



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**POTENCIAL DE REUSO DA ÁGUA
CAPTADA DE UM SISTEMA DE CRIAÇÃO DE
TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*) E O
CULTIVO DE ALFACE (*Lactuca sativa*)**

LIZE DE MORAES VIEIRA DA CUNHA

2008

LIZE DE MORAES VIEIRA DA CUNHA

POTENCIAL DE REUSO DA ÁGUA CAPTADA DE SISTEMA DE CRIAÇÃO DE TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*) E CULTIVO DE ALFACE (*Lactuca sativa*)

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semi-Árido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

Orientador
Prof. Mauro Koji Kobayashi

JANAÚBA
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca Setorial do Campus Avançado de Janaúba - Unimontes

Cunha, Lize de Moraes Vieira da

C972p Potencial de reuso da água captada de sistema de criação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e cultivo de alface (*Lactuca sativa*) / Lize de Moraes Vieira da Cunha. Janaúba, MG: UNIMONTES, 2008.

94f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção vegetal no Semi-Árido, Universidade Estadual de Montes Claros.

“Orientador Prof. Dr. Mauro Koji Kobayashi”

1. Irrigação com águas residuais. 2. Cultivo integrado. 3. Sistema agroecológico. 4. Mandalla. 5. Equilíbrio ambiental. 6. Sustentabilidade. I. Universidade Estadual de Montes Claros. II. Título.

CDD-628.3623

LIZE DE MORAES VIEIRA DA CUNHA

POTENCIAL DE REUSO DA ÁGUA CAPTADA DE SISTEMA DE CRIAÇÃO DE TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*) E CULTIVO DE ALFACE (*Lactuca sativa*)

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semi-Árido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

APROVADA em 29 de janeiro de 2008.

Prof D.Sc. Mauro Koji Kobayashi
UNIMONTES
(Orientador)

Prof D.Sc. Sérgio A. Mota Nobre
UNIMONTES
(Co-Orientador)

Prof D.Sc. Rodinei Facco Pegoraro
UNIMONTES
(Co-Orientador)

Prof D.Sc. Flávio P. de Figueiredo
UFMG
(Convidado)

**JANAÚBA
MINAS GERAIS - BRASIL**

Agradecimentos

Agradeço a Deus; e a todos aqueles que juntos acreditaram na importância de mais este passo acadêmico.

Agradeço carinhosamente:

À toda minha família, especialmente meu esposo Anjinho Douglas, minhas lindas filhas Maria Fernanda e Verônica, minha amada irmã Tia Leilinha por toda a compreensão e dedicação em todas as fases deste trabalho;

A todos os professores da UNIMONTES, principalmente, orientador Prof. Mauro K. Kobayashi pela serenidade, co-orientador Prof. Sérgio A. M. Nobre pela atenção, acolhida e dedicação, Prof. Marlon e Prof. Sílvia pela orientação da vida acadêmica, Prof. Edson e Prof. Gisele pelos conhecimentos e Prof. Adelica pelo entusiasmo;

Aos colegas e amigos de trabalho da EMATER-MG, que estarão para sempre no meu coração. Agradeço o apoio, a confiança e o incentivo da minha amiga irmã Cida, do amigo Paulo Nammur e família e do Presidente Sr. José Silva Soares;

A todos os funcionários, colegas e amigos da UNIMONTES, agradeço ao pela confiança, pela oportunidade, pelo excelente convívio e por grande parte deste aprendizado.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 Situação da água no mundo.....	5
2.2 Situação da água no semi-árido.....	6
2.3 Sistemas de irrigação.....	8
2.4 Aplicação de água residuária na agricultura.....	9
2.5 Criação de Tilápia do Nilo em tanque de alvenaria	12
2.6 Acúmulo de resíduos na produção piscícola	14
2.7 Qualidade microbiológica dos alimentos irrigados com efluentes.....	15
2.8 A cultura da alface.....	17
2.9 Teores de N e P na água de piscicultura.....	19
2.10 Determinação de pH.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
CAPITULO I – QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE ALFACE (<i>Lactuca sativa</i>) IRRIGADA COM ÁGUA CAPTADA DE SISTEMA DE CRIAÇÃO DE TILÁPIAS DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>)	
RESUMO.....	23
ABSTRACT	24
1. INTRODUÇÃO.....	25
2.1 Estabelecimento do sistema Mandalla	33
2.2 Colheita e transporte das amostras	35
2.3 Análises microbiológicas	35
2.4 Bactérias entéricas presuntivas.....	36
2.5 Análise presuntiva de <i>Salmonella</i> sp.....	37
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO NUTRICIONAL SOLO-ÁGUA-PLANTA	
RESUMO.....	54
ABSTRACT	55
1 INTRODUÇÃO.....	56

2 MATERIAL E MÉTODOS	60
2.1 Caracterização do experimento	60
2.2 Preparo das amostras	62
2.3 Análise das amostras para determinação de fósforo Melich 1	62
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
3.1 Resultados gerais para Fósforo e Nitrogênio.....	64
3.2 Resultado para o atributo Fósforo no solo.....	66
3.3 Resultado para o atributo Fósforo na folha	70
3.4 Resultado para o atributo Nitrogênio na folha	71
3.5 Resultado para o atributo pH em solo	73
3.6 Resultados para matéria fresca.....	76
3.7 Resultados para matéria seca.....	77
4. CONCLUSÕES	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

RESUMO GERAL

CUNHA, Lize de Moraes Vieira da. **Utilização da água residuária de um sistema de criação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no cultivo de alface (*Lactuca sativa*) em uma Unidade Familiar de Produção Rural – Mandalla**. 2008. 94p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semi-Árido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG¹.

A água tem sido alvo de estudo em todo o mundo, pois sua escassez representa um dos maiores riscos para a manutenção da vida no planeta. As áreas agrícolas e industriais têm utilizado grande parte deste recurso, muitas vezes sem critérios de economia, manutenção e preservação ambiental. Os estudos no Brasil sobre a utilização de águas residuárias na agricultura ainda são escassos. A Produção de alimentos de qualidade, livres de microorganismos patogênicos, com níveis adequados de nutrientes, a partir do reuso da água pode ser um grande avanço no setor agrícola, desde que haja o manejo adequado dos resíduos em busca da preservação ambiental, da manutenção da fertilidade do solo e da segurança alimentar. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de efluentes da criação de Tilápia do Nilo sobre a cultura da alface americana sob dois sistemas de irrigação: gotejo superficial e microaspersão adaptado (confeccionados a partir de hastes flexíveis de PVC - palinetes), em uma unidade demonstrativa (UD) de um sistema Mandalla de produção familiar. O experimento foi conduzido no Campus da Unimontes em Janaúba, composto de um tanque para criação de peixes, do qual foi extraída a água residuária utilizada para irrigação e uma adutora direto da barragem Bico da Pedra, alimentando os sistemas de irrigação com esta água. Desta forma, o trabalho foi subdividido em dois capítulos, sendo o primeiro destinado a avaliações microbiológicas para coliformes termotolerantes, *E. coli* e *Salmonella*, constituindo um DBC com cinco repetições e quatro tratamentos em um esquema fatorial 2x2x2 (dois sistemas de irrigação; por aspersão adaptada e gotejamento superficial, dois tipos de água; da barragem Bico da Pedra e residuária da criação de tilápias e duas partes das folhas; parte externa e parte interna). O segundo capítulo refere-se a avaliações de N e P para solo, água e planta também em DBC cujo esquema fatorial 2x2x2 teve 5 repetições (dois sistemas de irrigação: por aspersão adaptada e gotejamento superficial, dois tipos de água: da barragem Bico da Pedra e residuária da criação de tilápias e duas profundidades no solo: 0-20 cm e 20-40 cm). Procedeu-se então a análise de variância e os resultados foram submetidos a teste “F” a 5% de probabilidade.

¹ Comitê Orientador: Prof^o Mauro Koji Kobayashi – UNIMONTES (Orientador).

GENERAL ABSTRACT

CUNHA, Lize de Moraes Vieira da. Wastewater utilization from creating system of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the lettuce (*Lactuca sativa*) crop in a Rural Family Production Unit – Mandalla. 2008. 94p. Dissertation (Master's degree in Plant Production in Semi Arid) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG².

The water has been the subject of study in the world, because its shortage represents one of the largest risks to the maintenance of life on the planet. The agricultural and industrial sectors have used it, often without criteria for the economy, maintenance and environmental preservation. Studies in Brazil on the use of wastewater in agriculture are still scarce. The production of good-quality food, free from pathogenic microorganisms, with appropriate levels of nutrients from the reuse of water may be a great advance in the agricultural sector, since there is the appropriate management of waste in search of the environmental preservation, maintaining soil fertility and alimentary security. This study aimed to assess the effects of the effluents application of Nile tilapia creating on the culture of lettuce in two irrigation systems: superficial drip and adapted micro sprinkler (made from cotton swabs) in a demonstrative unit (DU) of a Mandalla system of family production. The experiment was conducted at Unimontes in Janaúba, composed by a fish farm, of which was extracted wastewater used for irrigation and a main water direct from Bico da Pedra dam. Thus, the work was divided into two chapters, the first to microbiological evaluations for thermotolerant coliforms, *E. coli* and *Salmonella* sp., composing a design CBD with five repetitions and four treatments in a factorial 2x2x2 (two irrigation systems: superficial drip and adapted micro sprinkler two types of water: from Bico da Pedra dam and wastewater from tilapia creating; and two parts of the lettuce: external and internal one). The second chapter refers to evaluations of N e and P for soil, water and plant also in CBD and factorial scheme 2x2x2 with 5 replicates (two irrigation systems: superficial drip and adapted micro sprinkler two types of water: from Bico da Pedra dam and wastewater from tilapia creating and two depths in the soil 0-20 cm and 20-40 cm). It was made the variance analysis and the results were submitted to test "f" a 5% of probability.

² Advisors committee: Prof. Mauro Koji Kobayashi – UNIMONTES (Advisor).

1 INTRODUÇÃO GERAL

A água é o bem mais precioso do planeta Terra, sendo o maior constituinte e o principal responsável pela vida. Em função disto, nesses últimos anos vem se tornando uma das maiores preocupações mundiais, levando-se a acreditar em uma iminente crise mundial de abastecimento (POSTEL *et al.*, 1996).

Para o desenvolvimento da agricultura no mundo, a água é o recurso natural de maior relevância, uma vez que as novas tecnologias para aumento de produtividade das áreas agrícolas são dependentes da sua disponibilidade. Tal importância reflete-se nos altos índices de produtividade de áreas irrigadas, em que apenas 18% do total de áreas agrícolas correspondem a aproximadamente 40% da produção agrícola mundial (BROWN *et al.*, 2000).

Apesar de sua importância, esse recurso se apresenta cada vez mais escasso, representando um problema ambiental de solução complexa (FAO, 1992).

A necessidade de desenvolvimento de técnicas para reutilização de água torna-se evidente quando avaliado o desperdício, ou uso inadequado e o alto custo da água utilizada no setor agrícola.

Gasi (1988) afirmou que as opções para a recuperação ou o tratamento das águas residuárias de origem doméstica, industrial ou agrícola envolvem diferentes alternativas, muitas delas complexas e caras, e outras de baixo custo e estruturas simples. Um exemplo de alternativa simples e de baixo custo foi empregada na fazenda Experimental Lageado da UNESP, em Botucatu-SP, que possui um sistema de coleta e tratamento do esgoto através de plantas aquáticas, para uma comunidade rural de 15 casas e 65 habitantes (Comunidade Olaria). O emprego de diferentes plantas aquáticas produziu resultados satisfatórios na

remoção de carga poluidora presente no efluente gerado por essa comunidade rural (GUIMARÃES *et al.*, 2000).

Pensando na reutilização futura de efluentes, a atividade florestal, por suas peculiaridades, apresenta-se como uma alternativa promissora, principalmente por não envolver produção de alimentos para consumo humano e nem riscos à saúde (CROMER, 1980). Além disto, por ser realizada em larga escala tem a potencialidade de consumir um grande volume de efluentes. O lodo de esgoto ou biossólido, embora ainda não tenha sido amplamente testado no Brasil, já apresenta alguns resultados promissores, seja na fase de produção de mudas de espécies florestais (MORAIS *et al.*, 1997) ou de implantação de reflorestamento (GONÇALVES *et al.*, 2000a; POGGIANI *et al.*, 2000). Esses estudos já estão avançados em outros países, inclusive com aplicações comerciais em empresas florestais (COLE *et al.*, 1986; HARRISON *et al.*, 1993; HENRY *et al.*, 1994).

Entretanto, a parte sólida do esgoto (lodo) corresponde a apenas 0,1% da sua composição, sendo 99,9% composta pelas águas residuárias (FERNANDES, 2000). Estudos realizados em outros países têm demonstrado a eficiência do uso das águas residuárias na fertirrigação de culturas agrícolas com a obtenção de excelentes resultados, visto que são ricas em nutrientes (BASTOS, 1999).

Segundo Mara e Cairncross (1989), a aplicação de águas residuárias, proveniente de esgoto, no solo constitui uma das formas mais antigas de disposição final de esgotos sanitários. Este fato tem despertado o interesse de pesquisadores e agricultores para aplicação na agricultura não só de esgotos sanitários como efluentes advindos das próprias criações como suínos e peixes. Durante anos, essa prática tornou-se desaconselhável devido à presença de patógenos e preocupação com a saúde pública; no entanto, os problemas de escassez de água e o aumento das pesquisas sobre técnicas de aplicação segura e

controlada de águas residuárias na agricultura fizeram ressurgir o interesse pelo assunto.

A aplicação de efluentes na cultura do algodão, via irrigação por gotejo, como afirmam Papadopoulos e Stylianou (1988), deve ser considerada uma alternativa para fontes de água e nutrientes na agricultura, destacando-se o aumento dos níveis de nitrogênio do solo. Buzetti *et al.* (1992) constataram aumento linear na produtividade de grãos de feijão da ordem de 4,33 kg de grãos para cada kg de nitrogênio (N) aplicado. Contudo, deve-se levar em consideração que efluentes, em sua grande maioria, apresentam-se contaminados por microorganismos causadores de doenças em seres humanos, animais e algumas espécies de plantas e, portanto, devem ser utilizados com critérios.

Vale destacar que a escolha do método de aplicação de águas residuárias, bem como o tipo de cultura e manejo utilizados podem exercer papel fundamental na qualidade microbiológica final dos alimentos produzidos (EL-HAMOURI *et al.*, 1996). Em pesquisa realizada por Oron *et al.* (1991), também observaram-se menores níveis de contaminação da cultura do pepino em irrigações realizadas por gotejo subsuperficial em relação ao sistema de microaspersão.

O crescimento da população, a expansão da área cultivada e a intensificação da agricultura caracterizam uma crescente agressão ao meio ambiente. Veiga (1993) lembra que a modernização da agricultura foi responsável pela segurança alimentar, pelo menos em quantidade, de uma fração da humanidade, certamente às custas da degradação ambiental e social.

A necessidade de desenvolvimento de técnicas para reutilização de água torna-se evidente quando avaliado o desperdício, ou uso inadequado e o alto custo da água utilizada no setor agrícola. A agricultura familiar segundo Ehlers (1994), tem melhores condições para um desenvolvimento sustentável do ponto de vista ambiental. Atualmente este segmento ocupa 25% das terras cultivadas,

absorve 60% da mão-de-obra agrícola, representa 75% dos estabelecimentos comerciais e é responsável por 35% da produção nacional (IBGE, 2004).

Visando a melhorar as questões produtivas, o Projeto Mandalla vem propor uma metodologia diferenciada, com o objetivo de desenvolver um trabalho articulado em tecnologias adaptadas à realidade de cada local, integrando o planejamento das questões da qualidade de vida e o resgate da dignidade das famílias do campo, bem como a organização da produção e a conservação ambiental. A Unidade Familiar de Produção Rural – Mandalla, ocupa uma área de 2.500 m² e é composta por um reservatório circular, que se encontra ao centro desta área com dimensões de 3 metros de raio e 1,80m de profundidade para armazenamento de água, aproximadamente 30 mil litros. Seis vértices de madeira compõem a sustentação da bomba e das mangueiras de irrigação, as quais são dispostas em círculos e nelas seguem os aspersores (com tecnologia apropriada) feito de hastes flexíveis de PVC. Nesse reservatório são criados peixes e patos, que são alimentados com restos de culturas produzidos pela Mandalla. A água residuária desse tanque é utilizada para irrigação de diversas culturas (CUNHA, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos microbiológicos e nutricionais da aplicação de água residuária de um sistema de criação de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e água de um reservatório de fonte superficial (barragem Bico da Pedra) sobre a cultura da alface (*Lactuca sativa*) em dois sistemas de irrigação por aspersão adaptada e gotejamento superficial em uma unidade de produção familiar rural denominada de Mandalla.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Situação da água no mundo

A água como recurso natural de maior importância no mundo, principalmente para o desenvolvimento da agricultura, há de se pensar em modelos sustentáveis para minimizar a escassez deste recurso, uma vez que novas tecnologias para aumento da produtividade das áreas agrícolas são dependentes da disponibilidade de água para as culturas.

