

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INCORPORAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE NO SOLO SOB
DOIS NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E EM DOIS AMBIENTES
DISTINTOS NO DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE
ALFACE**

Denise Aparecida Chiconato

Bióloga

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INCORPORAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE NO SOLO SOB
DOIS NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E EM DOIS AMBIENTES
DISTINTOS NO DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE
ALFACE**

Denise Aparecida Chiconato

Orientador: Prof. Dr. João Antonio Galbiatti

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal-SP, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2012

Chiconato, Denise Aparecida
C533i Incorporação de biofertilizante no solo sob dois níveis de irrigação
e em dois ambientes distintos no desenvolvimento da planta de
alface / Denise Aparecida Chiconato – – Jaboticabal, 2012

xi, 48 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012
Orientadora: João Antonio Galbiatti
Banca examinadora: José Eduardo Pitelli Turco, Emerson Fachini

Bibliografia

1. Adubação orgânica. 2. Adubação mineral. 3. Água. 4. *Lactuca sativa* L I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.86:635.52

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Denise Aparecida Chiconato – filha de Cleso Chiconato e Maria da Graça Moreira Guimarães, nasceu no dia 27 de abril de 1987, na cidade de Ibitinga-SP. Obteve o grau de Licenciada em Ciências Biológicas em dezembro de 2008, e Bacharel em Meio Ambiente em dezembro de 2009, pela Uniesp, Faculdade de Taquaritinga-SP. Durante o desenvolvimento dos cursos, participou de atividades de pesquisa e foi aluna especial de disciplinas da Biologia e Agronomia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal-SP, onde também desenvolveu seu trabalho de conclusão de curso, com a sua pesquisa de iniciação científica financiada pela FAPESP. Em agosto de 2010, ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), curso de Mestrado, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal-SP, atuando nas linhas de pesquisa em reutilização de resíduos orgânicos na agricultura, conservação do solo e da água e nutrição vegetal.

*“A persistência é o caminho do êxito”
(Charles Chaplin)*

*“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no
dicionário”
(Albert Einstein)*

*“This is not yet the end, there’s a long way to go
And the way might be very very hard
So please stand by”
(Aung San Suu Kyi)*

Aos meus amados pais, Cleso e Maria, por todo incentivo, amor, carinho e apoio incondicional que me acompanham em todas as etapas da minha vida, em especial, em mais essa conquista, com muita gratidão,

DEDICO

Ao meu orientador, João Antonio Galbiatti, por todo apoio e confiança que tem demonstrado por mim ao longo de todos esses anos, pela amizade e carinho, e por ter tornado esse sonho possível,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal-SP, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado;

A professora Fabiana de Simoni pela amizade, carinho e por ter possibilitado a oportunidade de contatos e de estágio e, conseqüentemente, dessa conquista;

Ao meu orientador João Antonio Galbiatti pela orientação nesse trabalho, pelas broncas que me fizeram crescer e elogios que reconheceram meu trabalho, por ser sempre acessível e possibilitar a conclusão de mais essa etapa, pelos conselhos, carinho, amizade e ensinamentos inesgotáveis;

Ao professor Arthur Bernardes Cecílio Filho, pela paciência, amizade, ensinamentos e oportunidades;

Aos professores Jairo Augusto Campos Araújo e Wanderley José de Melo, pelos conselhos, atenção, incentivo e enriquecimento dessa pesquisa;

Aos membros da banca examinadora pelo enriquecimento do trabalho;

Aos funcionários, professores e amigos do Departamento de Engenharia Rural – FCAV/UNESP, pela imensa ajuda, empréstimo de materiais e auxílio;

Aos funcionários da horta da FCAV/UNESP, que tanto me ajudaram;

Ao CNPq, pelo auxílio concedido através de bolsa de mestrado;

Aos amigos que participaram diretamente da montagem/desmontagem e desenvolvimento da pesquisa: Claudenir, Juninho, Dayuna, Silvia, Papete, Taxinha, Daniele, Walter Maldonado, e aos amigos da pós-graduação, Anaira, Mayra, Yuri, Ana.

Aos amigos presentes em todos os momentos: Amelia, Taxinha, Papete, Leandro, Rogério, e aos mais distantes; os de Ibitinga, de Jaboticabal, e os que se mudaram. As queridas moradoras e aos agregados da Rep. Abduzidas, onde passei parte do mestrado e aos colegas que me acolheram em casa depois que sai;

Aos amigos inesquecíveis da graduação;

As minhas irmãs sempre presentes em todos os momentos, Daniele Chiconato (de sangue) e Alessandra Capana (de coração), pela amizade e amor;

Aos meus pais Cleso e Maria, por absolutamente tudo! Ao meu irmão Zé e minha vó Ana, e todos os outros familiares que estão mais distantes;

Aos amigos professores das escolas em que trabalhei e aos meus alunos, que me fazem acreditar na minha profissão e que tudo pode ser melhor;

Àqueles que possibilitaram e acreditaram, que ajudaram direta ou indiretamente no desenvolvimento da minha pesquisa, em especial, a Deus;

Àqueles que por falta de memória posso ter esquecido...

o meu MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO	x
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Alface.....	3
2.2 Resíduos e bovinocultura.....	4
2.3 Biodigestão anaeróbia e biodigestores.....	5
2.4 Biofertilizante.....	7
2.5 Irrigação.....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Caracterização da área de estudo.....	12
3.2 Solo.....	12
3.3 Biofertilizante.....	13
3.4 Delineamento experimental.....	13
3.5 Irrigação.....	21
3.6 Variáveis analisadas.....	21
3.6.1 Altura.....	21
3.6.2 Número de folhas.....	21
3.6.3 Diâmetro da cabeça.....	21
3.6.4 Clorofila.....	21
3.6.5 Matéria fresca.....	22
3.6.6 Matéria seca.....	22
3.7 Análise dos dados obtidos.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5 CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Análise química do solo – ambiente protegido.....	12
Tabela 2.	Análise química do solo – campo.....	13
Tabela 3.	Análise química do biofertilizante.....	13
Tabela 4.	Croqui do delineamento experimental.....	15
Tabela 5.	Valores médios das variáveis altura, diâmetro, clorofila, matéria fresca e seca e número de folhas de plantas de alface em experimento de campo	24
Tabela 6.	Valores médios das variáveis altura, diâmetro, clorofila, matéria fresca e seca e número de folhas de plantas de alface em experimento em ambiente protegido	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Área experimental – Setor de Plasticultura - UNESP/FCAVJ.....	16
Figura 2.	Área experimental uma semana após o transplântio.....	18
Figura 3.	Desenvolvimento das plantas de alface.....	19
Figura 4.	Final do experimento – dia da colheita.....	20
Figura 5.	Regressão para doses de biofertilizante para matéria seca.....	27

INCORPORAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE NO SOLO SOB DOIS NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E EM DOIS AMBIENTES DISTINTOS NO DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE ALFACE

RESUMO – Este trabalho teve o objetivo de avaliar os efeitos do biofertilizante bovino e da irrigação em plantas de alface, para uma possível substituição de fertilizantes minerais por orgânicos e, ainda, diminuição de água para irrigação. O experimento foi conduzido em dois ambientes distintos: campo e ambiente protegido, em área experimental pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, esquema fatorial 6x2, sendo 6 adubações (4 doses crescentes de biofertilizante bovino: 60, 90, 120 e 150m³ha⁻¹ e duas testemunhas: sem adubação e adubação mineral) e 2 lâminas de irrigação (80 e 100% da evapotranspiração de referência) em 4 blocos, utilizando-se a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). As variáveis analisadas foram altura, diâmetro da cabeça, clorofila, número de folhas, matéria fresca e matéria seca da parte aérea da planta. Foi realizada a análise da variância pelo teste F, a comparação de médias pelo teste de Tukey (p<0,05) e a regressão polinomial. O experimento de campo foi o que demonstrou resultados mais expressivos em relação à adubação orgânica. É possível obter uma produção satisfatória da planta de alface com biofertilizantes. A dose de biofertilizante recomendada para esse experimento é a de 90m³ha⁻¹ e a melhor irrigação a de 80% da evapotranspiração. No ambiente protegido não houve significância em relação às adubações. Para a irrigação, a lâmina de água recomendada é a de 100% da evapotranspiração de referência.

Palavras-chave: adubação orgânica, adubação mineral, água, *Lactuca sativa* L.

INCORPORATION OF BIOFERTILIZER UNDER TWO LEVELS OF IRRIGATION AND IN TWO DIFFERENT ENVIRONMENTS IN THE LETTUCE DEVELOPMENT

SUMMARY - This work aimed to evaluate the effects of bovine biofertilizer and irrigation in lettuce for a possible replacement for organic fertilizers, and also decrease of water for irrigation. The experiment was conducted in two distinct environments: field and greenhouse in the experimental area of the Department of Rural Engineering FCAV / UNESP, Jaboticabal-SP. The experimental design was randomized blocks, factorial scheme 6x2, 6 fertilizers (4 increasing doses of bovine biofertilizer: 60, 90, 120 and $150\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ and two witnesses: without fertilizer and mineral fertilizer) and two irrigation levels (80 and 100% of reference evapotranspiration) in four blocks, using the lettuce (*Lactuca sativa* L.). The variables analyzed were: height, head diameter, chlorophyll, leaf number, fresh weight and dry weight of plant tops. Was performed by analysis of variance F test comparison of means by Tukey test ($p < 0.05$) and polynomial regression. The field experiment demonstrated the most significant results in relation to fertilization. Is can obtain a satisfactory production of lettuce plant with biofertilizers. The biofertilizer dose recommended for this experiment is to $90\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ and the best irrigation 80% of evapotranspiration. In the greenhouse there was no significance in relation to fertilization. For irrigation, the recommended is for 100% of reference evapotranspiration.

Keywords: organic fertilizer, mineral fertilizer, water, *Lactuca sativa* L.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade que se destaca pela grande importância social que representa, porém, se gerenciada de forma incorreta, pode causar vários impactos ambientais negativos. Por esse motivo, é essencial que se trabalhe com uma integração entre agricultura e meio ambiente. Ao se colocar essa relação, cita-se também a economia, que representa um fator não menos importante. Contudo, através dessa ligação, se deve buscar resultados que serão favoráveis em vários setores que envolvem a sociedade, no que diz respeito ao social, econômico e ambiental. Cada vez mais cresce a demanda pela produção de alimentos, sendo que a produção sustentável é fundamental. As hortaliças são alimentos consumidos em larga escala em todo mundo. No Brasil, a alface (*Lactuca sativa* L.) se destaca por representar a maior produção e comercialização, em nível de olerícolas, por ser fonte de vitaminas e sais minerais.

