

ROBERTA ALESSANDRA BRUSCHI GONÇALVES

**DIAGNÓSTICO DA APLICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA  
SUINOCULTURA NA CAFEICULTURA IRRIGADA DAS REGIÕES  
DO TRIÂNGULO MINEIRO E ALTO PARANAÍBA-MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2002

Ao Pai de todos nós.

À avó, Arminda.

Aos meus pais, Roberto e Regina.

Aos meus irmãos, Renata e Rodrigo.

À minha cunhada, Raquel.

Ao meu sobrinho, João Pedro.

## **AGRADECIMENTO**

Ao professor Everardo Chartuni Mantovani, por sua grandeza humana, pelas oportunidades concedidas, pelos ensinamentos profissionais e pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores conselheiros Márcio Mota Ramos e Rubens Alves de Oliveira e ao pesquisador Dr. Paulo César Lima, pelas contribuições e sugestões valiosíssimas.

Aos professores do DEA com quem trabalhei ao longo da graduação e pós, Marcos Heil Costa, Luís Cláudio Costa, Demetrius David Silva, Fernando Falco Pruski, Antônio Teixeira de Matos e Everardo Chartuni Mantovani, pelos ensinamentos.

Aos professores da estatística, Paulo Roberto Cecon, José Ivo Ribeiro, Fernando, Nerílson, Peternelli e Carlos Henrique Osório, pessoas maravilhosas de se trabalhar.

Aos professores da Universidade de Uberaba (UNIUBE), Luís César Drumond, André Fernandes e Djalma Bessa, pelo apoio na realização do trabalho.

Ao Raul Rio Ribeiro, pelo carinho, pela paciência e compreensão demonstrados durante esta etapa.

À Dona Maria, sempre cuidadosa com minhas coisinhas.

Ao amigo Luís Otávio, pela super ajuda em campo e pelas chuvas ingratas.

Aos companheiros de trabalho e amigos, Gregório, Marconi, Adjalma, Darik, Fúlvio, Rafael, Alexandre, Bruno, Marcelo, Rodrigo Antunes, Takeshi, Marlos, Maíra e Marcelle.

Em especial, às repúblicas da Leidy e da Itaciane (que folga!).

Aos amigos Juliana Braga, Tatiana, Riana, Gabriela, Nayara, Luciana Ambrozevicius, Leidy, Eliane, Andressa, Adriana, Soraya, Ana Luiza, Fernanda Abreu, Paola, Itaciane, Irlane, Handrey, Roberto Mendes, Tadashi, Cristiano, Roberto Avelino, Luizinho, Júlio Kenji, Heberth Roney e Renato Guedes, pelo super companheirismo ao longo da UFV.

À Viviane, Paola, Ana Paula Loures e Flávia Queiroz, pelos empréstimos de “dejetos de suínos” e pela amizade.

Aos Guilhermes, a Donnagema e Téo e ao Oldair, pelos ensinamentos de “solos”.

A Marcos, D. Maria, Édna, S. Jurandir, Galinari, José Mauro, Sônia, Fátima, funcionários e amigos do DEA.

Aos funcionários das propriedades visitadas, pela cooperação durante a realização do trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

Ao Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café e ao Núcleo de Cafeicultura Irrigada, pelo suporte financeiro e de recursos humanos.

## **BIOGRAFIA**

ROBERTA ALESSANDRA BRUSCHI GONÇALVES, filha de Roberto Alexander de Oliveira Gonçalves e Regina Bruschi Gonçalves, nasceu em Fernandópolis, Estado de São Paulo, em 11 de maio de 1973.

Em 1994, iniciou o curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em dezembro de 1999.

Em fevereiro de 2000, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Irrigação e Drenagem, submetendo-se à defesa da tese em 7 de fevereiro de 2002 .

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
RESUMO .....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Os dejetos de suínos e o meio ambiente .....	4
2.2. Aplicação de águas residuárias da suinocultura .....	8
2.3. A cafeicultura irrigada.....	11
2.4. Uniformidade de aplicação de água .....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1. Caracterização do experimento .....	15
3.2. Caracterização geral dos sistemas avaliados .....	16
3.2.1. Irrigação por aspersão e gotejamento .....	17
3.2.1.1. Uniformidade de aplicação de água residuária da suinocultura .....	17
3.3. Caracterização física e química da água residuária.....	18
3.4. Caracterização física e química do solo .....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1. Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura....	21
4.2. Uniformidade de aplicação de água residuária .....	23

	<b>Página</b>
4.3. Caracterização das águas residuárias da suinocultura .....	28
4.3.1. Potencial hidrogeniônico (pH) .....	28
4.3.2. Sólidos totais .....	30
4.3.3. Demanda química de oxigênio .....	32
4.3.4. Densidade .....	32
4.3.5. Nitrogênio total .....	33
4.3.6. Fósforo e potássio .....	33
4.3.7. Cálcio e magnésio .....	34
4.3.8. Cobre e zinco .....	35
4.3.9. Ferro e manganês .....	36
4.4. Caracterização de solos submetidos e não submetidos à aplicação de águas residuárias da suinocultura .....	37
5. RESUMO E CONCLUSÕES .....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
APÊNDICE .....	51

## RESUMO

GONÇALVES, Roberta Alessandra Bruschi, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2002. **Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada das regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG**. Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Conselheiros: Márcio Mota Ramos e Rubens Alves de Oliveira.

As águas residuárias da suinocultura apresentam elevado potencial poluidor do meio ambiente, por serem ricas em material orgânico em suspensão e constituintes orgânicos e inorgânicos em solução. No entanto, se manejadas de forma adequada, constituem fonte de água e nutrientes às culturas. Tradicionais na exploração da cultura do café, as regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba - MG vêm se destacando também na cafeicultura irrigada, pois a deficiência hídrica é uma das condições que mais limitam a produção primária dos ecossistemas e o rendimento das culturas. Algumas propriedades cafeicultoras, entretanto, possuem consórcio com granjas suinícolas. Pela problemática relacionada ao destino das águas residuárias advindas dessa atividade agroindustrial, tornou-se objetivo deste trabalho um diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura (ARS), visando avaliar a uniformidade de distribuição de ARS através de sistemas de irrigação na cafeicultura, caracterizar a ARS conforme sua origem e avaliar comparativamente perfis de solo com e sem aplicação. O trabalho desenvolveu-se em quatro etapas. Seguindo o critério da aplicação



de ARS usado pelos cafeicultores das regiões, foram selecionadas 11 propriedades, através da ASTAP (Associação dos Suinocultores do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – MG). Primeiramente foram aplicados questionários aos produtores, de maneira a caracterizar a propriedade, sua localidade, área total, área cafeeira, área cafeeira adubada com ARS, manejo adotado com os animais, tipos de produção, sistemas de criação, formas de aplicação dos dejetos ao solo, sistemas de irrigação e bombeamento adotados e os problemas advindos desta prática. Observou-se manejo inadequado das águas residuárias da suinocultura (armazenamento, tratamento, disposição), com 90% dos suinocultores ainda utilizando a chorumeira para aplicação de ARS na cafeicultura; 64% das propriedades diagnosticadas tiveram problemas com a utilização de bombas centrífugas e hoje utilizam bombas helicoidais para recalque das águas residuárias da suinocultura. Em uma segunda etapa, realizaram-se avaliações de uniformidade em sistemas de irrigação por aspersão e localizada, aplicando águas residuárias em áreas exploradas com a cultura do café, sem interferir no manejo adotado pelos proprietários. O sistema que obteve os melhores coeficientes de uniformidade foi o gotejamento, apresentando valores de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) de 94% e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de 90%. A pouca idade do sistema (1 ano), o monitoramento constante das pressões no final das linhas laterais, o manejo com a ARS e a limpeza após as fertirrigações com águas residuárias podem ser causas da alta uniformidade. O sistema por autopropelido apresentou os valores mais baixos de CUC e CUD: 53 e 28%, respectivamente. Como terceira parte do trabalho, coletaram-se amostras de águas residuárias advindas de diversas localidades, objetivando caracterizá-las conforme sua origem. Ocorreu grande variabilidade entre as amostras, mais de 90% para alguns elementos analisados. Por último, foram avaliados comparativamente perfis de solo em áreas com e sem aplicação de águas residuárias dentro de uma propriedade, com o objetivo de verificar a influência da aplicação de ARS em suas características. Os solos das áreas que receberam ARS, de modo geral, apresentaram os maiores teores dos elementos analisados na camada superficial (0 a 20 cm).

## ABSTRACT

GONÇALVES, Roberta Alessandra Bruschi, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2002. **Diagnosing the application of the swine confinement wastewater on irrigated coffee cropping in the regions of Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba-MG.** Adviser: Everardo Chartuni Mantovani. Committee members: Márcio Mota Ramos and Rubens Alves de Oliveira.

The swine confinement wastewater contains a high potential for environmental pollution, since they are rich in suspended organic material and inorganic components under solution. However, when adequately managed they are water sources, besides supplying nutrients to the crops. The Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba regions, in Minas Gerais State, have been traditionally exploring coffee crop, and are also distinguished in irrigated coffee cropping, since the water deficit is one of the most limiting conditions to the primary production in the ecosystems and crop yields as well. However, some coffee-cropping properties are consorted with swine raising farms. Considering the problem concerning to the destiny of the wastewater from this agroindustry activity, this study aimed at diagnosing the application of the swine confinement wastewater (ARS) in order to evaluate the uniformity of the ARS distribution through irrigation systems in coffee crop, as well as to characterize the ARS according to its origin and compare the soil profiles with and without ARS application. The research was

developed into four stages. Following the approach of SRS application used by coffee growers in these areas, 11 rural properties were selected through ASTAP (Swine Grower Association of Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba-MG). First, some questionnaires were applied to producers, in such a way to characterize the rural property as its place, total area, coffee cropping area, coffee cropping area fertilized with ARS, the adopted animal management, production types, growing systems, forms of excreta application to the soil, the systems adopted in irrigation and pumping as well as the problems resulting from this practice. An inadequate management of the swine confinement wastewater was observed (storage, treatment, disposition), while 90% swine growers were still using the leachate for ARS application on coffee crop, 64% of these rural properties showed to have problems concerning to the use of centrifugal pumps, and today the propeller pumps are used in lifting the swine confinement wastewater. At the second stage, evaluations for uniformity in sprinkle and localized irrigation systems were performed, by applying the wastewater on coffee-cropped areas, but not interfering in the management adopted by farmers. The trickle irrigation system showed the best uniformity coefficients, as attained a value of 94% for Christiansen uniformity coefficient (CUC) and 90% for the distribution uniformity coefficient (CUD). This high uniformity level might be caused by: the trickle irrigation system has been used for only one year, the constant monitoring of the pressures at the end of the lateral lines, the ARS management and cleaning after the fertirrigation with the swine wastewater. The lowest values for CUC and CUD were shown by the self-propelled gun irrigation system, that is, 53 and 28% respectively. At the third stage, a number of swine wastewater samples from several places were collected in order to be characterize according to their origin. A wide variability occurred among samples, and more than 90% for some analyzed elements. Finally, the soil profiles in areas with and without application of wastewater were comparatively evaluated within one property aiming at verifying the influence of the ARS application on their characteristics. In general, the soils in those areas receiving ARS presented the highest contents of the elements analyzed at the surface layer (0 to 20 cm).

## 1. INTRODUÇÃO

A conservação e proteção do meio ambiente durante os processos de produção converteram-se nos dias atuais em oportunidades de mercado, expansão da comercialização e melhores preços. Na escolha de um país para investimentos, os grupos econômicos ligados ao setor agropecuário levam em conta a sua legislação ambiental, que estará associada a uma boa imagem externa. A gestão ambiental, relacionada ao desenvolvimento sustentável, é uma das prioridades desse início de milênio.

O crescimento da agricultura e da pecuária ocasionado pelo aumento da demanda e, em particular, da exploração animal em grande escala tem gerado uma série de danos ao meio ambiente, relacionados à disposição final dos dejetos produzidos. Essas modificações visam o aumento da produtividade, com animais confinados em pequenos espaços para um maior ganho de peso, em menor tempo possível. Dentre as atividades agroindustriais, a suinocultura destaca-se na sua forma de produção, e, em consequência, há grande produção de dejetos concentrados em pequenas áreas.

Uma granja com 300 matrizes, em ciclo completo, produz diariamente um volume de 60 m<sup>3</sup> de águas residuárias, que contém uma tonelada de sólidos. Os suínos excretam 30% de sua alimentação em estado praticamente intacto. Como o custo de ração corresponde a cerca de 72%

do custo total da produção, a perda de ração representa perda financeira em torno de 20% (BLEY JUNIOR, 1997).

Esses dejetos, compostos basicamente por fezes e urina do animal, misturados à água de lavagem dos galpões e à água desperdiçada nos bebedouros, possuem grande potencial poluidor por causa de sua elevada carga orgânica e das altas concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, sódio, entre outros elementos, além de metais pesados.

Os dejetos lançados diretamente no curso d'água reduzem o oxigênio do meio, devido ao aumento da atividade metabólica dos microrganismos ali presentes. O impacto prejudica o equilíbrio da flora e da fauna, reduzindo o número de espécies e de indivíduos, afetando o ecossistema e a biodiversidade. Além disso, a qualidade da água fica comprometida para uso no abastecimento doméstico, lazer, irrigação etc.

Os dejetos de animais, apesar de apresentarem elevado potencial de poluição, podem se tornar alternativa econômica para a propriedade rural, se manejados adequadamente, sem comprometer a qualidade ambiental. Dentre as formas alternativas de disposição de águas residuárias ricas em material orgânico e nutrientes está a sua disposição no solo para a fertirrigação de culturas agrícolas. Dessa maneira, reaproveita-se o produto residual com característica fertilizante.

A distribuição das águas residuárias da suinocultura (ARS) no campo pode ser feita, de maneira eficiente, através de sistemas de irrigação. No entanto, o dimensionamento adequado desses sistemas requer o conhecimento das características físicas e químicas da água residuária.

Águas residuárias com elevadas concentrações de sólidos em suspensão podem acarretar problemas desde a captação até sua distribuição no solo pelos equipamentos de irrigação, que podem sofrer corrosão e apresentar entupimentos, acarretando diminuição da vida útil e baixa uniformidade de distribuição da água no solo.

Sistemas de irrigação por aspersão e localizada podem ser vantajosos na distribuição de águas residuárias se houver preocupação com o seu manejo, como formas de tratamento e filtração.

