



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**CULTIVO DE ADUBOS VERDES FORRAGEIROS EM SOLO PREVIAMENTE
IRRIGADO COM EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIO E CULTIVO EM
SUCESSÃO DA ALFACE**

RAMON NANTES DONATTI

Araras

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**CULTIVO DE ADUBOS VERDES FORRAGEIROS EM SOLO PREVIAMENTE
IRRIGADO COM EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIO E CULTIVO EM
SUCESSÃO DA ALFACE**

RAMON NANTES DONATTI

ORIENTADOR: PROF. Dr. FABRÍCIO ROSSI

CO-ORIENTADOR: PROFa. Dra. TAMARA MARIA GOMES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de **MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

Araras

2016

Donatti, Ramon Nantes

Cultivo de adubos verdes forrageiros em solo previamente irrigado com efluente tratado de laticínio e cultivo em sucessão da alface / Ramon Nantes Donatti -- 2016.
66f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras
Orientador (a): Fabrício Rossi
Banca Examinadora: Fabrício Rossi, Anastácia Fontanetti, Catarina Abdalla Gomide
Bibliografia

1. Fitorremediação. 2. Fitoextração. 3. Adubação verde.
I. Donatti, Ramon Nantes. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8
7083

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE
RAMON NANTES DONATTI
APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL, DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE SÃO CARLOS, **EM 24 DE NOVEMBRO DE 2016.**

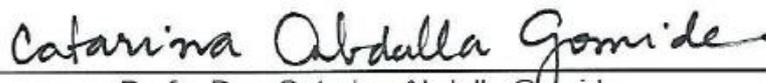
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Fabrício Rossi
USP



Profa. Dra. Anastacia Fontanetti
UFSCar



Profa. Dra. Catarina Abdalla Gomide
FZEA/USP

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos á Deus, a minha família e aos meus orientadores.

Ao grupo de pesquisa GEBio – Sistemas e Engenharia. Ao Departamento de Engenharia de Biosistemas (ZEB) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), da Universidade de São Paulo (USP). Aos professores Rogers Ribeiro e Giovana Tommaso (Laboratório de Biotecnologia Ambiental – ZEA/FZEA/USP), e a Profa. Catarina Abdalla Gomide (Laboratório de Bromatologia – ZAZ/FZEA/USP).

A Piráí Sementes pelo fornecimento das sementes utilizadas nesta pesquisa.

A FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo) pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho (FAPESP nº 2012/19239-0) e a Capes pela concessão da bolsa de mestrado. E ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural (PPGADR) pela oportunidade do mestrado acadêmico.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 Reuso Agrícola da Água	6
2.2 Efluentes da Indústria de Laticínios	9
2.3 Fitorremediação e Adubação Verde	11
2.3.1 Calopogônio	15
2.3.2 Guandu-anão	16
2.3.3 Milheto	17
2.4 Alface	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Fontes de água	22
3.2 Análise química do solo	24
3.3 Cultivo dos adubos verdes forrageiros	25
3.4 Irrigação	26
3.5 Monitoramento da umidade e temperatura durante o cultivo dos adubos verdes	27
3.6 Colheita e processamento dos adubos verdes	28
3.7 Análises bromatológicas dos adubos verdes forrageiros	29
3.8 Cultivo da alface	32
3.9 Análises estatísticas	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36

4.1 Produção de fitomassa dos adubos verdes forrageiros	36
4.2 Fitoextração de nutrientes e sódio pelos adubos verdes forrageiros	39
4.3 Análise química do solo antes e após o cultivo dos adubos verdes forrageiros	44
4.4 Análise bromatológica dos adubos verdes forrageiros.....	50
4.5 Produtividade da alface cultivada em sucessão aos adubos verdes forrageiros	53
5 CONCLUSÕES	57
6 LITERATURA CITADA.....	59
ANEXO I – Análise do composto orgânico utilizado no cultivo da alface	66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Resultados (média ± desvio padrão) dos parâmetros avaliados de efluente anaeróbio (EAN), efluente aeróbio (EA) de laticínio e água de torneira (AT), em diferentes pontos do sistema.	23
Tabela 2. Resultado da análise química dos solos antes do cultivo dos adubos verdes forrageiros e após cultivo da beterraba.	25
Tabela 3. Quantidade de nutrientes fornecidos através da adubação de plantio da alface.	33
Tabela 4. Massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) dos adubos verdes forrageiros cultivados em sucessão a irrigação com diferentes fontes de água.	37
Tabela 5. Massa fresca das raízes (MFR) e Massa seca das raízes (MSR) dos adubos verdes forrageiros cultivados em sucessão a irrigação com diferentes fontes de água.	38
Tabela 6. Fitoextração de macronutrientes (kg ha^{-1}) pela parte aérea dos adubos verdes forrageiros cultivados em sucessão a irrigação com diferentes fontes de água.	40
Tabela 7. Fitoextração de micronutrientes (g ha^{-1}) pela parte aérea dos adubos verdes forrageiros cultivados em sucessão a irrigação com diferentes fontes de água.	43
Tabela 8. Resultado da análise química do solo em relação às fontes de água, na comparação média antes e após cultivo dos adubos verdes.	45
Tabela 9. Resultado da análise química dos micronutrientes do solo na comparação antes e após cultivo dos adubos verdes, na média das fontes de água.	47
Tabela 10. Teores de sódio (Na) e porcentagem de sódio trocável (PST) antes e após o cultivo com adubos verdes, para as diferentes fontes de água.	48
Tabela 11. Teores de sódio (Na) e porcentagem de sódio trocável (PST) antes e após o cultivo com adubos verdes forrageiros.	49
Tabela 12. Análise bromatológica referente aos adubos verdes na média das fontes de água.	50

Tabela 13. Análise bromatológica dos adubos verdes nas fontes de água, na média dos adubos verdes forrageiros.	51
Tabela 14. Índice de área foliar (IAF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa fresca da raiz (MFR), comprimento do pendão floral (CPF) das alfaces cultivadas após adubos verdes forrageiros, na média das fontes de água.	53
Tabela 15. Análise foliar de macronutrientes e micronutrientes da alface na média dos adubos verdes, referentes às fontes de água.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Calopogônio	15
Figura 2. Guandu-anão	16
Figura 3. Milheto	18
Figura 4. Alface, cultivar “Brida”	19
Figura 5. Visão geral das parcelas com os adubos verdes em desenvolvimento após 45 dias da semeadura	26
Figura 6. Umidade relativa mínima e máxima do ar durante o cultivo dos adubos verdes.....	27
Figura 7. Temperatura mínima e máxima do ar durante o cultivo dos adubos verdes	28
Figura 8. Alface com sete dias após transplântio, pós-cultivo ao guandu-anão, efluente aeróbio	33
Figura 9. Alface com 45 dias após transplântio, pós-cultivo de calopogônio, efluente anaeróbio	34

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Ciclo de cultivo, fonte de água (FA) e lâmina de irrigação (LI) que definiram o esquema fatorial do delineamento em blocos casualizados, com nove tratamentos.....	22
--	----

CULTIVO DE ADUBOS VERDES FORRAGEIROS EM SOLO PREVIAMENTE IRRIGADO COM EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIO E CULTIVO EM SUCESSÃO DA ALFACE

Autor: RAMON NANTES DONATTI

Orientador: Prof. Dr. FABRÍCIO ROSSI

Co-orientadora: Profa. Dra. TAMARA MARIA GOMES

RESUMO

Com o intuito de promover uma tecnologia acessível aos produtores rurais vinculados à agroindústria do leite, este estudo teve por objetivo avaliar o potencial de cultivo de espécies de adubos verdes forrageiros em solo previamente irrigado com efluente tratado de laticínio, como técnica de fitorremediação do sódio, e o cultivo em sucessão da alface. O delineamento foi em blocos casualizados, em esquema fatorial, sendo três fontes de água (efluente anaeróbico - EAN, efluente aeróbico - EA, e água da torneira - AT) utilizadas no cultivo da beterraba, e o pós-cultivo de três adubos verdes forrageiros (calopogônio, guandu-anão e milheto), com quatro repetições. Após os adubos verdes foi cultivada a alface crespa, cv. "Brida". Foram avaliados: o desenvolvimento dos adubos verdes; a fitoextração dos nutrientes e do sódio pelas espécies forrageiras; a bromatologia das forrageiras, as características químicas do solo antes e após cultivo dos adubos verdes; a produtividade da alface e suas características químicas. O milheto apresentou maior produção de massa fresca da parte aérea (MFPA) quando comparado ao calopogônio e milheto. No entanto, ele apresentou redução de MFPA em EAN em relação a AT. Na análise química do solo antes e após a adubação verde verificou-se que o cálcio (Ca) e magnésio (Mg) aumentaram após o cultivo dos adubos verdes. Em relação ao sódio (Na) o milheto fitoextraiu 22,4 kg ha⁻¹, diferindo estatisticamente do guandu-anão (11,4 kg ha⁻¹), na média das fontes de água. O milheto foi a espécie fitoextratora de sódio de maior eficiência, mesmo não ocorrendo uma fitoextração de Na em teores adequados para que o solo pudesse novamente receber aporte de efluentes. O milheto apresentou maiores teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose. A proteína bruta (PB) não diferiu estatisticamente entre os adubos verdes. Em relação à produtividade da alface, houve diferença após cultivo do milheto (2,80 kg m⁻²) em relação ao guandu-anão (3,71 kg m⁻²) e ao calopogônio (3,60 kg m⁻²). A alface produziu satisfatoriamente após o cultivo dos adubos verdes.

Palavras-chave: fitorremediação, fitoextração, sodificação, composição centesimal; *Lactuca sativa* L.

GREEN MANURE FORAGE GROWING IN PREVIOUSLY SOIL IRRIGATED WITH TREATED DAIRY WASTEWATER AND DEVELOPMENT SUCCESSION OF LETTUCE

Author: RAMON NANTES DONATTI

Adviser: Prof. Dr. FABRÍCIO ROSSI

Co-adviser: Prof. Dra. TAMARA MARIA GOMES

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the potential for cultivation of forage green manure species in previously irrigated soil with treated dairy effluent, as a phytoremediation technique of sodium, and cultivation in succession of lettuce. The design was in randomized blocks in a factorial scheme, with three sources of water (anaerobic effluent - ANE, aerobic effluent - AE, and tap water - TW) used in beet cultivation, and the post - cultivation of three forages green manure (calopogo, pigeon pea and millet), with four replicates. After the green manure was cultivated the crisp lettuce, cv. "Brida". The following were evaluated: the development of green manures; phytoextraction of nutrients and sodium; the bromatology of the forages, the chemical characteristics of the soil before and after cultivation of green manures; the productivity of lettuce and its chemical characteristics. Millet presented higher fresh shoot mass production (FSMP) when compared to calopogo and millet. However, it showed reduction of FSMP in ANE in relation to TW. In the soil chemical analysis before and after green manuring, it was found that calcium (Ca) and magnesium (Mg) increased after cultivation of green manures. In relation to sodium (Na), millet phytoextracted 22.4 kg ha⁻¹, differing statistically from pigeon pea (11.4 kg ha⁻¹), in the mean of water sources. Millet was the most efficient phytoextractive sodium species, even though no phytoextraction of Na was present at adequate levels so that the soil could receive effluents again. Millet had higher levels of neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA) and hemicellulose. Crude protein (CP) did not differ statistically between green manures. In relation to lettuce productivity, there was difference after millet cultivation (2.80 kg m⁻²) in relation to pigeon pea (3.71 kg m⁻²) and calopogo (3.60 kg m⁻²). The lettuce produced satisfactorily after the cultivation of green manures.

Keywords: phytoremediation, phytoextraction, sodification, centesimal composition; *Lactuca sativa* L.

1 INTRODUÇÃO

As indústrias de laticínios são de suma importância, pois são as responsáveis de maneira direta e indireta na cadeia de produtos alimentícios no Brasil. Em 2014 foram produzidos 35,17 milhões de litros de leite, sendo que no ranking nacional da aquisição de leite, o estado de Minas Gerais liderou seguido por Rio Grande do Sul e Paraná (IBGE, 2015). No entanto, essas agroindústrias geram resíduos com alto potencial poluidor. Segundo Mendonça et al. (2015), uma agroindústria de laticínios de pequeno porte, que processa cerca de 10 mil litros de leite por dia, pode gerar três vezes mais efluentes que o volume processado de leite. AZZOLINE & FABRO (2013) destacam a alta carga orgânica presente nos efluentes gerados no processamento de laticínios e seu alto potencial poluidor dos recursos hídricos. Deste modo, é preciso o tratamento das águas residuárias antes da disposição final no meio ambiente (SUTAR; MULLA; RANVEER, 2015).

O tratamento de efluente nos laticínios é exigência para que ocorra o lançamento dentro dos padrões legais (CONAMA, 2005), não impactando drasticamente os recursos hídricos. Porém, a remoção de concentrações adequadas de nitrogênio e fósforo para atendimento aos padrões de lançamento é pouco eficiente nos processos biológicos, representando grandes custos às estações de tratamento. A descarga desses elementos em corpos hídricos acarreta sérios problemas de eutrofização (GOMES et al., 2015).

Assim, umas das alternativas para reduzir custos com o tratamento é o reuso da água para fins de irrigação das culturas, integrando as atividades do sistema e evitando que a água seja captada de rios e represas (ROSSI et al., 2014). No entanto, uma das dificuldades do uso de efluentes de laticínios na agricultura é a elevada concentração de sódio, acrescido pelo processamento do leite, e que persisti após tratamento. A irrigação com altas concentrações de sódio provoca salinização (acumulação de sais) de forma a acarretar alterações físico-químicas ao solo, como aumento do potencial osmótico da água e redução na infiltração da água no solo, resultando em perdas significativas no rendimento das culturas (AYERS & WESTCOT, 1999).

Com intuito de resolver a questão da salinidade e sodicidade (acúmulo de sódio) do solo e assim permitir a irrigação com águas residuárias de estações de tratamento de efluentes (ETE), em diferentes culturas agrícolas, a fitorremediação é uma alternativa cada dia mais estudada. O termo *phytoremediation* (phyto = vegetal + remediation = remediação) foi estabelecido para definir o uso de vegetais e dos micro-organismos a eles associados, como instrumento para contenção, isolamento, remoção ou redução de

contaminantes em meio sólido, líquido ou gasoso (USEPA, 2000). A fitorremediação é uma técnica que utiliza plantas para descontaminação de solos que estejam com elementos orgânicos e inorgânicos prejudiciais ao sistema produtivo (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

Em razão ao baixo custo, a tecnologia da fitorremediação se adequa para pequenas e médias agroindústrias familiares, podendo assim beneficiar tanto produtor quanto o ecossistema.

A seleção de potenciais plantas fitorremediadoras de sódio ainda é uma questão complexa devido aos reduzidos estudos desenvolvidos. Segundo Santos et al. (2014) algumas leguminosas (Fabáceas) como a *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis* possuem certa resistência a salinidade por determinado período de tempo, sendo também responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio. Porém, as gramíneas (Poáceas) por possuírem grande produção de fitomassa, com importante desenvolvimento radicular, podem contribuir com a fitoextração.