O fator crucial para tudo que foi descrito, será encontrar uma saída que englobe todos esses aspectos, sendo assim, favorável ao produtor e a população em geral. Pode-se citar como uma alternativa a utilização de biofertilizantes para a produção agrícola. Dentro de biodigestores ocorre a biodigestão anaeróbia de resíduos orgânicos que são descartados diariamente no meio ambiente, causando poluição e degradação ambiental. A biodigestão anaeróbia é o processo utilizado para tratar, estabilizar e reduzir compostos orgânicos, por meio da decomposição biológica (GE et al., 2011).

Os biodigestores podem ser vistos como fontes alternativas de saneamento ambiental, uma vez que dentro deles ocorre a transformação de resíduos orgânicos. O biofertilizante é o efluente do biodigestor depois do processo principal, que é a produção do biogás pela fermentação de microrganismos anaeróbios. Os biodigestores agrícolas são viáveis no propósito de reduzir os gases do efeito estufa, pois o processo que ocorre em seu interior gera energia limpa (FLESCH et al., 2011). Nesse sentido, pode-se dizer que o processo de biodigestão anaeróbia, que ocorre no biodigestor, é responsável pela produção de duas bases para o desenvolvimento sustentável: o

biogás e o biofertilizante. Dentre os benefícios desses produtos, há a utilização do biogás como fonte de energia renovável, e a substituição de fertilizantes minerais, que às vezes se tornam limitantes para produção agrícola por serem caros, por biofertilizantes.

Tudo que é denominado como resíduo orgânico pode ser digerido anaerobicamente, como os resíduos da agropecuária, resíduos alimentares, lixo orgânico, podas de árvore e etc. A qualidade do biofertilizante vai depender do valor nutricional de cada resíduo. A utilização de biofertilizantes ainda apresenta outros benefícios, como por exemplo, a reestruturação do solo, fazendo com que aumente a retenção de água. A incorporação de matéria orgânica no solo promove melhoria de suas qualidades químicas, físicas e biológicas naturais, repercutindo favoravelmente na produtividade agrícola (GALBIATTI, 1992). Assim, é interessante que se estude a quantidade de água necessária para irrigação quando se usa esses fertilizantes, pois por serem líquidos e orgânicos, podem possibilitar uma reestruturação do solo, podendo proporcionar economia de água para a irrigação.

Uma boa produtividade e a preservação ambiental estão diretamente relacionadas à lucratividade e qualidade de vida, vindo implícitas em tudo que foi comentado. Sendo assim, pode-se unir produção e economia com meio ambiente e sustentabilidade.

Com essa pesquisa objetivou-se analisar o efeito de doses de biofertilizante bovino, comparando-se com a adubação mineral, e o efeito da irrigação, calculada em duas lâminas, com base na evapotranspiração de referência, no desenvolvimento de plantas de alface, em dois ambientes distintos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Alface

A alface é originária da Ásia, sendo atualmente a hortaliça de maior consumo no Brasil, trazida para o país no século XVI, pelos portugueses (FELTRIM et al., 2003). Sua área cultivada é de aproximadamente 35 mil ha (BLAT et al., 2011). A importância da alface se relaciona à riqueza de vitaminas A e C, sais minerais, como ferro e fósforo, e fibras (PIMENTEL et al., 2009; FELTRIM et al., 2003). Essa olerícola expressa o seu maior potencial produtivo em climas amenos (MENDONÇA et al., 2008), por isso a comercialização fora dessas épocas pode elevar o seu preço. No entanto, apresenta alta adaptabilidade a diversidade de clima, obtendo-se colheitas no ano todo (VERONKA et al., 2008). Dois períodos são desfavoráveis para sua produção ao longo do ano, que são eles, o inverno, pelas baixas temperaturas e precipitações pluviométricas prolongadas, e o verão, pelas altas temperaturas (SEGOVIA et al., 1997).

Para sua produção satisfatória e com qualidade, é necessário que haja fornecimento adequado de nutrientes e disponibilidade de água. Um dos nutrientes mais importantes para o seu bom rendimento é o nitrogênio (N) (OLFATI et al. 2009). Há uma demanda crescente na utilização de adubos orgânicos pela diminuição de compostos tóxicos, como nitratos, sério agravante em alface (MASARIRAMBI et al. 2010), sendo que esses adubos, pela liberação gradual de nutrientes, diminui a possibilidade disso ocorrer. Para os seres humanos, os vegetais de folhas são a principal fonte de nitratos (SALOMEZ & HOFMAN, 2009). Com isso, há uma preocupação maior em se utilizar corretamente os adubos. Dentre os fatores responsáveis pela dinâmica dos nutrientes da planta, pode-se citar as características do solo, época de aplicação, condições climáticas e as práticas de manejo de solo adotadas (SANTOS et al., 2010) e, um dos aspectos fundamentais no manejo da adubação nitrogenada, é a fonte (COSTA et al., 2010).

Resultados encontrados por LINDNER (1999) ao estudar alface cv. Cindy e Rotkappchen, cultivada em casa de vegetação com esterco de curral, adubo mineral e sem adubo, durante 10 anos em Colônia na Alemanha, encontrou conteúdo de nitrato das plantas cultivadas com adubo orgânico 75% inferior que aquele com adubação mineral.

2.2 Resíduos e bovinocultura

Com o avanço de novas tecnologias, aumento populacional e na demanda pela produção de alimentos, é esperado que a produção de resíduos, que já é significativa, cresça cada vez mais. Todo e qualquer resíduo, se inserido no meio ambiente de forma indiscriminada, causa sérios riscos à saúde de todos os seres vivos e a degradação dos recursos naturais. Os resíduos orgânicos são depositados no ambiente em larga escala, pois várias atividades os geram. Todos os tipos de resíduos orgânicos podem atuar como vetor de doenças, contaminando o ambiente, água e solo, prejudicando a fauna e flora como um todo. A degradação deles no solo vai depender da origem desse resíduo e de diversos fatores, bem como o clima, tipo de solo, vegetação, fauna e microrganismos decompositores (TAUK, 1990).

O setor agrícola tem gerado quantidade elevada de resíduo, tanto pelas práticas agrícolas como as correlatas ao setor, como a pecuária (COSTA et al., 2009). Apesar de importantes para a economia, a pecuária e a agricultura colaboram com o processo de degradação de propriedades do solo, comprometendo a sustentabilidade do ecossistema (GALHARTE & CRESTANA, 2010).

A cadeia produtiva do leite desempenha papel fundamental no cenário agroindustrial brasileiro, porém, os resíduos causados por essa atividade, podem gerar alterações nos mananciais quando lançados num corpo receptor, podendo disseminar nas águas, elementos tóxicos e patogênicos (SILVA & ROSTON, 2010).

A eliminação de excretas animais em áreas de gados leiteiros de alta população pode representar um desafio (CASTRILLÓN et al. 2011), bem como os de corte, sendo os principais resíduos provenientes de matadouros, os provenientes do rúmen,

estômago e intestino do gado (CUETOS et al. 2010). O uso inadequado de dejetos animais pode contaminar água, solo e ar, pela deposição incorreta destes, bem como podem contaminar e degradar o solo (BARBOSA & LANGER 2011). As propriedades físico-mecânicas dos resíduos da bovinocultura vão depender das condições dos animais e os meios pelos quais o estrume é colhido (DAVYDOV et al. 2011). As substâncias que o gado excreta já estão digeridas, com relação C/N relativamente baixa e elevado teor de água (ANGELIDAKI & AHRING 2000).

Entre os benefícios de se utilizar matéria orgânica em cultivos de plantas, tem-se a diminuição de insumos minerais que, quando usados indiscriminadamente, podem degradar e contaminar o solo (SHARMA et al. 2011). A matéria orgânica, fornecida a partir de esterco animal e compostos orgânicos, além de melhorar características físicas e químicas do solo, tem sido utilizada a fim de reduzir a utilização de adubos minerais (GALBIATTI et al. 2007). A incorporação da matéria orgânica no solo promove a estabilidade de agregados, permitindo melhora na infiltração de água, percolação e retenção, além do aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e fornecimento de nutrientes (PREEZ et al. 2011).

Separando-se as frações do estrume animal, pode-se observar uma parte sólida rica em matéria orgânica, e uma parte líquida, contendo compostos solúveis, como nitrogênio mineral (N) e potássio (K) (JORGENSEN & JENSEN 2009). As propriedades químicas e físicas do composto animal vão depender da sua origem e manejo. A biodigestão anaeróbia para a produção de biogás não diminui o poder nutricional do estrume, que é produzido pelo processo (ALVAREZ & LIDE'N 2008).

2.3 Biodigestão anaeróbia e biodigestores

Biodigestão anaeróbia é um processo de decomposição biológica, conhecido em todo mundo, sendo a tecnologia de maior sucesso no que diz respeito à produção de bioenergia, aproveitando, tratando, reduzindo e estabilizando resíduos orgânicos e águas residuais (ALEXANDRE et al., 2011; GE et al., 2011; WERNER et al., 2011). Esse sucesso está relacionado, principalmente, ao fato de que esse processo converte

resíduos orgânicos que seriam descartados no ambiente, promovendo saneamento e gerando produtos que substituem outros de valor agregado, como metano para produção de energia renovável (CHELLAPANDI et al., 2010) e biofertilizante para produção agrícola. A gestão de resíduos pode ser vista como uma opção sustentável, uma vez que promove a produção de energia e reciclagem de nutrientes, contribuindo com a diminuição das preocupações ambientais e econômicas, tais como, a eutrofização, mudança climática e a escassez de recursos naturais (LUSTE & LUOSTARINEN, 2010).

Esse processo pode ser resumido basicamente como a degradação da matéria orgânica a partir de microrganismos específicos, os quais degradam, primeiramente, compostos complexos como carboidratos, proteínas e lipídios, transformando-os em metano e dióxido de carbono, em um ambiente totalmente livre de oxigênio (DONOSO-BRAVO et al., 2011). Diversos materiais orgânicos são comumente convertidos biologicamente pelo processo de biodigestão anaeróbia, como esterco, resíduos industriais e domésticos e lodo de esgoto, para produção de energia renovável, o biogás, na forma principal de metano (DEMIREL et al., 2008).