Tradicional na exploração da cultura do café, as regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba vêm se destacando na cafeicultura irrigada desde a

década de 90, possuindo elevada produtividade, com café de excelente qualidade. A região também se destaca na produção da carne suína; segundo a ASTAP (Associação dos Suinocultores do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba), existem cadastrados 75 suinocultores, dos quais 25 a 30% também são cafeicultores.

Tendo em vista a ocorrência de problemas ambientais advindos do manejo inadequado de dejetos de suínos, aliados à escassez e baixa qualidade de água, tornou-se objetivo deste trabalho um diagnóstico representativo com ênfase no processo de distribuição de ARS em propriedades cafeeiras nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba e a caracterização da ARS conforme sua origem, além da avaliação de perfis de solo submetidos à sua aplicação.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### ***2.1. Os dejetos de suínos e o meio ambiente***

Com a maior conscientização ambiental, os consumidores começam a dar preferência por bens e produtos oriundos de práticas ambientalmente corretas.

Apesar de ser uma atividade importante do ponto de vista econômico e social, a suinocultura é considerada, pelos órgãos de fiscalização ambiental, uma atividade de grande potencial poluidor (PERDOMO e LIMA, 1998). Até a década de 70, os dejetos de suínos não constituíam maiores problemas para os criadores, pois a concentração de animais na propriedade era pequena. A intensificação da produção, no entanto, trouxe como consequência o aumento do volume de dejetos produzidos por unidade de área. Para dar fim aos resíduos acumulados, os produtores passaram a lançá-los nos cursos d'água, sem tratamento prévio, poluindo mananciais de água, além de colocar em risco a saúde animal e humana (PERDOMO, 1995).

O lançamento indiscriminado de dejetos não-tratados em rios, lagos e no solo podem provocar doenças (verminoses, alergias, hepatite); além disso, traz desconforto à população (proliferação de insetos e mau cheiro) e, ainda, provoca impacto no meio ambiente (morte de peixes e animais,

toxicidade em plantas e eutrofização dos cursos d'água). Constitui-se, dessa forma, um risco para a sustentabilidade e expansão da suinocultura como atividade econômica (BLEY JUNIOR, 1997).

Segundo a Organização Mundial de Saúde, mais de 20% das enfermidades que atingem o homem, especialmente as crianças, estão direta ou indiretamente ligadas à contaminação da água (PERDOMO e LIMA, 1998).

MINER et al. (1983) mencionaram que no tratamento de águas residuárias têm sido utilizadas lagoas anaeróbias, uma vez que se caracterizam por apresentar baixo custo de construção, simples operação e baixo requerimento energético. No entanto, a qualidade do efluente de lagoas anaeróbias não é adequada para que ele seja descarregado em cursos d'água, pois matéria orgânica, elementos químicos e sólidos suspensos persistem, normalmente acima dos limites exigidos para lançamento.

Os componentes poluentes, em particular dos dejetos de suínos, apresentam-se em concentrações suficientemente altas para constituírem risco de desequilíbrio ecológico, quando manejados inadequadamente. No Brasil são produzidos, anualmente, de 32 a 51 milhões de toneladas de dejetos suínos, os quais, em geral, têm sido mal manejados, acarretando sérios danos ao meio ambiente. No Estado de Minas Gerais, um levantamento realizado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER) e pelo Instituto Mineiro Agropecuário (IMA), em 1992, indicou que, de um total de 792 suinoculturas, 40,7% lançavam os dejetos diretamente em fontes d'água, sem qualquer tratamento prévio (MARTINS, 1996).

Os sistemas confinados de produção constituem a base da expansão suinícola (Quadro 1), onde se observam as maiores produtividades. Esses sistemas são responsáveis não só pelo aumento da escala de produção, mas também pela diminuição do número de produtores, diante da exigência de maiores investimentos e especialização. De maneira geral, esses sistemas apregoam a adoção do manejo de dejetos na forma líquida, propiciando condições para o seu lançamento no solo e em cursos d'água.



Quadro 1 – Estimativas da distribuição (%) dos sistemas de produção de suínos no Brasil

Distribuição dos Sistemas de Produção por Ano			
Sistema	1990	1995	2000
Confinado	40,0	48,0	61,0
Semiconfinado	27,0	26,0	21,0
Extensivo	32,8	25,5	17,0
Ar livre	0,2	0,5	1,0

Fonte: GOMES et al. (1992).

A quantidade total de dejetos líquidos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento ponderal dos animais (TAIGANIDES, 1977). Para os suínos, os valores são decrescentes de 8,5 a 4,9% de seu peso vivo/dia, na faixa de 15 a 100 kg (JELINEK, 1977). O volume de dejetos líquidos produzidos também depende do manejo, do tipo de bebedouro e do sistema de higienização adotado, da frequência e do volume de água utilizado, bem como do número e da categoria dos animais.

Para atendimento à legislação ambiental, as águas residuárias devem ser tratadas antes do lançamento em corpos hídricos ou da incorporação ao solo, preferencialmente em áreas de cultivo agrícola.

Para evitar a adição de nutrientes em quantidades superiores às exigidas pela cultura e, muitas vezes, até superiores à capacidade de retenção do solo, recomenda-se equacionar a dose de resíduo orgânico a ser aplicado, tomando-se por base o nutriente, cuja quantidade será satisfeita com a menor dose. Para isto, é necessário quantificar a disponibilidade de nutrientes do solo, determinada pela análise, a exigência da cultura e a concentração de nutrientes nos resíduos. Sempre que necessário, deve-se fazer a suplementação com adubos minerais solúveis, de acordo com as recomendações de adubação (Siqueira et al., 1987, citados por SCHERER e BALDISSERA, 1994).

A incorporação de dejetos de suínos ao solo, se feita de forma adequada e para culturas de elevada capacidade de extração de nutrientes, como as forrageiras, evita a poluição de mananciais de água e, ao mesmo tempo, melhora a fertilidade do solo. Se usadas sob sistemas de corte, as

fORAGEIRAS são grandes extratoras de nutrientes do solo, tornando-se apropriadas para um sistema intensivo de aplicação de dejetos de suínos.

Segundo LOHER (1977), as taxas de aplicação de nitrogênio devem ser suficientes para suprimento das necessidades das culturas sem, todavia, comprometer a qualidade do produto. Para países de clima temperado, taxas de aplicação inferiores a  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de N têm sido recomendadas como seguras sob o ponto de vista de contaminação de águas subterrâneas (King et al., 1985, e Sutton et al., 1982, citados por WESTERMAN et al., 1987). Entretanto, para BURNS et al. (1985), esses valores são demasiadamente altos para solos arenosos. OLIVEIRA (1993) detectou valores de concentração de nitrato dez vezes superiores ao normal nas águas subterrâneas de uma área adubada com águas residuárias da suinocultura ( $160 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), durante vários anos.

No entanto, tem se constatado que, quando a quantidade de esterco aplicada em um solo é definida pela exigência de N na cultura, há acúmulo sistemático de P nos solos. Com os anos de utilização de esterco como fonte primária de N, esse problema tende a aumentar, já que a demanda de N se repete após cada cultivo, ao contrário do P, que se acumula. A solução desse problema passa pela definição da quantidade de esterco a aplicar, tomando como base a análise do "P disponível" do solo (Smis e Wolf, 1994, citados por NOVAIS e SMITH, 1999).

KING et al. (1985) e WESTERMAN et al. (1987) observaram, em condições de clima temperado, que aplicações de doses de dejetos de suínos equivalentes a  $600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de nitrogênio não produziram alterações na composição da forragem que pudessem limitar o seu uso para ruminantes. Acima dessa dose, o acúmulo de nitrato atingiu níveis tóxicos aos animais.

Estudos realizados têm analisado principalmente os efeitos, no curto prazo, da adubação com dejetos de suínos. Trabalhos sobre os efeitos do uso contínuo de dejetos de suínos no longo prazo, como fonte de nutrientes para as plantas, ainda não são conhecidos, apesar de sua importância e necessidade atual (ALVARENGA, 1997).

## **2.2. Aplicação de águas residuárias da suinocultura**

O rápido crescimento da população mundial e o aumento da renda demandam a expansão da agricultura, que pode ser atendida com a ocupação agrícola de áreas não-cultivadas e o aumento da produtividade, com adoção de novas tecnologias, como a irrigação.

A irrigação tem por finalidade fornecer a água necessária para o pleno desenvolvimento das plantas, porém a ela podem ser associadas outras finalidades, como a aplicação de produtos químicos, biológicos e águas residuárias, além do controle da salinidade do solo, em associação com a drenagem agrícola.

Na exploração pecuária, os dejetos diluídos, a água desperdiçada em bebedouros e a água de lavagem de instalações para criação em regime de confinamento geram grandes volumes de águas residuárias, as quais são fontes significativas de poluição ambiental. Em várias regiões do Brasil é comum a utilização da ARS, aproveitando a matéria orgânica e os nutrientes para adubação do cafeeiro. Dessa maneira, reduzem-se os custos de adubação da cultura e evita-se a contaminação dos cursos d'água pelo lançamento das águas residuárias.

A aplicação de dejetos suínos no solo é justificável, em virtude dos efeitos proporcionados pela matéria orgânica, que pode melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Os efeitos físicos são caracterizados pelas modificações na estrutura do solo, pela redução da plasticidade e da coesão, pelo aumento da capacidade de retenção de água e pela manutenção de temperaturas mais uniformes; os efeitos químicos dizem respeito ao aumento da capacidade de troca catiônica, ao aumento do poder-tampão e à formação de compostos orgânicos, como quelatos e, evidentemente, como fontes de nutrientes; e os efeitos biológicos são responsáveis pela intensificação das atividades microbiana e enzimática dos solos (KIEHL, 1985). Com isso, a sua disposição nos solos traz benefícios ao meio ambiente e ao produtor, que irá reduzir seus custos com a aplicação de fertilizantes e, conseqüentemente, aumentar a produtividade das culturas no longo prazo.

Os dejetos podem apresentar grandes variações na concentração de seus componentes, dependendo do tipo de alimentação, da idade dos animais, da diluição e da forma como são manejados e armazenados (Quadro 2).

Quadro 2 – Características químicas e físicas dos dejetos ( $\text{mg L}^{-1}$ ) produzidos em uma unidade de crescimento e terminação, obtidos no Sistema de Produção de Suínos da Embrapa Suínos e Aves

Características	Mínimo	Máximo	Média
Demanda química de oxigênio (DQO)	11.530	38.448	25.543
Sólidos totais	12.697	49.432	22.399
Sólidos voláteis	8.429	39.024	16.389
Sólidos fixos	4.268	10.408	6.010
Sólidos sedimentares	220	850	429
Nitrogênio total	1.660	3.710	2.374
Fósforo total	320	1.180	578
Potássio total	260	1.140	536

Fonte: Manhães (1996), adaptado por PERDOMO (1996). Resultados de análises laboratoriais do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. Concórdia-SC.

O conhecimento das características físico-hídricas do solo e das alterações ocasionadas pela aplicação de ARS é importante para indicar os métodos de irrigação e os equipamentos mais adequados para a sua disposição. Possibilita também a determinação da área mínima necessária para distribuição do efluente no campo, de acordo com a vazão disponível na granja, além de indicar a periodicidade de incorporação do resíduo orgânico no solo (GOMES FILHO, 2000).

Dentre os sistemas mais utilizados na irrigação do cafeeiro destacam-se a aspersão mecanizada (pivô central e autopropelido), a aspersão convencional, aspersão em malha e a irrigação localizada (gotejamento e mangueiras perfuradas a *laser*). Cada sistema tem suas vantagens e limitações, de ordem técnica e econômica.

O produtor deverá adquirir o equipamento de aplicação de águas residuárias mais adequado avaliando suas qualidades e limitações. Os tanques de distribuição tratorizados, com aplicação de maneira localizada, exigem tráfego intenso e provocam compactação do solo; além disso, sua

movimentação fica comprometida em áreas mais acidentadas ou com solo úmido. Já os sistemas de irrigação por aspersão não têm essas restrições; no entanto, exigem bombas apropriadas para sua operação (KONZEN et al., 1997).

A distribuição de águas residuárias através da irrigação por sulcos exige sistematização adequada para o plantio e o preparo dos sulcos nivelados, sob pena de a aplicação dos dejetos ser desuniforme, ocasionando perdas na produtividade e manchas no solo. Um fator positivo, entretanto, pode ser a distribuição por gravidade, dependendo da posição do terreno cultivado em relação ao depósito de armazenamento dos dejetos (KONZEN et al., 1997).

Segundo ADIN e SACKS (1991), entre os métodos de irrigação pressurizados, o gotejamento não é recomendado para aplicação de águas residuárias, por causa de constantes entupimentos, principalmente no sistema de filtragem e no final da linha, onde pressões e velocidades possuem menores valores. Isso pode ocorrer caso não haja adequação na utilização do sistema com base no propósito com o qual ele foi projetado.

De acordo com DESIGN (1990), o sobrenadante da lagoa anaeróbia pode ser aplicado no solo por meio de sistemas de irrigação por superfície ou aspersão, tanques espalhadores ou outros sistemas de aplicação. Irrigação por inundação permanente deve ser evitada, sendo preferível a aplicação semanal ou quinzenal.

A aplicação de efluentes no solo por meio de sistemas de irrigação pode ser caracterizada como: a) aplicação normal; e b) aplicação como tratamento. A aplicação normal, em que a água é repostada com base no déficit hídrico da cultura, não é comum devido aos possíveis problemas de salinidade da maioria das águas residuárias. Na aplicação como tratamento do efluente, o objetivo principal consiste em maximizar a quantidade aplicada sem provocar contaminação ambiental, visando, ainda, um nível aceitável de produção da cultura explorada. A diferença fundamental entre essas formas de aplicação é a quantidade de efluente aplicada por unidade de área.

Estudos realizados por CAMPELO (1999) constataram que, como a aplicação de águas residuárias constitui o aporte de grande quantidade de

sais, a aplicação da mesma para satisfação das necessidades hídricas das culturas implicará rápida salinização do solo. Por isso, as lâminas a serem aplicadas deverão ser calculadas com base na concentração de nutrientes e outros sais a serem incorporados ao solo.

