

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DINÂMICA E LIXIVIAÇÃO DE ÍONS EM COLUNAS DE SOLO DE UMA ÁREA
IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA
FRANCIELE ANÍ CAOVIALLA**

CASCADEL – Paraná – Brasil

Julho – 2005

FRANCIELEANÍ CAOVIŁLA

**DINÂMICA E LIXIVIAÇÃO DE ÍONS EM COLUNAS DE SOLO DE UMA
ÁREA IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharias de Sistemas Agroindustriais.

Orientador: Dr. Silvio César Sampaio

CASCAVEL – Paraná – Brasil

Julho – 2005

FRACIELE ANI CAOVIALLA

“Dinâmica e lixiviação de íons em colunas de solo de uma área irrigada com água residuária”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, pela comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. Dr. Silvio César Sampaio
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Prof. Dr. Vanderlei Rodrigues da Silva
PUC – Toledo - PR

Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Prof^a. Dr^a. Maria Hermínia Ferreira Tavares
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Prof. Dr. Décio Lopes Cardoso
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Cascavel, 08 de julho de 2005.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela presença constante em minha vida.

Aos meus pais: Luiz Caovilla (in memoriam) e Iolanda Dallagnol Caovilla, pela compreensão, amor, carinho e, principalmente, pelo companheirismo.

Ao meu irmão Crystian Henrique Caovilla, pelo amor, amizade, e companheirismo durante a realização deste trabalho.

À minha família, em especial: vó Matilde, tia Derci, Vanessa, Lauren, Miguel, tia Luiza, Márcia e tia Inês, que acompanharam mais esta etapa vencida em minha vida.

Ao meu namorado Vanderlei Mano Follador, que está ao meu lado há muitos anos, acompanhando meu crescimento pessoal e acadêmico, aconselhando, tendo paciência, amor, carinho e incentivo.

Às amigas: Juliana, Elizete, Márcia e Cláudia, pelo apoio, incentivo, paciência e carinho ao longo de todos esses anos de convivência.

À vizinha, que se tornou grande amiga nesta caminhada acadêmica, Silvia Correia, pela prontidão, compreensão e colaboração na realização deste trabalho.

Aos amigos Márcia, Morgana, Marciane, Larissa, Rubens, Rodrigo, Dione e Rosângela que foram colaboradores e companheiros durante a realização deste trabalho.

Aos meus colegas, amigos e “irmãos”, Elisandro Pires Frigo e Gládis Sandi Tosin pela amizade, cumplicidade, carinho e auxílio em todos os momentos.

Aos colegas Geremias, Marlene, Celso, Clóvis e Jorge, pela amizade durante o curso de mestrado.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus de Cascavel, pela oportunidade oferecida para a realização do curso de Mestrado.

Ao Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – N.E.E.A., pela área experimental cedida para realizar os trabalhos de campo.

A todos os funcionários da UNIOESTE, pelos serviços prestados.

A todos os professores que, ao longo do curso, dedicaram-se a transmitir conhecimentos e pela amizade adquirida.

Ao Professor Dr. Silvio César Sampaio, pela orientação, dedicação, apoio, amizade, ensinamentos, auxílio e companheirismo em todos os momentos.

Aos professores Dr. Joaquim Odilon Pereira, Dr. Décio Lopes Cardoso e a professora Dr^a. Lúcia H. Nóbrega, pelo auxílio incondicional durante a realização deste trabalho.

Às coordenadoras do Curso de Economia Doméstica da UNIOESTE, Campus de Francisco Beltrão, Professoras Rose Mary Q. Silochi e Christine N. Grabaski, pela compreensão nos momentos de ausência.

Ao Laboratório Soloanálise, pelas análises realizadas.

À Fundação Araucária, pelo auxílio financeiro.

À Cooperativa Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda. - COODETEC, pela cedência das sementes.

A MEUS PAIS

*Luiz Caovilla, que participou de parte desta caminhada
tendo que partir antes do fim... e
Iolanda Dallagnol Caovilla*

A MEU IRMÃO

Crysthian Henrique Caovilla

AO MEU NAMORADO

Vanderlei Mano Follador

DEDICO

*Aos meus alunos do curso de Economia Doméstica da UNIOESTE,
Campus de Francisco Beltrão.*

OFEREÇO

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xi
ABSTRACT.....	xiv
1INTRODUÇÃO.....	1
2REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1SOLO.....	5
2.1.1Considerações Gerais.....	5
2.1.2Características Químicas do Solo.....	8
2.1.2.1Capacidade de troca catiônica - CTC.....	8
2.1.3Características Morfológicas do Solo.....	10
2.2CICLO DO NITROGÊNIO.....	12
2.3O FÓSFORO NO SOLO.....	19
2.4O POTÁSSIO NO SOLO.....	21
2.5QUALIDADE DA ÁGUA.....	22
2.5.1Águas Residuárias e suas Vantagens.....	25
2.6CONSIDERAÇÕES SOBRE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO.....	29
3MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.11º FASE – EXPERIMENTO DESENVOLVIDO NO CAMPO.....	31
3.22º FASE – EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO.....	38
3.2.1Análises Físico-Químicas das Colunas.....	39
3.2.1.1Análise de lixiviação das colunas.....	39
3.2.2Determinação da Condutividade Hidráulica Saturada (K_o).....	43
4RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA – VIBs (campo - estufa).....	44
4.2ANÁLISE FÍSICA DO SOLO, NOS QUATRO TRATAMENTOS, APÓS A APLICAÇÃO DE EFLUENTE.....	53
4.3ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO.....	53
4.4ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EM PROFUNDIDADES DIFERENTES DO SOLO.....	54
4.5ANÁLISE QUÍMICA DO LIXIVIADO.....	75
4.5.1Análise Química do Lixiviado das Colunas Deformadas.....	76
4.5.2Análise Química do Lixiviado das Colunas Indeformadas.....	85
5CONCLUSÕES.....	94
REFERÊNCIAS.....	96
APÊNDICES.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interação da solução do solo com a fase sólida, líquida e gasosa, com as plantas e microorganismos.....	7
Figura 2 - Propriedades gerais das substâncias húmicas e efeitos causados ao solo.....	10
Figura 3 - Fixação do nitrogênio.....	13
Figura 4 - Ciclo do nitrogênio na biosfera.....	14
Figura 5 - O ciclo do fósforo no solo.....	21
Figura 6 - O ciclo do potássio.....	22
Figura 7 - Principais rotas de poluentes nos recursos hídricos.....	23
Figura 8 - Esquema da área experimental.....	35
Figura 9 - Sistema de irrigação (cabeçal de controle).....	36
Figura 10 - Visão frontal da estufa e do sistema de irrigação.....	36
Figura 11 - Coleta de coluna indeformada.....	39
Figura 12 - Esquema representativo para ensaios de lixiviação, relativos às águas residuárias em colunas de solo.....	40
Figura 13 - Vista do experimento montado das colunas deformadas.....	42
Figura 14 - Experimento com colunas indeformadas.....	42
Figura 15 - Amostras de material lixiviado, devidamente etiquetadas e armazenadas para posterior envio ao laboratório.....	43
Figura 16 - Tratamento 1 – infiltração.....	45
Figura 17 - Tratamento 1 – velocidade média.....	46
Figura 18 - Tratamento 2 – infiltração.....	46
Figura 19 - Tratamento 2 – velocidade média.....	47
Figura 20 - Tratamento 3 – infiltração.....	48
Figura 21 - Tratamento 3 – velocidade média.....	48
Figura 22 - Tratamento 4 – infiltração.....	49
Figura 23 - Tratamento 4 – velocidade média.....	50
Figura 24 - Curva de infiltração T1, T2, T3 e T4.....	50
Figura 25 - Velocidade média para os tratamentos t1, t2, t3 e t4.....	51
Figura 26 - Matéria orgânica em função da concentração de ARS.....	55
Figura 27 - Profundidade em função da matéria orgânica.....	56
Figura 28 - pH em função da concentração de ARS.....	57
Figura 29 - Profundidade em função do pH.....	57
Figura 30 - Potássio em função da concentração de ARS.....	59
Figura 31 - Profundidade em função do potássio.....	59
Figura 32 - Saturação de bases em função da concentração de ARS.....	61
Figura 33 - Profundidades em função da saturação de bases.....	61
Figura 34 - Alumínio em função da concentração de ARS.....	62
Figura 35 - Alumínio em função da profundidade.....	62
Figura 36 - Soma das bases em função da concentração de ARS.....	64
Figura 37 - Profundidade em função da soma de bases.....	64

Figura 38 - Magnésio em função da concentração de ARS.....	65
Figura 39 - Profundidade em função do magnésio.....	66
Figura 40 - H + Al em função da concentração de ARS.....	66
Figura 41 - H + Al em função da profundidade.....	67
Figura 42 - Fósforo em função da concentração de ARS.....	68
Figura 43 - Fósforo em função da profundidade.....	68
Figura 44 - Capacidade de troca catiônica em função da concentração de ARS..	70
Figura 45 - Capacidade de troca catiônica em função da profundidade.....	71
Figura 46 - Cálcio em função da concentração de ARS.....	72
Figura 47 - Cálcio em função da profundidade.....	72
Figura 48 - Lixiviação do fósforo em função do volume de poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos.....	77
Figura 49 - Lixiviação de nitrogênio total em função do volume de poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos.....	78
Figura 50 - Lixiviação do nitrogênio amoniacal em função do volume de poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos.....	79
Figura 51 - Lixiviação do nitrato em função do volume de poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos.....	82
Figura 52 - Lixiviação do potássio em função do volume de poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos.....	83
Figura 53 - pH em função do volume de poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos.....	83
Figura 54 - CE em função do volume de poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos.....	85
Figura 55 - Lixiviação do fósforo em função do volume de poros em colunas indeformadas para os respectivos tratamentos.....	86
Figura 56 - Lixiviação do potássio em função do volume de poros em colunas indeformadas para os respectivos tratamentos.....	87
Figura 57 - Lixiviação do nitrogênio em função do volume de poros em colunas indeformadas para os respectivos tratamentos.....	87
Figura 58 - Lixiviação do nitrogênio amoniacal em função do volume de poros em colunas indeformadas para os respectivos tratamentos.....	89
Figura 59 - Lixiviação do nitrato em função do volume de poros em colunas indeformadas para os respectivos tratamentos.....	91
Figura 60 - pH em função do volume de poros em colunas indeformadas para os respectivos tratamentos.....	91
Figura 61 - CE em função do volume de poros em colunas indeformadas para os respectivos tratamentos.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da análise química do solo da área experimental.....	31
Tabela 2 - Análise físico-química do efluente não diluído.....	33
Tabela 3 - Análise físico-químico da água e do efluente diluído.....	34
Tabela 4 - Datas de irrigação e lâmina aplicada.....	34
Tabela 5 - Infiltração acumulada e velocidade de infiltração acumulada.....	52
Tabela 6 - Velocidade de infiltração.....	52
Tabela 7 - Equações de infiltração e velocidade de infiltração média para os tratamentos.....	52
Tabela 8 - Velocidade de infiltração média.....	53
Tabela 9 - Análise física do solo.....	53
Tabela 10 - Características das colunas de solo deformadas.....	54
Tabela 11 - Características das colunas de solo indeformadas.....	54
Tabela 12 - Resumo dos resultados das análises de variância para os parâmetros químicos do solo em função dos tratamentos aplicados e das profundidades.....	73

RESUMO

Este trabalho avaliou os processos de infiltração e de lixiviação de íons em um solo cultivado com soja quando irrigado com água residuária proveniente da suinocultura (ARS). O experimento foi conduzido em estufa no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola e no Laboratório de Hidráulica pertencentes à Universidade Estadual do Oeste do Paraná e à área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – RHESA. As análises químicas foram realizadas no Laboratório Soloanálise de Cascavel - PR. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico de textura muito argilosa, com 68% de argila, 13% de silte e 19% de areia. A ARS aplicada foi concentrada e utilizada dentro dos seguintes níveis: 0, 25, 50 e 75%. Foram realizados os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente, em cinco repetições. A cultura usada foi a soja (*Glycine Max L. Merrill*), cultivar CD 216 da Cooperativa Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda - COODETEC. Foram retiradas amostras de solo para análise física e química nas profundidades de 20, 40 e 60 cm, para verificar o movimento de íons em campo. Em seguida, foi realizado o ensaio de velocidade de infiltração. Na seqüência, coletaram-se colunas de solo indeformadas e deformadas para os ensaios de lixiviação de íons. Os resultados permitiram concluir que não houve efeito da profundidade sobre os tratamentos, nem dos tratamentos sobre as profundidades. Somente para o elemento potássio e para a capacidade de troca catiônica a profundidade mostrou-se significativa. Quanto à velocidade de infiltração básica - VIB, percebeu-se um valor maior no tratamento 1. Com relação aos resultados obtidos com as colunas deformadas, a maioria dos parâmetros mostraram-se maiores quando aplicado T4. Somente no nitrogênio amoniacal verificaram-se valores iguais para todos os tratamentos. Com relação a CE, observou-se no primeiro ponto analisado que o T2 esteve maior, porém, a partir do segundo ponto analisado os maiores valores obtidos foram para o T4. Quanto às colunas indeformadas, percebeu-se com relação ao T4 valores maiores para os seguintes parâmetros: P, K e Nitrato. O nitrogênio esteve maior no T3,

seguido do T4. No nitrogênio amoniacal o comportamento da coluna indeformada foi o mesmo da deformada. O pH esteve maior no T1, cujo valor esteve próximo a 7,0. A CE esteve maior no T3, seguido do T4. Conclui-se, portanto que o T4 teve influência nas duas metodologias aplicadas, muito provavelmente devido ao teor de efluente aplicado.

Palavras-chave: reuso, água residuária, soja.

ABSTRACT

This work evaluated the infiltration and leaching of ions processes in a soil cultivated with soybean when it was irrigated with wastewater originated from the suinoculture (ARS). The experiment was carried out in greenhouse at the Agricultural Engineering Experimental Centre and at Hydraulics Laboratory, both belonging to the West Parana State University, and the last one, belonging to Hydrical Resources and Environmental Sanitation- RHESA, being the chemical analyses performed in the Soil Analysis Laboratory of Cascavel - PR. The soil from the experimental area is classified as Latossolo Vermelho distroférrico típico having very loamy texture, with 68% of clay, 13% of silte and 19% of sand. The ARS used was concentrated and utilized within the following levels: 0, 25, 50 and 75%, being performed the treatments T1, T2, T3 and T4, respectively and five repetitions. The culture used was the soybean (*Glycine Max* L. Merrill), cultivar CD 216 from the Technological and Economical Development Agricultural Cooperative Ltda. (COODETEC). The soil samples were removed for performing the physical and chemical analysis in the depths of 20, 40 and 60 cm, to verify the ions movement in field. As soon as possible, the essays of infiltration speed were performed. In the sequence the undisturbed and disturbed soil columns were collected for performing the essays of leaching ion. The results allowed to conclude that there was no effect of the depth on the treatments, nor of the treatments about the depths, only for the element potassium and for the capacity of cationic exchange that the depth was significant. In relation to the speed of basic infiltration - VIB, was noticed a greater value for the treatment 1. About the results obtained with the disturbed columns, most parameters showed greater when applied T4, only for the nitrogen amoniacal it was verified the same values for all treatments. In relation to the CE was observed in the first point analyzed that the T2 was greater, however, starting from the second point analyzed the greater values obtained were for the T4. About the undisturbed columns, was noticed, in relation to the T4, larger values for the following parameters: P, K, and Nitrate. The nitrogen was larger for the T3, followed by the T4. For the nitrogen amoniacal, the behavior of the undisturbed column was the same as the disturbed one. The pH was larger for the T1, and the value was close for 7,0. The CE was larger for the T3, followed by the T4. It is concluded, therefore, that the T4 had influence in the two applied methodologies, so far too probably because of the amount of affluent applied.

Keywords: reuse, wastewater, soybean.

v

1 INTRODUÇÃO

Não fossem as alterações naturais ocorridas na Terra, ao longo da existência do planeta, a quantidade de água disponível manter-se-ia sempre nos mesmos níveis, pois ela realiza um ciclo hidrológico, que inclui processos de absorção, infiltração, circulação, entre outros. O debate atual, portanto, não diz respeito à quantidade, mas à qualidade da água, pois os diversos processos de degradação vêm prejudicando os recursos naturais e contaminando as águas com resíduos de toda ordem.

A degradação preocupa, inclusive por que a distribuição da água sobre a terra não ocorre de maneira uniforme. A água doce representa somente 0,6% em águas superficiais, subterrâneas e na forma de vapor. Na fase sólida está presente nas geleiras e glaciares, totalizando 2,1%. A água salgada de mares e oceanos representa todo o restante: 97,3%.

O maior uso da água vem ocorrendo no setor agrícola, seguido pelo industrial e, por último, nas atividades domésticas. É exatamente nesse contexto que a questão do uso da água merece estudos aprofundados. Justifica também a importância que as novas gerações e, especialmente os governos, devem dar ao tema, pois a sobrevivência da humanidade, sem dúvida passa pelo uso e reaproveitamento racional, científico e político da água, sobretudo na busca de alternativas tanto de ordem intelectual como legal para a mais justa utilização dessa riqueza.

Ao tema apresentado se propõem questionamentos aprofundados sobre a utilização da água chamada residuária, que é aquela que contém resíduos e que é oriunda de processos que podem ser domésticos, industriais, comerciais, entre outros. A pesquisa limitou-se à região Oeste e Sudoeste do Paraná, cujo aproveitamento da água residual tem sido derivado mais usualmente do lodo de esgoto, laticínios, frigoríficos e de fecularias, merecendo especial destaque os resíduos oriundos de dejetos de suínos e bovinos.

O uso das águas residuárias atende a vários objetivos: como fontes de umidade, nutrientes, como matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio entre outros, além de ser economicamente viável, pois fornece nutrientes que seriam na maioria das vezes desperdiçados, simplesmente lançados ao solo. A planta, sem dúvida terá melhor desenvolvimento, acumulando maiores quantidades de nutrientes. Porém, todos esses

benefícios são contrapostos por alguns problemas oriundos da contaminação a que essas águas estão sujeitas. Exemplo disso é a quantidade de bactérias que, se não tratadas, podem prejudicar a cultura na qual forem aplicadas.

Muitos são os organismos patogênicos presentes nos efluentes, porém existem formas de tratamento para que eles não inviabilizem o uso dos dejetos. É o caso da retenção física no processo de infiltração e a ação de certos microorganismos. Por essa razão, esta pesquisa procurou observar os cuidados necessários para preservar a saúde e o meio ambiente, utilizando-se dos resíduos, efeitos da primeira ou segunda utilização da água limpa.

Nesse contexto, a utilização dos resíduos na agricultura pode proporcionar grande economia, com aumento no rendimento das culturas, diminuição do uso de fertilizantes industrializados e melhoria das condições físicas e químicas do solo, principalmente na questão da matéria orgânica. Foi principalmente com esse objetivo que se buscou pesquisar a respeito do uso dessas águas, pois ainda são pouco utilizadas e merecem um estudo mais aprofundado, haja vista o benefício e economia que podem gerar.

Como pesquisa consciente, este estudo não tem a pretensão de se constituir em tema pioneiro sobre o assunto, mas o propósito de chamar atenção para a tendência mundial, verificada principalmente nos países de primeiro mundo, sobre o reaproveitamento. A palavra de ordem é essa, ou seja, não se trata somente de reciclagem de papel, plástico ou materiais pesados, mas da água, fonte que não há muito tempo se tinha como inesgotável. A relevância do tema verifica-se também pelo investimento de pesados recursos que países da Europa vêm fazendo em estudos e na busca da melhor tecnologia para o aproveitamento da água, haja vista tratar-se a matéria relevante e de real necessidade para a preservação das espécies.

Dentre as águas residuárias, utilizadas na região da pesquisa, observa-se a da suinocultura, principalmente pelo aumento considerável na produção de suínos no Brasil e em especial no estado do Paraná, cuja população gira em torno de 5,3 milhões de animais. Com isso, os problemas gerados pela má disposição dos resíduos da suinocultura têm sido os causadores de contaminações diversas, com maior ocorrência principalmente nos cursos d'água.

Quanto às culturas vegetais várias são as que aceitam o aproveitamento de águas residuárias, resultando em uma melhor fertirrigação. Como exemplo, a cultura da soja que, nas regiões Oeste e Sudoeste do Paraná, é produzida em volume considerável e em outras

culturas, nas quais começa a ser introduzida a irrigação por águas residuárias, obtendo-se resultados senão satisfatórios, ao menos promissores.

A importância deste estudo reside também na necessidade de se demonstrar a possibilidade de aplicação de água residuária agroindustrial, proveniente de resíduos bovinos e suínos, na agricultura, pois essa água apresenta alto potencial poluidor, quando depositada no solo sem os ajustes necessários, além da carência de experiências nesta área.

A falta de um destino adequado aos resíduos, tanto pela questão da falta de espaço quanto por sua ação poluente justifica a iniciativa em busca de um método eficiente e eficaz de deposição desses resíduos. A suinocultura, como fonte muito rica em nutrientes, ou seja, nitrogênio, fósforo e potássio, os quais são necessários para o desenvolvimento das plantas, poderá, a despeito dos problemas que acarreta, ser útil, desde que aliada a um comportamento racional na forma de deposição dos resíduos no solo, reduzindo assim o impacto ambiental que poderia causar.

Atualmente percebe-se, felizmente, alguma conscientização, despertada exatamente através dos problemas ambientais gerados pela aplicação indevida de resíduos domésticos, comerciais e industriais. A recente legislação ambiental, objeto de grandes debates nacionais, tanto de ordem política como jurídica, imposta ou controlada pelos órgãos ambientais, tem despertado, principalmente no ramo industrial, a busca por soluções para redução dos impactos ambientais.

O meio rural também tem contribuído, valendo notar que tal ocorre principalmente pela avareza comercial, ou seja, pela busca desenfreada por lucros, maior produtividade e conseqüente uso indiscriminado de fertilizantes, ocasionando reflexamente prejuízos na qualidade de vida das pessoas e demais seres vivos, pois geralmente os impactos ambientais ocorrem nas pequenas propriedades rurais, onde as novas tecnologias de conservação do meio ambiente demoram a chegar. Para minimizar esse problema evidencia-se a necessidade de integração entre a produção animal e vegetal, visando à elevação da produtividade, redução dos custos e prevenção da poluição do solo, da água e do ar.

Baseado em todos os aspectos acima citados, a pesquisa se dirige especialmente aos agricultores, sempre guiada pelo propósito de aprimorar os conhecimentos a respeito da utilização das águas residuárias, enfatizando que seu uso pode ir além questão da viabilidade econômica, sendo uma alternativa ambiental para a deposição desse tipo de resíduo que,

muitas vezes, é gerado na própria propriedade. Esse talvez seja o grande retorno que esta pesquisa quer dar à comunidade, buscando caracterizar uma forma adequada de dispor os rejeitos da propriedade, tornando-os novamente aproveitáveis.

A notável carência cultural e tecnológica neste aspecto poderá ser melhor conduzida pelos órgãos ambientais na reeducação dos agricultores. Todavia, entende-se ainda pobre de subsídios porque ausentes programas eficientes pelos órgãos ambientais com a finalidade de transmitir esta contribuição ao meio agrícola.

O objetivo principal desta pesquisa foi avaliar o potencial da lixiviação de nitrogênio, potássio e fósforo, em colunas de solo indeformadas e também deformadas, ocorrida em Latossolo Vermelho Distroférico, cultivado com soja submetido à irrigação com água residuária proveniente de atividades agroindustriais.

Também foram realizadas análises químicas em três profundidades diferentes, além do estudo da infiltração. As análises foram realizadas no laboratório Soloanálise, com duração de uma semana. Como resultado da pesquisa foram elaboradas as curvas de eluição dos nutrientes acima citados, além de serem medidos parâmetros como a umidade, pH, processos de infiltração e características físicas e químicas do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SOLO

2.1.1 Considerações Gerais

A proposta apresentada com a presente obra se faz sem olvidar, logicamente, conceitos básicos, até para uma compreensão mais exata do que se expõe, daí porque a necessidade de reavaliação e de recapitulação de alguns deles.

O solo é um corpo natural, que possui comprimento, largura, profundidade e constitui a camada externa da litosfera, em contato com a atmosfera.

A doutrina é uníssona ao esclarecer que a composição do solo compõe-se, principalmente, por substâncias inorgânicas de diferentes composições químicas, misturadas à matéria orgânica em decomposição, ao ar e à água (FASSBENDER, 1994).

Os fatores envolvidos no processo de formação do solo conferem-lhe características e propriedades químicas e físicas próprias, importantes no fornecimento de água e minerais para o desenvolvimento de todos os seres vivos. Muitos são os fatores que interferem na formação do solo: o material de origem que é constituído de rochas; o clima que assume importância, sendo o solo produto do intemperismo do material de origem; os organismos que auxiliam na degradação da M. O.; o relevo influenciando no condicionamento da penetração da água; e o tempo que é fator formador, integrado às reações químicas.

O solo, por sua vez, é constituído de material sólido. É um corpo poroso, cujos poros têm dimensões variáveis. Existem variações quanto à quantidade de poros, em função da profundidade, práticas agrícolas, processos de formação e outras. A porosidade total do solo é definida pela densidade de volume, que se relaciona com a textura, estrutura e matéria orgânica (BRADY, 1989).

Quanto aos componentes sólidos, o solo é formado por matéria mineral e orgânica. A primeira apresenta minerais primários e minerais neoformados, produtos do intemperismo. A segunda é a união de restos vegetais e animais, em todos os seus estágios de decomposição.

Ainda de acordo com BARROS, AMARAL e JUNIOR (2003, p. 390),

[...] a incorporação da matéria orgânica no solo favorece a formação do húmus, cuja elevada capacidade de troca catiônica confere alta capacidade de tamponamento. Essa característica tampão justifica a pouca alteração de pH que ocorre nos solos em que são aplicadas águas residuárias.

A matéria orgânica pode perder ou receber íons H^+ (dissociação ou protonação), sendo que quando ganha íons o pH fica negativo e quando perde íons fica com pH positivo (MEURER, 2004, p.85).

A fertilidade do solo está associada ao fluxo de matéria e à energia do ambiente. São várias as trocas que existem, seja entre as substâncias dos seres vivos (animais e vegetais) ou entre as partículas minerais do solo. Assim ocorre a formação de componentes secundários responsáveis pelo equilíbrio, seja ele ácido-básico, biológico ou químico. O desenvolvimento dos ciclos biogeoquímicos é essencial ao desenvolvimento das plantas e à produtividade do solo (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2004, p. 114).

De acordo com BRADY (1989), a água que ocupa os poros do solo é chamada de solução do solo, contendo pequenas, porém significativas quantidades de substâncias minerais dissolvidas, muitas essenciais ao crescimento vegetal.

O componente líquido do solo é a água que vem combinada com minerais (cátions e ânions) dissolvidos e é absorvida pelas plantas. A gravidade é a principal responsável pelo deslocamento da água nas diversas camadas profundas da terra.

O solo apresenta muitas propriedades, dentre elas a capacidade de retenção de água.

Conforme MEURER (2004, p.27):

A água do solo é o veículo de transferência de nutrientes do solo para a planta; a água que percola no perfil do solo arrasta (lixívia) nutrientes e outros íons que se encontram na solução do solo. Pode também, arrastar poluentes, como metais pesados, para a profundidade do solo contaminando o lençol freático.

O ar existente no solo apresenta a mesma composição qualitativa do ar atmosférico, diferindo quantitativamente, ou seja, possuindo teores de CO_2 mais elevados do que o atmosférico e teores mais baixos de oxigênio (O_2). Essas concentrações estão intimamente ligadas às atividades biológicas do solo. A composição microbiana dos resíduos é responsável pela maior parcela do CO_2 e este diz respeito ao pH do solo e à solubilidade dos minerais solos (BRADY, 1989).