A biodigestão anaeróbia é um processo que engloba diversos fatores para que ocorra uma boa degradação do material orgânico, e dentre esses fatores, a temperatura desempenha importante papel. A digestão é dita termofílica quando ocorre entre 50 – 55°C, mesofílica quando ocorre em temperaturas entre 30 – 40°C (NIELSEN et al., 2011) e, quando ocorre em temperatura inferior a 20°C, psicrofílica (CARON et al., 2009). Temperaturas muito acima ou abaixo das citadas inibem ou prejudicam a ação das bactérias. Em temperaturas acima de 200°C materiais orgânicos nitrogenados são menos degradáveis, tendendo à produção de compostos tóxicos (STUCKEY & MCCARTY, 1984).

O processo ocorre pela ação de algumas espécies de microrganismos, sendo eles, as bactérias fermentadoras, as acidogênicas, acetogênicas e arqueas metanogênicas (BRIONES & RASKIN, 2003), que muitas vezes são ligadas por seu substrato individual e especificidades do produto (HUTAN et al., 1999 apud CHELLAPANDI et al., 2010), compreendendo, nessa ordem, as etapas de hidrólise,

acidogênese, acetogênese e metanogênese. Para que o processo ocorra de forma satisfatória, o fator primordial é a estabilidade metabólica da comunidade microbiana (WERNER et al., 2011).

Os carboidratos são hidrolisados gerando açúcares simples e álcoois, que posteriormente são fermentados a ácidos graxos voláteis; as proteínas são hidrolisadas em polipeptídeos e aminoácidos e os lipídios em ácidos graxos de cadeia longa e glicerol (CUETOS et al., 2010). Logo após, os produtos da hidrólise são oxidados em acetato de acidogênese, propionato e hidrogênio, que são fermentados e, posteriormente, há a produção de metano e dióxido de carbono por microrganismos metanogênicos (CUETOS et al., 2010).

O processo de biodigestão anaeróbia pode ocorrer dentro de biodigestores. Os biodigestores são câmaras que armazenam a matéria orgânica e possuem características que possibilitam o processamento da fermentação. Os biodigestores são basicamente divididos em dois tipos, batelada e contínuo. Os do tipo batelada são aqueles que não recebem alimentação diária e sim, uma única vez, sendo, de maneira geral, mais simples que os contínuos, e podem ser bastante úteis para obtenção de parâmetros de dimensionamento (XAVIER & JUNIOR, 2010). Os de alimentação contínua recebem esse nome por receberem os resíduos orgânicos diariamente. Nesses tipos, a matéria orgânica se movimenta por meio de carga hidráulica e, para isso, é preciso que se acrescente água para sua diluição, favorecendo assim o não aparecimento de crostas e entupimentos (NETO et al., 2010).

2.4 Biofertilizante

A produção de energia a partir de biomassa vem cada vez mais ganhando espaço no Brasil na tentativa de substituir a utilização de combustíveis fósseis (OLIVEIRA et al. 2011). Com isso, há a produção do biofertilizante, que é o efluente do biodigestor, o produto final da biodigestão anaeróbia de resíduos orgânicos. Eles vêm ganhando importância na produção agrícola por serem mais baratos, eficazes e trazerem benefícios ambientais (KACHROO & RADZAN, 2006).

Os biofertilizantes possuem macro e micronutrientes, além de atuarem como defensivos naturais quando regularmente aplicados via foliar (ALVES et al., 2009). Seus nutrientes são liberados no solo gradualmente, de acordo com a taxa de mineralização de cada um deles (MONTEMURRO et al. 2010). São responsáveis por muitos benefícios, podendo citar a economia com fertilizantes minerais, que às vezes se tornam limitantes para produção agrícola, por serem caros. Factor et al. (2008) comentam que, nas últimas décadas, o aumento exacerbado da produtividade na agricultura e uso excessivo dos recursos naturais muitas vezes geram a degradação ambiental (poluição por pesticidas, erosão e salinização dos solos) e problemas sociais (concentração de terras, recursos e produção, mudança no padrão de migração rural/urbana). O uso excessivo de produtos químicos na agricultura pode causar diversos problemas graves, um deles é a contaminação de águas subterrâneas, principalmente pelos adubos nitrogenados (HERNANDEZ et al., 2010).

A matéria orgânica, fornecida a partir de esterco animal e compostos orgânicos, além de melhorar características físicas e químicas do solo, tem sido usada a fim de reduzir a utilização de adubos minerais (GALBIATTI et al., 2007). Utilizar adubos orgânicos é benéfico para os vegetais em geral, tanto em qualidade de colheita, como produtividade (OLIVEIRA et al. 2010). Vários trabalhos demonstram a eficácia do biofertilizante em diversas culturas. As hortaliças são beneficiadas pela utilização da matéria orgânica. Em cenoura, pepino, berinjela, tomate, alface e pimentão, foram encontrados resultados positivos em relação à adição de biofertilizantes (PINHEIRO & BARRETO, 2000; PRAXEDES, 2000; DAMATTO Jr. et al., 2006).

Outros trabalhos demonstram o efeito positivo do biofertilizante em plantas de alfafa, capim-limão e melão (DIAS ET AL., 2003; BLANK ET AL., 2007; VILLELA Jr., 2007). A aplicação de biofertilizante de origem bovina proporcionou um bom desenvolvimento na produção do maracujazeiro amarelo, além de diminuir a resistência física do solo (DIAS et al., 2011).

No mamoeiro, a utilização de biofertilizante bovino supriu eficientemente a exigência em micronutrientes da cultura (MENEZES Jr. et al., 2008). Em relação a macronutrientes, houve incremento nos teores de N, Ca e Mg em quiabeiro, utilizando-

se biofertilizante suíno (SEDIYAMA et al., 2009), e teores de P em feijão-de-corda, com biofertilizante de origem bovina (SILVA et al., 2011).

Diversas pesquisas demonstram o potencial benéfico do biofertilizante como condicionador do solo e fornecedor de nutrientes para as plantas. Porém, eles devem ser utilizados da forma correta e em doses adequadas.

2.5 Irrigação

A irrigação é uma atividade que demanda grandes quantidades de água, sendo de grande importância buscar maneiras que levem a diminuição de água na agricultura. Com as atuais preocupações ambientais, além da produção agrícola, é necessário que se busque formas de reduzir a quantidade de água, sendo assim, um importante passo para a agricultura irrigada, é o equilíbrio entre otimização do uso de água e a produção (SKHIRI & DECHMI, 2012). O elevado consumo de água, as restrições na sua disponibilidade e o risco de degradação do sistema solo-água-planta, são pontos preocupantes na expansão da agricultura irrigada (SANTIAGO et al., 2004). Boa parte da água doce do planeta é utilizada para irrigação, sendo o setor agrícola um dos maiores consumidores dos recursos hídricos, principalmente em áreas onde o cultivo é limitado pela falta de chuva (GARCÍA-GARIZÁBAL et al., 2011).

O déficit hídrico promove desenvolvimento lento e baixa produtividade, enquanto que o excesso favorece o aparecimento de doenças (PARIZI et al., 2010), por isso o equilíbrio hídrico é fundamental. A capacidade de infiltração de água no solo é afetada por alguns fatores, como o tempo, umidade inicial, porosidade e textura, condutividade hidráulica, dentre outros (VIEIRA & KLEIN 2007). O volume de água percolado tem sido colocado como o principal responsável por perdas de nutrientes (SANTOS et al., 2002). É de grande importância estudar a quantidade adequada de água para irrigação em cada cultura, pois é através dela que são carregados alguns nutrientes para a planta, como também contaminantes para o lençol freático.

Uma maneira para controlar a quantidade de água suficiente para a agricultura é a evapotranspiração. A perda de água de uma superfície com qualquer vegetação e sob

qualquer condição de umidade para a atmosfera é denominada evapotranspiração, e quando essa perda de água acontece por meio de uma superfície padrão gramada que cobre a superfície do solo, sem restrição de umidade, é denominada evapotranspiração de referência (BORGES & MENDIONDO, 2007).

Por meio da evapotranspiração pode-se quantificar o consumo de água das culturas, tendo várias aplicações na agricultura, tais como, estudos de zoneamento agrícola, monitoramento agroclimático, manejo de irrigação e drenagem e estudos hidrológicos em geral (FLUMIGNAN & FARIA, 2009). A demanda evapotranspirométrica local auxilia na quantificação do consumo de água da cultura, de forma a promover manejo correto, sendo fundamental determinar o momento exato para a irrigação (SOUSA et al., 2011).

Um importante passo para a agricultura sustentável é o estudo probabilístico da variabilidade temporal de variáveis ambientais ligadas à reposição das perdas por evapotranspiração, assim torna-se importante estudar quais parâmetros podem ser utilizados para avaliar o potencial de atendimento hídrico às culturas (BLAIN et al., 2009). Existem diversos modelos para estimar a evapotranspiração de referência, porém, deve-se atentar a alguns fatores antes da escolha, como conhecer os elementos climáticos disponíveis (ARAÚJO et al., 2007).

Um método bastante empregado é o do tanque Classe A. Nesse método, a evapotranspiração é calculada a partir dos valores de evaporação diária do tanque, multiplicados por um coeficiente, que engloba a distância da bordadura ao redor do tanque, velocidade do vento e umidade relativa do ar (CONCEIÇÃO & MARIN, 2010). Esses tanques não são muito utilizados em ambientes protegidos, devido ao seu tamanho e, ainda, por considerarem fatores como efeito da radiação solar, vento, temperatura, umidade relativa do ar, que são mais acentuados em campo (REZENDE et al., 2004), por isso acabam sendo mais utilizados em ambientes externos. No caso de ambientes protegidos, utilizam-se métodos como mini-tanques ou outros aparelhos, como o atmômetro. Atmômetros são instrumentos utilizados para medir a evaporação de ambientes, e são compostos por uma superfície com cápsula porosa, coberta com

uma lona especial na cor verde, que se liga a um reservatório, onde a variação do nível da água quantifica a evaporação (PEREIRA et al., 2004).

No caso dos biofertilizantes, constituídos de matéria orgânica e água, por proporcionarem a reestruturação do solo, pode-se obter rendimentos semelhantes com a utilização de 100% da evapotranspiração e menores níveis, mostrando que ao se controlar a irrigação, pode-se gerar economia de água e energia, sendo fundamental o controle da irrigação para as culturas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido em área experimental do Setor de Plasticultura, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural, nas dependências da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal, cujas coordenadas geográficas são 21°15'15" Latitude Sul, 48°18'09" Longitude Oeste e altitude em torno de 595 m.