O grau requerido de tratamento do efluente a ser aplicado no solo por meio de sistemas de irrigação pode ser baseado nas diretrizes e recomendações de órgãos de saúde pública. Fatores que poderão ser considerados na avaliação da necessidade de tratamento preliminar incluem o tipo de cultura a ser explorada, a finalidade de uso da cultura, o grau de contato do público com o efluente e o método de aplicação a ser utilizado (METCALF e EDDY, 1979).

Devem ser consideradas e analisadas as novas alternativas para a distribuição de dejetos, sabendo-se que nenhum tipo de sistema é adotado, de início, na sua forma ideal. A evolução tecnológica e dos sistemas de manejo é uma tendência natural de qualquer processo; as limitações de cada sistema não devem constituir entrave para a sua adoção, mas servir de incentivo para os trabalhos de conhecimento, adaptação e aperfeiçoamento. Logo, o sistema de distribuição por aspersão deve ser considerado por já haver muitos e avançados conhecimentos técnicos, oriundos do seu uso em irrigação de lavouras, apresentando boas perspectivas de desenvolvimento e adequação na área de dejetos de suínos (VICTORIA, 1995).

### **2.3. A cafeicultura irrigada**

No Brasil, de maneira geral, as áreas plantadas com café estão situadas em regiões nas quais as condições climáticas e o balanço hídrico são favoráveis, dispensando a suplementação de água. Já nas áreas de cerrado do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba as deficiências hídricas ocorrem no período de florescimento e frutificação do cafeeiro, e o emprego da irrigação tem mostrado bom retorno econômico, com aumentos significativos na produção (MATIELLO, 1991).

Estimativas indicam que a cultura do café no Brasil ocupa cerca de 2,2 milhões de hectares, sendo 85% em produção e 15% em formação

(EMBRAPA, 1999). Desse montante, levantamentos preliminares estimaram que cerca de 200 mil hectares são irrigados, concentrados principalmente no Espírito Santo, em Minas Gerais e na Bahia. Esses valores indicam que a cafeicultura irrigada ocupa quase 10% da área plantada com a cultura do café, situando-se entre as principais culturas irrigadas no País (MANTOVANI, 2000).

As águas residuárias advindas de suinoculturas em propriedades cafeeiras nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba têm sido utilizadas como fontes de água e fertilizante para a cultura do café através de sistemas de irrigação e tanques distribuidores. Dessa forma, otimiza-se a produção das atividades consorciadas envolvendo suínos e cafeicultura, trazendo benefícios econômicos aos produtores, além das questões relacionadas ao meio ambiente.

#### ***2.4. Uniformidade de aplicação de água***

A uniformidade de distribuição de água para irrigação é um importante fator de projeto que afeta a produção das culturas, a eficiência de uso da água e a lixiviação de nutrientes. Um outro fator a ser considerado é que, se o sistema de irrigação for também utilizado para aplicação de produtos químicos via água de irrigação, a uniformidade de distribuição desses produtos na área vai estar diretamente ligada à uniformidade de aplicação da água, afetando, desse modo, tanto a produtividade das culturas como os problemas relacionados à lixiviação de produtos químicos (EVANS et al., 1995).

A aplicação de água num sistema de irrigação por aspersão, seja ele com ou sem movimentação mecânica, não é totalmente uniforme sobre a área irrigada. Muitos fatores afetam a uniformidade de aplicação de água, incluindo tipo do aspersor, espaçamento, condições meteorológicas, regulação das pressões de serviço, projetos inadequados, falta de reguladores de pressão, desajuste destes e entupimento de emissores.

Existem várias equações para calcular a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação, destacando-se a de Christiansen e a

equação de Uniformidade de Distribuição. Christiansen foi o primeiro pesquisador a propor um coeficiente para caracterizar a uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação por aspersão (equação 1).

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n\bar{X}} \right) \quad (1)$$

em que

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

$X_i$  - lâmina coletada no ponto  $i$ , mm;

$\bar{X}$  - lâmina média, considerando todos os coletores, mm; e

$n$  - número de coletores.

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) é uma medida de distribuição da água que relaciona a lâmina média aplicada na quarta parte da área total que recebe menos água com a lâmina média aplicada na área total (equação 2).

$$CUD = 100 \left( \frac{\bar{X}_{1/4}}{\bar{X}} \right) \quad (2)$$

em que

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, %; e

$X_{1/4}$  - lâmina média de 1/4 do total de pluviômetros com as menores lâminas, mm.

O CUD é um coeficiente mais rigoroso, fornecendo valores de uniformidade de distribuição de água mais baixos que o CUC.

A irrigação localizada é caracterizada pela aplicação da água em uma região restrita do volume radicular da cultura. A água é aplicada com baixa vazão nas proximidades das plantas, por meio de emissores. Em geral, não se molha a totalidade do solo, diminuindo a área de superfície umedecida, o que possibilita minimizar a evaporação d'água da superfície. A irrigação localizada é caracterizada pela alta frequência de irrigação, pois, ao reduzir



o volume de solo molhado e, portanto, a quantidade de água armazenada no solo, é necessário trabalhar com uma frequência que mantenha alto conteúdo de umidade no solo (BERNARDO, 1996).

O CUC e o CUD também são utilizados na definição do nível de uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação localizada; neste caso, substituem-se os valores de lâmina aplicada nas equações 1 e 2 pela vazão dos emissores. Nas equações 3 e 4 apresentam-se as equações de CUC e CUD para o sistema.

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n \bar{q}} \right) \quad (3)$$

$$CUD = 100 \left( \frac{q_{1/4}}{\bar{q}} \right) \quad (4)$$

em que

$q_{1/4}$  - vazão de cada emissor, L h<sup>-1</sup>;

$\bar{q}$  - vazão média dos emissores, L h<sup>-1</sup>; e

n - número de emissores.

Tendo em vista os problemas advindos da atividade suinícola do ponto de vista ambiental, como formas de disposição dos dejetos ao solo, qualidade das ARS e dos solos submetidos à fertirrigação, em associação com as atividades cafeeiras nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG, objetivou-se neste trabalho um diagnóstico que representasse a atual situação das atividades consorciadas suíno e cafeicultura nas regiões citadas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### ***3.1. Caracterização do experimento***

Este trabalho foi realizado no período de setembro a outubro de 2001, nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG, abrangendo os municípios de Uberaba, Patrocínio, Patos de Minas, Carmo do Paranaíba, Varjão de Minas, Romaria e Monte Carmelo.

Selecionaram-se e contactaram-se 11 propriedades com o auxílio da ASTAP (Associação dos Suinocultores do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba), AST (Associação dos Suinocultores do Triângulo Mineiro), UNIUBE (Universidade de Uberaba) e da própria indicação de alguns proprietários. A ASTAP possui 75 suinocultores cadastrados, dos quais 25 a 30% também são cafeicultores, e todos os suinocultores cadastrados na AST também são associados à ASTAP.

Todas as propriedades foram caracterizadas por meio do preenchimento de um questionário, visando obter informações sobre a propriedade e o sistema de produção, incluindo: número de animais, plano de produção, quantidades de águas residuárias aplicadas, frequência e sistema de irrigação utilizado para aplicação e suas características, tempo de utilização, problemas e dificuldades encontradas no manejo do sistema de aplicação, adubações (tipos e quantidades de fertilizantes), idade,

variedade e espaçamento do café, condições climáticas, manejo adotado na suinocultura e produtividade da cultura.

Foram levantadas informações técnicas necessárias para se conhecer a atual situação dos sistemas de irrigação que aplicam as águas residuárias das granjas suinícolas na cafeicultura. Estes tiveram sua uniformidade avaliada em condições de campo por meio do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), utilizando metodologia descrita por BERNARDO (1996) para sistemas de irrigação por aspersão e metodologia proposta por MERRIAN e KELLER (1978), modificada por DENÍCULI et al. (1980), para sistemas de irrigação localizada. Os coeficientes foram calculados com uso do programa AVALIA 1.0 p.

### **3.2. Caracterização geral dos sistemas avaliados**

Em cada propriedade fez-se a avaliação de um evento de irrigação, sem interferir no manejo adotado pelo proprietário, com o objetivo de determinar a uniformidade de distribuição da água residuária.

No Quadro 3 são apresentados os municípios e os dados gerais de cada sistema de irrigação avaliado. O restante das propriedades dispõe as águas residuárias na lavoura cafeeira via tanque distribuidor (chorumeira) ou sulco.

Quadro 3 – Sistema, localização, área total cafeeira (ATC), área cafeeira fertirrigada com água residuária (ACA), idade da lavoura e idade do sistema de irrigação

<b>Sistema</b>	<b>Município</b>	<b>ATC (ha)</b>	<b>ACA (ha)</b>	<b>Idade da lavoura (anos)</b>	<b>Idade do sistema (anos)</b>
1 - Autopropelido	Monte Carmelo	385	380	3	1
2 - Canhão 1	Patos de Minas	13,8	13,8	3,5	1
3 - Canhão 2	Patos de Minas	88,5	88,5	2	10
4 - Canhão 3	Carmo do Paranaíba	1.700	50	3,5	3,5
5 - Aspersão em malha	Uberaba	80	17	3	2
6 - Gotejamento	Romaria	35	35	1 e 2	1

### **3.2.1. Irrigação por aspersão e gotejamento**

O sistema autopropelido trabalha com aplicação de ARS há um ano, é do tipo carretel enrolador, apresentando mangueira de polietileno de alta densidade, e possui aspersor com dois bocais, sendo o maior de 26 mm. A pressão verificada no manômetro do carretel foi de 50 mca.

Os canhões hidráulicos 1, 2 e 3 são de dois bocais e operam com alta pressão: em média, 40 mca.

Os aspersores do sistema por aspersão em malha são de média pressão e apresentam dois bocais, com diâmetros de 5 e 2,5 mm.

O sistema de irrigação por gotejamento é constituído por emissores autocompensados, vazão de  $2,3 \text{ L h}^{-1}$ , dispendo de filtros de areia e disco.

#### **3.2.1.1. Uniformidade de aplicação de água residuária da suinocultura**

Utilizando metodologia descrita por BERNARDO (1996), determinou-se a uniformidade de distribuição de ARS para os sistemas de irrigação por autopropelido, canhão hidráulico e aspersão convencional (em malha).

Para determinação da uniformidade de aplicação de água residuária no sistema autopropelido, instalaram-se coletores em duas linhas perpendiculares à direção de deslocamento do equipamento, a uma distância tal que as precipitações do autopropelido, quando no início e no final da faixa, não atingissem a linha dos pluviômetros. Os coletores, em cada uma das linhas, ficaram espaçados de 4 metros, equidistantes em relação à linha de deslocamento do autopropelido, de modo a cobrir toda a faixa irrigada.

No sistema de irrigação por aspersão convencional (em malha) e canhões, instalou-se um conjunto de pluviômetros, formando uma malha, equidistantes de 4 metros, de modo que cobrisse toda a área molhada pelo aspersor. Os sistemas foram ligados por um período correspondente ao tempo normal de irrigação com água residuária adotado por cada suinocultor. Ao final do teste foi medido o volume de água residuária coletada em cada pluviômetro, efetuando-se posteriormente o cálculo dos coeficientes CUC e CUD.

Denominou-se os canhões hidráulicos de 1, 2 e 3, já que as avaliações foram realizadas em três propriedades distintas, localizadas em Patos de Minas e Carmo do Paranaíba.

As pressões de serviço dos aspersores canhão hidráulico não foram medidas em campo, registrando-se apenas a pressão verificada no próprio carretel para o autopropelido. No entanto, as pressões de serviço do sistema por aspersão convencional (em malha) foram medidas utilizando-se um tubo de Pitot acoplado a um manômetro de Bourdon.

Para determinar as perdas por evaporação durante as avaliações, foram colocados dois coletores com volumes conhecidos de ARS, próximo à área irrigada. No final, foram determinadas, por diferenças, as perdas ocorridas. Para caracterização das condições climáticas no momento dos testes, instalou-se próximo ao local uma estação meteorológica automática, para aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação e precipitação.

A determinação da uniformidade de distribuição de ARS para o sistema de irrigação por gotejamento foi feita em três dos cinco setores existentes, segundo metodologia proposta por MERRIAN e KELLER (1978) e modificada por DENÍCULI et al. (1980), consistindo na coleta de dados em oito emissores de quatro laterais, ou seja, a primeira lateral, a situada a 1/3 da origem, a situada a 2/3 e a última. Em cada linha lateral, selecionaram-se oito emissores (primeiro, a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 e último) e mediu-se a vazão média de cada emissor. Foi coletado o volume aplicado em um tempo de três minutos, em cada emissor predefinido.

As pressões foram obtidas com o uso de um manômetro de Bourdon, ao final das linhas laterais avaliadas.

### **3.3. Caracterização física e química da água residuária**

Objetivando verificar as características químicas e físicas das águas residuárias das propriedades, conforme sua origem, e verificar padrões de qualidade para irrigação de culturas agrícolas, foram coletadas amostras de ARS em diversas lagoas existentes nas propriedades, além de amostras de

água residuária utilizadas para as irrigações por aspersão em malha, canhão hidráulico, autopropelido e gotejamento.

A amostra denominada dejetos bruto era proveniente de galpões com animais nas diversas fases, sendo retirada em uma caixa de decantação, antes de ser destinado à lagoa.

As amostras de água residuária utilizadas nas irrigações por autopropelido, canhão 3, aspersão em malha e gotejamento foram retiradas de lagoas correspondentes à fase de terminação do suíno, com a diferenciação do grau de tratamento da água.

A ARS utilizada nos canhões hidráulicos 1 e 2 foi coletada de lagoas de ciclo completo.

Para a coleta da ARS foram utilizados frascos de 1,5 L de capacidade previamente esterilizados com ácido (solução sulfocrômica), sendo a amostra coletada a 30 cm de profundidade ou em pontos de entrada e saída de águas residuárias nas lagoas, ou no final de linha lateral, com base no seguinte procedimento: os frascos eram climatizados com a ARS, promovendo a agitação e o descarte da água por três vezes até que o ambiente ficasse totalmente climatizado; após esse procedimento as amostras eram colocadas em caixas de isopor com gelo e enviadas para um laboratório especializado em análises físicas e químicas de solo e água, na cidade de Uberaba.

A caracterização física foi feita por meio da determinação da concentração de sólidos totais e densidade.