A disponibilidade de água do planeta está na ordem de $1,36 \times 10^{18} \text{ m}^3$, sendo que 97% constituem os mares; 2,2% compõem as geleiras e somente 0,8% corresponde às águas doces. Destes 0,8%, apenas 3% apresentam-se de forma superficial e de fácil extração (VON SPERLING, 1995). Mesmo os países em que os recursos hídricos são abundantes, como o Brasil, podem apresentar sérios problemas de distribuição desta água. Segundo Macedo (2001), estima-se que 80% do volume total de água disponível no país encontra-se na Amazônia, onde apenas 5% da população vive. Já no nordeste do país, onde vive cerca de 1/3 da população brasileira, encontram-se apenas 3,3% das disponibilidades hídricas do país.

Segundo Papadopoulos (1999) e Brown *et al.* (2000), apenas no século passado a densidade demográfica triplicou, enquanto a demanda por água potável aumentou em seis vezes. Isto indicaria que o consumo de água do planeta poderia dobrar nos próximos 25 anos, tornando a situação muito crítica. Considerando que nossos recursos hídricos são finitos e que a expansão de terras cultiváveis é limitada, o aumento de produtividade, o uso de equipamentos de irrigação de alta eficiência na aplicação de água e o reuso de águas podem tornar-se alternativas para atender a demanda de alimentos no futuro.

A importância destes fatores se reflete nos altos índices de produtividade de áreas irrigadas quando comparadas às regiões desprovidas de tal tecnologia,

onde apenas 18% do total de áreas agrícolas correspondem a aproximadamente 40% da produção agrícola mundial (BROWN *et al.*, 2000).

Conforme dados do Ministério da Agricultura, citados por Pinazza e Alimandro (1999), o Brasil possuía em 1999 uma área irrigada de aproximadamente 2,7 milhões de hectares, correspondendo a 6% da área cultivada do país e 25% do valor bruto da produção.

Apesar de sua importância, o recurso água apresenta-se de maneira cada vez mais escassa, representando um problema ambiental de solução complexa. A crescente expansão demográfica, o aumento da demanda por água potável, a elevação dos índices de poluição, o manejo inadequado de solos e florestas e a contaminação de rios e lençol freáticos têm sido apontados pela FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (1992) – como os principais causadores desta escassez, muitas vezes indisponibilizando a pequena porcentagem de água doce para utilização direta.

Torna-se imprescindível, portanto, o desenvolvimento de novas tecnologias e o manejo eficiente dos recursos hídricos, como a única maneira de se assegurar o desenvolvimento econômico e social em bases sustentáveis.

2.2 Situação da água no semi-árido

De acordo com o IBGE (1985), a região Nordeste do Brasil tem uma área de 1.644 quilômetros quadrados, cobrindo nove estados. Esta área representa aproximadamente 1/5 do território brasileiro. A SUDENE (Superintendência de desenvolvimento do nordeste) ainda inclui como pertencente ao nordeste a porção norte do estado de Minas Gerais. Na região nordeste é que se encontra o total do semi-árido que cobre uma área de 950 quilômetros quadrados, o que representa 58% do total da área da região (LEMOS, 1998).

No semi-árido do Nordeste brasileiro ocorre evapotranspiração excedente e as plantas sofrem déficit hídrico.

O indicador mais simples de disponibilidade hídrica é a relação das médias anuais de precipitação e de evapotranspiração potencial (ETP). A ETP em todo o semi-árido não é muito variável (1500-2000 mm.ano⁻¹), enquanto que a precipitação pluviométrica anual varia de 300 a 800 mm de chuvas, aproximadamente, o que indica deficiência hídrica ao longo do ano (SAMPAIO & SALCEDO, 1997).

Assim, a irrigação torna-se a prática mais segura para garantir a produção agrícola na região. Todavia, para suprir esta demanda da água, precisa-se de administrar racionalmente as bacias hidrográficas locais, implantar uma política agrícola-ambiental, no sentido de se tratar convenientemente os esgotos sanitários, provenientes dos grandes centros urbanos, objetivando-se reusá-los para fins de agricultura, pois, além de suprir a água que é tão escassa na região servirá, também, como fertirrigação orgânica, vindo assim, consubstanciar ações direcionadas para o desenvolvimento sustentável da região.

Sabe-se que esgotos domésticos, quando reusados sem serem tratados, podem contaminar o ambiente com bactérias, parasitos e vírus criando, conseqüentemente, graves problemas de saúde pública, pois propagam doenças bacterianas e virulentas, afetando trabalhadores e consumidores das culturas irrigadas (METCALF e EDDY, 1991; LEON e CAVALLINI, 1996), além de causar graves prejuízos aos solos e contaminação das águas subterrâneas. A água reusada na irrigação deve ter bons padrões de qualidade físico-químicos e sanitários. Desta forma, os principais constituintes que devem ser avaliados são: os sais presentes na água e no solo, que reduzem a disponibilidade da água para a planta; as altas concentrações de sódio ou baixa de cálcio, que fazem diminuir a velocidade de infiltração da água; a toxicidade de íons específicos (sódio, cloreto e boro) e o excesso de nutrientes, além de organismos patogênicos

(SOUSA *et al.*, 2000). Outros tipos de águas também podem servir para o reuso, como as águas de criações rurais como bovinos, suínos, peixes e aves.

2.3 Sistemas de irrigação

As irrigações permanentes (disponibilidade contínua e regular de água) geralmente fazem parte de projetos com financiamento governamental, são bem identificadas e acompanhadas. Atualmente ocupam menos de 1% da área do semi-árido, e mesmo que todo o potencial fosse realizado, ocuparia menos de 5% das áreas agricultáveis. São áreas privilegiadas, com alta capacidade de produção proporcionando rendas per capita elevadas nos municípios onde estão instaladas (GOMES & VERGOLINO, 1995).

A escolha de um sistema de irrigação sempre deverá levar em consideração a cultura, o solo, o clima, a disponibilidade de água, o manejo e a operação do sistema, bem como fatores econômicos.

No caso específico do uso de águas residuárias, fatores como risco de contaminação de trabalhadores e de alimentos devem ser prioritariamente analisados quanto à segurança do sistema de irrigação.

O sistema de irrigação localizada consiste em aplicar água ao solo, diretamente sobre a região radicular e em pequenas intensidades de forma a manter a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo.

O gotejamento, difundido no Brasil desde 1972 e a microaspersão desde 1982, diferem-se no que se refere à aplicação da água, sendo que no gotejamento a aplicação se dá gota a gota com vazões menores variando de 1 a 20 L.h⁻¹, enquanto que na microaspersão as vazões, por serem pulverizadas, variam de 20 a 150 L.h⁻¹ (BERNARDO *et al.*, 2006).

A irrigação localizada é usada, geralmente, sob forma de sistema fixo, no qual o custo se torna mais elevado devido ao investimento em linhas tantas

quantas forem necessárias e ao grande número de emissores. Além disso, algumas limitações podem desfavorecer o sistema, como entupimento dos emissores e limitações do sistema radicular principalmente em fruteiras. No entanto as vantagens a médio e longo prazo compensam o investimento inicial e superam as limitações.

O sistema de irrigação por gotejamento consiste em uma forma mais econômica de irrigação, sem danos às folhas e minimiza problemas de salinização do solo. Entretanto, a irrigação em solos com características mais arenosas pode acarretar estresse hídrico por deficiência de formação de bulbo molhado, além de obstrução das saídas de gotejo, devido aos resíduos sólidos das águas residuárias (BERNARDO *et al.*, 2006).

O sistema de irrigação por microaspersão, reconhecido como método de baixo risco de contaminação, necessita de que a concentração de sólidos não exceda 50 mg L^{-1} , para evitar o entupimento dos emissores.

2.4 Aplicação de água residuária na agricultura

Segundo Mara e Caincross (1989), a aplicação de água residuária no solo constitui uma das formas mais antigas de disposição final de resíduos advindos de esgoto sanitários. Surgiu como forma de tratamento de esgoto, mas despertou o interesse de produtores rurais para sua aplicação na agricultura. Todavia, o advento da microbiologia sanitária em meados do século passado, despertou a preocupação com a saúde pública, tornando essa prática desaconselhada.

Os problemas de escassez de água e o aumento das pesquisas sobre técnicas de aplicação segura e controlada de águas residuárias na agricultura, fizeram ressurgir o interesse pelo assunto. Desta forma, muitos estudos têm sido desenvolvidos para provar a eficiência do reuso da água de forma segura, principalmente em países ou regiões onde o recurso água encontra-se de forma limitada.

A utilização da água residuária na agricultura pode ser importante não apenas como fonte extra de água, mas também devido a vários outros fatores, como: servir de fonte de nutrientes, visto que podem auxiliar no desenvolvimento da cultura. De acordo com Friedler & Juniaco (1996), a aplicação dos nutrientes contidos nos esgotos ou efluentes tratados pode reduzir, ou mesmo eliminar, a necessidade de fertilizantes comerciais (SOUSA *et al.*, 1998).

Vale ressaltar que não existem dados oficiais para o uso de águas residuárias na agricultura na maioria dos países em que essa prática ocorre. No entanto, Leon & Cavallini (1999) apresentam as estimativas dos países que contam com as maiores superfícies agrícolas irrigadas com águas residuárias, como mostra a Tabela 1.

TABELA 1. Área irrigada com águas residuárias em diferentes países.

País	Áreas Irrigadas com Água Residuária (ha)
China	1.330.000
México	250.000
Índia	73.000
Chile	16.000
Estados Unidos	13.500
Kuwait	12.000
Austrália	10.000
Israel	8.800
Tunísia	7.400
Alemanha	6.800
Peru	5.500
Argentina	3.700
Arábia Saudita	2.900
Sudão	2.800
África do Sul	1.800
Bahreim	800
TOTAL	1.745.000

Fonte: Leon e Cavallini (1999)

No Brasil, segundo Azevedo & Oliveira (2001), a aplicação de efluentes de tratamento de esgoto doméstico em uma cultura de pepino (*Cucumis sativus* L.) aumentou em 47% a produtividade quando comparada às plantas controle, irrigadas com água potável. Não se verificou diferença significativa no solo irrigado, porém essa produtividade refletiu no aumento da concentração de nutrientes da solução retida na matriz do solo. Nesse mesmo experimento, irrigado por sistema de gotejamento subsuperficial, não se constatou a contaminação dos frutos por microrganismos patogênicos, tomando o método como viável e seguro.

Nos Estados Unidos, região da Flórida, o reuso e a aplicação de efluentes de tratamento de esgoto doméstico ocorrem desde 1960. Swartz (1999) constatou que 451 instalações de tratamento de esgoto forneciam água reciclada para um ou mais usos, num total aproximadamente de 878 mgd (milhões de galões por dia).

Estudos recentes também destacam a capacidade de extração de nutrientes que alguns vegetais apresentam quando irrigados por águas residuárias. Boyden & Rababah (1996) ressaltaram uma cultura de alface hidropônica como capaz de extrair aproximadamente 77% do fósforo e 80% do nitrogênio contidos na solução de efluentes de tratamento de esgoto urbano, mostrando que além de presentes na solução, esses nutrientes estão disponíveis para serem absorvidos.

Na cidade de Fresno, Califórnia, tratam-se $1,5 \times 10^5$ m³ de águas residuárias por dia, destinadas à irrigação de 2.625 ha, onde são cultivados algodão, cevada, alfafa, amendoim, uva, milho, aveia, sorgo e feijão. Nessas propriedades, a aplicação de efluentes no solo constitui a única fonte de nutriente da cultura, não havendo necessidade de complementação com fertilizantes químicos (AZEVEDO, 2004).

Além de recuperar os nutrientes que seriam perdidos, a utilização de efluentes na agricultura favorece a estabilização microbiana do efluente, a adsorção e a imobilização de metais e sais dissolvidos (DE LUCA, 1999).

Scaloppi & Baptistella (1989) afirmam que as condições climáticas têm efeito direto sobre a velocidade das reações químicas e biológicas responsáveis pela degradação do efluente no solo. Segundo Parr (1975), as máximas taxas de decomposição de resíduos e efluentes aplicados no solo ocorrem em faixas de temperatura da ordem de 30 a 35°C. Desta maneira, deve-se levar em consideração a temperatura, já que ela consiste em um dos principais fatores que atuam no processo de decomposição dos substratos orgânicos.

Castro *et al.* (2003) avaliando o uso de efluente de viveiro de peixes e água de poço na irrigação do tomate cereja em diferentes adubos, observaram efeito significativo para tipo de água, e que a irrigação com o efluente provocou um aumento da produtividade, sempre que as necessidades das plantas não eram adequadamente supridas pela adubação.

2.5 Criação de Tilápia do Nilo em tanque de alvenaria

Introduzida no Brasil na década de 50, a tilápia é hoje o segundo peixe mais comercializado do mundo, sendo a carpa comum a espécie mais cultivada. Sua carne é considerada de ótima qualidade, macia, e com baixo teor de gordura. Além disso, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), destaca-se pela rusticidade e rápido crescimento em cultivo intensivo, além do excelente sabor da sua carne, com ausência de espinhos intramusculares em "Y". Uma das particularidades dessa espécie é o maior crescimento dos machos em relação às fêmeas. O fácil manejo e a extrema resistente às condições adversas do meio e às enfermidades (PROENÇA & BITTENCOURT, 1994), tem garantido ser esta uma espécie apropriada para a piscicultura de subsistência.

Acredita-se que a piscicultura esteja passando por um grande momento em nosso país, com um crescimento anual superior aos 10% para a maioria das espécies mais cultivadas, este fato desperta interesse quanto a atividade (CASTAGNOLLI, 1997).

A tilápia tornou-se no final dos anos 90 o peixe mais cultivado do Brasil, com crescimento anual superior a 20% e hoje deve ser responsável por cerca de 40% do volume total da aquicultura nacional (que foi estimado em 200 mil toneladas para a safra de 2003/2004).

A piscicultura brasileira ainda é uma atividade característica de pequenas propriedades.

Este crescimento acelerado começa a despertar o interesse de grandes empreendimentos e processadores/exportadores de pescado.

Diferentes sistemas são utilizados para o cultivo do pescado no Brasil, como por exemplo, os constituídos por tanques de alvenaria ou de terra. O tanque de alvenaria pode reduzir a contaminação do pescado, visto que o solo apresenta grande diversidade de microrganismos que podem levar à elevada densidade de populações bacterianas presentes no ambiente de cultivo. Porém, tanques de alvenaria elevam a dureza da água e, por isso, são menos utilizados. Outra fonte de contaminação do ambiente de cultivo do pescado é a utilização de dejetos de animais para adubação dos tanques de criação, a fim de reduzir os custos de produção, promovendo o desenvolvimento do plâncton, que serve de alimento natural para peixes filtradores, como a tilápia. Os excrementos de animais podem carrear resíduos de antibióticos ou bactérias resistentes a essas drogas para o ambiente aquícola (CARNEIRO *et al.*, 2007).

A tilápia do Nilo é uma espécie precoce que apresenta excelente desempenho em diferentes regimes de criação. Em sistemas extensivos, apenas com adubação dos viveiros, a produtividade chega até 3.500 kg/ha/ano, em densidades entre 8.000 e 10.000 peixes/ha. Em regimes semi-intensivos, com

renovação de água (10 L/seg./ha) e rações de boa qualidade, a tilápia nilótica pode produzir 15.000 kg de pescado/ha/ano, em densidades de 20.000 a 30.000 peixes/ha (BOZANO *et al.*, 1999).

2.6 Acúmulo de resíduos na produção piscícola

Sendo a água um fator limitante e requerida durante o processo de produção piscícola, torna-se inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólicos nos tanques de viveiros. Esse material orgânico, proveniente de excretas e restos de ração não consumidos pelos peixes, depositam-se no fundo dos tanques. Já os metabólicos e compostos nitrogenados e fosfatados, encontram-se diluídos no meio estimulando a floração de algas (HUSSAR *et al.*, 2002). Para o autor, em sistemas onde se adota a circulação intermitente, estes produtos encontram-se no efluente, o qual é geralmente disposto em um corpo receptor sem nenhum tipo de tratamento. E para minimizar o impacto causado por estes efluentes de tanques de piscicultura, torna-se necessário à utilização de métodos de tratamento ou até mesmo o reuso desse efluente na irrigação de culturas diversas. Várias culturas podem ser integradas com a piscicultura, mas as olerícolas parecem ser mais apropriadas, principalmente por serem bastante consumidas, e seu cultivo geralmente se restringe a pequeno e médio produtor rural.

Durante o processo de produção piscícola é inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos (sendo o volume de fezes excretado diariamente pela população de peixes a principal fonte) e metabólicos nos tanques de viveiros em sistemas de renovação de água intermitentes (HUSSAR *et al.*, 2002). Segundo Kubitza (1998) apud Hussar *et al.* (2002), 25 a 30% da matéria seca não digestível das rações fornecidas entram nos sistemas aquaculturais como material fecal, e, a decomposição desse material nos tanques é feita

principalmente por ação microbiológica, resultando no acúmulo de metabólicos tóxicos aos organismos aquáticos (amônia, nitrito e gás carbônico).