O clima da região é seco no inverno e com chuvas no verão, apresentando temperatura média de 22C e precipitação media anual de 1552 mm (VOLPE et al., 1989).

O experimento foi montado em dois ambientes distintos: ambiente protegido e em campo. O ambiente protegido foi em estufa do tipo arco conjugada, coberta por filme plástico de polietileno e tela antiafídica em toda sua área externa. O campo utilizado está localizado logo ao lado do ambiente protegido, ambos pertencentes ao setor de Plasticultura.

3.2 Solo

Segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), o solo foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico, textura argilosa, A moderado, caulínítico, hipoférrico (CENTURION, 1998). Foram avaliados os atributos químicos do solo no início do experimento, segundo metodologia do Departamento de Solos e Adubos da UNESP/FCAV (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Análise química do solo – ambiente protegido

pH CaCl ₂ g dm ⁻³	M.O.	P resina mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	T	V %
5.6	16	69	4.4	62	28	28	94.4	122.4	77

Tabela 2. Análise química do solo – campo

pH CaCl ₂ g dm ⁻³	M.O.	P resina mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V %
5.4	29	43	6.0	30	19	28	55.0	83.0	66

3.3 Biofertilizante

Foi utilizado biofertilizante obtido no assentamento rural “Reage Brasil” onde estava sendo desenvolvido o projeto “Difusão de tecnologia, conhecimento e desenvolvimento para produção sustentável na agricultura familiar”, financiado pelo CNPq, no município de Bebedouro-SP.

Esse biofertilizante foi resultado do processo de fermentação anaeróbia do estrume bovino, retirado das instalações desses animais em criação intensiva. A biodigestão anaeróbia ocorreu no interior do biodigestor de fluxo contínuo, modelo Indiano. A incorporação do biofertilizante no solo ocorreu com a abertura de sulcos. Foram avaliados os atributos químicos do biofertilizante no início do experimento (Tabela 3).

Tabela 3. Análise química do biofertilizante

pH	M.O total	R.M total	R.M. insolú vel	R.M solú vel	N	P (P ₂ O ₅) total	K (K ₂ O) total	Ca	Mg	S	Cu	M n	Zn	Fe	Rel. C/N
-----g L ⁻¹ -----										-----ppm-----					
7,3	5,34	3,16	0,62	2,54	0,88	0,16	1,06	0,50	0,22	0,05	1	5	2	60	3/1

M.O.: matéria orgânica; R.M.: resíduo mineral

3.4 Delineamento experimental

As plantas de alface foram transplantadas no dia 20 de julho de 2011. Foi utilizado biofertilizante de origem bovina em quatro doses e dois tratamentos

testemunha (sem adubação e adubação mineral) e duas lâminas de irrigação, com 4 repetições (blocos), na cultura da alface, cultivar Vera, do grupo crespa, em dois ambientes: protegido e em campo.

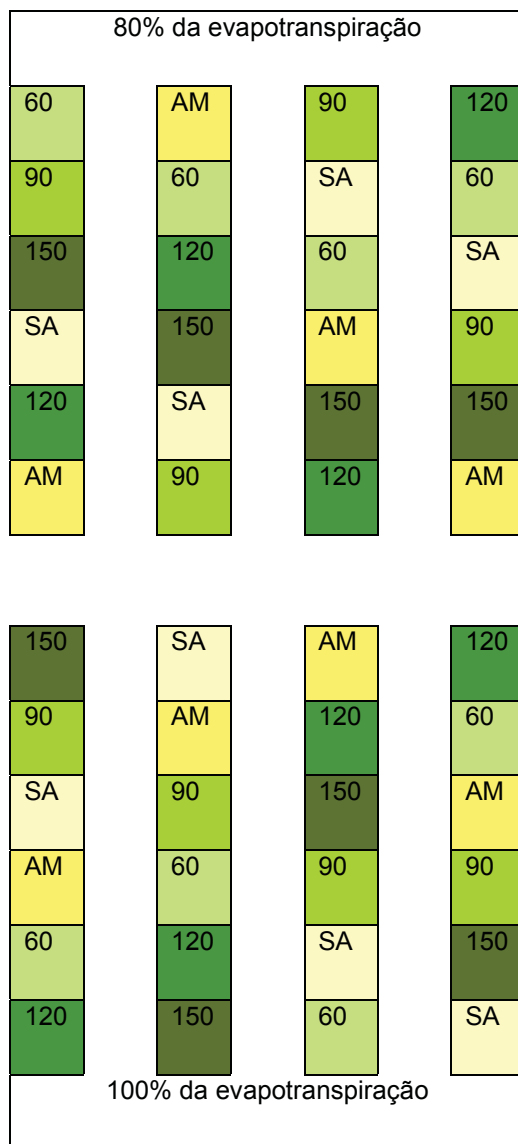
Os tratamentos foram montados em delineamento com blocos ao acaso, esquema fatorial 6x2, totalizando 48 parcelas em cada ambiente (48 em ambiente protegido e 48 em campo). As parcelas tiveram 1m de comprimento por 1m de largura (1m^2), com espaçamento entre plantas de $0,20 \times 0,20\text{m}$. As características foram avaliadas somente nas seis plantas centrais. Os tratamentos foram sorteados dentro dos blocos, conforme croqui (Tabela 4), seguindo os tratamentos propostos:

1. Sem adubação (testemunha);
2. Adubação mineral (testemunha);
3. $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante bovino;
4. $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante bovino;
5. $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante bovino;
6. $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante bovino.

Todos submetidos às seguintes lâminas de irrigação:

- A. 80% da evapotranspiração de referência;
- B. 100% da evapotranspiração de referência.

O delineamento experimental foi montado seguindo o croqui da Tabela 4, da mesma forma, tanto no experimento de campo quanto no protegido. O campo onde foi montado o experimento situa-se próximo a estufa (Figura 1).

Tabela 4. Croqui do delineamento experimental

S.A.: sem adubação; A.M.: adubo mineral; 60, 90, 120 e 150: m^3ha^{-1} de biofertilizante bovino



A: ambiente protegido; B: campo

Figura 1. Área experimental – Setor de Plasticultura - UNESP/FCAVJ

A adubação mineral foi realizada conforme a recomendação de Raij et al. (1997) com a aplicação de Uréia (40 kg ha^{-1} de N), Superfosfato triplo (400 kg ha^{-1} de P_2O_5) e Cloreto de potássio (150 kg ha^{-1} de K_2O) e ácido bórico, no plantio. A adubação orgânica foi efetuada um dia antes do plantio, incorporando-se ao solo. Antes de se realizar as adubações foi aplicado calcário calcinado, 20 dias antes do transplântio, para elevar V% (saturação de bases) do solo a 80%, conforme recomendação de Raij et al. (1997), somente no campo.

O transplântio foi realizado no dia 20 de julho de 2011, permanecendo na área experimental no período de 40 dias (Figuras 2, 3 e 4).



A: ambiente protegido; B: campo

Figura 2. Área experimental uma semana após o transplântio



A: ambiente protegido; B: campo

Figura 3. Desenvolvimento das plantas de alface



A: ambiente protegido; B: campo

Figura 4. Final do experimento – dia da colheita

3.5 Irrigação

Todos os tratamentos foram submetidos a dois níveis de irrigação (80% e 100% da evapotranspiração). A irrigação foi realizada diariamente, por aspersão, através de microaspersores bailarina da Agrojet, azul 1,2mm, controlada através da evapotranspiração de referência calculada com base no Tanque Classe A, instalado à 30m da área experimental (no campo), e pelo atmômetro (ambiente protegido), segundo BRONER & LAW (1991) e corrigida segundo os coeficientes de cultura recomendados por PEREIRA & ALLEN (1997).

3.6 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas, para posterior avaliação de dados, foram altura, número de folhas, diâmetro da cabeça, clorofila, matéria fresca e matéria seca das plantas de alface.

3.6.1 Altura

Foi analisada a altura das plantas de alface, medindo-se com régua graduada em cm, desde o solo até o ápice da maior folha.

3.6.2 Número de folhas

O número de folhas foi obtido pela contagem das folhas uma a uma.

3.6.3 Diâmetro da cabeça

O diâmetro da cabeça foi obtido pela medição, com régua graduada em cm, das plantas, do jeito que se encontravam no solo, sem movê-las de local.

3.6.4 Clorofila

A clorofila foi medida com medidor portátil do modelo SPAD-502, apresentando os resultados em unidades SPAD.

3.6.5 Massa de matéria fresca

A matéria fresca foi obtida pesando-se as plantas em balança eletrônica no momento da colheita.

3.6.6 Massa de matéria seca

A matéria seca foi obtida desidratando-se as plantas em estufa de aeração forçada a 70°C até peso constante, pesando-se em seguida em balança eletrônica.

3.7 Análise dos dados obtidos

Para avaliação dos resultados, foi utilizada a análise de variância mediante a aplicação de teste F e a comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), pelo software Agroestat (BARBOSA & MALDONADO-JR. 2011). Também foi feita análise de regressão polinomial, desconsiderando-se os resultados obtidos no tratamento com adubação mineral para avaliação do efeito das doses de biofertilizante. Devido a diferentes condições ambientais, como solo e temperatura, os resultados foram analisados estatisticamente separados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados analisados para o experimento de campo indicam que, exceto na variável número de folhas, para a irrigação, todas as variáveis apresentaram resultados significativos para os fatores adubação e lâminas de irrigação. Porém, a interação entre os fatores não foi significativa para qualquer variável desse experimento (Tabela 5). Para as variáveis altura, diâmetro da cabeça e matéria fresca, a lâmina de irrigação calculada a 80% da evapotranspiração de referência, foi a que apresentou os maiores resultados. Já para a clorofila e matéria seca, observou-se que os maiores valores foram para a lâmina calculada a 100% da evapotranspiração. O número de folhas não foi afetado pelas lâminas de irrigação aplicadas (Tabela 5). Se considerarmos as variáveis mais visadas para a comercialização da alface, que são matéria fresca e número de folhas, a lâmina recomendada é a de 80% da evapotranspiração de referência, que além de proporcionar melhor resultado para essas variáveis, ainda resulta em economia com água e energia. Água e nutrientes são fatores essenciais para obter economia, sendo que variações em qualquer desses dois recursos estão diretamente associados ao rendimento da cultura (SILVA et al. 2008). O controle da irrigação por meio da evapotranspiração é utilizado de forma a ajustar os níveis de água necessários, quantificando o consumo de água pelas culturas, de modo a melhorar o manejo da irrigação (FLUMIGAN & FARIA, 2009). A maior eficiência na aplicação de água e nutrientes é fator preponderante para o desenvolvimento da agricultura irrigada (SILVA et al. 2008).