Em busca de um modelo sustentável, a integração entre as atividades agropecuárias torna-se fundamental: o leite produzido pelas vacas em lactação é processado no laticínio, onde são gerados os efluentes que necessitam de tratamento para sua disposição; estes efluentes tratados podem ser utilizados na irrigação de culturas comerciais, mas com o reuso salinizam o solo; a fitorremediação torna o solo propício para receber novas culturas irrigadas com águas residuárias; e quando as espécies fitorremediadoras são forrageiras, as mesmas podem servir de alimento ao gado leiteiro, fechando o ciclo produtivo.

Deste modo há otimização dos recursos hídricos e dos nutrientes químicos e orgânicos do sistema.

Portanto, com intuito de promover uma tecnologia acessível aos produtores rurais vinculados à agroindústria do leite, este estudo teve por objetivo avaliar o potencial de cultivo de espécies de adubos verdes forrageiros em solo previamente irrigado com efluente tratado de laticínio, como técnica de fitorremediação do sódio, e seus efeitos na produção da alface cultivada em sucessão.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A agricultura convencional tem como principal objetivo a produtividade e geração de lucros. Diversas técnicas foram adotadas com intuito de atingir esses objetivos, porém, tais práticas não levaram em consideração as consequências geradas em longo prazo, bem como, a dinâmica natural dos agroecossistemas (GLIESSMAN, 2008), causando uma série de problemas ambientais. A agricultura de base agroecológica é uma alternativa a agricultura convencional. Segundo Caporal & Costabeber (2004) a agroecologia trata de um processo social gradativo, dependente de mudanças internas dos atores sociais envolvidos. É uma mudança do “pensar”, relacionadas a diferentes métodos de manejo ao longo do tempo, substituindo insumos e outros recursos presentes no sistema convencional (produtos) por uma agricultura baseada em processos. Este modelo aplica-se a diversos setores da produção de alimentos, inclusive na cadeia do leite e seus derivados.

A inclusão de técnicas de manejo, redesenhos agrícolas ecológicos e tecnologias sociais para o meio rural são fundamentais para a transição agroecológica. Tais tecnologias devem focar na racionalização econômica-produtiva, dando possibilidades viáveis para o pequeno e médio produtor (CAPORAL; COSTABEBER, 2004).

Técnicas como a fitorremediação, adubos verdes e reuso de água, estão dentro do enfoque agroecológico. A proposta do presente estudo foi avaliar a possibilidade de um novo desenho do agroecossistema leiteiro, no qual os recursos gerados, que são geralmente descartados, como a água residuárias e os nutrientes associados, advindos da produção de lácteos, poderão ser reutilizados no cultivo agrícola.

2.1 Reuso Agrícola da Água

A água doce é um recurso natural que não deve ser desperdiçado. De um pensamento antigo, hoje podemos dizer atrasado, acreditasse que tais recursos eram infinitos, e a forma de utilização correta foi pouco pensada. É necessário novas medidas de gerenciamento e manejo deste recurso tão fundamental para a humanidade. Segundo Lord Selborne (2001) no livro “A Ética do Uso da Água Doce: um levantamento” cita:

Á água, o símbolo comum da humanidade, respeitada e valorizada por todas as religiões e culturas, tornou-se também um símbolo da equidade social, pois a crise da água é sobretudo de distribuição, conhecimento e recursos, e não de escassez absoluta (SELBORNE, 2001, p. 23).

A água é a principal matéria prima utilizada para o consumo humano, na produção de energia, em sistemas de resfriamento e aquecimento, etc. O uso da água nos diferentes setores industriais afetam diretamente os custos de produção, e dependendo do setor produtivo a quantidade utilizada e a qualidade é variada. Técnicas de reuso, tratamentos e uso racional são fundamentais para garantir a conservação desse recurso, gerando além de ganhos ambientais, ganhos econômicos (MIRRE et al., 2012).

O crescimento desenfreado das atividades urbanas e agropecuárias nas nações desenvolvidas e em desenvolvimento tem mostrado o comprometimento da qualidade da água, sendo necessária a busca cada vez mais de alternativas técnicas e econômicas para o controle da contaminação dos recursos hídricos (RESENDE, 2002).

As tentativas de gestão das águas iniciaram-se em 1934 no Brasil, com o Código das Águas (DECRETO, 1994). Porém, somente a partir de 1997, com a Lei 9433/97, iniciou-se a cobrança pelo uso da água, com a definição de “usuário pagador” e de “poluidor pagador”, cobrando mais daquele que desperdiça e polui (BRASIL, 1997). Nas zonas rurais, a ausência de tratamento de esgoto, agregado aos dejetos animais, influenciaram de maneira drástica para que novos métodos e soluções fossem propostas para o tratamento e reuso das águas servidas. O reuso propõe minimizar a falta de água potável bem como reduzir a degradação e poluição de corpos d' água devido ao lançamento de resíduos (BERTONCINI, 2008).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), na Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, estabelece modalidades, diretrizes e para a

prática do reuso direto não potável da água. No artigo 2, parágrafo IV, define-se o reuso direto da água como: “uso planejado de água de reuso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos” (CNRH, 2006).

Hespanhol (2002) define as diferenças de reuso direto e indireto, evidenciando a não recomendação do reuso direto pela Organização Mundial da Saúde (OMS). O autor descreve que o reuso direto se identifica como uma ligação do efluente com a estação de tratamento de água e posteriormente distribuída novamente para os usuários. Já o reuso indireto, que é o mais indicado, trata-se de uma central captadora intermediária, na qual irá receber o efluente em uma estação que seja um corpo hídrico com a capacidade de diluir esse esgoto, e após uma diluição eficiente, possa passar por um tratamento na estação de água e distribuição.

De acordo com Bertoncini (2008) o uso direto de água de reuso, principalmente de pecuária confinada, pode ser muito prejudicial aos solos e águas subterrâneas, sendo que tais dejetos, como por exemplo o do suínos, podem conter metais pesados como cobre (Cu) e zinco (Zn), além de nitratos e patógenos. Apesar de toda problemática da saúde relacionada ao tratamento de esgoto, no Brasil as zonas rurais não são contempladas com sistema de tratamento, sendo de responsabilidade do proprietário rural a destinação correta dos dejetos gerados.

Na agricultura, a aplicação da água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas, é preconizado na Resolução nº 54, no artigo 3º, parágrafo II (CNRH, 2006).

2.2 Efluentes da Indústria de Laticínios

Segundo Mendonça et al. (2015), uma agroindústria de laticínios de pequeno porte pode processar cerca de 10.000 L de leite por dia, sendo o volume de efluente gerado três vezes maior que o volume de leite processado por dia, com a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do efluente de 2.000 mg L⁻¹, tendo alta capacidade poluidora semelhante a uma população de 1.111 pessoas. Deste modo é evidente a importância do tratamento dos efluentes antes de ser lançado nos curso de água.

Azzoline & Fabro (2013) também destacam a alta carga orgânica presente nos efluentes gerados no processamento de laticínios e seu alto potencial poluidor dos recursos hídricos. Estes efluentes são constituídos por leite e derivados, materiais sólidos presos em clarificadores e filtros, gordura, produtos de limpeza e substâncias como o soro (VOURCH et al., 2008; BHAVSAR et al., 2009). As águas residuárias dessas agroindústrias apresentam uma elevada demanda química e bioquímica de oxigênio devido à alta quantidade de lipídios, carboidratos e proteínas. Quando lançados, sem tratamento adequado, podem ocasionar diminuição drástica da concentração de oxigênio dissolvido na água, gerando risco para os recursos hídricos. Os tratamentos mais comuns utilizam processos biológicos. No entanto, apesar do baixo custo, estes tratamentos possuem algumas condições para sua eficiência, pois a biodegradação depende de uma população microbiana diversificada, do pH e da temperatura estáveis (VILLA et al., 2007).

A principal vantagem da utilização de efluentes na agricultura é o reuso da água para fins de irrigação das culturas, integrando as atividades do sistema

e evitando que a água seja captada de rios e represas (ROSSI et al., 2014). E as águas residuárias podem ser fonte de matéria orgânica, nutrientes e água para a produção agrícola (GLIESSMAN, 2008).

Segundo Bhavsar et al. (2009), a indústria de laticínios é considerada a maior fonte de águas residuais de processamento de alimentos em muitos países, sendo a quantidade de água utilizada no processamento do leite altíssima. Segundo o autor, tais efluentes não podem ser utilizados para fins de irrigação e/ou descartado em esgoto público, sem tratamento adequado.

O tratamento de efluente nos laticínios é exigência para que ocorra o lançamento dentro dos padrões legais (CONAMA, 2005), não impactando drasticamente os recursos hídricos.

A sustentabilidade do sistema pode ter seu enfoque no reuso agrícola, através da irrigação de cultivos, reduzindo o destarte dos efluentes tratados. Convém salientar, no entanto, que embora haja vantagens na utilização como fonte de água e nutrientes, os efluentes tratados de laticínio, em muitos casos, podem ser ricos em sódio (Na) e outros sais, causando sodificação e salinização dos solos que poderão recebê-los (AYERS & WESTCOT, 1999).

O processamento do leite acrescenta altas concentrações de sódio aos efluentes, persistindo após tratamento. A irrigação com altas concentrações de sódio acarreta alterações físico-químicas ao solo, como aumento do potencial osmótico da água e redução na infiltração da água no solo, resultando em perdas significativas no rendimento das culturas (AYERS & WESTCOT, 1999). Com intuito de minimizar a questão da sodicidade do solo e assim permitir a

irrigação com águas residuárias de estações de tratamento de efluentes (ETE), em diferentes culturas agrícolas, a fitorremediação é uma alternativa.

2.3 Fitorremediação e Adubação Verde

A remediação se resume na aplicação de medidas de contenção e tratamento de poluentes. A remediação pode ser realizada de natureza química, através de quelatos e reagentes; física, retirando os contaminantes da área através de injeção de ar; e biológica, utilizando plantas e micro-organismos (biorremediação). Muitas das técnicas de remediação são onerosas e de difícil execução, com base nisso, soluções alternativas como a biorremediação estão sendo cada vez mais empregadas em áreas contaminadas e com alto potencial poluidor (EMBRAPA, 2009).

A biorremediação realizada por plantas denomina-se fitorremediação, esta tecnologia tem sido aceita e sua utilização é crescente, pois além de ser eficaz na remoção permanente de poluentes, é economicamente e ambientalmente viável. A fitorremediação pode ocorrer por meio de duas abordagens; a primeira é a fitoextração, que funciona a partir do uso de plantas para remoção do material contaminante do solo mediante absorção pelas raízes, transporte e concentração na biomassa da parte aérea da planta; e em segundo, a fitoestabilização ou rizorremediação por ter ação na rizosfera, no qual os poluentes são degradados por enzimas secretadas pelas plantas ou por comunidade microbiana modificada (CHEN et al., 2013).

A fitoextração como processo que depende da absorção, translocação, e metabolismo dos poluentes orgânicos em plantas (ANDRADE; TAVARES;

MAHLER, 2007). Alguns compostos orgânicos são capazes de entrar nas células vegetais penetrando a membrana celular facilmente. A absorção de poluentes orgânicos de solos pelas raízes das plantas é impulsionada principalmente por difusão simples, baseada em propriedades químicas e de biodisponibilidade. A hidrofobicidade também determina a eficiência de penetração na membrana celular. Para aumentar a biodisponibilidade de poluentes orgânicos no solo, algumas alterações enzimáticas são realizadas para contribuir com a fitorremediação de substâncias orgânicas. A difusão dos poluentes orgânicos ocorre através da raiz da planta (simplasto) até a parte aérea (apoplasto) através do xilema, sendo deste modo translocados e metabolizados (CHEN et al., 2013).

Já na fitoestabilização ou rizorremediação o processo fora da planta; as raízes secretam enzimas que ajudam a contribuir na degradação de poluentes orgânicos, mas também auxiliam na melhora da capacidade dos microorganismos que atuam como degradantes. Estas enzimas incluem lacase, nitrilase, desalogenase, nitro-redutase, etc. Portanto, além da planta eliminar contaminantes por meio da fitoextração, elas são capazes de melhorar a eficiência da biorremediação microbiana (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007; CHEN et al., 2013).

A fitorremediação tem muito a contribuir com a indústria de laticínios no que se refere ao tratamento de efluentes gerados.

Águas residuárias de laticínios são facilmente biodegradáveis, podendo ser tratada de maneira simples e eficaz com técnicas convencionais de tratamento, como filtro biológico, lagoa de estabilização de resíduos, etc.

Porém, o tratamento convencional tem limitações como alto custo e trabalho tecnicamente qualificado, além da problemática do descarte do lodo biológico. Assim, a fitorremediação é uma possível alternativa para remover nutrientes e outras substâncias químicas de esgoto e efluentes industriais (BHAVSAR et al., 2009). No presente estudo, o objetivo principal foi à remoção do sódio (Na), que pode causar sodificação do solo, com dispersão da argila e conseqüentemente compactação do solo, dificultando o desenvolvimento radicular, a absorção de água e nutrientes (AYERS & WESTCOT, 1999).

O potencial de fitoextração de sódio e outros sais pela planta *Atriplex numulária*, conhecida por erva sal, foi estudada por diversos autores (SANTOS et al., 2013; SOUZA et al., 2011; LEAL et al., 2008). Esta espécie apresenta atributos de resistência a salinidade e adapta-se bem a climas áridos e semi-áridos.

Outra possível solução utilizando a fitorremediação para tratamento de efluentes são os alagados construídos, conhecidos pelo termo em inglês de wetlands. Nestes alagados existem diversas espécies que são capazes de melhorar a qualidade da água (FUCAPI, 2011). Dipu et al. (2010) compararam a eficiência de macrófitas aquáticas como *Typha* sp., *Eichhornia* sp., *Salvinia* sp. e *Pistia* sp. para tratar efluentes de fábrica de laticínios e observaram que parâmetros como a demanda biológica de oxigênio, turbidez, demanda química de oxigênio, nutrientes e sólidos totais de efluentes de laticínios, foram significativamente reduzidos após o tratamento pela tecnologia dos wetlands.

Outra alternativa para a fitorremediação é o uso de adubos verdes forrageiros, que podem, além de corrigir o problema de salinidade e sodicidade do solo além de produzir uma forragem de qualidade para o gado leiteiro.

Madalão et al. (2012) identificaram potencial fitorremediador em espécies de adubos verdes como *Crotalaria juncea*, sendo esta com maior capacidade fitoextratora em solo contaminado com herbicida sulfentrazone, e com menor potencial o *Cajanus cajan* (guandu-anão) e *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco). Carmo et al. (2008) estudaram diversas espécies vegetais, entre elas o feijão-de-porco e o milheto, para fitorremediação de solos contaminados com o herbicida, sendo que ambas espécies apresentaram tolerância à atividade residual do herbicida no solo.