Em certos casos, tem sido observado aumento do pH no solo com o uso de dejetos

suínos, além da diminuição de toxidez de elementos encontrados no solo. A liberação de compostos solúveis em solução pode complexar elementos, propiciando maior mobilidade dos mesmos (BLEY JR., 2004, p.105).

A seguir é apresentada a Figura 1, que se refere à solução do solo.

Figura 1 - Interação da solução do solo com a fase sólida, líquida e gasosa, com as plantas e

microorganismos

Fonte: MEURER (2004, p.103), adaptado de LINDSAY (1979).

2.1.2 Características Químicas do Solo

Entre os parâmetros para a classificação dos solos estão as suas características químicas. Uma série de parâmetros químicos pode ser determinada no solo, como: o pH, que mede a acidez do solo; M. O., que acima de 30% indica solo orgânico; hidrogênio, que determina a acidez do solo, sendo que quanto maior o teor de H, menor o pH e, portanto, maior a acidez; alumínio, que é solúvel em meio ácido, ocorrendo quando o solo está com acidez elevada, sendo tóxico para as plantas. Cálcio, magnésio, potássio e fósforo são considerados macronutrientes. A soma das bases (S) é representada pelas bases presentes (Ca, Mg, K); capacidade de troca catiônica (CTC) que mostra a capacidade do solo em armazenar nutrientes correspondentes à somatória dos cátions presentes (S + H + Al); A saturação por bases que significa a relação entre as bases presentes com a CTC. A saturação por alumínio

significa o teor de alumínio em relação à somatória da soma de bases e alumínio, determinada pela fórmula: $Al \times 100 / S + Al$.

2.1.2.1 Capacidade de troca catiônica - CTC

Segundo ROCHA, ROSA e CARDOSO (2004, p.110), a capacidade de troca catiônica

[...] é definida como a quantidade de material seco e expressa a capacidade do solo de trocar cátions. A quantidades destes é fornecida pelo número de cargas positivas (centimol ou milimol) e a massa de solo seca, geralmente 100g ou 1 kg. Os valores encontrados para minerais argilosos variam de 1 a 150 centimol kg⁻¹, enquanto a CTC para a matéria orgânica pode atingir 400 centimol kg⁻¹, devido ao grande número de grupos oxigenados, particularmente carboxílicos (- COOH), os quais podem ligar e trocar cátions.

De acordo com o mesmo autor e página,

[...] do ponto de vista da fertilidade dos solos, são desejados valores elevados de CTC, pois maiores quantidades de cátions podem ser armazenados e posteriormente cedidos aos vegetais mediante reações de troca iônica (fluxos entre reservatórios).

Quanto aos processos de troca iônica, WAY e THOMPSON (1950), citados por ROCHA, ROSA e CARDOSO (2004, p.136):

[...] descobriram a capacidade de troca iônica trabalhando com solos. Verificaram que quando se percola uma solução de íons amônio em uma alíquota de solo, há retenção dos cátions de NH₄⁺ e liberação de uma quantidade equivalente de íons cálcio (Ca²⁺). A partir dessas observações, diversos pesquisadores trabalharam na tentativa de sintetizar trocadores de íons. No processo de troca iônica ocorre uma reação química reversível entre os íons das duas fases imiscíveis. Pode-se considerar um trocador iônico como uma substância insolúvel podendo trocar alguns de seus íons por outros do mesmo tipo de carga, contidos em um meio com o qual está em contato.

De acordo com BARROS, AMARAL e JÚNIOR (2003, p.390), “os solos argilosos apresentam maior capacidade de troca catiônica e maiores valores de pH e de umidade”.

São vários os fatores que interferem na capacidade de troca de íons no solo, como: a) área superficial específica; b) pH da solução do solo; c) adsorção específica de íons; e d) o teor de matéria orgânica (MEURER, 2004, p.145).

À medida que se aumenta o teor de matéria orgânica em solo de carga variável, diminui o pH do ponto de carga zero e se aumenta a CTC (MEURER, 2004, p.148).

A figura 2, a seguir, mostra as propriedades gerais das substâncias úmidas e seus efeitos no solo.

Figura 2 - Propriedades gerais das substâncias húmicas e efeitos causados ao solo

Fonte: ROCHA (2004, p.127), adaptado de STEVENSON (1994).

Segundo MUCHOVEJ e REHCIGL (1994), citados por COSTA et al. (1999, p.191), “em solos positivamente carregados, os quais têm capacidade de troca aniônica não desprezível, o nitrato pode ser adsorvido”.

O N (nitrogênio) e o P (fósforo) têm sido associados à contaminação ambiental, quando se fala em concentrações de minerais. Eles apresentam grandes diferenças em relação à força de adsorção e mobilidade no solo. Com relação ao fósforo, por exemplo, indica-se a alta capacidade dos solos (argilas e óxidos) intemperizados em adsorver certos ânions (H_2PO_4 , HPO_4 , MnO_4), porém a sua baixa mobilidade ocasiona baixa eficiência na sua utilização pelas plantas, quando da sua aplicação no solo. Já o nitrogênio é encontrado em cerca de 70% nos dejetos suínos e é facilmente assimilável pelas plantas, porém encontra-se em formas instáveis como a de nitrato, extremamente móvel, e na forma amoniacal volátil. O primeiro está associado à contaminação do lençol freático devido à lixiviação e o segundo relaciona-se à contaminação via erosão entre sulcos ou escoamento superficial em função do alto grau de adsorção nas partículas do solo e baixa mobilidade no perfil do solo (BLEY JR., 2004, p. 99).

Além dos minerais já referidos, o potássio merece destaque, principalmente por suas características e pela baixa concentração nos dejetos, não apresentando risco ambiental. Quanto à aplicação agrícola, o potássio dos dejetos é facilmente disponibilizado para as plantas. (BLEY JR., 2004, p.100).

2.1.3 Características Morfológicas do Solo

A desenvoltura deste trabalho se deve principalmente à morfologia do solo no qual foram realizadas as experiências. Há que se notar, todavia, que são várias as características que os solos apresentam, entre as quais a coloração, a textura, a estrutura, a cerosidade e a

consistência. Contudo o que interessa, nesta pesquisa, são as particularidades do terreno trabalhado no experimento, ou seja, na região Oeste do Paraná. Por esta razão, entende-se desnecessário conceitos genéricos, ao menos por hora, sobre os vários tipos de solos.

A natureza morfológica do solo experimentado tem a classificação dada pela EMBRAPA (1999) como Latossolo Vermelho Distroférico, cuja coloração sofreu modificação, ao longo do experimento, tornando-se sensivelmente mais escura, possivelmente pela presença de maior quantidade de matéria orgânica.

Por outro lado, convém lembrar que a principal característica física do solo é sua textura, que diz respeito às dimensões e características das partículas do solo. A fração areia apresenta partículas entre 2 e 0,05mm, constituída essencialmente de quartzo, responsável pelo aparecimento de macroporos e, portanto, pela aeração do solo, retendo pouca água e nutrientes. A fração silte compreende partículas entre 0,05 e 0,002mm, constituídas em sua maior parte de quartzo. A fração argila apresenta partículas menores que 0,002mm e é constituída em sua maior parte por minerais de argila, provendo a estruturação do solo, aparecendo um alto volume de poros, principalmente microporos, retendo água e nutrientes.

A textura refere-se às dimensões e características das partículas primárias do solo. As partículas são agrupadas em função do tamanho. Segundo PAGANINI (1997), solos com maiores teores de argila permitem maior eficiência na remoção e retenção de poluentes. Qualquer tipo de solo permite a disposição de águas residuárias. Deve-se condicionar o método de depuração, capacidade de infiltração, espessura e drenagem.

Segundo MUCHOVEJ e RECHCIGL (1994), citados por COSTA et al. (1999, p. 191):

[...] a textura do solo e a quantidade de matéria orgânica têm maior influência nas perdas por lixiviação. Solos de textura mais grosseira e de baixo conteúdo de M.O. tendem a permitir maiores perdas de nitrato por lixiviação, enquanto as menores perdas devem ocorrer em solos argilosos.

A infiltração está associada à facilidade com que a água atravessa a superfície do solo em termos de velocidade. É influenciada pela qualidade da água, pelas características físicas do solo (textura e tipo de mineral) e pelas características químicas (CTC) (FAO, 1985).

Com relação à estrutura do solo, define-se como o arranjo das partículas, unindo-se através de forças de adesão e coesão. Quanto mais estruturado o solo, maior o volume total de poros e, portanto, maior capacidade de armazenamento de água. A

estruturação do solo é promovida pelos minerais de argila, pelos óxidos de ferro e alumínio e pela M.O. coloidal (húmus). Conclui-se do conceito que o solo trabalhado para a presente pesquisa possui riqueza em sua estruturação, diante da fecunda composição argilosa e do teor de matéria orgânica.

Por fim, no que diz respeito à consistência do solo, trata-se do seu comportamento a diferentes teores de umidade. Quando seco, o solo apresenta dureza; quando úmido, friabilidade; molhado, plasticidade e pegajosidade, observando-se que no solo praticado, inicialmente encontrou-se terreno seco e, diante das várias aplicações ocorridas de efluente, evidentemente o mesmo sofreu alteração, passando a um solo com maior umidade.

2.2 CICLO DO NITROGÊNIO

De acordo com ANDREOLI et al. (2003), o nitrogênio é um elemento essencial para a formação de moléculas da vida, além de compor os aminoácidos e proteínas que formam os músculos e diversas enzimas e vitaminas e a clorofila, indispensável para a fotossíntese.

O nitrogênio existe naturalmente na atmosfera em grande quantidade, em torno de 78 % do ar, porém em forma não aproveitável pelos organismos vivos (N_2). As formas aproveitáveis mais importantes são: amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3). O nitrato deriva do nitrito e não é tão tóxico, porém em altas concentrações afeta o funcionamento dos órgãos. O excesso de nitrato nas águas propicia o aparecimento de algas. Para que ocorra a transformação do N_2 em amônio e nitrato há três formas: a natural, que ocorre através de raios das tempestades (reação eletroquímica, entre 2 a 10 kg/há/ano) e energia solar (reações fotoquímicas); a simbiótica realizada a partir da associação de microorganismos (como bactérias com nome de Rizobium) e as raízes das plantas (principalmente das leguminosas), formando nódulos nas raízes; e a artificial, que se dá industrialmente, por meio da adubação com compostos nitrogenados (uréia, nitrato de amônio, etc.). A fabricação de adubos nitrogenados é cara, isto porque se utiliza bastante energia em um processo que imita os raios das tempestades (ANDREOLI et al., 2003).

As formas aproveitáveis – amônia e nitrato – perdem-se facilmente no meio ambiente, podendo poluir e contaminar a água. A amônia é perdida para a atmosfera pela volatilização, transformando-se em formas gasosas. É maior em solos alcalinos e é favorecida por fatores como baixas CTC, pH maior ou igual a 7,0, temperatura elevada, baixo teor de umidade. O nitrato lixiviado no solo pode encontrar reservatórios subterrâneos, lençóis freáticos, cursos d'água, etc. A forma mais eficiente para “segurar” o nitrogênio no solo é por meio da matéria orgânica, que representa um reservatório do nutriente para as plantas e organismos do solo. Essa é uma razão para se manter a matéria orgânica no solo e praticar a agricultura orgânica, principalmente com o uso de dejetos orgânicos de animais, mantendo-se cuidado quanto à questão da contaminação.

A figura 3 mostra a fixação do nitrogênio no solo.

Figura 3 - Fixação do nitrogênio

Fonte: BRADY (1983, p.462)

De acordo com NEVES (1981), citado por CRUCIANI et al. (1998, p. 64):

Dentre os elementos que influenciam o desenvolvimento das plantas, o nitrogênio é de vital importância e, embora seja o mais abundante na natureza, representando cerca de 78% do ar atmosférico, é o elemento que mais limita a produção de culturas, pois na forma gasosa não é disponível para a maioria das plantas.

Quanto à absorção do nitrato, ocorre em cerca de três dias e as plantas não absorvem todo o nitrato depositado no solo. Com isso, ocorrem alguns processos de lixiviação, nos quais a água da chuva, principalmente, é responsável pelo transporte desse nutriente para rios, canais, córregos, lençóis freáticos.

A outra forma de nitrogênio, o nitrito é um composto derivado da amônia. As bactérias do gênero *Nitrosomonas* utilizam a amônia para obterem energia (a oxidação da amônia libera energia), por meio de um processo chamado quimiossíntese. A oxidação da amônia forma um novo composto: o nitrito, que é tóxico.

Segundo LÉON (1996, p. 64)

Nesse ponto, a decomposição do material orgânico poluente é separada pelas bactérias anaeróbicas (bactérias que vivem na ausência de oxigênio). Estas bactérias reduzem o material orgânico para um conjunto diferente de produtos finais – metano (CH_4), amônia (NH_3) e sulfeto de hidrogênio (H_2S). Eles conferem à água um mau cheiro e indicam poluição severa. Uma medida de quanta matéria orgânica natural – esgoto, esgoto tratado ou efluentes industriais – que pode ser descarregada com segurança nos rios e lagos é chamada de demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Ela é definida como a quantidade de oxigênio utilizada pelos microorganismos (incluindo bactérias) na decomposição da matéria orgânica, em uma amostra guardada no escuro por 5 dias, a uma temperatura de 20°C. Quanto maior a DBO, mais a matéria orgânica irá diminuir o nível de oxigênio dissolvido na água em que ela é descarregada.

Na Figura 4, mostra-se o ciclo do nitrogênio na atmosfera, em que o elemento sofre nitrificações (absorção de nitrogênio na forma de nitrato, oxidado por microorganismos) e desnitrificações (retorno do nitrogênio à atmosfera como N_2), entrando em contato com os seres vivos e sendo transformado por esses.

Figura 4 - Ciclo do nitrogênio na biosfera

Fonte: BRADY (1983, p. 442).

Um fertilizante somente será absorvido pela planta se estiver em solução. Quando ele não estiver solúvel, poderá ter efeito tóxico para a planta. No caso do nitrogênio, as principais formas químicas que ocorrem na solução do solo e que são absorvidas pela planta são: nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) (BRADY, 1989).

Segundo BLACK, citado por FEIGIN, RAVINHA, e SHALHEVET (1991), o nível

total de nitrogênio, assim como sua distribuição e composição química no perfil do solo, varia de acordo com o tipo de solo. Geralmente, nos horizontes superficiais de solos minerais, o nitrogênio total varia de 0,2 a 4,0 g.kg⁻¹.

Outro fator em relação à “distribuição do N no perfil do solo varia de acordo com a distribuição da matéria orgânica, pois a maior parte do mesmo se acha como componente desta” (KIEHL, 1983, p.156).

De acordo com FASSBENDER (1994), o nitrogênio da camada superficial do solo, encontra-se entre 85 e 95% na forma orgânica, sujeito à mineralização (N orgânico para inorgânico, sendo o processo de imobilização o inverso disso) por processos microbiológicos, sendo convertido em amônio (NH₄⁺), logo após, pela nitrificação (processo de oxidação enzimática ocasionado por bactérias) em nitrito (NO₂⁻) e finalmente em nitrato (NO₃⁻).

Quanto mais larga for a relação C/N do material orgânico adicionado ao solo, tanto maior será o período de imobilização. Alguns autores relatam que se a relação C/N for maior que 33/1 ocorrerá imobilização do N, se for menor que 17/1 ocorrerá a mineralização. Segundo KIEHL (1983, p. 164;166)., existem condições ideais para a mineralização completa do N, como temperatura em torno de 30°C; umidade 50 a 60% da capacidade de campo; pH neutro; relação C/N inferior a 20/1; arejamento o mais intenso possível, nutrientes e minerais em quantidades satisfatórias. À medida que a relação C/N decresce, durante a decomposição do material orgânico, o suprimento de energia diminui e o número de organismos também. A necessidade de N em relação ao C decresce até atingir o ponto em que N-NH₃ é liberado e nitrificado, sem ser excessivamente absorvido por microorganismos.

As bactérias que desenvolvem essas reações são influenciadas por alguns fatores: aeração, temperatura, umidade, calagem ativa, fertilizantes, proporção carbono/nitrogênio (BRADY, 1983, p. 447).

Segundo KIEHL (1983, p. 155), “a produção de vegetação e o conteúdo de N do solo aumentam com o suprimento de água”.

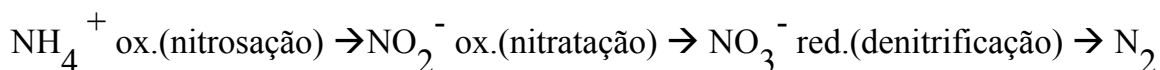
Dessa forma, entende-se que uma pequena fração do nitrogênio total (5%) do solo

encontra-se nas formas minerais de amônio (NH_4^+) (fixada em presença de oxigênio e com elevados valores de pH), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-), que são aproveitáveis pelas plantas (RAIJ, 1991). “A temperatura também influencia a quantidade de nitrogênio no solo, pois quando ocorre um aumento na temperatura anual, percebe-se um decréscimo no teor de nitrogênio no solo” (JANNY citado por KIEHL et al., 1983, p.153).

MALAVOLTA (1981), citado por CRUCIANI et al. (1998, p. 64), comenta que as maiores perdas de nitrogênio se dão sob a forma de amônia (NH_3), pelo fato do adubo ser aplicado na superfície do solo e não ser incorporado. Dentre os fatores já citados por alguns autores, este reforça que a umidade, temperatura, pH, complexo de troca e o teor de matéria orgânica são os fatores que mais influenciam nas perdas de nitrogênio.

O movimento dos solutos é muito complexo, principalmente quando sofrem transformações biológicas. Essas transformações são importantes, pois o nitrogênio (N), o enxofre (S) e os compostos orgânicos são importantes na nutrição de plantas e organismos do solo sujeitos a elas.

O processo pelo qual o nitrogênio pode passar é mostrado a seguir:



O nitrogênio está nos fertilizantes sob três formas: amoniacal (NH_3 e NH_4^+), nítrica (NO_3^-) e orgânica. Na fertilização a forma química nitrogenada é a amídica (R-NH_2). Com todas essas formas de apresentação do nitrogênio, observa-se as de absorção, que são diversificadas. No caso do nitrogênio amoniacal, se oxidado por bactérias no processo de nitrificação, após ser absorvido pela raiz, terá o solo acidificado. Em alguns solos que já são classificados como ácidos, a forma química amônia passa para o amônio, aumentando a acidez (VILAS BOAS, et. al, 1999).

De acordo com BERNARDES (1986, p. 139), “o gerenciamento de nutrientes tem procurado um melhor aproveitamento, principalmente de nitrogênio e fósforo, na agricultura, com estudos sobre a forma de retenção no solo, bem como movimentação e transporte”.

Segundo VILAS BOAS et al. (1999), as fontes de nitrogênio estão sujeitas a lixiviação, volatilização e desnitrificação. Quando ocorre o processo de lixiviação, o nitrato é carregado pela água de irrigação ou chuva para regiões profundas do solo e, dependendo da intensidade da água, o íon pode alcançar o lençol freático, contaminando os mananciais.

Segundo BRADY (1983, p. 462), “o problema prático consiste em incorporar o nitrogênio ao solo, mantê-lo em estado de mobilidade e protegê-lo ao mesmo tempo, quando há perdas excessivas por lixiviação, volatilização e erosão”.

De acordo com FASSBENDER (1994), as duas maiores perdas de nitrogênio ocorrem por meio da lixiviação e da absorção pelas plantas, entretanto todos esses processos ainda não estão bem elucidados.

Porém, quando o íon amônio é retido pela argila ou húmus presente no solo, reduz-se de forma considerável a lixiviação. Todavia, o íon nitrato é facilmente arrastado pela água que percola pelo solo, podendo atingir o lençol freático (BERNARDES, 1986, p. 132).

Segundo SOARES e RESTLE (2002, p. 44), os principais fatores que controlam a velocidade e a quantidade de nitrogênio mineral que se perde por lixiviação são: textura, estrutura, porosidade, regime pluvial, capacidade de retenção de água e de cátions do solo, presença e tipo de cobertura vegetal e método de aplicação do fertilizante.

Segundo SING e KANWAR (1995), citados por MIRANDA e DUARTE (2002), a contaminação por nitrato tem-se tornado um sério problema ambiental, visto que áreas agrícolas possuem diferentes graus de exploração e potencial de poluição do lençol freático, dependendo do tipo de solo, geologia, clima e, o mais importante, do manejo das práticas agrícolas.

O nitrogênio e o fósforo têm sido apontados como os contaminadores desses cursos d'água, principalmente no que diz respeito à eutrofização em áreas de elevada concentração de produção animal (DANIEL et al., citados por BLEY JR., 2004, p.112).

Na visão de COSTA et al. (1999, p.190), muitos insumos quando aplicados ao solo podem liberar íons e compostos que podem ser tóxicos, poluindo o solo e a água. Os íons disponibilizados na solução do solo podem ser adsorvidos ao solo, absorvidos pelas plantas ou

lixiviados das camadas superficiais do solo.

EDWARD et al. (1972), citados por COSTA et al. (1999, p. 191), comentam que:

[...] alguns íons quando disponibilizados na solução do solo, são rapidamente deslocados no perfil, como é o caso do nitrogênio que, na forma de íons de nitrato, é altamente solúvel em água e apresenta grande mobilidade no solo. O nitrato, por ser um ânion, não é retido em solos cuja predominância de cargas seja negativa, apresentando, por isso, grande potencial de lixiviação, o que pode causar sérios problemas de poluição às águas subterrâneas.

Quanto aos cálculos de adubação com dejetos de suínos em leguminosas, a dose aplicada deve ser estabelecida em função de outros nutrientes, que não o N, visto a fixação de grande parte do ar atmosférico. Sendo assim, o fósforo ou o potássio são os melhores determinantes de dosagem. Os nutrientes a serem aplicados devem ser escolhidos principalmente em função da deficiência de nutrientes do solo (BLEY JR., 2004, p.108).

No desenvolvimento das plantas, o nitrogênio está associado ao crescimento e à cor verde-escura. Nos cereais, aumenta o tamanho dos grãos e teores de proteínas. Funciona como regulador, pois controla a utilização de fósforo, potássio e outros componentes (BRADY, 1983, p. 439).

MALAVOLTA (1987), citado por RAPASSI et al. (2003, p.399), mostra que a cultura da soja consegue fixar 40 a 70% do nitrogênio necessário nos nódulos.

Segundo MAKINO et al. (1984), citados por SOARES e RESTLE (2002, p. 43) “a falta de nitrogênio às plantas pode afetar a fotossíntese diretamente por efeitos na síntese e atividade da enzima responsável pela assimilação de CO_2 ”.

De acordo com CERRETA e FRIES (1997), citados por SANGOI (2003), o nitrato (NO_3^-) é a forma mineral de nitrogênio predominante nos solos. O nitrato costuma permanecer na solução do solo, o que favorece sua lixiviação no perfil para profundidades inexploradas pelas raízes.

A lixiviação é a principal perda de N disponível às plantas (ERREBHI, et al., 1998).

Ela sofre influência de fatores como o fluxo de água e concentração de NO_3^- na solução (SANGOI et al. 2003). “O nitrato por ser um ânion, não é retido em solos cuja predominância de cargas seja negativa apresentando, por isso, grande potencial de lixiviação, o que causa

sérios problemas de poluição às águas subterrâneas” (COSTA et al. 1999, p. 190).

Segundo BORTOLINI (2000), o tipo de solo tem influência na capacidade de retenção de nitrogênio. O solo argiloso apresenta maior capacidade do que o arenoso, principalmente para o nitrogênio na forma de NH_4^+ , reduzindo a percolação de nitrato para camadas inferiores do solo. Outros aspectos como a estrutura e a quantidade de matéria orgânica também podem interferir na lixiviação de nitrato.

Segundo LAEGREID et al. (1999), citados por SOTO, JAHN e ARREDONDO (2004, p. 160), “o movimento de nitrato no solo depende da porosidade. Um solo bem drenado tem um maior potencial para lixiviar que um solo mal drenado, porém esse último tem mais probabilidade para a desnitrificação”.

O nitrogênio na forma de íons de nitrato é altamente solúvel em água e apresenta grande mobilidade, podendo ocorrer tanto para cima por capilaridade, quanto por gravidade, sob condições de irrigação ou precipitação excessivas.

2.3 O FÓSFORO NO SOLO

Como o estudo realizado tem ligação direta com os nutrientes necessários ao solo, trata-se neste item sobre um elemento de importância essencial ao desenvolvimento das plantas: o fósforo.

O fósforo é um nutriente das plantas que pode limitar a produtividade das culturas, pois, em alguns solos, pode estar em frações biodisponíveis abaixo das exigências mínimas das culturas (MEURER, 2004, p. 172).

Segundo KIEHL (1983, p.184), o fósforo somente permanece no solo, em solução em pHs baixos, havendo predominância do íon H_2PO_4^- . O fósforo orgânico é proveniente da decomposição de resíduos vegetais e animais e o fósforo disponível se origina da solubilização de minerais fosfatados, mineralização da matéria orgânica e adição de fertilizantes.

O fósforo é relativamente abundante na litosfera e acaba sendo exigido em quantidades relativamente pequenas pelas plantas, ocorrendo perdas pequenas por lixiviação (MELLO et al. 1983).

De acordo com BERNARDES (1986, p. 142), os teores de matéria orgânica tendem a crescer, quando acrescentado ao solo resíduos como o lodo de esgoto, sendo que isso poderá inferir que a remoção de fósforo tenderá a aumentar com o incremento da matéria orgânica no solo. Outra consideração que a literatura aponta é que a fixação do fósforo ocorre nos primeiros 50 cm do solo.

À medida que se aumenta a quantidade de fósforo adicionado ao solo, ocorre um aumento da CTC, pois há um aumento linear das cargas negativas (MEURER, 2004, p. 147).

Ainda de acordo com MEURER (2004, p. 242-243):

O fósforo e o nitrogênio são nutrientes das plantas; entretanto, dependendo de suas concentrações, podem se destacar como contaminantes ou poluentes das águas superficiais e subterrâneas... Porém o fósforo não contamina águas subterrâneas, pois é fortemente adsorvido na fase sólida. O nitrato é fracamente adsorvido no solo, percolando com mais facilidade no perfil do solo. As maiores fontes de contaminação por nitrato são os fertilizantes inorgânicos e os esterco de origem animal, no estado sólido ou líquido, e outros resíduos orgânicos com altos teores de nitrogênio na sua composição.

Na Figura 5, apresenta-se o ciclo do fósforo no solo.

Figura 5- O ciclo do fósforo no solo

Fonte: KIEHL (1983, p. 218).

2.4 O POTÁSSIO NO SOLO

Quanto ao elemento Potássio, o trabalho também dirigiu a ele especial atenção, pois se trata de um íon que sofre movimentação no solo, constituindo-se assim objeto de estudo.

O potássio é outro elemento importante no desenvolvimento das plantas. Um melhor aproveitamento desse elemento ocorre quando o solo apresenta matéria orgânica, aeração, umidade, entre outros fatores. Com relação às perdas, em alguns tipos de solo, a calagem pode diminuí-las (KIEHL, 1983, p. 258).

A Figura 6 apresenta o ciclo do potássio no solo.

Figura 6- O ciclo do potássio

Fonte: Kiehl, 1983, p. 258.

2.5 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água é um fator muito importante a ser considerado, principalmente quando se trata de irrigação de culturas agrícolas, tema tratado nesta pesquisa.