Os resultados concordam com Andrade Jr. & Klar (1997) que, pesquisando lâminas de irrigação para alface, obtiveram resultados linearmente crescentes para produtividade e matéria fresca até a lâmina de 75% da evapotranspiração do tanque Classe A, obtendo resposta negativa, quando se aumentou a lâmina de irrigação. Já Cuppini et al. (2010) observou que a eficiência do uso de água diminui com o aumento

Tabela 5. Valores médios das variáveis altura, diâmetro, clorofila, matéria fresca e seca e número de folhas de plantas de alface em experimento de campo

Tratamento	Altura (cm)	Diâmetro da cabeça (cm)	Clorofila	Matéria fresca (g)	Matéria seca (g)	Número de folhas
Teste F						
Lâminas de irrigação (L)	34,98**	42,91**	89,86**	29,15**	5,36*	0,15 ^{ns}
Adubação (A)	9,52**	6,07**	5,03**	5,68**	8,50**	4,70**
L X A	0,48 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,47 ^{ns}	1,99 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Lâminas de irrigação						
80% da ET	26,250000a	33,430556a	1,3305556 b	336,67222a	24,113194 b	28,937500a
100% da ET	21,770833 b	30,090278 b	1,6729167a	237,29097 b	25,738889a	28,638889a
Adubação						
Sem adubação	20,125000 c	28,979167 b	1,5041667a	195,77500 b	20,300000 b	24,895833 b
Adubação Mineral	28,895833a	33,666667a	1,3104167 b	358,70625a	27,722917a	29,229167a
Biofertilizante 60m ³ ha ⁻¹	22,833333 bc	31,604167ab	1,5895833a	269,19167ab	24,533333a	28,333333ab
Biofertilizante 90m ³ ha ⁻¹	24,520833 b	32,000000a	1,5041667a	308,82500a	26,189583a	30,104167a
Biofertilizante 120m ³ ha ⁻¹	23,458333 bc	31,958333a	1,5562500a	289,59167ab	25,433333a	30,354167a
Biofertilizante 150m ³ ha ⁻¹	24,229167 b	32,354167a	1,5458333a	299,80000a	25,377083a	29,812500a
C. V. (%)	10,92	5,56	8,33	22,22	9,75	9,24

** Significativo a 1% de probabilidade, teste F;

* Significativo a 5% de probabilidade, teste F;

^{ns} Não Significativo, teste F;

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey (p<0,05).

ET: evapotranspiração de referência

da lâmina utilizada, encontrando, em sua pesquisa com alface, melhores resultados com a lâmina de 50% da evapotranspiração de referência.

Em relação à adubação, o teste de Tukey ($p < 0,05$), aponta que houve resultados significativos para todos os tratamentos em relação à testemunha sem adubação, exceto no caso da clorofila, em que a testemunha e as doses de biofertilizante foram semelhantes, e a testemunha mineral apresentou decréscimo. A medição indireta da clorofila serve como uma medida do N na planta, isso devido ao N estar relacionado com a formação desse pigmento (ALMEIDA et al., 2011). Este nutriente é um importante elemento no processo fotossintético, é constituinte de todos os aminoácidos e, conseqüentemente, fundamental na síntese protéica (CUPPETTI et al., 1999), sendo que quantidades inadequadas de N não expressam o potencial produtivo das plantas, podendo ocorrer reduções significativas na taxa assimilatória líquida de CO_2 (COELHO et al., 2010). A alface, por ser uma cultura composta basicamente por folhas, tem uma forte resposta à adubação nitrogenada (RESENDE et al., 2009) e, por esses motivos, não se pode associar a baixa taxa de clorofila em plantas do tratamento com adubo mineral com deficiência de N, pois as plantas deste tratamento apresentaram resultados expressivos para todas as outras variáveis. Outro fator importante relacionado à medição indireta da clorofila pelo SPAD, é que esse aparelho só determina o N relacionado à clorofila; o N que pode ter sido acumulado em nitrato ou de outra forma não é medido. Os tratamentos com doses de biofertilizante 60 e $90\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ apresentam teores de N menores que a recomendação para a adubação mineral, sendo que ambos se mantiveram semelhantes à adubação mineral em todas as variáveis analisadas, exceto altura. Se os tratamentos com menores doses de biofertilizante bovino e, conseqüentemente, menores doses de N, foram semelhantes à adubação mineral, ocorreu, nas parcelas com adubo mineral, a perda desse nutriente. A uréia é o fertilizante sólido mais utilizado no mundo pelo seu alto conteúdo de N e menor custo, porém, é bastante suscetível a perdas por volatilização (CUNHA et al., 2011). Uma diferença entre esses fertilizantes, é que no mineral os nutrientes são prontamente disponíveis para as plantas, ao contrário do orgânico, que é liberado de forma gradual ao longo do seu desenvolvimento. A matéria orgânica e sua mineralização no solo

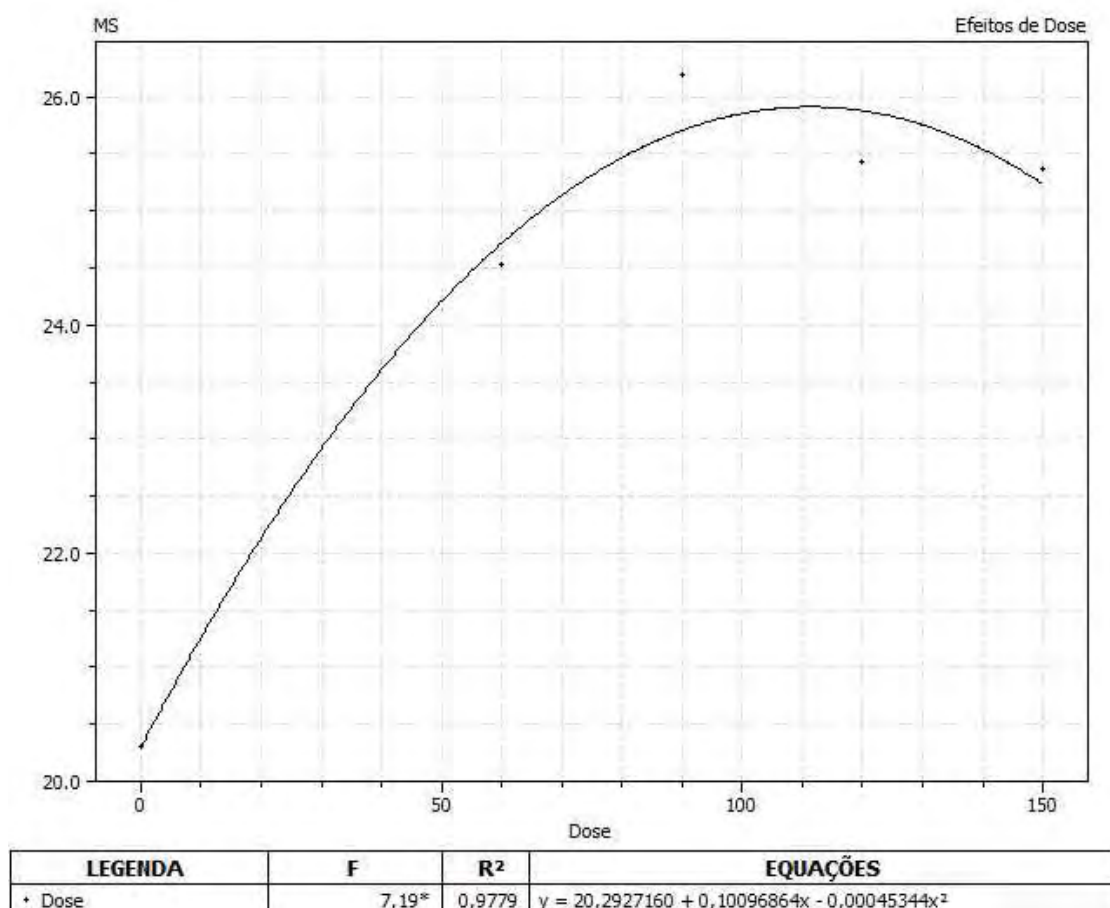
provocam liberação de quantidades adicionais de N, que causa um efeito benéfico sobre o rendimento das plantas (MANOJLOVIC et al., 2010).

Pode-se atribuir maior importância para duas variáveis no que se refere à comercialização da alface, que são elas, matéria fresca e número de folhas, como já citado. Porém, ambas as variáveis indicam quantidade e não qualidade. Para essas variáveis, os tratamentos com doses de biofertilizante bovino e a testemunha mineral foram semelhantes. Mas, nos dois casos, quando se usou a menor dose de biofertilizante ($60\text{m}^3\text{ha}^{-1}$), os valores também se assemelharam a testemunha sem adubação.

Em sistema hidropônico de alface, Dias et al. (2009) não encontraram resultados satisfatórios para o cultivo com biofertilizantes em relação à solução nutritiva mineral, o que relacionaram ao fato de que o biofertilizante precisa estar em contato com os colóides do solo para que seus nutrientes sejam liberados pela mineralização. Sorrilha et al. (2010) encontraram bons resultados no cultivo de alface, quando se misturou biofertilizante bovino com a adubação mineral, alcançando resultados superiores a ambas separadas. Pereira et al. (2010), observaram aumento em algumas variáveis, como altura, número de folhas, matéria fresca e seca de alface com a aplicação foliar de biofertilizante bovino em solução, na concentração de 20%. Foram obtidos aumentos na produção comercial de algumas hortaliças como: pepino, berinjela, tomate, alface e pimentão, aplicando-se biofertilizante bovino (PINHEIRO & BARRETO, 2000). As hortaliças são beneficiadas pelo emprego de adubos orgânicos (FILGUEIRA, 2000).

A matéria seca foi a única variável que apresentou resultado quadrático na análise da regressão polinomial (Figura 5). As outras variáveis se ajustaram de forma linear. Doses elevadas de biofertilizante podem promover declínio de matéria seca. De acordo com os valores estimados para essa variável, apresentado pelo cálculo da equação, o valor que proporciona o maior resultado encontra-se em torno de $111\text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ de biofertilizante bovino. A partir dessa dose os resultados começam a decair, o que demonstra que a melhor dose para essa variável é a de $90\text{ m}^3\text{ha}^{-1}$.