2.7 Qualidade microbiológica dos alimentos irrigados com efluentes

Apesar das vantagens apresentadas pela aplicação de efluentes de tratamento de esgoto na agricultura, deve-se levar em consideração que se trata de um material, em sua grande maioria, contaminado por microrganismos causadores de doenças em humanos, animais e algumas espécies de plantas. Assim, grande parte dos estudos em reuso de efluentes enfocam a qualidade microbiológica destes alimentos e não apenas os aspectos agronômicos, para que o tratamento e aplicação destes efluentes sejam realizados com critérios, garantindo a segurança de trabalhadores rurais e consumidores.

Para assegurar esta garantia e minimizar os riscos de contaminação, recomenda-se que o efluente utilizado seja compatível com parâmetros pré-estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Dentre estes parâmetros, destaca-se o número de microrganismos patogênicos mais provável de coliformes fecais em 100 mL de água – NMP (100 mL)⁻¹. Na prática, estes coliformes atuam como indicadores razoavelmente confiáveis dos microrganismos patogênicos bacterianos, pois suas características de sobrevivência no meio ambiente e índice de eliminação nos processos de tratamento são similares.

Segundo Biscaro (2003), vários estudos foram idealizados para obtenção de índices aceitáveis, até que em 1985, um documento conhecido por Relatório de Engelberg, a OMS passou a recomendar um padrão de qualidade bacteriológica de 1000 CF por 100mL⁻¹, para irrigações sem restrições. Leon e Cavallini (1999) afirmam que este valor torna-se ainda mais seguro

considerando-se a inativação de microorganismos patogênicos por meios de raios ultravioletas, dessecação e predadores biológicos naturais.

No Brasil, a legislação em vigor para alimentos é regulamentada pela RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Para hortaliças frescas, de consumo *in natura*, selecionadas ou não, estabelece-se apenas a ausência de *Salmonella ssp* em 25 gramas de produto. O cumprimento da legislação vigente e das recomendações da OMS visam ao estabelecimento de parâmetros para que alimentos produzidos via irrigação com águas residuárias sejam obtidos de maneira segura.

Na cidade de Marrakesh, em Marrocos, a freqüente utilização de águas residuárias brutas na agricultura, sem tratamento prévio, tem levado à contaminação de lavouras de alface e salsa irrigadas por este sistema, detectando-se indivíduos de *Salmonella ssp*. (MELLOUL *et al.*, 2001)

Alguns estudos mostram a qualidade microbiológica dos efluentes oriundos de esgoto doméstico ou industriais.

A utilização de efluentes da piscicultura para irrigação requer alguns cuidados, como a qualidade da água em relação aos níveis de coliformes fecais. Barbosa *et al.* (2002), avaliaram níveis de coliformes presentes em água de poço e de dois tanques de piscicultura com média (2 peixes m⁻²) e alta (10 peixes m⁻²) estocagem de tilápia, e verificou que os níveis de coliformes totais e fecais das águas foram respectivamente de 170/100 mL de água e de 80/100 mL de água, portanto bem abaixo dos padrões da Organização Mundial de Saúde que é uma média geométrica de 1000 coliformes fecais por 100 mL de água (WHO, 1989 apud LEON & MOSCOSO, 1999).

2.8 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa*), pertencente à família Asteraceae, é uma planta originária de espécies silvestres da Ásia Ocidental e Europa, trazida para o país pelos portugueses, no século XVI (FILGUEIRA, 2000). Trata-se de uma planta herbácea, de caule diminuto, ao qual se prendem as folhas amplas, em forma de roseta, podendo estas serem lisas ou crespas, verdes ou roxas, formado ou não “cabeça”. O sistema radicular é muito ramificado e superficial, explorando apenas os primeiros 25 cm de solo (FILGUEIRA, 2000).

Considerada a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil. A cultura da alface apresenta alto grau tecnológico, sendo comum práticas de produção em estufa, hidroponia, cultivo convencional e cultivo orgânico, que permitem obter verduras de qualidade durante o ano todo (CEAGESP, 2004).

Em importância econômica encontra-se em sexto lugar e oitavo em termos de volume produzido (BIASI *et al.*, 1991). A alface é provavelmente originária do Egito, onde as primeiras indicações de sua existência datam de 4 500 a.C. Disseminou-se pela Europa, juntamente com a expansão do Império Romano. Apresenta diversidade de formas; o tipo *asparagus* é caracterizado pelo talo grosso e folhas pontudas; enquanto que o tipo romana possui folhas em formato oblongo, dispostas perpendicularmente em posição vertical e o tipo "manteiga" com folhas que se prendem ao caule fechando-se na forma de uma cabeça (CONTI, 1994).

Em termos nutritivos, a alface é uma excelente fonte de vitamina A, possuindo ainda as vitaminas B1, B2, B5 e C, bem como os minerais Ca, Fe, Mg, P, K, e Na (CAMARGO, 1992).

O tipo Americana Lisa apresenta folhas lisas, bem consistentes, com nervuras destacadas, com formação tipo roseta. A coloração mais comumente encontrada varia do verde intenso a verde escuro tipo oliva. É uma alface

resistente ao transporte pela própria disposição das folhas em formato de “rosas”. É recomendada para o preparo de sanduíches, por manter suas características mesmo em contato com alimentos quentes, para ornamentação de diversos pratos e para a grande maioria dos *fast foods*, nos quais os alimentos precisam manter-se expostos por um maior tempo e com qualidade.

Acredita-se que plantas desenvolvidas rente à superfície do solo estejam mais sujeitas à contaminação por microrganismos presentes no efluente de irrigação ou no próprio solo. Em culturas irrigadas por águas residuárias brutas, vegetais como salsa (*Petroselinum crispum*) e alface (*Lactuca sativa*), ambos desenvolvidos nestas condições, apresentaram índice de contaminação bacteriológica muito superiores aos vegetais como tomate (*Lycopersicon esculentum*) e o pimentão (*Capsicum amunn*), onde os frutos não se desenvolviam em contato com a superfície, em experimento conduzido por Melloul *et al.* (2001).

Quanto à forma de consumo, OMS – Organização Mundial da Saúde (1989) – insere a alface no grupo A de vegetais, consumidos “in natura”, e que, portanto, necessitariam de maior controle na qualidade da água e manejo da irrigação com águas residuárias.

Devido à tendência de obtermos maiores índices de contaminação em plantas rasteiras, optou-se pela escolha da cultura da alface (*Lactuca sativa*) no projeto proposto, com intuito de testar se existe viabilidade da condução de uma cultura considerada altamente suscetível à contaminação por microrganismos e geralmente consumida “in natura”. A avaliação dos níveis de contaminação da cultura, aliados ao comportamento da caracterização do solo poderão contribuir para a prática do reuso de efluentes do tipo “água residuária da criação de peixes” na agricultura.

2.9 Teores de N e P na água de piscicultura

De acordo com Hussar *et al.* (2002), existem vários aspectos importantes sobre o nitrogênio: é um componente de grande importância em termos de geração e do próprio controle da poluição das águas; é um elemento indispensável para o crescimento de algas, podendo por isso em certas condições, conduzir a fenômenos de eutrofização de lagos e represas; na conversão da amônia em nitrito e este em nitrato, ocorre o consumo de oxigênio dissolvido no corpo d'água receptor; quando na forma de amônia livre é diretamente tóxico aos peixes.

Os microorganismos exercem um papel muito importante na ciclagem de nutrientes nos viveiros de piscicultura (SCHOEDER, 1978 apud CASTRO *et al.*, 2003) e através da atividade dos microorganismos heterotróficos decompositores, o fósforo é ciclado estimulando a produtividade primária dos viveiros (MORIARTY, 1997 apud CASTRO *et al.*, 2003).

Castro *et al.* (2003) pesquisando a produtividade do tomate em função da utilização de efluente de viveiro de peixes relataram que o fósforo deve ter sido o fator decisivo para o aumento da frutificação, nos tratamentos irrigados com efluentes de piscicultura. Pois segundo Filgueira (2003), o fósforo favorece o desenvolvimento do sistema radicular do tomate e promove a abundância de florescimento, estimulando a frutificação, elevando a produtividade e aumentando o tamanho dos frutos.

2.10 Determinação de pH

A determinação de valores do pH - representa a concentração de Íons, hidrogênio H + (sem escala anti-logaritmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, a fonte de variação deste parâmetro são os sólidos e gases dissolvidos.

A origem natural é da dissolução de rochas, adsorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese. Como origem antropogênica temos os despejos domésticos (oxidação de matéria orgânica) e industriais (lavagem ácida de tanques).

Para sua medição utiliza-se um condutivímetro, que é dotado de eletrodo de vidro em associação com soluções indicadoras ou papel indicador (restrito a água clara).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S., SOARES, A.A., MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625p.

BIASI, L.A., LIMA, M.R., GABARDO, N.P., SCHMID, M.L., MARTHAUS, P.S., ZAMBON, F.R.A. Competição de cultivares de alface na região metropolitana de Curitiba. **Horticultura Brasileira**, v.9, n.1, p.14-15, 1991.

CASTRO, R.S.; AZEVEDO, C.B.; BEZERRA NETO, F.; TORQUATO, J.E. Produtividade do tomate cereja cultivado em sistema orgânico, irrigado com efluente de piscicultura. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n.2, Supl. jul., 2003.

CONTI, J.H. **Caracterização de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) adaptadas aos cultivos de inverno e verão**. 1994. 107f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1994.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2003. 412p.

GOMES, G.M. & VERGOLINO, J.R. **A macroeconomia do desenvolvimento nordestino: 1960/1994**. Recife: Instituto Economista de Pernambuco, 1995.

HUSSAR, G.J.; PARADELA, A.L.; SAKAMOTO, Y.; JONAS, T.C.; ABRAMO, A.L. Aplicação da água de escoamento de tanque de piscicultura na irrigação da alface: aspectos nutricionais. **Revista Ecosistema**, v.27, n.1,2, p.49-52, jan.-dez.2002.

LEON SUENMATSU, G. e MOSCOSO, J. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Tradução de H.R. Gheyi, A. Köning, B.S.O. Ceballos, F.A.V., Damasceno. Campina Grande, PE: UFPB, 1999. 110p.

LEMOS, J.J.S. **Diagnose geopolítico-ambiental da pobreza: O Brasil no contexto dos países menos desenvolvidos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1998. Relatório.

SAMPAIO, E.V.S.B. & SALCEDO, I.H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997 . **Anais ...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 33p.

**CAPITULO I – QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE ALFACE
(*Lactuca sativa*) IRRIGADA COM ÁGUA CAPTADA
DE SISTEMA DE CRIAÇÃO DE TILÁPIAS DO NILO
(*Oreochromis niloticus*)**

RESUMO

CUNHA, Lize de Moraes Vieira da. **Qualidade microbiológica de alface (*Lactuca sativa*) irrigada com água captada de sistema de criação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2008. Cap. 1, p.23-53. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semi-Árido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG³.

A alface (*Lactuca sativa*) é a hortaliça folhosa mais comercializada no Brasil, cuja população tem por hábito consumi-la *in natura*. A frequência e intensidade de consumo, quantidade e qualidade dos microrganismos residentes, bem como a adoção ou não de práticas de sanitização do alimento, devem contribuir significativamente na análise de riscos epidemiológicos relacionados a enfermidades em humanos e animais domésticos. Assim, deve-se considerar a qualidade da água, como fonte de inóculo, bem como do modo de irrigação, como mecanismo de dispersão de agentes patogênicos. Foram avaliadas folhas de alface cultivadas no período de julho a outubro de 2007. O experimento foi delineado em blocos casualizados com 5 repetições. Foi adotado o esquema fatorial 2x2 (dois sistemas de irrigação: microaspersão adaptado e gotejamento superficial; duas fontes de água: de um sistema de criação piscícola e de água fluvial sob barramento). Foram quantificadas as populações de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp e enterobactérias presuntivas, conforme metodologia prescrita pela American Public Health Association (DOWNES & ITO, 2001), reconhecida pela ABNT (SILVA *et al.*, 2001). As amostras, compostas de 25g de folhas de cada parcela experimental foram trituradas em 225 ml de solução salina (0,1%), para quantificação de coliformes ou, o mesmo volume, de caldo lactosado, para mensuração de *Salmonella* sp. A trituração se deu com auxílio de triturador mecânico. Procedeu-se a análise dos dados expressos em números mais prováveis (NMP) ou unidades formadoras de colônias (UFC). Os resultados de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e *Salmonella* sp nas duas porções (interna e externa) da planta indicam a necessidade de sanitização, independente do tipo de água (residuária ou da barragem Bico da Pedra) ou do sistema de irrigação utilizado.

³ Comitê Orientador: Prof^o Mauro Koji Kobayashi – UNIMONTES (Orientador).

ABSTRACT

CUNHA, Lize de Moraes Vieira da. **Microbiological quality of lettuce (*Lactuca sativa*) irrigated from crop system of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. 2008. p.22-58 Dissertation (Master's degree in Plant Production in Semi Arid) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG⁴.

The lettuce (*Lactuca sativa*) is the vegetable more commercialized in Brazil, whose population has for habit to consume it in natura. The frequency and consumption intensity, quantity and quality of the resident microorganisms, as well as the adoption or not of practices of food sanitization, should contribute significantly in the analysis of epidemic risks related to illnesses in humans and domestic animals. Like this, it should be considered the quality of the water, as inoculum source, and in the irrigation way, as mechanism of dispersion of pathogenic agents. Lettuce leaves cultivated in the period of July to October of 2007 were evaluated. The experiment was designed in randomized blocks with 5 repetitions. The factorial schema was 2x2 (two irrigation systems: adapted micro sprinkler and superficial drip; two sources of water: from wastewater of tilapia creating and fluvial under dam). The populations of thermotolerant coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp and enterobacteria were quantified as methodology prescribed by American Public Health Association (DOWNES & ITO, 2001), recognized by ABNT (SILVA et al., 2001). The samples, composed by 25g of leaves of each experimental plot, were triturated in 225 ml of saline solution (0,1%), for coliforms quantification or, the same volume, of lactose solution, for mensuration of *Salmonella* sp. The trituration was mechanical one. The analysis of the data was expressed in more probable numbers (MPN) or units that form colonies (FCU). The results of thermotolerant coliforms., *Escherichia coli* and *Salmonella* sp in the two portions (internal and external one) of the plant indicate the sanitization need, independent of the type of water (wastewater or from Bico da Pedra dam) or of the used irrigation system.

⁴ Advisors committee: Prof. Mauro Koji Kobayashi – UNIMONTES (Advisor).

1. INTRODUÇÃO

As hortaliças folhosas são plantas geralmente de ciclos curtos, cultivadas sobre substratos naturais como o solo, em bases esterçadas ou sobre o sistema hidropônico (FILGUEIRA, 2000). Grande parte dessas é consumida de forma *in natura*, ou fresca, sem considerar as boas práticas de higiene (ANVISA, 1978).

A alface (*Lactuca sativa*) é uma hortaliça típica de saladas, considerada como uma planta de propriedades tranquilizantes e se consumida fresca, conserva todas as suas propriedades nutricionais. Segundo Maroto-Borrego (1986) e Camargo (1992) é uma excelente fonte de vitamina A, possuindo ainda as vitaminas B₁, B₂, B₅ e C, além dos minerais Ca, Fe, Mg, P, K e Na, cujos teores variam de acordo com a cultivar. Tradicionalmente, o seu cultivo da alface é realizado em canteiros, em condições de campo e utilizando, principalmente, o método de irrigação por aspersão convencional.

Segundo Santana *et al.*, (2006) amostras de alfaces, independente do sistema de cultivo, apresentaram baixos padrões higiênicos, evidenciados pela presença parasitas de origem animal, especialmente humana, e alta concentração de coliformes fecais, sendo observadas maiores freqüências de contaminação nas amostras do cultivo orgânico, seguida das de cultivo tradicional e hidropônico. Rabelo *et al.* (2007) também verificaram a presença de *E coli* nas amostras de alfaces originadas de sistemas convencionais de produção (não-hidropônico), sendo a organização do sistema produtivo determinante para a qualificação e seguridade das hortaliças.

O recurso água, apesar de sua importância, apresenta-se cada vez mais escasso, representando um problema ambiental de solução complexa. O aumento da demanda por água potável, a elevação dos índices de poluição, o manejo inadequado de solos e florestas e a contaminação de rios e lençóis

freáticos têm sido apontados como os principais causadores desta escassez, muitas vezes indisponibilizando a pequena porcentagem de água doce para utilização direta (FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1992).

Para o desenvolvimento da agricultura no mundo, a água é o recurso natural de maior relevância, uma vez que as novas tecnologias para aumento de produtividade das áreas agrícolas são dependentes da sua disponibilidade. Tal importância reflete-se nos altos índices de produtividade de áreas irrigadas, em que apenas 18% do total de áreas agrícolas correspondem a aproximadamente 40% da produção agrícola mundial (BROWN *et al.*, 2000).

A necessidade de desenvolvimento de técnicas para reutilização de água torna-se evidente quando avaliado o desperdício, ou uso inadequado e o alto custo da água utilizada no setor agrícola. Em regiões áridas e semi-áridas, a água é um fator limitante para todo o desenvolvimento, seja ele agrícola, industrial ou urbano. A prática de reuso, segundo Braga (2005), pode minimizar os problemas de escassez de água, no entanto, a adoção desta prática deve ser planejada de maneira a minimizar os riscos sobre a saúde humana e sobre o desempenho das atividades. Gasi (1988) afirma que as opções para a recuperação ou o tratamento das águas residuárias de origem doméstica, industrial ou agrícola envolvem diferentes alternativas, muitas delas complexas e caras, e algumas de baixo custo e estruturas simples.

