

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

INFLUÊNCIA DA DISPOSIÇÃO DE EFLUENTE AGRO-INDUSTRIAL

NO SOLO ATRAVÉS DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

KÁTIA TARGA GUERREIRO SERAPHIM

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu - UNESP, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração “Irrigação e Drenagem”.

BOTUCATU - SP

Outubro de 1999

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**INFLUÊNCIA DA DISPOSIÇÃO DE EFLUENTE AGRO-INDUSTRIAL
NO SOLO ATRAVÉS DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO**

KÁTIA TARGA GUERREIRO SERAPHIM

Prof. Dr. RAIMUNDO LEITE CRUZ

(Orientador)

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu - UNESP, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração “Irrigação e Drenagem”.

BOTUCATU - SP

Outubro de 1999

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares e amigos pelo apoio e incentivo no desenvolvimento deste trabalho;

Ao Prof. Dr. *Raimundo Leite Cruz*, pela sua amizade, incentivo e apoio;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural e, em particular ao Admir, Vicente e Pedro, que tanto dedicaram nas medidas e coleta das amostras ;

Aos funcionários do Departamento de Solos, que trabalharam nas análises das amostras;

À Direção da Fabrica de chapas da DURATEX S/A – Botucatu, que autorizou as medições e ao Engenheiro Agrônomo Gustavo e ao funcionário Admir pelo apoio nos trabalhos de campo;

Ao estagiário Wesley Vergilio Galiotti de Oliveira, pelo esmero e dedicação, que tanto contribuiu para a montagem deste trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro através de bolsa de demanda social.

*Ao meu marido e
aos meus filhos Otávio e Rafael
pelo apoio , carinho e compreensão*

Ofereço

SUMÁRIO

1 RESUMO	1
1.1 Summary.....	3
2 INTRODUÇÃO.....	4
3 REVISÃO DE LITERATURA	6
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4.1 Material.....	15
4.1.1 Características Gerais da Área - IPT (1984).....	17
4.1.2 Coleta e Análise das Amostras e da Solução de Solo.....	19
4.2 Métodos	22
4.2.1 Coleta das Amostras e Extração das Soluções do Solo	22
4.2.2 Análise Química do Solo	22
4.2.3 Análise Química da Solução do Solo.....	24
4.2.4 Análise da Granulometria do Solo.....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 Condutividade elétrica.....	39
5.2 Acidez do solo	40
5.3 Potássio.....	46
5.4 Alterações físicas ocorridas no solo	49
5.5 Colmatação do solo	54
6 CONCLUSÕES.....	55
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 01 – Seção geológica esquemática da área. IPT (1984).	17
FIGURA 02 - Vista da área , com a aplicação do efluente pelo sistema de irrigação.....	20
FIGURA 03 - Vista da área , mostrando um dos canais de drenagem com o efluente.	21
FIGURA 04 - Vista da área , mostrando o sistema de irrigação autopropelido, para esgotar o efluente dos terraços.	21
FIGURA 05 – Planta planialtimétrica da área irrigada com efluente, com os respectivos pontos de coletas das amostras de solo, internos (1 a 6) e externos (7 e 8)	23
FIGURA 06 - Ponto de coleta central da Área A, com cobertura vegetal.....	27
FIGURA 07 - Ponto de coleta central da Área C, próximo a um terraço.....	27
FIGURA 08 - Cobertura vegetal da gramínea, próxima a época de corte.....	28
FIGURA 09 - Ponto de coleta da Area D, após o corte da gramínea, próximo a um piezômetro.	28
FIGURA 10 - Valores médios da condutividade elétrica das áreas internas nas quatro profundidades para a solução do solo.	42
FIGURA 11 - Valores médios da condutividade elétrica das áreas externas nas quatro profundidades para a solução do solo.	42
FIGURA 12 - Valores médios do pH das áreas internas, nas quatro profundidades no solo.....	43
FIGURA 13 - Valores médios do pH das áreas externas, nas quatro profundidades no solo.	43
FIGURA 14 - Valores médios de cálcio (Ca) nas áreas internas.	44
FIGURA 15 - Valores médios de cálcio (Ca) nas áreas externas.....	45
FIGURA 16 - Valores médios de magnésio (Mg) nas áreas internas.	45
FIGURA 17 - Valores médios de magnésio (Mg) nas áreas externas.....	46
FIGURA 18 - Gráfico dos valores médios de potássio (K) nas áreas internas.	47
FIGURA 19 - Gráfico dos valores médios de potássio (K) nas áreas externas.....	48
FIGURA 20 - Gráfico dos valores médios da fração argila na área interna.....	50
FIGURA 21 - Gráfico dos valores médios da fração argila na área externa.	50
FIGURA 22 - Gráfico dos valores médios da fração silte na área interna.	51
FIGURA 23 - Gráfico dos valores médios da fração silte na área externa.	51
FIGURA 24 - Gráfico dos valores médios da fração areia na área interna.	52