Segundo POSTEL et al. (1996), citados por AUGUSTO (2003, p. 336), “a água é o mais precioso bem do planeta Terra, sendo o maior constituinte e o principal responsável pela vida. Em função disto, nos últimos anos, vem se tornando uma das maiores preocupações mundiais de abastecimento”.

Do ponto de vista de AYERS e WESTCOT (1991, p. 1), o conceito de qualidade de água está relacionado com características que podem afetar sua adequabilidade para usos específicos, isto é, usos específicos podem ter diferentes requisitos de qualidade. Além disso, a qualidade da água está associada as suas características físicas, químicas e biológicas.

De acordo com KOVDA, YARON e SHALHEVET (1973), um dos fatores que tem influência na qualidade da água para irrigação é o método de aplicação da água, ou seja, uma mesma água poderá ser aplicada por inundação ou gotejamento sem afetar as plantas quanto à salinidade, mas causará problemas se for aplicada por aspersão.

Segundo BERNARDES (1986, p. 134), métodos de irrigação por superfície são aqueles em que a água é levada por meio de canais ao campo de irrigação e distribuída por meio de escoamento superficial. Na irrigação por gotejamento a água é levada até a planta através de tubulação, existindo uma tomada para o gotejo.

A qualidade da água está relacionada à produtividade, isto é, será considerada de melhor qualidade se produzir melhores resultados. Na irrigação, um tipo de água pode ser boa para um tipo de cultura ou situação e ruim para outras.

Conforme AYERS e WESTCOT (1991, p. 3):

Na realidade, não existe um limite fixo da qualidade da água; por isso mesmo o uso da água de certa qualidade está determinado pelas condições que controlam a acumulação dos sais e o efeito no rendimento das culturas. Os problemas de solo

mais comuns, segundo os quais se avaliam os efeitos da qualidade da água no solo, a toxicidade e outros problemas.

A Figura 7 mostra as fontes de poluição e tipos de resíduos gerados que, em muitos casos, poluem os recursos hídricos, porém poderiam em sua maioria serem aproveitados para uso em fertirrigação.

Figura 7- Principais rotas de poluentes nos recursos hídricos

Fonte: ROCHA (2004, p.41).

Existem parâmetros e diretrizes técnicas para a avaliação das águas, mas com limitações impostas pela variabilidade das condições de campo.

Essas diretrizes referem-se, sobretudo, aos efeitos a longo prazo da qualidade da água sobre a produção das culturas nas condições de solo e manejo agrícola. A avaliação da qualidade da água tem sido utilizada com êxito na agricultura irrigada (AYERS; WESTCOT, 1991).

Segundo MORAIS, MAIA e OLIVEIRA (1998, p. 76), a falta de informações sobre a qualidade da água a ser utilizada na agricultura tem efeitos deletérios nas propriedades físico-químicas do solo e no rendimento das culturas.

BURT et al. (1995), citados por OLIVEIRA (1998, p.18),

[...] atentam para aspectos importantes na avaliação da qualidade da água para irrigação, como a possibilidade de precipitação de resíduos, principalmente quando a irrigação é praticada em condutos pressurizados e há interação da água com produtos fertilizantes (misturas), aplicados via fertirrigação.

Portanto, de acordo com o mesmo autor, análises de rotina devem ser efetuadas, para determinações de pH e condutividade elétrica (CE), para fornecer subsídios para a escolha da água de irrigação.

Assim, de acordo com AYERS e WESTCOT (1991), as águas salinas que apresentam condutividade elétrica menor que $0,7 \text{ dS m}^{-1}$, a 25°C , podem ser utilizadas na agricultura. De $0,7$ a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, haverá severa restrição.

A condutividade elétrica “está relacionada à presença de partículas elétricas carregadas (íons e colóides) na solução de solo” (MEURER, 2004, p. 216).

De acordo com MORAIS, MAIA e OLIVEIRA (1998, p.76), a condutividade elétrica

é um indicador de salinização e a adsorção de sódio, indicadora de perigo de salinização do solo.

Com relação à salinidade, em função da infiltração, segundo AYERS e WESTCOT (1991, p. 06), “a alta salinidade aumenta a velocidade de infiltração, enquanto que a baixa salinidade ou proporção alta de sódio, em relação ao cálcio, diminui”.

Ainda segundo AYERS e WESTCOT (1991, p. 113). “O pH das águas de irrigação normalmente está entre 6,5 e 8,4. Os que se encontram fora desta faixa podem criar desequilíbrios de nutrição ou conter íons tóxicos”.

Para os mesmos autores, as análises de laboratório, necessárias para avaliar a água a ser utilizada na irrigação, têm como principais parâmetros a salinidade (C.E e S.T.D), alguns nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio), pH e RAS (relação de absorção de sódio). Dentre os parâmetros, o teor de nitrogênio deve ser determinado, devido ao seu interesse. A forma de nitrogênio mais facilmente assimilada está sob a forma de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+). As águas de irrigação contêm nitrogênio, principalmente sob a forma de nitrato, enquanto as formas de amônio e nitrito são raras.

Quanto à questão dos nutrientes, deve-se considerar que as concentrações no adubo orgânico são mais baixas que nos minerais e ainda que, a aplicação do adubo orgânico deve ser feita de modo mais técnico com base nos níveis reais dos nutrientes (BLEY JR., 2004, p.102).

As águas residuárias mais utilizadas na região oeste e sudoeste do Paraná são as águas provenientes de agroindústrias como frigoríficos, fecularias, laticínios e resíduos agrícolas, que é o resíduo utilizado neste trabalho.

Um dos parâmetros a serem discutidos na questão das águas residuárias é o deslocamento de nitrogênio (N) sob a forma de nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$), que representa risco à contaminação dos aquíferos subterrâneos e foi objeto de estudo deste trabalho, pois, tem que ser dada a devida importância já que, segundo MUCHOVEJ e RECHCIGL (1995), teores acima de 3mg.L^{-1} de nitrato na água são considerados contaminação, além de afetar homens e animais, pois, se ingeridos, interferem no transporte de oxigênio pelo sangue.

2.5.1 Águas Residuárias e suas Vantagens

Segundo LÉON (1996, p. 47), justifica-se o uso de águas residuárias, pois sua utilização deve-se principalmente à quantidade de nutrientes que elas possuem. Com o uso desse tipo de águas, elimina-se ou reduz-se a fertilização com adubos químicos, com diminuição de até 50% no custo de produção. A irrigação com águas residuárias, tem aumentado, de acordo com alguns fatores como: disponibilidade permanente de água; aporte de grande quantidade de nutrientes; aumento do rendimento dos cultivos; melhoria da qualidade dos solos (estrutura); e ampliação da fronteira agrícola.

O uso de águas residuárias, cada vez mais, justifica-se devido à escassez de água, pois o consumo vem aumentando significativamente com o passar dos séculos.

O uso de águas residuárias na agricultura tem como objetivo ampliar a fronteira agrícola, pois se procura comprovar a diminuição ou o não uso de fertilizantes. Muitas pesquisas já foram desenvolvidas nessa linha. Das pesquisas já realizadas, demonstrou-se “que as águas residuárias efetivamente transportam nutrientes requeridos pelas culturas, o que permite economizar gastos com fertilizantes (LÉON, 1996, p. 6).

Para BERNARDES (1986) e SAMPAIO (1999), existem duas justificativas para o uso de águas residuárias: a ecológica e a econômico-social. No primeiro caso, com a aplicação dessas águas, pode-se recuperar parte da matéria orgânica, minimizando aspectos negativos que esses resíduos promovem nas águas e o segundo representa uma alternativa viável tanto de tratamento como de alternativa de reciclagem de minerais.

Para OLIVEIRA et al. (2000, p. 264), os dejetos de animais podem, quando bem manejados, constituir-se em alternativa econômica para a propriedade rural, sem comprometimento da qualidade ambiental. Atualmente, têm sido buscadas alternativas para o aproveitamento de dejetos suínos na forma de adubo orgânico e de vermicomposto ou aplicando-os em solos improdutivos.

Para GASI (1988), citado por AUGUSTO et al. (2003, p. 336), existem muitas opções de tratamento ou recuperação das águas residuárias de qualquer origem, seja ela industrial, doméstica ou agrícola. Porém, o custo para esse tratamento é que, por vezes, é caro e complexo. Entretanto, existem também alternativas de baixo custo e estruturas simples.

RODRIGUES (2001) ressalta que o uso de águas residuárias contribui para o aumento

da produção de alimentos e para a melhoria da qualidade ambiental, quando aplicadas de forma correta.

As leguminosas podem absorver N mineral (NO_3^- e NH_4^-) do solo, quando estiverem em níveis elevados, em detrimento da fixação biológica de N (BLEY JR., 2004, p. 107).

BASTOS (1999), citado por AUGUSTO (2003, p. 336), relata que “estudos realizados em outros países têm demonstrado a eficiência do uso das águas residuárias na fertirrigação de culturas agrícolas com a obtenção de excelentes resultados, uma vez que são ricas em nutrientes”.

O uso racional da água e seu reuso planejado é uma necessidade atual, haja vista a minimização da produção de resíduos, desperdícios e consumo de água (NUTRIZZO; MEZZANOTE, 1994).

Quanto às águas residuárias da suinocultura, elas podem ser utilizadas, respeitando-se algumas restrições. A suinocultura tem grande importância econômica para o Brasil, principalmente nas regiões Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina. Um dos maiores problemas enfrentados com a suinocultura é a poluição que ela pode causar, sobretudo quando se trata de águas subterrâneas.

KONSEN et al. (1997), citados por FREITAS et al. (2004, p. 121), verificaram que 55 a 60 t de águas residuárias de suinocultura equivalem, com base na quantidade de nutrientes, a uma tonelada de adubo químico (fórmula 9-33-12 + uréia); sendo assim, seriam necessárias 17 a 18 t há^{-1} de adubo orgânico, para uma fertilização equivalente à adubação química normalmente recomendada para o milho.

Os benefícios da fertilização já foram mostrados por uma série de pesquisas, pois o fornecimento de nutrientes se dá de forma contínua e gradual, como exemplo, o nitrogênio orgânico, que é liberado gradualmente a partir de transformações que ocorrem no solo (BASTOS, 1999).

Segundo SHELEF (1991), no ano de 1985, o uso de águas residuárias em Israel girava em torno de 7%, porém estima-se que no ano de 2010 o uso desses resíduos na agricultura corresponderá a 30%.

De acordo com KIEHL citado por SEDIYAMA et al. (2000), a adição de dejetos de suínos ao solo, utilizados para fertilização de forrageiras, fruteiras, cafezais, etc., pode reduzir

o efeito poluidor desses resíduos. A incorporação da matéria orgânica nos solos, na forma de esterco animal ou de compostos orgânicos, aumenta a capacidade de troca catiônica e proporciona a melhoria na estrutura, caracterizada pela diminuição da densidade aparente, aumento da porosidade e da taxa de infiltração da água. Além disso, promove o aumento do armazenamento de água e diminui os riscos de encrostamento superficial.

Muitos nutrientes em quantidades suficientes são aproveitados na fertirrigação de culturas agrícolas, quando fala-se em suinocultura, observa-se um incremento na produção agrícola (GOMES et al., 2001).

A determinação da densidade dos dejetos é importante, pois desse modo é possível estimar a sua composição em nutrientes e calcular a dose adequada a ser aplicada para uma determinada cultura (MIRANDA; ZARDO; GOSMANN, 1999).

É bom lembrar que “as águas residuais contêm níveis altos de N, entre 10 a 50 mg/L” (AYERS; WESTCOT, 1991, p. 111).

Segundo BARROS (2003, p. 388), o modelo de criação suína, que ainda está em vigor no Brasil, é antigo e baseado em um sistema de integração agricultura-suinocultura. Isso tem sido questionado, pois, em algumas regiões do país, como o oeste de Santa Catarina, os mananciais de água encontram-se contaminados em 90% com coliformes fecais. Isso gera um impasse, pois de um lado está a suinocultura com grande influência para a economia regional e de outro uma expressiva fonte de contaminação e poluição.

Segundo IGUE e PAVAN (1984), citados por SEDIYAMA (2000), o uso do dejetos líquido gerado na suinocultura, utilizado como fonte de nitrogênio, é uma alternativa promissora para a destinação desses resíduos poluentes. O teor de nitrogênio total dos resíduos de culturas agrícolas é baixo, situando-se na faixa de $10 \text{ a } 15 \text{ g.kg}^{-1}$, enquanto que no dejetos de suínos esses teores alcançam de $40 \text{ a } 50 \text{ g.kg}^{-1}$, na matéria seca.

Segundo MIRANDA, ZARDO e GOSMANN (1999), os dejetos suínos podem ser utilizados na fertilização das lavouras, trazendo ganhos econômicos ao produtor rural, sem comprometer a qualidade do solo e do meio ambiente. Para isso é fundamental avaliar as características do local, considerando, por exemplo, a composição química dos dejetos, a área a ser utilizada, a fertilidade e o tipo de solo e as exigências da cultura a ser implantada.

De acordo com SCHUVAL (1977), a irrigação com água residuária é realizada de

várias formas, porém a irrigação por gotejamento diminui os riscos de contaminação, pois o efluente é aplicado somente nas proximidades da planta, junto às suas raízes. Essa técnica, porém, ainda causa desperdício, comprometendo a sustentabilidade do empreendimento agrícola, devido à técnica não ser utilizada adequadamente.

2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

A infiltração de água no solo é um processo de extrema importância para o desenvolvimento de trabalhos que utilizem irrigação e visem abordar aspectos relacionados a esses dimensionamentos que descrevem características do local estudado, auxiliando no entendimento dos processos que ali ocorrem.

De acordo com POTT e MARIA (2003), citados por MILANI (2005), a infiltração de água no solo é o processo pelo qual ocorre a entrada de água no solo, através de sua superfície. A entrada de água no solo decresce com o tempo, dependendo do umedecimento do perfil e assume um valor constante denominado Velocidade de Infiltração Básica – VIB. O valor da VIB é fundamental no dimensionamento de projetos de irrigação, drenagem e conservação do solo e da água.

Segundo BERTONI e LOMBARDI NETO (1999, p. 50), o movimento de água através do solo é realizado pelas forças de gravidade e de capilaridade. Esse movimento através dos grandes poros, em solo saturado, é fundamentalmente feito pela gravidade, enquanto em um solo não saturado se dá principalmente pela capilaridade.

A infiltração de água no solo pode ser determinada por vários métodos, os quais pretendem mostrar as condições que o solo se encontra diante desse parâmetro.

Para determinar a velocidade básica de infiltração no campo, o infiltrômetro de anel e os simuladores de chuva são os mais usados em estudos hidrológicos (BRANDÃO; PRUSKI; SILVA; 2003).

No experimento realizado também foi utilizada essa técnica, que se chama método do infiltrômetro de anel circuncêntrico e que consiste em cravá-lo verticalmente no solo, com o objetivo de observar a leitura de infiltração da água no perfil do solo. Pode ser utilizado um ou

dois anéis, sendo que o anel da parte externa tem a função de reduzir uma possível saída de água lateral, no momento da aplicação de água, durante a simulação de chuva.

Segundo metodologia proposta por BERNARDO (1995), deve-se manter uma lâmina de água de 5 cm, com uma variação máxima de 2 cm, para o anel interno. A verificação da velocidade de infiltração deve ser feita até que a taxa de infiltração no anel interno torne-se constante, o que ocorre quando a leitura no anel interno repete-se por pelo menos três vezes.

Muitos são os fatores descritos por vários autores a respeito da quantidade de água infiltrada no solo, destacando-se dentre eles, BERTONI e LOMBARDI NETO (1999), que citam a cobertura vegetal como parâmetro de maior importância, seguido pelo tipo de relevo, tipo de uso do solo, entre outros fatores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento consistiu no plantio de soja, irrigado sob a forma de gotejamento, com água residuária proveniente de agroindústria de dejetos suínos e bovinos. Foi desenvolvido dentro de uma estufa localizada no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola - NEEA da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Cascavel-PR, localizado na BR 467, km 16, sentido Cascavel – Toledo, Paraná, cujas coordenadas geográficas são 24° 53' S de latitude, 53° 23' W de longitude e altitude média de 682 metros.

O solo utilizado foi o LATOSSOLO VERMELHO distroférico típico.

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise química do solo da área experimental.

Tabela 1 - Resultado da análise química do solo da área experimental

MACRONUTRIENTES			
Fósforo (P) (mg dm ⁻³)	Potássio (K ⁺) (cmol _c dm ⁻³)	Cálcio (Ca ²⁺) (cmol _c dm ⁻³)	Magnésio (Mg ²⁺) (cmol _c dm ⁻³)
9,50 Alto	0,22 Médio	5,02 Alto	2,61 Alto
Carbono (C) (g dm ⁻³)	H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	pH
19,01 Alto	5,76 -	0,00 Baixo	5,20 Médio
MICRONUTRIENTES			
Cu (mg dm ⁻³)	Zn (mg dm ⁻³)	Fe (mg dm ⁻³)	Mn (mg dm ⁻³)
8,87 Alto	4,77 Alto	72,00 Alto	78,00 Alto

Fonte: Laboratório de análise de solos – COODETEC (2004).

3.1 1º FASE – EXPERIMENTO DESENVOLVIDO NO CAMPO

A cultura implantada foi a soja, semeada em espaçamento de 0,30 cm entre linhas e em torno de 16 a 20 plantas por metro linear, no interior de uma estufa com 96 metros quadrados.

A área experimental foi dessecada 10 dias antes da semeadura com dosagem de 2 L

ha⁻¹. A adubação foi realizada de acordo com os dados da análise do solo (Tabela 1), não necessitando de calagem. Utilizou-se adubo químico N, P, K na formulação 04-20-20 em todas as parcelas, na dosagem de 250 kg ha⁻¹. A cultura implantada foi a soja (*Glycine max L. Merril*), cultivar CD 216 da Cooperativa de Desenvolvimento Tecnológico - COODETEC, com ciclo vegetativo de 50 dias e ciclo total de 105 a 110 dias, tratada antes da semeadura com fungicida (Derozal) e semeada com espaçamento de 0,30 cm entre linhas e 5 cm entre plantas, com profundidade média de 3 a 4 cm, com cerca de 16 a 20 sementes por metro linear, num total de 5100 plantas na área de 96m². A semeadura foi realizada no dia 3 de novembro de 2004.

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, por sua eficiência e precisão, com gotejadores distribuídos ao longo das linhas da cultura e composto por painéis de controle, quatro reservatórios de água com capacidade de 1000 L, quatro motobombas (Schneider) de 0,5 cv e quatro filtros de tela. A irrigação ocorria de acordo com as necessidades da cultura e determinada pelo método do tensiômetro (em número de quatro), instalado dentro da estufa. Estes foram utilizados para medição de umidade, sendo que a cultura era irrigada quando atingisse o teor de 80%.

O experimento foi realizado em uma estufa na qual foram feitos os quatro tratamentos, sendo o primeiro (T1) considerado testemunha, pois foi desenvolvido somente com água (poço artesiano), o segundo (T2) no qual se aplicou água residuária da suinocultura (ARS), da agroindústria de adubos orgânicos Pegoraro, numa concentração de 25%, no terceiro (T3) utilizou-se o efluente com concentração de 50% e para o quarto (T4) com 75% de concentração. Ao todo foram cinco repetições cada, totalizando 20 parcelas de 1,20 m por 3,00 m com 0,30 m entre as parcelas.

O efluente utilizado no experimento tem característica orgânica, pois é proveniente de dejetos de suínos e bovinos que após período de deposição ao ar livre e em presença de um coquetel de microorganismos lácteos (leveduras e bacilos) e pH ácido em torno de 4,5 a 5, que degradam a matéria orgânica sem liberar toxinas, percola para um tanque, que permanece coberto. Para utilização, o efluente foi transportado até o local do experimento em vasilhames de plástico de 200 litros. Em seguida foi depositado em caixas de água de 1000 litros, concentrado nas seguintes proporções: 25%, 50%, 75% e com a utilização de bombas, após

passarem por sistemas de filtros, foi conduzido pelos gotejadores até a cultura. O controle foi feito com irrigação apenas por água.

No efluente citado, antes de sua utilização, foi executada a análise dos seguintes parâmetros, no laboratório Soloanálise de Cascavel, PR: pH, acidez, alcalinidade, sólidos voláteis, sólidos totais, teor de fósforo (P), turbidez, potássio (K), nitrogênio total, amoniacal e nitrato. Os dados obtidos encontram-se na Tabela 2.

A metodologia utilizada para cada parâmetro analisado do efluente é descrita a seguir:

- pH: obtido pela leitura direta em leitor digital de pH;
- Fósforo: determinado pela colorimetria do azul de molibdênio;
- Nitrogênio total: obtido pelo método de Kjeldahl;
- Nitrogênio amoniacal: determinado pela fixação da amônia ao ácido bórico, proveniente da destilação;
- Potássio: aspirado da solução aquosa pelo fotômetro de chama ar-GLP e as energias emitidas por esses elementos proporcionam as suas concentrações;
- Nitrato: obtido pela destilação com adição de liga de devarda, após extração do nitrogênio amoniacal, no destilador de nitrogênio.

Tabela 2 - Análise físico-química do efluente não diluído

PARÂMETRO	RESULTADO DA ANÁLISE	UNIDADE
pH	6,39	a 22°C
Alcalinidade	3,73	gCaCO ₃ L ⁻¹
Acidez	1,24	gCaCO ₃ L ⁻¹
Turbidez	2500,00	NTU
Umidade	95,20	%
Sólidos totais	7,86	g L ⁻¹
Sólidos voláteis	4,54	g L ⁻¹
Teor de fósforo (P)	946,57	mg L ⁻¹
Nitrogênio amoniacal	1540,00	mg L ⁻¹ N-(NH ₄)
Nitrato	700,00	mg L ⁻¹ N-(NO ₃)
Nitrogênio total	3220,00	mg L ⁻¹ N
Potássio (K)	1350,00	mg L ⁻¹ K

A seguir, a Tabela 3 apresenta a análise físico-química da água e do efluente diluído.

Tabela 3 - Análise físico-químico da água e do efluente diluído

PARÂMETRO/ TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	UNIDADE
pH	7,69	6,78	6,96	6,81	a 22°C

Alcalinidade	0,09	1,38	2,20	3,28	gCaCO ₃ L ⁻¹
Acidez	-				gCaCO ₃ L ⁻¹
Turbidez	0,86	500,00	670,00	1135,00	NTU
Umidade	-				%
Sólidos totais	-	1,96	4,26	5,14	g L ⁻¹
Sólidos voláteis	-	1,76	2,04	3,40	g L ⁻¹
Teor de fósforo (P)	81,07	431,06	944,54	1009,40	mg L ⁻¹
Nitrogênio amoniacal	-	520,00	790,00	900,00	mg L ⁻¹ N-(NH ₄)
Nitrato	-	28,00	42,00	70,00	mg L ⁻¹ N-(NO ₃)
Nitrogênio total	-	530,00	710,00	1150,00	mg L ⁻¹ N
Potássio (K)		143,00	190,00	220,00	mg L ⁻¹ K
Condutividade elétrica	107,30**	5,44*	8,39*	10,82*	(μS cm ⁻¹ ** ou mS cm ⁻¹)*

Nota: * mS cm⁻¹, ** μS cm⁻¹.

Na Tabela 4, a seguir, são mostradas as lâminas de irrigação aplicadas ao experimento.

Tabela 4 - Datas de irrigação e lâmina aplicada

DATA	LÂMINA APLICADA (mm)
03/11/2004	20
09/11/2004	22
15/11/2004	21
22/11/2004	28
27/11/2004	30
04/12/2004	26
10/12/2004	20
16/12/2004	24
21/12/2004	27
28/12/2004	21
04/01/2005	18
Total	257

Fonte: Pesquisa de campo, 2004/2005.

A Figura 8, a seguir, representa o croqui da área experimental, ou seja, as parcelas nas quais a cultura foi implantada, a distribuição dos tratamentos e o cabeçal de controle do sistema de irrigação. O delineamento foi inteiramente casualizado.

T1 = Água
T2 = ARS diluída a 25%
T3 = ARS diluída a 50%
T4 = ARS diluída a 75%

Figura 8 - Esquema da área experimental

Na figura 9, observa-se o sistema de irrigação e, consecutivamente, na figura 10 a visão frontal da estufa.

Figura 9 - Sistema de irrigação (cabeçal de controle)

Figura 10 - Visão frontal da estufa e do sistema de irrigação

Após o término do ciclo da cultura, realizou-se a determinação da umidade, densidade e porosidade, com base em metodologia da EMBRAPA (1997) e densidade de partículas do solo, pelo método de picnômetros, conforme norma da ABNT (1980). Também foi determinada a VIB (velocidade de infiltração básica) e as curvas de infiltração, por meio da metodologia proposta por BERNARDO (1995) e BRANDÃO, PRUSKI e SILVA (2003), em que se cravou anéis de ferro no solo, nivelou-se e em seguida realizou-se o ensaio. Na seqüência, coletou-se solo em três profundidades (20, 40 e 60 cm) e enviou-se ao laboratório, com o intuito de realizar análises químicas para verificar a quantidade de nutrientes e outros parâmetros por essa análise demonstrados.

Quanto à amostragem das colunas, foram retiradas do solo colunas indeformadas por meio de um penetrômetro de placa de aço acoplado a um trator, metodologia proposta por BRENDA (2003), e colunas deformadas por meio de um trado. As amostras foram analisadas em laboratório avaliando-se características químicas e físicas do solo, além da lixiviação de nitrogênio total, amoniacal, nitrato, fósforo e potássio, por meio de curvas de eluição. As colunas indeformadas foram coletadas e transferidas ao Laboratório de Hidráulica da UNIOESTE, Campus de Cascavel – PR, onde foram adaptadas a um suporte de madeira em que ficaram dispostas verticalmente. Após essa fase adaptou-se na extremidade inferior um tecido do tipo “voal”, o qual permite passagem de água pela sua malha e ao mesmo tempo retinha o solo, preso com elástico. Na seqüência utilizou-se parafina fundida, colocada nas bordas da coluna, para não permitir que a água tomasse caminhos preferenciais. O próximo passo foi passar água pela coluna, tendo anteriormente calculado o volume de poros e com base neste a quantidade de água a ser passada na coluna. Cada coluna apresenta altura e diâmetro diferenciados, sendo, portanto o volume de poros também diferenciado entre elas. Coletaram-se amostras com 100 ml cada, acondicionou-se em geladeira e, posteriormente, escolheram-se algumas amostras que foram enviadas ao laboratório para análise. Quanto às colunas deformadas, coletou-se o solo com auxílio de um trado, considerando-se as profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e, em seguida, secou-se o solo ao ar por duas semanas. Na fase seguinte montaram-se as colunas, considerando-se as camadas e a quantidade de solo igualmente em todas as colunas, no caso três quilogramas. Em seguida, iniciou-se a passar água nas colunas, em função do volume de poros de cada coluna.

Coletaram-se amostras de água com 100 ml cada, acondicionou-se em geladeira, escolheram-se algumas amostras, as quais formaram as curvas de eluição e enviou-se ao laboratório para análise.

O experimento foi realizado no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola – NEEA, no Laboratório de Hidráulica da UNIOESTE e as análises no Laboratório de Soloanálise de Cascavel – PR.

3.2 2º FASE – EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO

Observando-se a Figura 8, verifica-se que existem 4 tratamentos e 5 repetições, das quais foram retiradas amostras de colunas de solo indeformadas e deformadas que foram retiradas em cada tratamento no campo. Desse modo, para cada tratamento, foi retirada uma coluna de solo indeformada com três repetições para cada tratamento para montagem das colunas deformadas, objetivando avaliar as características físico-químicas, no perfil do solo, condutividade hidráulica saturada e o processo de lixiviação de Nitrogênio nas formas, Fósforo, Potássio e os sais totais medindo a condutividade elétrica. A coluna do tipo indeformada foi coletada por meio de um trator e de uma estrutura denominada penetrômetro de placa de aço, de acordo com a metodologia proposta por BREDA (2003), o qual manteve uma velocidade de penetração de 0,005 m/s. As colunas deformadas foram retiradas por meio de trado, considerando-se as camadas de solo, ou seja, 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm.