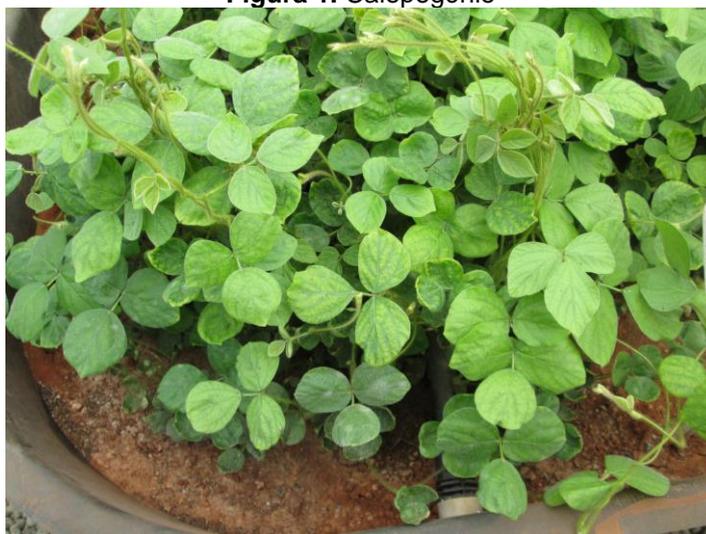
Os adubos verdes são espécies vegetais cultivadas com o objetivo de recuperar e manter a fertilidade do solo, e auxiliar na nutrição das plantas cultivadas em sucessão ou em consórcio (AMBROSANO et al., 2014). Deste modo, após seu corte, estas plantas são deixadas sobre o solo, protegendo-o das intempéries. A adubação verde se torna eficiente na redução da evaporação de água na superfície do solo.

A adubação verde favorece a ação dos micro-organismos, melhorando a sanidade do solo através do equilíbrio biológico, evitando a ação de possíveis agentes patogênicos (BARRADAS, 2010), contribuindo com aspectos físicos e químicos do solo (ESPINDOLA, 2006). Além da função de cobertura ao solo que ajuda no manejo de plantas espontâneas, algumas espécies de adubos verdes também podem ser utilizadas na alimentação animal, especialmente no período outono/inverno, quando há escassez de pasto (TIRITAN et al., 2013).

2.3.1 Calopogônio

O calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.) tem a América do Sul como local de origem. Pertencente à família Fabácea (leguminosa) é uma forrageira trepadeira com folhas com três folíolos grandes e estipulados (Figura 1). Seu ciclo vegetativo é de 240 a 260 dias, sendo pouco resistente a falta de água, mas se desenvolve bem em solos com baixa fertilidade (COSTA et al., 2007). Em condições ideais para seu desenvolvimento pode produzir 0,5 toneladas de fitomassa seca por hectare (CALEGARI; CARLOS, 2014).

Figura 1. Calopogônio



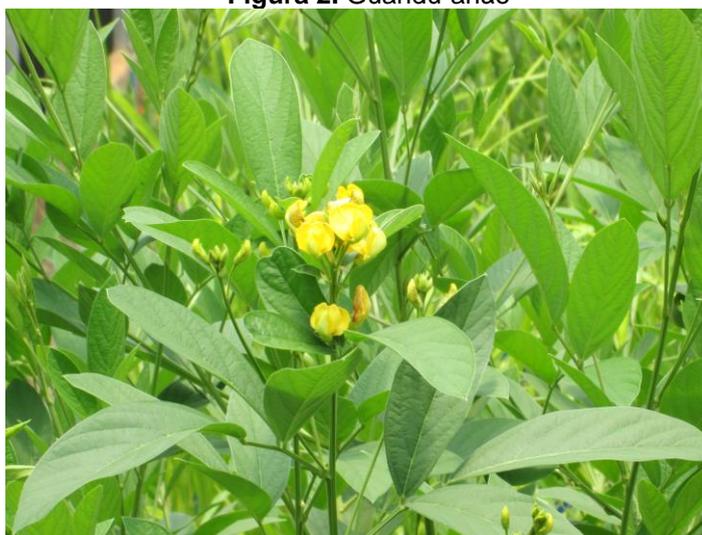
De acordo com Filho et al. (2003) o calopogônio também é capaz de produzir substâncias químicas com efeitos alelopáticos, estando estas predominantemente na parte aérea da planta nas primeiras fases de desenvolvimento, tornando-a uma espécie atrativa para uso consorciado com pasto afim de inibir plantas competidoras.

2.3.2 Guandu-anão

O guandu-anão (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) é considerado uma leguminosa anual ou semiperene, com origem na Índia e África ocidental. Com porte ereto e arbustivo ela é muito utilizada na conservação e na recuperação de solos degradados por possuir resistência à seca, além de apresentar um alto potencial forrageiro devido suas características bromatológicas (SOUSA et al., 2011).

O guandu-anão (Figura 2) ganha destaque nos cultivos orgânicos de produção se inserindo, junto com outras leguminosas e gramíneas, como reestruturantes de solo, pois além de realizar a fixação biológica do nitrogênio (FBN), gera material orgânico em áreas de pousio ou rotação, sendo uma alternativa de adubação e restauração do solo para cultivos em sistemas ecológicos (AMBROSANO et al., 2014).

Figura 2. Guandu-anão



A produtividade de forragem do guandu-anão pode chegar a 12 toneladas por hectare no ano, ideal para o gado de leite ou corte, pelo seu alto valor nutricional. Possui por volta de 16 a 20% de Proteína Bruta (PB) na parte

aérea, enquanto que o fator de digestibilidade da matéria seca pode chegar entre 50 a 60% (COSTA et al., 2001).

De acordo com Madalão et al. (2012) o guandu-anão possui potencial fitoextrator. É uma planta que contribui de diversas maneiras nos agroecossistemas, gerando produtos com alto potencial biológico e com alto valor nutritivo, servindo como alimento tanto para humanos quanto para animais (AZEVEDO et al., 2007).

2.3.3 Milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum* L.) pertencente à família da Poáceas (gramíneas) possui resistência à seca, sendo uma ótima opção como forrageira anual por ser de clima tropical. A temperatura ideal para seu desenvolvimento é entre 15°C e 28°C. Seu ciclo de desenvolvimento vegetativo é de 130 a 140 dias, produzindo em média 10 toneladas por hectare de fitomassa seca, chegando a 4 metros de altura (MARTINS NETTO; BONAMIGO, 2005).

O milheto (Figura 3), além de ser produzido com diferentes objetivos; para pastoreio, na produção de ração utilizando sua semente, e também para cobertura do solo no sistema de plantio direto. Ele produz um cereal ainda pouco conhecido e utilizado no Brasil, mas no Cerrado tem ganhado espaço no campo utilizando-o em sistemas de plantio direto e como planta forrageira (EMBRAPA, 2005). Nas regiões sul e nordeste do Brasil, o milheto é utilizado como forragem e pastoreio, pois possui boa qualidade nutricional (TABOSA et al., 1999).

A época ideal para sementeira do milho é entre abril e setembro, sendo que nos meses de setembro e outubro a produtividade de fitomassa verde é maior e para grãos destacam-se os meses de abril e maio (EMBRAPA, 2003).

Figura 3. Milho



Diversas plantas forrageiras e outras formulações alternativas de rações estão sendo cada vez mais estudadas para contribuir com o desenvolvimento da nutrição animal. O milho em grão, em função do seu valor nutricional, vem sendo considerado como uma fonte viável nesta substituição pelo alto teor de proteínas (BASTOS et al., 2004).

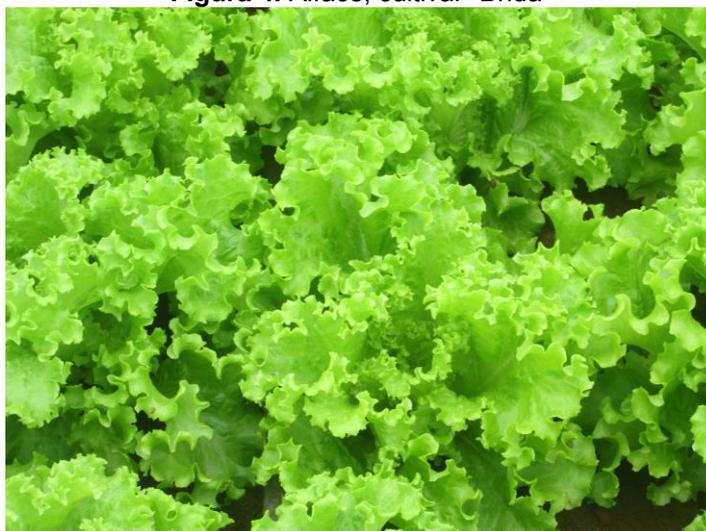
Além de novas alternativas em nutrição animal, estudos tem buscado contribuir com a preservação ambiental, integrando produtividade com sustentabilidade. Sistemas orgânicos de produção animal, ainda possuem dificuldades na produção, devido ao fato que o alimento da criação deve ter origem orgânica certificada, aumentando significativamente os custos.

2.4 Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é de origem do sul da Europa e Ásia Ocidental, lugares de clima temperado, justificando a melhor produtividade da planta nas épocas de clima mais frio. A alface, em diversas regiões do Brasil, é a hortaliça mais consumida, pois agrada no sabor, na nutrição e no preço (EMBRAPA, 2007).

A alface é uma hortícola (Figura 4) com um grau de sensibilidade moderado a níveis de salinidade no solo, tendo o valor máximo recomendado de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ de saturação do solo com tolerância de salinidade (AYERS & WESTCOT, 1999).

Figura 4. Alface, cultivar “Brida”



Em relação a Porcentagem de Sódio Trocável (PST), a tolerância da alface à salinidade pode variar de 15% a 40%. Com intuito de verificar de maneira prática as condições de produção em solo salino irrigado com efluentes da indústria de laticínios, a alface aparece como uma planta teste para avaliar sua produtividade após plantio e colheita dos adubos verdes, verificando a viabilidade do cultivo de uma planta relativamente sensível em um

solo salino. Após cultivo de adubos verdes como *Crotalaria juncea* e milho em solo salinizado em ambiente protegido, a produtividade de alface foi maior em relação à testemunha (PURQUERIO et al., 2001).

Sandri et al, (2006) realizaram um trabalho com sistemas de irrigação (aspersão, gotejamento subterrâneo e superficial) com fonte de água de reservatórios do próprio local e de água residuária. A utilização do efluente tratado em reator anaeróbico permitiu o fornecimento de diversos nutrientes, além da reutilização da água na produção da alface, contribuindo na formação da massa fresca e área foliar, ou seja, apresentando maior produtividade do que na água de reservatório. Neste efluente, a presença de sódio, não apresentou toxicidade a cultura da alface. Com um experimento em casa de vegetação Baumgartner et al., (2005) avaliaram a cultura da alface com diferentes fontes de água, evidenciando um pior desempenho da alface irrigadas com águas residuárias com dejetos da suinocultura e do biodigestor.

Outros autores também utilizaram da alface como planta indicadora do potencial de reuso agrícola dos efluentes de laticínio (CUBA et al., 2015; urbano et al., 2015; UENO et al., 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em estufa com área de 210m², pertencente ao laboratório de Biosistemas, do Departamento de Engenharia de Biosistemas, da Faculdade Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP) Pirassununga-SP. Com altitude de 627m, latitude 21°59'S e longitude 47°25'W, o clima da região é considerado do tipo Cwa na classificação de Koppen (1931), com temperatura média anual de 20,8° e com precipitação pluviométrica média anual de 1089 mm.

Anteriormente a este estudo, na mesma área experimental, utilizou-se água residuária na cultura da beterraba, no qual os efluentes utilizados para irrigação e fornecimento parcial de nitrogênio (N) foram provenientes da Estação Experimental de Tratamento de Efluentes (ETE) da seção de Laticínios da Prefeitura do Campus USP Fernando Costa.

As parcelas experimentais foram caixas com 0,5 m³, tendo 1 m² de área superficial. O delineamento foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (3x3), sendo três fontes de água (efluente anaeróbico; efluente aeróbico; água da torneira) utilizadas durante o cultivo da beterraba e o pós-cultivo de três adubos verdes forrageiros (calopogônio, guandu-anão e milheto), com quatro repetições (Quadro 1). Cada adubo verde substituiu uma lâmina de irrigação do cultivo da beterraba. No cultivo dos adubos verdes e da alface a irrigação foi realizada com água de torneira.

Quadro 1. Ciclo de cultivo, fonte de água (FA) e lâmina de irrigação (LI) que definiram o esquema fatorial do delineamento em blocos casualizados, com nove tratamentos. FZEA/USP Pirassununga-SP, 2014/2015.

Trat.	1º ciclo: Beterraba			2º ciclo: Adubo Verde				3º ciclo: Alface	
	FA	LI		Espécie	FA	LI		FA	LI
1	EA	50% ET _C	→	Calopogônio	AT	100% ET _C	→	AT	100% ET _C
2	EA	100% ET _C	→	Guandu-anão	AT	100% ET _C	→	AT	100% ET _C
3	EA	150% ET _C	→	Milheto	AT	100% ET _C	→	AT	100% ET _C
4	EAN	50% ET _C	→	Calopogônio	AT	100% ET _C	→	AT	100% ET _C
5	EAN	100% ET _C	→	Guandu-anão	AT	100% ET _C	→	AT	100% ET _C
6	EAN	150% ET _C	→	Milheto	AT	100% ET _C	→	AT	100% ET _C
7	AT	50% ET _C	→	Calopogônio	AT	100% ET _C	→	AT	100% ET _C
8	AT	100% ET _C	→	Guandu-anão	AT	100% ET _C	→	AT	100% ET _C
9	AT	150% ET _C	→	Milheto	AT	100% ET _C	→	AT	100% ET _C

Legenda: EAN: efluente anaeróbico; EA: efluente aeróbico; AT: água de torneira; ET_C: evapotranspiração da cultura

3.1 Fontes de água

Na Tabela 1 são apresentadas as características químicas das fontes de água. Vale ressaltar que os valores de Razão de Adsorção de Sódio (RAS) para o Efluente Aeróbico (EA) e Efluente Anaeróbico (EAN) estão abaixo do valor máximo preconizado pela CETESB (2006), quando o mesmo correlacionado com o valor de condutividade elétrica (CE), mas os valores apresentados de

sódio e cloreto são superiores a 69 mg L⁻¹ e 109 mg L⁻¹, respectivamente, portanto acima dos valores preconizados.

Tabela 1. Resultados (média ± desvio padrão) dos parâmetros avaliados de efluente anaeróbio (EAN), efluente aeróbio (EA) de laticínio e água de torneira (AT), em diferentes pontos do sistema. FZEA/USP Pirassununga-SP, 2014.