FIGURA 25 - Gráfico dos valores médios da fração areia na área externa.	52
FIGURA 26- Imagem de Satélite - Land Sat - Bandas 3-4-5 (06/06/97), indicando as áreas irrigadas com o efluente (Prelude e Santa Luzia) e a localização da Fábrica.....	53

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 01 - Valores da Análise Química do Solo na Área A, considerando os dados das 04 profundidades.	29
QUADRO 02 - Valores da Análise Química do Solo na Área B, considerando os dados das 04 profundidades.	30
QUADRO 03 - Valores da Análise Química do Solo na Área C, considerando os dados das 04 profundidades.	31
QUADRO 04 - Valores da Análise Química do Solo na Área D, considerando os dados das 04 profundidades.	32
QUADRO 05 - Valores da Análise Granulométrica do Solo das Áreas A e B, considerando os dados das 04 profundidades.....	33
QUADRO 06 - Valores da Análise Granulométrica do Solo das Áreas C e D, considerando os dados das 04 profundidade.	34
QUADRO 07 - Valores da Análise Química da Solução do Solo na Área A, considerando os dados das 04 profundidades.....	35
QUADRO 08 - Valores da Análise Química da Solução do Solo na Área B, considerando os dados das 04 profundidades.....	36
QUADRO 09 - Valores da Análise Química da Solução do Solo na Área C, considerando os dados das 04 profundidades.....	37
QUADRO 10 - Valores da Análise Química da Solução do Solo na Área D, considerando os dados das 04 profundidades.....	38
QUADRO 11 - Valores Médios da Análise química da solução do solo, nos pontos internos (1 a 6), com a aplicação do efluente.	39
QUADRO 12 - Valores Médios da Análise química da solução do solo, nos pontos externos (7 e 8), sem a aplicação do efluente.....	40
QUADRO 13 - Valores Médios da Análise química do solo, nos pontos internos (1 a 6).	41
QUADRO 14 - Valores Médios da Análise química do solo, nos pontos externos (7 e 8).....	41
QUADRO 15 - Valores Médios da Análise Granulométrica das Áreas (A a D), considerando a profundidade e os pontos internos (1 a 6) e externos (7 e 8).....	48

1 RESUMO

Esta pesquisa foi realizada em uma área de 120 ha, do complexo agro-industrial da Empresa Duratex, Fábrica de Botucatu, denominada de Fazenda Santa Luzia, na qual está havendo uma disposição de efluente líquido sobre o solo com cobertura vegetal, através de irrigação por aspersão, há cerca de 20 anos, merecendo um estudo da influência deste, sobre as características do solo.

Para caracterização da área, foram coletadas amostras de solo em 32 pontos para quatro profundidades (0,25; 0,50; 1,0; e 1,5 m), realizando análises químicas do solo e da solução do solo, e também a análise granulométrica . O efeito da disposição de efluente sobre o solo foi estudado em pontos com aplicação do efluente e locais isentos desta aplicação.

Em todas as áreas internas, onde há aplicação de efluente fica evidente que há uma maior concentração de íons nestas camadas o que nos permite concluir que o efluente deposita no solo grande quantidade de material orgânico que sofre mineralização.

Outras conclusões deste trabalho, são sobre os elementos químicos, matéria orgânica e condutividade elétrica presentes no solo e na solução deste, quando comparados com os valores medidos nos pontos externos a esta área de aplicação, considerada uma área testemunha.

Os altos teores de nutrientes como K, Ca, Mg determinados no solo da área irrigada com o efluente, quando comparados com os baixos teores dos mesmos nas áreas que não tiveram aplicação deste efluente, nos permite concluir que a aplicação do mesmo contribui para a elevação do teor destes nutrientes no solo.

INFLUENCE OF AGRO-INDUSTRIAL EFFLUENT DISPOSAL THROUGH SPRINKLING IRRIGATION IN AGRICULTURAL AREAS.

Botucatu, 1998. 64p. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Kátia Targa Guerreiro Seraphim

Adviser: Prof. Dr Raimundo Leite Cruz

1.1 SUMMARY

The present research was carried out in a 120 ha area of the Santa Luzia Farm, Duratex agro-industrial complex, Botucatu-SP plant, where there has been effluent disposal through sprinkling irrigation over the vegetal soil coverage in the last 20 years..