O ambiente (ar, água, solo e equipamentos) é fonte comum de patógeno alimentar, sendo que a água precisa ser monitorada freqüentemente, uma vez que pode veicular com considerável competência microrganismos patogênicos (FORSYTHE, 2002).

Sabe-se que esgotos domésticos, quando reusados sem serem tratados, podem contaminar o ambiente com bactérias, parasitos e vírus criando, portanto, graves problemas de saúde pública, pois disseminam doenças

bacterianas e virulentas, afetando trabalhadores e consumidores das culturas irrigadas (METCALF e EDDY, 1991; LEON e CAVALLINI, 1996), além de causar graves prejuízos aos solos e contaminação das águas subterrâneas. Dentre os parâmetros indicadores da qualidade da água, citados por Braga *et al.* (2005), estão os indicadores biológicos como as algas e os microrganismos patogênicos, estes são introduzidos na água junto com o material fecal de esgotos sanitários, não são residentes naturais do meio e tem sobrevivência limitada na água. Outros tipos de águas também podem servir para o reuso, como as águas de criações rurais de bovinos, caprinos, ovinos, suínos, peixes e aves. A qualidade da água reusada na irrigação tem regulamentação no que refere a aspectos físico-químicos e sanitários (BRASIL, 2005). Dessa forma, constituintes como nutrientes e organismos patogênicos devem ser avaliados (SOUSA *et al.*, 2000).

O sistema Mandalla de produção familiar rural consiste na integração de alguns sistemas de criação de animais de pequeno porte e policultivo em uma mesma área de 2500 m², considerado assim, um modelo agroecológico de produção de alimentos de forma sustentável, que visa à segurança alimentar em quantidade e qualidade; o uso racional dos recursos naturais e a busca do equilíbrio ambiental (CUNHA, 2004). Localizado ao centro da área, um reservatório de água é utilizado para a criação de peixes e para a irrigação de diferentes culturas, aproveitando a água para duas finalidades como cita Rodrigues (2001). A tilápia do Nilo é uma espécie precoce que apresenta excelente desempenho em diferentes regimes de criação. Os sistemas semi-intensivos para tanques com renovação diária de água podem ser bem sucedidos com a utilização de uma densidade máxima de 10 peixes para cada 100 litros de água, considerando as condições ideais para o desenvolvimento da espécie (BOZANO *et al.*, 1999).

Considerando a estratificação de corpos d'água doce, como lagos e represas, Atlas & Bartha, (1998) descrevem maior quantidade e diversidade de

microrganismos na zona limnética ou fóticas. A presença de luz e quantidade de oxigênio dissolvido favorece o crescimento dos organismos autótrofos, sendo as algas fotossintéticas a principal fonte de matéria orgânica e energia. Caracterizam-se por organismos autóctones: algas (*Anabaena* sp. e *Microcystis* sp.etc); bactérias, como *Pseudomonas* sp., *Caulobacter* sp., *Nevskia* sp., *Hyphomicrobium* sp., *Flavobacterium* sp., *Micrococcus* sp.; fungos como *Cladosporium* sp. e diversas formas de leveduras e protozoários, principalmente ciliados e flagelados. Já nas zonas profundas destes corpos d'água, sem presença da luminosidade, podem ser encontradas populações bentônicas anaeróbicas, bactérias sulfurosas púrpuras e verdes, bactérias produtoras de metano e espécies de *Clostridium*, mais comuns em sedimentos do fundo devido a condição de anaerobiose. Na China, pesquisas objetivando a redução de cargas microbianas no trato intestinal de tilápias do Nilo a partir de ração enriquecida com Cu^{+2} , evidenciaram a presença de *Enterobacteriaceae*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter* e *Alcaligence* (HU *et al*, 2007).

Para minimizar os riscos de contaminação recomenda-se que o efluente seja compatível com parâmetros pré-estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Dentre estes parâmetros mensurados para determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA), encontram-se coliformes fecais ($\text{NMP} \cdot 100\text{mL}^{-1}$), em maior evidencia *Escherichia coli* (BRAGA *et al.*, 2005). Na prática, esses coliformes atuam como indicadores razoavelmente confiáveis dos microrganismos patogênicos bacterianos, pois suas características de sobrevivência no meio ambiente e índice de eliminação nos processos de tratamento são similares. Em conformidade com Biscaro (2003), vários estudos foram idealizados para obtenção de índices aceitáveis, até que em 1985, um documento conhecido por Relatório de Engelberg, a OMS passou a recomendar um padrão de qualidade bacteriológica de 200 UFC de coliformes Fecais por 100mL^{-1} , para irrigações sem restrições.

A escolha do método de aplicação de águas residuárias, bem como o tipo de cultura e manejo utilizados podem exercer papel fundamental na qualidade microbiológica final dos alimentos produzidos (EL-HAMOURI *et al.*, 1996).

A irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) é usada geralmente sob forma de sistema fixo permite uma maior eficiência no uso da água, maior produtividade, maior eficiência na adubação e no controle fitossanitário, não interfere nas práticas culturais, adequando-se a diferentes tipos de solos, Podendo ainda, favorecer a economia de mão-de-obra quando comparado a sistemas convencionais de irrigação por aspersão ou superfície (BERNARDO *et al.*, 2006).

O sistema de irrigação por gotejamento consiste em uma forma mais econômica de irrigação, sem molhamento foliar e minimiza problemas de salinização do solo. No entanto, a irrigação em solos com características mais arenosas pode acarretar estresse hídrico por deficiência de formação de bulbo molhado, além de obstrução das saídas de gotejo, devido aos resíduos sólidos das águas residuárias (BERNARDO *et al.*, 2006). Em pesquisa realizada por Oron *et al.* (1991), observaram-se menores níveis de contaminação da cultura do pepino (*Cucumis sativus*) em irrigações realizadas por gotejo sub-superficial em relação ao sistema de microaspersão. Estes resultados evidenciam que o sistema de gotejamento proporciona menor impacto da água com o solo e conseqüentemente menor capacidade de dispersão de microrganismos do solo, bem como menor contato da mesma com a parte aérea e comestível da planta. No Brasil, segundo Azevedo e Oliveira (2001), a aplicação de efluentes de tratamento de esgoto doméstico em uma cultura de pepino (*Cucumis sativus*) irrigado por sistema de gotejamento subsuperficial, não se constatou a contaminação dos frutos por microrganismos patogênicos, considerando o método como viável e seguro.

Para a obtenção de resultados satisfatórios é importante que se conheça o manejo adequado da água de irrigação, principalmente porque grande parte dos horticultores não adotam práticas relacionadas à manutenção da qualidade microbiológica destes alimentos (BERNARDO *et al*, 2006).

A detecção dos agentes patogênicos, principalmente bactérias, protozoários e vírus, em uma amostra d'água é mais complexa do que em amostras de alimentos, provavelmente devido ao estado fluídico da matéria. Dentro de uma estratégia reducionista, utiliza-se de organismos indicadores de contaminação fecal, como coliformes, *E. coli* e enterobactérias, cujas características nutricionais potencializam a presença de outros organismos patogênicos (FORSYTHE, 2002).

Conforme Forsythe (2002), a avaliação de risco microbiológico (MRA – Microbiological Risk Assessment) consiste na análise dos perigos que podem estar associados a um tipo particular de produto alimentício, permitindo uma estimativa da probabilidade de ocorrência de eventos desfavoráveis à saúde. A identificação dos perigos consiste na identificação dos agentes biológicos, químicos e físicos capazes de causar efeitos adversos à saúde. Já a caracterização de risco consiste na estimativa quantitativa e/ou qualitativa, da ocorrência e gravidade dos efeitos adversos à saúde. Dentre os objetivos da segurança alimentar está a identificação do nível máximo de um perigo microbiológico em um alimento considerado aceitável para o consumo humano. A MRA tem sido definida pela Comissão do Codex Alimentarius como uma ferramenta de gerenciamento que estabeleça diretrizes para assegurar o fornecimento de alimentos seguros, sendo útil para determinação das medidas preventivas, eliminação ou redução à níveis aceitáveis. Considera-se do grupo coliformes aqueles organismos que na técnica de tubos múltiplos (ensaio presuntivo e confirmatório) fermentam a lactose com produção de gás a 35°C no caso da técnica da membrana filtrante, aqueles que produzem colônias escuras

com brilho metálico a 35°C em meio de cultura tendo no prazo máximo de 24h (FORSYTHE, 2002).

Como o grupo dos coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal, isto limita a aplicação como indicador específico de contaminação fecal, o que requer a determinação de um sub-grupo de coliformes denominados de termotolerantes pela sua capacidade de fermentar a lactose a 44,5°C, sendo bastonetes Gram negativos não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar lactose (SILVA, *et al.*, 2005).

A família das enterobacteriaceae é caracterizada por bacilos gram-negativos isolados com maior freqüência em amostras biológicas. Amplamente distribuídos na natureza, podem ser encontrados no solo, água, plantas e como indica o nome da família, enterobacteriaceae, no trato intestinal de seres humanos e animais. Os principais agentes deste grupo são: *Enterobacter* spp., *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Serratia* spp., *Citrobacter* spp., *Proteus* spp. e outros (KONEMAN *et al*, 2001) . O gênero *Escherichia*, juntamente com os gêneros *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*, formam o grupo denominado coliforme (SILVA & JUNQUEIRA, 2001). As enterobactérias são também conhecidas pela característica de fermentar lactose. Dentre os meios de isolamento seletivo está o ágar Mac Conkey descrito em 1905, meio naturalmente rico em nutrientes e vitaminas. Constitui em meio diferencial seletivo, uma vez que contém sais biliares e cristal violeta que inibem o crescimento das bactérias Gram positivas, permitindo o crescimento, apenas das bactérias Gram negativas. Desta forma, a lactose presente no meio permite diferenciar as bactérias Gram negativas que utilizam a lactose como substrato fermentativo daquelas que não utilizam. As bactérias Gram negativas fermentadoras de lactose, tornam o meio ácido e o indicador de pH do meio de cultura (vermelho de metilo) em meio ácido fica vermelho. As bactérias Gram

negativas que não fermentam a lactose, não acidificam o meio e este permanece da cor original.

O gênero *Salmonella* indica a presença das mais importantes bactérias que causam intoxicações alimentares e são transmitidas através de alimentos contaminados de origem animal. As espécies deste gênero apresentam a característica marcante de não fermentarem a lactose (KONEMAN *et al*, 2001). No entanto, podem ocorrer colônias de *Salmonella*, lactose-positivas idênticas às colônias de *E. coli* nos meios de cultura à base de lactose, tornando impossível distinguir colônias de *Salmonella* lactose-positivas das colônias de *E. coli* em tais meios de cultura.

O objetivo do presente capítulo foi avaliar os perigos microbiológicos associados ao reuso da água captada de sistema de criação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) considerando sistemas de irrigação e posições das amostras foliares distintos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Estabelecimento do sistema Mandalla

A estrutura experimental constou de uma Unidade de Produção Familiar Rural - Mandalla, e uma área de cultivo hortícola, instaladas em um Neossolo Quartzarênico, sem antes ter sido cultivado com quaisquer outras culturas. As análises físicas e químicas do solo, feitas a partir de amostras de 0 a 20 cm de profundidade indicaram:: argila = 12 (dag/kg), silte = 6 (dag/kg), areia fina = 72 (dag/kg), areia grossa = 10 (dag/kg), pH (H₂O) = 6,5, M.O. = 3,08 (dag/Kg), P = 24 (mg/dm³), K = 254(mg/dm³), Ca = 3,3 (cmol/dm³), Mg = 1,5 (cmol/dm³), Al = 0 (cmol/dm³), SB = 5,45 (cmol/dm³) e V = 78(%).

Um reservatório de água com seis metros de diâmetro e 1,8 metros de profundidade em formato cônico, revestido por lona dupla face de 200 micras, com capacidade de acúmulo de 30.000 litros, foi utilizado para a criação de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em sistema Mandalla. O abastecimento deste foi iniciado e mantido a partir de uma adutora ligada ao barramento fluvial do Rio Gorutuba (Janaúba-MG). Foi utilizada a densidade de 1 alevino, com aproximadamente 0,100 kg de peso, para cada 300 litros de água. A alimentação foi feita diariamente com ração comercial de acordo com a fase de desenvolvimento. O volume de água do criatório foi mantido por reposição duas vezes na semana. Com objetivo de acrescer O₂ ao corpo d'água, utilizou-se parte do sistema de irrigação como circulador em forma de cascata. Após dois meses do início da criação dos peixes, procedeu-se a utilização da água residuária sobre os canteiros cultivados com alface var. Regina. A captação da água foi feita através de bomba submersa disposta a profundidade de 1,5 metros da lâmina d'água.

O cultivo de alface foi desenvolvido no período de 25/07/07 a 01/10/07, com estrutura experimental de blocos casualizados, com 5 repetições (cada

repetição = um canteiro de plantas de alface). Foi adotado o esquema fatorial 2x2 (dois sistemas de irrigação: microaspersão adaptado e gotejamento superficial; duas fontes de água: do tanque de criação piscícola e de água fluvial sob barramento do Rio Gorutuba), compondo os seguintes tratamentos: T1: Gotejamento + água da barragem; T2: Microaspersão + água da barragem; T3: Gotejamento + água residuária; T4: Microaspersão + água residuária.

O preparo do solo para o cultivo consistiu em apenas uma gradagem. Os canteiros, 1,20 x 2,00 m, foram levantados manualmente e foram adubados com esterco de curral curtido na quantidade de 2 Kg.m². O espaçamento de plantio foi de 25 cm entre plantas, compondo canteiros com quatro linhas de 8 plantas cada linha, 32 plantas por repetição.

O sistema de irrigação da água proveniente da criação de tilápias (piscicultura) foi montado a partir de uma bomba submersa com vazão de 600 L/h, instalada no reservatório de água da Mandalla. Deste sistema de captação partiram as mangueiras de irrigação de 16 mm para microaspersores adaptados (com hastes flexíveis ou palinetes de PVC) dispostos a 70 cm do solo e espaçados de um metro e para irrigação por gotejo superficial foram utilizadas mangueiras de 14 mm, espaçadas de 50 cm.

O sistema de irrigação da água fluvial foi estruturado de modo similar ao do tanque de piscicultura.

A cultura da alface foi estabelecida por transplântio manual quando as mudas apresentaram 3 pares de folhas definitivas. O cultivo se deu por 65 dias e os tratos culturais resumiram-se na retirada manual das plantas daninhas e irrigação, média de 7 mm dia⁻¹ segundo Hamada (1993) e Alves (1996).

2.2 Colheita e transporte das amostras

As plantas seccionadas na região do coleto e acondicionadas, com auxílio de luvas estéreis, em sacos plásticos transparentes ainda não usados, posteriormente, identificadas. Cada amostra foi representada por uma planta e cada tratamento foi amostrado cinco vezes. Posteriormente, as amostras seguiram para o laboratório de microbiologia da Universidade Estadual de Montes Claros para análises microbiológicas. O intervalo entre a colheita e início das análises foi aproximadamente 2-3 horas.

2.3 Análises microbiológicas

Foram retiradas as folhas senescidas, com auxílio de luvas estéreis e pinças estéreis. Cada planta foi dividida em duas partes (folhas externas e internas) sendo cada uma destas analisadas separadamente.

Foram avaliadas as presenças e intensidades de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp e enterobactérias presuntivas.

Cada partição da amostra foi triturada, com auxílio de triturador mecânico (modelo SB 30). Para tal utilizou-se 25g de folhas em 225 ml de solução salina (0,1% p/v), para análise de *E. coli*, coliformes termotolerantes e enterobactérias presuntivas ou 225 ml de Caldo Lactosado, para *Salmonella* sp (ICMSF, 1988). A partir desta diluição (10^{-1}) procedeu-se diluições seriadas em (10^{-2} , 10^{-3}) das folhas trituradas. O triturador foi criteriosamente sanitizado em solução de hipoclorito de sódio a 1% de concentração, durante 5 minutos e enxaguado com água destilada em seguida. Todos os procedimentos foram efetuados sob câmara de fluxo laminar e o material devidamente esterilizado (SILVA *et al.*, 2001).

O pH foi mensurado em phmetro de bancada, utilizando-se a folhas trituradas em solução salina (0,1%).

Foram analisadas amostras da água utilizada tanto na captação fluvial, quanto do tanque de piscicultura. Para tal foram adotados os mesmos procedimentos para análise do alimento.

2.3.1 *Escherichia coli* e coliformes termotolerantes

A mensuração de coliformes termotolerantes e *E. coli*, foi feita em tubos múltiplos pelo método do número mais provável (NMP) segundo Silva *et al* (2001). Foi utilizada uma série de 3 tubos, para cada diluição, contendo caldo lauril sulfato triptose (LST) adicionado de Metil Umbeliferil Glicuronídeo (MUG) (Oxoid – CM0980).