Parâmetro	EAN	EA	AT (Torneira)
	Após Ultravioleta		
N-NTK (mg L ⁻¹)	89,69 ± 35,25	49,89 ± 35,01	19,46 ± 2,47
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	51,24 ± 31,11	22,16 ± 25,73	0,00 ± 0,00
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,71 ± 0,75	15,24 ± 24,34	0,26 ± 0,05
N-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,05 ± 0,05	0,90 ± 1,24	0,00 ± 0,00
P total (mg L ⁻¹)	5,70 ± 1,78	4,47 ± 1,87	0,21 ± 0,17
P solúvel (mg L ⁻¹)	4,49 ± 1,60	3,65 ± 1,55	0,05 ± 0,03
K ⁺ (mg L ⁻¹)	59,67 ± 17,56	54,17 ± 26,57	0,23 ± 0,05
Ca ⁺² (mg L ⁻¹)	54,41 ± 20,26	67,05 ± 17,46	6,85 ± 1,06
Mg ⁺² (mg L ⁻¹)	86,16 ± 7,22	65,83 ± 16,42	1,83 ± 0,27
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	366,83 ± 111,22	318,83 ± 133,63	1,78 ± 0,65
Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	171,32 ± 60,22	149,22 ± 57,74	2,39 ± 1,98
Fe (mg L ⁻¹)	0,16 ± 0,02	0,16 ± 0,01	0,15 ± 0,00
Mn (mg L ⁻¹)	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,01 ± 0,01
RAS (mmol/L) ^{-1/2}	7,28 ± 2,44	6,66 ± 2,76	0,16 ± 0,05
CE (dS m ⁻¹)	3,53 ± 1,35	2,43 ± 0,80	0,04 ± 0,02
pH	8,03 ± 0,35	8,28 ± 0,20	6,92 ± 0,18
ST (mg L ⁻¹)	1991,00 ± 746,65	1380 ± 451,68	214 ± 126,97
SST (mg L ⁻¹)	23,00 ± 21,38	8,67 ± 4,04	6,67 ± 7,76
SDT (mg L ⁻¹)	1968,00 ± 726,57	1372,00 ± 448,48	208,67 ± 118,89
DQO Br (mg L ⁻¹)	-	-	-
DQO Fil (mg L ⁻¹)	-	-	-
Bactérias Heterotróficas (UFCmL ⁻¹)	5,09E+04±8,38E+04	8,91E+03±1,23E+04	1,11E+03±1,59E+03
Coliformes totais (UFCmL ⁻¹)	8,66E+01±1,76E+02	7,61E+02±1,70E+03	2,66E+01±5,24E+01
<i>Escherichia coli</i> (UFCmL ⁻¹)	3,20E+00±4,60E+00	0,00E+00±0,00E+00	0,00E+00±0,00E+00

AT - água de torneira; EA - efluente aeróbio; EAN - efluente anaeróbio; NTK - nitrogênio total Kjeldahl; RAS - razão de adsorção de sódio; CE - condutividade elétrica; ST - sólidos totais; SST - sólidos suspensos totais; SDT - sólidos dissolvidos totais; DQO Br - demanda química de oxigênio bruta; DQO Fil - demanda química de oxigênio filtrada; UFC - unidade formadora de colônia.

O principal nutriente presente nos efluentes tratados de laticínios é o nitrogênio (N), mas há também fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Devido à diluição do efluente para abastecimento do reator aeróbio, de maneira geral, as concentrações são menores quando comparada ao efluente anaeróbio.

O valor de nitrogênio na forma amoniacal (N-NH_4^+) é superior em EAN em relação ao EA, resultado do processo de decomposição anaeróbia da matéria orgânica. No entanto, a presença do oxigênio permite a transformação da matéria orgânica em nitrito (N-NO_2^-) e nitrato (N-NO_3^-), que conseqüentemente apresentou maiores valores no EA em relação a EAN.

3.2 Análise química do solo

Para avaliação e análise química do solo e determinação do sódio trocável, após a irrigação do solo com diferentes fontes de água, foi realizado coleta em três profundidades: 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm. A análise ocorreu pelo método de extração por resina (RAIJ et al., 2001), no laboratório de solos/ FZEA. Com a relação de sódio trocável e capacidade de troca de cátions (CTC) foi calculada a porcentagem de sódio trocável (PST).

O solo, não apresentou diferenças estatísticas entre as camadas amostradas, sendo que as características químicas médias (0-30 cm) são descritas na Tabela 2, resultado residual da adubação e da aplicação das fontes de água durante o cultivo da beterraba.

Tabela 2. Resultado da análise química dos solos antes do cultivo dos adubos verdes forrageiros e após cultivo da beterraba. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), 2014.

Tratamentos	pH	P	S	K	Ca	Mg	Na	H+Al	
	CaCl ₂	--- mg dm ⁻³ ---			----- mmolc dm ⁻³ -----				
AT	5,43	24,92	50,06	2,63	14,67	5,58	0,19	22,39	
EA	5,67	27,78	47,75	3,05	16,78	7,44	3,01	20,09	
EAN	5,76	32,97	36,97	2,84	17,50	7,92	4,71	19,60	
Continuação...									
Tratamentos	MO	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹	--- mmolc dm ⁻³ ---			-- % --	----- mg dm ⁻³ -----			
AT	15,60	23,16	45,56	48,42	0,70	1,49	12,92	8,86	1,03
EA	13,61	30,83	50,83	58,81	0,85	1,58	12,39	8,19	0,94
EAN	17,11	31,90	51,50	59,75	0,75	1,57	13,08	8,89	0,96

Legenda: AT = água de torneira; EA = efluente aeróbio; EAN = efluente anaeróbio.

3.3 Cultivo dos adubos verdes forrageiros

Não foram realizadas adubações para o cultivo dos adubos verdes forrageiros, sendo os mesmos cultivados com os nutrientes residuais, com exceção da aplicação de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) nas parcelas com o milho, parcelado em quatro vezes aos 30, 40, 50 e 60 dias após emergência (DAE). O fornecimento de N se justifica pelo fato do milho ser uma gramínea e não ser beneficiada pela fixação biológica de nitrogênio (FBN), como ocorre com as fabáceas (calopogônio e guandu-anão).

Para a semeadura dos adubos verdes forrageiros foram pesados 3 gramas de sementes de milho, 6 gramas de sementes de calopogônio e 12 gramas de sementes de guandu-anão, que foram dispostas uniformemente em 12 linhas na parcela (Figura 5).

A análise química do solo após o cultivo dos adubos verdes foi realizada em solo coletado em três profundidades por parcela: 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm.

Figura 5. Visão geral das parcelas com os adubos verdes em desenvolvimento após 45 dias da semeadura



As parcelas experimentais do calopogônio receberam uma aplicação de calda bordalesa (sulfato de cobre + cal hidratada ou virgem) a 1% para controle de oídio.

3.4 Irrigação

A irrigação ocorreu por sistema localizado de dois tubos gotejadores integrados e não compensantes na superfície de cada parcela, com vazão de $2,4 \text{ L h}^{-1}$ e emissores espaçados a cada 0,20 m, permitindo a irrigação em área total (1m^2). O turno de rega adotado foi de dois dias e no caso do cultivo dos adubos forrageiros foi utilizado água da torneira.

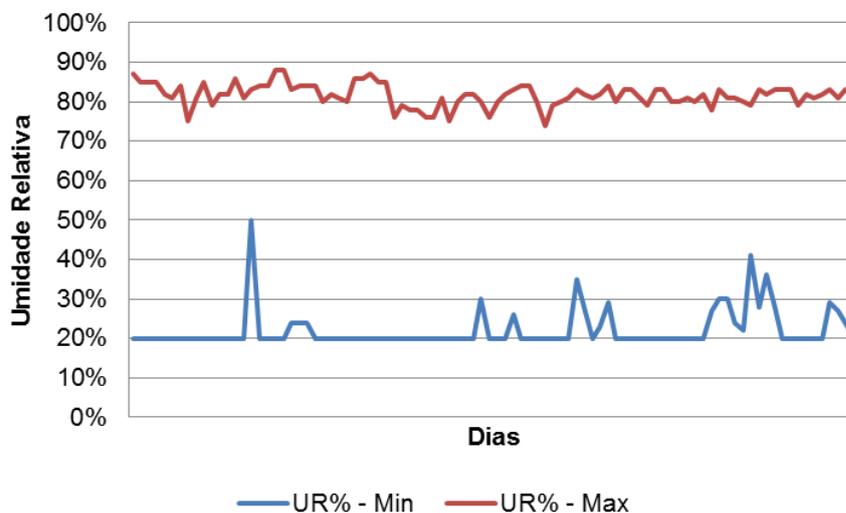
O manejo da irrigação ocorreu por meio da estimativa da evapotranspiração das culturas (ET_c), utilizando o tanque de classe A reduzido, instalado sobre um estrado de madeira de 0,15 m de altura, na parte central da estufa. Para o cálculo da ET_c , os valores foram corrigidos de acordo com o coeficiente da cultura (K_c) em seus diferentes estágios, como proposto por

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2008). Já para o coeficiente de correção do tanque classe A reduzido – K_p e em ambiente protegido, foi 1, de acordo com PRADOS (1986), citado por FARIAS et al. (1994). A frequência de irrigação adotada foi de dois dias. Ao final do experimento foi totalizado um volume de 332 mm, 327 mm e 297 mm de água por parcela para milho, calopogônio, e guandu-anão, respectivamente.

3.5 Monitoramento da umidade e temperatura durante o cultivo dos adubos verdes

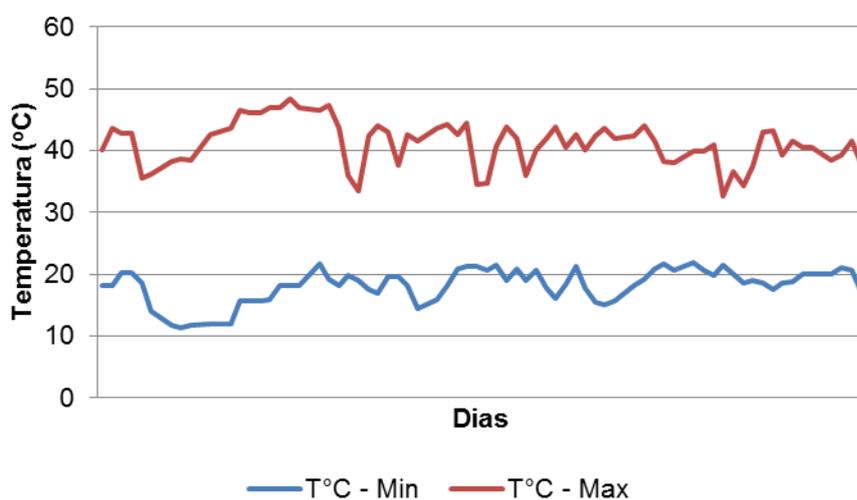
O monitoramento de umidade e temperatura do ar máxima e mínima foi realizado por meio de leitura diária do termohigrômetro digital localizado na área central da estufa. Os valores observados durante o cultivo dos adubos verdes, de 22 de setembro a 18 de dezembro, não influenciaram no desenvolvimento dos adubos verdes, tendo como umidade relativa máxima o valor de 84% e umidade relativa mínima 20% (Figura 6).

Figura 6. Umidade relativa mínima e máxima do ar durante o cultivo dos adubos verdes



A temperatura máxima do período foi de 48,4°C e a mínima de 11,3°C (Figura 7).

Figura 7. Temperatura mínima e máxima do ar durante o cultivo dos adubos verdes



3.6 Colheita e processamento dos adubos verdes

Com 85 dias de desenvolvimento os adubos verdes foram cortados, e tanto parte aérea quanto raízes foram lavadas com solução de água e ácido clorídrico, numa diluição de 0,1%, retirando as impurezas presentes. A pesagem da parte aérea quanto das raízes dos adubos verdes foi realizada para determinação da massa fresca e posteriormente foram acondicionados em estufa de circulação forçada a 65°C, secando as folhas e raízes depois pesadas e processadas nos moinhos para determinação de massa seca e envio para análises de diagnose nutricional pelo laboratório de solos e plantas da FZEA, seguindo métodos descritos por MALAVOLTA et al. (1997).

3.7 Análises bromatológicas dos adubos verdes forrageiros

Para as análises bromatológicas dos adubos verdes forrageiros foram utilizadas as seguintes determinações: pré-secagem a 65°C, secagem definitiva (105°C) (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com AOAC (2005).

Na determinação da pré-secagem, as amostras dos adubos verdes foram colocadas em sacos de papel perfurados, identificadas e pesadas. Em seguida, levadas à estufa a 65°C por 72 horas, retiradas da mesma, resfriadas em temperatura ambiente e pesadas.

Cálculo:

$$\% MS (65^{\circ}C) = \frac{[(\text{peso saco} + \text{amostra seca}) g - (\text{peso saco vazio}) g] \times 100}{(\text{peso amostra úmida}) g}$$

Após as amostras serem moídas em moinho tipo Willey, em peneiras de 1 mm, foram pesadas para a determinação da secagem definitiva, em estufa a 105°C/4 horas. Foram pesadas cerca de 2 g de amostra em cadinho de porcelana. Após o resfriamento, em dessecador, as amostras foram pesadas para o cálculo da porcentagem de Matéria Seca (MS):

$$\% MS = \frac{(\text{peso cadinho} + \text{amostra seca}) g - (\text{peso cadinho vazio}) \times 100}{(\text{peso da amostra}) g}$$

O procedimento da determinação das cinzas ou Matéria Mineral (MM) iniciou-se com a pesagem dos cadinhos vazios, previamente secos, em estufa a 105°C. Pesados 2 g de amostras foram levados à mufla a 550°C por 4 horas. Depois foram retirados, levados para dessecador, até entrar em equilíbrio com

a temperatura ambiente, sendo então novamente pesados. O cálculo para a determinação da porcentagem de MM segue abaixo:

$$\% \text{ MM} = \frac{(\text{peso cadinho} + \text{cinzas}) - (\text{peso cadinho vazio}) \times 100}{(\text{peso da amostra})g}$$

Para a determinação da proteína bruta (PB) foram necessárias três etapas de procedimentos: digestão, destilação e titulação. Para a digestão foram pesadas 100 mg de amostra, em tubo de digestão (25 x 245 mm) e adicionado 1,9 g de sulfato de potássio e 3 mL de ácido sulfúrico concentrado. Para proceder à digestão, a amostra foi aquecida lentamente, em bloco digestor, na capela, por aproximadamente, 1 hora e meia, a 380°C. Após o resfriamento das amostras, inicia-se a segunda etapa, que é a destilação. Adiciona-se 35 mL de água destilada ao tubo de digestão. Paralelamente, deve ser preparado o erlenmeyer receptor de nitrogênio, com 10 mL de ácido bórico a 5% e 1 a 2 gotas de solução indicadora. Após o posicionamento correto do erlenmeyer no aparelho de micro-Kjeldahl, adicionar ao tubo de digestão, 15 mL da solução hidróxido de sódio com tiosulfato de sódio para concluir a destilação, coletando-se 50 mL do destilado. Finalizada esta etapa, procede-se à titulação do destilado (terceira etapa), empregando-se ácido clorídrico a 0,02 N, de fator conhecido. Deve-se ressaltar que deve ser realizada a análise dos reagentes (branco).