A caracterização química da água residuária de todas as amostras foi feita para determinação de pH, DQO,  $N_{total}$ , P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Fe e Zn. Com exceção das determinações de DQO, todas as outras foram feitas seguindo-se a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997), através da digestão das amostras das águas residuárias. A determinação das concentrações totais de cobre, zinco, cálcio e magnésio foi feita por espectrofotometria de absorção atômica; a das concentrações de potássio, por fotometria de chama; e a das concentrações de fósforo, por espectrofotômetro UV-Visível.

Para verificar a variabilidade entre as características da água residuária, procedeu-se a análises descritivas.

### **3.4. Caracterização física e química do solo**

Para verificar o efeito da ARS nas características do solo, realizou-se amostragem em talhões que recebiam e que não recebiam aplicação de água residuária, em uma propriedade.

As coletas foram feitas em três pontos dentro de cada talhão de café, percorridos em ziguezague, nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm, obtendo-se uma amostra composta para cada camada.

A caracterização química das amostras de solo foi feita por meio da determinação do pH e dos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco, ferro, manganês, cobre e matéria orgânica. Todas as análises químicas e granulométricas foram feitas no Laboratório de Análises de Rotina de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

Fez-se a determinação do pH por medição do potencial hidrogeniônico, por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:água, 1:2,5, seguindo a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

Na determinação dos teores disponíveis de fósforo e potássio foi utilizado o extrator Mehlich 1, conforme a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Para os teores de cálcio e magnésio, a determinação foi feita utilizando-se como extrator uma solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

Utilizou-se o método indireto da oxidação do carbono orgânico por via úmida (método Walkley-Black) para determinação do teor de matéria orgânica do solo. Considerando que a matéria orgânica humificada existente nos solos contém, em média, 58% de carbono e, assim, conhecendo a quantidade de carbono existente na amostra, estima-se a quantidade de matéria orgânica:

$$\text{Matéria Orgânica} = \text{Carbono} \times 1,72.$$

Para determinação da densidade do solo fez-se a coleta de amostras em três camadas, com profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm, em três pontos distintos de cada área, utilizando-se um trado tipo Uhland.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ***4.1. Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura***

No Quadro 4 apresentam-se os resultados obtidos no diagnóstico realizado. Pode-se verificar que as granjas estudadas possuem de 500 a 2.500 matrizes ou de 1.200 a 8.000 suínos em terminação, podendo ser consideradas granjas de grande porte. De maneira geral, as propriedades que só possuem suínos em terminação são integradas com alguma empresa, recebendo o animal com aproximadamente 70 dias de idade.

Todas as granjas diagnosticadas possuem o sistema intensivo de criação, como se pode observar no Quadro 4. Nesse sistema, a produção, a armazenagem e o destino dos dejetos devem merecer tanta atenção quanto as demais questões relativas à criação.

Notou-se, em grande parte, dos proprietários, interesse em adotar outros sistemas de aplicação via irrigação, como aspersão, tubo perfurado a *laser*, pivô central e gotejamento. Alguns já tiveram experiências mal sucedidas com o tubo perfurado e com a irrigação por superfície (em sulcos), tendo sido relatados casos de danos à planta pela aplicação excessiva de águas residuárias da suinocultura no cafezal.

De todas as propriedades estudadas, 91% possuem uma ou mais lagoas de armazenamento de ARS construídas sem dimensionamento prévio e manejadas de forma inadequada. Pelas características da água residuária



Quadro 4 – Características das propriedades localizadas nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG

P	Local	Número de Animais	Tipo de Produção	Área (ha)			Tempo de Aplicação (Anos)	Sistema de Aplicação	Quantidade	Frequência (Dias)	Produt. (sc/ha)
				Total	Café	Adubada					
1	Patrocínio	500 matrizes	Ciclo completo	270	180	120	5	Chorumeira	16 m <sup>3</sup> /ha	20	26
								Canhão	-	-	
2	Patrocínio	2.500 matrizes	Ciclo completo	3.600	1038	30	10	Chorumeira	40 m <sup>3</sup> /ha	30	34
								Sulco	-	-	
3	Patos de Minas	1.300 matrizes	Granja núcleo	415	88,5	88,5	2	Chorumeira	200 m <sup>3</sup> /ha	30	30
								Canhão	300 m <sup>3</sup> /ha	15	
4	Patos de Minas	700 matrizes	Granja núcleo	48	13,8	13,8	4	Chorumeira	-	Pré – plantio	40
								Canhão	300 m <sup>3</sup> /ha	15	
5	Patos de Minas	2.000 matrizes	Ciclo completo	400	267	267	15	Chorumeira	75 m <sup>3</sup> /ha	90	-
6	Varjão de Minas	2.000 suínos	Terminados	5.800	275	275	5	Canhão	60 a 200 m <sup>3</sup> /ha	90 a 120	60
								Chorumeira	200 m <sup>3</sup> /ha	90 a 120	
								Sulco	167 m <sup>3</sup> /ha	Pré-plantio	
7	Carmo do Paranaíba	1.200 matrizes	Granja núcleo	2.500	1700	50	3 ½	Chorumeira	150 a 300 m <sup>3</sup> /ha	Ocasionalmente	40
								Canhão	300 m <sup>3</sup> /ha	180	
8	Uberaba	1.200 suínos	Terminados	530	80	17	2	Aspersão em malha	90 m <sup>3</sup> /ha	360	25
9	Monte Carmelo	8.000 suínos	Terminados	1.229	385	380	1	Chorumeira	160 a 320 m <sup>3</sup> /ha	120	35 a 40
								Autopropelido	300 m <sup>3</sup> /ha	Ocasionalmente	
10	Romaria	3.600 suínos	Terminados	124	90	90	1	Chorumeira	160 a 320 m <sup>3</sup> /ha	120	60
								Canhão	-	-	
11	Romaria	1.850 suínos	Terminados	35	35	35	15 dias	Gotejamento	30 m <sup>3</sup> /ha	20	-

da suinocultura, que contém grande quantidade de sólidos e sais, verificaram-se problemas com redução da vida útil de equipamentos de irrigação e conjuntos motobomba. Em 64% das propriedades ocorreram problemas de entupimento e corrosão em bombas centrífugas trabalhando com águas residuárias da suinocultura, passando elas a utilizar bombas helicoidais de cavidades progressivas.

As propriedades cafeicultoras das regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, adeptas da irrigação por pivô central, estão procurando adaptar esse tipo de sistema para aplicação de ARS, inclusive com projetos em implantação, onde haverá etapas de tratamento, a começar de um tratamento preliminar para a remoção de sólidos grosseiros (separador de sólidos), depois uma seqüência de lagoas de estabilização.

A importância econômica da utilização da água residuária da suinocultura como fonte de água e nutrientes deve ser enfatizada. Trinta por cento das propriedades visitadas estão trabalhando com café orgânico ou em conversão, substituindo-se completamente a adubação mineral pela aplicação das ARS e investindo-se em sistemas de irrigação. No município de Romaria existe uma propriedade que utiliza o sistema de irrigação por gotejamento aplicando ARS para produção de café orgânico. Os dejetos passam por sistemas de separação de sólidos, caixa de decantação, lagoas de estabilização e pela filtragem do próprio sistema de irrigação até chegarem aos emissores.

#### ***4.2. Uniformidade de aplicação de água residuária***

As avaliações de uniformidade de aplicação de água residuária foram realizadas em seis propriedades, envolvendo quatro sistemas de irrigação.

As aplicações de água residuária são efetuadas com uso de sistemas de irrigação e tanques distribuidores do tipo chorumeira. Em 90% das propriedades ainda se utiliza a chorumeira (Figura 1a, b) para aplicação de ARS na cafeicultura, mesmo que disponham de outros sistemas de irrigação. Existem limitações quanto à sua utilização, como compactação de solo, mobilização de trator e mão-de-obra, restrição de áreas possíveis de serem adubadas e elevado consumo de combustível.



(a)



(b)

Figura 1 – Aplicação de águas residuárias na cafeicultura via tanque de distribuição superficial (a) e em profundidade (b) nos municípios de Monte Carmelo e Patos de Minas-MG.

Observou-se em algumas propriedades a utilização da irrigação por superfície (sulco) para aplicação de águas residuárias. Em campo, não se avaliou a uniformidade dessa forma de aplicação, apenas se constatou a maneira precária como o sistema é utilizado.

No Quadro 5 são apresentados os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) para os sistemas autopropelido, canhão, aspersão em malha e gotejamento, suas respectivas classificações, assim como os valores médios de velocidade do vento e umidade relativa no momento do teste.

Quadro 5 – Valores médios de velocidade do vento, umidade relativa do ar, coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) e classificação dos sistemas avaliados

Sistema	VV (m s <sup>-1</sup> )	UR (%)	CUC (%)	CUD (%)	Classificação <sup>1</sup>
1 - Autopropelido	2,6	49	53	28	Inaceitável
2 - Canhão hidráulico 1	1,6	36	75	67	Razoável
3 - Canhão hidráulico 2	1,4	50	83	76	Bom
4 - Canhão hidráulico 3	0,9	52	74	62	Razoável
5 – Asp. convencional (malha)	2,9	32	72	60	Razoável
6 - Gotejamento – Setor 1	-	-	94	89	Excelente
7 - Gotejamento – Setor 2	-	-	95	91	Excelente
8 - Gotejamento – Setor 3	-	-	95	90	Excelente

<sup>1</sup>Fonte: Avalia 1.0 p (BORGES JÚNIOR e MANTOVANI, 2001).

Pode-se observar, através da análise do Quadro 5, que o sistema de irrigação tipo autopropelido foi o que apresentou menor coeficiente de uniformidade de Christiansen e de distribuição.

Segundo critério apresentado por SOLOMON (1990), as condições de velocidade de vento (menores que  $2,9 \text{ m s}^{-1}$ ) são consideradas de moderada a fraca para irrigação por aspersão. No entanto, os valores encontrados para umidade relativa do ar (36 a 52%) podem ser considerados baixos, interferindo nas perdas por evaporação, sem contudo afetar a uniformidade.

KELLER e BLIESNER (1990) consideram que, sob condições de vento moderado a fraco, valores de CUC indicadores de boa uniformidade devem estar acima de 70%.

A baixa uniformidade encontrada, inferior à recomendada, não indica que o sistema tipo autopropelido seja inviável na aplicação de ARS. Fatores como regulagem inadequada da pressão de serviço e manejo inadequado da ARS, provocando entupimento de bocais, podem interferir.

Para sistemas de aspersão equipados com canhão hidráulico, os valores obtidos foram de 75, 83 e 74%. Também segundo KELLER e BLIESNER (1990), valores típicos de CUC para esses sistemas devem estar na faixa de 60 a 75% para condições de vento moderado a fraco.

No caso de aspersão convencional (em malha), o coeficiente obtido foi de 72%, abaixo do recomendado (BERNARDO, 1996; MERRIAN e KELLER, 1978).

Segundo critério apresentado por MERRIAN e KELLER (1978), o sistema por gotejamento pode ser classificado como ótimo. Diversos fatores podem explicar esse desempenho: práticas de manejo com o sistema em campo, como limpeza periódica e criteriosa do sistema de filtragem, possibilitando maior pressão nos pontos de emissão, a idade do sistema (1 ano), o projeto bem dimensionado, assim como a limpeza das linhas laterais após a fertirrigação com águas residuárias da suinocultura.

Os perfis de distribuição de água residuária em campo dos sistemas de irrigação avaliados estão apresentadas nas Figuras 2 a 5. Considerando que a irrigação aplicada não tinha por objetivo a reposição do déficit de água no solo (levar o solo à capacidade de campo) e sim a utilização das águas residuárias, considerou-se como objetivo da aplicação (linha tracejada) a

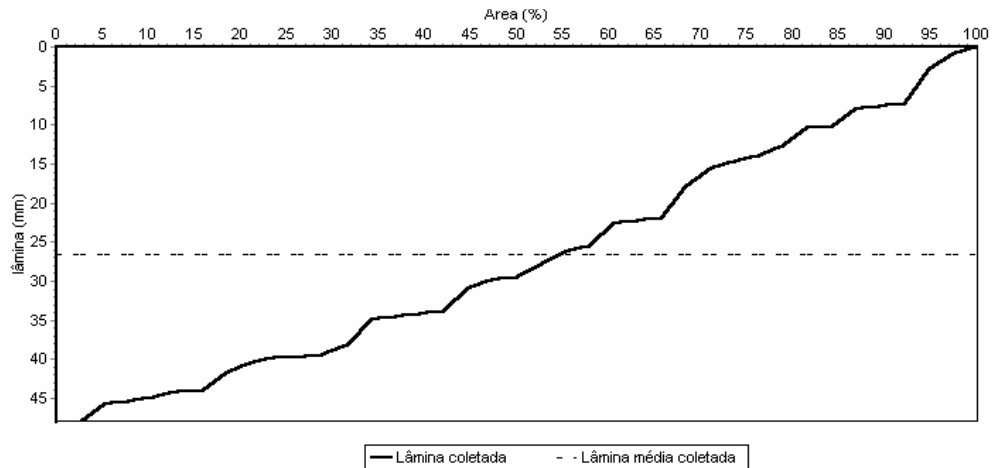


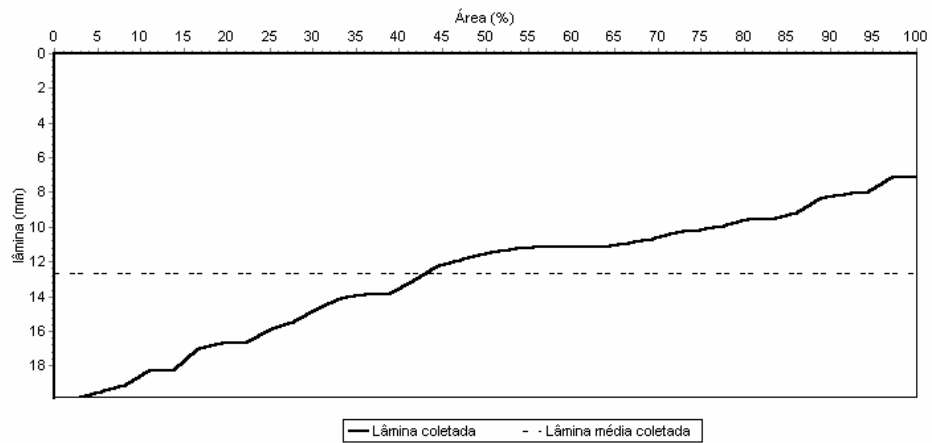
Figura 2 – Perfil de distribuição de água e lâmina média coletada para o sistema autopropelido.

lâmina média aplicada (Lm). Dessa maneira, a análise deste deve ser feita de maneira cuidadosa, ou seja, as áreas compreendidas entre o perfil de distribuição (linha cheia) e a Lm não representam necessariamente o déficit na aplicação (acima) e percolação (abaixo). Os gráficos permitem melhor visualização dos defeitos na distribuição de água residuária.