A expressão de atividade fermentativa e fluorescência, indicadora da presença de *E. coli*, foi evidenciada com auxílio luz UV ($\lambda = 365 \text{ nm}$).

Os procedimentos para confirmação, atividade fermentativa, dos coliformes termotolerantes foram realizados de acordo com ICMSF (1988), para tal utilizou-se séries de 3 tubos, contendo caldo EC (Merck – 1.10765) e incubação em banho-maria a 44,5°C.

Em ambos os procedimentos o período de incubação foi 24-48 horas. A determinação número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes e *E. coli*, foi realizada empregando-se a tabela do FDA (SILVA *et al.*, 1997), e os resultados expressos em NMP.g⁻¹ folha e NMP.100mL⁻¹ de água.

2.4 Bactérias entéricas presuntivas

A presença de colônias bacterianas típicas da família enterobacteriaceae foi avaliada utilizando-se a metodologia descrita por Koneman *et al*, 2001. A mensuração foi feita por contagem direta em placas contendo ágar Mac Conkey (Oxoid – CM0115). Foram utilizadas três placas para cada uma das diluições

(10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}). Aliquotas de 200 μL foram depositadas com pipetadores automáticos e distribuídas com auxílio de alça de Drigalski. O período de incubação foi de 24 horas a 35°C . O meio ágar Mac Conkey é rico em nutrientes e vitaminas e que inibem o crescimento das bactérias Gram positivas, permitindo o crescimento, apenas das Gram negativas.

Os resultados finais foram expressos em UFC.g^{-1} folha e posteriormente transformados em logaritmo na base 10.

2.5 Análise presuntiva de *Salmonella* sp

A presença de colônias típicas do gênero *Salmonella* foi avaliada utilizando-se a metodologia descrita por Silva *et al.* (1997), conforme preconizado pelo FDA – USA. Para tal foi utilizado o caldo lactosado como meio de pré-enriquecimento e o caldo Selenito Cistina (SC - Merck) para enriquecimento. O isolamento das colônias foi feito em meios de cultura seletivos diferenciais: Agar Xilose Lisina Desoxicolato (XLD - Oxoid), Agar Entérico Hectoen (HE - Oxoid) e Agar Bismuto Sulfito (BS - Oxoid). O plaqueamento foi feito utilizando-se três placas de cada meio de cultura, para cada amostra e parte da planta. Foram utilizadas alíquotas de 200 μL que foram distribuídas sobre o meio com auxílio de alça de Drigalski. A incubação se deu a 35°C por 24 horas. Considerou-se as seguintes características culturais: ágar HE – Presença de colônias transparentes, verde-azuladas, com ou sem centro preto. Colônias fermentadoras de lactose ou sacarose são de cor salmão e não transparentes; ágar BS – Presença de colônias marrons ou pretas com ou sem brilho metálico e ágar XLD – Presença de colônias transparentes, cor de rosa escuro, com ou sem centro preto. Colônias fermentadoras de lactose ou sacarose produzem colônias amarelas com ou sem centro preto.

Para melhor avaliação, todas as colônias tipicamente de *Salmonella*, foram isoladas em agar Bismuto Sulfito, para confirmação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A irrigação com águas residuárias, principalmente em hortaliças, induz uma preocupação latente que é a contaminação por organismos patogênicos.

Considerando o sistema de irrigação por gotejamento, no qual o contato da água com as folhas é mínimo, espera-se uma diminuição da carga microbiana, caso esta ocorra por dispersão hídrica. No entanto, o solo e o esterco bovino utilizado no cultivo também podem ser considerados fonte de contaminação microbiológica principalmente pela dispersão eólica.

As análises de água represada do Rio Gorutuba (AB-água da barragem) e água da criação de tilápias (AR-água residuária) detectaram diferentes níveis de contaminação para *E. coli* e coliformes termotolerantes (Tabelas 1, 2, 3 e 4). Sendo que a AR (água residuária) apresentou os maiores índices para *E. coli* 2.300 NMP.100ml⁻¹ (Tabela 2) e AB (água da barragem) apresentou os menores índices para *E. coli* < 300 NMP.100ml⁻¹ (Tabela 1). Para coliformes termotolerantes, não houve diferença para os dois tipos de água, sendo de < 300 NMP.100 mL⁻¹ os valores encontrados (Tabela 1 e 2). Os valores recomendados pela Resolução No. 357, de 17 de Março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, classifica os diferentes tipos de água quanto ao seu uso. Sendo classe I, a classificação das águas para irrigação de hortaliças consumidas cruas, na qual fica estabelecido que o valor máximo permitido para coliformes termotolerantes deverá ser de 1000 coliformes termotolerantes ou 1000 *E. coli* para cada 100 mL de água. Estando a água da criação de tilápias (água residuária) apropriada de acordo com esta resolução, somente para a carga microbiana de coliformes termotolerantes.

TABELA 1. Resultados das análises para *E. coli* nos diferentes tratamentos Got-AB (gotejamento com água da barragem) e Micro-AB (microaspersão com água da barragem) avaliando duas posições das folhas de alface, Ext (externa) e Int (interna) quanto ao NMP.g⁻¹ (número mais provável por grama de alimento), o Li (limite inferior) e Ls (limite superior)

Tratamentos	Amostra	Posição	<i>E. coli</i> NMP.g ⁻¹	Li NMP.g ⁻¹	Ls NMP.g ⁻¹
Got-AB	1	Ext	≥2400	>150	>4800
Got-AB	2	Ext	≥2400	>150	>4800
Got-AB	3	Ext	≥2400	>150	>4800
Got-AB	4	Ext	≥2400	>150	>4800
Got-AB	5	Ext	≥2400	>150	>4800
Got-AB	1	Int	460	71	2400
Got-AB	2	Int	≥2400	>150	>4800
Got-AB	3	Int	1100	150	4800
Got-AB	4	Int	≥2400	>150	>4800
Got-AB	5	Int	4	≤ 5	20
Micro-AB	1	Ext	240	36	1300
Micro-AB	2	Ext	23	4	120
Micro-AB	3	Ext	240	36	1300
Micro-AB	4	Ext	23	4	120
Micro-AB	5	Ext	≥2400	>150	>4800
Micro-AB	1	Int	23	4	120
Micro-AB	2	Int	≥2400	>150	>4800
Micro-AB	3	Int	20	4	120
Micro-AB	4	Int	15	3	44
Micro-AB	5	Int	240	36	1300
Fonte NMP.100mL⁻¹	1	---	<300	<50	<900

TABELA 2. Resultados das análises para *E. coli* nos diferentes tratamentos Got-AR (gotejamento com água residuária) e Micro-AR (microaspersão com água residuária) avaliando duas posições das folhas de alface, Ext (externa) e Int (interna) quanto ao NMP.g⁻¹ (número mais provável por grama de alimento), o Li (limite inferior) e Ls (limite superior)

Tratamentos	Amostra	Posição	<i>E. coli</i> NMP.g⁻¹	Li NMP.g⁻¹	Ls NMP.g⁻¹
Got-AR	1	Ext	240	36	1300
Got-AR	2	Ext	1100	150	4800
Got-AR	3	Ext	≥2400	>150	>4800
Got-AR	4	Ext	≥2400	>150	>4800
Got-AR	5	Ext	≥2400	>150	>4800
Got-AR	1	Int	1100	150	4800
Got-AR	2	Int	≥2400	>150	>4800
Got-AR	3	Int	≥2400	>150	>4800
Got-AR	4	Int	≥2400	>150	>4800
Got-AR	5	Int	1100	150	4800
Micro-AR	1	Ext	≥2400	>150	>4800
Micro-AR	2	Ext	≥2400	>150	>4800
Micro-AR	3	Ext	≥2400	>150	>4800
Micro-AR	4	Ext	≥2400	>150	>4800
Micro-AR	5	Ext	43	7	130
Micro-AR	1	Int	≥2400	>150	>4800
Micro-AR	2	Int	≥2400	>150	>4800
Micro-AR	3	Int	≥2400	>150	>4800
Micro-AR	4	Int	≥2400	>150	>4800
Micro-AR	5	Int	43	7	130
Fonte NMP.100mL⁻¹	1	---	2300	400	12000

TABELA 3. Resultados das análises para coliformes termotolerantes nos diferentes tratamentos Got-AB (gotejamento com água da barragem) e Micro-AB (microaspersão com água da barragem) avaliando duas posições das folhas de alface, Ext (externa) e Int (interna) quanto ao NMP.g⁻¹ (número mais provável por grama de alimento), o Li (limite inferior) e Ls (limite superior)

Tratamentos	Amostras	Posição	Coliformes termotolerantes NMP.g ⁻¹	Li NMP.g ⁻¹	Ls NMP.g ⁻¹
Got-AB	1	Ext	< 3	< 0,5	<9
Got-AB	2	Ext	4	<0,5	20
Got-AB	3	Ext	< 3	<0,5	<9
Got-AB	4	Ext	4	<0,5	20
Got-AB	5	Ext	< 3	< 0,5	<9
Got-AB	1	Int	23	4	120
Got-AB	2	Int	4	<0,5	20
Got-AB	3	Int	23	4	120
Got-AB	4	Int	3	< 0,5	13
Got-AB	5	Int	< 3	< 0,5	<9
Micro-AB	1	Ext	< 3	< 0,5	<9
Micro-AB	2	Ext	< 3	< 0,5	<9
Micro-AB	3	Ext	9	1	36
Micro-AB	4	Ext	4	<0,5	20
Micro-AB	5	Ext	< 3	< 0,5	<9
Micro-AB	1	Int	< 3	< 0,5	<9
Micro-AB	2	Int	< 3	< 0,5	<9
Micro-AB	3	Int	4	<0,5	20
Micro-AB	4	Int	< 3	< 0,5	<9
Micro-AB	5	Int	< 3	< 0,5	<9
Fonte NMP.100mL⁻¹	1	---	< 300	< 50	<900

TABELA 4. Resultados das análises para coliformes termotolerantes nos diferentes tratamentos Got-AR (gotejamento com água residuária) e Micro-AR (microaspersão com água residuária) avaliando duas posições das folhas de alface, Ext (externa) e Int (interna) quanto ao NMP.g⁻¹ (número mais provável por grama de alimento), o Li (limite inferior) e Ls (limite superior)

Tratamentos	Amostras	Posição	Coliformes termotolerantes NMP.g ⁻¹	Li NMP.g ⁻¹	Ls NMP.g ⁻¹
Got-AR	1	Ext	4	<0,5	20
Got-AR	2	Ext	-	-	-
Got-AR	3	Ext	< 3	< 0,5	<9
Got-AR	4	Ext	< 3	< 0,5	<9
Got-AR	5	Ext	< 3	< 0,5	<9
Got-AR	1	Int	< 3	< 0,5	<9
Got-AR	2	Int	< 3	< 0,5	<9
Got-AR	3	Int	< 3	< 0,5	<9
Got-AR	4	Int	< 3	< 0,5	<9
Got-AR	5	Int	< 3	< 0,5	<9
Micro-AR	1	Ext	4	<0,5	20
Micro-AR	2	Ext	-	-	-
Micro-AR	3	Ext	< 3	< 0,5	<9
Micro-AR	4	Ext	< 3	< 0,5	<9
Micro-AR	5	Ext	< 3	< 0,5	<9
Micro-AR	1	Int	< 3	< 0,5	<9
Micro-AR	2	Int	< 3	< 0,5	<9
Micro-AR	3	Int	< 3	< 0,5	<9
Micro-AR	4	Int	< 3	< 0,5	<9
Micro-AR	5	Int	< 3	< 0,5	<9
Fonte NMP.100mL⁻¹	1	---	< 300	< 50	<900

Nas análises das folhas de alface, cuja irrigação ocorreu com água represada do Rio Gorutuba (AB-água da barragem), observam-se maiores níveis de contaminação para *E. coli* no sistema de irrigação por gotejamento ≥ 2400 NMP.g⁻¹ (Tabela 1), para 7 das 10 amostras analisadas.

Para coliformes termotolerantes (AB-água da barragem), os maiores valores foram de 23 NMP g⁻¹ (Tabela 3), para 2 das 10 amostras analisadas, seguido de 3 NMP.g⁻¹ (Tabela 3), para 5 das 10 amostras analisadas .

As maiores contaminações para *E. coli* ocorreram nas folhas externas, provavelmente por uma proximidade maior do solo e sua arquitetura (mais abertas) aumentando as áreas de exposição. Enquanto que as maiores contaminações para coliformes termotolerantes ocorreram nas folhas internas.

As avaliações para o sistema de microaspersão demonstraram menor contaminação por *E. coli* quando comparadas com o sistema de gotejamento. Sendo esta ocorrência justificada pela limpeza dos contaminantes advindos pela dispersão do vento. Já que o sistema de irrigação por microaspersão, pode contribuir para o aumento da dispersão de contaminantes do solo, pelo efeito de dispersão de gota, ou efetuar uma descontaminação pela limpeza com a água.

Para análises de alface utilizando água da criação de tilápias (AR-água residuária), observou-se maiores níveis de contaminação para *E. coli* no sistema de irrigação por microaspersão ≥ 2400 NMP.g⁻¹ (Tabela 2) para 8 das 10 amostras analisadas. Não havendo contaminação diferenciada para folhas externas e internas.

As avaliações das folhas de alface para o sistema de gotejamento (AR-água residuária), demonstraram menores contaminações por *E. coli*. ≥ 2400 NMP.g⁻¹ (Tabela 2) para 6 das 10 amostras analisadas. Para coliformes termotolerantes (AR-água residuária), o maior valor foi de 4 NMP.g⁻¹ (Tabela 4), para 1 das 10 amostras analisadas, seguido de 3 NMP.g⁻¹ (Tabela 4), para 8

das 10 amostras analisadas para qualquer um dos sistemas de irrigação. Não havendo contaminação diferenciada para folhas externas e internas.

No presente trabalho, avaliando bactérias entéricas presuntivas, não foi verificado diferença significativa para sistema de irrigação correlacionado com tipo de água e parte da folha, conforme descrito representado abaixo pela Figura 1.

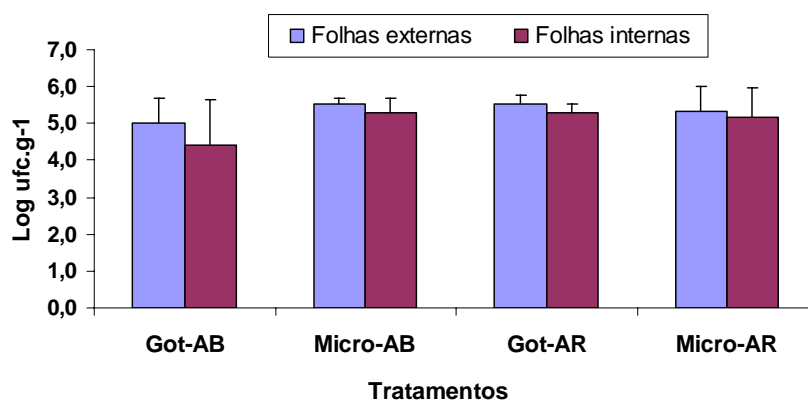


FIGURA 1. Estimativa logarítmica das populações de bactérias entéricas, Gram-negativas, presentes nas folhas internas e externas de alface, cultivada em sistema Mandalla, utilizando tanque de criação de tilápias do Nilo, em função do modo de irrigação e fonte de captação da água: sistema de irrigação por gotejamento superficial com água da barragem (Got-AB) e água da piscicultura (Got-AR) e sistema de irrigação por microaspersão com água da barragem (Micro-AB) e água da piscicultura (Micro-AR). Barras = Desvio padrão

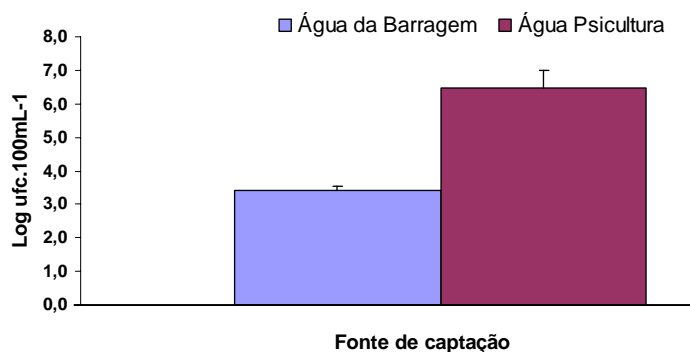


FIGURA 2. Estimativa logarítmica das populações de bactérias entéricas, Gram-negativas, presentes nas fontes de captação para cultivo em sistema Mandalla. Barras = Desvio padrão

Outro ponto importante é que a utilização de águas de rios na irrigação não garante produção isenta de contaminações, como Araujo *et al.* (1999) apud Baumgartner (2007) verificaram em alfaces irrigadas com água de um riacho, índices de coliformes fecais acima dos padrões recomendados pelos órgãos competentes.

Segundo análise estatística efetuada pelo programa SAS, para avaliação de bactérias entéricas presuntivas, observou-se diferença significativa para o sistema de gotejamento com água da barragem, sendo encontrado os menores números de UFC para este tratamento ($4,7 \text{ UFC.g}^{-1}$) e maiores valores, sem diferença significativa, para os demais tratamentos, conforme Figura 1. A justificativa pode estar na suspensão da irrigação por problemas de fornecimento de água da barragem. Este fato teria contribuído para a diminuição da carga microbiana como cita Baumgartner (2007).