Cálculo:

$$\% \text{ NT} = \frac{(\text{mL HCl gasto} - \text{mL gasto branco}) \times \text{N HCl} \times \text{fator correção HCl} \times 14,007 \times 100}{\text{mg da amostra}}$$

$$\% \text{ PB} = 6,25 \times \% \text{ NT}$$

Para a determinação da fibra em detergente neutro (FDN) foi utilizado 0,35 g de amostra pré-seca e moída, colocada em tubo de ensaio de 100 mL, adicionando-se 35 mL da solução de detergente neutro. Adicionar 0,2 mL de amilase. Após homogeneizar a amostra dentro do tubo, estas foram colocadas em banho maria a 100°C. Após 40 minutos do início da fervura, foi adicionado mais 0,1 mL de amilase e, depois de 60 minutos de fervura foi retirado a metade dos tubos para proceder a filtração; em seguida, o restante dos tubos também foram retirados e filtrados enquanto as amostras ainda estavam quentes. Com o auxílio de bomba de vácuo, as amostras foram filtradas em cadinho de vidro, secos previamente em estufa a 105°C e pesados. As amostras foram lavadas três vezes com água quente e de uma a duas vezes com acetona. Após as lavagens, os cadinhos com as amostras foram levados para a estufa a 105°C/12 horas. Depois retirados, colocados em dessecador, resfriados e pesados novamente. O cálculo utilizado para a determinação da porcentagem de FDN foi:

$$\% \text{ FDN} = \frac{(\text{peso do cadinho} + \text{FDN}) - (\text{peso do cadinho vazio}) \times 100}{(\text{peso da amostra}) \text{ g}}$$

Para a determinação da fibra em detergente ácido (FDA) foi utilizado 0,35 g de amostra pré-seca e moída, colocada em tubo de ensaio de 100 mL, adicionando-se 35 mL da solução de detergente ácido. Após homogeneizar a amostra dentro do tubo, estas foram colocadas em banho maria a 100°C. Depois de 60 minutos do início da fervura, foi retirada a metade dos tubos para proceder à filtração; em seguida, o restante dos tubos também foram retirados e filtrados enquanto as amostras ainda estavam quentes. Com o auxílio de

bomba de vácuo, as amostras foram filtradas em cadinho de vidro, secos previamente em estufa a 105°C e pesados. As amostras foram lavadas três vezes com água quente e de uma a duas vezes com acetona. Após as lavagens, os cadinhos com as amostras foram levados para a estufa a 105°C/12 horas. Depois retirados, colocados em dessecador, resfriados e pesados novamente. O cálculo utilizado para a determinação da porcentagem de FDA foi:

$$\% FDA = \frac{(\text{peso do cadinho} + FDA) - (\text{peso do cadinho vazio}) \times 100}{(\text{peso da amostra}) g}$$

Para determinação dos teores estimados de hemicelulose (HEMIC) foi realizado o seguinte cálculo:

$$\% HEMIC = \% FDN - \% FDA$$

3.8 Cultivo da alface

De acordo com a análise do solo foi realizada adubação antes do transplante de alface, no qual foram adicionados 20 t ha⁻¹ de composto orgânico (Anexo I) e 400 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 300 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, para as parcelas anteriormente irrigadas com água de abastecimento (AT) e efluentes (EA e EAN), respectivamente, na forma de termofosfato magnésiano (Yoorin máster 1 Si®). O termofosfato, além de fósforo, fornece também cálcio (18% Ca), magnésio (7% Mg), boro (0,10% B), cobre (0,05% Cu), manganês (0,30% Mn), silício (10% Si) e zinco (0,55% Zn). Foi adicionado também 150 Kg ha⁻¹ de

K_2O na forma de sulfato de potássio, que fornece também enxofre (28% S). Os nutrientes fornecidos pela adubação estão relacionados na Tabela 3.

Tabela 3. Quantidade de nutrientes fornecidos através da adubação de plantio da alface. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, FZEA, 2014.

Tratamentos	K_2O	P_2O_5	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Si	Zn
AT	30	40	45	17,5	5,4	0,250	0,125	0,75	25,0	1,375
EAN	30	30	34	13	5,4	0,187	0,093	0,56	18,7	1,028
EA	30	30	34	13	5,4	0,187	0,093	0,56	18,7	1,028

Legenda: 1 = Fontes de água, 2 = Tempo; AT = água de abastecimento; EA = efluente aeróbio;

No início de fevereiro de 2015, a alface crespa, cultivar “Brida”, foi transplantada (16 mudas por parcela) e cultivadas em sucessão aos adubos verdes, sendo conduzidas por 45 dias. Na Figura 8 é possível visualizar as plantas se desenvolvendo após cultivo dos adubos verdes forrageiros. Convém destacar que os adubos verdes foram totalmente retirados da parcela experimental, pois o objetivo foi o estudo como potencial forrageiro e não cobertura do solo.

Figura 8. Alface com sete dias após transplanto, pós-cultivo ao guandu-anão, efluente aeróbio



As alfaces, quatro plantas centrais por parcelas (Figura 9), foram cortadas rentes ao solo e determinadas a massa fresca (MFPA), o índice de área foliar (IAF), o comprimento do pendão floral (CPF), e posteriormente, após secagem em estufa de circulação forçada a 65°C até peso constante, a massa seca da parte aérea (MSPA). As raízes também foram coletadas e determinadas a massa fresca (MFR) e seca (MSR) em balança de precisão.

Figura 9. Alface com 45 dias após transplântio, pós-cultivo de calopogônio, efluente anaeróbio



A área foliar foi determinada pela medição das folhas de duas plantas por parcela em medidor de área foliar, marca Li-Cor, modelo LI-3100C.

O IAF foi determinado através da seguinte equação:

$$IAF = \frac{(AF \times NP)}{AT}$$

em que:

IAF - índice de área foliar, $m^2 m^{-2}$

AF - área foliar média de duas plantas, m^2

NP - número de plantas por metro quadrado

AT - área total considerada, $1 m^2$

3.9 Análises estatísticas

A análise estatística dos resultados foi realizada por análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011). Para atendimento das pressuposições da análise de variância, os dados de fitoextração foram transformados em \sqrt{x} . Quando a análise foi realizada considerando o fator tempo e/ou profundidade, ou seja, na análise do solo antes e após o cultivo dos adubos verdes, os mesmos foram considerados como sub-parcela para fins de análise estatística.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de fitomassa dos adubos verdes forrageiros

Entre os adubos verdes o milho apresentou maior produção de massa fresca da parte aérea (MFPA) em todas as fontes de água (Tabela 4). No entanto, também foi à espécie que apresentou redução de MFPA no tratamento EAN, possivelmente em função da salinidade do solo. Os adubos verdes calopogônio e guandu-anão apresentaram produtividades semelhantes tanto para MFPA quanto para MSPA, nas diferentes fontes de água, com exceção apenas para MFPA em AT que o calopogônio apresentou menor produtividade. Embora a MSPA do calopogônio tenha apresentado mais de 50% de acréscimo da AT para o tratamento efluente aeróbio (EA), não houve diferença estatística (Tabela 4).

Tabela 4. Massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) dos adubos verdes forrageiros cultivados em sucessão a irrigação com diferentes fontes de água. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), 2014.

Adubos Verdes	MFPA			MSPA			Referência*
	AT	EAN	EA	AT	EAN	EA	
	----- Kg m ⁻² -----			----- Kg m ⁻² -----			
Calopogônio	0,81 Ac	1,00 Ab	1,31 Ab	0,40 Ab	0,57 Aa	0,66 Aab	2,0–3,0 (0,4–0,5)
Guandu-anão	1,59 Ab	1,31 Ab	1,10 Ab	0,60 Ab	0,56 Aa	0,50 Ab	1,2–2,2 (0,3–0,7)
Milheto	3,62 Aa	2,87 Ba	3,09 ABa	1,12 Aa	0,77 Ba	0,89 ABa	5,0–6,0 (0,6–1,5)
C.V. (%)		19,14			26,81		

* Produtividade esperada (fitomassa fresca) dos adubos verdes no ciclo ideal de cultivo. Entre parênteses, valores de fitomassa seca (Adaptado de CALEGARI; CARLOS, 2014).

Legenda: AT = água de torneira, EAN = efluente anaeróbico, EA = efluente aeróbico.

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com Calegari et al. (2014), apenas o guandu-anão apresentou valores de MFPA dentro da faixa esperada. No entanto, ao comparar a MSPA, verifica-se que o calopogônio nos tratamentos EAN e EA apresentou valores um pouco superiores a referência, apesar do corte com 85 dias, sendo que seu ciclo vegetativo é de 240 dias. Convém destacar que as plantas cultivadas neste experimento estavam em ambiente protegido. Nunes et al. (2006) relataram em seu estudo que a produção de matéria seca do *Calopogonio mucunoides* é muito baixa, em torno de 0,25 kg m⁻² aos 172 dias após semeio (DAS) e 0,33 kg m⁻² aos 334 DAS, não sendo recomendada como planta de cobertura para sistemas de plantio direto.

O milho e o guandu-anão tiveram os valores de MSPA dentro dos observados por Calegari et al. (2014). Segundo Tiritan et al. (2013) o milho obteve maior produção de biomassa seca em 30 e 60 dias após a semeadura em sistema de monocultura e em consórcio (sorgo ou guandu-anão) quando comparado aos demais tratamentos. A maior produtividade de matéria seca (MSPA) do milho solteiro foi obtida aos 90 dias após a semeadura, atingindo 0,56 kg m⁻².

Esse resultado difere do observado por Rossi et al. (2014), que em experimento anterior a este (após o cultivo de um ciclo de beterraba irrigado com efluente), avaliaram o milho e constataram uma produção de 1,63 kg m⁻² de MFPA e 0,38 kg m⁻² de MSPA, nos tratamentos irrigados com efluentes tratados de laticínios (EAN). Os autores atribuíram a menor produtividade ao não fornecimento do nitrogênio ao milho, o que pôde ser constatado pelo amarelecimento e pela medição indireta de clorofila das folhas, fato que determinou a adubação nitrogenada do milho neste experimento.

Em relação à massa fresca e seca das raízes (MFR e MSR), em todas as fontes de água o milho apresentou os maiores valores, diferindo do calopogônio e do guandu-anão (Tabela 5). Quando cultivado em solo previamente irrigado com EA, o milho apresentou redução em sua MFR comparado ao cultivado em AT.

Tabela 5. Massa fresca das raízes (MFR) e Massa seca das raízes (MSR) dos adubos verdes forrageiros cultivados em sucessão a irrigação com diferentes fontes de água. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), 2014.

Adubos Verdes	MFR			MSR		
	AT	EAN	EA	AT	EAN	EA
	Kg m ⁻²			Kg m ⁻²		
Calopogônio	0,140 Ab	0,043 Ab	0,069 Ab	0,053 Ab	0,021 Ab	0,037 Ab
Guandu-anão	0,080 Ab	0,063 Ab	0,059 Ab	0,054 Ab	0,039 Ab	0,038 Ab
Milho	0,531 Aa	0,460 ABa	0,345 Ba	0,124 Aa	0,093 Aa	0,083 Aa
C.V. (%)	52,42			43,43		

Legenda: AT = água de abastecimento, EAN = efluente anaeróbio, EA = efluente aeróbio.

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

4.2 Fitoextração de nutrientes e sódio pelos adubos verdes forrageiros

Para os valores médios de fitoextração dos macronutrientes pelos adubos verdes forrageiros, não houve interação entre os adubos verdes e as fontes de água para nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (Tabela 6).

A fitoextração do N foi semelhante, independente dos adubos verdes e das fontes de água, apresentando em média 124 kg ha^{-1} de N na fitomassa seca. O mesmo comportamento do N foi observado para Ca, Mg e S, que fitoextraíram em média $17,83 \text{ kg ha}^{-1}$, $6,56 \text{ kg ha}^{-1}$ e $13,86 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente.

O potássio (K), independente da fonte de água, foi fitoextraído em maior quantidade pelo milho ($214,6 \text{ kg ha}^{-1}$), diferindo estatisticamente do calopogônio ($96,8 \text{ kg ha}^{-1}$) e do guandu-anão ($71,1 \text{ kg ha}^{-1}$). Segundo Gliessman (2008), a biomassa gerada por planta é influenciada de acordo com a eficiência de transpiração e evapotranspiração. Plantas como o sorgo, milho e milho, possuem uma eficiência de transpiração mais alta que leguminosas devido o menor consumo de água para a produção de biomassa.

A fitoextração de fósforo (P) ocorreu de maneira diferente para os adubos verdes forrageiros nas diferentes fontes de água. Nota-se que o calopogônio fitoextraiu maior quantidade P quando cultivado em solo irrigado com efluentes (EA e EAN), diferindo do guandu-anão e (Tabela 6).

Tabela 6. Fitoextração de macronutrientes (kg ha^{-1}) pela parte aérea dos adubos verdes forrageiros cultivados em sucessão a irrigação com diferentes fontes de água. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), 2014.

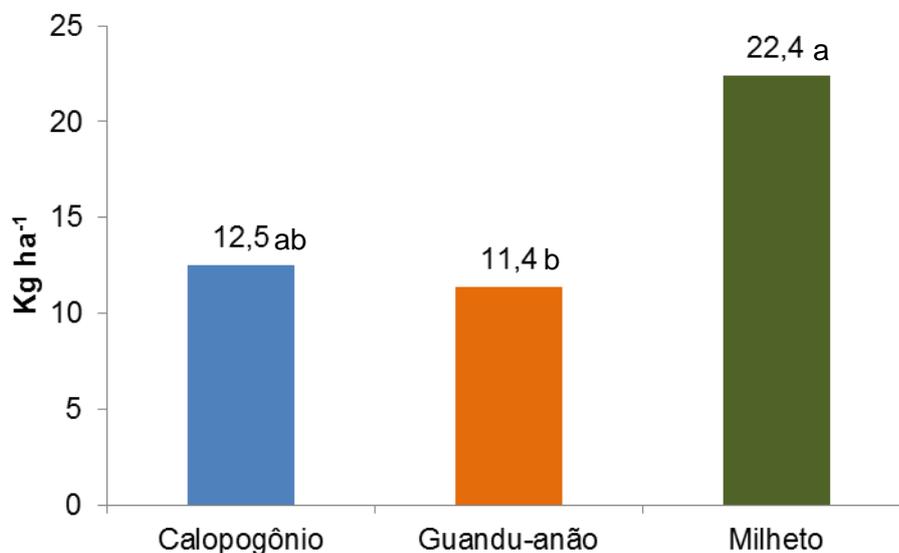
Adubos Verdes	AT	EA	EAN	Média
	N			
Calopogônio	99,6	177,1	142,3	139,6 a
Guandu-anão	147,1	113,6	129,4	130,0 a
Milheto	107,5	97,8	101,1	102,1 a
Média	118,1 A	129,5 A	124,3 A	
C.V. (%)	18,14			
P				
Calopogônio	3,2 Bb	10,9 Aa	10,5 Aa	
Guandu-anão	4,4 Ab	3,9 Ab	4,0 Ab	
Milheto	10,4 Aa	8,3 Aab	6,1 Aab	
C.V. (%)	23,78			
K				
Calopogônio	47,1	135,9	107,4	96,8 b
Guandu-anão	66,2	71,6	75,5	71,1 b
Milheto	217,3	234,1	192,2	214,6 a
Média	110,2 A	147,2 A	125,1 A	
C.V. (%)	14,13			
Ca				
Calopogônio	11,8	17,2	15,9	15,0 a
Guandu-anão	19,4	17,7	18,0	18,4 a
Milheto	25,0	18,4	16,9	20,1 a
Média	18,8 A	17,8 A	17 A	
C.V. (%)	27,34			
Mg				
Calopogônio	4,4	5,5	7,3	5,7 a
Guandu-anão	8,3	4,5	5,7	6,2 a
Milheto	9,7	6,0	7,8	7,8 a
Média	7,5 A	5,3 A	6,9 A	
C.V. (%)	21,38			
S				
Calopogônio	4,8	11,5	43,6	20,0 a
Guandu-anão	7,9	6,9	8,3	7,7 a
Milheto	16,0	15,3	10,4	13,9 a
Média	9,6 A	11,2 A	20,8 A	
C.V. (%)	47,46			

AT = água de abastecimento, EAN = efluente anaeróbio, EA = efluente aeróbio.