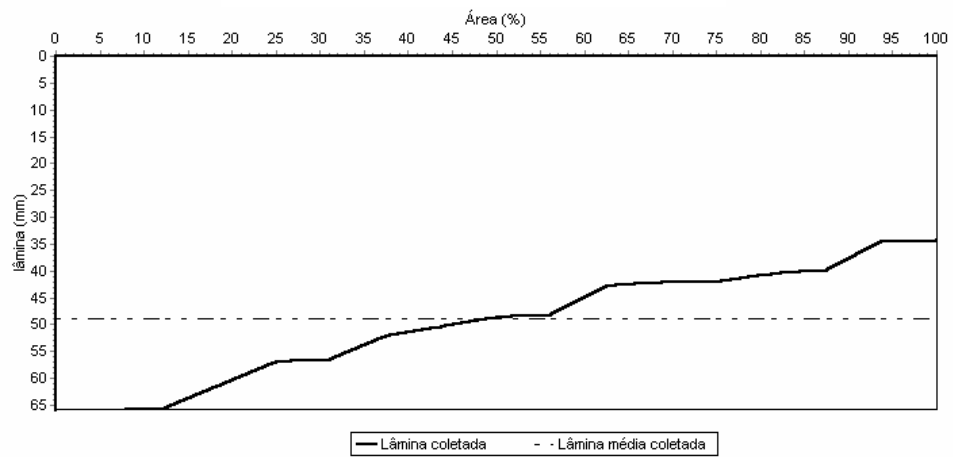
Na Figura 2 apresenta-se o perfil de distribuição de lâminas coletadas na avaliação de uniformidade do sistema autopropelido. Observa-se que existem regiões que receberam lâminas acima de 40 mm de ARS e outras que receberam uma lâmina quase nula, o que proporcionou nível de uniformidade inaceitável (Quadro 5). Considerando que a distribuição de ARS segue o mesmo padrão da distribuição da água, verifica-se condição inadequada de distribuição de ARS.

Os gráficos apresentados na Figura 3 mostram os perfis de distribuição de lâminas na área para os canhões hidráulicos. Os gráficos referentes aos canhões obtiveram maior aproximação entre as curvas de lâmina média coletada e lâminas coletadas do que as do autopropelido, apresentando coeficientes de uniformidade da ordem de 75, 83 e 74%. Em média, receberam lâminas de 12,2, 48 e 19 mm de água residuária.

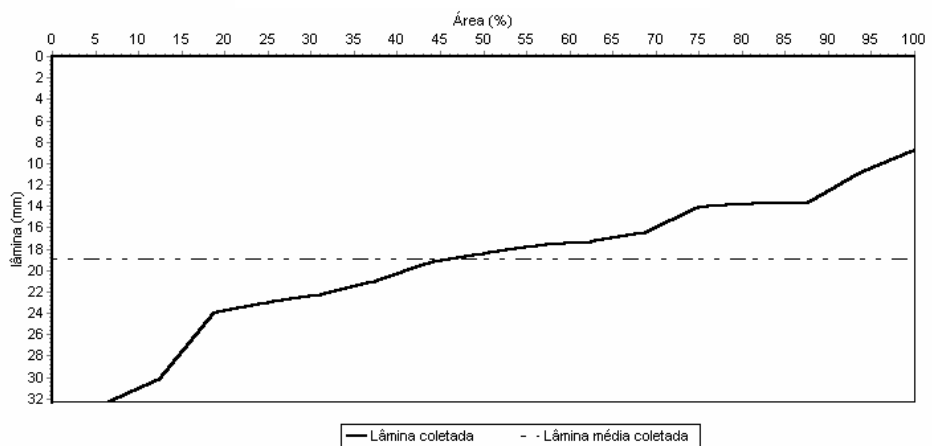
Na Figura 4 visualiza-se a amplitude das lâminas de ARS distribuídas em campo no sistema por aspersão convencional (em malha). Com lâminas aplicadas que variaram de 2 a 9 mm, o gráfico apresenta a uniformidade do sistema (72%).



(a)



(b)



(c)

Figura 3 – Perfil de distribuição de água e lâmina média coletada, para os sistemas: (a) canhão 1; (b) canhão 2; e (c) canhão 3.

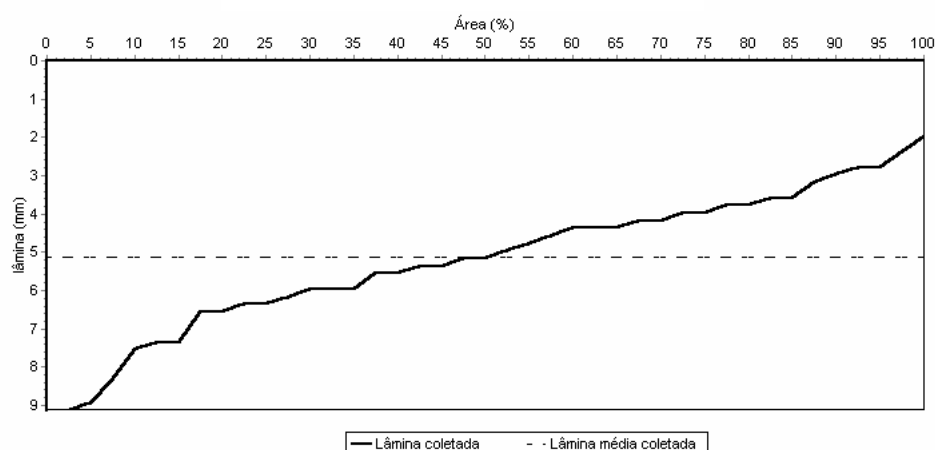


Figura 4 – Perfil de distribuição de água e lâmina média coletada, para o sistema por aspersão em malha.

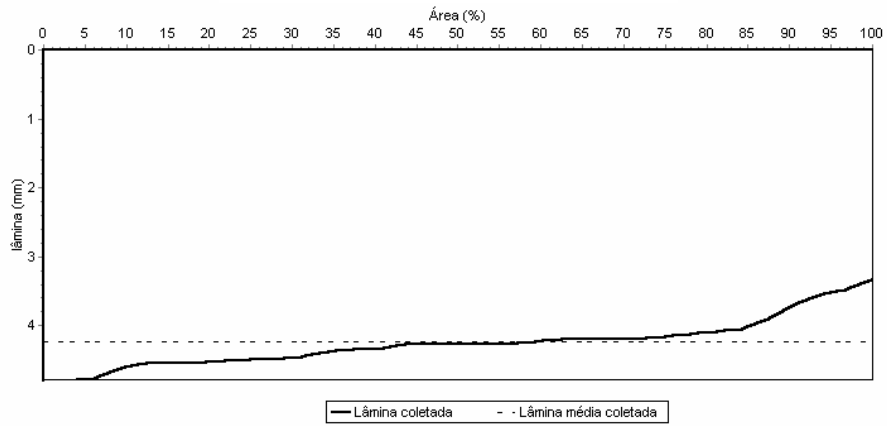
Por último, a Figura 5, referente às avaliações nos três setores de irrigação localizada por gotejamento para aplicação de águas residuárias da suinocultura, foram as que apresentaram o maior ajuste entre as curvas de lâminas coletadas e lâmina média coletada de todos os sistemas que tiveram sua uniformidade avaliada. Ambas praticamente se igualam ao longo da área em que foram realizadas as avaliações, mostrando em forma gráfica os elevados coeficientes de uniformidade de distribuição de ARS encontrados para este sistema.

### **4.3. Caracterização das águas residuárias da suinocultura**

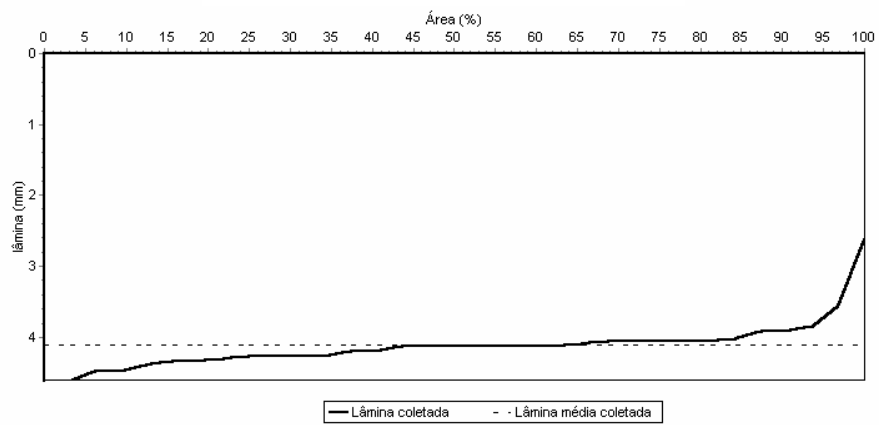
No Quadro 6 estão registrados os resultados das análises físicas e químicas das ARS, conforme sua origem.

#### **4.3.1. Potencial hidrogeniônico (pH)**

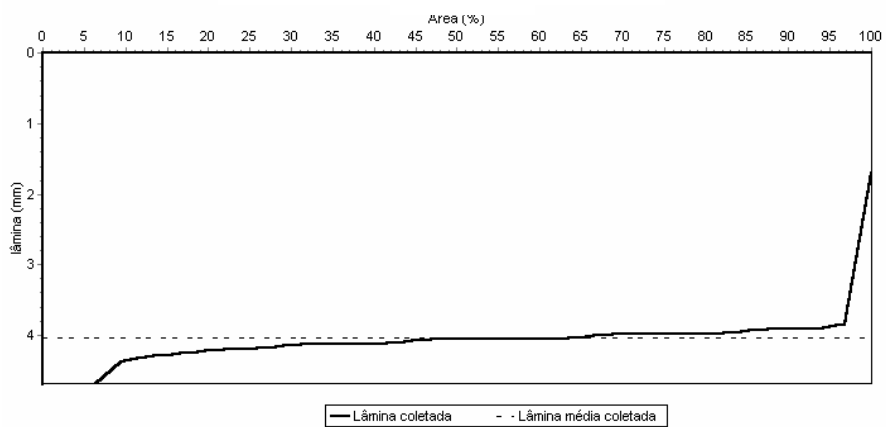
Com exceção da amostra originária da lagoa 10 (creche), pode-se observar que os valores de pH não apresentaram variabilidade discrepante entre as amostras. O maior valor foi o referente à ARS da aspersão em malha (7,9).



(a)



(b)



(c)

Figura 5 – Perfil de distribuição de água e lâmina média coletada, para os sistemas por gotejamento: (a) setor 1; (b) setor 2; e (c) setor 3.



LO MONACO (2001), em estudos realizados com águas residuárias da suinocultura, encontrou pH de 7,5 em situações de ciclo completo (águas advindas de todas as fases do animal). Para o mesmo caso, o Quadro 6 apresenta valores de 6,9, 7,0, 7,7 e 7,8.

Quanto a este parâmetro, à exceção da lagoa 10 (creche), os valores encontrados encontram-se dentro das normas no que se refere à qualidade da água para irrigação, de 6,5 a 8,4, segundo AYERS e WESTCOT (1991).

#### **4.3.2. Sólidos totais**

Pelo Quadro 6, a maior concentração de sólidos totais foi observada na lagoa 12 (crescimento), seguida da ARS (autopropelido). A menor concentração foi atribuída à amostra de água coletada ao final da linha de gotejamento (97,3% menor que a da lagoa 12).

Segundo PERDOMO (1996), em análises laboratoriais do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, Concórdia-SC, para dejetos produzidos em uma unidade de crescimento e terminação, foram encontrados valores médios de sólidos totais de 22.399 mg L<sup>-1</sup>. As lagoas de terminação 5, 6 e 7 apresentaram teor de sólidos totais bem inferiores: 4.580, 5.920 e 6.440 mg L<sup>-1</sup>.

LO MONACO (2001) e BRANDÃO (1999) encontraram valores de 3.250 mg L<sup>-1</sup> e 5.500 mg L<sup>-1</sup> de sólidos totais para águas residuárias da suinocultura em ciclo completo. Para a mesma situação, o Quadro 6 apresenta valores de 2.180, 2.200, 2.640 e 6.320 mg L<sup>-1</sup>.

Líquidos contendo mais de 20.000 mg L<sup>-1</sup> de sólidos totais não se infiltrarão no solo em taxas idênticas às observadas com água (DETAR, 1980).

A composição química e física dos dejetos está associada ao sistema de manejo adotado e aos aspectos nutricionais. Ela apresenta grandes variações na concentração dos elementos componentes, dependendo da diluição à qual foram submetidos e do sistema de armazenamento (PERDOMO e LIMA, 1998).