A coleta das colunas indeformadas se deu por meio de tubos de aço inox e de ferro cromado, sendo acondicionadas sobre suporte de papelão e jornal para que não ocorresse perda do solo no transporte até o Laboratório. As colunas foram coletadas pela manhã e analisadas no mesmo dia, visando manter as propriedades desejadas.

As colunas deformadas, após a coleta do solo, foram montadas nos mesmos tubos no Laboratório de Hidráulica da UNIOESTE.

Figura 11 - Coleta de

coluna indeformada

Fonte: Experimento de campo, 2005.

3.2.1 Análises Físico-Químicas das Colunas

As colunas amostradas sejam indeformadas ou deformadas, respectivas aos tratamentos, foram submetidas à análise dos seguintes parâmetros: granulometria, porosidade, densidade e umidade. Os parâmetros químicos foram pH, Nitrogênio total, amoniacal, nitrato, Fósforo, Potássio e condutividade elétrica.

3.2.1.1 Análise de lixiviação das colunas

As unidades experimentais (colunas) foram constituídas por tubos de aço inox com uma média de 70 mm de diâmetro e 50 cm de altura de solo, consideradas como colunas de lixiviação. Foram deixados seis centímetros da parte superior de cada coluna sem solo para manter a carga hidráulica e para possibilitar a percolação e mais alguns centímetros para folga.

A Figura 12 apresenta a parte da amostragem experimental e as colunas com o solo.

Figura 12 - Esquema representativo para ensaios de lixiviação, relativos às águas residuárias em colunas de solo

Fonte: Adaptado de CORREA (1996).

Cada unidade experimental ou coluna foi fixada por meio de braçadeira metálica, verticalmente, numa estrutura apropriada de madeira. A extremidade inferior de cada coluna foi revestida com material filtrante, constituído por uma tela de náilon/voal e gazes, para evitar a perda do solo ou turvamento das amostras do material a ser coletado, nos ensaios de lixiviação.

Na parte superior das colunas, os solos foram cobertos com gaze para evitar o contato direto com o fluido deslocador. O sistema de alimentação foi acondicionado na extremidade superior da coluna, permitindo-se percolar, mantendo-se os seis centímetros de carga hidráulica, até a obtenção de velocidade constante para saturação do solo, procedimento semelhante ao descrito por CORRÊA (1996), AZEVEDO et al. (1996), COELHO et. al. (2000) e GOMES (2002).

Na execução do experimento, após a colocação das colunas, estas foram saturadas com

água destilada, utilizando-se um conjunto de alimentação automático do tipo frasco de Mariotte para as colunas deformadas e para as indeformadas foram utilizados recipientes munidos de torneira, que controlava a saída de água, conforme o fluxo da coluna.

Durante a aplicação de água destilada foi realizada a contagem do tempo (para calcular posteriormente a condutividade hidráulica) e o volume do material coletado, o qual foi estipulado em 100 ml por amostra, visando à pesquisa da concentração e lixiviação de nutrientes.

O material lixiviado, coletado para análise, foi aquele percolado através das colunas. As amostras foram coletadas em copo de bequer de 100 ml e transferidas para garrafas plásticas fechadas, devidamente identificadas e numeradas, sendo armazenadas e mantidas sob refrigeração à temperatura de, aproximadamente, 0°C.

O material coletado após lixiviação foi analisado, dentro dos seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, nitrogênio total, amoniacal, nitrato, potássio e fósforo.

O pH foi analisado por meio de peagâmetro, de modelo 2100 P e marca GEHAKA. A condutividade elétrica (CE) foi determinada através de condutivímetro de marca e modelo DIGIMED CD - 21, ambos equipamentos do Laboratório Soloanálise de Cascavel - PR. Os teores de potássio foram medidos pelo fotômetro de chama e o nitrogênio total e fósforo por meio do espectrofotômetro UV visível. O nitrogênio total e o nitrato foram medidos por um destilador de nitrogênio.

As amostras foram coletadas das colunas indeformadas e deformadas de acordo com o volume de poros. As amostras foram coletadas em função de um volume pré-estabelecido de 100 ml para cada amostra, até o final do volume estabelecido que foi de quatro volumes de poros, pois o fósforo e o potássio podem estar sendo arrastados até esse volume de poros.

A figura a 13 mostra o experimento montado com as colunas deformadas.

Figura 13 - Vista do experimento montado das colunas deformadas

Fonte: Experimento de laboratório, 2005.

A Figura 14 mostra a montagem do experimento com colunas indeformadas.

Figura 14-

Experimento com colunas indeformadas

Fonte: Experimento de laboratório, 2005.

Figura 15- Amostras de material lixiviado, devidamente etiquetadas e

armazenadas para posterior envio ao laboratório

Fonte: Experimento de laboratório, 2005.

3.2.2 Determinação da Condutividade Hidráulica Saturada (K_0)

Em cada coluna amostrada aos respectivos tratamentos foi determinado K_0 , usando a

metodologia de permeâmetro de carga constante, através da lei de Darcy, conforme VARGAS (1977).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA – VIBs (campo - estufa)

A irrigação com líquidos com alta concentração de sólidos pode provocar alteração na capacidade de infiltração do solo, ocasionada por entupimento de poros e pela formação de crosta em sua superfície. A formação destas crostas superficiais origina problemas de infiltração, germinação (OLIVEIRA et al., 2000, p.264).

Líquidos contendo mais de 200 mg L^{-1} de sólidos totais não se infiltrarão no solo em taxas idênticas às observadas com água. Esterco diluído em água pode apresentar velocidade de infiltração equivalente a 1/10 do valor encontrado para água pura (DETAR, citado por OLIVEIRA et al., 2000, p.264).

A seguir são mostradas as Figuras 16 a 25 com resultados dos ensaios realizados no campo para verificação da velocidade de infiltração básica (VIB) média e infiltração da água no solo, realizadas a campo e expressas em mm h^{-1} . Em cada tratamento foram realizadas três repetições.

Na Figura 16 é apresentado o tratamento 1.

Figura 16- Tratamento 1 – infiltração

Os valores encontrados para a infiltração na segunda repetição, acima de 700 mm h^{-1} , são consideradas muito rápidas, já que para OTTONI FILHO (2003), citado por MILANI (2005), a VIB é considerada muito rápida quando atinge valores acima de $25,0 \text{ cm h}^{-1}$. A média da infiltração nas três repetições está próxima de 300 mm h^{-1} , onde se mostra que as VIBs foram consideradas muito rápidas, provavelmente devido à boa estruturação do solo (EMBRAPA, 2004; apud MILANI, 2005)

Figura 17- Tratamento

1 – velocidade média

Com relação às figuras apresentadas para o tratamento 1, percebe-se que na segunda repetição há um aumento maior na quantidade de água absorvida pelo solo do que nas outras repetições, provavelmente devido a maior estruturação do solo nesta parcela, segundo já citado anteriormente.

Outro fator de influência na infiltração é o grau de agregação do solo. Se as partículas mais finas são bem agregadas, os espaços porosos entre elas são maiores, proporcionando maior velocidade de infiltração. Práticas de manejo do solo que melhoram suas condições físicas e granulação reduzem a enxurrada e a erosão de grande parte das chuvas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

Os resultados encontrados neste experimento assemelham-se aos resultados encontrados por OLIVEIRA et al. (2000), que encontrou valores de infiltração maiores para tratamentos nos quais não havia sólidos ou que havia poucos sólidos dissolvidos.

O tratamento 2 é mostrado a seguir, através da Figura 18 e 19.

Figura 18- Tratamento 2 – infiltração

Figura 19- Tratamento 2 – velocidade média

No tratamento 2, observou-se uma uniformidade melhor quanto ao comportamento dos dados e que a velocidade de infiltração foi bem menor, fato que pode ser atribuído à adição de efluente no solo, uma vez que este altera a quantidade de matéria orgânica, fazendo com que a água seja absorvida em menor quantidade, ou seja, existe uma influência na diminuição dos poros e conseqüentemente aumento do tempo de passagem de água.

As Figuras 20 e 21 referem-se ao tratamento 3.

Figura 20- Tratamento 3 – infiltração

Figura 21- Tratamento 3 – velocidade média

Como se observou pelos resultados das figuras, neste tratamento também ocorreu uma velocidade de infiltração menor. Cabe lembrar que o efluente aplicado aqui tem concentração de 50%.

A velocidade de infiltração de água no solo é relativamente alta a principio, mas vai diminuindo gradativamente ao passar o tempo, até atingir um valor quase constante, denominado de VIB (MILANI, 2005).

O tratamento 4 é apresentado na figura 22.

Figura 22- Tratamento 4 – infiltração

Na repetição 3, percebe-se que os valores encontrados para o parâmetro estudado está acima de $3,0 \text{ cm h}^{-1}$, denotando uma VIB considerada alta, já que segundo REICHARDT (1982), citado por MILANI (2005), a VIB é considerada alta quando seu resultado está acima de $3,0 \text{ cm h}^{-1}$.

De acordo com REICHARDT (1982), citado MILANI (2005), os solos argilosos tendem a ter velocidade de infiltração menor que os solos arenosos, porém alguns tipos de argilas constituintes do solo não possuem boas propriedades de retenção de água, bem como fendas ou fissuras que também podem mascarar os resultados.

Figura 23- Tratamento 4 – velocidade média

Com base nos dados acima, observou-se níveis mais baixos quanto à velocidade média. O efluente aplicado neste tratamento teve uma concentração de 75%. Com relação ao tratamento três não se observou diferenças, mas com relação aos outros dois tratamentos foi significativo.

A Figura 24 mostra todas as curvas de infiltração de todos os tratamentos, com as respectivas repetições.

Figura 24 - Curva de infiltração T1, T2, T3 e T4

A seguir é representada a figura das velocidades médias para os respectivos tratamentos já citados.

Figura 25 - Velocidade média para os tratamentos T1, T2, T3 e T4

Percebe-se certa uniformidade na maioria dos tratamentos e repetições, somente alguns destoam, sendo maiores na infiltração.

Como já citado, o Tratamento 1 foi o que apresentou a maior velocidade média, sendo seguido respectivamente pelos outros tratamentos. Acredita-se que a concentração do efluente aplicado tenha alguma razão sobre esses resultados, pois os nutrientes encontrados no efluente podem alterar a porosidade, estrutura, permeabilidade e outras características do solo, fazendo variar deste modo a velocidade de infiltração básica do solo.

O tempo ideal para o ensaio da VIB, segundo BERNARDO (1995) e BRANDÃO, PRUSKI e SILVA (2003) é de quatro horas, porém devido às repetições e aos prazos para a realização das análises foram realizados em torno de duas horas. Pode-se ressaltar que, segundo esses autores, desde que houvessem repetições em mais de três valores iguais significa que já havia sido estabelecido o nível constante, o que caracteriza que já teria sido atingido o valor da VIB.

A seguir são apresentadas as Tabelas 5 a 8 com as equações de infiltração acumulada, velocidade de infiltração e infiltração acumulada.

Tabela 5 - Infiltração acumulada e velocidade de infiltração acumulada

Tratamento	Repetição	Equação	R ²
T1	R1	$I = 305,19 t^{0,5155}$	0,9862
T1	R2	$I = 555,63 t^{0,7311}$	0,9944
T1	R3	$I = 192,07 t^{0,6352}$	0,9771
T2	R1	$I = 206,55 t^{0,6072}$	0,9819
T2	R2	$I = 300,96 t^{0,6463}$	0,9929
T2	R3	$I = 242,63 t^{0,6859}$	0,9585
T3	R1	$I = 205,37 t^{0,6384}$	0,9591
T3	R2	$I = 128,46 t^{0,5336}$	0,9390
T3	R3	$I = 249,91 t^{0,6764}$	0,9663
T4	R1	$I = 197,44 t^{0,6898}$	0,9868
T4	R2	$I = 197,34 t^{0,6961}$	0,9920
T4	R3	$I = 364,44 t^{0,7512}$	0,9576

Tabela 6 - Velocidade de infiltração

Tratamento	Repetição	Equação	R ²	VIB / t=4h
T1	R1	VIM = 305,19 t ^{-0,4845}	0,9844	751,9944
T1	R2	VIM = 555,63 t ^{-0,2689}	0,9600	1698,4935
T1	R3	VIM = 192,07 t ^{-0,3648}	0,9336	533,4441
T2	R1	VIM = 206,55 t ^{-0,3928}	0,9578	557,8203
T2	R2	VIM = 300,96 t ^{-0,3537}	0,9767	845,1987
T2	R3	VIM = 242,63 t ^{-0,3141}	0,8288	708,9124
T3	R1	VIM = 205,37 t ^{-0,3616}	0,8826	572,2109
T3	R2	VIM = 128,46 t ^{-0,4664}	0,9216	322,3094
T3	R3	VIM = 249,91 t ^{-0,3236}	0,8678	723,2791
T4	R1	VIM = 197,44 t ^{-0,3102}	0,9379	579,1312
T4	R2	VIM = 197,34 t ^{-0,3039}	0,9595	582,4961
T4	R3	VIM = 364,44 t ^{-0,2488}	0,7121	1136,6678

Tabela 7- Equações de infiltração e velocidade de infiltração média para os tratamentos

Tratamento	Equação	R ²
T1	I = 309,96 t ^{0,6109}	0,7818
T2	I = 247,08 t ^{0,6465}	0,9473
T3	I = 187,51 t ^{0,6161}	0,8753
T4	I = 237,68 t ^{0,7049}	0,9056

Tabela 8- Velocidade de infiltração média

Tratamento	Equação	R ²	VIB / t=4h
T1	VIM = 309,96 t ^{-0,3891}	0,5926	840,1980
T2	VIM = 247,08 t ^{-0,3535}	0,8433	694,0240
T3	VIM = 187,51 t ^{-0,3839}	0,7315	510,9269
T4	VIM = 238,68 t ^{-0,2951}	0,6271	710,7481

Observa-se pelos resultados da Tabela 8 que, quando colocado tempo nas equações, o tratamento 1 realmente se mostrou com velocidade de infiltração maior.

4.2 ANÁLISE FÍSICA DO SOLO, NOS QUATRO TRATAMENTOS, APÓS A APLICAÇÃO DE EFLUENTE

Com base nesta análise de solo, observa-se que os resultados são considerados

normais, pois segundo dados da EMBRAPA (1999), em sua classificação o solo argiloso apresenta característica semelhante, ou seja, é composto por 68% de argila, 13% de silte e 19% de areia.

Tabela 9- Análise física do solo

Análise Granulométrica de Solos – Amostra 1	
Determinação	Resultado (%)
Areia	9,35
Silte	16,60
Argila	74,05

Fonte: Soloanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 06/04/2005

4.3 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO

A seguir são apresentadas as características físicas do solo utilizado no experimento, tanto relacionado as colunas deformadas quanto as colunas indeformadas.

Tabela 10 - Características das colunas de solo deformadas

T	COLUNA DEFORMADA											
	Massa total seca solo na coluna (kg)	Vol. Total solo coluna (L)	Vp	Poros.	θ_i (cm ³ /cm ³)	θ_f (cm ³ /cm ³)	coluna (g/l)	D. aparente campo	Partículas	Fluxo saturado q = V/t.A	K (m/dia)	Tempo sem Escoamento (min)
T1	3,000	2,396	1,58	0,64	0,26	1,63	1,00	1,01	2,85	0,059	4,24	39,52
T2	3,000	2,175	1,48	0,68	0,13	1,82	1,10	0,95	2,94	0,048	2,69	49,55
T3	3,000	1,981	1,30	0,66	0,25	2,79	1,21	0,95	2,91	0,051	4,78	53,43
T4	3,000	1,869	1,25	0,67	0,28	2,70	1,28	1,02	3,15	0,041	4,19	65,23

Tabela 11 - Características das colunas de solo indeformadas

T	COLUNA INDEFORMADA											
	Massa total seca Solo na coluna (kg)	Vol. Total solo coluna (L)	Vp	Poros.	θ_i (cm ³ /cm ³)	θ_f (cm ³ /cm ³)	coluna (g/l)	D. aparente campo	partículas	Fluxo saturado q = V/t.A	K (m/dia)	Tempo sem Escoamento (min)
T1	1,960	2,038	1,30	0,64	0,25	1,56	0,96	1,01	2,85	0,08	0,66	35,20
T2	1,630	2,000	1,37	0,68	0,10	1,35	0,82	0,95	2,94	0,60	9,38	4,00
T3	1,630	2,116	1,40	0,66	0,16	1,77	0,77	0,95	2,91	0,01	0,34	300,00
T4	1,630	1,980	1,30	0,67	0,18	1,74	0,82	1,02	3,15	0,06	0,73	42,00

4.4 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EM PROFUNDIDADES DIFERENTES DO SOLO

O uso de águas residuárias já ocorre há algum tempo, sendo mais desenvolvido e

estudado o uso do lodo de esgoto. Porém, qualquer resíduo apresenta certos teores de nitrogênio em todas as suas formas, como também outros nutrientes como fósforo, potássio, que são valiosas fontes para as plantas. A preocupação principal está com a lixiviação destes nutrientes, além das taxas irregulares de aplicação que causam desperdício promovendo o não aproveitamento por parte das plantas e os problemas ambientais que podem causar.

Nesse sentido procurou-se desenvolver análises químicas do solo após a aplicação do efluente, verificando as diferenças com relação à primeira análise de solo antes da aplicação do efluente. São quatro tratamentos com três repetições em cada um deles.

Segundo MATOS et al. (1997), citado por SEDIYAMA (2000, p.186), “avaliaram o efeito da aplicação de dejetos suínos no solo, sob doses menores que 800 kg ha^{-1} de nitrogênio total, e não observaram alterações significativas nas suas características químicas e microbiológicas, tendo em vista uma única aplicação”. Para analisar as características químicas do solo, procedeu-se coleta de amostras de solo em três profundidades a 20, 40 e 60 cm. Foram analisados uma série de parâmetros, entre eles a matéria orgânica, que é mostrada na Figura 26.

Figura 26 - Matéria orgânica em função da

concentração de ARS

Também foi elaborada a Figura 27 da matéria orgânica comparando com a profundidade, observando-se os quatro tratamentos estabelecidos.

A matéria orgânica, como se viu em relação à análise feita anteriormente à aplicação do efluente, aparece em concentração maior, considerada em concentração alta;

Na decomposição da matéria orgânica o oxigênio é consumido, diminuindo no meio. Com relação à profundidade a matéria orgânica se mostrou maior na menor profundidade pesquisada, ou seja, em torno de 10 cm.

Figura 27- Profundidade em função da matéria orgânica

Nos solos argilosos a matéria orgânica modifica a estrutura, melhorando as condições de arreamento e de retenção de água. A profundidade do solo e as características do subsolo contribuem para a capacidade de armazenamento da água no solo. Alguns solos são mais compactados e têm sua permeabilidade diminuída (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999, p.62).

Quanto à apresentação de valores da matéria orgânica maiores na profundidade menor, justifica-se inclusive pelo fato da forma de aplicação do efluente que foi via gotejamento, ou seja, uma aplicação superficial, além de ser o experimento realizado em estufa, havendo simulação de chuva somente 66 dias após a última aplicação de efluente.

Outro fator que pode explicar a acumulação de matéria orgânica na superfície do solo é sua relação com baixos valores de pH, ou seja, pHs ácidos (LOPES, 1989) como os encontrados no experimento.

De acordo com o autor citado anteriormente, a decomposição da matéria orgânica aumenta a acidez, sendo a amônia um dos primeiros produtos formados. Esse comentário tem relação com o parâmetro do pH em seguida citado, pois tornou-se mais ácido à medida que se aumentou a dose nos tratamentos.

Outro parâmetro considerado foi o pH, apresentado nas Figuras 28 e 29, nas quais se faz relação entre pH e concentração de ARS e pH, em função das profundidades, respectivamente.

Figura 28- pH em função da concentração de ARS

Figura 29- Profundidade em função do pH

Quanto ao pH, percebeu-se certa diminuição em seu valor caracterizando um solo mais ácido, em que se mostra que o “uso contínuo de fertilizantes a base de nitrogênio que acidificam o solo, exigindo cautela e eventualmente calagem” (KIEHL, 1983, p. 163). Se existir a presença de dióxido de carbono, a tendência é que o pH fique diminuído, ou seja, mais ácido.

Quanto ao pH no tratamento quatro, observam-se os maiores valores encontrados, devendo ser considerado que esse foi o tratamento que mais teve concentração de efluente, denotando, segundo LOPES (1989, p.39), que quanto maior a quantidade de adubo nitrogenado maior a acidez do solo. Sabe-se que o íon H^+ se, se for retido no complexo de troca, influencia o solo, tornando-o mais ácido.

De acordo com LOPES (1989, p.38), o pH mede a atividade de hidrogênio e é expresso em termos logarítmicos. O significado disso é que cada unidade de mudança de pH do solo gera um aumento de dez vezes no grau de acidez ou alcalinidade do solo, portanto se um pH mudar de 7,0 para 6,0 significa que ele tem um grau de acidez 10 vezes maior, ou seja, é 10 vezes mais H^+ ativo. Porém, de um modo geral, neste experimento o pH do solo não mostrou grandes alterações, tendo semelhança com o estudo feito por MEDALIE, BOWDEN e SMITH (1994, p.134), os quais aplicaram lodo em solo.

O pH do solo pode ser modificado pela chuva, que lixivia os nutrientes básicos como o cálcio e o magnésio. Eles são substituídos por elementos acidificantes como o hidrogênio, o manganês e o alumínio. Então em altas pluviosidades geralmente formam-se solos mais ácidos (LOPES, 1989, p.38).

Segundo GUERRA, SILVA e BOTELHO (1999, p. 179), o pH tem influência sobre a solubilidade dos compostos no solo, além de ter um importante papel na absorção de cátions de argilas e matéria orgânica, em virtude da ligação preferencial dos íons de hidrogênio nas reações de troca.

A seguir são apresentadas as Figuras 30 e 31 do elemento potássio, presente no solo.

Figura 30- Potássio em função da concentração de ARS

Figura 31- Profundidade em função do potássio

Segundo AZEVEDO et al. (1996, p. 938) “experimentos de lixiviação com colunas de solo fornecem uma compreensão básica do transporte de solutos através do perfil do solo”.

O potássio quando se movimenta no solo, tende a permanecer onde é colocado por adubação. Quando se movimenta, isso ocorre, geralmente, por difusão, lentamente e a curtas distâncias através de filmes de água que circundam as partículas do solo (LOPES, 1989).

De acordo com VITTI, BOARETTO e PENTEADO (1994), o potássio tem alta solubilidade e, segundo COSTA et al. (1986), citados por VITTI, BOARETTO e PENTEADO (1994), em solos argilosos tem pequena mobilidade, ou seja, não é rapidamente lixiviado. Porém o mesmo autor cita que o potássio pode movimentar-se no perfil do solo quando se torna concentrado próximo ao gotejador.

O potássio teve sua concentração aumentada, principalmente no tratamento quatro,

quando comparado com a análise de solo anterior ao início dos tratamentos, sendo o valor anterior considerado como concentração média; Acima de $0,30 \text{ Cmolc/dm}^3$ é considerado concentração alta. MEDALIE, BOWDEN e SMITH (1994, p. 134), em seu estudo de disposição de lodo em solo, observaram que o cálcio, o magnésio, o potássio e o sódio mantiveram comportamento similar nas análises realizadas.

Quanto ao potássio, em quatro amostras dentre as nove analisadas, apresentou-se em concentrações maiores do que as analisadas no solo anteriormente à aplicação do efluente. A aplicação de ARS induziu menor absorção de potássio na cultura da soja, portanto a concentração de potássio encontrada no solo pode ser aquela não absorvida pela planta.

Deve-se lembrar que os colóides do solo, como o potássio, possuem cargas negativas e atraem cátions, repelindo os ânions como os nitratos. Assim os cátions são retidos em forma trocável, ou seja, adsorvidos. Os cátions trocáveis estão em equilíbrio com aqueles na solução do solo (LOPES, 1989, p.84).

Nas Figuras 32 e 33 são mostrados os resultados obtidos por meio de análises químicas para a saturação das bases.

Figura 32- Saturação de bases em função da concentração de ARS

Figura 33- Profundidades em função da saturação de bases

Como nas outras análises a saturação das bases apresenta maiores resultados na superfície que em profundidades maiores.

Os valores encontrados obedeceram à ordem T3, T1, T4 e T2 da concentração dos tratamentos.

Com relação à figura que trata das profundidades, associa-se o estudo realizado ao estudo feito por CAIRES, BANZATTO e FONSECA (2000), os quais mostraram que a saturação de bases foi maior, em seu experimento, nas amostras coletadas a 20 a 40 e a 40 a 60 cm. Porém não houve interação significativa entre as doses de calcário aplicadas e nem entre as épocas de amostragens.

A seguir, observam-se as Figuras 34 e 35, referentes ao alumínio, em três profundidades.

Figura 34- Alumínio em função da concentração de ARS

Figura 35- Alumínio em função da profundidade

O alumínio manteve teores sem muita alteração, se comparado com a análise de solo anterior

à aplicação de efluente. Os valores encontrados são considerados baixos.

O alumínio no tratamento três teve os menores teores encontrados em todas as amostras de todos os tratamentos, tendo zero como resultado em muitas amostras.

O alumínio no tratamento quatro, em algumas amostras, mostrou valores considerados de baixos a médios.

Segundo RAIJ (1981, p. 13), alguns óxidos como o de alumínio e o de ferro associados à matéria orgânica do solo, algo comum nos latossolos, conferem a este uma estrutura fina muito estável, que facilita o cultivo e condiciona alta permeabilidade e uma elevação na aeração. Segundo o mesmo autor, o alumínio aparece na solução do solo na forma do cátion Al^{+3} , alumínio trocável, associado à acidez do solo.

CAMARGO, FELICIO e ROCHA JUNIOR (1992), citados por SORDI (2003, p. 5), relatam que grande parte dos solos brasileiros são ácidos, apresentando alumínio solúvel ou trocável que inibe o crescimento das raízes.

Ainda, de acordo com ECHART e CAVALLI-MOLINA (2001), citados por SORDI (2003, p.05), os solos ácidos associados aos metais tóxicos são uma das maiores restrições à produção agrícola e, entre os metais, o alumínio se destaca como um dos maiores problemas em solos com pH menor ou igual a cinco.

Com base nas citações acima, percebe-se que o alumínio tem influência sobre os solos, tornando-o de qualidade inferior, prejudicando a fertilidade, além de causar efeitos tóxicos. Porém nos resultados encontrados para esse experimento não foram observados esses problemas, pois os níveis de alumínio encontrados não excederam os limites da normalidade, confirmando assim que o dejetos suíno utilizado não tem em sua constituição níveis altos de alumínio.

De acordo com MEURER et al. (2004, p. 157), em sistemas de manejo em que se mantém grande quantidade de resíduos na superfície do solo, a matéria orgânica pode ser uma forma de imobilização do alumínio da solução do solo, pelo menos temporariamente. À medida que aumentam as quantidades de resíduos orgânicos no solo, maior é a quantidade de alumínio complexado.

São apresentadas, a seguir, as figuras 36 e 37 da soma de bases (Ca, Mg, K).

Figura 36- Soma das bases em função da concentração de ARS

Figura 37- Profundidade em função da soma de bases

Percebeu-se, após análise das figuras, que a soma de bases teve aumento em função da concentração de efluente (amostra 2 do T4), o que se esperava, pois quanto maior a concentração de efluente, supõe-se que maior seja a concentração de nutrientes que este tenha em sua constituição.

