. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RiMA, ABES, p. 189 – 214. 2001.

COSTA, A, N; COSTA, A. de F.S; CAETANO, L. C S. Aspectos químicos e físicos da disposição do lodo de ETE no solo. In: COSTA, A, N; COSTA, A. de F.S; **Manual de uso Agrícola e disposição do Lodo de Esgoto Para o Estado do Espírito Santo**. Vitória, c. 4, p. 31 - 36, 2011.

COSTA, A, N; COSTA, A. de F.S; CAETANO, L. C S; MAIA, F. G. Disposição do lodo de ETE no solo e seus efeitos na produção agrícola. In: COSTA, A, N; COSTA, A. de F.S; **Manual de uso Agrícola e disposição do Lodo de Esgoto Para o Estado do Espírito Santo**. Vitória, c. 5, p. 37-43, 2011.

DEAN, L. A. Fixation of soil phosphorus. **Advances in Agronomy**, v. 1, p.391-411, 1949.

DECHEN, A. R; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG. SBCS. c. 12, p. 327-354, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 412 p. 1999.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Process Design Manual: Land Application of Sewage Sludge and Domestic Septage**. Cincinnati - OH. EPA/625/R-95/001, 1995.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual review in plant physiology and Plant Molecular Biology**. V. 50, p.641-664, 1999.

FAGERIA, N.K., Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. R. Bras. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, V. 2, p.6-16, 1998.

FERNANDES, F.; ANDREOLI, C.V.; DOMASZAK, S.C. Caracterização preliminar dos principais tipos de lodo do Paraná para um programa de reciclagem agrícola. Curitiba: **Sanare**. v.6, n.6, p. 15-21,1996.

FOY, C.D. effects of aluminium on plant growth. In: CARSON, E W., ed. **The plant root and its environment**, Charlottesville, University press of Virginia. Virginia, p. 601 – 642, 1974.

FREIRE, M. B. G. S et al. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.45-52, 2003.

GARCIA, G. de O., et. al., Características químicas de um solo degradado após aplicação de lodo de esgoto doméstico. **Revista Verde**, Mossoró – RN, v.4, n.2, p.1 – 12. 2009.

GIACOMELLI, E. J. Curso de Especialização em Fruticultura: Apontamentos das Aulas de Abacaxicultura. Recife, UFPE, 75 p. 1974.

- GIACOMELLI, E.J., PY, C. LOSSOIS, P. Estudo sobre o ciclo natural do abacaxizeiro 'Cayenne' no planalto paulista. **Bragantia**, Campinas, SP, n.43, p.629–642. 1984.
- GÓES, A. de. 2. Doenças do abacaxi In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L.E. A.. **Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas**. 4. ed., v. 2., São Paulo, SP: Editora Agronômica Ceres, p. 9-14, 2005.
- GONÇALVES, R.F; NASCIMENTO, C.G. do; FERRARI, G.F.; MULLER, P.S.G. Lodo de lagoas de estabilização em operação no Espírito Santo: Formação e Características. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 19., Foz do Iguaçu. ABES, p.427-437. 1997.
- GUARCONI M., A.; VENTURA, J. A. Adubação N-P-K e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi 'gold' (MD-2). **Revista brasileira de ciências do solo** disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n4/a31v35n4.pdf>>. 2011, vol.35, n.4, pp. 1367-1376. ISSN 0100-0683, acesso em: 10 jan. 2013.
- HSU, P. H. Fixation of phosphate by aluminum and iron in acidic soils. **Soil Science**, 99:398-402, 1965.
- HUE, N. V., Effect of organic acids/anions on P sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. **Soil Science**, n.152, p.463-471, 1991.
- HUE, N.V. Sewage sludge. In: RECHCIGL, J.E., ed. **Soil amendments and environmental quality**. Boca Raton, CRC Press. p.199- 168. 1995.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico-2008, Rio de Janeiro, RJ. 218 p., 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf> acessado em: 04 fev. 2013.
- INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Incaper em revista**. Informativo especial do Incaper. Ano 1 nº 1, Vitória, ES. jan a dez 2010. Disponível em: <http://incaper.web407.uni5.net/revista.php?idcap=978>, acessado em: 14 fev. 2013.
- INGAMELLS, J.L., The effects of pineapple residue (trash) on mineralization and early growth of pineapple. PhD **dissertation**, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii, 1981.
- IYAMUREMYE, F., DICK. R. P Organic amendments and phosphorus sorption by soils. **Advances in agronomy**. N.56, p.139-185, 1996.
- KNOPIK, M. A. et.al.; Lodo de esgoto não alcalinizantes como fonte de nutrientes, no desenvolvimento e acúmulo de matéria seca da cultura do feijoeiro, sob efeito residual de diferentes corretivos do solo. In. **II Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos, 2., Anais...** Vitória, ES, 2011.