GUIMARÃES *et al.* (2003) encontraram, para amostras de alface coletadas em supermercados, contagem média global de coliformes fecais igual a $3,2 \times 10^5$ NMP.g⁻¹ de alimento.

BARBOSA *et al.* (2002), trabalhando com densidade média (2 peixes m⁻²) e densidade alta (10 peixes m⁻²) de tilápia, e verificaram que os níveis de coliformes totais e fecais das águas foram respectivamente de 80/100 mL de água e de 170/100 mL de água, portanto bem abaixo dos padrões da Organização Mundial de Saúde que é uma média geométrica de 1000 coliformes fecais por 100 mL de água (WHO, 1989 apud LEON & MOSCOSO, 1999).

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstram que as variações ocorridas quanto às quantificações de *C. Fecais* e *E. coli* para as diferentes partes da planta da alface (porção externa e porção interna) pode-se ter algumas prováveis explicações: a arquitetura da planta, maior exposição das folhas externas, maior contato com o solo (maior contaminação), no entanto recebem maior incidência solar (redução de carga microbiana), enquanto que as folhas mais internas por estarem mais juntas (criam uma condição favorável ao desenvolvimento microbiano), por outro lado podem liberar exudatos cujo comportamento seja seletivo para algumas populações bacterianas).

TABELA 5. Resultados das análises para caracterização típica de *Salmonella* em 25 g de alimento sp. nos diferentes tratamentos Got-AR (gotejamento com água residuária) e Micro-AR (microaspersão com água residuária) avaliando duas posições das folhas de alface, Ext (externa) e Int (interna)

Tratamentos – Posição das folhas	No. de amostras	Colônias típicas de <i>Salmonella</i> sp.
Gotejo Água da Barragem – externa	5	3
Gotejo Água Residuária- externa	5	4
Gotejo Água da Barragem - interna	5	5
Gotejo Água Residuária - interna	5	5
Microaspersão Água da Barragem - externa	5	5
Microaspersão Água Residuária - externa	5	5
Microaspersão Água da Barragem - interna	5	5
Microaspersão Água - interna	5	5
Fonte: Água Residuária	1	1
Fonte: Água da Barragem	1	1

As análises para determinação de colônias típicas de *Salmonella* sp. nas águas analisadas, AB e AR, demonstraram contaminação para as placas analisadas (Tabela 5). Os diferentes tratamentos também comprovam a caracterização de colônias típicas de *Salmonella* sp. em 25 g de alimento, sendo que o sistema de gotejamento com água da barragem apresentou um menor número de placas positivas, (3 placas positivas para 5 analisadas). As alfaces sob o sistema de gotejamento com água da barragem sofreram estresse hídrico durante no período das análises, devido a interrupção do fornecimento de água da barragem para irrigação, por problemas técnicos do fornecedor de água. Este

fato teria contribuído para a diminuição da carga microbiana como cita Baumgartner (2007).

De acordo com Bastos & Mara (1992) citado por Baumgartner (2007), pode se dizer que a qualidade bacteriológica das hortaliças irrigadas com águas residuárias com característica recomendada pela OMS (Organização Mundial de Saúde) não oferece riscos à saúde pública. No entanto, estes autores observaram, em um sistema de alface irrigada com águas residuárias de esgoto doméstico, após tratamento apenas em lagoa de estabilização, em clima quente e seco, que a interrupção da irrigação garante a descontaminação das plantas e do solo em uma semana. Também no mesmo tipo de clima, Costa-Vargas *et al.* (1991) apud Baumgartner (2007) verificaram que cinco dias depois de cessada a irrigação com águas residuárias de baixa qualidade, na cultura da alface, ocorreu a descontaminação por *Salmonella* sp e que os níveis iniciais de coliformes fecais e *Escherichia coli* foram decrescendo. Oron *et al.* (1991a) apud Baumgartner (2007) observaram que o gotejamento é o método que apresenta o menor índice de contaminação.

Assim, sugere-se a sanitização das hortaliças para posterior consumo, como forma de remoção ou redução da carga microbiana, uma vez que a contaminação poderá ocorrer das mais diferentes formas, colheita, pré-lavagem, caixas, transporte e manuseio até a chegada ao consumidor final. Conforme Rabelo (2004) dentre os métodos de desinfestação microbiana estão o uso de hipoclorito de sódio a 0,02% de cloro ativo por 2 minutos e vinagre a 0,3% por 30 minutos sendo eficientes na redução de bactérias do grupo coliformes fecais.

Para análise de pH, os dados coletados foram submetidos à análise de variância conforme Figuras 3 e 4, descrita a seguir.

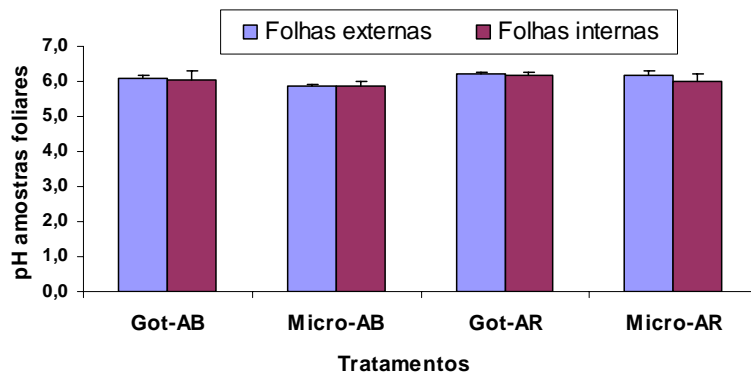


FIGURA 3. Valores de pH das folhas internas e externas de alface, cultivadas sob duas fontes de água e dois sistemas de irrigação: água represada do Rio Gortuba em função do sistema de irrigação: gotejamento superficial com água da barragem (Got-AB) e microaspersão com água da barragem (Micro-AB); água da criação de tilápias do Nilo em função do sistema de irrigação: gotejamento superficial com água da piscicultura (Got-AR) e microaspersão com água da piscicultura (AR-água residuária). Barras = Desvio padrão

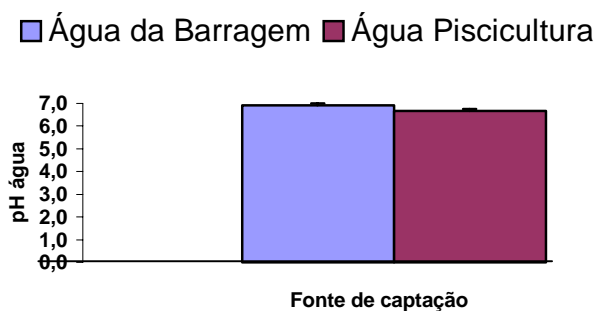


FIGURA 4. Valores de pH de duas fontes de captação de água: água represada do Rio Gortuba (AB) e água da criação de tilápias do Nilo em sistema Mandalla (AR) para cultivo da alface. Barras = Desvio padrão

4 CONCLUSÕES

1. O NMP (número mais provável) para coliformes termotolerantes nas duas fontes de água e nos diferentes tratamentos foi abaixo do permitido pela resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

2. O NMP para *E. coli* na fonte de água da piscicultura e nos diferentes tratamentos foi acima do permitido pela resolução 357 de 2005, alertando para uso com restrições.

3. Os tratamentos com água de origem fluvial que apresentaram índices acima do permitido pela resolução, evidencia outras fontes de contaminação, como a dispersão eólica de microrganismos presentes no solo e no esterco.

4. Análises de bactérias entéricas demonstraram maiores concentrações para água da piscicultura e folhas externas de todos os tratamentos.

5. Colônias típicas de *Salmonella* sp. foram detectadas nas duas fontes de água e em todos os tratamentos.

6. Valores de pH foliar não sofreram alterações em decorrência dos diferentes tratamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D.R.B. **Efeitos de adubações nitrogenadas via água de irrigação e convencional na produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1996.76f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 1996.

ATLAS, R.M.; BARTHA, R. **Microbial Ecology: Fundamentals and applications**. 4. ed. Menlo Park : Addison Wesley Longman, 1998. 694p.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução n. 12, de 1978. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 jul. 1978.

BAUMGARTNER, D., SAMPAIO, C.S., SILVA, T.R., TEO, C.R.P.A, BOAS, M. A. V. Reuse of wastewater from swine and fish activities in the lettuce culture. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p.152-163, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução No. 357, de 17 de Março de 2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2005>> Acesso em: 15 de janeiro de 2008

CAMARGO, L.S. **As hortaliças e seu cultivo**. 3. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 252p.

CUNHA, L.M.V., **Agricultura familiar, manejo dos agroecossistemas e permacultura inseridos no projeto mandalla**. 2004, 38p. Monografia (Graduação em Ciências Agrárias - Curso de Agronomia) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba-MG, 2004.

DEMATTE, J.B.; MORETTI FILHO, J. Influência sobre o desenvolvimento e a produção da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Científica**, São Paulo, v.9, n.1, p.45-51, 1981.

DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: APHA, 2001. 676p.

FALCAO, D.P.A modified culture medium for the characterization of positive lactose strains of Salmonella. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v.10, n.1, 1976.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura**. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1982. 687p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FORSYTHE, S.J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002. 424p.

GUIMARÃES, A.M.; ALVES, E.G.L.; FIGUEIREDO, H.C.P.; COSTA, G.M.; RODRIGUES, L.S. Frequência de enteroparasitas em amostras de alface (*Lactuca sativa*) comercializadas em Lavras, Minas Gerais. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, v.36, n.5, p.132-135, 2003.

HAMADA, E. **Desenvolvimento e produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.) submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento**. 1993. 103f. Dissertação (Mestrado em Água e Solo) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1993.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. **Microorganisms in foods: their significance and methods of enumeration**. Toronto: University of Toronto, 1988. 436p.

KONEMAN, E. W. , ALLEN, D.S., JANDA, W. M., SCHRECKENBERGER, P. C., WINN Jr, W. C. **Diagnóstico Microbiológico** : Texto e atlas colorido. 5. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 2001. p.177-262.

LISBÃO, R.S.; NAGAI, H.; TRANI, P.E. Alface. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo**. 5.ed. Campinas, SP: Instituto Agrônomo de Campinas, 1990. p.11-12. (Boletim, 200).

MAROTO-BORREGO, J.V. **Horticultura**: herbácea especial. 2. ed. Madri: Mundi-Prensa, 1986. 590p.

RABELO, F.L; NOBRE, S.A.M.; PRATA, E.R.B.A.; GOMES, H.A.R. Avaliação microbiológica e parasitológica de hortaliças folhosas provenientes de diferentes sistemas de cultivo e tratamento de sanitização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 24, 2007. **Anais...**Brasília-DF: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2007.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 2001. 317p.

SONNENBERG, P.E. **Olericultura especial**. 5. ed. Goiânia: Universidades Federais de Goiás, 1985. v.1, 187p.

CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO NUTRICIONAL SOLO-ÁGUA-PLANTA

RESUMO

CUNHA, Lize de Moraes Vieira da. **Avaliação nutricional solo-água-planta**. 2008. Cap. 2, p.54-83. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semi-Árido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG⁵.

A utilização da água residuária na agricultura pode ser importante não apenas como fonte extra de água, mas também devido a vários outros fatores, como: servir de fonte de nutrientes, visto que podem auxiliar no desenvolvimento da cultura. No entanto, o fósforo como vários outros nutrientes, dependendo da quantidade disponibilizada e não absorvida, podem sugerir contaminação ambiental, caso ocorra lixiviação e contaminação do lençol freático. O objetivo deste trabalho foi efetuar o estudo comparativo para quantificação do fósforo e nitrogênio em solo e plantas. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com 5 repetições em esquema fatorial 2x2x2 (dois sistemas de irrigação: microaspersão adaptado e gotejamento superficial; dois tipos de água: água residuária de um sistema de criação piscícola e água da Barragem Bico da Pedra e duas profundidades de solo: 0-0,20 m e 0,20-0,40 m) no cultivo da alface. O presente experimento foi conduzido em Janaúba, região Norte de Minas Gerais, no Campus da Unimontes em uma Unidade de Produção Familiar Rural denominada Mandalla. A análise para determinação do fósforo no solo foi por meio do método Melich-1 e nas plantas por digestão ácida, enquanto a determinação de nitrogênio do solo foi por análise de matéria orgânica e nas plantas por digestão enzimática. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e a significância dada pelo teste “F” a 5% de probabilidade. A água residuária da atividade exerce influência nutricional sobre as plantas e sobre o solo, apresenta maior teor de nutrientes em relação à água de irrigação oriunda do represamento do Rio Gorutuba. O sistema de irrigação por gotejo superficial, mostrou maior segurança quanto à dispersão de fósforo no solo.

⁵ Comitê Orientador: Prof^o Mauro Koji Kobayashi – UNIMONTES (Orientador).

ABSTRACT

CUNHA, Lize de Moraes Vieira da. **Plant-water-soil nutritional evaluation.** 2008. p.54-83 Dissertation (Master's degree in Plant Production in Semi Arid) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG⁶.

The use of wastewater in agriculture may be important not only as a source of extra water, but also due to several other factors, such as: serve as a source of nutrients, since that can assist in the development of culture. However, the phosphorus and several other nutrients, depending on the amount available and not absorbed, can suggest environmental contamination, in the event of leaching and contamination of the water table. This work was making a comparative study to quantify the phosphorous and nitrogen in soil and plants. The approach was used in DBC and factorial 2x2x2 was formed with 5 replicates (two irrigation systems, two types of water and two depths in the soil 0-20 cm and 20-40 cm) in the cultivation of lettuce. This experiment was conducted in Janaúba, northern region of Minas Gerais, on the campus of Unimontes in a Unit Production Familiar Rural called Mandalla. The analysis for determination of phosphorus in the soil was using the method Melich-1 and in plants by acid digestion, while the determination of soil nitrogen was by analysis of organic matter and the plants by enzymatic digestion. The results were submitted to analysis of variance and significance given by the test "F" a 5% probability. There was then the analysis of variance and the results were submitted to a test "F" a 5% probability. The wastewater influence of the activity on plant nutrition and on the ground, shows higher nutrient content in relation to water for irrigation dam come from the Rio Gorutuba. The system of drip irrigation for superficial, showed greater certainty about the dispersal of phosphorus in the soil.

⁶ Advisors committee: Prof. Mauro Koji Kobayashi – UNIMONTES (Advisor).

1 INTRODUÇÃO

A análise do solo é o principal veículo de transferência de informações geradas pela pesquisa sobre adubação de culturas aos produtores. As recomendações de quantidades de adubos a aplicar dependem, em grande parte, da qualidade da diagnose e do grau de deficiência de determinado elemento no solo proporcionado pela análise.

A necessidade de desenvolvimento de técnicas para reutilização de água torna-se evidente quando avaliado o desperdício, ou uso inadequado e o alto custo da água utilizada no setor agrícola.

Visando melhorar as questões produtivas, o Projeto Mandalla propõe uma metodologia diferenciada, com o objetivo de desenvolver um trabalho articulado em tecnologias adaptadas a realidade de cada local, integrando o planejamento das questões da qualidade de vida e o resgate da dignidade das famílias do campo, bem como a organização da produção e a conservação ambiental (RODRIGUES, 2004). A unidade de produção Mandalla ocupa 2500 m², é composta por um reservatório circular, que se encontra ao centro desta área com dimensões de 3 metros de raio e 1,80 m de profundidade para armazenamento de água, aproximadamente 30 m³, onde são criados peixes e patos. Seis vértices de madeira compõem a sustentação de uma bomba submersa e das mangueiras de irrigação, as quais são dispostas em círculos e nelas seguem os aspersores feito de hastes flexíveis de PVC ou palinetes (tecnologia apropriada). A água residuária deste tanque é utilizada para irrigação de diversas culturas.

O fósforo (P) desempenha papel fundamental nos processos energéticos das plantas e está presente nos compostos que constituem as substâncias responsáveis pela transmissão do código genético das células (DNA e RNA).

A carência de fósforo na cultura da alface reduz o crescimento, principalmente após a emissão das folhas novas. Os sintomas de sua deficiência aparecem primeiro nas folhas mais velhas, que apresentam coloração arroxeada, iniciando-se nas nervuras. O excesso afeta a assimilação do nitrogênio, tornando o tecido duro e quebradiço, e diminui o crescimento da planta, provavelmente por afetar a absorção de Zn, Fe e Cu.

Para o fósforo, nutriente que apresenta forte interação com a matriz do solo e que se movimenta predominantemente por difusão, a fertirrigação por gotejamento aumenta a eficiência da adubação, principalmente em solos arenosos, porque concentra o fertilizante na região de maior umidade e maior densidade de raízes. Por saturar os sítios de ligação, propicia maior disponibilidade do nutriente para absorção pela planta e favorece sua movimentação no solo. Por isso o uso de água residuária na agricultura pode ser importante, visto que pode auxiliar no desenvolvimento da cultura.