A água utilizada na irrigação por gotejamento e na irrigação por aspersão convencional (em malha) passa por etapas de tratamento até

Quadro 6 – Caracterização física e química das águas residuárias da suinocultura, conforme sua origem

Origem das águas residuárias da suinocultura (ARS)	pH	Sólidos totais (mg L <sup>-1</sup> )	DQO (mg L <sup>-1</sup> )	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	Elementos (mg L <sup>-1</sup> )								
					Ntotal	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Lagoa 1 (ciclo completo)	7,8	2.180	2.953	1,000	1.750	10	350	180	30	10	50	140	150
Lagoa 2 (ciclo completo)	6,9	2.640	2.889	1,000	1.320	10	200	80	20	10	10	30	30
Lagoa 3 (ciclo completo)	7,0	2.200	2.654	1,000	1.640	10	250	110	20	20	30	140	80
Lagoa 4 (ciclo completo)	7,7	6.320	2.933	1,005	3.580	10	270	150	40	10	20	230	20
Lagoa 5 (terminação)	7,5	4.580	2.719	1,002	3.250	10	460	100	50	40	100	220	90
Lagoa 6 (terminação)	7,7	6.440	2.826	1,003	4.290	10	580	80	50	20	20	300	230
Lagoa 7 (terminação)	7,3	5.920	3.093	1,003	2.820	20	510	260	10	110	160	890	80
Lagoa 8 (maternidade)	7,7	2.160	2.777	1,000	3.100	10	460	140	10	20	20	300	230
Lagoa 9 (maternidade)	7,6	3.280	2.820	1,002	2.190	10	250	110	10	10	20	120	20
Lagoa 10 (creche)	5,3	6.320	3.333	1,002	2.040	20	610	230	20	90	480	1.630	110
Lagoa 11 (creche)	7,8	4.380	2.877	1,003	2.680	10	710	140	20	10	70	130	20
Lagoa 12 (crescimento)	7,5	22.080	3.039	1,010	4.760	10	600	110	30	90	180	260	80
Lagoa 13 (terminação)	8,0	6.020	2.959	1,004	4.180	10	730	130	30	50	70	180	60
Dejeto bruto	6,5	12.980	3.439	1,013	7.540	370	1.040	1.160	70	830	1.150	1.460	580
ARS (autopropelido)	7,0	14.700	3.066	1,003	3.740	10	430	110	30	10	30	470	690
ARS (canhão 1)	7,3	2.960	2.853	1,002	2.690	10	280	160	20	30	50	40	60
ARS (canhão 2)	7,3	10.940	2.879	1,006	3.690	10	800	190	50	10	30	470	690
ARS (canhão 3)	7,5	7.640	2.917	1,007	4.770	150	550	230	50	20	200	920	1260
ARS (gotejamento)	7,8	600	2.559	0,996	440	10	270	50	20	10	90	140	90
ARS (aspersão em malha)	7,9	2.060	2.799	1,000	1.300	20	780	210	20	80	150	260	100

chegar no sistema. Os valores correspondentes aos sólidos totais, neste caso, foram, respectivamente, de 600 e 2.060 mg L<sup>-1</sup>, abaixo do mínimo encontrado em unidades de crescimento e terminação, obtido no Sistema de Produção de Suínos da Embrapa Suínos e Aves, de 12.697 mg L<sup>-1</sup> (PERDOMO, 1996).

#### **4.3.3. Demanda química de oxigênio**

Parâmetro representativo da quantidade de oxigênio consumida por diversos compostos sem a intervenção de microrganismos durante a estabilização dos materiais orgânico e inorgânico oxidáveis (Von SPERLING, 1996), a demanda química de oxigênio assumiu maior valor na amostra referente aos dejetos brutos: 3.439 mg L<sup>-1</sup>.

Para amostras de águas residuárias em ciclo completo, estudos realizados por GOMES FILHO (2000) apresentaram valores de DQO de 2.933 e 3.819 mg L<sup>-1</sup>; LO MONACO (2001) obteve 3.433 mg L<sup>-1</sup>. Levando-se em consideração a mesma origem da água, QUEIROZ (2000) encontrou valores de DQO que variaram de 1.064 a 15.600 mg L<sup>-1</sup>. O Quadro 6 mostra, para essa situação, 2.654, 2.889, 2.933 e 2.953 mg L<sup>-1</sup>.

As análises referentes às lagoas 5, 6 e 7 (terminação) apresentaram valores de 2.719, 2.826 e 3.093 mg L<sup>-1</sup>. A Embrapa Suínos e Aves, em unidade de crescimento e terminação de suínos, encontrou valores médios de DQO da ordem de 25.543 mg L<sup>-1</sup> (PERDOMO, 1996), bem superiores aos obtidos neste trabalho.

#### **4.3.4. Densidade**

A densidade da água residuária apresentou valores na faixa de 0,996 para a ARS do gotejamento e 1,013 g cm<sup>-3</sup> para os dejetos brutos. Segundo estudos realizados por KONZEN (1997), valores de densidade dos dejetos líquidos de suínos medidos por densímetro estão associados a teores de nitrogênio, aumentando o teor do N com o aumento da densidade. No presente estudo, através do Quadro 6, isso não foi verificado; não se observou relação entre valores de densidade e teores de nitrogênio.

#### **4.3.5. Nitrogênio total**

Observa-se, no Quadro 6, que os dejetos brutos apresentam elevada concentração de nitrogênio total,  $7.540 \text{ mg L}^{-1}$ , seguido da ARS utilizada no canhão aspersor 3 –  $4.770 \text{ mg L}^{-1}$ . A variabilidade na concentração deste elemento é grande (94,2%) em relação à ARS do sistema de irrigação localizada por gotejamento ( $440 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Estudos realizados por LO MONACO (2001) e BRANDÃO (1999) apresentaram concentrações de nitrogênio total da ordem de 437,95 e  $936 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente, para águas residuárias da suinocultura em ciclo completo. Através do Quadro 6, observa-se que as lagoas 1, 2, 3 e 4 (ciclo completo) apresentaram teores de nitrogênio total de 1.320, 1.640, 1.750 e  $3.580 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente.

#### **4.3.6 Fósforo e potássio**

No Quadro 6 pode-se constatar que as maiores concentrações de fósforo e potássio foram verificadas nos dejetos brutos, com valores de 370 e  $1.040 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente.

No caso do fósforo, a variabilidade foi de 97,3% em relação ao menor valor. A presença do fósforo nas águas residuárias deve-se à ração utilizada pelo suíno, já que os minerais constituem parte das dietas desses animais, com 0,8% de P. De modo geral, através do manejo dos suínos na granja, existe desperdício com a ração, que se junta aos dejetos, provocando aumento no teor de P e outros minerais. As lagoas de ciclo completo apresentaram concentrações de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de fósforo.

QUEIROZ (2000) encontrou teores de P em águas advindas de ciclo completo que variaram de 27,31 até  $685,34 \text{ mg L}^{-1}$  ao longo de 16 semanas. Durante a fase experimental de QUEIROZ (2000) ocorreram alguns fatos, como a ausência de animais nos galpões por 40 dias, que contribuiu para a diluição dos dejetos no período e, conseqüentemente, influenciou na discrepância dos resultados de suas análises. LO MONACO (2001) e BRANDÃO (1999), em ARS de ciclo completo, encontraram valores de 85,25 e  $88 \text{ mg L}^{-1}$  de P.

Vale ressaltar que os trabalhos experimentais desses autores – BRANDÃO, LO MONACO, GOMES FILHO e QUEIROZ – foram realizados no mesmo local, em períodos distintos.

Com relação ao potássio, as maiores concentrações ocorreram nos dejetos brutos e na ARS (canhão 2): 1.040 e 800 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Os menores teores foram os correspondentes à água utilizada para as lagoas 2 e 3 (ciclo completo) e para a lagoa 9 (maternidade): 200 e 250 mg L<sup>-1</sup>.

GOMES FILHO (2000) encontrou teores de potássio para águas residuárias da suinocultura em ciclo completo de 302 e 147 mg L<sup>-1</sup>.

O Quadro 6 apresenta concentrações de 200, 250, 270 e 350 mg L<sup>-1</sup> de K em lagoas de ciclo completo. Para as mesmas condições, BRANDÃO (1999) e LO MONACO (2001) encontraram 504,9 e 100,25 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Em análises semanais de ARS advindas de ciclo completo, QUEIROZ (2000) apresentou valores que variaram de 50 a 208 mg L<sup>-1</sup> de potássio.

Em unidades de crescimento e terminação de suínos da Embrapa (PERDOMO, 1996) ocorreram valores mínimo e máximo de 260 e 1.140 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Para a mesma situação no presente trabalho, o Quadro 6 mostra teores de potássio de 460, 510, 580 e 730 mg L<sup>-1</sup> para unidades de terminação e 600 mg L<sup>-1</sup> para crescimento.

#### **4.3.7 Cálcio e magnésio**

O Quadro 6 apresenta valores limites de concentrações de cálcio iguais a 50 e 1.160 mg L<sup>-1</sup> na ARS usada no gotejamento e dejetos brutos, respectivamente. As lagoas 1, 2, 3 e 4 (ciclo completo) apresentam valores de 80, 110, 150 e 180 mg L<sup>-1</sup>. Em situações de ciclo completo, BRANDÃO (1999) encontrou teor de 130 mg L<sup>-1</sup>; e GOMES FILHO (2000), em duas etapas de análise, teores de 182 e 248 mg L<sup>-1</sup>.

Segundo QUEIROZ (2000), durante a condução de seu experimento foram encontradas variações no teor de cálcio nas águas residuárias da ordem de 47,62 até 1.095,24 mg L<sup>-1</sup>.

A menor concentração de magnésio,  $10 \text{ mg L}^{-1}$ , foi obtida nas ARS das lagoas 7 (terminação) e lagoas 8 e 9 (maternidade), com variabilidade de 85,7% em relação aos dejetos brutos ( $70 \text{ mg L}^{-1}$ ).

QUEIROZ (2000), BRANDÃO (1999) e GOMES FILHO (2000) apresentam valores de concentrações de Mg em ARS variando de 18,3 até  $108,76 \text{ mg L}^{-1}$ , em lagoas de ciclo completo. No presente trabalho foram encontrados teores de 20, 30 e  $40 \text{ mg L}^{-1}$ .

#### **4.3.8 Cobre e zinco**

Dentre os metais pesados, o cobre e o zinco apresentam maior perigo, pois são importantes componentes de suplementação mineral de rações e formulações de antibióticos aos suínos (SCHERER e BALDISSERA, 1994). Esse problema poderá ser evitado mediante a determinação da concentração dos principais nutrientes presentes nas ARS, a qual não deve ser maior que as exigências das culturas.

A concentração mais elevada de cobre foi encontrada nos dejetos brutos,  $830 \text{ mg L}^{-1}$ . De acordo com STAHLY et al. (1980), os dejetos podem conter até  $1.000 \text{ mg L}^{-1}$  de cobre. Os menores teores de cobre,  $10 \text{ mg L}^{-1}$ , obtidos nas lagoas de ciclo completo 1, 2 e 4, na lagoa 9 (maternidade), lagoa 11 (creche), ARS (autopropelido), ARS (canhão 2) e ARS (gotejamento), apresentaram variabilidade de 98,8% em relação aos dejetos brutos.

QUEIROZ (2000) apresenta valores de concentração de Cu variando de 0,30 a  $10,30 \text{ mg L}^{-1}$ , e de zinco de 6,78 até  $84,71 \text{ mg L}^{-1}$ , para águas residuárias advindas de todas as fases do suíno. Para o mesmo caso, o Quadro 6 mostra teores de 10 e  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de cobre e 10, 20, 30 e  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de zinco.

GOMES FILHO (2000) encontrou, para o elemento cobre, concentrações de 1,53 e  $1,33 \text{ mg L}^{-1}$ ; para o Zn, de 1,45 e  $1,32 \text{ mg L}^{-1}$  em ARS (ciclo completo).

LO MONACO (2001) constatou valores de cobre e zinco para águas residuárias da suinocultura (ciclo completo) da ordem de 1,40 e  $7,38 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente.

Pelo Quadro 6, a maior concentração de zinco foi encontrada em dejetos brutos, 1.150 mg L<sup>-1</sup>, seguidos da lagoa 10 (creche), com 480 mg L<sup>-1</sup>. A lagoa 2 (ciclo completo) apresentou o menor valor de Zn (10 mg L<sup>-1</sup>), 97,9% de variabilidade, em relação aos dejetos brutos.

Quanto à qualidade da água residuária no que se refere à irrigação de culturas agrícolas, existem restrições severas ao seu uso quando o teor de cobre é superior a 0,20 mg L<sup>-1</sup> e o teor de Zn supera 2 mg L<sup>-1</sup> (AYERS e WESTCOT, 1991). Nesse contexto, todas as ARS analisadas não são indicadas para disposição no solo ininterruptamente.

Deve ser ressaltada a enorme variabilidade entre as análises de dejetos de suínos. As diferenças registram-se não só entre os diversos tipos de lagoas, como também dentro do mesmo tipo em locais diferentes ou até no mesmo local, mesma lagoa, porém em épocas alternadas.

#### **4.3.9. Ferro e manganês**

O elemento ferro apresentou teores de 1.630 mg L<sup>-1</sup> para a lagoa 10 (creche) e 30 mg L<sup>-1</sup> para a ARS advinda da lagoa 2 (ciclo completo), maior e menor valores encontrados nas amostras, respectivamente.

As lagoas de ciclo completo 1, 2, 3 e 4 obtiveram concentrações de Fe equivalentes a 140, 30, 140 e 230 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. QUEIROZ (2000) observou variações de 28,22 até 757,95 mg L<sup>-1</sup> em ARS de mesma origem. Para GOMES FILHO (2000), em duas análises, em situação semelhante, ocorreram valores de 24 e 31,6 mg L<sup>-1</sup>.

O manganês teve sua maior concentração encontrada na ARS referente ao canhão 3, 1.260 mg L<sup>-1</sup>. Os teores mais baixos foram correspondentes às lagoas 4 (ciclo completo), 9 (maternidade) e 11 (creche), 20 mg L<sup>-1</sup>.

AYERS e WESTCOT (1991) apresentam grau de restrição severo para uso contínuo de águas residuárias na irrigação de culturas quando teores de Fe e Mn superam 5 e 0,20 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Todas as ARS analisadas encontram-se fora desse padrão.

#### **4.4. Caracterização de solos submetidos e não submetidos à aplicação de águas residuárias da suinocultura**

O Quadro 7 apresenta os resultados do levantamento realizado por localidade, nas seis propriedades em que foram feitas as coletas de solo em condições sem e com aplicação de ARS. Incluem-se também sua classe textural, o tempo de aplicação dessas ARS, frequência, quantidade aplicada e procedência da ARS.

Quadro 7 – Características das propriedades que aplicam águas residuárias da suinocultura ao solo

Local	Classe Textural	Tempo de Aplicação (Anos)	Frequência	Quant. (m <sup>3</sup> /ha)	Procedência da ARS (Quadro 6)
Uberaba (P1)	Franco-arenosa	2	1 ano	90	ARS (Asp. em malha)
Carmo do Paranaíba (P2)	Muito-argilosa	3,5	6 meses	300	ARS (Canhão 3)
Varjão de Minas (P3)	Muito-argilosa	5	3 a 4 meses	60 a 200	Lagoa 13
Monte Carmelo (P4)	Argilosa	1	4 meses	160 a 320	ARS (Autopropelido)
Patrocínio (P5)	Argilosa	10	1 mês	40	Lagoas 2 e 3
Patrocínio (P6)	Argilosa	5	20 dias	16	Lag. 4 / dejetos bruto

A P1 recebe os dejetos através do sistema por aspersão em malha há 24 meses, uma vez ao ano. Neste caso, existe um separador de sólidos imediatamente após os dejetos deixarem os galpões, passando em seguida por uma seqüência de seis lagoas de estabilização. Após a ARS deixar as lagoas, é recebida por um reservatório, de onde é recalçada para a irrigação. A P2 recebe aplicações de ARS no solo via canhão hidráulico, dejetos estes advindos de uma lagoa de armazenagem sem separador de sólidos. Na propriedade que utiliza o sistema por autopropelido (P4), há um sistema separador de sólidos e depois duas lagoas de armazenagem.