- LACOEUILHE, J.J; La fumure N-K de l'ananas en Côte d'Ivoire. **Fruits** n. 33, p.341–348, 1978.
- LIMA, M. F. de; MATTOS, C. N. de; VIEIRA, P. L. C; ALMEIDA, L. F. Geração de lodo de esgoto e seu potencial como fonte de matéria orgânica para a agricultura. In: COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da. (Org.),: **Manual de uso agrícola e disposição do lodo de esgoto para o estado do Espírito Santo**. Vitória, ES, Incaper, C. 1, p. 11 - 17. :il, 2011.
- LIMA, M. F. de; COSTA, A. F. N. da; MATTOS, C. N. de; COSTA, A. N. da. Aspectos legais de utilização do lodo de esgoto na agricultura. In: COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da. (Org.),: **Manual de uso agrícola e disposição do lodo de esgoto para o estado do Espírito Santo**. Incaper,c. 2., pg 18 - 21. :il Vitória, ES, 2011.
- LOOMIS, R. S.; CONNOR, D. J., Productivity and management in agricultural systems. **Crop ecology**. Cambridge University (press.), Cambridge. 1992
- LOPES, A. S; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R.F. et. al. Fertilidade do Solo. **Sociedade Brasileira de ciências do Solo**. Viçosa; MG. cap. 1 p. 1-65, 2007.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do abacaxizeiro. In: RUGIERO, C., org. **Simpósio Brasileiro sobre Abacaxicultura**, 1., **Anais...** Jaboticabal, SP p. 121-153. 1982.
- MALÉZIEUX, E.; COTÊ, F.; BARTHOLOMEW, D.P. Crop environment, plant growth and physiology. In: BARTHOLOMEW, D.P.; PAUL, R.E, ROHRBACH, K.G. (Ed.). **The pineapple: botany, production and uses**. New York: CABI Publishing. c. 5, p. 69 - 108. 2003.
- MALÉZIEUX, E.; BARTHOLOMEW, D.P. Plant Nutrition. In: BARTHOLOMEW, D.P.; PAUL, R.E, ROHRBACH, K.G. (Ed.). **The pineapple: botany, production and uses**. New York: CABI Publishing. c. 7, p. 143-165. 2003.
- MARCIANO, C.R. Incorporação de resíduos urbanos e as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho Amarelo. 1999. 93 f. **Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas)** - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- MARQUES, M.O. Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar. 111 f. **Tese (Livre Docência)** - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 1997.
- MATOS, A. P. de; **Manejo integrado da podridão-do-olho-do-abacaxizeiro**. Embrapa Mandioca e fruticultura tropical, Cruz das Almas, BA; n. 33, 2 p., 2005.
- MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R.A; LEITE, S.A.S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e

CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p. 449-455, 1994.

MELO, W.J; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W; CAMARGO, O.A., eds. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, p.109-141, 2000.

MODEL, N.S; FABRETO, R; RODRIGUES, A.E.C. Efeito de tratamentos de controle de plantas daninhas sobre produtividade, sanidade e qualidade de abacaxi. **Pesquisa agropecuária gaúcha**, Porto Alegre RS, v.16, n.1 e 2, p.51-58, 2010.

MODEL, N.S. preparo do solo e manejo da cobertura vegetal para o abacaxizeiro cultivado no Rio Grande do Sul. **Pesquisa agropecuária gaúcha**, Porto Alegre RS, v.10, n.1 e 2, p. 91-100, 2010.

NASCIMENTO C.W.A. et al. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. Viçosa: **Revista brasileira de ciências do solo**, n. 28, p. 385-392, 2004.

NEILD, R.E., BOSCHELL, F. An agroclimatic procedure and survey of the pineapple production potential of Colombia. **Agricultural Meteorology** 17, p. 81–92. 1976

NOVAIS, R.F, SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, UFV, DPS, 399 p., 1999.