De acordo com Friedler & Juniaco (1996), a aplicação dos nutrientes contidos nos esgotos ou efluentes tratados pode reduzir, ou mesmo eliminar, a necessidade de fertilizantes comerciais. Estudos conduzidos por Osburn & Burkhead (1992) para avaliar a possibilidade do uso de efluentes utilizando a irrigação por gotejamento e a aspersão, nas culturas do pepino e berinjela, mostraram que a qualidade da água influenciou no aumento da massa verde das plantas, mas não influenciou a produtividade, ao contrário de outros estudos, que indicaram aumento da produtividade quando do uso de efluente secundário (JUCKEN, 2000).

Na cidade de Fresno, Califórnia, a quantidade de $1,5 \times 10^5 \text{ m}^3$ de águas residuárias são tratadas por dia, destinadas à irrigação de 2.625 ha, onde são cultivados algodão, cevada, alfafa, amendoim, uva, milho, aveia, sorgo e feijão. Nestas propriedades, a aplicação de efluentes no solo constitui a única fonte de

nutriente da cultura, não havendo necessidade de complementação com fertilizantes químicos (AZEVEDO, 2004).

Além de recuperar os nutrientes que seriam perdidos, a utilização de efluentes na agricultura favorece a estabilização microbiana do efluente, a adsorção e a imobilização de metais e sais dissolvidos (DE LUCA, 1999).

Primavesi (2001) cita que a vida do solo fixa nitrogênio, mobiliza nutrientes, recicla a matéria orgânica liberando os nutrientes nela contida, assim cria as condições para que as plantas possam se nutrir, crescer e desenvolver, fornecendo mais matéria orgânica e melhorando mais o solo. E solos saudáveis dependem da diversidade da vida do solo, que por sua vez depende da diversidade da matéria orgânica fornecida e a entrada suficiente de ar e de água no solo.

Para Lopes *et al.* (1982), o extrator de Mehlich-1 vem se apresentando razoavelmente adequado como indicador da disponibilidade de P em solos sem adubação e com aplicação de adubos fosfatados solúveis.

Para Raij *et al.* (1984), o método Mehlich-1 está entre os métodos ácidos de extração de P que apresentam grande vantagem para uso rotineiro, principalmente porque permite obter extratos límpidos que decantam facilmente, dispensando a filtração das suspensões de solo.

O fósforo para ser absorvido pela planta tem que sair da fase sólida e ir para a fase líquida. A planta absorve o fósforo e o solo o repõe numa quantidade e numa velocidade suficiente para atender à sua demanda nutricional. Se tudo isto ocorrer em equilíbrio, o solo estará com sua fertilidade alta; se não, deverá haver ações para corrigir o desequilíbrio e aumentar a produtividade.

Solos mais argilosos apresentarão valores mais baixos; solos mais arenosos, valores mais altos. Este P na solução, sua concentração e velocidade de reposição definirá a nutrição da planta. A solução do solo pode ser considerada como o termômetro indicador do status nutricional de P.

Desta forma, objetivou-se efetuar um estudo comparativo dos teores de fósforo e nitrogênio na planta, teores de fósforo e matéria orgânica no solo, teores de fósforo, nitrito e nitrato na água, bem como avaliar a matéria fresca e seca das plantas, sob dois sistemas níveis de irrigação – microaspersão e gotejo superficial, dois tipos de água – água da barragem Bico da Pedra e água residuária e duas profundidades – 0-0,20 m e 0,20-0,40 m.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em uma Unidade de Produção Familiar Rural - Mandalla, no período de 10/06/07 a 15/11/07, em um Neossolo Quartzarênico, sem antes ter sido cultivado com quaisquer outras culturas. Segundo análise de solo, as características físico-químicas na profundidade de 0 a 20 cm pode ser observada: argila = 12 (dag/kg); silte = 6 (dag/kg); areia fina = 72 (dag/kg); areia grossa = 10 (dag/kg); pH (H₂O) = 6,5; M.O. = 3,08 (dag/Kg); P = 24 (mg/dm³); K = 254(mg/dm³); Ca = 3,3 (cmol/dm³); Mg = 1,5 (cmol/dm³); Al = 0 (cmol/dm³); SB = 5,45 (cmol/dm³) e V = 78(%).

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições em esquema fatorial 2x2x2 (dois sistemas de irrigação: microaspersão adaptado e gotejamento superficial; dois tipos de água: água residuária de um sistema de criação piscícola e água da Barragem Bico da Pedra e duas profundidades de solo: 0-0,20 m e 0,20-0,40 m) no cultivo da alface.

O preparo do solo consistiu em apenas uma gradagem, levantamento dos canteiros e distribuição de esterco de curral curtido na quantidade de 2 Kg m⁻².

Um tanque de alvenaria que localiza-se ao centro da Mandalla, foi revestido por lona dupla face de 200 micras, em seguida foi abastecido com água proveniente da captação da Barragem Bico da Pedra e 100 alevinos de Tilápia, com aproximadamente 0,100 kg foram arraçoados, diariamente. Após dois meses do início da criação dos peixes, procedeu-se a utilização da água residuária sobre os canteiros no cultivo da alface Regina. A coleta de solos se deu após 65 dias de cultivo nos diferentes tratamentos e nas duas profundidades 0-0,20 m e 0,20-0,40 m.

O sistema de irrigação para água residuária, foi montado a partir de uma bomba submersa com vazão de 600 L.h⁻¹, instalada no tanque, citado anteriormente, de água da Mandalla. Deste sistema de captação saíram as mangueiras de irrigação de 16 mm para microaspersão adaptados (com hastes flexíveis de PVC) espaçados a 1 (um) metro um do outro e suspensas por amarrio em estacas de 0,70 m de altura e duas mangueiras de 14 mm para irrigação por gotejo superficial, espaçadas a 0,50 m uma da outra.

O sistema de irrigação para água sob represamento foi montado a partir da captação da água pela tubulação existente no Campus. Deste sistema de captação também saíram as mangueiras de irrigação de 16 mm para microaspersão adaptados e mangueiras de 14 mm para irrigação por gotejo, ambos os sistemas conforme citado anteriormente.

A semeadura da alface Regina foi realizada manualmente em 10/07/07, em um canteiro utilizado como sementeira para posterior transplantio. O transplantio ocorreu quanto as mudas apresentaram três pares de folhas.

Utilizou-se o espaçamento de 0,25 m entre as plantas, compondo canteiros com quatro linhas de oito plantas cada repetição, ou seja, 1,20 x 2,00 m.

Durante 65 dias o cultivo da alface foi conduzido seguindo as recomendações de tratos culturais, no que diz respeito as práticas de irrigação, com lâmina média diária de 7 mm dia⁻¹ e retiradas de plantas daninhas de forma manual.

Segundo FILGUEIRA (1982), dentre as hortaliças, a alface possui grande importância, pois constitui-se em uma das mais ricas fontes de minerais e de celulose, sendo, contudo, uma cultura que necessita de quantidade de água relativamente grande para que ocorra sua formação. Irrigação da ordem de 80% de água disponível no solo apresenta melhor desempenho para o desenvolvimento e produção dessa cultura, segundo DEMATTÊ & MORETTI

FILHO (1981). Nesse sentido, HAMADA (1993) e ALVES (1996) recomendam lâmina média diária próxima de 7,0 mm dia⁻¹.

2.2 Preparo das amostras

Para as análises de solo foram coletadas 6 amostras simples de cada tratamento em cada bloco, formando uma amostra composta para avaliações. As amostras foram coletadas com auxílio de trado holandês nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, depois de homogeneizadas, colocadas em saquinhos plásticos devidamente identificados e levadas ao laboratório de solos da Unimontes no Campus de Janaúba-MG. Destas amostras representativas, uma amostra composta por tratamento, foi encaminhada ao laboratório de solos da UFMG em Montes Claros para detecção de todos os atributos do solo, ou seja, análise completa.

Para as análises foliares, as plantas representativas de cada tratamento, foram coletadas individualmente e acondicionadas em sacos de papel com as devidas identificações. No laboratório de solos foram pesadas, determinando o peso fresco do material e posteriormente colocadas em estufa a 65°C para total desidratação e avaliação do peso seco. Procedeu-se a moagem para determinação de nitrogênio por digestão enzimática e determinação de fósforo por digestão ácida.

Para análise de água, coletou-se água residuária da criação piscícola conforme recomendações da COPASA, em frascos definidos e encaminhados pela própria empresa.

2.3 Análise das amostras para determinação de fósforo Melich 1

As amostras dos solos foram secas ao ar e passadas em peneira de 4 mm. Deste material mediu-se 5 cm³ de terra fina seca ao ar (TFSA) acrescido de 125

ml com 50 ml de solução de Mehlich ($\text{HCl} + \text{HSO}_4^-$) em Erlenmeyer. A mistura foi agitada em agitador horizontal em movimento circular durante cinco minutos. Após agitação o material permaneceu em repouso por 16 horas. Na sequência, 5 ml da solução foram passados para frascos de acrílico juntamente com 5 ml de solução coquetel. Agitou-se à mão e após 30 minutos foi realizada a leitura de absorvância em espectrofotômetro com comprimento de onda de 725 nm.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados gerais para Fósforo e Nitrogênio

Há solos cuja análise revela 2 mg.dm⁻³ de fósforo (valores considerados baixos pela interpretação de qualquer tabela) e que não necessitam de nenhuma adubação de fósforo. As plantas absorvem o fósforo existente na solução e, imediatamente, há a reposição. Neste caso não há resposta à adubação fosfatada. Conforme Tabela 1, é possível observar os baixos níveis de fósforo e matéria orgânica no solo considerando a terra nua, sem cultivos anteriores e elevados níveis para o composto orgânico.

TABELA 1. Análises de amostras de solo antes de ser cultivado (terra nua/sem cultivo) e do composto orgânico (esterco bovino curtido) utilizado

Atributos do solo	Amostras	
	Terra nua	Composto Orgânico
PH em água	6,5	8,2
P-Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	24	485,2
P remanescente (mg L ⁻¹)	49,1	3,6
K (mg dm ⁻³)	254	3775
Ca (cmol _c dm ⁻³)	3,3	4,5
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,5	6
Al (cmol _c dm ⁻³)	0	0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	1,57	0,68
SB (cmol _c dm ⁻³)	5,45	20,18
t (cmol _c dm ⁻³)	5,45	20,18
M (%)	0	0
T (cmol _c dm ⁻³)	7,02	20,86
V(%)	78	97
Matéria org. (dag kg ⁻¹)	3,08	14,6
Areia grossa (dag kg ⁻¹)	10	20
Areia fina (dag kg ⁻¹)	72	68
Silte (dag kg ⁻¹)	6	4
Argila (dag kg ⁻¹)	12	8

*Dados obtidos pela análise em laboratório da UFMG em Montes Claros

Sendo assim, após a utilização da água residuária proveniente da criação piscícola, observa-se, o incremento de fósforo em igual valor para os dois sistemas de irrigação (gotejo e microaspersão) conforme Tabela 2.

TABELA 2. Análises de amostras de solo após o cultivo da alface sob os diferentes tratamentos

Atributos do solo	Amostras			
	Gotejo+Ab	Gotejo+Ar	Micro+Ab	Micro+Ar
PH em água	7,4	6,4	6,8	7,3
P-Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	44,2	225,4	22,7	225,4
P remanescente (mg L ⁻¹)	44,8	40,1	49,1	40,1
K (mg dm ⁻³)	151	231	142	220
Ca (cmol _c dm ⁻³)	5,7	3,6	3	5,9
Mg (cmol _c dm ⁻³)	2,3	1,4	1,5	1,3
Al (cmol _c dm ⁻³)	0	0	0	0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	0,95	1,74	1,09	0,88
SB (cmol _c dm ⁻³)	8,4	5,59	4,86	7,76
t (cmol _c dm ⁻³)	8,4	5,59	4,86	7,76
m (%)	0	0	0	0
T (cmol _c dm ⁻³)	9,35	7,33	5,95	8,65
V(%)	90	76	82	90
Matéria org. (dag kg ⁻¹)	3,55	3,23	2,24	3,23
Areia grossa (dag kg ⁻¹)	10	9	11	11
Areia fina (dag kg ⁻¹)	72	73	70	71
Silte (dag kg ⁻¹)	8	8	9	8
Argila (dag kg ⁻¹)	10	10	10	10

*Dados obtidos pela análise em laboratório da UFMG em Montes Claros

Gotejo+Ab – Sistema de irrigação por gotejamento utilizando água da barragem Bico da Pedra

Gotejo+Ar – Sistema de irrigação por gotejamento utilizando água residuária da criação de peixes

Micro+Ab – Sistema de irrigação por microaspersão adaptada utilizando água da barragem Bico da Pedra

Micro+Ar – Sistema de irrigação por microaspersão adaptada utilizando água residuária da criação de peixes

A Tabela 3, fornece alguns parâmetros de avaliação para a qualidade das águas em estudo (água fluvial represada – água da barragem e água residuária). No entanto, os valores para fósforo total, nitrato e nitrito não foram detectados nas amostras analisadas.

TABELA 3. Análises de amostras de água após o período de desenvolvimento da cultura

Atributos da água	Água Barragem	Água residuária
PH em água	6,9	6,5
P- total (mg L ⁻¹)	-	0,24
Nitrato (mg L ⁻¹)	-	<0,2
Nitrito (mg L ⁻¹)	-	<0,005

*Dados obtidos pela análise em laboratório da COPASA em Montes Claros
Sinais (-) indicam não observação para estes parâmetros

3.2 Resultado para o atributo Fósforo no solo

A utilização de água residuária da criação de peixes via irrigação no desenvolvimento da cultura da alface Regina é alternativa para minimizar custos produtivos, pois aumenta a fertilidade do solo quanto aos teores de fósforo, garante a produtividade da cultura e permite contribuir para a preservação ambiental, desde que devidamente manejada.

Desta forma, destacamos os principais aspectos identificados pelas médias avaliadas segundo análise estatística.

Na Tabela 4, pode-se verificar a elevação dos teores de fósforo no solo quanto a utilização da água residuária nos dois sistemas de irrigação, variando de 28,01 mg.dm⁻³ a 138,93 mg.dm⁻³ para o sistema de microaspersão com água da barragem e água residuária respectivamente. Segundo, Hedley *et al.* (1982)

citado por Berwanger (2006), incrementos de fósforo no solo são muito variáveis e os percentuais destes incrementos, podem sofrer variações de e 222% a 844%, na camada de 0-20 cm de profundidade. Estes aumentos de fósforo relacionam-se basicamente às excretas dos peixes, que uma vez diluídas em água foram distribuídas ao solo via sistemas de irrigação.

TABELA 4. Teores de fósforo em mg.dm^{-3} sob dois sistemas de irrigação, dois tipos de água no cultivo da alface Regina

	Gotejo	Microaspersão
Água da Barragem	41,14 a A	28,01 b A
Água Residuária	119,53 a B	138,93 b B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste “F” a 5% de significância.

Quanto aos teores de fósforo relacionados as profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, conforme Tabela 5, observa-se que não houve diferença significativa para o tratamento profundidade quando analisadas as fontes de água, ou seja, nas profundidades estudadas, houve presença de fósforo em quantidades muito próximas, independente da fonte de água utilizada. Indicando que tanto a água residuária quanto qualquer outra fonte de fósforo poderá ser carregada para a camada subsuperficial tratando-se de solo tipo Neossolo Quartzarênico.

TABELA 5. Teores de fósforo em mg.dm^{-3} sob dois tipos de água e duas profundidades de solo no cultivo da alface Regina

	Profundidade 0-20 cm	Profundidade 20-40 cm
Água da Barragem	38,39 a A	30,77 a A
Água Residuária	129,81 b A	128,65 b A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste “F” a 5% de significância.

Já na Tabela 6, observa-se que houve diferença significativa para o tratamento profundidade relacionado ao sistema de irrigação, indicando maiores teores de fósforo em maiores profundidades quando utiliza-se a irrigação por microaspersão. Aceita-se desta forma, que o sistema de irrigação por microaspersão, por efetuar um molhamento em toda a área em estudo, possa ter causado um favorecimento da lixiviação de fósforo para a profundidade de 20-40 cm. Diferente do sistema de irrigação por gotejo que forma faixas de molhamento, onde concentra-se mais os teores de fósforo.

TABELA 6. Teores de fósforo em mg.dm^{-3} sob dois sistemas de irrigação, e duas profundidades de solo no cultivo da alface Regina

	Gotejo	Microaspersão
Profundidade 0 – 20 cm	87,00 a A	82,01 a A
Profundidade 20 –40 cm	74,57 a A	84,85 b A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste “F” a 5% de significância

Analisando os desdobramentos triplos, verifica-se pela Tabela 7 que os teores de fósforo não foram significativos quando comparados os sistema de irrigação com as profundidades do solo, enquanto que para o tipo de água, houve diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste “F” em todas as interações.

TABELA 7. Avaliação de teores de fósforo em mg dm^{-3} em uma interação tripla para desdobramento de irrigação (gotejo e microaspersão) dentro de cada nível água (AB: água da barragem e AR: água residuária) e de cada nível de profundidade do solo

	Gotejo	Microaspersão
AB + 0-20 cm	48,22 b A	28,55 a A
AB + 20-40 cm	34,07 a A	27,47 a A
AR + 0-20 cm	123,97 a B	135,65 a B
AR + 20-40 cm	115,08 a B	142,22 b B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste “F” a 5% de significância.