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em relação ao sódio (Na) o milho fitoextraiu 22,4 kg ha⁻¹, diferindo estatisticamente do guandu-anão (11,4 kg ha⁻¹), na média das fontes de água (Figura 11). O milho cultivado em solo anteriormente irrigado com efluente tratado por sistema anaeróbio (EAN) fitoextraiu 29,3 kg de Na ha⁻¹, mas sem diferença estatística para as demais fontes de água. Isto possivelmente ocorreu em função da menor produção de massa seca do milho no cultivo após EAN (0,77 kg m⁻²) e EA (0,89 kg m⁻²) em relação a AT (1,12 kg m⁻²), ou seja, 31% e 20% menos MSPA, respectivamente (Tabela 4). Rossi et al. (2014) relataram a fitoextração de 14,69 kg de Na ha⁻¹ pelo milho em pós-cultivo da beterraba irrigada com efluente anaeróbio tratado de laticínio.

Figura 11. Fitoextração de sódio (Na) pela parte aérea dos adubos verdes.



Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Ayers & Westcot (1999) relataram que o excesso de nutrientes, principalmente potássio e sódio, dificultam a taxa de absorção da água e de outros nutrientes disponíveis.

Em relação à fitoextração dos micronutrientes, o boro (B) e o cobre (Cu) não apresentaram diferenças pelos tratamentos, com extração média de 9,07 g ha⁻¹ e 932,16 g ha⁻¹, respectivamente (Tabela 7). O cobre (Cu), independente da fonte de água, foi fitoextraído em maior quantidade pelo calopogônio (203,7 g ha⁻¹) em relação aos outros adubos verdes. Este fato é explicado pela aplicação de calda bordalesa para controle de oídio (doença fúngica presente no calopogônio). Os demais elementos estudados, manganês (Mn) e zinco (Zn), variaram de acordo com os adubos verdes e as fontes de água. O milho foi o adubo verde que mais fitoextraiu Mn no tratamento AT (406,8 g ha⁻¹), sendo superior ao calopogônio (99,9 g ha⁻¹), e ambos não diferiram do guandu-anão (271,8 g ha⁻¹). No entanto, esta diferença não ocorreu para as demais fontes de água (EA e EAN). A fitoextração de Mn pelo milho variou de acordo com a fonte de água, sendo superior para AT (406,8 g ha⁻¹), mas diminuindo no cultivo após EA (212,7 g ha⁻¹) e EAN (159,4 g ha⁻¹). Em relação ao Zn, o calopogônio e o guandu-anão não apresentaram diferenças em relação às fontes de água. Já o milho, reduziu a extração após cultivo em EAN (28,4 g ha⁻¹), quando comparado com AT (48,1 g ha⁻¹). No entanto, com exceção ao tratamento EAN, o milho apresentou a maior fitoextração em relação ao calopogônio e guandu-não para AT e EA (Tabela 7).

Tabela 7. Fitoextração de micronutrientes (g ha^{-1}) pela parte aérea dos adubos verdes forrageiros cultivados em sucessão a irrigação com diferentes fontes de água. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), 2014.

Adubos Verdes	AT	EA	EAN	Média
	B			
Calopogônio	6,7	12,9	5,6	8,4 a
Guandu-anão	6,1	7,7	10,0	8,0 a
Milheto	12,5	10,1	9,8	10,8 a
Média	8,5 A	10,2 A	8,5 A	
C.V. (%)	31,22			
Cu				
Calopogônio	201,7	242,2	167,1	203,7 a
Guandu-anão	33,4	37,6	47,2	39,4 b
Milheto	107,2	49,3	55,8	70,8 b
Média	114,1 A	109,7 A	90 A	
C.V. (%)	39,24			
Fe				
Calopogônio	739,6	1243,0	1105,5	1030,0 a
Guandu-anão	853,6	687,7	757,5	766,2 a
Milheto	1151,0	934,9	916,4	1001,0 a
Média	914,8 A	955,3 A	926,4 A	
C.V. (%)	26,73			
Mn				
Calopogônio	99,9 Ab	174,0 Aa	161,0 Aa	145,0
Guandu-anão	271,8 Aab	206,9 Aa	270,7 Aa	249,5
Milheto	406,8 Aa	212,7 Ba	159,4 Ba	259,7
Média	259,5	197,6	197,0	
C.V. (%)	26,62			
Zn				
Calopogônio	17,0 Ab	28,9 Ab	22,4 Aa	22,7
Guandu-anão	21,9 Ab	19,8 Aab	20,9 Aa	20,8
Milheto	48,1 Aa	37,1 Aba	28,4 Ba	37,9
Média	29,0	28,6	23,9	
C.V. (%)	17,66			

AT = água de abastecimento, EAN = efluente anaeróbio, EA = efluente aeróbio.

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.3 Análise química do solo antes e após o cultivo dos adubos verdes forrageiros

A análise estatística dos parâmetros referentes às análises do solo antes e após o cultivo dos adubos verdes forrageiros indicaram efeitos ao longo do tempo para as fontes de água, independente dos adubos verdes (Tabela 8), com exceção para os micronutrientes (Tabela 9). Comparando-se as fontes de água antes e após a adubação verde verifica-se que o pH estava inferior nas parcelas que haviam sido irrigadas com AT diferindo dos tratamentos com EA e EAN. No entanto, a análise no tempo, mostra que o pH, após a adubação verde, independente da forrageira, aumentou, sendo que na média foi de 5,62 para 6,17 (Tabela 8). Este fato correlaciona-se a diminuição da acidez potencial ($H + Al$), de $20,69 \text{ mmolc dm}^{-3}$ para $13,30 \text{ mmolc dm}^{-3}$ após cultivo dos adubos verdes.

O fósforo (P) e o enxofre (S) foram absorvidos pelos adubos verdes e diminuíram sua quantidade ao longo do tempo. Convém destacar que, na média, o P foi determinado em maior quantidade nos tratamentos com efluentes (EA = $26,75 \text{ mg dm}^{-3}$ e EAN = $28,83 \text{ mg dm}^{-3}$) em relação a AT ($21,45 \text{ mg dm}^{-3}$). Isto ocorreu, provavelmente, em função dos efluentes também fazerem aporte de P ao solo.

O potássio (K), antes do cultivo dos adubos verdes, apresentou diferenças entre o tratamento AT ($2,63 \text{ mmolc dm}^{-3}$) e o EA ($3,05 \text{ mmolc dm}^{-3}$), sendo que EAN apresentou valor intermediário ($2,84 \text{ mmolc dm}^{-3}$). Após o cultivo dos adubos verdes, o K diminuiu, e não diferiu entre os tratamentos (Tabela 8).

Tabela 8. Resultado da análise química do solo em relação às fontes de água, na comparação média antes e após cultivo dos adubos verdes. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, FZEA, 2014.

Tratamentos ²	Antes da Adubação Verde ¹		Depois da Adubação Verde ¹		Média
pH (CaCl ₂)					
AT	5,43	Bb	6,07	Ab	5,75
EA	5,67	Ba	6,21	Aa	5,94
EAN	5,76	Ba	6,22	Aa	5,99
Média	5,62		6,17		
	C.V. ¹ = 2,57 %		C.V. ² = 2,24 %		
P (mg dm ⁻³)					
AT	24,92		17,97		21,45 b
EA	27,78		25,72		26,75 a
EAN	32,97		24,69		28,83 a
Média	28,56	A	22,80	B	
	C.V. ¹ = 18,89 %		C.V. ² = 28,36		
S (mg dm ⁻³)					
AT	50,06		40,11		45,08 a
EA	47,75		29,97		38,86 a
EAN	36,97		29,50		33,24 a
Média	44,93	A	33,20	B	
	C.V. ¹ = 84,03%		C.V. ² = 55,15 %		
K (mmolc dm ⁻³)					
AT	2,63	Ab	1,65	Ba	2,14
EA	3,05	Aa	1,51	Ba	2,29
EAN	2,84	Aab	1,53	Ba	2,18
Média	2,84		1,57		
	C.V. ¹ = 12,73 %		C.V. ² = 15,38 %		
Ca (mmolc dm ⁻³)					
AT	14,67		27,00		20,83 a
EA	16,78		28,55		22,67 a
EAN	17,50		27,38		22,45 a
Média	16,31	B	27,65	A	
	C.V. ¹ = 63,80 %		C.V. ² = 24,65 %		
Mg (mmolc dm ⁻³)					
AT	5,58	Ba	9,13	Ab	7,36
EA	7,44	Ba	14,44	Aa	10,94
EAN	7,92	Ba	15,36	Aa	11,64
Média					
	C.V. ¹ = 25,66 %		C.V. ² = 24,21 %		
H + Al (mmolc dm ⁻³)					
AT	22,39		14,76		18,58 a
EA	20,09		12,85		16,47 b
EAN	19,60		12,29		15,94 b
Média	20,69	A	13,30	B	
C.V. (%)	C.V. ¹ = 9,37 %		C.V. ² = 8,81 %		
MO (g kg ⁻¹)					
AT	15,60		14,63		15,12 ab
EA	13,61		14,83		14,22 b
EAN	17,11		14,67		15,89 a
Média	15,44	A	14,72	A	
	C.V. ¹ = 30,77 %		C.V. ² = 14,79 %		

Continua...

Continuação					
Tratamentos ²	Antes da Adubação Verde ¹		Depois da Adubação Verde ¹		Média
SB (mmolc dm ⁻³)					
AT	23,16		38,13		30,65 b
EA	30,83		48,80		39,81 a
EAN	31,90		48,82		40,36 a
Média	28,63	B	45,25	A	
	C.V. ¹ = 42,92 %		C.V. ² = 20,26 %		
CTC (mmolc dm ⁻³)					
AT	45,56		52,89		49,22 b
EA	50,83		61,65		56,24 a
EAN	51,50		61,11		56,31 a
Média	49,30	B	58,55	A	
	C.V. ¹ = 31,90 %		C.V. ² = 14,92 %		
V (%)					
AT	48,42		70,01		59,22 b
EA	58,81		77,58		68,20 a
EAN	59,75		78,83		69,29 a
Média	55,66	B	75,48	A	
	C.V. ¹ = 10,32 %		C.V. ² = 5,74 %		

Legenda: 1 = Fontes de água, 2 = Tempo; AT = água de abastecimento; EA = efluente aeróbio; EAN = efluente anaeróbio

Médias seguidas de letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

O cálcio (Ca) e magnésio (Mg) aumentaram após o cultivo dos adubos verdes, o que influenciou na Soma de Bases (SB) e conseqüentemente na Capacidade de Troca Catiônica (CTC). Este fato, relacionado a diminuição da acidez potencial (H + Al), favoreceu o aumento da saturação de bases (V) após o cultivo dos adubos verdes forrageiros (Tabela 8). Segundo Ambrosano et al. (2014) os ácidos orgânicos liberados durante a decomposição atuam de modo a diminuir a acidez potencial, o que auxilia na disponibilidade de nutrientes, como é o caso do Ca, do Mg. Isto também ocorreu para os micronutrientes, como pôde ser constatado, verificou-se um aumento de boro (B), manganês (Mn) e zinco (Zn) após o cultivo dos adubos verdes (Tabela 9).

O cobre (Cu) e o zinco diminuíram após o cultivo dos adubos verdes. No caso do Cu, depois da adubação verde, houve diferença entre no solo em que fora cultivado calopogônio (1,12 mmolc dm⁻³) em relação ao pós-cultivo de

guandu-anão (0,93 mmolc dm⁻³) e milho (0,95 mmolc dm⁻³). Isto deve ter ocorrido em função da pulverização com calda bordalesa para controle de oídio no calopogônio (Tabela 9).

Tabela 9. Resultado da análise química dos micronutrientes do solo na comparação antes e após cultivo dos adubos verdes, na média das fontes de água. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, FZEA, 2014.

Tratamentos ²	Antes da Adubação Verde ¹		Depois da Adubação Verde ¹		Média
Cu (mmolc dm ⁻³)					
Calopogônio	1,55	Aa	1,12	Ba	1,33
Guandu-anão	1,52	Aa	0,93	Bb	1,22
Milheto	1,55	Aa	0,95	Bb	1,25
Média	1,54		1,00		
	C.V. ¹ = 22,62 %		C.V. ² = 9,38 %		
B (mmolc dm ⁻³)					
Calopogônio	0,80		1,76		1,28 a
Guandu-anão	0,73		1,58		1,16 a
Milheto	0,76		1,71		1,24 a
Média	0,76	B	1,69	A	
	C.V. ¹ = 17,38 %		C.V. ² = 27,79 %		
Mn (mmolc dm ⁻³)					
Calopogônio	9,76	Aa	9,61	Aa	9,70
Guandu-anão	8,45	Bb	9,94	Aa	9,20
Milheto	7,72	Bb	9,65	Aa	8,68
Média	8,64		9,74		
	C.V. ¹ = 16,63 %		C.V. ² = 10,37 %		
Fe (mmolc dm ⁻³)					
Calopogônio	13,61	Ba	20,11	Aa	16,86
Guandu-anão	12,33	Bb	20,19	Aa	16,26
Milheto	12,44	Bb	20,19	Aa	16,31
Média	12,80		20,16		
	C.V. ¹ = 5,32 %		C.V. ² = 6,54 %		
Zn (mmolc dm ⁻³)					
Calopogônio	1,02		0,50		0,76 a
Guandu-anão	0,96		0,50		0,73 a
Milheto	0,93		0,50		0,71 a
Média	0,97	A	0,50	B	
	C.V. ¹ = 20,59 %		C.V. ² = 12,37 %		

Legenda: 1 = Adubos Verdes, 2 = Tempo

Médias seguidas de letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

O teor de sódio (Na) e a porcentagem de sódio trocável (PST) no solo, avaliados antes e após o cultivo dos adubos verdes nas diferentes fontes de água, evidenciaram efeitos sem interação entre os tratamentos. Analisando a média dos adubos verdes nas fontes de água, verifica-se, tanto antes quanto depois, que o Na e PST apresentaram maiores valores em EA e EAN, sendo

superiores a AT (Tabela 10). Ao comparar o Na antes e depois, percebe-se que não houve diferença estatística analisando cada fonte de água individualmente. Já em relação a PST houve uma redução para o EA (de 8,10 para 6,75%) e para o EAN (9,15 para 7,55%). Como os valores de sódio não se diferenciaram antes e depois do cultivo, pressupões que a variação da PST tenha ocorrido em função do aumento da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do solo após cultivo dos adubos verdes (Tabela 10).