Nas propriedades P3, P5 e P6, o sistema utilizado para distribuição da ARS é a chorumeira. Nas três situações, não há separação de sólidos, armazena-se a água residuária em lagoas e o tempo de aplicação é de cinco, dez e cinco anos, respectivamente. Essas variações nos processos de tratamento de ARS das propriedades se refletem na composição dos dejetos



líquidos e, conseqüentemente, na composição química do solo no momento da sua aplicação.

No Quadro 8 apresentam-se valores das características dos solos com e sem aplicação de águas residuárias da suinocultura. Observa-se, em geral, que as áreas que receberam ARS apresentaram elevação dos teores dos elementos analisados em relação às áreas que nunca receberam, principalmente na camada de 0 a 20 cm. A procedência, a forma de tratamento e o tempo de aplicação da ARS certamente contribuem para as alterações das características dos solos submetidos à aplicação de ARS.

A densidade do solo apresentou valores menores na camada superficial das áreas que receberam ARS, o que poderá estar relacionado com o aumento dos teores de MO (Quadro 8). Nas camadas inferiores a 20 cm, não houve tendência clara nos teores encontrados que pudesse ser atribuída à fertirrigação.

Segundo Kiehl (1985), citado por CAMPELO (1999), a matéria orgânica reduz a densidade aparente direta e indiretamente; diretamente, porque está se juntando ao solo, cuja densidade varia de 1,2 a 1,4 g cm<sup>-3</sup>, um material cuja densidade média vai de 0,2 a 0,4 g cm<sup>-3</sup>; e, indiretamente, pelo seu efeito na estruturação do solo, tornando-o menos denso. O material orgânico das águas residuárias, por ser de baixa densidade, teria contribuído, ao ser incorporado ao solo, com a redução da densidade deste.

Observam-se ligeiras elevações nos valores de pH na camada superficial do solo com aplicação de ARS. Dados semelhantes foram obtidos por LIMA (comunicação pessoal)<sup>1</sup>. Esse fato pode ser atribuído aos valores de pH mais altos das ARS, comparados aos dos solos e ao poder-tampão de cada solo. Nas camadas inferiores a 20 cm não há tendência clara de variação dos valores de pH.

Foram marcantes os aumentos observados para os teores de fósforo em todas as propriedades e camadas analisadas, embora as concentrações de P encontradas nos dejetos líquidos tenham sido baixas (Quadros 6 e 8). Em geral, valores adequados de fósforo para solos argilosos de Minas Gerais devem estar acima de 12 mg dm<sup>-3</sup>; e para solos arenosos, acima de 20 mg dm<sup>-3</sup> (RIBEIRO et al., 1999).

---

<sup>1</sup> Paulo César de Lima (EPAMIG, 2002).

Quadro 8 – Caracterização física e química de camadas de solos sem e com aplicação de águas residuárias da suinocultura

Camadas		DS (g cm <sup>-3</sup> )		MO (dag kg <sup>-1</sup> )		pH		P		K		Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
		sem	com	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com
0 – 20 cm	P1	1,528	1,485	1,0	1,4	5,6	5,8	14,1	49,3	134	249	1,4	2,5
	P2	1,002	1,096	5,1	5,4	5,9	5,9	3,1	24,3	97	154	3,4	5,9
	P3	1,034	1,039	4,5	5,5	5,4	5,4	30,8	43,5	97	618	3,5	4,4
	P4	1,157	1,115	3,1	2,4	4,8	5,0	0,8	2,1	130	189	0,7	1,7
	P5	0,971	0,948	1,4	2,1	4,7	4,9	9,0	20,0	109	144	1,8	2,1
	P6	1,074	0,988	2,7	3,0	5,5	5,8	3,0	215	62	195	3,0	4,4
20 – 40 cm	P1	1,557	1,487	0,7	1,2	5,3	5,2	2,9	5,1	108	174	1,3	2,0
	P2	0,965	0,971	4,6	4,2	5,7	5,6	0,9	2,8	88	84	2,2	3,0
	P3	1,058	0,970	4,3	4,5	5,5	5,4	7,9	18,6	70	70	3,4	3,5
	P4	1,227	1,153	2,4	2,1	4,3	5,2	0,8	0,8	80	61	0,5	2,0
	P5	1,069	0,941	1,4	1,8	4,4	4,4	2,0	3,0	70	86	1,1	0,8
	P6	1,066	1,076	2,4	2,8	5,4	5,5	1,0	140	51	152	2,0	3,5
40 – 60 cm	P1	1,469	1,442	0,7	0,9	4,7	4,8	0,7	2,3	74	120	0,6	1,5
	P2	1,268	0,961	3,5	3,4	5,6	5,3	0,2	0,6	53	60	2,3	1,6
	P3	0,934	1,046	2,8	2,5	5,3	5,3	0,4	0,9	33	49	1,3	1,5
	P4	1,258	1,182	1,8	1,7	4,5	4,2	0,01	0,02	25	70	0,6	0,4
	P5	1,028	0,997	1,5	1,5	4,7	4,4	2,0	2,0	51	82	1,3	0,6
	P6	1,083	1,139	2,2	2,1	4,8	5,3	1,0	32,0	39	78	1,8	2,0

Continua...

Quadro 8, Cont.

Camadas		Mg		CTC		Cu		Zn		Fe		Mn	
		(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				(mg dm <sup>-3</sup> )							
		sem	com	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com
0 – 20 cm	P1	0,5	0,8	7,6	7,8	1,6	1,3	1,7	2,7	45,6	52,7	7,9	19,7
	P2	1,5	1,7	14,1	15,0	2,5	5,6	7,2	21,5	38,5	46,5	14,8	18,3
	P3	0,6	0,7	30,2	39,7	1,6	2,5	11,1	14,2	33,2	37,6	14,4	19,6
	P4	0,2	0,8	10,7	8,8	0,7	0,9	1,5	3,7	26,3	47,9	6,1	9,0
	P5	0,5	0,6	6,7	6,6	0,4	0,5	1,0	1,0	34,0	34,0	4,1	5,9
	P6	1,2	2,6	8,1	10,0	0,4	0,6	1,0	2,0	49,0	55,0	1,8	10,0
20 – 40 cm	P1	0,5	0,6	7,2	7,1	1,0	0,8	0,8	0,9	34,8	49,3	4,5	14,0
	P2	0,8	0,9	12,9	14,1	1,8	2,5	2,3	4,7	38,9	41,4	5,3	4,9
	P3	0,5	0,5	31,3	30,3	1,0	1,1	4,3	7,4	30,5	31,3	8,3	10,2
	P4	0,2	1,1	8,4	9,6	0,7	0,62	1,2	2,4	21,1	25,5	4,8	5,7
	P5	0,4	0,3	6,4	5,2	0,3	0,4	1,0	0,9	34,0	34,0	4,0	4,1
	P6	1,5	1,1	5,8	8,5	0,4	0,5	0,9	1,8	44,0	38,0	1,8	8,2
40 – 60 cm	P1	0,2	0,3	6,4	6,6	0,7	0,8	0,3	0,8	32,8	38,3	1,1	9,4
	P2	0,8	0,6	11,6	12,3	1,7	1,8	0,9	1,0	22,6	26,0	3,9	2,3
	P3	0,2	0,2	16,1	19,2	0,5	0,6	0,8	1,3	14,8	15,3	0,9	1,2
	P4	0,4	0,2	7,2	8,4	0,4	0,4	1,9	0,3	15,5	12,2	1,7	0,3
	P5	0,6	0,2	5,6	3,8	0,3	0,4	1,1	0,8	29,0	29,0	1,8	5,9
	P6	0,7	0,7	5,1	5,9	0,3	0,5	1,0	1,0	38,0	6,0	1,8	1,2

Verifica-se, pelo Quadro 8, acentuado movimento descendente de P no perfil do solo, que certamente deve estar ligado à percolação de algumas formas de fósforo orgânico. A utilização de P na forma de esterco e de outras fontes orgânicas proporciona o transporte de P para maiores profundidades no solo que na forma de fertilizantes químicos, para doses semelhantes de P aplicadas (Eghball et al., 1996, citados por NOVAIS e SMYTH, 1999). Nota-se, dessa maneira, a influência da fertirrigação nos teores encontrados ao longo do perfil em todas as propriedades.

Apesar do fato de que comparações entre propriedades devam ser feitas com restrições, em razão da variabilidade da composição e dos modos de aplicação dos dejetos, os valores de fósforo encontrados em P6 foram muito superiores aos outros valores encontrados nas outras propriedades. Esse valor discrepante pode ser explicado pela fonte de captação do dejetos (dejetos bruto – Quadro 6), com 370 mg de P por litro de ARS, enquanto os valores observados nas demais fontes do Quadro 6 são bem inferiores a este.

De forma semelhante ao fósforo, observaram-se maiores teores de potássio em todas as propriedades e camadas analisadas nas áreas com aplicação de ARS. Sendo um elemento considerado móvel no perfil do solo, podem-se constatar elevados teores de potássio ao longo do perfil nas áreas fertirrigadas. Já outros cátions, como o cálcio e o magnésio, são retidos como  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis nas superfícies negativamente carregadas da argila e da matéria orgânica e são menos móveis no solo que o  $\text{K}^+$  (RIBEIRO et al., 1999). Dessa maneira, verifica-se que, ao longo do perfil, os teores de Ca e Mg apresentaram aumento até a camada de 20 a 40 cm, enquanto o de K, até 60 cm.

Devido aos resultados observados para Ca, Mg e K, a capacidade de troca de cátions (CTC) mostrou aumentos em áreas com aplicação de ARS. Entre outros efeitos benéficos proporcionados pela matéria orgânica quando da aplicação de dejetos de suínos ao solo está o aumento dos teores de Ca, Mg e K, ocasionando aumento na CTC efetiva do solo.

Em geral, áreas que foram submetidas à aplicação de águas residuárias da suinocultura apresentaram teores de Cu, Zn, Fe e Mn mais elevados que as outras na primeira camada (0 a 20 cm). Ao longo do perfil, essa tendência não se repetiu em todas as localidades.

MATOS et al. (1997) não verificaram aumentos significativos na concentração de cobre e zinco disponíveis no solo quando aplicaram dejetos de suínos na forma líquida, contendo 960 e 300 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, destes elementos. As camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm apresentaram as maiores concentrações, variando nas faixas de 13 a 19,8 mg kg<sup>-1</sup> e 14 a 17,5 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

As áreas em estudo que receberam aplicação de ARS apresentaram teores de cobre na faixa de 0,4 a 5,62 mg dm<sup>-3</sup>; de zinco, de 0,9 a 21,48 mg dm<sup>-3</sup>; de ferro, de 6 a 55 mg dm<sup>-3</sup>; e de manganês, de 0,3 a 19,7 mg dm<sup>-3</sup>, sendo os teores mais elevados sempre na camada de 0 a 20 cm.

A falta de cobre é bastante comum no cerrado, devido à pobreza do solo. Elemento químico importante na nutrição das plantas de café, o cobre em excesso pode causar toxidez (MALAVOLTA, 1986). Micronutriente importante na nutrição do cafeeiro, o zinco é considerado um elemento carente nos solos cultivados com café (MALAVOLTA, 1986).

Valores de pH elevados, drenagem excessiva do terreno e solos ácidos são alguns dos fatores que podem provocar carência de ferro (MALAVOLTA, 1986).

Micronutriente presente nas rações de suínos, o manganês se manifesta na água residuária em baixas concentrações e, conseqüentemente, no solo quando este é submetido à sua aplicação. Elemento que compõe a nutrição do cafeeiro, pode ser tóxico em algumas situações: em solos mal drenados, onde o teor de Mn<sup>+2</sup> é muito elevado, e devido ao uso contínuo de doses elevadas de adubos nitrogenados acidificantes (MALAVOLTA, 1986).

Os metais pesados, embora presentes nos dejetos em baixas concentrações, são também motivo de preocupação, em razão de sua elevada toxicidade e das altas doses aplicadas no solo (MATOS e SEDIYAMA, 1995).

Dentre os metais pesados, o cobre e o zinco têm sido motivo de maior preocupação, uma vez que são importantes componentes do suplemento dietético de rações e de formulações de antibióticos (SCHERER e BALDISSERA, 1994), aumentando os riscos de contaminação ambiental.

Para LOEHR (1977), quando resíduos animais são incorporados ao solo, geralmente a carga aplicada não proporciona aumento da

concentração de metais pesados, de forma a serem tóxicos às plantas, porque eles são fortemente complexados pela argila e pelos componentes orgânicos, permanecendo relativamente pouco disponíveis às plantas e à lixiviação.

O solo retém maior quantidade de cobre e zinco entre o pH 7,0 e 8,7, diminuindo progressivamente as quantidades retidas à medida que o meio se torna mais ácido (LINDSAY, 1979; MATOS, 1995). Segundo KIEHL (1985), a disponibilidade do cobre e do zinco às plantas depende da natureza e do conteúdo de matéria orgânica, do tipo e do teor de minerais de argila presentes e do pH do solo. MILLER et al. (1987) observaram decréscimo acentuado dos teores de cobre disponível com o tempo, após um mês de sua aplicação ao solo, sugerindo ser a adsorção específica a principal forma de retenção desse metal no solo.

A adição de dejetos líquidos de suínos, sabidamente ricos em Cu e Zn (958 e 303 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca, respectivamente), proporcionou aumento nas concentrações totais desses metais em todos os compostos orgânicos produzidos com dejetos líquidos de suínos e diferentes materiais palhosos (SEDIYAMA et al., 1995). Após a compostagem, as concentrações máximas encontradas para Cu e Zn foram, respectivamente, de 200 e 145 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca. Considerando que os limites máximos para a concentração desses metais em compostos orgânicos são de 750 mg kg<sup>-1</sup> para cobre e 1.400 mg kg<sup>-1</sup> para zinco (WA DOE Interim Guidelines for Compost Quality, citado por BEAVER, 1994), pode-se verificar que as concentrações desses metais situaram-se dentro de padrões bastante seguros para utilização na agricultura.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho foi realizado nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG, abrangendo as cidades de Patrocínio, Patos de Minas, Romaria, Monte Carmelo, Varjão de Minas, Carmo do Paranaíba e Uberaba.