As outras variáveis apresentaram resultados semelhantes entre si, ou seja, as doses de biofertilizante foram semelhantes à adubação mineral, exceto a $60\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, que



se assemelhou com a testemunha sem adubação em alguns casos (Tabela 5).

Figura 5. Regressão para doses de biofertilizante para matéria seca

Portanto, a dose de $90\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ é a mais adequada, uma vez que proporciona resultados tão satisfatórios quanto os outros tratamentos, indicando menor aplicação de nutrientes no solo. Essa diminuição é benéfica, pois utilizar fertilizantes de forma inadequada, principalmente em altas quantidades, é negativo em diversos aspectos. O uso indiscriminado de fertilizantes minerais pode acarretar sérios danos ao meio ambiente e provocar escassez precoce de muitas reservas naturais de alguns

nutrientes para a agricultura (VILLELA JR. et al., 2007) e, ainda, contaminar o lençol freático e causar eutrofização das águas. O fornecimento inadequado de nutrientes causa desequilíbrio nutricional. No caso do N, pode acarretar acúmulo de grandes quantidades de nitrato nas plantas (MARSIC & OSVALD, 2002). Esse desequilíbrio leva a modificações desfavoráveis na composição química das plantas e, no caso de acúmulo de nitrato, se torna especialmente perigoso à saúde humana (KRZEBIETKE 2008).

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir, para o experimento de campo, que a substituição do adubo mineral pelo biofertilizante bovino é apropriada, sendo que a dose recomendada é a de $90\text{m}^3\text{ha}^{-1}$. Para as lâminas de irrigação, a mais recomendada é a de 80% da evapotranspiração de referência, pois apresentou os melhores resultados e está relacionada à economia com água de irrigação.

O experimento realizado em ambiente protegido demonstrou resultados diferentes que os encontrados para o de campo. Isso pode estar relacionado a diversos fatores, como temperatura, umidade, solo e condições ambientais em geral, apesar dos ambientes situarem-se muito próximos um do outro. O controle das variáveis ambientais, no ambiente protegido, está relacionado ao aumento da produtividade e qualidade da colheita (RESENDE et al. 2010). Para o fator adubação, somente a clorofila e o diâmetro da cabeça demonstraram resultados estatisticamente significativos entre os tratamentos. O resultado da clorofila está em concordância com o experimento de campo, onde a adubação mineral apresenta a menor taxa. O N, nesse caso, pode ter sido aproveitado em outros compostos da planta, bem como acumulado de outra forma ou então perdido, porém, não causou nenhum prejuízo ao desenvolvimento das plantas de alface que apresentaram resultados significativos para as outras variáveis (Tabela 6). Os resultados encontrados para o diâmetro da cabeça, para a adubação, podem ser atribuídos a erro experimental, por apresentar resultados muito diferentes de todos os outros. Do contrário, de qualquer forma não haveria prejuízo significativo para a comercialização das plantas, uma vez que essa variável não indica qualidade e nem é fator preponderante no momento da venda.

As lâminas de irrigação demonstraram resultados semelhantes para todas as variáveis, exceto na matéria fresca e seca das plantas, que responderam melhor quando submetidas à lâmina calculada a 100% da evapotranspiração de referência. No caso da matéria fresca, esse resultado entra em conflito com o encontrado no experimento de campo, o que pode estar relacionado às condições climáticas dos ambientes estudados.

Tabela 6. Valores médios das variáveis altura, diâmetro, clorofila, matéria fresca e seca e número de folhas de plantas de alface em experimento em ambiente protegido

Tratamento	Altura (cm)	Diâmetro da cabeça (cm)	Clorofila	Matéria fresca (g)	Matéria seca (g)	Número de folhas
Teste F						
Lâminas de irrigação (L)	1,76 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,10 ^{ns}	4,87*	13,42**	2,94 ^{ns}
Adubação (A)	1,01 ^{ns}	11,22**	3,61*	1,18 ^{ns}	2,66 ^{ns}	0,45 ^{ns}
L X A	0,72 ^{ns}	0,99 ^{ns}	2,47 ^{ns}	2,41 ^{ns}	3,78*	0,74 ^{ns}
Lâminas de irrigação						
80% da ET	30,736111a	28,930556a	2,200000a	221,30278 b	21,198611 b	19,569444a
100% da ET	32,291667a	29,555556a	2,173611a	252,19583a	22,659722a	20,861111a
Adubação						
Sem adubação	36,791667a	36,791667a	2,108333a	209,22083a	20,654167a	19,666667a
Adubação Mineral	32,833333a	19,291667 c	2,037500a	234,41250a	21,933333a	19,291667a
Biofertilizante 60m ³ ha ⁻¹	32,083333a	42,750000a	2,487500a	223,32083a	22,166667a	20,583333a
Biofertilizante 90m ³ ha ⁻¹	32,458333a	20,958333 bc	2,3666667a	257,05833a	22,612500a	20,958333a
Biofertilizante 120m ³ ha ⁻¹	30,000000a	35,166667ab	2,050000a	240,75833a	21,412500a	20,291667a
Biofertilizante 150m ³ ha ⁻¹	32,333333a	20,500000 c	2,0708333a	255,72500a	22,795833a	20,500000a
C. V. (%)	9,12	20,80	9,22	14,48	4,45	9,12

** Significativo a 1% de probabilidade, teste F;

* Significativo a 5% de probabilidade, teste F;

^{ns} Não Significativo, teste F;

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey (p<0,05).

ET: evapotranspiração de referência;

Em locais em que ocorre déficit hídrico, uma característica que deve ser preservada nas plantas, para uma boa produção e colheita, é a turgidez (NOGUEIRA et al., 2001). Nesse experimento, no ambiente protegido, a matéria fresca respondeu de forma linear à aplicação das lâminas, aumentando quando em maior disponibilidade de água, demonstrando maior aproveitamento da maior lâmina de água, que as outras variáveis. A matéria seca também respondeu dessa forma; maior quantidade de água, maior incremento de matéria seca. Esse resultado pode ser explicado pela relação íntima que existe entre a absorção de nutrientes e a água. As plantas absorvem nutrientes por dois mecanismos principais, fluxo de massa e difusão, onde a água exerce importância fundamental. O fluxo de massa está relacionado ao gradiente que regula o movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera, enquanto que a difusão é devida ao movimento dos íons em meio líquido (RUIZ et al., 1999). Sendo assim, a manutenção da umidade do solo é um dos fatores para que se consiga aumentar a eficiência nutricional das culturas (FAGERIA, 1998).

Em geral, a evapotranspiração do ambiente protegido é menor que em campo, pela menor ação dos ventos e parcial opacidade da cobertura à radiação solar (REZENDE et al., 2004). O ambiente protegido promove um maior controle dos elementos microclimáticos, o que pode favorecer na qualidade final do produto (VIANA et al., 2003). Essas informações aliadas à disponibilidade de água e nutrientes foram os fatores fundamentais para que a adubação, no ambiente protegido, não variasse entre tratamentos, como no campo.

O resultado mais interessante desse experimento foi a interação, que não foi observada no campo, entre as lâminas de irrigação e a adubação, ocorrida para a variável matéria seca. Os valores do desdobramento para esses fatores estão representados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores do desdobramento para a interação LxA em matéria seca

	80% ET	100% ET
Sem adubação	18.41bB	22.90aA
Adubação mineral	20.55bAB	23.32aA
Biofertilizante 60m ³ ha ⁻¹	22.02aA	22.32aA
Biofertilizante 90m ³ ha ⁻¹	22.41aA	22.82aA
Biofertilizante 120m ³ ha ⁻¹	21.77aA	21.06aA
Biofertilizante 150m ³ ha ⁻¹	22.04aA	23.55aA

Letras minúsculas referentes a resultados na mesma linha
 Letras maiúsculas referentes a resultados na mesma coluna

Os tratamentos que apresentaram diferença estatística foram as testemunhas, sem adubação e mineral. Ambas apresentaram melhor desempenho quando em irrigação com 100% da evapotranspiração de referência, ao contrário das doses de biofertilizante, que apresentaram resultados semelhantes para ambas as lâminas de irrigação. Ocorreu, portanto, a interação da matéria orgânica com a água de irrigação, provendo resultados mais satisfatórios em relação às testemunhas. A incorporação de matéria orgânica no solo pode melhorar a estrutura e a retenção de umidade, além de fornecer macro e micronutrientes (SANTOS & RODELLA, 2007; GALBIATTI, 1992). A matéria orgânica exerce grande influência no solo, entre elas, na eficiência nutricional da cultura, pois proporciona melhorias nas qualidades físicas do solo, aumenta a capacidade de absorção de nutrientes, reduz problemas de erosão e possibilita um maior desenvolvimento das raízes no solo, além da capacidade de retenção de água (FAGERIA, 1998).

Como observado no campo, os biofertilizantes proporcionam desenvolvimento e produção de plantas de alface semelhantes à adubação mineral e superior à testemunha sem adubação. O efeito da água em interação com a matéria orgânica foi evidenciado no experimento em ambiente protegido, onde, para a massa de matéria seca, houve incremento nos tratamentos em que se utilizou matéria orgânica, em

comparação com as testemunhas. Pode-se concluir, portanto, para o ambiente protegido, que, devido à disponibilidade de água e nutrientes, e a pouca variação que ocorre no ambiente interno, não foi possível que os tratamentos em relação à adubação e as lâminas de água, variassem de forma expressiva, porém, pode-se observar um efeito condicionador da matéria orgânica no solo, na interação água e adubação, que proporcionou maior retenção e disponibilidade de água nos tratamentos com biofertilizante, refletindo em maior acúmulo de matéria seca.

5. CONCLUSÕES

A substituição de adubo mineral por biofertilizante bovino é viável nas condições em que foi realizada esta pesquisa;

O experimento de campo foi o que demonstrou resultados mais expressivos em relação à adubação.

A melhor dose encontrada, para o experimento de campo, foi a de $90\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ de biofertilizante bovino;

Para o experimento em ambiente protegido, as doses de biofertilizante foram semelhantes às adubações testemunhas;

A melhor lâmina de irrigação, no campo, foi a calculada em 80% da evapotranspiração de referência, considerando-se as variáveis para comercialização;

Em ambiente protegido, a lâmina de 100% proporcionou o maior resultado para matéria fresca, importante variável na comercialização da alface. Para as outras variáveis, a lâmina de 80% apresentou resultados igualmente satisfatórios.