Tabela 10. Teores de sódio (Na) e porcentagem de sódio trocável (PST) antes e após o cultivo com adubos verdes, para as diferentes fontes de água. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), Pirassununga-SP, 2014.

Tratamentos	Na		PST	
	Antes	Depois	Antes	Depois
	g kg ⁻¹		%	
AT	0,19 Bb	0,62 Ab	0,12 Ab	0,64 Ab
EA	3,91 Aa	4,11 Aa	8,10 Aa	6,75 Ba
EAN	4,71 Aa	4,44 Aa	9,15 Aa	7,55 Ba
	C.V. ¹ = 25,10 %	C.V. ² = 58,16 %	C.V. ¹ = 21,57 %	C.V. = 58,86 %

Legenda: 1 = Fontes de água, 2 = Tempo; AT = água de abastecimento; EA = efluente aeróbio; EAN = efluente anaeróbio

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Na AT, EAN e EA os valores de CTC, antes do cultivo, eram 45,56; 51,50 e 50,83 mmol_c dm⁻³ (Tabela 2) e depois do cultivo foram: 52,89; 61,11 e 61,65 mmol_c dm⁻³, respectivamente, na média dos adubos verdes forrageiros. Santos et al. (2013), após o cultivo de *Atriplex nummularia* em solo salino-sódico, observaram um decréscimo no teor de sódio (em mais de 50%) e um aumento no teor de cálcio do solo.

Analisando a média das fontes de água nos tratamentos dos adubos verdes, verifica-se que o Na somente variou após o cultivo do milho, pois antes apresentava o valor 3,34 g kg⁻¹ e depois o valor determinado foi 4,29 g kg⁻¹ (Tabela 10). Este fato provavelmente ocorreu pela dinâmica do sódio, que

se encontrava em camada mais profunda do solo e ascendeu pelo perfil, haja vista que a parcela experimental não permitia a sua lixiviação. A PST não foi influenciada pelo cultivo das forrageiras. Rossi et al. (2014) também não obtiveram redução da PST após o cultivo com milho em solo irrigado com efluente de laticínio.

Convém destacar que analisando os teores de Na antes do cultivo dos adubos verdes as parcelas que viriam a ser cultivadas com milho, apresentavam, em média, $3,34 \text{ g kg}^{-1}$ de Na, diferindo estatisticamente das parcelas que seriam cultivadas com calopogônio, que apresentavam em média $2,53 \text{ g kg}^{-1}$ de Na (Tabela 11).

Tabela 11. Teores de sódio (Na) e porcentagem de sódio trocável (PST) antes e após o cultivo com adubos verdes forrageiros. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), Pirassununga-SP, 2014.

Tratamentos	Na		PST	
	Antes ----- g kg ⁻¹	Depois -----	Antes ----- %	Depois -----
Calopogônio	2,53 Ab	2,16 Ab	5,09 Aa	3,98 Ab
Guandu-anão	2,92 Aab	2,88 Ab	5,65 Aa	4,58 Ab
Milho	3,34 Ba	4,29 Aa	6,61 Aa	6,39 Aa
	C.V. ¹ (%) 25,10	C.V. ² (%) 58,16	C.V. ¹ (%) 21,57	C.V. ² (%) 58,86

Legenda: 1 = Fontes de água, 2 = Tempo

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As parcelas em que seriam cultivadas com guandu-anão apresentavam um valor intermediário ($2,92 \text{ g kg}^{-1}$), sem diferença estatística dos demais tratamentos. Embora o milho, na média dos tratamentos com as fontes de água, não tenha diminuído a PST do solo (antes 6,61% e depois 6,39%), mesmo com aumento do teor de Na, verificou-se que houve uma maior absorção de Na pelo milho (Figura 6).

4.4 Análise bromatológica dos adubos verdes forrageiros

A análise estatística dos resultados bromatológicos não indicou interação entre os tratamentos, sendo os resultados apresentados na média das fontes de água (Tabela 12) e na média dos adubos verdes forrageiros (Tabela 13).

O milho apresentou índice significativamente maior em comparação aos outros dois adubos verdes para FDA (43,05 %), FDN (73,65 %) e HEMIC (30,60 %), sendo que o guandu-anão apresentou os menores teores para FDA e FDN, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. O calopogônio apresentou teores intermediários de FDA (40,11 %) e FDN (57,84).

Tabela 12. Análise bromatológica referente aos adubos verdes na média das fontes de água. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), Pirassununga-SP, 2014.

Tratamentos	MM	PB	FDA	FDN	HEMIC
	----- % -----				
Calopogônio	6,39 a	13,55 a	40,11 b	57,84 b	17,73 b
Guandu-anão	5,11 b	13,40 a	37,15 c	53,49 c	16,40 b
Milho	6,03 a	13,48 a	43,05 a	73,65 a	30,60 a
C.V. (%)	11,61	34,84	6,86	5,64	13,44

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

Legenda: MM = material mineral; PB = proteína bruta; FDA = fibra em detergente ácido; FDN = fibra em detergente neutro; HEMIC = hemicelulose.

A PB não diferiu estatisticamente entre os três adubos verdes, apresentando, em média, 13,49 % (Tabela 12). Tiritan et al. (2013) encontraram valores de PB para as forragens colhidas aos 90 dias de 12,15 % para feijão-guandu e 7,48 % para milho. Referente à MM, o guandu-anão apresentou menor quantidade (5,11 %) enquanto que calopogônio e milho não diferiram estatisticamente, com 6,39 % e 6,03 %, respectivamente (Tabela

12). Tiritan et al. (2013) verificaram que o guandu-anão apresentou 6,22 % de MM e o milho 6,60 % de MM.

Independente da espécie forrageira, os tratamentos com AT obtiveram menores valores de MM (4,95 %), diferindo estatisticamente dos adubos verdes em solo irrigado com efluentes EA e EAN, sendo que o EAN apresentou maior quantidade de MM, 6,71 % e o EA 5,87 % (Tabela 13). Em relação a PB que também apresentou diferenças estatísticas entre AT e EAN, nota-se que o solo irrigado com AT proporcionou um nível de PB maior (16,35 %) que o EAN (11,49 %). FDA, FDN e HEMIC, não apresentaram diferenças significativas em relação à fonte de água (Tabela 13).

Tabela 13. Análise bromatológica dos adubos verdes nas fontes de água, na média dos adubos verdes forrageiros. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), Pirassununga-SP, 2014.

Tratamentos	MM	PB	FDA	FDN	HEMIC
	----- % -----				
AT	4,95 c	16,35 a	40,61 a	62,17 a	21,55 a
EA	5,87 b	12,59 ab	40,78 a	62,60 a	21,81 a
EAN	6,71 a	11,49 b	38,92 a	60,22 a	21,30 a
C.V. (%)	11,61	34,84	6,86	5,64	13,44

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

AT= água de torneira; EA= efluente aeróbio; EAN= efluente anaeróbio;

MM = material mineral; PB = proteína bruta; FDA = fibra em detergente ácido; FDN = fibra em detergente neutro; HEMIC = hemicelulose.

Pariz et al. (2011) comparou as espécies forrageiras braquiária brizanta, *Urochloa brizantha* cv. Marandu (syn. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu); sorgo forrageiro AG 2501C [*Sorghum bicolor* (Linnaeus) Moench], milho-pérola cv. BN 2 [*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.] e capim-moa (*Setaria italica* L.), em três datas de semeadura, em cada estação (inverno/primavera e verão/outono) e verificaram que o teor de nutrientes digestíveis e a produção de matéria seca do milho não foram influenciados pela época de plantio. A média de Proteína

Bruta (PB) para o milho foi de 6,1% no inverno/primavera, e de 8,6% no verão/outono. Valores de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) das forragens também foram avaliadas: o milho obteve a média de 74,2% FDN e 50,4% FDA no inverno/primavera, e 64,2% FDN e 35,9% FDA no verão/outono. Os teores de celulose ficaram entre 39,8% inverno/primavera e 29,1% verão/outono, e lignina 8,9% inverno/primavera e 4,4% verão/outono.

O milho é uma cultura que além de se adaptar muito bem a diversos ambientes e a falta de água, apresenta uma ótima composição nutricional tanto em nível de energia quanto proteína, podendo substituir o milho ou sorgo nas rações para diversas criações (BUSO et al., 2011).

De acordo com a pesquisa desenvolvida por Leão (2011) o milho se torna uma planta interessante no aspecto forrageiro, devido ao fato que mesmo realizando vários cortes durante o ano os teores de Proteína Bruta (PB) se mantêm acima de 7%.

Nascimento & Silva (2004) avaliaram a qualidade da fitomassa de várias leguminosas, entre elas o guandu-anão e o calopogônio, que apresentaram 8,07 % e 9,90 % de PB, respectivamente. Em relação FDN e FDA, ambas forragens não diferiram estatisticamente entre si, e apresentaram valores de 67,52 % e 65,22 % para FDN, e valores de 50,54 % e 49,00 % para FDA, respectivamente para o guandu-anão e para o calopogônio.

4.5 Produtividade da alface cultivada em sucessão aos adubos verdes forrageiros

A análise estatísticas dos dados referentes a alface mostraram efeitos individuais dos tratamentos, sendo apresentados os resultados em relação aos adubos verdes para as avaliações biométricas (Tabela 14) e em relação as fontes de água para a análise química das folhas (Tabela 15).

O índice de área foliar (IAF) não variou entre os tratamentos, sendo que as alfaces apresentaram em média 2,72 m² m⁻² (Tabela 14). Não houve diferença para o número de folhas, sendo que na média as alfaces apresentaram 21,70 folhas por planta.

Em relação à produtividade, expressa em massa fresca da parte aérea (MFPA), houve diferença após cultivo do milho (2,80 kg m⁻²) em relação às leguminosas guandu-anão (3,71 kg m⁻²) e calopogônio (3,60 kg m⁻²) (Tabela 14). A produtividade das alfaces crespas cultivadas após adubação verde foi muito satisfatória. Martins et al. (2013) avaliaram a produtividade da alface, cultivar Verônica, e obtiveram a produtividade de 3,13 kg m⁻² com a utilização de composto de destilaria, torta de mamona e adubo fosfatado.

Tabela 14. Índice de área foliar (IAF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa fresca da raiz (MFR), comprimento do pendão floral (CPF) das alfaces cultivadas após adubos verdes forrageiros, na média das fontes de água. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), 2015.

Tratamentos	IAF -- m ² m ⁻² --	MFPA ----- Kg m ⁻² -----	MSPA	MFR	MSR	CPF -- cm --
Calopogônio	2,79 a	3,60 a	0,60 b	0,258 a	0,014 a	9,49 a
Guandu-anão	2,87 a	3,71 a	0,69 a	0,259 a	0,014 a	9,69 a
Milho	2,49 a	2,80 b	0,56 b	0,231 a	0,011 b	7,39 a
C.V. (%)	16,35	20,64	14,24	23,19	19,59	10,71

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

As alfaces cultivadas após guandu-anão apresentaram a maior massa seca da parte aérea (MSPA), diferindo dos demais tratamentos.

Em relação à massa fresca das raízes (MFR) não houve diferença entre os tratamentos. Apenas na massa seca (MSR), as raízes da alface após cultivo de milho apresentaram os menores valores ($0,011 \text{ kg m}^{-2}$). O comprimento do pendão floral (CPD), não apresentou diferença entre os tratamentos, ficando em média com 8,86 cm (Tabela 14).

As análises foliares de macronutrientes e micronutrientes das alfaces são apresentadas na tabela 15. Apenas o nitrogênio (N) variou entre os tratamentos, sendo que as folhas da alface apresentaram maior valor de N para as alfaces, na média após cultivo dos adubos verdes, para o efluente anaeróbio (EAN), com valor de $26,38 \text{ g kg}^{-1}$, diferindo da AT ($23,11 \text{ g kg}^{-1}$). No entanto, segundo Raij et al. (1997) os valores ficaram abaixo da referência ($30\text{-}50 \text{ g kg}^{-1}$). Cuba et al. (2015) avaliaram o desenvolvimento da alface em sistema hidropônico com água de reuso e encontraram teores de $47,25 \text{ g kg}^{-1}$ de N. Paulus et al. (2012) analisaram o desenvolvimento da alface cultivada em hidroponia com águas salinas e verificaram a não influência dos teores de N em função de diferentes níveis de salinidade. Neste experimento os valores ficaram em média com $39,00 \text{ g kg}^{-1}$ de N.

Os teores de potássio (K) ficaram dentro dos níveis esperados segundo Raij et al. (1997), variando de 50,93 (AT) a 55,64 (EA), sem diferir entre os tratamentos. Deste modo, verifica-se que não houve competição pela alface do K em relação ao sódio (Na). Paulus et al. (2012) relataram decréscimo de

potássio (K) e magnésio (Mg) da parte aérea da alface cv. Verônica cultivada em hidroponia com águas salinas.

Tabela 15. Análise foliar de macronutrientes e micronutrientes da alface na média dos adubos verdes, referentes às fontes de água. Faculdade de Zootecnia e engenharia de Alimentos (FZEA/USP), 2015.

Fontes de Água	N	P	K	S	Ca	Mg	Na
	----- g kg ⁻¹ -----						
AT	23,11 b	3,17 a	50,93 a	2,27 a	27,25 a	4,81 a	10,58 a
EA	24,01 ab	3,02 a	55,64 a	2,16 a	25,74 a	4,74 a	14,75 a
EAN	26,38 a	2,71 a	52,14 a	2,65 a	24,43 a	4,91 a	11,00 a
Referência*	30-50	4-7	50-80	1,5-2,5	15-25	4-6	
C.V.(%)	9,71	16,87	11,80	37,63	24,85	20,97	30,18
Fontes de Água	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
	-----mg kg ⁻¹ -----						
AT	42,74 a	10,50 a	104,38 a	42,62 a	66,33 a		
EA	46,84 a	10,47 a	89,93 a	42,66 a	65,80 a		
EAN	45,44 a	10,98 a	150,78 a	43,62 a	54,77 a		
Referência*	30-60	7-20	50-150	30-150	30-100		
C.V.(%)	15,78	16,32	27,04	9,80	25,33		

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

AT= água de torneira; EA= efluente aeróbio; EAN= efluente anaeróbio;

*Fonte: RAIJ et al., 1997.