NOVAIS, R.F; SMYTH, T. J; NUNES, F. N. Fósforo In: NOVAIS, R.F. et. al. **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de ciências do Solo. Viçosa - SBCS, Minas Gerais, cap. 8. p. 477-550, 2007.

OMS - Organização Mundial da Saúde. Proteína, alimento para a população é reutilizado como fertilizante e fonte de nutrientes para a produção de alimento. Disponível em: <
http://www.who.int/nutrition/topics/FFA_human_nutrition/en/index.html>acesso em: 14 fev. 2013.

PIRES, A.M.M. Uso agrícola do lodo de esgoto: aspectos legais. **Embrapa meio ambiente**. Jaguariuna, SP, 4p. 2006. versão eletrônica. Disponível em: <
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Pires_lodoID-0L1Y8Wo2Vx.pdf> acesso em: 28 jan. 2013.

PREZOTTI, L. C. et al. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo - 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/ INCAPER/ CEDAGRO, 305p. 2007.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 549p. 1999.

PY, C. **La piña tropical**. Barcelona: Editorial Blume, 278p. 1969.

PY, C., LACOEUILHE, J.J.; TEISSON, C. **The Pineapple, Cultivation and Uses**. Editions G.-P. Paris: Maisonneuve et Larose. 568 p. 1987.

PY, C., LOSSOIS, P. Prévission de récolte en culture d'ananas. Etudes de correlations. **Deuxième partie**. Fruits, v. 17, p. 75–87. 1962.

REINHARDT, D.H.; SOUZA, L.F. da S.S.; CUNHA, G. A P. Exigências edafoclimáticas. In: REINHARDT, D.H.; SOUZA, L.F. da S.S.; CABRAL, J.R.S.; **Abacaxi. Produção: Aspectos Técnicos**. Embrapa Mandioca e fruticultura tropical (Cruz das Almas, BA). Embrapa Comunicação para a Transferência de Tecnologia; Brasília, c. 3., p. 11 - 12, 2000.

REINHARDT, D.H. A planta e o seu ciclo. In: REINHARDT, D.H.; SOUZA, L.F. da S.S.; CABRAL, J.R.S.; **Abacaxi. Produção: aspectos técnicos**. Embrapa Mandioca e fruticultura tropical (Cruz das Almas, BA). Embrapa comunicação para a transferência de tecnologia. Brasília, c. 4, p. 13 - 14, 2000.

REINHARDT, D.H. Controle de plantas daninhas. In: REINHARDT, D.H.; SOUZA, L.F. da S.S.; CABRAL, J.R.S.; **Abacaxi. Produção: Aspectos Técnicos**. Embrapa Mandioca e fruticultura tropical (Cruz das Almas, BA). Embrapa comunicação para a transferência de tecnologia. Brasília: c. 9, p. 28-29, 2000.

REINHARDT, D.H.; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F.S.; SANCHES, N.F. & MATOS, A.P. Pérola and Smooth Cayene pineapple cultivars in the state of Bahia, Brazil: Growth, flowering, pests and diseases, yeld and fruit quality aspects. **Fruits**, v. 57. p. 43 - 53, 2002.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a cerrado oxisol. **Soil and Tillage Research**, n. 70, p. 107-119, 2003.

ROSS, C.A.; AITA, C.; CERETTA, C.A. & FRIES, M.R. Utilização de lodo de esgoto como fertilizante: efeito imediato no milho e residual na associação de aveia + ervilhaca. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., Santa Maria, 1990. **Resumos...** Santa Maria, SBCS, 20 p., 1990.

SAITO, M.L. **O uso do lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos**. Embrapa Meio Ambiente. Doc. 64, 35p. Jaguariúna, SP, 2007, versão eletrônica, disponível em: <www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_64.pdf>. acesso em 14 jan. 2013.

SAMPLE, E.C; SOPER, R.J.; RACZ, G. L. Reactions of phosphate fertilizers in soil. In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E. J., (Eds.) **The role of phosphorus in agriculture**. Madison, American society of agronomy, p. 263-310, 1980.

SANFORD, W.G. Pineapple crop log-concept and development. **Better Crops Plant Food** n. 46, p. 32–43. 1962.