De acordo com (VASCONCELLOS *et al.*, 2000), existem solos com 40 mg/dm^3 (valor que pode ser considerado alto) e, há a resposta à adubação fosfatada. Ou seja, a planta absorve o fósforo disponível e não possui mais P. Só tinha aquela quantidade. Isto é comum em solos arenosos e em solos com plantio direto, onde, com as constantes adubações no sulco de plantio, acumula-se P em determinados pontos da área que, quando amostrados, revelam altos valores. Contudo, há resposta à adubação fosfatada. Como implicação prática destes fatos há necessidade da interpretação técnica da análise de solo e também de se manter um histórico de uso das áreas cultivadas.

O acúmulo de fósforo no solo está relacionado com a quantidade de fósforo adicionada ao solo através dos dejetos dos peixes encontrados na água residuária da irrigação, do tipo de solo, transferências e as exportações das culturas (CERETTA *et al.*, 2003 citado por BERWANGER, 2006).

O uso de água residuária de atividade piscícola é uma importante fonte de fósforo para a cultura da alface Regina, pois consiste em um aproveitamento de água, reduz custos com água e fertilizantes e protege o ambiente do descarte inadequado desta fonte poluidora.

A escolha do sistema de irrigação é de grande importância quando pretende-se manejar bem o solo e manter suas qualidades de forma sustentável. Sendo que o sistema de gotejo superficial mostrou maior segurança quanto a dispersão de fósforo no solo.

A presença de teores de fósforo em profundidade de 20-40 cm é indicativo de rotação de culturas que explorem profundidades maiores que a cultura da alface. Demonstra a necessidade de monitoramento deste nutriente em camadas mais profundas, como forma segura de não contaminação do lençol freático.

3.3 Resultado para o atributo Fósforo na folha

De acordo com a Tabela 8 para avaliação de fósforo nas folhas de alface, observa-se maiores teores desse nutriente nas plantas que receberam o incremento a partir da irrigação com águas residuais proveniente da criação de tilápias.

TABELA 8. Avaliação de P total em folha em uma interação dupla para desdobramento de irrigação (gotejo e microaspersão) dentro de cada nível de água (água da barragem e água residuária)

	Gotejo	Microaspersão
Água da Barragem	0,36 a A	0,38 a A
Água residuária	0,50 a B	0,47 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste “F” a 5% de significância.

Castro *et al.* (2003) pesquisando a produtividade do tomate em função da utilização de efluente de viveiro de peixes relatou que o fósforo deve ter sido o fator decisivo para o aumento da frutificação, nos tratamentos irrigados com efluentes de piscicultura. Segundo Filgueira (2000), o fósforo favorece o desenvolvimento do sistema radicular, promove a abundância de florescimento, estimula a frutificação e eleva a produtividade. O enriquecimento nutricional das plantas a partir da irrigação com uso de águas residuais oriundas da criação de peixes afeta a absorção de outros nutrientes também de importância para o bom desenvolvimento dos vegetais.

3.4 Resultado para o atributo Nitrogênio na folha

Segundo a Tabela 9, a identificação de nitrogênio total na folhas demonstrou resultados significativos para o uso de água residuária da criação de tilápias.

Segundo Lopes *et al.* (2005), avaliando a produção de alface sob cultivo com lodo de esgoto, verificaram que os tratamentos com menores teores de matéria orgânica apresentaram os menores teores de nitrogênio e os menores pesos de planta. Esse fato pode estar associado à deficiência do nitrogênio,

causando redução na fotossíntese, menor crescimento e maior porcentagem de matéria seca na parte aérea (PRIMAVESI, 1985).

TABELA 9. Análise de variância para N total em folha

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>Pr>Fc</i>
BLOCO	4	0,436170	0,109043	0,4590
IRR	1	0,023120	0,023120	0,6582
ÁGUA	1	0,677120	0,677120	0,0303
IRR*ÁGUA	1	0,076880	0,076880	0,4243
Erro	12	1,348430	0,112369	
Total corrigido	19	2,561720		

TABELA 10. Avaliação de N em folha em uma interação dupla para desdobramento de irrigação (gotejo e microaspersão) dentro de cada nível de água (água da barragem e água residuária)

	Gotejo	Microaspersão
Água da Barragem	0,88 a A	0,83 a A
Água residuária	1,13 a A	1,32 a B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste “F” a 5% de significância.

Os teores de nitrogênio avaliados em folhas de alface apresentaram diferença estatística significativa quando foram comparados os tipos de água utilizados, conforme Tabela 10. Sugerindo que houve absorção desse nutriente tanto via solo quanto via foliar quando utiliza-se o sistema de irrigação por microaspersão.

3.5 Resultado para o atributo pH em solo

A Tabela 11 mostra o quadro de análise de variância para o estudo do pH no solo quando utilizou-se os sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão e os tipos de água da barragem e residuária no cultivo da alface.

TABELA 11. Análise de variância para pH

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>Pr>Fc</i>
BLOCO	4	0,633915	0,158479	0,1988
IRR	1	0,573602	0,573602	0,0225
ÁGUA	1	0,287303	0,287303	0,0984
PROF	1	0,073103	0,073103	0,3957
IRR*ÁGUA	1	4,349402	4,349402	0,0000
IRR*PROF	1	0,135723	0,135723	0,2498
ÁGUA*PROF	1	0,122102	0,122102	0,2745
IRR*ÁGUA*PROF	1	0,005522	0,005522	0,8143
Erro	28	2,751605	0,098272	
Total corrigido	39	8,932277		

CV (%) = 4,49

As interpretações para valores de pH encontrados em solo tem sido uma tarefa difícil, uma vez que os valores muito próximos, muitas vezes influenciados pelas reações químicas e biológicas de cada sistema de cultivo, determinam níveis de significância diferenciados. De acordo com a Tabela 12, os resultados expressos demonstram diferença significativa quando foi comparado os sistemas de irrigação e os tipos de água utilizados neste experimento. Sendo assim, o sistema de irrigação por gotejamento utilizando água residuária no cultivo da alface, apresentou redução de pH comparando com

a água da barragem. Enquanto que para o sistema de irrigação por microaspersão, os menores valores encontrados foram para água da barragem em contraposição aos valores para água residuária. Este fato pode nos alertar para as reações ocorridas devido à variação da umidade do solo, uma vez que o sistema de irrigação por microaspersão tem uma área de umedecimento maior que o sistema de irrigação por gotejo. Trabalhos desenvolvidos por Ferraz Junior *et al.* (2003) verificou-se que a aplicação de lodo de cervejaria na cultura da alface proporcionou aumento nos valores de pH do solo devido as sucessivas reações estimuladas por compostos enriquecedores do solo.

TABELA 12. Avaliação de pH em interação dupla para desdobramento de irrigação (gotejo e microaspersão) dentro de cada nível de água (água da barragem e água residuária)

	Gotejo	Microaspersão
Água da Barragem	7,10 b B	6,68 a A
Água residuária	6,61 a A	7,51 b B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste “F” a 5% de significância.

Em relação a avaliação de pH comparando as profundidades de solo e os sistemas de irrigação, observa-se pela Tabela 13 que para o sistema de irrigação por gotejamento, não houve diferença estatística significativa. Sendo que para o sistema de irrigação por microaspersão, a diferença estatística se deu para a profundidade de 20-40 cm os maiores valores de pH do solo. Mostrando a possibilidade desta alteração ser devido à percolação da água da irrigação, favorecendo as reações químicas do solo.

TABELA 13. Avaliação de pH em interação dupla para desdobramento de irrigação (gotejo e microaspersão) dentro de cada nível de profundidade do solo (0-20 cm e 20-40 cm)

	Gotejo	Microaspersão
0 – 20 cm	6,96 a A	7,08 a A
20 – 40 cm	6,75 a A	7,11 b A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste “F” a 5% de significância.

Relacionando a interação tripla para avaliação de pH do solo, segundo a Tabela 14, observa-se que o sistema de irrigação por gotejamento com água da barragem na profundidade de 0-20 cm apresentou maiores valores de pH quando comparados às maiores profundidades. Para o sistema de microaspersão tanto para água da barragem quanto para a água residuária e nas duas profundidades não houve diferença estatística significativa.

TABELA 14. Avaliação de pH em interação tripla para desdobramento de água (água da barragem e água residuária) dentro de cada nível de irrigação (gotejo e microaspersão) e de profundidade do solo (0-20 cm e 20-40 cm)

	Água da Barragem	Água Residuária
Got. + 0-20 cm	7,27 b B	6,65 a A
Got. + 20-40 cm	6,93 a A	6,58 a A
Micro + 0-20 cm	6,71 a A	7,45 b B
Micro + 20-40 cm	6,65 a A	7,57 b B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste “F” a 5% de significância.

3.6 Resultados para matéria fresca

A avaliação do peso da matéria fresca das folhas de alface determina o melhor desenvolvimento em detrimento a um sistema de cultivo diferenciado, como é o caso do experimento em questão no qual o uso de dois tipos de água e dois sistemas de irrigação pode afetar o peso da matéria fresca dos vegetais. Esta avaliação pode significar muito para o produtor que comercializa produtos por quilo ou por planta como a alface. Para a comercialização por planta, observa-se de acordo com o aumento do peso, uma redução do tempo de cultivo, favorecendo as atividades agrícolas em geral. A Tabela 15 mostra a análise de variância para o peso de matéria fresca da alface.

TABELA 15. Análise de variância para matéria fresca

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>Pr>Fc</i>
BLOCO	4	10149,760000	2537,440000	0,9088
IRR	1	20995,200000	20995,200000	0,1821
ÁGUA	1	43823,522000	43823,522000	0,0633
IRR*ÁGUA	1	1191,968000	1191,968000	0,7416
Erro	12	125591,680000	10465,973333	
Total corrigido	19	201752,130000		

CV (%) = 18,42

As análises de peso de matéria fresca da alface não tiveram diferença estatística significativa quando se utilizou os diferentes sistemas de irrigação e os diferentes tipos de água, conforme mostrado na Tabela 16.

TABELA 16. Avaliação de peso de matéria fresca (gramas) em interação dupla para desdobramento de irrigação (gotejo e microaspersão) dentro de cada nível de água (água da barragem e água residuária)

	Gotejo	Microaspersão
Água da Barragem	483,86 a A	533,22 a A
Água residuária	562,04 a A	642,28 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste “F” a 5% de significância.

Mesmo sem diferença significativa pelo teste “F” pode-se perceber, visualmente, que a água residuária antecipou o ponto de colheita das alfaces no sistema de irrigação por microaspersão adaptada. Também para Pereira *et al* (2003) avaliando o rendimento de alface irrigada com efluente de viveiro de peixes comparada com água de poço tubular, observaram que não houve efeito significativo para característica matéria fresca da parte aérea, mas que houve redução de ciclo da cultura.

3.7 Resultados para matéria seca

A Tabela 16 mostra a análise de variância para o peso de matéria seca da alface, não havendo diferença estatística significativa.

TABELA 16. Análise de variância para matéria fresca

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>Pr>Fc</i>
BLOCO	4	72,363000	18,090750	0,9887
IRR	1	488,072000	488,072000	0,1819
ÁGUA	1	689,138000	689,138000	0,1180
IRR*ÁGUA	1	3,362000	3,362000	0,9083
Erro	12	2916,753000	243,062750	
Total corrigido	19	4169,688000		

CV (%) = 29,73

Nas análises de peso de matéria seca da alface não foram observadas diferenças estatísticas significativas de acordo com os diferentes sistemas de irrigação e os diferentes tipos de água, conforme mostrado na Tabela 17.

TABELA 17. Avaliação de peso de matéria seca (gramas) em interação dupla para desdobramento de irrigação (gotejo e microaspersão) dentro de cada nível de água (água da barragem e água residuária)

	Gotejo	Microaspersão
Água da Barragem	41,22 a A	51,92 a A
Água residuária	53,78 a A	62,84 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste “F” a 5% de significância

Caron *et al.* (2004) avaliando o crescimento da alface em diferentes substratos, observaram que substratos capazes de reter maiores quantidades de água favorecem também uma maior concentração desta nos tecidos vegetais, propiciando menores porcentagens de matéria seca das folhas em estudo. Citam ainda que, o maior conteúdo de água presente no tecido vegetal favorece uma

maior alongação celular. No entanto, reduz a espessura da folha, tornando-a mais tenra e conseqüentemente apresentando menor massa seca por unidade de área. Desta forma, pode-se afirmar que utilizando mesma quantidade de substrato (esterco de curral curtido), que possui a mesma capacidade de absorção de água, a diferença de peso de matéria seca das folhas de alface não seria significativa.

4. CONCLUSÕES

1. A água residuária da atividade piscícola (criação de tilápias do Nilo em sistema Mandalla de produção) exerce influência nutricional sobre as plantas e sobre o solo, apresenta maior teor de nutrientes em relação à água de irrigação oriunda do represamento do Rio Gorutuba, água da Barragem Bico da Pedra em Janaúba-MG;

2. Para o uso deste tipo de água residuária, o sistema de irrigação por gotejo superficial, mostrou maior segurança quanto a dispersão de fósforo no solo;

3. O uso de água residuária de atividade piscícola é uma importante fonte de fósforo para a cultura da alface;

4. A presença de teores de fósforo em profundidade de 20-40 cm é indicativo de rotação de culturas que explorem profundidades maiores que a cultura da alface.

5. A água da piscicultura não influenciou significativamente nos pesos de matéria fresca e seca dos pés de alface;

6. A caracterização da dinâmica do solo favorece alterações dos valores de pH em quaisquer que sejam os tipos de água e o sistema de irrigação;

7. Quanto mais enriquecido nutricionalmente for o efluente e se ele estiver mineralizado, provavelmente a absorção será maior e menores serão os riscos de contaminação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D.R.B. **Efeitos de adubações nitrogenadas via água de irrigação e convencional na produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1996. 76 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 1996.

AZEVEDO, L.P. – **Avaliação da Qualidade Microbiológica e da Produção de Alface América**. 2004. 77f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Botucatu, SP, 2004.

BERWANGER, L.A. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suína** - Dissertação (Mestrado) - Universidade de Santa Maria, RS, 2006.

CARON, B.O.; POMMER, S.F.; SCHMIDT, D.; MANFRON,P.A.; MEDEIROSS.L.P. Crescimento da alface em diferentes substratos **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.3, n.2, p. 97-104, 2004

CASTRO, R. S.; AZEVEDO, C.B.; BEZERRA NETO, F.; TORQUATO, J. E. Produtividade do tomate cereja cultivado em sistema orgânico, irrigado com efluente de piscicultura. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n.2, Suplemento CD, jul., 2003.

DE LUCA, S.J. Alternativas de controle de poluição. In: BRANCO, S.M. *et al.* **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1999. p.331-339.

DEMATTÊ, J.B.; MORETTI FILHO, J. Influência sobre o desenvolvimento e a produção da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Científica**, São Paulo, v.9 n.1, p.45-51, 1981.

FERRAZ JUNIOR, A.S.L.; SOUZA, S.R.; CASTRO, S.R.P.; PEREIRA, R.B. Adubação de alface com lodo de esgoto de cervejaria. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p.60-63, 2003.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 402p.

FRIEDLER, E.; JUNIACO, M. **Treatment and storage of wastewater for agricultural irrigation**. Tel-Aviv: Agronitech Technology, 1996, 7p.

HAMADA, E. **Desenvolvimento e produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.) submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento**. 1993. 103f. Dissertação (Mestrado em Água e Solo) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1993.

JUCKEN, C.R. **Avaliação do reúso de efluentes tratados das agroindústrias de leite e carne sobre a produção da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) fertirrigada**. 2000, 73f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2000,

LOPES, A.S.; VASCONCELLOS, C.A.; NOVAIS, R.F. Adubação fosfatada em algumas culturas nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio Janeiro. In: OLIVEIRA, A.J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W.J. **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPA-DID, 1982. p.137-200, (EMBRAPA-DID. Documentos, 21)

LOPES, J.C.; RIBEIRO, L.G.; ARAÚJO, M.G.; BERALDO, M.R.B.S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.143-147, jan.-mar. 2005.

PEREIRA, E. W. L.; AZEVEDO, C. M. S. B. ; LIBERALINO FILHO, J.; DUDA, G.P. **Utilização de efluente de viveiro de peixes na irrigação de alface cultivada em diferentes tipos de substratos**. Caatinga, Mossoró-RN, v.16, n. ½, p.57-62, dez. 2003.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 8.ed. São Paulo: Nobel, 1985. 541 p.

PRIMAVESI, A.M. Manejo ecológico de solos tropicais na horticultura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, Supl., jul. 2001.

RAIJ, B. van. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.2, p.1-9, 1978.

RODRIGUES, W.P. **O projeto Mandalla: Ação de Desenvolvimento Holístico e Sistêmico Ambiental**. Disponível em: <<http://www.agenciamandalla.org.br>> Acesso em: 06 nov. 2004.

VASCONCELLOS, C.A.; PITTA, G.V.E.; GONÇALO E.,F.; ALVES, V.M.C. - **Revista Cultivar Grandes Culturas Embrapa Milho e Sorgo**, n.13, 2000.