De acordo com RAIJ (1981, p.110), os teores de potássio dependem dos teores de cálcio e magnésio. A disponibilidade de potássio será menor se maiores forem os teores de cálcio e magnésio. Também teores muito altos de potássio podem agravar deficiências de magnésio.

Outro fator que se percebe quanto aos resultados obtidos é que a soma das bases teve valores considerados altos, pois segundo RAIJ (1981, p.114), para o cálcio acima de 2 Cmol c/dm³ são valores considerados bons. Já o magnésio, acima de 0,4 é considerado suficiente para o desenvolvimento das plantas.

Alguns fatores são considerados importantes quando se quer ajustar as relações de cátions, porém isso não é fácil, pois a capacidade de troca de cátions nos solos brasileiros é baixa, mas uma das regras é não deixar o teor de potássio ultrapassar o de magnésio, além de manter alto o teor de cálcio que ajuda a evitar perdas de potássio por lixiviação (RAIJ, 1981, p.116).

Abaixo são apresentadas as figuras 38 e 39 que se referem às análises de magnésio.

O magnésio apresentou-se maior, principalmente no tratamento 4, apresentando alta concentração. Na análise de solo anterior à aplicação de efluente, o elemento apresentou concentração média, ou seja, em torno de 2,61 Cmol/dm⁻³.

Figura 38 - Magnésio em função da concentração de ARS

Figura 39 - Profundidade em função do magnésio

Como nas análises anteriores, dos outros elementos, percebe-se que as maiores concentrações estão nas profundidades menores, sendo o tratamento 1 o que apresentou maior concentração na profundidade citada. Quanto à questão da concentração do elemento pesquisado em função dos tratamentos houve oscilações importantes.

Na seqüência, apresentam-se as figuras 40 e 41 referentes ao H + Al (acidez potencial).

Figura 40 - H + Al
em
função
da

concentração de ARS

Figura 41- H + Al
em
função
da

profundidade

O H + Al apresentou valores de iguais a maiores em relação à etapa de análise anterior.

O H + Al no tratamento três apresentou em apenas uma amostra resultado maior, verificando-se a relação com o alumínio que praticamente não foi encontrado. No tratamento 4 apresentou como resultado um aumento de valores em quatro amostras analisadas.

Como as outras análises executadas H + Al apresentou maiores concentrações nas menores profundidades. E os valores encontrados para esse parâmetro são considerados altos (EMBRAPA, 1997).

Abaixo são apresentadas as figuras 42 e 43 referentes à análise do elemento fósforo.

Figura 42-

Fósforo em função da concentração de ARS

Figura 43-**Fósforo em função da profundidade**

Com relação ao estudo do elemento fósforo, comparativamente às análises anteriores dos outros elementos, observou-se novamente que nas profundidades menores foi onde se apresentaram os valores mais altos para o elemento. Também que à medida que se aumenta a concentração do efluente, aumenta-se também a concentração do elemento estudado.

Segundo o estudo realizado por HERGERT e REUSS (1976), citados por VITTI, BOARETTO e PENTEADO (1994, p.298), percebeu-se algo semelhante aos resultados encontrados no experimento, ou seja, eles também aplicaram fósforo via irrigação em solos argilosos, em função da profundidade e também encontraram concentrações maiores nas profundidades menores.

Segundo os dados coletados na análise química no tratamento 3, percebeu-se que, em relação ao fósforo, os valores encontrados foram muito variáveis, ou seja dentro de uma escala de 1,02 a 49,09 $\text{Cmol}_c / \text{dm}^{-3}$. Com relação ao tratamento 4, a concentração do elemento fósforo mostrou variações, as quais foram desde 1,71 a 76,12 $\text{Cmol}_c / \text{dm}^{-3}$.

Segundo LOPES (1989, p.68), o fósforo se movimenta pouco na maioria dos solos. Geralmente permanece no local em que foi colocado pela intemperização dos minerais ou pela adubação. Assim, pouco fósforo é perdido por lixiviação, apesar dele se movimentar mais em solos arenosos do que em argilosos.

A irrigação por gotejo, método aplicado neste experimento, pode aumentar o movimento de fósforo no solo de 5 a 10 vezes. Como a concentração do nutriente no solo está relacionada ao seu movimento e este, por sua vez, com a área de molhamento, quanto menor o raio de molhamento maior a concentração no solo (VITTI; BOARETTO; PENTEADO; 1994, p.295). Segundo RAUSCHKOLB et al. (1976), citados por VITTI, BOARETTO E PENTEADO (1994, p.295), em estudo de movimento de fósforo em solo argiloso, em que se aplicou cerca de 39 kg/ha de P, encontraram-se profundidades atingidas pelo fósforo muito próximas às encontradas neste experimento, ou seja, em torno de 35 cm.

De acordo com LOPES (1989, p.73), a concentração mais alta de fósforo ocorre na área superficial do solo, tendendo a ser média à medida que a profundidade vai aumentando até ser baixo ou não ter efeito em altas profundidades. Tudo isso está de acordo com os resultados

encontrados no experimento realizado.

Segundo LAUER (1988), citado por VITTI, BOARETTO e PENTEADO (1994, p.294), embora o movimento de fósforo dependa de muitos fatores químicos e físicos do solo, a textura, a quantidade aplicada, o volume de água utilizado são as variáveis que mais afetam o seu movimento.

Ainda segundo MEURER (2004, p.96), a adição de matéria orgânica no solo pode reduzir a adsorção/precipitação de fosfato pelo solo devido à liberação de ácidos orgânicos (cítrico, oxálico, húmico).

Na seqüência são apresentadas as figuras 44 e 45 da troca catiônica.

Figura 44 -

Capacidade de troca catiônica em função da concentração de ARS

Figura 45 -

Capacidade de troca catiônica em função da profundidade

Sabe-se que quanto maior a CTC (capacidade de troca de cátions, ou seja, cálcio por hidrogênio) do solo, maior a quantidade de cátions que ele pode reter. Também existe relação

entre a matéria orgânica e a CTC, ou seja, ambas estão ligadas numa relação diretamente proporcional. Também se sabe que o tipo de solo tem influência na CTC, observando-se que em solos mais argilosos é maior a CTC que em outros tipos de solos (LOPES, 1989). Segundo o mesmo autor (p.23), a faixa de valores encontrada para CTC são as mesmas encontradas no experimento realizado, valores considerados altos. Quando a CTC apresenta valores baixos, existe uma predisposição para a lixiviação de nitrogênio e potássio. De acordo com MEURER (2004, p. 147), um aumento no teor de fósforo no solo gera conseqüentemente um aumento na CTC. A seguir são mostradas as figuras 46 e 47 referentes ao elemento cálcio.

Figura 46- Cálcio em função da

concentração de ARS

Figura 47-

Cálcio em função da profundidade

Uma das maiores preocupações, quando se aplica o cálcio via água de irrigação, é a grande probabilidade de favorecimento de formação de precipitados, sendo considerada a melhor fonte de cálcio para a irrigação o nitrato de cálcio por ser mais solúvel (HERNANDEZ ABREU et al., 1987, citados por VITTI; BOARETTO; PENTEADO, 1994, p. 277).

O cálcio apresentou-se em concentração menor na maioria das amostras e tratamentos, sendo que somente no tratamento 4 observou-se uma concentração média maior do que a análise de solo inicial, porém esses valores são considerados médios.

Teores relativamente altos de sódio ou baixos de cálcio no solo e água reduzem a velocidade com que a água de irrigação atravessa a superfície do solo. Essa redução pode alcançar tal magnitude, que as raízes das plantas não recebam água suficiente entre as irrigações (AYERS; WESTCOT, 1991, p. 3).

O cálcio apresentou-se com teores baixos a médio em praticamente todas as amostras analisadas, provavelmente porque pode-se relacionar problemas de permeabilidade de água no solo no que se refere aos baixos teores de cálcio e magnésio, ou sódio alto, em virtude do sódio causar dispersão das argilas (MORAIS; MAIA; OLIVEIRA, 1998, p.81).

O cálcio no tratamento três obteve concentração menor após o uso do efluente, isso se explicaria devido ao teor de nitrogênio encontrado no efluente, o que causaria um aumento de acidez e, conseqüentemente, diminuição do teor de cálcio no solo.

Os valores encontrados no experimento para o elemento cálcio estão de acordo com RAIJ (1981), que cita valores mínimos para o cálcio exatamente de acordo com a Figura 47, próximos a 2.

De acordo com LOPES (1989, p. 92), os solos argilosos como o usado no experimento, geralmente contém maior teor de cálcio do que os solos arenosos.

A seguir é apresentada a Tabela 12, que traz a análise de variância dos parâmetros químicos analisados.

Tabela 12 - Resumo dos resultados das análises de variância para os parâmetros químicos do solo em função dos tratamentos aplicados e das profundidades

CV	GL	Ca	Mg	K	Al	Sat.Al	S	T	C	MO	H+Al	V	P	pH
		Cmolc/dm ³										%	mg/dm ³	
		g/dm ³												
ARS (A)	3	1,07ns	1.53NS	1.84ns	1.45ns	2.59ns	1.26ns	2.63ns	1.81ns	1.81ns	0.56ns	1.22ns	1.24ns	1.14ns
Profund (B)	2	2,64ns	0.93NS	20.04**	0.59ns	0.72ns	2.43ns	12.78**	3.35ns	3.35ns	1.17ns	1.40ns	9.15**	0.35ns
AxB (trat's)	6	0,24ns	0.75NS	0.81ns	0.93ns	1.31ns	0.37ns	0.69ns	0.21ns	0.21ns	0.37ms	0.35ns	0.93ns	0.24ns
Residuo	(11)													
CV (%)	24	56,34	69.52	61.13	116.55	115.39	56.80	16.25	27.35	27.35	34.83	41.30	115.81	14.40

Nota: Ns- não significativo ** - significativo ao nível de 1%

Na análise da Tabela 12 percebe-se que não houve efeito da profundidade sobre os tratamentos, nem dos tratamentos em função das profundidades. Somente para os parâmetros: potássio e troca de cátions foram observadas diferenças em que a profundidade foi significativa.

Uma das questões a serem consideradas quanto à profundidade é a densidade que o solo se encontra, pois se sabe que quanto maior a densidade do solo, mais compactado ele estará e maior será a dificuldade de lixiviação de nutrientes. Isso pode explicar alguns resultados obtidos, pois para alguns nutrientes o T4 não teve maior lixiviação.

Nos solos muito intemperizados e nos arenosos, nos quais a CTC é baixa, o teor de cálcio é

muito reduzido, devido às perdas por lixiviação. O cálcio é, geralmente, o cátion encontrado em maior quantidade nas águas de lixiviação (NÓBREGA, 2003, p. 8).

Tanto a CTC quanto a CTA (capacidade de troca aniônica) interferem na fertilidade do solo. As partículas (colóides) do solo apresentam cargas elétricas negativas e/ou positivas, sendo que as diferenças entre estas cargas induzem a adsorção de cátions ou de ânions. Esse fenômeno, de extrema importância na natureza, é chamado adsorção iônica. A adsorção iônica pode ser catiônica (Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , etc.) ou aniônica (NO_3^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , etc.). Como nos solos predominam cargas negativas, os estudos com CTC são mais abundantes do que aqueles sobre CTA (NÓBREGA, 2003, p. 2).

A CTC ocorre, pois os cátions retidos (adsorvidos) nos colóides do solo podem ser substituídos por outros cátions. Isso, em termos práticos, significa que são trocáveis. O cálcio pode ser trocado por hidrogênio e/ou potássio ou vice-versa. O número total de cátions trocáveis que um solo pode reter (a quantidade de sua carga negativa) é chamado de sua Capacidade de Troca de cátions ou CTC. Outro conceito é a quantidade de íons positivos (cátions) que o solo é capaz de reter em determinadas condições e permutar por quantidades estequiométricas de outros cátions. Quanto maior a CTC do solo, maior o número de cátions que este solo pode reter. Portanto, a CTC é uma característica físico-química fundamental ao manejo adequado da fertilidade do solo. A CTC implica uma maior capacidade de retenção de nutrientes e umidade a uma certa profundidade (LOPES; GUIDOLIN, 1989).

Alguns fatores alteram a CTC do solo. Dentre eles cita-se a espécie e quantidade de argila e matéria orgânica, superfície específica e pH (LOPES; GUIDOLIN, 1989).

A soma de bases trocáveis (S) reflete a soma de cálcio, magnésio, potássio e, se for o caso, também o sódio, todos na forma trocável do complexo de troca de cátions do solo. A soma de bases dá uma indicação do número de cargas negativas dos colóides que está ocupado por bases. A soma de bases, em comparação com a CTC efetiva e Al trocável, permite calcular a percentagem de saturação de alumínio (NÓBREGA, 2003, p. 6).

4.5 ANÁLISE QUÍMICA DO LIXIVIADO

Segundo CHINKUYU e KAWAR (1999, p. 371), um dos maiores objetivos de estudar o transporte químico é estimular o fluxo de soluto em um campo recebendo aplicações

químicas. Normalmente, observam-se os perfis de sólidos em condições de campo e experimentos por lixiviação de colunas de solo. O uso de colunas de solo em repouso pode ser útil devido a ser fácil de controlar e monitorar as condições ambientais. Os estudos de transportes de solutos em laboratório também são úteis para a determinação de características hidrodinâmicas do efluente em estudo.

Com relação à saturação da coluna com cal, experimento desenvolvido por (CHINKUYU; KANWAR, 1999, p. 377), que não foi o caso usado no experimento, mas que surtiu resultados semelhantes. As taxas de lixiviação primeiro aumentam e depois diminuem com o aumento no volume relativo dos poros e taxa de aplicação de cal. Em alguns dos tratamentos a lixiviação no começo aumentava e depois diminuía, resultado semelhante aos discutidos pelo autor.

As figuras a seguir, a partir da Figura 48, dizem respeito à concentração dos elementos das amostras em relação ao volume de poros, o qual é variável de uma coluna para outra, já que não são padrões.

4.5.1 Análise Química do Lixiviado das Colunas Deformadas

A seguir são mostradas as figuras referentes ao elemento fósforo, sendo observado sua concentração em função do volume de poros.

Nos tratamentos 1 e 4 percebe-se, como mostram os resultados da figura de coluna deformada, concentrações de fósforo semelhantes, sendo os tratamentos que mostraram pico de concentração do elemento. Cabe lembrar que o tratamento 4 utilizou efluente na concentração de 75%.

ROLSTON et al. (1986), citados por VITTI, BOARETTO e PENTEADO (1994, p. 295), em estudos semelhantes perceberam que o fósforo se movimentou mais facilmente com o aumento da dose aplicada no solo.

Figura 48- Lixiviação do fósforo em função do volume de poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos

Em estudos realizados por ARAÚJO et al. (2003), foram encontrados níveis de fósforo em torno de 2,5 ug no segundo volume de

poros, enquanto que, neste experimento, para esse volume de poros, encontraram-se níveis de 0,30 mg/l, ou seja, valores maiores.

A Figura 49 com dados do elemento nitrogênio está construída abaixo.

Conforme AYERS e WESTCOT (1991, p.111):

O N aplicado nas plantas através de águas residuárias na irrigação tem o mesmo efeito para as plantas do que o N aplicado sob a forma de fertilizantes, portanto a aplicação de quantidades excessivas com a irrigação podem provocar aumento vegetativo, porém retardo na maturação, colheitas de baixa qualidade.

SARAIVA(2004), utilizando a manipuera fertirrigando a cultura do milho, observou que as plantas não apresentaram desenvolvimento satisfatório. Porém ocorreu acréscimo do teor de nitrogênio no solo, possivelmente ocasionado pela presença desse nutriente no efluente.

Figura 49- Lixiviação de nitrogênio total em função do volume de poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos

Na Figura mostrada acima, observou-se um aumento da concentração do elemento em função dos tratamentos aplicados de efluente, ou seja, embora com alguns pontos oscilando com queda inclusive, os tratamentos que mais tinham efluente em termos de concentração foram os que apresentaram mais altas taxas de nitrogênio em função do volume de poros.

O nitrogênio, segundo (SHEPHERD, 1996, p.180), é influenciado em sua demanda pelo clima de inverno. No caso do experimento, como durante o inverno havia a cultura sobre o solo, não foi levado em consideração esse fator, pois as coletas e análises de lixiviação ocorreram no verão.

No experimento estudado, as colunas utilizadas tinham 60 cm de altura. Em experimento semelhante TRIVELIN, CABEZAS e BOARETTO (1994), verificaram 102 dias após a adubação nitrogenada em solo arenoso e sob condições de elevada pluviosidade, que 30 kg/ha de nitrogênio da uréia foram lixiviados a 0,5 e a 1,0 m de profundidade.

HAYNES (1990), citado por VITTI, BOARETTO e PENTEADO (1994, p. 291), pesquisaram o nitrogênio (uréia) em função do perfil do solo, concluindo que quanto maior a profundidade do solo menor a concentração de nitrogênio e esta também está associada à

quantidade de tempo em que é aplicado no solo, obedecendo a relação de que quanto mais dias forem aplicados maior será a concentração do elemento no solo.

De acordo com COX et al. (1993, p.341), em estudos feitos com milho, quanto maior a carga de nitrogênio aplicada no solo, mais resíduo desse elemento ficará no solo, aumentando a produtividade.

Abaixo é apresentada a figura referente ao parâmetro nitrogênio amoniacal.

Figura 50- Lixiviação do nitrogênio amoniacal em função do volume de poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos

O nitrogênio amoniacal apresentou baixíssimas concentrações, tendendo ao zero. Observando-se os resultados obtidos, percebe-se que pode ter ocorrido desequilíbrio de nutrientes ou mesmo a perda desse tipo de nutriente para o ambiente. FLEIGE et al, (1980), citados por SHEPHERD (1996, p.172), relatam que a lixiviação de nutrientes depende do tipo de solo e quantidade de chuvas após a aplicação, a qual neste experimento foi em função do volume de poros, sendo adicionados quatro volumes de poros em água destilada em cada coluna.

Quanto aos resultados obtidos, em virtude da concentração inicial do parâmetro nas análises do efluente realizadas antes de sua aplicação, foi muito diferente do esperado, visto que se imaginava que esse nutriente tivesse valores de concentração mais elevados do que aqueles encontrados, ou seja, que se tivesse mantido.

FRENEY e SIMPSON (1981), citados por TRIVELIN, CABEZAS e BOARETTO (1994, p.320), concluíram que temperaturas entre 0 e 50° C aumentam a proporção de amônia na solução e a possibilidade de perdas gasosas. Também cabe observar que o aumento de temperatura diminui a solubilidade da amônia e aumenta a difusão, favorecendo a volatilização.

CONNEL et al. (1979), citados pelos mesmos autores, concluíram que as perdas de água do solo por evaporação acarretam perdas de amônia.

VOLK (1959); OVERREIN e MOE (1967); RODRIGUES e KIEHL (1986), citados por TRIVELIN, CABEZAS e BOARETTO (1994, p. 322), com relação à dose de aplicação, perceberam que as perdas por volatilização de amônia são maiores quanto maiores forem as doses de nitrogênio aplicadas.

A profundidade de aplicação do fertilizante nitrogenado também influencia as perdas do adubo, ou seja, se aplicada a alguns centímetros da superfície, as perdas são menores (TRIVELIN; CABEZAS; BOARETTO, 1994).

Em estudo realizado por FRENEY et al. (1985), citado por VITTI, BOARETTO e PENTEADO (1994, p. 291), o amônio no solo tende a aumentar sua concentração após os primeiros dias de aplicação, sendo que após determinado período começa a ter a concentração diminuída como outros parâmetros: o nitrato, por exemplo.

VITTI, BOARETTO e PENTEADO (1994, p.292), citam ainda que normalmente o amônio no solo sofre transformação biológica em nitrato em 2 ou 3 semanas, quando a temperatura do solo se mantiver na faixa de 25 a 30° C. Talvez essa conclusão possa ser aplicada ao resultado encontrado no experimento, já que os níveis de nitrogênio na forma amoniacal foram tão pequenos e de nitrato um pouco maiores.

Para o parâmetro de Nitrato, também foram realizados ensaios, observando-se que, FURRER e STAUFER (1986), citados por SHEPHERD (1996, p.171), descobriram que o nitrato é lixiviado em menor quantidade quando existe a rotação de culturas. ADDISCOTT et al. (1983) e WIERSUM (1962), citados por COELHO (2000, p. 363), comentam que:

[...] em condições de maior permanência da água da chuva ou da irrigação, o nitrogênio adicionado ao solo pode difundir-se para o interior dos agregados maiores, circunstâncias em que, apesar das restrições na absorção do nutriente pela planta e do aumento do processo de desnitrificação, a lixiviação do nitrogênio na forma de nitrato pode ser bastante reduzida.

Segundo o mesmo autor, as curvas de efluentes podem ser propostas (para um mesmo solo) tendo em vista o tamanho dos agregados e a magnitude da velocidade convectiva. No estudo realizado em 1967 por BIGGAR e NIELSEN, trabalhando com classes de agregados de solo de 0,25 a 0,5; 0,5 a 1,0 e de 1,0 a 2,0 mm constataram, após o deslocamento de uma solução de CaCl_2 com uma de CaSO_4 , que as curvas de efluente se tornavam mais horizontais com o aumento do tamanho dos agregados, ou seja, os valores da relação entre as concentrações da solução após a eluição e as concentrações da solução antes da eluição eram

menores quando a percolação se processava nos agregados maiores. Também as curvas de efluente se deslocavam para a direita, a medida em que a velocidade convectiva do fluido aumentava, com aumento mais tardio da concentração do efluente.

FURRER (1979) citado por SHEPHERD (1996), relatou similarmente a partir de estudos com fotolisímeros que o mínimo de nitrato foi perdido quando o lodo, por exemplo, foi aplicado na presença de plantas.

Percebe-se na Figura 51 teores maiores de nitrato nos dois primeiros volumes de poros, sendo exatamente nestes que ocorrem a lixiviação desse nutriente.

FRENEY et al. (1985), citados por VITTI, BOARETTO e PENTEADO (1994, p.291-292), mostraram que o nitrato tende a aumentar sua concentração no solo, principalmente após alguns dias decorridos da aplicação do efluente.

VITTI, BOARETTO e PENTEADO (1994), dizem que o nitrato é carregado com mais facilidade para as profundidades do solo do que as outras formas de nitrogênio, percebendo-se no estudo realizado essa relação.

A alta concentração de nitrato no lixiviado pode ser relatada pela exclusão do ânion, que segundo JURY et al. (1991), citados por CHINKUYU e KAWAR (1999), definiram como um processo de alta mobilidade de ânions devido à repulsão entre ânions e superfícies minerais negativamente carregadas. Esse processo influencia o transporte químico através do solo devido a um aumento de ânions para mudarem mais rápido do que os íons neutros movimentando-se com a água (p. 380).

A Figura 51 mostra os resultados para o nitrato.

Figura 51- Lixiviação do nitrato em função do volume de poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos

Quanto aos parâmetros de potássio, a

Figura 52 mostra as concentrações encontradas para o elemento, nos respectivos tratamentos.

Quanto ao potássio verificou-se um aumento no início do volume de poros e conseqüente constância na seqüência dos resultados, em todos os tratamentos.

O potássio apresentou no tratamento quatro a maior concentração dos valores encontrados até agora em todos os tratamentos, isso se deve muito provavelmente a concentração do efluente utilizado que foi ao nível de 75%.

VITTI, BOARETTO e PENTEADO (1994) citam que o potássio não é rapidamente lixiviado, porém pode se movimentar no perfil do solo, quando se torna concentrado próximo ao gotejador.

O potássio ocupa posição intermediária entre o nitrogênio e o fósforo, isto é, não sofre lixiviação quanto o primeiro e nem é fixado tão fortemente quanto o segundo; o risco de lixiviação do potássio é maior nos solos arenosos e pobres em matéria orgânica com poucas cargas negativas para reter esse elemento, que tem carga positiva (ALCARDE; GOMES; MALAVOLTA, 2000).

Figura 52- Lixiviação do potássio em função do volume de poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos

Quanto ao parâmetro pH, as figuras foram desenvolvidas em função da concentração dos elementos, os quais são mostrados a seguir.

Figura 53- pH em função do volume de

poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos

“O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente. No caso das águas de irrigação, o pH normal é entre 6,5 e 8,4. As águas com pH anormal podem criar desequilíbrios de nutrição ou conter íons tóxicos” (AYERS; WESTCOT, 1991, p. 113).

Nos tratamentos executados nas colunas deformadas, observou-se que os nutrientes não sofreram grandes alterações de concentração em função do pH, mantendo as mesmas características, observando-se os valores de pH muito próximos da neutralidade. Segundo estudos semelhantes realizados por MEDALIE, BOWDEN e SMITH et al. (1994, p.130), constatou-se que o pH não teve mudanças significativas ao longo do experimento.

Segundo o estudo feito por AZEVEDO et al. (1996, p.943), “nenhuma diferença significativa foi observada em relação ao pH da água lixiviada das colunas de solo para todos os tratamentos, os valores de pH estiveram na faixa de 6,0 a 7,0. Embora a adição de cal seja conhecida para aumentar o pH do solo, ela não efetuou esse aumento no pH do lixiviado”.

Com o pH maior no solo torna-se mais propícia a nitrificação do N orgânico e assim maior quantidade de nitrato torna-se disponível para a lixiviação.

A passagem de água pelo solo afeta o pH, ou seja, quanto maior a quantidade de água, maior será a lixiviação de nutrientes básicos como o cálcio e o magnésio, tornando o solo mais ácido (LOPES, 1989). No experimento estudado o pH apresentou-se ácido somente em algumas amostras analisadas.

O pH das águas de fertirrigação deve estar na faixa de 5,5 a 7,0, sendo que nesta faixa não ocorrerá nenhum dano à cultura (VITTI; BOARETTO; PENTEADO; 1994, p. 286). No experimento percebeu-se que o pH do efluente aplicado estava nessa faixa, considerada ideal, bem como a água do lixiviado que também conservou tal característica.

A seguir é apresentada a CE, com dados levantados durante análise do lixiviado.

Figura 54 - CE em função do volume de

poros em colunas deformadas para os respectivos tratamentos

Percebe-se que os resultados encontrados para esse parâmetro comprovam que a concentração de sais esteve maior nas primeiras amostras coletadas do lixiviado, sendo óbvio este resultado, pois os sais tendem a ser arrastados nas primeiras lâminas aplicadas de água.

No estudo realizado por GOMES (2002, p.40), no qual observou a CE em ensaios de lixiviação em diferentes tipos de solos, também encontrou uma queda na CE à medida que passava os volumes de poros.

4.5.2 Análise Química do Lixiviado das Colunas Indeformadas

A figura que segue traz os resultados encontrados para o elemento fósforo das colunas indeformadas, nos quatro tratamentos.

Na figura o tratamento um e dois têm grandes semelhanças quanto à concentração, destoando apenas em um ponto.

A mesma interpretação pode ser feita para os tratamentos três e quatro, mantendo-se concentrações constantes altas.

Figura 55-

Lixiviação do fósforo em função do volume de poros em colunas indeformadas para os respectivos tratamentos

O que diferenciou as colunas indeformadas das deformadas quanto ao elemento

fósforo foi que, no tratamento 4 das indeformadas, percebeu-se uma maior concentração de fósforo mantida ao longo dos pontos, bem como no tratamento três. Talvez se tenha conseguido, através dessa metodologia, manter esse elemento em tal concentração como estava no campo.

Abaixo se observam os resultados quanto ao elemento potássio, das colunas indeformadas e nos quatro tratamentos realizados.