Os teores de sódio (Na) não variaram de acordo com os tratamentos, sendo que as alfaces apresentaram em média 12,11 g kg⁻¹ de Na, ou seja, a maior presença de Na nos tratamentos EA e EAN e após cultivo dos adubos verdes forrageiros não influenciou na absorção de Na pelas plantas. Segundo MARSCHNER (1995) sob salinidade, a menor absorção de Ca pode permitir que o Na seja incorporado à estrutura da membrana plasmática, reduzindo sua seletividade. No entanto, no atual trabalho, os adubos verdes permitiram um aumento da disponibilidade de Ca no solo (Tabela 8) e conseqüentemente possibilitaram sua absorção pela alface dentro dos níveis satisfatórios. No experimento de Paulus et al. (2012), o incremento do nível de salinidade na

água determinou aumentos significativos nos teores de Na nas folhas, variando de 4,2 g kg⁻¹ para a condutividade elétrica (CE) de 2,0 dS m⁻¹ a 32 g kg⁻¹ para a CE de 10,4 dS m⁻¹.

Avaliando os teores de micronutrientes presentes nas folhas da alface crespa, não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 15), sendo que os valores encontrados ficaram dentro dos teores de referência propostos por Raij et al. (1997).

5 CONCLUSÕES

A produtividade dos adubos verdes forrageiros cultivados em solo que receberam diferentes fontes de água foi satisfatória no tempo de cultivo do experimento.

O milho apresentou a maior produtividade em relação aos demais adubos verdes. No entanto, o seu desenvolvimento em solo previamente irrigado com efluente anaeróbio foi influenciado negativamente.

Os macronutrientes fósforo (P), potássio (K) e os micronutrientes cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) apresentaram fitoextração diferenciada em função do adubo verde e/ou da fonte de água.

O milho foi a espécie fitoextratora de sódio de maior eficiência, seguido pelo calopogônio. No entanto, nenhum adubo verde foi eficaz na fitorremediação do solo, pois a porcentagem de sódio trocável (PST) não foi reduzida satisfatoriamente, não sendo aconselhável novo aporte de efluentes ao solo estudado.

Os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo aumentaram após o cultivo dos adubos verdes, o que influenciou na Soma de Bases (SB) e consequentemente na Capacidade de Troca Catiônica (CTC).

Na análise bromatológica dos adubos verdes forrageiros verificou-se que calopogônio e milheto apresentaram maior quantidade de matéria mineral, e os teores de proteína bruta não variaram entre as três forragens. O milheto apresentou teores maiores de FDA, FDN e hemicelulosa.

As maiores produtividades da alface crespa, cv. Brida, foram obtidas após adubação verde com guandu-anão e calopogônio, sendo que os teores de sódio nas folhas não variaram com os tratamentos e apresentaram baixos valores, estando nos padrões para o consumo humano.

6 LITERATURA CITADA

AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; GUIRADO, N.; MENDES, P.C.D. **Adubação verde na agricultura orgânica**. 2014, p. 45-80. IN: Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Embrapa: Brasília, 2014, v.2, 478 p.

ANDRADE, J.C M; TAVARES, S. R. L; MAHLER, C. F. **Fitorremediação: o uso das plantas na melhoria da qualidade ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 176 p.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 18th ed. Washington D.C., 2005. 3000p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. 218 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

AZZOLINI, J. C.; FABRO, L. F. Monitoramento da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de um laticínio da região meio-oeste de Santa Catarina. **Unoesc & Ciência** - ACET, v. 4, n.1, p.43-60, jan/jun. 2013.

AZEVEDO, R. L.; RIBEIRO, G. T.; AZEVEDO, C. L. L. **Feijão Guandu: uma planta multiuso**. Revista da FAPESP, v.3, n. 2, p. 81-86, jul./dez. 2007.

BASTOS, A. O.; MOREIRA, I.; MURAKAMI, A. E.; OLIVEIRA, G. C.; PAIANO, D.; KUTSCHENKO, M. Utilização do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) grão na alimentação de suínos na fase inicial (15-30kg de peso vivo). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1915-1919, nov-dez, 2004.

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, T. R.; TEO, C. R. P. A.; GOMES, B. M. Alfaca irrigada com águas residuárias de atividades agroindustriais. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 27, n. 4, p. 697-705, Oct./Dec., 2005.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v.1, n.1, junho de 2008.

BUSO, W. H. D.; MACHADO, A. S.; FRANÇA, A. F. S. Uso do milho na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, v.5, n.22, Ed. 169, Art. 1136, 2011.

BRASIL. **Lei Nº. 10.831, de 23 de dezembro de 2003.** Dispõe sobre a agricultura orgânica e da outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.831.htm>. Acesso em: 20 de ago. 2016.

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Dispõe sobre a política nacional de recursos hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 20 de ago. 2016.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios.** 24 p. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004.

CALEGARI, A.; CARLOS, J. A. D. Recomendações de plantio e informações gerais sobre o uso de espécies para adubação verde no Brasil. In: LIMA FILHO, O. F. et al. **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil.** Brasília: Embrapa, 2014. v.1, 507 p.

CARMO, M.L.; PROCOPIO, S.O.; PIRES, F.R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BARROSO, A.L.L.; SILVA, G.P.; CARMO, E.L.; BRAZ, G.B.P.; SILVA, W.F.P.; BRAZ, A.J.B.P.; PACHECO, L.P. Seleção de plantas para fitorremediação de solos contaminados com picloram. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.26, n.2, p.301-313, 2008.

CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, 09 de março de 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Orientação para apresentação de projeto visando à aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura. São Paulo, 2006. 11 p.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, nº 357 de 17/03/2005.

COSTA, N. de L. et al. Manejo de pastagens de calopogônio em Rondônia. **ClicNews**, 10 out. 2007. Disponível em:<<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/350171>>. Acesso em: 07 set. 2016.

- COSTA, N.L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. G.. Formação e manejo de pastagens de guandu em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2001. 2p. (Recomendações Técnicas, 23).
- CHEN, J.; XU, QX.; SU, Y.; SHI, ZQ. Phytoremediation of Organic Polluted Soil. **Journal Bioremed Biodeg**, Los Angeles, 2013. Disponível em: <<http://www.omicsonline.org/2155-6199/2155-6199-4-e132.digital/2155-6199-4-e132.html>>. Acesso em 20 set. 2016.
- CUBA, R. S.; DO CARMO, J. R.; SOUZA, C. F.; BASTOS, R. G. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface **Revista Ambiente e Água**. Taubaté, 2015, vol.10, n.3, p.574-586
- DECRETO Nº 24.643, de 10 de julho de 1934. . Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso: 21 set 2016.
- DIPU, S.; ANJU, A.; KUMAR, V.; THANGA, S. G. Phytoremediation of dairy effluent by constructed wetland technology using wetland macrophytes. **Global Journal of Environmental Research, Tehran, Iran**, 2010.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PERIN, A. TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L.; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R. N. B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.415-420, mar. 2006.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). Manual de métodos de análise de solos. 2. Ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Manejo da Cultura do Milheto. Circular Técnica 29. Sete Lagoas, Minas Gerais, dez. 2003.
- EMBRAPA. Milheto: tecnologias de produção e agronegócio. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2005.
- EMBRAPA. **Cultivo de alface em sistema orgânico de produção**. Circular Técnica 56. Brasília, DF, nov. 2007.
- EMBRAPA. **Utilização de milheto para silagem**. Documentos 259. Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, junho, 2009.
- FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, p.17-22, 1994.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FILHO, S. A. P. S.; ALVES, S. M.; FIGUEIREDO, F. J. C. Efeitos alelopáticos do calopogônio em função de sua idade e da densidade de sementes da planta receptora. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.2, p.211-218, 2003.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Land resources, management, planning and use**. 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush>>. Acesso em: 20 set. 2014.

FUCAPI. Da teoria à Prática: Projeto utiliza plantas no tratamento de esgoto doméstico. Publicado em nov. 2011. Disponível em: <<http://www.fucapi.br/blog/2011/11/da-teoria-prtica-projeto-utiliza-plantas-no-tratamento-de-esgoto-domstico/>>. Acesso em: 17 de jun. 2016.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 4 ed. Porto Alegre-RS: Editora da UFRGS, 2008.

GOMES, T.M., ROSSI, F., TOMMASO, G. RIBEIRO, R., MACAN, N.P.F., PEREIRA, R.S. Treated dairy wastewater effect on the yield and quality of drip irrigated table beet. **Applied Engineering in Agriculture**, v.31, n.2, p.255-260, 2015. doi: 10.13031/aea.31.11002.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil Agricultura, Industria, Municípios, Recarga de Aquíferos. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.7, n.4, p. 75-95, Out/Dez 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Indicadores BGE – Estatística da Produção Pecuária. Dezembro de 2015.

KOPPEN, W. Grundriss Der Klimakunde. Berlin: Water de Gruyter, 1931. 390p.

LEAL, I. G.; ACCIOLY, A. M. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, M. B. G. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; FERREIRA, F. L. Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1065-1072, 2008.

LEÃO, H. F. Composição bromatologica, frações proteicas e digestibilidade de cultivares de milho submetidos a três alturas de corte. 2011. 62 f. Tese (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2011.

MADALÃO, J. C.; PIRES, F. R.; CHAGAS, K.; FILHO, A. C.; PROCÓPIO, S. O. Uso de leguminosas na fitorremediação de solo contaminado com sulfentrazone. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 390-396, out./dez. 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 319p. 1997.

MARTINS, I. S.; SILVA, I. M.; FERREIRA, I.; MELO, L. F.; NOMURA, M. Produtividade da alface em função do uso de diferentes fontes orgânicas fosfatadas. **FAZU em Revista**, Uberaba, n.10, p. 36-40, 2013.

MARTINS NETTO, D. A.; BONAMIGO, L. A. Milheto: características da espécie e usos. In: MARTINS NETTO, D. A.; DURÃES, F. O. M. **Milheto: tecnologias de produção e agronegócio**. Brasília: Embrapa, 2005. cap. 1, p. 24

MENDONÇA, H. V.; RIBEIRO, C. B. M.; BORGES, A. C.; BASTOS, R. R. Sistemas alagados construídos em batelada: remoção da demanda bioquímica de oxigênio e regulação do pH no tratamento de efluentes de laticínios. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n.2, p.442-453, abr./jun. 2015.

MIRRE, R. C.; FERREIRA, S. C.; DIAS, A. R.; PESSOA, F. L. P. Conservação e reúso de águas usando o método diagrama de fontes de água para processos em batelada: estudo de casos. **Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 7, n. 1, 2012.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F. (2004). Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo. **Ciência Rural**, 34(3), 947-949.

NUNES, U. R.; JUNIOR, V. C. A.; SILVA, E. B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.943-948, jun. 2006.

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista. Ceres**. 2012, vol.59, n.1, pp.110-117.

PARIZ, C. M.; AZENHA, M. V.; ANDREOTTI, M.; ARAUJO, F. C. M.; ULIAN, N. A.; BERGAMASCHINE, A. F. Produção e composição bromatológica de forrageiras em sistema de integração lavoura-pecuária em diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1392-1400, out. 2011.

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; and MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Rev. Ceres**, vol.59, n.1, p. 110-117, 2012.

PURQUERIO, L. F. V. et al. Produção de alface em estufa agrícola com solo salinizado após o cultivo de plantas extratoras de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, supl., Jul. 2011. CD-ROM.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 1997, 285p.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 285 p. 2001.

RESENDE, A. V. **Agricultura e Qualidade da Água**: Contaminação da água por nitrato. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, n. 57, dez. 2002.

ROSSI, F.; GOMES, T.M.; TOL, J.C.de H.B.; FERRAZ, M.R.; LUZ, P.H.C.AMBROSANO, E.J. Fitoextração de sódio pelo cultivo do milho em sucessão a produção da beterraba irrigada com águas residuárias de origem agroindustrial. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, n.4, Nov. 2014.

SANTOS, R. A.; CARNEIRO, P. T.; SANTOS, V. R.; COSTA, L. C.; SANTOS, C. G.; NETO, A. S. S. Crescimento de leguminosas utilizadas na adubação verde em diferentes níveis de sais na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1255-1261, julh. 2014

SANTOS, M. A; FREIRE, M. B. G.; ALMEIDA, B. G.; LINS, C. M. T.; SILVA, E. M. Dinâmica de íons em solo salino-sódico sob fitorremediação com *Atriplex nummularia* e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 397-404, Apr. 2013.

SOUSA, A. C. B. et al. Genetic diversity analysis among pigeon pea genotypes adapted to South American regions based on microsatellite markers. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 68, n. 4, p. 431-439, 2011.

SOUZA, E. R.; FREIRE, M. B. G.; NASCIMENTO, C. W. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; FREIRE, F. J.; MELO, H. F. Fitoextração de sais pela *Atriplex nummularia* lindl. sob estresse hídrico em solo salino sodico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.5, p.477-483, jan. 2011.

SUTAR, A. S.; MULLA, R. K.; RANVEER, A. C. Effluent treatment plant of dairy wastewater – a performance evaluation. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v.2, issue: 08, p.837-840, nov. 2015.

SOARES, J. P.; AROEIRA, L. J. M.; FONSECA, A. H.; SANAVRIA, A.; SILVA, J. B.; FAGUNDES, G. M. Produção orgânica de leite no Brasil: Tecnologias para a produção sustentável. In: 8º CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, SIMPÓSIO “PECUÁRIA TROPICAL SUSTENTÁVEL: INOVAÇÃO, AVANÇOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS E DESAFIOS”, 14-16 agosto de 2011, Uberaba-MG. Anais...Uberaba-MG: ABCZ/Polo de excelência genética bovina, 2011. P. 42-69.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alfaca Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.1, p.17–29, 2007.

SELBORNE, L. **A ética do uso da água doce**: um levantamento. Brasília: UNESCO, 2001. 80p.

TABOSA, J. N.; BRITO, A. R. M. B.; LIMA, G. S. de; AZEVEDO NETO,, A. D. de; SIMPLICIO, J. B.; LIRA, M. de A.; MACIEL, G. A.; GALINDO, F. A. T. Perspectivas do milho no Brasil: Região Nordeste. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina. Anais... Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999, p.169-185.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H.; MINUTTI, C. R.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Bromatological composition of sorghum, millet plant and midget-guandu at different cut times in intercropping and monoculture. **Acta Scientiarum**. Agronomy Maringá, v. 35, n. 2, p. 183-190, Apr.-June, 2013.

UENO, C. R. J.; COSTA, A. C. S.; GIMENES, M. L.; ZANIN, G. M. Agricultural recycling of biodigested vinasse for lettuce production. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté , v. 9, n. 4, p. 593-601, Dec. 2014 .

URBANO, V. R. et al. Physical-chemical effects of irrigation with treated wastewater on Dusky Red Latosol soil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 10, n. 4, p. 737-747, oct. 2015.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. Introduction to Phytoremediation. EPA/600/R-99/107. Cincinnati, OH, 2000. 104 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

VILLA, R. D.; MILADY, R.; SILVA, A.; NOGUEIRA, R. F. P. Potencial de aplicação do processo foto-fenton/solar como pré-tratamento de efluente da indústria de laticínios. **Quim. Nova**, Vol. 30, No. 8, 1799-1803, 2007.