SANYAL, S.K; De MATTA, S.K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Advances in soil sciences**, n. 16, p.1-120, 1991.

SIDERIS, C.P; KRAUSS, B.H. The classification and nomenclature of groups of pineapple leaves, sections of leaves and sections of stems based on morphological and anatomical differences. **Pineapple Quarterly**. c. 6, p. 135–147, 1936.

SILVA, I. R da; MENDONÇA, E. de S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F. et. al. **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de ciências do Solo. Viçosa - SBCS, c. 11, p. 275-374, 2007.

SILVA, F. C da; RAIJ, B V. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesquisa agropecuária brasileira**. [online]. v.34, n.2, p. 267-288. ISSN 0100-204X., 1999

SILVA, S; TASSARA, T; **Frutas Brasil Frutas**, Ed. Empresa das artes, São Paulo, SP, 322 p., 2008.

SOARES, E. M. B. Impacto de aplicações sucessivas de lodo de esgoto sobre os compartimentos de carbono orgânico em Latossolos cultivado com milho. Lavras, UFLA, 84p., 2005.

SOUSA de, D. M. G; de MIRANDA, L. N; de OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção In: NOVAIS, R.F. et. al. **Fertilidade do Solo**. SBCS, Minas Gerais, c. 5., p. 205-274, 2007.

SOUZA et al. Qualidade do fruto e produtividade do abacaxizeiro em diferentes densidades de plantio e laminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.5, p.471-477, 2009.

SOUZA, L.F. da S; CABRAL, J.R.S; REINHARDT, D.H. Introdução In: REINHARDT, D.H.; SOUZA, L.F. da S.S.; CABRAL, J.R.S. **Abacaxi. Produção: aspectos técnicos**. Embrapa Mandioca e fruticultura tropical (Cruz das Almas, BA). Embrapa comunicação para a transferência de tecnologia c.1., p. 9., Brasília, 2000.

SOUZA, J. da S; CUNHA, G. A. P. da. Preparo do solo e correção da acidez. In: REINHARDT, D.H.; SOUZA, L.F. da S.S.; CABRAL, J.R.S.; **Abacaxi. Produção: aspectos técnicos**. Embrapa Mandioca e fruticultura tropical, (Cruz das Almas, BA). Embrapa comunicação para a transferência de tecnologia c. 7., p. 23 - 24, Brasília, 2000.

SOUZA, J. da S; SOUZA L. F. da S. Aspectos socioeconômicos. In: REINHARDT, D.H.; SOUZA, L.F. da S.S.; CABRAL, J.R.S.; **Abacaxi. Produção: aspectos técnicos**. Embrapa Mandioca e fruticultura tropical (Cruz das Almas, BA).

Embrapa comunicação para a transferência de tecnologia c. 2., p. 10, Brasília, 2000.

SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J.A.; TEIXEIRA, L.A.J.; FURLANI, P.R. & SIGRIST, J.M.M. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. **Revista brasileira de fruticultura**. N. 26: p. 155-159, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 4. ed., 848 p. Porto Alegre, RS. Artmed, 2009.

TEIXEIRA, L.A.J.; SPIRONELLO, A.; FURLANI, P.R. & SIGRIST, J.M.M. Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. **Revista brasileira de fruticultura**, n. 24, p. 219-224, 2002.

VENTURA, J.A.; CABRAL, J.R.S.; MATOS, A.P.; COSTA, H. 'Vitoria' nova cultivar de abacaxi resistente a fusariose. Vitoria, ES, n. 148, 4 p., 2006.

VINCENT, A.J.; CRITCHLEY, R.F. A review of sewage sludge treatment and disposal in Europe. In: Bruce, A. (Ed.) **Sewage Sludge Stabilization and Desinfection**. Chichester U.K., p. 550-580. 1984.

WARMAN, P. R; TERMEER, W. C; Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn and B contents of crops and soils. **Bioresource Technology**. N. 96, p. 1029-1038, 2005.

ZAMPERLINI, G.P Crescimento e desempenho fotoquímico do processo fotossintético em abacaxizeiro 'Vitória'. **Dissertação (mestrado)**, UFES, Centro de Ciências Humanas e Naturais. 60p. Vitória, ES, 2010.

ZONTA, E. et al.; O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. SBCS. Viçosa, MG. c. 2, p. 7 – 52, 2006.