O elemento potássio apresentou concentração alta no primeiro ponto para todos os tratamentos, sendo arrastado em maior concentração no primeiro volume de poros, mantendo depois uma concentração duas vezes menor que a inicial.

Comparando-se os resultados relacionados às duas metodologias para amostragem das colunas, percebe-se que nas indeformadas a concentração encontrada para o elemento foi bem menor, porém percebe-se certa uniformidade, ou seja, os valores encontrados estão mais próximos, não havendo tanta variação como nas deformadas.

Figura 56- Lixiviação do potássio em função do volume de poros em colunas

indeformadas para os respectivos tratamentos

A seguir é apresentada a figura do elemento nitrogênio para as colunas indeformadas.

Figura 57- Lixiviação do nitrogênio

em função do volume de poros em colunas indeformadas para os respectivos tratamentos

O nitrogênio foi um elemento que apresentou concentração bem menor do que nas colunas deformadas, principalmente se observado o tratamento 4. “Isso pode ter ocorrido pelo processo de desnitrificação e/ou imobilização de parte do N aplicado” (SHEPHERD, 1996, p.177). No entanto, nem só a lixiviação caracteriza perdas de nitrogênio, também a desnitrificação (processo microbiano em que são convertidos em gás nitrogênio, que é difundido para o ar) que, MILLS e ZWARICH (1982), citados por SHEPHERD (1996, p.172), sugeriram que a maioria das perdas de N atribuídas a desnitrificação ocorreram em áreas muito úmidas.

SMITH e POWESLAND (1990), citados por SHEPHERD (1996, p.172), propuseram que o risco de lixiviação seguiria o requerimento de líquido digerido, líquido in natura e in natura desidratado, quando aplicado em taxas de N total equivalente e presumidamente com todas as condições similares.

A metodologia pode ter influenciado nestes resultados, pois os mesmos foram diferentes dos encontrados na coluna deformada. Porém o que causa estranheza é o fato das maiores concentrações não serem nas colunas indeformadas, pois se imagina que é nestas que estariam mantidas as características mais reais do solo do experimento.

Quanto ao nitrogênio amoniacal cabe lembrar que a “quantidade de amônia está associada à matéria orgânica contida no efluente. No estado de Santa Catarina se admitem concentrações de amônia total de até 2mg/L e a legislação ambiental tolera concentrações de até 5mg/L, para emissão de efluentes líquidos” (PILARSKI et al., 2004, p.274), sendo que no experimento em questão os valores encontrados foram bem menores.

COELHO (2000), em seu estudo, observou as curvas de eluição (até aproximadamente 2,5 volumes de poros) em que ocorreu um maior retardamento do NH_4^+ , certamente pela maior taxa de adsorção. No caso do experimento, conforme se vê na Figura 58, não foi isso que ocorreu. O nitrogênio amoniacal permaneceu em concentração constante durante todos os volumes de poros, tendendo a zero.

O parâmetro nitrogênio amoniacal repete o mesmo comportamento das análises com colunas deformadas.

Figura 58- Lixiviação do nitrogênio amoniacal em função do volume de poros em colunas

indeformadas para os respectivos tratamentos

Quanto ao nitrato, observa-se uma certa concentração inicial, tendo uma queda brusca no ponto seguinte e praticamente constância ao longo dos demais pontos. O nitrato teve a maior concentração dentre as colunas deformadas.

Com relação ao nitrato, a concentração inicial encontrada é maior em função dos tratamentos em ordem decrescente, respectivamente. Cabe lembrar que os tratamentos utilizaram-se de efluente em concentrações de 0, 25, 50 e 75%, respectivamente.

O nitrato, no tratamento quatro, apresentou a maior concentração encontrada nas análises, isso provavelmente ocorreu pela aplicação do efluente numa maior concentração do que nas aplicações anteriores, ou seja, 75% de concentração.

SMITH e POWESLAND (1990), citados por SHEPHERD (1996, p.172), sugeriram que a perda de nitrato a partir do lodo, por exemplo, poderia ser maior nas rotações aráveis do que a partir das aplicações em grama.

A cultura do milho, irrigada com águas residuárias, absorveu maior quantidade de N na fase de crescimento do que na fase de maturação, acumulando nitrato no solo nessa última fase. Esse estudo foi realizado por VASQUEZ-MONTIEL, HOIRAN e MARA (1996).

Segundo SHEPHERD (1996, p.171), vários são os fatores que influenciam a lixiviação de nitrato, dentre eles a cobertura vegetal.

Segundo CHINKUYU e KANWAR (1999, p. 380), a concentração de nitrato no lixiviado aumentou com o aumento no volume relativo dos poros, o que não ocorreu neste

experimento que teve comportamento contrário.

Quando aplicado um composto à base de lodo de esgoto (4080 kg ha^{-1} de N-total), INMAN et al. (1992), citados por OLIVEIRA (2001, p.172), encontraram concentrações elevadas de N-NO_3^- , variando de $70\text{-}80 \text{ mg L}^{-1}$ em amostras da solução do solo coletadas a 1m de profundidade. O monitoramento da solução de solo foi iniciado 267 dias após a aplicação dos resíduos, o que pode sugerir que tenha havido ainda algum pico de concentração antes desse período. No experimento em questão o monitoramento para precisar as concentrações de nutrientes no solo foi iniciado 66 dias após a aplicação do efluente, conseqüentemente como os autores acima discutem poderá ter ocorrido algum pico nesse meio tempo.

AZEVEDO (1996), citado por CHINKUYU e KAWAR (1999, p.371), observou que, quando adicionado cal às colunas de solo saturadas, estas tornam as concentrações de nitrato e atrazina mais altas na água que é lixiviada das colunas. No experimento não foi adicionado cal às colunas, havendo porém, alta concentração de nitrato no primeiro volume de poros.

Segundo BAUDER e SCHNEIDER (1979), citados por SOARES e RESTLE (2002, p. 44), quando aplicaram uréia no trigo e estudaram a lixiviação do nitrato em colunas de solo franco-argilosos e níveis de irrigação, concluíram que o total de nitrato lixiviado foi proporcional ao volume de água adicionada, ou seja, quanto maior a quantidade de água adicionada, maiores as perdas de nitrato por lixiviação. Comparando-se a citação acima com o experimento realizado, percebe-se certa diferença, pois ocorreu o contrário, ou seja, a lixiviação foi maior nos primeiros volumes de água, diminuindo à medida que a quantidade de água aplicada à coluna aumentava.

De acordo com LOPES e GUIDOLIN (1989), a explicação do fato do nitrogênio na forma de nitrato lixiviar com maior facilidade do que o nitrogênio na forma amoniacal, por exemplo, se justifica devido à carga negativa fraca que o mesmo possui. Assim sendo, ele não é retido no solo, mas permanece como íon livre na água do solo, passível de ser lixiviado através do perfil de certos solos e sob determinadas condições pluviométricas.

A figura a seguir corresponde ao nitrogênio sob a forma de nitrato.

Figura 59- Lixiviação do nitrato em função do volume de poros em colunas indeformadas para os respectivos tratamentos

A seguir é apresentada a figura referente ao pH das colunas indeformadas em relação ao volume de poros.

Figura 60 - pH em função do volume de poros em colunas indeformadas para os respectivos tratamentos

Quanto às colunas indeformadas, observou-se nos tratamentos comportamento semelhante ao das colunas deformadas quanto ao pH, porém sua faixa oscilou entre 5,0 a 7,5. Normalmente os solos brasileiros se situam nessa faixa de pH.

Percebe-se, quanto aos valores de pH nos resultados encontrados, que, no lixiviado dos tratamentos em que houve a aplicação de efluente, o pH teve um comportamento mais relacionado à função ácida.

No tratamento 4 desse tipo de coluna observou-se uma mudança grande em relação aos valores encontrados para o pH, sendo considerado ácido em todos os pontos de amostragem analisados.

Os solos podem ser naturalmente ácidos devido à própria pobreza em bases do material de origem ou a processos de formação que favorecem a remoção de elementos

básicos como potássio, cálcio, magnésio, sódio, etc. Além disso, os solos podem ter sua acidez aumentada por cultivos e adubações que levam a tal processo. Em qualquer caso, a acidificação se inicia ou se acentua, devido à remoção de bases da superfície dos colóides do solo (NÓBREGA, 2003, p. 02).

Com relação à condutividade elétrica, a figura 61 demonstra os valores dos resultados encontrados nas amostras analisadas para os quatro tratamentos.

A condutividade elétrica (CE) é definida como íons em solução que conduzem corrente elétrica. Quanto maior a concentração salina, maior a concentração de íons e mais intensa a corrente conduzida pela solução. A CE é determinada em extrato resultante da saturação do solo com água. A unidade empregada para expressar a condutividade elétrica é o siemens (dS m^{-1}) (MEURER, 2004, p.199).

Figura 61 - CE em função do volume de poros em colunas

indeformadas para os respectivos tratamentos

Como se pode perceber por meio da figura acima, os valores da condutividade foram decrescendo em relação aos pontos analisados que foram escolhidos em ordem crescente de volume de poros, portanto denota-se que a quantidade de sais nas primeiras amostras foram maiores do que as da seqüência. Resultado que foi encontrado também para as colunas deformadas, diferindo apenas as concentrações em relação aos tratamentos.

Problemas de toxicidade complicam os de salinidade e permeabilidade, pois a acumulação dos íons em concentrações tóxicas demora certo tempo e os sintomas visuais dos

danos desenvolvem-se lentamente, sendo que tudo isso depende do tempo, concentração, tolerância da cultura, volume de água transpirado (MORAIS; MAIA; OLIVEIRA, 1998, p.180).

5 CONCLUSÕES

Com relação à escassez de informações sobre o aproveitamento ou tratamento dos resíduos da agricultura, como é o caso das águas residuárias, bem como a problemática ambiental que este tipo de resíduo tem causado, é que se deve buscar alternativas, como foi o objetivo deste trabalho, no sentido de possibilitar algum conhecimento a mais a respeito das possíveis doses a serem aplicadas no campo, contribuindo assim para a solução de parte dos problemas ambientais, propondo uma alternativa técnica correta, talvez no momento, ainda não economicamente viável.

Os resíduos suínos destacados neste experimento, conclui-se: podem ser adicionados ao solo, tendo em vista as condições desse solo e da cultura a ser implantada. Para tanto, existem padrões para definição de dosagens a serem aplicadas e normas pré-estabelecidas, a fim de evitar contaminação no solo além da lixiviação.

Algumas situações podem evitar certas formas de contaminação desse tipo de resíduo, como estocagem e transporte seguros, adequada manipulação, além da verificação a respeito das necessidades do solo, da cultura e da planta em relação aos nutrientes, observando a contaminação ambiental.

Entre os fatores positivos do uso de águas residuárias na agricultura que se puderam apurar citam-se o econômico, pela possibilidade de reutilização de resíduos e o nutricional para as plantas e preservação do meio ambiente.

Sugere-se que novas pesquisas sejam desenvolvidas no sentido de que esse mesmo experimento seja realizado a campo, sem estufa, monitorando a quantidade de chuva da área, para o fim de se ampliar uma discussão sobre a lixiviação de nutrientes.

Além disso, sugere-se a repetição da amostragem por meio das colunas indeformadas, que se acredita são as que melhor mostram as características reais do solo, utilizando metodologia adequada.

Com relação aos resultados mostrados observou-se que à medida que se aumentou a concentração do efluente no solo houve um maior deslocamento, ou seja, lixiviação da maioria dos nutrientes em ambos os tipos de metodologias.

Também foi possível concluir que não houve efeito da profundidade sobre os tratamentos, nem dos tratamentos sobre as profundidades, somente para o elemento potássio e

para a capacidade de troca catiônica é que a profundidade foi significativa.

Quanto à velocidade de infiltração básica - VIB, percebeu-se um valor maior no tratamento 1. Com relação aos resultados obtidos com as colunas deformadas, a maioria dos parâmetros mostraram-se maiores quando aplicado T4. Somente no nitrogênio amoniacal verificaram-se valores iguais para todos os tratamentos. Com relação à CE observou-se no primeiro ponto analisado que o T2 esteve maior, porém a partir do segundo ponto analisado os valores maiores obtidos foram para o T4. Quanto às colunas indeformadas percebeu-se com relação ao T4 valores maiores para os seguintes parâmetros: P, K e Nitrato. O nitrogênio esteve maior no T3, seguido do T4. No nitrogênio amoniacal o comportamento da coluna indeformada foi o mesmo da deformada. O pH esteve maior no T1, sendo que o valor esteve próximo a 7,0. A CE esteve maior no T3, seguido do T4. Conclui-se, portanto, que o T4 teve influência nas duas metodologias aplicadas, muito provavelmente devido ao teor de efluente aplicado.

Por derradeiro, há que se reconhecer que as interrogações não deixam de fazer parte de um processo de conhecimento que continua sendo sempre a sombra do pesquisador, mas também o provocador infinito de novos estudos, razão da existência deste trabalho.

6 REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C.; GOMES, P. F.; MALAVOLTA, E. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2000.
- ANDREOLI, C. et al. **Uma leitura para os temas transversais**. Patrícia Lupon Torres e Regina Bochwiak (Orgs.). Curitiba: Senar-PR, 2003.
- ARAÚJO, C.; RUIZ, H.; SILVA, D.; FERREIRA, P.; ALVAREZ, V.; BAHIA, A. Eluição de fósforo em relação ao tempo de difusão em colunas com agregados de um latossolo vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 7, n. 1, jan./abril de 2003.
- AUGUSTO, D.; GUERRINI, I.; ENGEL, V.; ROUSSEAU, G. Utilização de esgotos domésticos tratados através de um sistema biológico na produção de mudas de *croton floribundus spreng.*(Capixingui) e *copaifera langsdorffii desf.* (Copaíba). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 335-342, 2003.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**, V. 29, revisão e tradução de Guey, H. R., Medeiros, J. F., Damasceno, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1991. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1980, **Solo** – Determinação da massa específica dos grãos. NBR 6508, ABNT, Rio de Janeiro, 2 p.
- AZEVEDO, A.S. et al. **Movement of NO₃-N and atrazine through soil columns as affected by lime application**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 39, n. 3, p.937-945, maio/jun, 1996.

BARROS, L.; AMARAL, L.; JÚNIOR, J. L. Monitoramento sanitário de um sistema integrado de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Panamericana de Salud Publica**, Washington, v. 14, n. 6, p.385-393, dezembro de 2003.

BASTOS, R. K. X. Tratamento e reciclagem de esgoto por disposição no solo. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa, MG, n. 6, p. 15-7, jun./jul. 1999.

BERNARDES, R. S. Estabilização de poluentes por disposição no solo. **Revista DAE**, São Paulo, v. 46, n. 145, p. 129-150, jun/1986.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 1995. 657 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999.

BRANDÃO, V. DOS S.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. Viçosa, MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2003. 98 p.

BLEY JR., J. C. (Orgs.). **Manual de gestão ambiental na suinocultura**. Curitiba: Sema/IAP/FUNPAR, 2004.

BORTOLINI, C. G. **Eficiência do método de adubação nitrogenada em pré semeadura do milho implantado em semeadura direta após aveia preta**. Porto Alegre, RS, 2000. 48 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1983.

BREDA, C. A. **Desenvolvimento de um penetrômetro de placa de aço e avaliação em campo da compactação do solo**. Cascavel –PR, 2003. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Divulgação técnica MANAH**, ano XVIII, n.157, agosto de 2000.

CERRETTA, C. A.; FRIES, M. R. Adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. In: NUERNBERG, N. J. **Plantio direto: Conceitos, fundamentos e práticas culturais**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, núcleo Regional Sul, cap. 7, p. 111-120, 1997.

CHINKUYU, A. J.; KANWAR, R. S. Effect of lime application on the movement of atrazine and nitrate – nitrogen through undisturbed – saturated soil columns. **Water, air, and soil pollution**, St. Joseph, Kluwer academic publishers, n. 115, p. 371-384, 1999.

COELHO, F. C. et al. Transporte do amônio em colunas com agregados de um latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 4, n. 3, p. 362-367, set/dez, 2000.

COX, W. J.; KALONGE, S.; CHERNEY, D. J. R.; REID, W. S. Growth, uield and quality of forage maiz nitrogen management practices. **Agronomy Journal**, USA, n. 85, p. 341-347, 1993.

CÔRREA, M. M. **Mobilidade e retenção do inseticida – nematicida sulfona de aldicarbe em colunas de solo de regiões produtoras de batata de Minas Gerais**. Lavras, MG, 1996. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa.

COSTA, S. N. et al. Mobilidade de nitrato em colunas de solo sob condições de escoamento não permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 3, n. 2, p. 190-194, 1999.

CRUCIANI, D.; MAIA, P.; PAZ, V.; FRIZZONE, J. Fertirrigação nitrogenada na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por sistema de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 2, p. 63-67, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informações, Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1999, 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p.

ERREBHI, M.; ROSEN, C. J.; GUPTA, S. C. BIRONG, D. E. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management, **Agronomy Journal**, USA, v. 90, p. 10-15, 1998.

FOOD AGRICULTURAL E ORGANIZATION - FAO. **Water quality for agricultura**. AYERS, R.S. and WESTCOT, D.W. Irrigation and Drainage, paper 29 – Rome: FAO, 1985.

FASSBENDER, H. W. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina**. 2 ed. San José, Costa Rica: ILCA, 1994.

FEIGIN, A.; RAVINHA, I; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent, management for environmental protection**: advanced series in agricultural sciences. v. 17, cap. 3 – Springer – Verlag Belin: Heidelberg, 1991.

FREITAS, W.; OLIVEIRA, R.; PINTO, F.; CECON, P.; GALVÃO, J. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB v. 8, n. 1, p. 120-125, 2004.

GOMES, E. **Movimento de nitrato proveniente de água residuária de frigorífico em colunas de solos**. Cascavel-PR, 2002. 62 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

GOMES, F. R. R.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D.; MARTINEZ, H. E. P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande - PB, v. 5, n. 1, p. 131-134, 2001.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

KIEHL, J. et al. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983.

KOVDA, V. A.; YARON, B.; SHALHEVET, Y. Quality of irrigation of water. In KOVDA, V. A.; BERG, C. Van den; HAGAN, R. M. (eds) **International source book on irrigation, drainage and salinity**, cap. 7, p. 177-205 – London: Hutchinson / FAO / UNESCO, 1973.

LÉON, S. G. **Tratamiento y uso de aguas residuales**. Tradução de H. R. Gheyi A. König, B. S. O. Cebalhos, F. A. V. Damascena. Campina Grande-PB: UFPB, 1996.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989.

LOPES, A. S.; GUIDOLIN, J. A. **Interpretação de análise do solo: conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo, 1989.

MEDALIE, L.; BOWDEN, W. B.; SMITH, C. T. Nutrient leaching following of aerobically digested municipal sewage sludge in a Northern Hardwood Forest. **Journal Environ.** 23: 130 – 138, 1994.

MELLO, F.A.F. et al. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983.

MILANI, D.I.C. **Variabilidade espacial da infiltração da água no solo e correlação com atributos físicos e produtividade do milho.** Cascavel, PR, 2005, 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

MIRANDA, C.; ZARDO, A; GOSMANN, H. **Uso de dejetos de suínos na agricultura.** Embrapa Suínos e Aves, n. 11, março de 1999.

MEURER, E.J.(ed.) **Fundamentos de química do solo.** 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2004.

MIRANDA, J.; DUARTE, S. Modelo para simulação da dinâmica de nitrato em colunas verticais de solo não saturado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, PB, v. 6, n. 2, p. 235-241, 2002.

MORAIS, E.; MAIA, C.; OLIVEIRA, M. Qualidade da água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do departamento de Solos e Geologia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró - RN. **Caatinga**, Mossoró – RN, n. 11 v. 1/2 p. 75-83, dez. 1998.

MUCHOVEJ, R. M. C.; REHCIGL, J. E. Impacts of nitrogen fertilization of pastures and turfgrasses on water quality In: LAL, R.; STEWART, B. A. (ed.) **Soil processes and water quality.** Lewis Publication, 1995, p. 91-135.

NÓBREGA, L. H. P. **Adubos e adubações.** Apostila digitada da disciplina de fitotecnia do curso de Engenharia Agrícola, UNIOESTE, 2003. 11 f.

NÓBREGA, L. H. P. **Acidez do solo e calagem.** Apostila digitada da disciplina de fitotecnia do curso de Engenharia Agrícola, UNIOESTE, 2003. 10 f.

OLIVEIRA, F.; MATTIAZZO, M.; MARCIANO, C.; MORAES, S. Lixiviação de nitrato em um latossolo amarelo distrófico tartado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 58, n. 1, p. 171-180, jan./mar., 2001.

OLIVEIRA, M.; MAIA, C. E. Qualidade físico-Química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.2, n.1, jan./abril, 1998.

OLIVEIRA, R.A.; CAMPELO, P. L .G.; MATOS, A.T.; MARTINEZ, M.A.; CECON, P.R. Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 4, n. 2, p. 263-267, 2000.

OTTONI FILHO, T.B. Uma classificação físico-hídrica dos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.2. 2003. p.211-222

PAGANINI, W.S. **Disposição de esgotos no solo**. Escoamento à superfície. São Paulo: Alsabesp, 1997.

PILARSKI,F.; TOMAZELLI JR.,O.; CASACA, J.; GARCIA, F.R.; TOMAZELLI, I.; SANTOS, I. Consórcio suíno-peixe: aspectos ambientais e qualidade do pescado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 267-276, 2004.

RAPASSI, R.; SÁ, M.; TARSITANO, M.; CARVALHO, M.; PROENÇA, É.; NEVES, C.; COLOMBO, E. Análise econômica comparativa após um ano de cultivo do feijoeiro irrigado, no inverno, em sistema de plantio convencional e direto, com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Jornal Bragantia – DOAJ – Directory of open access journals**, Campinas, SP, v. 62, p. 397-404, 2003.

RODRIGUES, M. B. **Efeito de fertirrigações com águas residuárias de laticínio e frigorífico em um latossolo roxo eutrófico**. Cascavel, 2001. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres/Potafos, 1991.

RAIJ, B. Van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba, SP: Instituto Internacional da Potassa, 1981.

REICHARDT, K. **Relação solo-planta-atmosfera**. São Paulo, SP: Fundação Cargil, 1982.

REICHARDT, K.; SILVA, J.C.D.A.; BASSO, L.H.; TIMM, L.C.; OLIVEIRA, J.C.M.; BACCHI, O.O.S.; PILOTTO, J. E. Soil spatial variability and the estimation of the irrigation water depth. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 58, n. 3, p. 549-553.2001.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri, SP: Manole, 2004.

ROCHA, J.C.; ROSA, A.H.; CARDOSO, A.A. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

SAMPAIO, S. C. **Perda de carga em tubulações comerciais conduzindo águas residuárias da bovinocultura e suinocultura**. Viçosa-MG, 1999. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

SANGOI, L. et al. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação de uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Revista Ciência Rural**, Santa maria, RS, v. 33, n. 1, jan/fev.2003.

SARAIVA, F.Z. **Aplicação de águas residuárias de agroindústria de fécula de mandioca na cultura milho (*Zea mays* L.)**. Cascavel, PR, 2004. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

SEDIYAMA, M. et al. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Revista Scientia Agrícola**. Piracicaba, v. 57, n. 1, 185-189, jan./mar. 2000.

SHELEF, G. Wastewater reclamation and water resources management in Israel, **Water science and technology**, London, v. 24, n. 9, p. 251-265, 1991.

SHEPHERD, M.A. Factors affecting nitrate leaching from sewage sludges applied to a sandy soil in arable agriculture. **Revista Agriculture, ecosystems & environment**. Meden Vale, Mansfield, v. 58, 1996.

SHUVAL, H. I. Public Health considerations in waste waters and excreta reuse for agriculture. In: FEACHEM, R.; MCGARRY, M; MARA, D.; (ed) **WATER**. Wastes and health in hot climates. ed. New York: John Wiley & Sons Ltda. Cap. 19, p. 365-381. 1977.

SOARES, A.; RESTLE, J. Adubação nitrogenada em pastagem de triticale mais azevém sob pastejo com lotação contínua: recuperação de nitrogênio e eficiência na produção de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 43-51, 2002.

SORDI, C. **Resposta de cultivares de trigo (*triticum aestivum*) ao alumínio no solo**. Cascavel, 2003. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

SOTO, P.; JAHN, E. B.; ARREDONDO, S. Mejoramiento del porcentaje de proteína maíz para ensilaje para aumento y parcialización de la fertilización nitrogenada. Chillán. **Revista Agricultura Técnica**, Santiago, Chile, v. 64, n. 2, abril de 2004.

TRIVELIN, P. C. O.; CABEZAS, W. A. R. L.; BOARETTO, A. E. Dinâmica do nitrogênio de fertilizantes fluídos no sistema solo-planta. In: **Fertilizantes fluídos** – Simpósio brasileiro de fertilizantes. Piracicaba, SP: Potafos, 1994.

VARGAS, M., **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 1977.

VASQUEZ-MONTIEL, O.; HOIRAN, N. J.; MARA, D. D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. **Water science and technology**, Londres, Inglaterra, v.33, n.10-11, p.355-362, 1996.

VILAS BOAS, A. et al. Fertilizantes em fertilização. In: FOLEGATTI, M. V. **Fertilização: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999.

WHITE, R. E., Leaching. In: WILSON, J. R. **Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems**. Wallingford: C. A. B. Internacional, p. 193-211, 1987.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertilizantes e fertirrigação. In: **Fertilizantes fluídos**. Piracicaba, SP: Potafos, 1994. 343 p.

7 APÊNDICES

APÊNDICE A- ANÁLISE DE UMIDADE DO SOLO UTILIZADO NO EXPERIMENTO

Tabela 1A - Peso do solo com a coluna saturada e peso da coluna

PESO SOLO COM A COLUNA SATURADA:			
T1 (Kg)	T2 (Kg)	T3 (Kg)	T4 (Kg)
4875	4975	6905	6340
PESO DA COLUNA:			
T1 (Kg)	T2 (Kg)	T3 (Kg)	T4 (Kg)
1620	1855	3700	3120
PESO DE SOLO SECO:			
T1 (Kg)	T2 (Kg)	T3 (Kg)	T4 (Kg)
3000	3000	3000	3000

Tabela 2A- Umidade

UMIDADE = PESO SOLO COM A COLUNA SATURADA (PESO DA COLUNA + PESO SOLO SECO)			
	X		Y
X1	4875	Y1	4620
X2	4975	Y2	4855
X3	6905	Y3	6700
X4	6340	Y4	6120
U = X - Y			
U =	800	(diferenças somadas, para obter o valor da umidade dividir por 4)	
U =	200		
U(%) =	2		

Obs. Dados das colunas deformadas.

Fonte: experimento de campo, 2005.

APÊNDICE B- CONDUTIVIDADE HIDRAÚLICA DO SOLOSATURADO NAS COLUNAS DEFORMADAS E INDEFORMADAS

Tabela 3A- Condutividade hidráulica (K) de colunas deformadas

K T1 =	17,65 cm/h	ou	4,24 m/d
K T2 =	11,21 cm/h	ou	2,69 m/d
K T3 =	19,91 cm/h	ou	4,78 m/d
K T4 =	17,47 cm/h	ou	4,19 m/d

Tabela 4A- Condutividade hidráulica (K) de colunas indeformadas

K T1 IND	2,75 Cm/h	ou	0,66 m/d
K T2 IND	39,08 Cm/h	ou	9,38 m/d
K T3 IND	1,43 Cm/h	ou	0,34 m/d
K T4 IND	3,03 Cm/h	ou	0,73 m/d

Os equipamentos utilizados para tais análises são listados a seguir.

Figura 1A - Fotômetro de chama

Fonte: Laboratório Soloanálise, 2005.