Os objetivos do trabalho foram fazer um diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada em propriedades selecionadas; estudar as características de aplicação de águas residuárias através dos sistemas de irrigação por aspersão e localizada quanto à uniformidade; caracterizar as águas residuárias de suínos que são aplicadas ao solo; e avaliar comparativamente as características químicas e físicas de solos sem e com aplicações de águas residuárias de suínos.

Foram selecionadas 11 propriedades que tivessem granja de suíno e cafeicultura, através da ASTAP (Associação dos Suinocultores do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba). Como primeira etapa, foram aplicados questionários aos produtores, visando caracterizar sua propriedade, localidade, área total, área total cultivada com a cultura do café, área cafeeira adubada com dejetos, manejo adotado com os animais, número de suínos, sistema de criação (extensivo ou intensivo), quais as formas de aplicação da água residuária na cafeicultura, tipos de sistemas de irrigação utilizados para esta aplicação, formas de bombeamento da água residuária e problemas advindos desta prática.

Na segunda parte do trabalho, realizaram-se avaliações de uniformidade de aplicação de águas residuárias da suinocultura através dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) nos sistemas de irrigação por aspersão (autopropelido, canhões hidráulicos e aspersão em malha) e localizada (gotejamento).

Em todas as propriedades foram coletadas águas residuárias da suinocultura originárias de diversas fases do animal, além da água utilizada para aplicação ao solo via gotejamento e aspersão em malha, objetivando caracterizá-las física e quimicamente. Em seis das propriedades estudadas, parte da área cafeeira não recebia águas residuárias. Foram coletadas amostras de solo em três pontos a três profundidades, em ambas as áreas dentro de cada localidade, para avaliação comparativa das características do solo.

Por meio dos questionários e resultados obtidos através da caracterização dos sistemas de irrigação, ARS e solo, nas condições em que o trabalho foi realizado, concluiu-se que:

- Nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, mais de 90% dos suinocultores ainda utilizam a chorumeira para aplicação de ARS na cafeicultura.
- Das propriedades diagnosticadas, 64% tiveram problemas com a utilização de bombas centrífugas e hoje utilizam bomba helicoidal para recalque das águas residuárias da suinocultura.
- É possível distribuir a água residuária da suinocultura por irrigação localizada, desde que haja manejo adequado do equipamento e da ARS em todo o processo de aplicação.
- Comprovou-se a grande variabilidade nas características físicas e químicas das águas residuárias da suinocultura originárias das diversas fases do animal.
- Alguns elementos analisados, como ferro, manganês, cobre e zinco apresentaram concentrações consideradas impróprias para irrigação de culturas agrícolas.
- Os solos das áreas submetidas à aplicação de águas residuárias da suinocultura apresentaram, nas camadas estudadas, aumento nas concentrações dos elementos analisados.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIN, A, SACKS, M. Dripper-clogging factor in wastewater irrigation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, New York, v.117, n.6, p.813-825, Nov./Dec., 1991.
- ALVARENGA, S.C. **Estudo da diminuição do impacto ambiental decorrente de melhoria no manejo e utilização de dejetos suíno**. Viçosa, EPAMIG, 1997. 134p. (Relatório Final de Pesquisa).
- AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. **A qualidade de água na agricultura**. Campina Grande, PB: UFPB, 1991 (Estudos FAO Irrigação e drenagem, boletim 29).
- BEAVER, T. Pilot study of coal ash compost. **Compost Science & Utilization**, Summer: 18-21. 1994.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 7.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1996. 657p.: il.
- BLEY JUNIOR, C. Instalações para tratamento de dejetos. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE DEJETOS DE SUÍNOS, MANEJO E UTILIZAÇÃO, DO SUDESTE GOIANO, 1, 1997, Rio Verde. **Anais...** Rio Verde: Fundação do Ensino Superior de Rio Verde, ESUCARV. 1997. p. 48-68.
- BORGES JÚNIOR, J. C. F., MANTOVANI, E. C. Desenvolvimento de um programa para avaliação da irrigação por sistemas pressurizados. **Trabalhos apresentados no IV Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, Araguari-MG, pela Equipe da Universidade Federal de Viçosa – Resumos Expandidos**. Araguari: 2001. p. 42 – 48.

- BRANDÃO, V.S. **Tratamento de águas residuárias de suinocultura utilizando filtros orgânicos**. Viçosa: UFV, 1999. 65p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- BURNS, J.C., WESTERMAN, P.W., KING, L.D., CUMMINGS, G.A., OVERCASH, M.R., GOODE, L. Swine lagoon effluent applied to “Coastal” Bermudagrass: I. Forage Yield, quality and element removal. **J. Environ. Qual.** v.14, n.1, p.9-14, 1985.
- CAMPELO, P.L.G. **Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características físico-hídricas e químicas de um solo podzólico vermelho-amarelo**. Viçosa: UFV, 1999. 55p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- DENÍCULI, W., BERNARDO, S., THIÁBAUT, J.T.L., SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, v.27, n.50, p.155-162, 1980.
- DESIGN of anaerobic lagoons for animal waste management. **ASAE Standards**, v.37, p.49-52, 1990
- DETAR, W.R. Rate of intake and stream advance for liquid dairy manure in furrows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.35, n.4, p.1153-1160, 1980.
- EMBRAPA, 1999. **Relatório da estimativa da safra cafeeira no Brasil safra 1999/2000**. Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café – Embrapa. 6p. Maio, 1999
- EVANS, R.G., HAN, S., KROEGER, M.W. Spatial distribution and uniformity evaluations for chemigation with center pivots. **Transaction of the ASAE**, v.38, n.1, p.85-92, 1995.
- GOMES FILHO, R.R. **Tratamento de águas residuárias da suinocultura utilizando o cultivo hidropônico de braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e aveia forrageira (*Avena strigosa*)**. Viçosa: UFV, 2000. 139p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- JELINEK, T. Collection, storage and transport of swine wastes. In: TAIGAIDES, E.P. **Animal wastes**. Essex, England: Applied Science, 1977. p.165-174.
- KELLER, J., BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649p.

- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- KING, L.D., WESTERMAN, P.W., CUMMINGS, G.A., OVERCASH, M.R., BURNS, J.C. Swine lagoon effluent applied to 'coastal' bermudagrass: II effects on soil. **Journal Environmental Quality**, v.14, n.1, p.14-21, 1985.
- KONZEN, E.A, PEREIRA FILHO, I.A., BAHIA FILHO, A.F.C., PEREIRA, F.A. **Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 31p. (Circular Técnica, 25).
- LINDSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils**. New York, John Wiley & Sons, 1979. 499p.
- LO MONACO, P.A. **Influência da granulometria do material orgânico filtrante na eficiência de tratamento de águas residuárias**. Viçosa: UFV, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – no prelo.
- LOHER, R.C. **Pollution control for agriculture**. New York: Academic Press, 1977. 467p.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem do cafeeiro**. Santo André: Companhia Paulista de Fertilizantes, 1986. 43p.
- MANTOVANI, E.C. Consórcio Brasileiro de P&D do Café na irrigação do cafeeiro. **Revista ITEM**, n.48, p.28, 2000.
- MARTINS, M.R. **Características e valor nutritivo de silagens contendo dejetos de suínos**. Viçosa: UFV, 1996, 54p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- MATIELLO, J.B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320p.
- MATOS, A.T. **Fatores de retardamento e coeficientes de dispersão-difusão do zinco, cádmio, cobre e chumbo em solos do município de Viçosa-MG**. Viçosa, Imprensa Universitária, UFV, 1995. 110p.
- MATOS, A.T., SEDIYAMA, M.A., FREITAS, S.P., VIDIGAL, S.M., GARCIA, N.C.P. Características químicas e microbiológicas do solo influenciadas pela aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Ceres**, v.44, n.254, p.399-410, 1997.
- MERRIAM, J.L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- METCALF & EDDY INC. **Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse**. New York: McGraw-Hill, 1979. 920p.

- MILLER, W.P., MARTENS, D.C., ZELAZNY, L.W. Short-term transformations of copper in copper-amended soils. **J. Environ. Qual.**, v.16, n.2, p.176-81, 1987.
- MINER, J.R., GOH, A.C., TAIGANIDES, E.P. Chemical treatment of anaerobic swine manure lagoon effluent and contents. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.26, n.4, p.1177-1180, 1983.
- NOVAIS, R.F., SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV-DPS, 1999. 399p.
- OLIVEIRA, P.A.V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188p. (Documentos, 27).
- PERDOMO, C.C., LIMA, G.J.M.M. Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. **Suinocultura Intensiva – Produção, Manejo e Saúde do Rebanho**/editado por Jurij Sobestiansky; Ivo Wentz; Paulo R.S. da Silveira; Luiz A.C. Sesti. – Brasília: Embrapa – CNPSa, 1998. 388p.
- PERDOMO, C.C. Uso racional da água no manejo de dejetos de suínos. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS, 1, 1995, Ponte Nova-MG. **Anais...** Ponte Nova: EPAMIG/CRZM, 1995. p.8-23.
- PERDOMO, C.C. Uso racional de dejetos suínos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 1, 1996, Campinas, SP. **Anais...**Campinas: Gessuli, 1996. p.1-19.
- QUEIROZ, F.M. **Avaliação de gramíneas forrageiras para o tratamento de águas residuárias da suinocultura**. Viçosa: UFV, 2000. 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G, ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação** – Viçosa-MG, 1999.
- SCHERER, E.E., BALDISSERA, I.T. **Aproveitamento dos dejetos de suínos como fertilizantes**. In: DIA DE CAMPO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS. 1994, Concórdia-SC. 1994. Concórdia: EMBRAPA-CNPS, 1994. p.33-38. (Documentos, 32).
- SEDIYAMA, M.A.N., GARCIA, N.C.P., VIDIGAL, S.M., MATOS, A.T., LOURES, E.G. Compostos orgânicos contendo dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio: II – Valor fertilizante dos compostos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. **Anais...**, Viçosa, 1995. p.666-667.

- SOLOMON, K.H. **Sprinkler irrigation uniformity**. Fresno: California State University, 1990. 15 p. (Irrigation notes).
- STAHLY, T.S., CROMWELL, G.L., MONEGUE, H.J. Effects of the dietary inclusion of copper and (or) antibiotics on the performance of weaning pigs. **J. Anim. Sci.** v.51, p.1347-51, 1980.
- TAIGANIDES, E.P. **Animal Wastes**. London: Applied Science, 1977. 429p.
- VICTORIA, F.R.B. **Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos**. Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPSA, 1995, p.97-193
- Von SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1996. v.1, 243p.
- WESTERMAN, P.W., KING, L.D., BURNS, J.C., CUMMINGS, G.A., OVERCASH, M.R. Swine manure and lagoon effluent applied to a temperate forage mixture: II rainfall escoamento superficial and soil chemical properties. **Journal Environmental Quality**, v.16, n.2, p.106-112, 1987.

## **APÊNDICE**

## APÊNDICE A

### ESTUDO DA APLICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA EM ÁREA DE CAFEICULTURA IRRIGADA NA REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO E ALTO PARANAÍBA-MG

#### QUESTIONÁRIO

##### I. IDENTIFICAÇÃO

- 1) Nome do proprietário: \_\_\_\_\_
- 2) Endereço: \_\_\_\_\_
- 3) Nome da propriedade: \_\_\_\_\_
- 4) Localização: \_\_\_\_\_

##### II. CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE

- 1) Altitude \_\_\_\_\_
- 2) Temperatura média \_\_\_\_\_
- 3) Precipitação anual \_\_\_\_\_
- 4) Área total da propriedade \_\_\_\_\_
- 5) Número de matrizes de suínos \_\_\_\_\_

##### Cultura de maior importância econômica (Especificar):

\_\_\_\_\_ / Área plantada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ / Área plantada \_\_\_\_\_

- 6) Culturas adubadas com águas residuárias da suinocultura

CULTURA 1: \_\_\_\_\_  
Tipo de solo: \_\_\_\_\_  
Idade: \_\_\_\_\_  
Variedade: \_\_\_\_\_  
Espaçamento: \_\_\_\_\_  
Controle de plantas invasoras: \_\_\_\_\_

Área adubada: \_\_\_\_\_  
Equipamento utilizado p/ aplicação das ARS: \_\_\_\_\_  
Tempo de utilização do equipamento: \_\_\_\_\_  
Problemas advindos da utilização do equipamento de irrigação  
(entupimento, manejo inadequado, vida útil): \_\_\_\_\_  
Quantidade de ARS aplicada/área: \_\_\_\_\_  
Frequência de aplicação: \_\_\_\_\_  
Produção obtida/área (produtividade): \_\_\_\_\_

CULTURA 2: \_\_\_\_\_  
Tipo de solo: \_\_\_\_\_  
Idade: \_\_\_\_\_  
Variedade: \_\_\_\_\_  
Espaçamento: \_\_\_\_\_  
Controle de plantas invasoras: \_\_\_\_\_  
Área adubada: \_\_\_\_\_  
Equipamento utilizado p/ aplicação das ARS: \_\_\_\_\_  
Tempo de utilização do equipamento: \_\_\_\_\_  
problemas advindos da utilização do equipamento de irrigação (entupimento,  
manejo inadequado, vida útil): \_\_\_\_\_  
Quantidade de ARS aplicada/área: \_\_\_\_\_  
Frequência de aplicação: \_\_\_\_\_  
Produção obtida/área (PRODUTIVIDADE): \_\_\_\_\_

**III. ADUBAÇÃO CONVENCIONAL** (Este tópico se refere às áreas que recebem aplicação de ARS)

Além da adubação com ARS, é feita alguma aplicação de fertilizantes minerais?  
 sim  não

Aplica-se calcário?  
 sim  não

São feitas análises de solo?  
 sim  não

São feitas análises foliares?  
 sim  não

A quantidade de calcário é determinada pela análise de solo?  
 sim  não



Quem faz a recomendação de calagem/adubação? \_\_\_\_\_

Quantidade média de adubo mineral por área: \_\_\_\_\_

Quantidade média de calcário por área: \_\_\_\_\_

**OBSERVAÇÕES:**

---

---

---

---

---