O efeito do biofertilizante como condicionador do solo, com consequente aumento na retenção de água, foi evidenciado no experimento em ambiente protegido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRE, V. M. F.; VALENTE, A. M.; CAMMAROTA, M. C.; FREIRE, D. M. G. Performance of anaerobic bioreactor treating fish-processing plant wastewater prehydrolyzed with a solid enzyme pool. **Renewable Energy**, v.36, p.3439-3444, 2011.
- ALMEIDA, T. B. F.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Revista Biotemas**, v.24, p.27-36, 2011.
- ALVAREZ, R.; LIDE'N, G. 2008. The effect of temperature variation on biomethanation at high altitude, **Bioresource Technology**, v.99, p.7278-7284, 2008.
- ALVES, S. V.; ALVES, S. S. V.; CAVALCANTI, M. L. F.; DEMARTELAERE, A. C. F.; TEÓFILO, T. M. S. Desempenho produtivo do feijoeiro em função da aplicação de biofertilizante. **Revista Verde**, v.4, n.2, p. 113-117, 2009.
- ANDRADE JUNIOR, A. S.; KLAR, A. E. Manejo da irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) através do tanque Classe A. **Scientia Agraria**, v.54, p.31-38, 1997.
- ANGELIDAKI, I.; AHRING, B. K. Methods for increasing the biogas potential from the recalcitrant organic matter contained in manure. **Water Science and Technology**, v.41, p.189-94, 2000.
- ARAÚJO, W. F.; COSTA, S. A. A.; SANTOS, A. E. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (Eto). **Caatinga**, v.20, n.4, p.84-88, 2007.
- BARBOSA, G.; LANGER, M. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Unoesc & Ciência – ACSA**, v.2, p.87-96, 2011.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO, J. R. W. 2011. **AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos**. Versão 1.1.0.695.

BLAIN, G. C.; KAYANO, M. T.; SENTELHAS, P. C.; LULU, J. Variabilidade sazonal da evapotranspiração relativa em Campinas (SP): caracterização climática e análise de tendências. **Bragantia**, v.68, n.2, p.545-553, 2009.

BLANK, A. F.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; AMANCIO, V. F.; MENDONÇA, M. C.; SANTANA FILHO, L. G. M. Densidades de plantio e doses de biofertilizante na produção de capim-limão. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.343-349, 2007.

BLAT, S. F.; SANCHEZ, S.V; ARAÚJO, J. A. C.; BOLONHEZI, D. Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.135-138, 2011.

BORGES, A.C. & MENDIONDO, E.M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.293–300, 2007.

BRIONES, A.; RASKIN, L. Diversity and dynamics of microbial communities in engineered environments and their implications for process stability. **Curr Opin Biotechnol**, v.14, p.270-276, 2003.

BRONER, I.; LAW, R. A. P. Evaluation of modified atmometer for estimating reference ET. **Irrig. Sci.**, v.12, p.21-6, 1991.

CARON, C. F.; MESSIAS, J. N.; COUTINHO FILHO, J. S.; RUSSI, J. C. V. WEBER, M. I. **Tuiuti: Ciência e Cultura**, n. 42, p. 63-73, Curitiba, 2009.

CASTRILLÓN, L.; FERNÁNDEZ-NAVA, Y.; ORMAECHEA, P.; MARAÑÓN, E. Optimization of biogas production from cattle manure by pre-treatment with ultrasound and co-digestion with crude glycerin. **Bioresource Technology**, v.102, p.7845–7849, 2011.

CENTURION, J. F. **Caracterização e classificação dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal**. 1998. 84 f. Tese de Livre Docência - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

CHELLAPANDI, P.; PRABAHARAN, D.; UMA, L. Evaluation of Methanogenic Activity of Biogas Plant Slurry for Monitoring Codigestion of Ossein Factory Wastes and Cyanobacterial Biomass. **Appl Biochem Biotechnol**, v.162, p.524–535, 2010.

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M.; NEVES, J. C. L.; SILVA, M. C. C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1175-1183, 2010.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; MARIN, F. R. 2010. **Estimativa da evapotranspiração utilizando os métodos de Hargreaves-Samani e do tanque Classe A**. Disponível em:<http://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/XIVCBA/CBAgro2005_18.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2012.

COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J.; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n.1, p.100–107, 2009.

CUETOS, M.J.; GÓMEZ, X.; OTERO, M.; MÓRAN, A. Anaerobic digestion of solid slaughterhouse waste: study of biological stabilization by Fourier Transform infrared spectroscopy and thermogravimetry combined with mass spectrometry. **Biodegradation**, v.21, p.543-556, 2010.

CUNHA, P.C.R.; SILVEIRA, P.M.; XIMENES, P.A.; SOUZA, R.F.; JUNIOR, J.A.; NASCIMENTO, J.L. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 80-86, 2011.

CUPPET, S. L.; McCLUSKEY, M. M.; PAPAROZZI, E. T.; PARKHURSP, A. Nitrogen and sulfur effects on leaf lettuce quality. **Journal of Food Quality**, v.22, p;363-373, 1999.

CUPPINI, D. M.; ZOTTI, N. C.; LEITE, J. A. O. Efeito da irrigação na produção de alface (*Lactuca sativa* L.) variedade “Pira Roxa” manejada através do tanque Classe A em ambiente protegido. **Perspectiva**, v.34, p.53-61, 2010.

DAMATTO JR, E. R.; BÔAS, R. L. V.; BUENO, O. C.; SIMON, E. J. **Doses de biofertilizante na produção de alface**. 2006. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/46_0441.pdf >. Acesso em: 05 out. 2009.

DAVYDOV, M. S.; BERENGARTEN, M.G.; VAINSHTEIN, S. I. Improving the energy efficiency of anaerobic fermentation of cattle wastes. **Chemical and Petroleum Engineering**, v.46, p.11–12, 2011.

DEMIREL, B.; NEUMANN, L.; SCHERER, P. Microbial community dynamics of a continuous mesophilic anaerobic biogas digester fed with sugar beet silage. **Eng. Life Sci.**, v.8, n. 4, p.390–398, 2008.

DIAS, N. S.; BRITO, A. A. F.; SOUSA NETO, O. N.; LIRA, R. B.; BRITO, R. F. Produção de alface hidropônica utilizando biofertilizante como solução nutritiva. **Revista Caatinga**, v.22, p.158-162, 2009.

DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; LEON, M. J.; SANTOS, G. P. ALBUQUERQUE, R. P. F. Produção do maracujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 644-651, 2011.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; LEAL, M. A. A.; SCHIMIDT, L. T. Efeito do biofertilizante líquido na produtividade e qualidade da alfafa (*Medicago sativa* L.), no município de Seropédica-RJ. **Agronomia**, v.37, p.16-22, 2003.

DONOSO-BRAVO, A.; MAILIER, J.; MARTIN, C.; RODRIGUEZ, J.; ACEVEZ-LARA, C. A.; WOWER, A. V. Model selection, identification and validation in anaerobic digestion: A review. **Water research**, v.45, p.5347-5364, 2011.

FACTOR, T. L., ARAUJO, J. A. C.; VILLELA JUNIOR, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.143-149, 2008.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, p.6-16, 1998

FELTRIM, A. L.; REGHIN, M. Y.; VINNE, J. van der. Cultivo da alface com agrotêxtil em diferentes períodos. **Ci. Agr. Eng.**, v.9, n.1, p.21-27, 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. 2000. Viçosa, Brasil. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2: 412 p.

FLESCH, T.K.; DESJARDINS, R.L.; WORTH, D. Fugitive methane emissions from an agricultural biodigester. *Biomass and Bioenergy*, v.35, n.9, p.3927-3935, 2011.

FLUMIGNAN, D. L.; TEIXEIRA DE FARIA, R. Evapotranspiração e coeficientes e cultivo de cafeeiros em fase de formação. **Bragantia**, v.68, n.1, p. 269-278, 2009.

GALBIATTI, J. A. **Efeito do uso contínuo de efluente de biodigestor sobre algumas características físicas do solo e o comportamento todo milho (Zea mays L.)**. Jaboticabal, 1992. 212p. Tese (Livre Docência em Engenharia Rural) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

GALBIATTI, J. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; RIBEIRO A. G.; BECKMANN-CAVALCANTE N. Z. Fertilização e qualidade da água de irrigação no crescimento e desenvolvimento da alface. **Revista Scientia Agraria**, v. 8, n.2, p. 185-192, 2007.

GALHARTE, C. A.; CRESTANA, S. Avaliação do impacto ambiental da integração lavoura-pecuária: Aspecto conservação ambiental no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.11, p.1202-1209, 2010.

GARCÍA-GARIZABAL, I.; CAUSAPÉ, J.; ABRAHAO, R. Application of the Irrigation Land Environmental Evaluation Tool for flood irrigation management and evaluation of water use, **Catena**, v.87, n.2, p.260-267, 2011.

GE, H.; JENSEN, P. D.; BATSTONE, D. J. Temperature phased anaerobic digestion increases apparent hydrolysis rate for waste activated sludge. **Water research**, v.45, p.1597-1606, 2011.

HERNANDEZ, A.; CASTILLO, H.; OJEDA, D.; ARRAS, A.; LOPEZ, J.; SANCHEZ, E. Effect of vermicompost and composto on lettuce production. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 70, n.4, p. 583-589, 2010.

EJORGENSEN, L. S.; JENSEN, P. D. Chemical and biochemical variation in animal manure solids separated using different commercial separation. **Bioresource Technology**, v.100, p.3088–3096, 2009.

KACHROO, D.; RAZDAN, R. Growth, nutrient uptake and yield of wheat as influenced by biofertilizer and nitrogen. **Ind J Agron**, v.51, p.37-39, 2006.

KRZEBIETKE, S. Response of butter lettuce (*Lactuca sativa* L.) To different forms of nitrogen fertilizers with chlorine and sulphates. **J Elementol**, v.13, p.581-588, 2008.

LINDNER, U. Butterhead lettuce production under alternative guidelines. **Horticultural Abstracts**, v. 25, n. 2, p. 126-129, 1990.

LUSTE, S.; LUOSTARINEN, S. Anaerobic co-digestion of meat processing by-products and sewage sludge – Effect of hygienization and organic loading rate. **Bioresource Technology**, v.101, p.2657-2664, 2010.

MANOJLOVI., M.; .ABILOVSKI, R.; BAVEC, M. Organic materials: sources of nitrogen in the organic production of lettuce. **Turkish Journal of Agriculture & Forestry**, v.34, n.2, p.163-172, 2010.