Nota: Utilizado para as análises de K

Figura 2A- Destilador

Fonte: Laboratório Soloanálise, 2005.

Nota: Utilizado para análise de Nitrato e Nitrogênio Amoniacal.

Figura 3A- Espectrofotômetro

Fonte: Laboratório Soloanálise, 2005.

Nota: Utilizado para a sanálises de N total e Fósforo.

Tabela 5A- Análise química do solo - T1 AM 1 0-20CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T1 AM 1 0-20CM							
Elementos (Símbolo)	Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO					
		Baixo	Médio	Alto			
Cálcio (Ca)	3.60		X				
Magnésio (Mg)	1.91			X			
Potássio (K)	0.69			X			
Alumínio (Al)	0.21	X					
H + Alumínio (H + Al)	7.20			X			
Soma de Bases (S)	6.20			X			
CTC (T)	13.40			X			
Elementos (Símbolo)	g/dm ³	Baixo	Médio	Alto			
Carbono (C)	21.82			X			
M. Orgânica (MO)	37.53			X			
Elementos (Símbolo)	%	Baixo	Médio	Alto			
Sat. Alumínio (Al)	3.28	X					
Sat. Bases (V)	46.27	X					
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)	mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto			
Fósforo (P)	47.67			X			
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂	4.70						
Granulometria	%						
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)	mg/dm ³						
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca/ K	Mg/ K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.88	5.22	2.77	5.15	26.87	14.25	52.16	1.57

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 6A- Análise química do solo - T1 AM 1 20-40CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T1 AM 1 20-40CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		2.20		X			
Magnésio (Mg)		0.60		X			
Potássio (K)		0.23		X			
Alumínio (Al)		0.53		X			
H + Alumínio (H + Al)		7.20				X	
Soma de Bases (S)		3.03		X			
CTC (T)		10.23				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		17.14				X	
M. Orgânica (MO)		29.48				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		14.89		X			
Sat. Bases (V)		29.62	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		Mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		3.52	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.40					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
3.67	9.57	2.61	2.25	21.51	5.87	65.20	5.18

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 7A- Análise química do solo - T1 AM 1 40-60CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T1 AM 1 40-60 CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		1.30	X				
Magnésio (Mg)		0.40		X			
Potássio (K)		0.06	X				
Alumínio (Al)		0.42	X				
H + Alumínio (H + Al)		6.69					X
Soma de Bases (S)		1.76	X				
CTC (T)		8.45					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		13.25		X			
M. Orgânica (MO)		22.79		X			
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		19.27		X			
Sat. Bases (V)		20.83	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		Mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		1.02	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.40					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		Mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
3.25	21.67	6.67	0.71	15.38	4.73	74.20	4.97

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 8A- Análise química do solo - T1 AM 2 0-20CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T1 AM 2 0-20CM							
Elementos (Símbolo)	Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO					
		Baixo	Médio	Alto			
Cálcio (Ca)	7.40			X			
Magnésio (Mg)	3.70			X			
Potássio (K)	0.42			X			
Alumínio (Al)	0	X					
H + Alumínio (H + Al)	0.00		X				
Soma de Bases (S)	2.95			X			
CTC (T)	11.52			X			
Elementos (Símbolo)	g/dm ³	Baixo	Médio	Alto			
Carbono (C)	21.82			X			
M. Orgânica (MO)	37.53			X			
Elementos (Símbolo)	%	Baixo	Médio	Alto			
Sat. Alumínio (Al)	0.00	X					
Sat. Bases (V)	79.61			X			
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)	mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto			
Fósforo (P)	17.06			X			
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂	6.10						
Granulometria	%						
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)	mg/dm ³						
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
2.00	17.62	8.81	2.90	51.14	25.57	20.39	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 9A- Análise química do solo - T2 AM 2 20-40CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T2 AM 2 20-40CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		3.40		X			
Magnésio (Mg)		2.29				X	
Potássio (K)		0.30		X			
Alumínio (Al)		0.02	X				
H + Alumínio (H + Al)		5.76					X
Soma de Bases (S)		5.99					X
CTC (T)		11.75					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		26.49					X
M. Orgânica (MO)		45.56					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.33	X				
Sat. Bases (V)		50.98		X			
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		5.82	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.80					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.48	11.33	7.63	2.55	28.94	19.49	48.85	0.17

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 10A - Análise química do solo - T1 AM 2 40-60CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T1 AM 2 40-60CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		7.80					X
Magnésio (Mg)		5.20					X
Potássio (K)		0.11		X			
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		2.36		X			
Soma de Bases (S)		13.11					X
CTC (T)		15.47					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		21.04					X
M. Orgânica (MO)		36.19					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		84.74					X
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		4.65	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		6.70					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.50	70.91	47.27	0.71	50.42	33.61	15.26	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 11A - Análise química do solo - T1 AM 3 0-20CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T1 AM 3 0-20CM							
Elementos (Símbolo)	Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO					
		Baixo	Médio	Alto			
Cálcio (Ca)	2.91		X				
Magnésio (Mg)	1.70			X			
Potássio (K)	0.35			X			
Alumínio (Al)	0.33	X					
H + Alumínio (H + Al)	7.20			X			
Soma de Bases (S)	4.96		X				
CTC (T)	12.16			X			
Elementos (Símbolo)	g/dm ³	Baixo	Médio	Alto			
Carbono (C)	19.48			X			
M. Orgânica (MO)	33.51			X			
Elementos (Símbolo)	%	Baixo	Médio	Alto			
Sat. Alumínio (Al)	6.24	X					
Sat. Bases (V)	40.79	X					
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)	Mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto			
Fósforo (P)	13.88			X			
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂	4.80						
Granulometria	%						
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)	mg/dm ³						
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.71	8.31	4.86	2.88	23.93	13.98	56.50	2.71

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 12A- Análise química do solo - T1 AM 3 20-40CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T1 AM 3 20-40CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		1.89	X				
Magnésio (Mg)		0.78		X			
Potássio (K)		0.18		X			
Alumínio (Al)		0.52		X			
H + Alumínio (H + Al)		7.20					X
Soma de Bases (S)		2.85		X			
CTC (T)		10.05					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		17.14					X
M. Orgânica (MO)		29.48					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		15.43		X			
Sat. Bases (V)		28.36	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		Mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		5.43	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.50					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		Mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
2.42	10.50	4.33	1.79	18.81	7.76	66.47	5.17

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 13A - Análise química do solo - T1 AM 3 40-60CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T1 AM 3 40-60CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		0.89	X				
Magnésio (Mg)		0.30	X				
Potássio (K)		0.04	X				
Alumínio (Al)		0.21	X				
H + Alumínio (H + Al)		5.76					X
Soma de Bases (S)		1.23	X				
CTC (T)		6.99					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		10.13		X			
M. Orgânica (MO)		17.42		X			
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		14.58		X			
Sat. Bases (V)		17.60	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		1.02	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.50					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
2.97	22.25	7.50	0.57	12.73	4.29	79.40	3.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 14A - Análise química do solo - T2 AM 1 0-20CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T2 AM 1 0-20CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		2.28		X			
Magnésio (Mg)		1.30				X	
Potássio (K)		0.20		X			
Alumínio (Al)		0.41	X				
H + Alumínio (H + Al)		7.20				X	
Soma de Bases (S)		3.78		X			
CTC (T)		10.98				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		23.38				X	
M. Orgânica (MO)		40.21				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		9.79	X				
Sat. Bases (V)		34.43	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		3.89	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.50					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.75	11.40	6.50	1.82	20.77	11.84	61.84	3.73

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 15A - Análise química do solo - T2 AM 1 20-40CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T2 AM 1 20-40CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		3.05		X			
Magnésio (Mg)		1.60				X	
Potássio (K)		0.51				X	
Alumínio (Al)		0.29	X				
H + Alumínio (H + Al)		7.20				X	
Soma de Bases (S)		5.16		X			
CTC (T)		12.36				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		21.82				X	
M. Orgânica (MO)		37.53				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		5.32	X				
Sat. Bases (V)		41.75	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		10.51				X	
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.50					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.91	5.98	3.14	4.13	24.68	12.94	55.91	2.35

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 16A - Análise química do solo - T2 AM 1 40-60CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T2 AM 1 40-60CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		1.20	X				
Magnésio (Mg)		0.73		X			
Potássio (K)		0.11		X			
Alumínio (Al)		0.33	X				
H + Alumínio (H + Al)		5.76					X
Soma de Bases (S)		2.04	X				
CTC (T)		7.80					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		37.40					X
M. Orgânica (MO)		64.33					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		13.92		X			
Sat. Bases (V)		26.15	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		Mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		1.36	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.50					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.64	10.91	6.64	1.41	15.38	9.36	69.62	4.23

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 17A - Análise química do solo - T2 AM 2 0-20CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T2 AM 2 0-20CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		4.50					X
Magnésio (Mg)		2.10					X
Potássio (K)		0.82					X
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		5.35					X
Soma de Bases (S)		7.42					X
CTC (T)		12.77					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		24.16					X
M. Orgânica (MO)		41.56					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		58.10		X			
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		14.91					X
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		5.00					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
2.14	5.49	2.56	6.42	35.24	16.44	41.90	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 18A - Análise química do solo - T2 AM 2 20-40CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T2 AM 2 20-40CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		3.40		X			
Magnésio (Mg)		2.29				X	
Potássio (K)		0.30		X			
Alumínio (Al)		0.02	X				
H + Alumínio (H + Al)		5.76					X
Soma de Bases (S)		5.99					X
CTC (T)		11.75					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		26.49					X
M. Orgânica (MO)		45.56					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.33	X				
Sat. Bases (V)		50.98		X			
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		5.82	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.80					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.48	11.33	7.63	2.55	28.94	19.49	48.85	0.17

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 19A - Análise química do solo - T2 AM 2 40-60CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T2 AM 2 40-60CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		2.16		X			
Magnésio (Mg)		0.60		X			
Potássio (K)		0.20		X			
Alumínio (Al)		0.09	X				
H + Alumínio (H + Al)		5.35				X	
Soma de Bases (S)		2.96		X			
CTC (T)		8.31				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		17.92				X	
M. Orgânica (MO)		30.82				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		2.95	X				
Sat. Bases (V)		35.62	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		2.42	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.80					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
3.60	10.80	3.00	2.41	25.99	7.22	63.30	1.08

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 20A - Análise química do solo - T2 AM 3 0-20CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T2 AM 3 0-20CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		3.50		X			
Magnésio (Mg)		1.68				X	
Potássio (K)		0.58				X	
Alumínio (Al)		0.19	X				
H + Alumínio (H + Al)		6.21				X	
Soma de Bases (S)		5.76				X	
CTC (T)		11.97				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		24.16				X	
M. Orgânica (MO)		41.56				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		3.19	X				
Sat. Bases (V)		48.12	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		6.22				X	
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.70					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
2.08	6.03	2.90	4.85	29.24	14.04	50.29	1.59

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 21A - Análise química do solo - T2 AM 3 20-40CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T2 AM 3 20-40CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		2.55		X			
Magnésio (Mg)		0.80		X			
Potássio (K)		0.23		X			
Alumínio (Al)		0.33	X				
H + Alumínio (H + Al)		6.69				X	
Soma de Bases (S)		3.58		X			
CTC (T)		10.27				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		24.93				X	
M. Orgânica (MO)		42.88				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		8.44	X				
Sat. Bases (V)		34.86	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		5.04	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.60					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
3.19	11.09	3.48	2.24	24.83	7.79	61.93	3.21

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 22A - Análise química do solo - T2 AM 3 40-60CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T2 AM 3 40-60CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		0.98	X				
Magnésio (Mg)		0.30	X				
Potássio (K)		0.11		X			
Alumínio (Al)		0.30	X				
H + Alumínio (H + Al)		5.76					X
Soma de Bases (S)		1.39	X				
CTC (T)		7.15					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		11.69		X			
M. Orgânica (MO)		20.11		X			
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		17.75		X			
Sat. Bases (V)		19.44	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		1.02	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.50					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
3.27	8.91	2.73	1.54	13.71	4.20	76.36	4.20

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 23A - Análise química do solo - T3 AM 1 0-20CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T3 AM 1 0-20CM							
Elementos (Símbolo)	Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO					
		Baixo	Médio	Alto			
Cálcio (Ca)	4.60			X			
Magnésio (Mg)	2.60			X			
Potássio (K)	0.37			X			
Alumínio (Al)	0.00	X					
H + Alumínio (H + Al)	4.96			X			
Soma de Bases (S)	7.57			X			
CTC (T)	12.53			X			
Elementos (Símbolo)	g/dm ³	Baixo	Médio	Alto			
Carbono (C)	34.28			X			
M. Orgânica (MO)	58.96			X			
Elementos (Símbolo)	%	Baixo	Médio	Alto			
Sat. Alumínio (Al)	0.00	X					
Sat. Bases (V)	60.52		X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)	mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto			
Fósforo (P)	9.17			X			
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂	5.10						
Granulometria	%	Baixo	Médio	Alto			
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)	mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto			
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.77	12.43	7.03	2.95	36.71	20.75	39.58	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 24A - Análise química do solo - T3 AM 1 20-40CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T3 AM 1 20-40CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		3.66		X			
Magnésio (Mg)		1.09				X	
Potássio (K)		0.11		X			
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		4.61				X	
Soma de Bases (S)		4.86		X			
CTC (T)		9.47				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		28.83				X	
M. Orgânica (MO)		49.59				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		52.32		X			
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		3.15	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		5.20					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
3.36	33.27	9.91	1.16	38.65	11.51	48.68	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 25A - Análise química do solo - T3 AM 1 40-60CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T3 AM 1 40-60CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		1.51	X				
Magnésio (Mg)		0.71		X			
Potássio (K)		0.06	X				
Alumínio (Al)		0.12	X				
H + Alumínio (H + Al)		5.35					X
Soma de Bases (S)		2.28	X				
CTC (T)		7.63					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		28.05					X
M. Orgânica (MO)		48.25					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		5.00	X				
Sat. Bases (V)		29.88	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		1.02	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.80					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
2.13	25.17	11.83	0.79	19.79	9.31	68.55	1.57

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 26A - Análise química do solo - T3 AM 2 0-20CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T3 AM 2 0-20CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		5.79					X
Magnésio (Mg)		2.60					X
Potássio (K)		0.42					X
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		4.28					X
Soma de Bases (S)		8.81					X
CTC (T)		13.09					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		24.93					X
M. Orgânica (MO)		42.88					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		67.30		X			
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		12.39					X
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		5.40					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
2.23	13.79	6.19	3.21	44.23	19.86	32.70	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 27A - Análise química do solo - T3 AM 2 20-40CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T3 AM 2 20-40CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		4.87					X
Magnésio (Mg)		2.36					X
Potássio (K)		0.12		X			
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		3.69		X			
Soma de Bases (S)		7.35					X
CTC (T)		11.04					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		21.82					X
M. Orgânica (MO)		37.53					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		66.58		X			
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		3.89	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		5.60					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
2.06	40.58	19.67	1.09	44.11	21.38	33.42	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 28A - Análise química do solo - T3 AM 2 40-60CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T3 AM 2 40-60CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		2.90		X			
Magnésio (Mg)		1.90				X	
Potássio (K)		0.11		X			
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		5.35				X	
Soma de Bases (S)		4.91		X			
CTC (T)		10.26				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		15.58				X	
M. Orgânica (MO)		26.80				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		47.86	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		5.43	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		5.10					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.53	26.36	17.27	1.07	28.27	18.52	52.14	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 29A - Análise química do solo - T3 AM 3 0-20CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T3 AM 3 0-20CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		2.87		X			
Magnésio (Mg)		1.10				X	
Potássio (K)		0.91				X	
Alumínio (Al)		0.45	X				
H + Alumínio (H + Al)		7.76				X	
Soma de Bases (S)		4.88		X			
CTC (T)		12.64				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		19.48				X	
M. Orgânica (MO)		33.51				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		8.44	X				
Sat. Bases (V)		38.61	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		49.09				X	
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.50					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
2.61	3.15	1.21	7.20	22.71	8.70	57.83	3.56

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 30A - Análise química do solo - T3 AM 3 20-40CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T3 AM 3 20-40CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		4.20					X
Magnésio (Mg)		2.40					X
Potássio (K)		0.35					X
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		4.61					X
Soma de Bases (S)		6.95					X
CTC (T)		11.56					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		23.38					X
M. Orgânica (MO)		40.21					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		60.12		X			
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		10.06					X
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		5.20					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.75	12.00	6.86	3.03	36.33	20.76	39.88	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 31A - Análise química do solo - T3 AM 3 40-60CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T3 AM 3 40-60CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		3.03		X			
Magnésio (Mg)		2.56				X	
Potássio (K)		0.15		X			
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		4.28					X
Soma de Bases (S)		5.74					X
CTC (T)		10.02					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		12.47					X
M. Orgânica (MO)		21.45					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		57.29		X			
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		3.52	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		5.30					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.18	20.20	17.07	1.50	30.24	25.55	42.41	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 32A - Análise química do solo - T4 AM 1 0-20CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T4 AM 1 0-20CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		2.36		X			
Magnésio (Mg)		1.08				X	
Potássio (K)		0.45				X	
Alumínio (Al)		0.74		X			
H + Alumínio (H + Al)		9.01				X	
Soma de Bases (S)		3.89		X			
CTC (T)		12.90				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		26.49				X	
M. Orgânica (MO)		45.56				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		15.98		X			
Sat. Bases (V)		30.16	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		6.63				X	
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.20					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
2.19	5.24	2.40	3.49	18.29	8.37	64.11	5.74

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 33A - Análise química do solo - T4 AM 1 20-40CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T4 AM 1 20-40CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		4.20					X
Magnésio (Mg)		2.19					X
Potássio (K)		0.15		X			
Alumínio (Al)		0.14	X				
H + Alumínio (H + Al)		7.20					X
Soma de Bases (S)		6.54					X
CTC (T)		13.74					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		27.27					X
M. Orgânica (MO)		46.90					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		2.10	X				
Sat. Bases (V)		47.60	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		3.89	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.60					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.92	28.00	14.60	1.09	30.57	15.94	51.38	1.02

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 34A - Análise química do solo - T4 AM 1 40-60CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T4 AM 1 40-60CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		2.20		X			
Magnésio (Mg)		1.60				X	
Potássio (K)		0.06	X				
Alumínio (Al)		0.22	X				
H + Alumínio (H + Al)		7.20				X	
Soma de Bases (S)		3.86		X			
CTC (T)		11.06				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		14.80				X	
M. Orgânica (MO)		25.46				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		5.39	X				
Sat. Bases (V)		34.90	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		7.71	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.50					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.38	36.67	26.67	0.54	19.89	14.47	63.11	1.99

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 35A - Análise química do solo - T4 AM 2 0-20CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T4 AM 2 0-20CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		2.50		X			
Magnésio (Mg)		0.95				X	
Potássio (K)		1.32				X	
Alumínio (Al)		0.35	X				
H + Alumínio (H + Al)		8.36				X	
Soma de Bases (S)		4.77		X			
CTC (T)		13.13				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		22.60				X	
M. Orgânica (MO)		38.87				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		6.84	X				
Sat. Bases (V)		36.33	X				
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		76.12				X	
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		4.30					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
2.63	1.89	0.72	10.05	19.04	7.24	61.01	2.67

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 36A - Análise química do solo - T4 AM 2 20-40CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T4 AM 2 20-40CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		5.60					X
Magnésio (Mg)		3.70					X
Potássio (K)		0.37					X
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		3.69		X			
Soma de Bases (S)		9.67					X
CTC (T)		13.36					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		15.58					X
M. Orgânica (MO)		26.80					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		72.38					X
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		8.73					X
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		5.70					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.51	15.14	10.00	2.77	41.92	27.69	27.62	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 37A - Análise química do solo - T4 AM 2 40-60CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T4 AM 2 40-60CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		3.07		X			
Magnésio (Mg)		1.20				X	
Potássio (K)		0.11		X			
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		3.97		X			
Soma de Bases (S)		4.38		X			
CTC (T)		8.35					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		14.03					X
M. Orgânica (MO)		24.13					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		52.46		X			
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		2.42	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		5.50					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
2.56	27.91	10.91	1.32	36.77	14.37	47.54	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 38A - Análise química do solo - T4 AM 3 0-20CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T4 AM 3 0-20CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		6.47					X
Magnésio (Mg)		4.00					X
Potássio (K)		0.99					X
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		3.69		X			
Soma de Bases (S)		11.46					X
CTC (T)		15.15					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		21.82					X
M. Orgânica (MO)		37.53					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		75.64					X
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		42.52					X
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		5.70					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.62	6.54	4.04	6.53	42.71	26.40	24.36	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 39A - Análise química do solo - T4 AM 3 20-40CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T4 AM 3 20-40CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		7.30					X
Magnésio (Mg)		6.10					X
Potássio (K)		0.58					X
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		2.54		X			
Soma de Bases (S)		13.98					X
CTC (T)		16.52					X
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		21.04					X
M. Orgânica (MO)		36.19					X
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		84.62					X
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		15.43					X
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		6.20					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.20	12.59	10.52	3.51	44.19	36.92	15.38	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 40A - Análise química do solo - T4 AM 3 40-60CM

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO – T4 AM 3 40-60CM							
Elementos (Símbolo)		Cmol _c /dm ³	INTERPRETAÇÃO				
			Baixo	Médio	Alto		
Cálcio (Ca)		3.50		X			
Magnésio (Mg)		2.96				X	
Potássio (K)		0.15		X			
Alumínio (Al)		0.00	X				
H + Alumínio (H + Al)		3.18		X			
Soma de Bases (S)		6.61				X	
CTC (T)		9.79				X	
Elementos (Símbolo)		g/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Carbono (C)		17.14				X	
M. Orgânica (MO)		29.48				X	
Elementos (Símbolo)		%	Baixo	Médio	Alto		
Sat. Alumínio (Al)		0.00	X				
Sat. Bases (V)		67.52		X			
Argila (Arg)							
Elementos (Símbolo)		mg/dm ³	Baixo	Médio	Alto		
Fósforo (P)		3.89	X				
Ferro (Fe)							
Manganês (Mn)							
Cobre (Cu)							
Zinco (Zn)							
pH Água							
pH SMP							
pH CaCl ₂		5.90					
Granulometria		%					
Areia							
Siltre							
Argila							
Outros Elementos (símbolo)		mg/dm ³					
Boro (B)							
Enxofre (S)							
RELAÇÕES (Cmol _c /dm ³)							
Ca/ Mg	Ca / K	Mg / K	K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
1.18	23.33	19.73	1.53	35.75	30.23	32.48	0.00

Fonte: Solanálise – Central de Análises Ltda. (NEEA – UNIOESTE) 15/03/2005.

Tabela 41A - Análise estatística - Cálcio

ANÁLISE QUÍMICA CÁLCIO

TRATAMENTOS			PROFUNDIDADE
4	3	0	0.00
0	0	0	0
			3
3.60	7.40	2.91	
2.20	9.07	1.89	
1.30	7.80	0.89	
2.28	4.50	3.50	
3.05	3.40	2.55	
1.20	2.16	0.98	
4.60	5.79	2.87	
3.66	4.87	4.20	
1.51	2.90	3.03	
2.36	2.50	6.47	
4.20	5.60	7.30	
2.20	3.07	3.50	

ANÁLISE QUÍMICA CÁLCIO

FATOR A = TRATAMENTOS FATOR B = PROFUNDIDADE

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT.	NR	MÉDIA	D.PADRÃO	OBSERVAÇÕES ORIGINAIS		
11	3	4.6367	5.8460	3.6000	7.4000	2.9100
12	3	4.3867	16.4742	2.2000	9.0700	1.8900
13	3	3.3300	15.0277	1.3000	7.8000	.8900
21	3	3.4267	1.2361	2.2800	4.5000	3.5000
22	3	3.0000	.1825	3.0500	3.4000	2.5500
23	3	1.4467	.3937	1.2000	2.1600	.9800
31	3	4.4200	2.1559	4.6000	5.7900	2.8700
32	3	4.2433	.3674	3.6600	4.8700	4.2000
33	3	2.4800	.7099	1.5100	2.9000	3.0300
41	3	3.7767	5.4454	2.3600	2.5000	6.4700
42	3	5.7000	2.4100	4.2000	5.6000	7.3000
43	3	2.9233	.4386	2.2000	3.0700	3.5000

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4	
B 1	4.6367	3.4267	4.4200	3.7767	
B 2	4.3867	3.0000	4.2433	5.7000	
B 3	3.3300	1.4467	2.4800	2.9233	
TOTAIS	12.3533	7.8733	11.1433	12.4000	43.7700

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	13.5749	4.5250	1.0713 NS
FATOR B	2	22.3084	11.1542	2.6407 NS
FATOR AXB	6	6.1347	1.0224	.2421 NS
(TRATAMENTOS)	11	42.0180	3.8198	
RESÍDUO	24	101.3753	4.2240	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO 3.6475
 DESVIO PADRÃO 2.0552
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 56.3463

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 2.6718
 TRAT. MÉDIA

4	4.1333	A
1	4.1178	A
3	3.7144	A
2	2.6244	A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 2.0943
 TRAT. MÉDIA

2	4.3325	A
1	4.0650	A
3	2.5450	A

Tabela 42A - Análise estatística - Magnésio

ANÁLISE QUÍMICA MAGNESIO

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE		
4 3 0 0 0.00 0 0	3		
1.91	3.70	1.70	
0.60	3.46	0.78	
0.40	5.20	0.30	
1.30	2.10	1.68	
1.60	2.29	0.80	
0.73	0.60	0.30	
2.60	2.60	1.10	
1.09	2.36	2.40	
0.71	1.90	2.56	
1.08	0.95	4.00	
2.19	3.70	6.10	
1.60	1.20	2.96	

ANÁLISE NUMERO 2

ANÁLISE QUÍMICA MAGNESIO

FATOR A = TRATAMENTOS FATOR B = PROFUNDIDADE

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT. NR	MÉDIA	D.PADRÃO	OBSERVAÇÕES ORIGINAIS			
11 3	2.4367	1.2080	1.9100	3.7000	1.7000	
12 3	1.6133	2.5657	.6000	3.4600	.7800	
13 3	1.9667	7.8433	.4000	5.2000	.3000	
21 3	1.6933	.1601	1.3000	2.1000	1.6800	
22 3	1.5633	.5560	1.6000	2.2900	.8000	
23 3	.5433	.0486	.7300	.6000	.3000	
31 3	2.1000	.7500	2.6000	2.6000	1.1000	
32 3	1.9500	.5551	1.0900	2.3600	2.4000	
33 3	1.7233	.8790	.7100	1.9000	2.5600	
41 3	2.0100	2.9743	1.0800	.9500	4.0000	
42 3	3.9967	3.8880	2.1900	3.7000	6.1000	
43 3	1.9200	.8512	1.6000	1.2000	2.9600	

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4	
B 1	2.4367	1.6933	2.1000	2.0100	
B 2	1.6133	1.5633	1.9500	3.9967	
B 3	1.9667	.5433	1.7233	1.9200	
TOTAIS	6.0167	3.8000	5.7733	7.9267	23.5167

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	8.5453	2.8484	1.5342 NS
FATOR B	2	3.4888	1.7444	.9396 NS
FATOR AXB	6	8.3978	1.3996	.7539 NS
(TRATAMENTOS)	11	20.4320	1.8575	
RESÍDUO	24	44.5591	1.8566	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO 1.9597
 DESVIO PADRÃO 1.3626
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 69.5294

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 1.7714
 TRAT. MÉDIA

4	2.6422	A
1	2.0056	A
3	1.9244	A
2	1.2667	A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 1.3885
 TRAT. MÉDIA

2	2.2808	A
1	2.0600	A
3	1.5383	A

Tabela 43A - Análise estatística - Potássio

ANÁLISE QUÍMICA POTÁSSIO

TRATAMENTO	PROFUNDIDADE		
4 3 0 0 0.00 0 0 3	0.69	0.42	0.35
	0.23	0.18	0.18
	0.06	0.11	0.04
	0.20	0.82	0.58
	0.51	0.30	0.23
	0.11	0.20	0.11
	0.37	0.42	0.91
	0.11	0.12	0.35
	0.06	0.11	0.15
	0.45	1.32	0.99
	0.15	0.37	0.58
	0.06	0.11	0.15

ANÁLISE NUMERO 3

ANÁLISE QUÍMICA POTÁSSIO

FATOR A = TRATAMENTO FATOR B = PROFUNDIDADE

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT. NR	MÉDIA	D.PADRÃO	OBSERVAÇÕES ORIGINAIS			
11 3	.4867	.0322	.6900	.4200	.3500	
12 3	.1967	.0008	.2300	.1800	.1800	
13 3	.0700	.0013	.0600	.1100	.0400	
21 3	.5333	.0977	.2000	.8200	.5800	
22 3	.3467	.0212	.5100	.3000	.2300	
23 3	.1400	.0027	.1100	.2000	.1100	
31 3	.5667	.0890	.3700	.4200	.9100	
32 3	.1933	.0184	.1100	.1200	.3500	
33 3	.1067	.0020	.0600	.1100	.1500	
41 3	.9200	.1929	.4500	1.3200	.9900	
42 3	.3667	.0462	.1500	.3700	.5800	
43 3	.1067	.0020	.0600	.1100	.1500	

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4	
B 1	.4867	.5333	.5667	.9200	
B 2	.1967	.3467	.1933	.3667	
B 3	.0700	.1400	.1067	.1067	
TOTAIS	.7533	1.0200	.8667	1.3933	4.0333

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	.2335	.0778	1.8429 NS
FATOR B	2	1.6930	.8465	20.0474 **
FATOR AXB	6	.2068	.0345	.8162 NS
(TRATAMENTOS)	11	2.1333	.1939	
RESÍDUO	24	1.0134	.0422	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO .3361
 DESVIO PADRÃO .2055
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 61.1367

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = .2671
 TRAT. MÉDIA

4	.4644 A
2	.3400 A
3	.2889 A
1	.2511 A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = .2094
 TRAT. MÉDIA

1	.6267 A
2	.2758 B
3	.1058 B

Tabela 44A - Análise estatística - Alumínio

ANÁLISE QUÍMICA ALUMÍNIO

TRATAMENTOS				PROFUNDIDADES		
4	3	0	0	0.00	0	3
				0.21	0.00	0.33
				0.53	0.00	0.52
				0.42	0.00	0.21
				0.41	0.00	0.19
				0.29	0.02	0.33
				0.33	0.09	0.30
				0.00	0.00	0.45
				0.00	0.00	0.00
				0.12	0.00	0.00
				0.74	0.35	0.00
				0.14	0.00	0.00
				0.22	0.00	0.00

ANÁLISE QUÍMICA ALUMÍNIO

FATOR A = TRATAMENTOS FATOR B = PROFUNDIDADES

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT.	NR	MÉDIA	D.PADRÃO		OBSERVAÇÕES ORIGINAIS	
11	3	.1800	.0279	.2100	.0000	.3300
12	3	.3500	.0919	.5300	.0000	.5200
13	3	.2100	.0441	.4200	.0000	.2100
21	3	.2000	.0421	.4100	.0000	.1900
22	3	.2133	.0284	.2900	.0200	.3300
23	3	.2400	.0171	.3300	.0900	.3000
31	3	.1500	.0675	.0000	.0000	.4500
32	3	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
33	3	.0400	.0048	.1200	.0000	.0000
41	3	.3633	.1370	.7400	.3500	.0000
42	3	.0467	.0065	.1400	.0000	.0000
43	3	.0733	.0161	.2200	.0000	.0000

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4	
B 1	.1800	.2000	.1500	.3633	
B 2	.3500	.2133	.0000	.0467	
B 3	.2100	.2400	.0400	.0733	
TOTAIS	.7400	.6533	.1900	.4833	2.0667

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	.1764	.0588	1.4591 NS
FATOR B	2	.0478	.0239	.5936 NS
FATOR AXB	6	.2253	.0376	.9321 NS
(TRATAMENTOS)	11	.4496	.0409	
RESÍDUO	24	.9671	.0403	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO .1722
 DESVIO PADRÃO .2007
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 116.5557

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = .2610
 TRAT. MÉDIA

1	.2467 A
2	.2178 A
4	.1611 A
3	.0633 A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = .2046
 TRAT. MÉDIA

1	.2233 A
2	.1525 A
3	.1408 A

Tabela 45A - Análise estatística - Hidrogênio + Alumínio

ANÁLISE HIDROGENIO MAIS ALUMÍNIO
 TRATAMENTO PROFUNDIDADE

4	3	0	0	0.00	0	0	3
7.20	2.95	7.20					
7.20	2.19	7.20					
6.69	2.36	5.76					
7.20	5.35	6.21					
7.20	5.76	6.69					
5.76	5.35	5.76					
4.96	4.28	7.76					
4.61	3.69	4.61					
5.35	5.35	4.28					
9.01	8.36	3.69					
7.20	3.69	2.54					
7.20	3.97	3.18					

ANÁLISE HIDROGENIO MAIS ALUMÍNIO

FATOR A = TRATAMENTO FATOR B = PROFUNDIDADE

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT. NR	MÉDIA	D.PADRÃO	OBSERVAÇÕES ORIGINAIS			
11	3	5.7833	6.0208	7.2000	2.9500	7.2000
12	3	5.5300	8.3667	7.2000	2.1900	7.2000
13	3	4.9367	5.1956	6.6900	2.3600	5.7600
21	3	6.2533	.8570	7.2000	5.3500	6.2100
22	3	6.5500	.5331	7.2000	5.7600	6.6900
23	3	5.6233	.0560	5.7600	5.3500	5.7600
31	3	5.6667	3.4021	4.9600	4.2800	7.7600
32	3	4.3033	.2821	4.6100	3.6900	4.6100
33	3	4.9933	.3816	5.3500	5.3500	4.2800
41	3	7.0200	8.4223	9.0100	8.3600	3.6900
42	3	4.4767	5.8930	7.2000	3.6900	2.5400
43	3	4.7833	4.5362	7.2000	3.9700	3.1800

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4	
B 1	5.7833	6.2533	5.6667	7.0200	
B 2	5.5300	6.5500	4.3033	4.4767	
B 3	4.9367	5.6233	4.9933	4.7833	
TOTAIS	16.2500	18.4267	14.9633	16.2800	65.9200

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	6.1827	2.0609	.5627 NS
FATOR B	2	8.6105	4.3053	1.1756 NS
FATOR AXB	6	8.2196	1.3699	.3741 NS
(TRATAMENTOS)	11	23.0128	2.0921	
RESÍDUO	24	87.8936	3.6622	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO 5.4933
 DESVIO PADRÃO 1.9137
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 34.8367

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 2.4878
 TRAT. MÉDIA

2	6.1422	A
4	5.4267	A
1	5.4167	A
3	4.9878	A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 1.9501
 TRAT. MÉDIA

1	6.1808	A
2	5.2150	A
3	5.0842	A

Tabela 46A - Análise estatística - Soma de Bases

ANÁLISE QUÍMICA SOMA DE BASES

TRATAMENTO		PROFUNDIDADE	
4	3	0	0
0	0	0	0
0	0	0	3
6.20	11.52	4.96	
3.03	12.71	2.85	
1.76	13.11	1.23	
3.78	7.42	5.76	
5.16	5.99	3.58	
2.04	2.96	1.39	
7.57	8.81	4.88	
4.86	7.35	6.95	
2.28	4.91	5.74	
3.89	4.77	11.46	
6.54	9.67	13.98	
3.86	4.38	6.61	

ANÁLISE QUÍMICA SOMA DE BASES

FATOR A = TRATAMENTO FATOR B = PROFUNDIDADE

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT.	NR	MÉDIA	D.PADRÃO		OBSERVAÇÕES ORIGINAIS	
11	3	7.5600	12.1456	6.2000	11.5200	4.9600
12	3	6.1967	31.8257	3.0300	12.7100	2.8500
13	3	5.3667	45.0396	1.7600	13.1100	1.2300
21	3	5.6533	3.3209	3.7800	7.4200	5.7600
22	3	4.9100	1.4989	5.1600	5.9900	3.5800
23	3	2.1300	.6223	2.0400	2.9600	1.3900
31	3	7.0867	4.0364	7.5700	8.8100	4.8800
32	3	6.3867	1.7880	4.8600	7.3500	6.9500
33	3	4.3100	3.2629	2.2800	4.9100	5.7400
41	3	6.7067	17.1392	3.8900	4.7700	11.4600
42	3	10.0633	13.9544	6.5400	9.6700	13.9800
43	3	4.9500	2.1343	3.8600	4.3800	6.6100

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4	
B 1	7.5600	5.6533	7.0867	6.7067	
B 2	6.1967	4.9100	6.3867	10.0633	
B 3	5.3667	2.1300	4.3100	4.9500	
TOTAIS	19.1233	12.6933	17.7833	21.7200	71.3200

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	43.1923	14.3974	1.2632 NS
FATOR B	2	55.5013	27.7506	2.4348 NS
FATOR AXB	6	25.5636	4.2606	.3738 NS
(TRATAMENTOS)	11	124.2571	11.2961	
RESÍDUO	24	273.5369	11.3974	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO 5.9433
 DESVIO PADRÃO 3.3760
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 56.8031

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 4.3888
 TRAT. MÉDIA

4	7.2400 A
1	6.3744 A
3	5.9278 A
2	4.2311 A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 3.4402
 TRAT. MÉDIA

2	6.8892 A
1	6.7517 A
3	4.1892 A

Tabela 47A - Análise estatística - Troca de cátions

ANÁLISE QUÍMICA TROCA DE CATIONS
 TRATAMENTO PROFUNDIDADE

4	3	0	0	0.00	0	0	3
13.40	14.47	12.16					
10.23	14.90	10.05					
8.45	15.47	6.99					
10.98	12.77	11.97					
12.36	11.75	10.27					
7.80	8.31	7.15					
12.53	13.09	12.64					
9.47	11.04	11.56					
7.63	10.26	10.02					
12.90	13.13	15.15					
13.74	13.36	16.52					
11.06	8.35	9.79					

ANÁLISE QUÍMICA TROCA DE CATIONS

FATOR A = TRATAMENTO FATOR B = PROFUNDIDADE

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT.	NR	MÉDIA	D.PADRÃO	OBSERVAÇÕES ORIGINAIS			

11	3	13.3433	1.3364	13.4000	14.4700	12.1600	
12	3	11.7267	7.5606	10.2300	14.9000	10.0500	
13	3	10.3033	20.5537	8.4500	15.4700	6.9900	
21	3	11.9067	.8040	10.9800	12.7700	11.9700	
22	3	11.4600	1.1551	12.3600	11.7500	10.2700	
23	3	7.7533	.3380	7.8000	8.3100	7.1500	
31	3	12.7533	.0880	12.5300	13.0900	12.6400	
32	3	10.6900	1.1839	9.4700	11.0400	11.5600	
33	3	9.3033	2.1144	7.6300	10.2600	10.0200	
41	3	13.7267	1.5326	12.9000	13.1300	15.1500	
42	3	14.5400	2.9764	13.7400	13.3600	16.5200	
43	3	9.7333	1.8384	11.0600	8.3500	9.7900	

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4	-----		
B 1	13.3433	11.9067	12.7533	13.7267			
B 2	11.7267	11.4600	10.6900	14.5400			
B 3	10.3033	7.7533	9.3033	9.7333			

TOTAIS	35.3733	31.1200	32.7467	38.0000	137.2400		

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	27.3669	9.1223	2.6389 NS
FATOR B	2	88.3570	44.1785	12.7801 **
FATOR AXB	6	14.5081	2.4180	.6995 NS
(TRATAMENTOS)	11	130.2320	11.8393	
RESÍDUO	24	82.9636	3.4568	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO 11.4367
 DESVIO PADRÃO 1.8593
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 16.2569

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 2.4170
 TRAT. MÉDIA

4	12.6667 A
1	11.7911 A
3	10.9156 A
2	10.3733 A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 1.8946
 TRAT. MÉDIA

1	12.9325 A
2	12.1042 A
3	9.2733 B

Tabela 48A - Análise estatística - Carbono

ANÁLISE QUÍMICA CARBONO			
TRATAMENTO		PROFUNDIDADE	
4	3	0	0
0	0	0	0
0	0	0	3
21.82	21.82	19.48	
17.14	21.04	17.14	
13.25	21.04	10.13	
23.38	24.16	24.16	
21.82	26.49	24.93	
37.40	17.92	11.69	
34.28	24.93	19.48	
28.83	21.82	23.38	
28.05	15.58	12.47	
26.49	22.60	21.82	
27.27	15.58	21.04	
14.80	14.03	17.14	

ANÁLISE QUÍMICA CARBONO

FATOR A = TRATAMENTO FATOR B = PROFUNDIDADE

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT.	NR	MÉDIA	D.PADRÃO	OBSERVAÇÕES ORIGINAIS		
11	3	21.0400	1.8252	21.8200	21.8200	19.4800
12	3	18.4400	5.0700	17.1400	21.0400	17.1400
13	3	14.8067	31.5744	13.2500	21.0400	10.1300
21	3	23.9000	.2028	23.3800	24.1600	24.1600
22	3	24.4133	5.6524	21.8200	26.4900	24.9300
23	3	22.3367	179.8812	37.4000	17.9200	11.6900
31	3	26.2300	56.0275	34.2800	24.9300	19.4800
32	3	24.6767	13.5460	28.8300	21.8200	23.3800
33	3	18.7000	67.9849	28.0500	15.5800	12.4700
41	3	23.6367	6.2582	26.4900	22.6000	21.8200
42	3	21.2967	34.2134	27.2700	15.5800	21.0400
43	3	15.3233	2.6234	14.8000	14.0300	17.1400

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4
B 1	21.0400	23.9000	26.2300	23.6367
B 2	18.4400	24.4133	24.6767	21.2967
B 3	14.8067	22.3367	18.7000	15.3233
TOTAIS	54.2867	70.6500	69.6067	60.2567

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	183.6586	61.2195	1.8145 NS
FATOR B	2	226.6214	113.3107	3.3585 NS
FATOR AXB	6	44.3163	7.3861	.2189 NS
(TRATAMENTOS)	11	454.5963	41.3269	
RESÍDUO	24	809.7193	33.7383	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO 21.2333
 DESVIO PADRÃO 5.8085
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 27.3554

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 7.5510
 TRAT. MÉDIA

2	23.5500 A
3	23.2022 A
4	20.0856 A
1	18.0956 A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 5.9190
 TRAT. MÉDIA

1	23.7017 A
2	22.2067 A
3	17.7917 A

Tabela 49A - Análise estatística - Matéria Orgânica

ANÁLISE QUÍMICA MATERIA ORGANICA
 TRATAMENTO PROFUNDIDADE

4	3	0	0	0.00	0	0	3
37.53	37.53	33.51					
29.48	36.19	29.48					
22.79	36.19	17.42					
40.21	41.56	41.56					
37.53	45.56	42.88					
64.33	30.82	20.11					
58.96	42.88	33.51					
49.59	37.53	40.21					
48.25	26.80	21.45					
45.56	38.87	37.53					
46.90	26.80	36.19					
25.46	24.13	29.48					

ANÁLISE QUÍMICA MATERIA ORGANICA

FATOR A = TRATAMENTO FATOR B = PROFUNDIDADE

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT. NR	MÉDIA	D.PADRÃO	OBSERVAÇÕES ORIGINAIS			

11	3	36.1900	5.3868	37.5300	37.5300	33.5100
12	3	31.7167	15.0080	29.4800	36.1900	29.4800
13	3	25.4667	93.4516	22.7900	36.1900	17.4200
21	3	41.1100	.6075	40.2100	41.5600	41.5600
22	3	41.9900	16.7143	37.5300	45.5600	42.8800
23	3	38.4200	532.1721	64.3300	30.8200	20.1100
31	3	45.1167	165.6776	58.9600	42.8800	33.5100
32	3	42.4433	40.1017	49.5900	37.5300	40.2100
33	3	32.1667	201.1608	48.2500	26.8000	21.4500
41	3	40.6533	18.5054	45.5600	38.8700	37.5300
42	3	36.6300	101.1477	46.9000	26.8000	36.1900
43	3	26.3567	7.7586	25.4600	24.1300	29.4800

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4	
B 1	36.1900	41.1100	45.1167	40.6533	
B 2	31.7167	41.9900	42.4433	36.6300	
B 3	25.4667	38.4200	32.1667	26.3567	

TOTAIS	93.3733	121.5200	119.7267	103.6400	438.2600

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	543.4572	181.1524	1.8150 NS
FATOR B	2	670.3641	335.1821	3.3583 NS
FATOR AXB	6	131.0367	21.8394	.2188 NS
(TRATAMENTOS)	11	1344.8580	122.2598	
RESÍDUO	24	2395.3847	99.8077	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO 36.5217
 DESVIO PADRÃO 9.9904
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 27.3547

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 12.9875
 TRAT. MÉDIA

2	40.5067	A
3	39.9089	A
4	34.5467	A
1	31.1244	A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 10.1804
 TRAT. MÉDIA

1	40.7675	A
2	38.1950	A
3	30.6025	A

Tabela 50A - Análise estatística - Saturação de Bases

SATURACAO DE BASES

TRATAMENTO PROFUNDIDADE

4 3 0 0 0.00 0 0 3

46.27	79.61	40.79
29.62	85.30	28.36
20.83	84.74	17.60
34.43	58.10	48.12
41.75	50.98	34.86
26.15	35.62	19.44
60.42	67.30	38.61
51.32	66.58	60.12
29.88	47.86	57.29
30.16	36.33	75.64
47.60	72.38	84.62
34.90	52.46	67.52

SATURACAO DE BASES

FATOR A = TRATAMENTO FATOR B = PROFUNDIDADE

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT. NR MÉDIA D.PADRÃO OBSERVAÇÕES ORIGINAIS

TRAT. NR	MÉDIA	D.PADRÃO	OBSERVAÇÕES ORIGINAIS			
11	3	55.5567	441.4297	46.2700	79.6100	40.7900
12	3	47.7600	1057.3356	29.6200	85.3000	28.3600
13	3	41.0567	1433.7834	20.8300	84.7400	17.6000
21	3	46.8833	141.2142	34.4300	58.1000	48.1200
22	3	42.5300	65.4199	41.7500	50.9800	34.8600
23	3	27.0700	66.0829	26.1500	35.6200	19.4400
31	3	55.4433	224.3544	60.4200	67.3000	38.6100
32	3	59.3400	58.6732	51.3200	66.5800	60.1200
33	3	45.0100	193.9189	29.8800	47.8600	57.2900
41	3	47.3767	608.6292	30.1600	36.3300	75.6400
42	3	68.2000	355.7244	47.6000	72.3800	84.6200
43	3	51.6267	266.5369	34.9000	52.4600	67.5200

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4
B 1	55.5567	46.8833	55.4433	47.3767
B 2	47.7600	42.5300	59.3400	68.2000
B 3	41.0567	27.0700	45.0100	51.6267

TOTAIS	144.3733	116.4833	159.7933	167.2033	587.8533
--------	----------	----------	----------	----------	----------

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	1510.0050	503.3350	1.2294 NS
FATOR B	2	1153.5140	576.7570	1.4087 NS
FATOR AXB	6	868.7264	144.7877	.3536 NS
(TRATAMENTOS)	11	3532.2454	321.1132	
RESÍDUO	24	9826.2058	409.4252	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO 48.9878
 DESVIO PADRÃO 20.2343
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 41.3047

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 26.3045
 TRAT. MÉDIA

4	55.7344	A
3	53.2644	A
1	48.1244	A
2	38.8278	A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 20.6192
 TRAT. MÉDIA

2	54.4575	A
1	51.3150	A
3	41.1908	A

Tabela 51A - Análise estatística - Saturação em Alumínio

SATURACAO EM ALUMÍNIO

TRATAMENTO PROFUNDIDADE

4	3	0	0	0.00	0	0	3
				3.28	0.00		6.24
				14.89	0.00		15.43
				19.27	0.00		14.58
				9.79	0.00		3.19
				5.32	0.33		8.44
				13.92	2.95		17.75
				0.00	0.00		8.44
				0.00	0.00		0.00
				5.00	0.00		0.00
				15.98	6.84		0.00
				2.10	0.00		0.00
				5.39	0.00		0.00

SATURACAO EM ALUMÍNIO

FATOR A = TRATAMENTO FATOR B = PROFUNDIDADE

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT. NR MÉDIA D.PADRÃO OBSERVAÇÕES ORIGINAIS

TRAT. NR	MÉDIA	D.PADRÃO	OBSERVAÇÕES ORIGINAIS			
11	3	3.1733	9.7429	3.2800	.0000	6.2400
12	3	10.1067	76.6814	14.8900	.0000	15.4300
13	3	11.2833	100.9842	19.2700	.0000	14.5800
21	3	4.3267	24.9300	9.7900	.0000	3.1900
22	3	4.6967	16.7344	5.3200	.3300	8.4400
23	3	11.5400	59.0083	13.9200	2.9500	17.7500
31	3	2.8133	23.7445	.0000	.0000	8.4400
32	3	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
33	3	1.6667	8.3333	5.0000	.0000	.0000
41	3	7.6067	64.2809	15.9800	6.8400	.0000
42	3	.7000	1.4700	2.1000	.0000	.0000
43	3	1.7967	9.6840	5.3900	.0000	.0000

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4	
B 1	3.1733	4.3267	2.8133	7.6067	
B 2	10.1067	4.6967	.0000	.7000	
B 3	11.2833	11.5400	1.6667	1.7967	
TOTAIS	24.5633	20.5633	4.4800	10.1033	59.7100

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	257.0347	85.6782	2.5990 NS
FATOR B	2	48.0304	24.0152	.7285 NS
FATOR AXB	6	260.8659	43.4777	1.3189 NS
(TRATAMENTOS)	11	565.9311	51.4483	
RESÍDUO	24	791.1884	32.9662	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO 4.9758
 DESVIO PADRÃO 5.7416
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 115.3901

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 7.4641
 TRAT. MÉDIA

1	8.1878 A
2	6.8544 A
4	3.3678 A
3	1.4933 A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 5.8508
 TRAT. MÉDIA

3	6.5717 A
1	4.4800 A
2	3.8758 A

Tabela 52A - Análise estatística - Fósforo

ANÁLISE QUÍMICA FOSFORO			
TRATAMENTO		PROFUNDIDADE	
4	3	0	0
0	0	0	0
0	0	0	3
47.67	17.06	13.88	
3.52	15.43	5.43	
1.02	4.65	1.02	
3.89	14.91	6.22	
10.51	5.82	5.04	
1.36	2.42	1.02	
9.17	12.39	49.09	
3.15	3.89	10.06	
1.02	5.43	3.52	
6.63	76.12	42.52	
3.89	8.73	15.43	
1.71	2.42	3.89	

ANÁLISE QUÍMICA FOSFORO

FATOR A = TRATAMENTO FATOR B = PROFUNDIDADE

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT.	NR	MÉDIA	D.PADRÃO	OBSERVAÇÕES ORIGINAIS		
11	3	26.2033	348.1414	47.6700	17.0600	13.8800
12	3	8.1267	40.9160	3.5200	15.4300	5.4300
13	3	2.2300	4.3923	1.0200	4.6500	1.0200
21	3	8.3400	33.7309	3.8900	14.9100	6.2200
22	3	7.1233	8.7542	10.5100	5.8200	5.0400
23	3	1.6000	.5332	1.3600	2.4200	1.0200
31	3	23.5500	491.8108	9.1700	12.3900	49.0900
32	3	5.7000	14.3941	3.1500	3.8900	10.0600
33	3	3.3233	4.8910	1.0200	5.4300	3.5200
41	3	41.7567	1207.6520	6.6300	76.1200	42.5200
42	3	9.3500	33.5812	3.8900	8.7300	15.4300
43	3	2.6733	1.2362	1.7100	2.4200	3.8900

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4	
B 1	26.2033	8.3400	23.5500	41.7567	
B 2	8.1267	7.1233	5.7000	9.3500	
B 3	2.2300	1.6000	3.3233	2.6733	
TOTAIS	36.5600	17.0633	32.5733	53.7800	139.9767

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	682.7346	227.5782	1.2470 NS
FATOR B	2	3340.1401	1670.0701	9.1509 **
FATOR AXB	6	1029.1982	171.5330	.9399 NS
(TRATAMENTOS)	11	5052.0729	459.2794	
RESÍDUO	24	4380.0670	182.5028	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO 11.6647
 DESVIO PADRÃO 13.5094
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 115.8138

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 17.5622
 TRAT. MÉDIA

4	17.9267	A
1	12.1867	A
3	10.8578	A
2	5.6878	A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = 13.7664
 TRAT. MÉDIA

1	24.9625	A
2	7.5750	B
3	2.4567	B

Tabela 53A - Análise estatística - pH

pH		TRATAMENTO		PROFUNDIDADE	
4	3	0	0	0.00	0 0 3
4.70	6.10	4.80			
4.40	6.70	4.50			
4.40	6.70	4.50			
4.50	5.00	4.70			
4.50	4.80	4.60			
4.50	4.80	4.50			
5.10	5.40	4.50			
5.20	5.60	5.20			
4.80	5.10	5.30			
4.20	4.30	5.70			
4.60	5.70	6.20			
4.50	5.50	5.90			

pH

FATOR A = TRATAMENTO FATOR B = PROFUNDIDADE

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO FATORIAL 4X3

TRAT.	NR	MÉDIA	D.PADRÃO		OBSERVAÇÕES ORIGINAIS	
11	3	5.2000	.6100	4.7000	6.1000	4.8000
12	3	5.2000	1.6900	4.4000	6.7000	4.5000
13	3	5.2000	1.6900	4.4000	6.7000	4.5000
21	3	4.7333	.0633	4.5000	5.0000	4.7000
22	3	4.6333	.0233	4.5000	4.8000	4.6000
23	3	4.6000	.0300	4.5000	4.8000	4.5000
31	3	5.0000	.2100	5.1000	5.4000	4.5000
32	3	5.3333	.0533	5.2000	5.6000	5.2000
33	3	5.0667	.0633	4.8000	5.1000	5.3000
41	3	4.7333	.7033	4.2000	4.3000	5.7000
42	3	5.5000	.6700	4.6000	5.7000	6.2000
43	3	5.3000	.5200	4.5000	5.5000	5.9000

QUADRO A/B

(1)	1	2	3	4
B 1	5.2000	4.7333	5.0000	4.7333
B 2	5.2000	4.6333	5.3333	5.5000
B 3	5.2000	4.6000	5.0667	5.3000

TOTAIS 15.6000 13.9667 15.4000 15.5333 60.5000

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	3	1.8097	.6032	1.1442 NS
FATOR B	2	.3750	.1875	.3556 NS
FATOR AXB	6	.7894	.1316	.2496 NS
(TRATAMENTOS)	11	2.9742	.2704	
RESÍDUO	24	12.6533	.5272	

MÉDIA GERAL DO ENSAIO 5.0417
 DESVIO PADRÃO .7261
 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO 14.4020

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE A

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = .9439
 TRAT. MÉDIA

1	5.2000 A
4	5.1778 A
3	5.1333 A
2	4.6556 A

TESTE DE TUKEY PARA AS MÉDIAS DE B

TESTE DE TUKEY
 DMS(TUKEY) = .7399
 TRAT. MÉDIA

2	5.1667 A
3	5.0417 A

4.9167

A