MARSIC, N. K.; OSVALD, J. Effects of Different Nitrogen Levels on Lettuce Growth and Nitrate Accumulation in Iceberg Lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata L.) Grown Hydroponically under Greenhouse Conditions. **Gartenbauwissenschaft**, v.67, p.128–134, 2002.

MASARIRAMBI, M. T.; HLAWE, M. M.; OSENI, O. T.; SIBIYA, T. E. Effects of organic fertilizers on growth, yield, quality and sensory evaluation of red lettuce (*Lactuca sativa* L.) 'Veneza Roxa'. **Agric Biol J N Am**, v.1, p.1319-1324, 2010.

MENDONÇA, R. M.; GARCIA, C. C.; AGUIAR, J. A. Uso de água imantada no cultivo de alface em sistema hidropônico NFT. **FAZU em Revista**, n. 5, p.30-33, 2008.

MENEZES JR., J. C.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, E. F.; CAMPOS, V. B.; OLIVEIRA, A. P. Teores de micronutrientes nas folhas do mamoeiro e no solo tratado com biofertilizante bovino. **Revista Verde**, v.3, n.2, p.56-63, 2008.

MONTEMURRO, F. Are organic n fertilizing strategies able to improve lettuce yield, use of nitrogen and n status? **Journal of plant nutrition**, v.33, n.13, 2010.

NETO, E. D. D.; ALVARENGA, L. H.; COSTA, L. M.; NASCIMENTO, P. H.; SILVEIRA, R. Z.; LEITE, L. H. M. Implementação e avaliação de um biodigestor de produção descontínua. **E-xacta**, v.3, n.2, p.36-43, 2010.

NIELSEN, H. B.; THYGESEN, A.; THOMSEN, A. B.; SCHIMIDT, J. B. Anaerobic digestion of waste activated sludge – comparison of thermal pretreatments with thermal inter-stage treatments. **J. Chem. Technol. Biotechnol**, v.86, p.238-245, 2011.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; NETO, E. B. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.1, p.75-87, 2001.

OLFATI, J. A.; PEYVAST, G. H.; NOSRATIE-RAD, Z.; SALIGEDAR, F.; REZAEI, F. Application of Municipal Solid Waste Compost on Lettuce Yield. **International Journal of Vegetable Science**, v.15, p.168–172, 2009.

OLIVEIRA, A. P.; SANTOS, J. F.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; SANTOS, M. C.; OLIVEIRA, A. N. P.; SILVA, N. V. Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.3, p.277-281, 2010.

OLIVEIRA, S. V. W. B.; LEONETI, A.B.; CALDO, G. M. M.; OLIVEIRA, M. M. B.; Generation of bioenergy and biofertilizer on a sustainable rural property. **Biomass and Bioenergy**, v.35, p.2608-2618, 2011.

PARIZI, A. R. C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; SOARES, F. C.; VIVAN, G. A.; RAMAO, C. J. Níveis de irrigação na cultura do Kalanchoe cultivado em ambiente protegido. **Ciencia Rural**, v. 40, n.4, p.854-861, 2010.

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Engenharia Agrícola**, v.16, n.4, p.118-143, 1997.

PEREIRA, A. S.; COELHO, R.; FRIZZONE, J. A. **Desenvolvimento e avaliação de um dispositivo para ampliar a precisão de leitura de evaporação de um atmômetro modificado.** Embrapa Meio Ambiente. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Pereira_Coelho_Frizzone_desenvolvimentoID-cywUx1w7XX.pdf. Acesso em: 05 fev 2012.

PEREIRA, M. A. B., SILVA, J. C.; MATA, J. F.; SILVA, J. C.; FREITAS, G. A.; SANTOS, L. B.; NASCIMENTO, I. R. Uso de biofertilizante foliar em adubação de cobertura da alface cv. Verônica. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, p.129-134, 2010.

PIMENTEL, M. S.; LANA, A. M. Q.; DE-POLLI, H. Rendimentos agronômicos em consórcio de alface e cenoura adubadas com doses de crescentes de composto orgânico. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.1, p.106-112, 2009.

PINHEIRO, S.; BARRETO, S. B. **"Mb-4" agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes.** Alagoas: MIBASA, 2000. 273 p.

PRAXEDES, M. G. **Avaliação de características agronômicas da cenoura (*Daucus carota* L.) cultivada com biofertilizante**. 2000. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2000.

PREEZ, C.; HUYSSTEEN, C.; MNKENI, P. Land use and soil organic matter in South Africa 2: A review on the influence of arable crop production. **South African Journal of Science**, v.107, p.35-42, 2011.

RAIJ, B. van, et al. **Análise Química do Solo para Fins de Fertilidade**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 170p.

RESENDE, G. M.; ALVARENGA, M. A. R.; YURI, J. E.; SOUZA, R. J.; MOTA, J. H.; CARVALHO, J. G.; RODRIGUES JR, J. C. Rendimento e teores de macronutrientes em alface tipo americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio em cultivo de verão. **Ciência & Agrotecnologia**, v.33, p.153-163, 2009.

RESENDE JTV; MORALES RGF; FARIA MV; RISSINI ALL; CAMARGO LKP; CAMARGO CK. Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.185-189, 2010.

REZENDE, F. C.; ALVEZ, D. R. B.; FURLAN, R. A.; PASSOS, K. S.; FRIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V. Determinação da evaporação em casa de vegetação utilizando tanque reduzido e atmômetro. **Irriga**, v.9, n.3, p.282-288, 2004.

RUIZ, H. A.; MIRANDA, J.; CONCEIÇÃO, J. S. C. Contribuição dos mecanismos de fluxo de massa e de difusão para o suprimento de K, Ca e Mg a plantas de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.4, p.1015-1018, 1999.

SALOMEZ, J.; HOFMAN, G. Nitrogen Nutrition Effects on Nitrate Accumulation of Soil-Grown Greenhouse Butterhead Lettuce, **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.40, n.1-6, p.620-632, 2009.

SANTIAGO, F. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Avaliação de parâmetros hidráulicos e manejo da irrigação por microaspersão em área de assentamento. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.3, 2004.

SANTOS, A. B. dos; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.12-16, 2002.

SANTOS, M. M.; GALVÃO, J. C. C; SILVA, I. R.; MIRANDA, G. V.; FINGER, F. L. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (^{15}N) na planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.4, p.1185-1194, 2010.

SANTOS, G. C. G.; RODELLA, A. A. Efeito da adição de fontes de matéria orgânica como amenizantes do efeito tóxico de B, Zn, Cu, Mn e Pb no cultivo de Brassica juncea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.793-804, 2007.

SEDIYAMA, M. A. N; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; SALGADO, L. T.; PEDROSA, M. W.; JACOB, L. L. Produtividade e estado nutricional do quiabeiro em função da densidade populacional e do biofertilizante suíno. **Bragantia**, v.68, n.4, p.913-920, 2009.

SEGOVIA, J. F. O.; ANDRIOLO, J. L.; BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, v.27, n.1, p.37-41, 1997.

SHARMA, S. D.; DEVI, M.; KUMAR, P.; BHARDWAJ, S. K.; RAJ, H. Soil Properties, and Quality Attributes of Apricot. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.42, p.659–1674, 2011.

SILVA, P. A. M.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA, L. A. TAVEIRA, J. H. S. Função da resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada. **Ciênc. agrotec.**, v. 32, n. 4, p. 1266-1271, 2008.

SILVA, E. M.; ROSTON, D. M. Tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: Lagoas de estabilização seguidas de leito cultivado. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.1, p.67-73, 2010.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L. SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.383-389, 2011.

SKHIRI, A.; DECHMI, F. Impact of sprinkler irrigation management on the Del Reguero river (Spain). I: Water balance and irrigation performance. **Agricultural Water Management**, v.103, p.120– 129, 2012.

SORRILHA, E. A, PEREIRA, L. H. G.; COSTA, F. A. **Efeito de biofertilizante líquido sob parâmetros de produtividade de alface americana (Lactuca sativa)**. Resumos do III Seminário de Agroecologia de MS1, Cadernos de Agroecologia 5, 2010.

SOUSA, M. B. A.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, J. G. F.; VICENTE, M. R.; VIEIRA, G.H.F.; SOARES, A.A. Manejo da irrigação na cafeicultura irrigada por pivô central nas regiões norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 4, p. 581-590, 2011.

STUCKEY, D.C.; MCCARTY, P.L. The effect of thermal pretreatment on the anaerobic biodegradability and toxicity of waste activated sludge. **Water Res**, v.18, p.1343-1353, 1984.

TAUK, S. M. Biodegradação de resíduos orgânicos no solo. **Revista Brasileira de Geociência**, v. 20, n.4, p. 299-301, 1990.

VERONKA, D. A.; FORTUNATO, C. B.; COLA, C. H.; RODRIGUES, A. P. D. A. C.; LAURA, V. A.; PEDRINHO, D. R. Efeito do biofertilizante no crescimento e na produção de alface. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.1161-1165, 2011.

VIANA, T. V. A.; FOLEGATTI, M. V.; AZEVEDO, B. M.; BOMFIM, G. F.; ELÓI, W. M. Evapotranspiração obtida com o sistema razão de Bowen e com um lisímetro de pesagem em ambiente protegido. **Irriga**, v.8, n.2, p.113-119, 2003.

VIEIRA, M. L. & KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.6, p.1271-1280, 2007.

VILLELA JR, L. V. E., ARAÚJO, J. A. C., BARBOSA, J. C.; PEREZA, L. R. B. Substrato e solução nutritiva desenvolvidos a partir de efluente de biodigestor para cultivo do meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p. 152-158, 2007.

VOLPE, C. A.; BARBOSA, J. C.; MINCHIO, C. A.; ANDRE, R. G. A. Análise da precipitação mensal em Jaboticabal (SP). **Ciências Agronômicas**, v. 4, n. 2, p. 3-5, 1989.

XAVIER, C. A. N.; LUCAS JR., J. parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inoculo. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.2, p.212-223, 2010.

WERNER, J. J.; KNIGHTS, D.; GARCIA, M. L.; SCALFONE, N. B.; SMITH, S.; YARASHESKI, K.; CUMMINGS, T. A.; BEERS, A. R.; KNIGHT, R.; ANGENENT, L. T. Bacterial community structures are unique and resilient in full-scale bioenergy systems. **Proccedings of the national academy of sciences of the United States of America**, v.108, n.10, p.4158-4163, 2011.