In order to characterize areas with and without effluent application, soil samples were collected to perform chemical and granulometric analysis

Conclude that this method of effluent disposal, interferes directly in the soil characteristic, in the values of salt, chemical substances, organic matter and electric conductivity in the area irrigated with the effluent, when compared to values obtained in non-irrigated areas.

In the same way, this result might happen with any other industries that use the method of effluent disposal, such as sugar cane factories which apply effluent in their plantation.

2 INTRODUÇÃO

A disposição de efluentes líquidos, contendo material orgânico, sobre o solo, é uma técnica bastante utilizada, por possibilitar a mineralização da matéria orgânica, com conseqüente liberação de nutrientes. No solo, estes nutrientes juntamente com a água que os carrega, podem ser aproveitados pelos vegetais, enquanto que, lançados nos meios hídricos, podem causar danos ao ambiente por levar ao processo de eutrofização e baixa taxa de O₂.

Entre as técnicas de aplicação de efluentes líquidos ao solo, destaca-se a irrigação por aspersão, utilizando-se sistemas de montagem direta, equipados com aspersores tipo canhão.

A Empresa Duratex S.A. - Unidade Paula Souza, localizada no município de Botucatu-SP, com a atividade industrial de sua primeira linha de produção de chapas duras de fibra despejava seu efluente nas águas do rio Pardo, um rio classe dois (vazão mínima 1000 L/seg.) que praticamente, não admite o lançamento de nenhuma carga orgânica.

Com a implantação de sua segunda linha, pressionada pela CETESB por um lado e por outro com a disposição de seus dirigentes em solucionar o problema, a

Empresa, pioneiramente no Brasil, pesquisou, desenvolveu, implantou e está operando desde 1978 na referida Unidade, um sistema de tratamento de seus efluentes industrial e sanitário.

O sistema consiste na disposição do efluente sobre o solo, em uma área de 120 ha, denominado de Fazenda Santa Luzia, dotada de cobertura vegetal do tipo gramíneas cost-cross e tifton, utilizando sistema de irrigação por aspersão. Desde então, não houve mais despejo de efluentes nos cursos d'água.

Este mesmo procedimento ocorre também com outras agro-indústrias, as quais se utilizam deste método para disposição de efluentes, como no caso das usinas de cana-de-açúcar, as quais fazem a aplicação da vinhaça nos canaviais.

São incontestáveis os grandes benefícios advindos do uso da irrigação, mas também é preciso ter em mente que os projetos de irrigação podem causar impactos tanto benéficos como adversos ao meio ambiente à qualidade do solo e da água, a saúde pública e ao aspecto sócio-econômico da região.

Para a realização desta pesquisa, foi escolhida a área do complexo industrial da Duratex, Fábrica de Botucatu, na qual é feita a disposição de efluente líquido sobre o solo, há cerca de 20 anos, merecendo um estudo da influência deste, sobre as características do solo.

O objetivo desta pesquisa é verificar as alterações nas características físicas e químicas do solo da área acima citada, área esta dividida em locais que recebem por via irrigação o efluente agro-industrial, e em parcelas testemunhas com as mesmas características, as quais não tiveram a aplicação deste efluente, uma vez que, tecnicamente, a disposição deste efluente no solo é a forma de descarte mais recomendada, considerando seu valor como fertilizante.

3 REVISÃO DE LITERATURA

No caso da vinhaça, efluente das indústrias açucareiras, os minerais, citados como os mais importantes elementos fixos: potássio, cálcio, sódio, magnésio e o fósforo, persistem até a fase final do processo de fermentação de destilação, podendo ser empregados como fertilizantes (Cruz, 1991).

A técnica de extração da solução do solo aplicando-se vácuo a uma cápsula porosa apresenta vantagens em estudos que envolvam Cl^- e NO_3^- por serem estes ions relativamente livres na solução do solo. Não sendo um método destrutivo permite o estudo de variações da concentração em função do tempo. Porém cuidados devem ser tomados ao aplicar esta metodologia para outros ions no solo (Libardi et al, 1977).

Endelman et al (1974) utilizando lisímetros para estudo da lixiviação de NO_3^- e Cl^- , em área experimental cultivada com batatas (*Solanm Tuberosum L.*), concluíram que estes ions podem ser arrastados além da ação do sistema radicular, por ação das águas de chuva ou irrigação.

Um modelo matemático para prever o fluxo transiente de água e solutos reativos em um solo insaturado foi desenvolvido por Selim et al (1976). O fluxo de água e 2,4 D (ácido Dichlorophenoxyacético) foi avaliado durante infiltração constante e intensiva. Os autores concluíram que o movimento de solutos foi muito pequeno, com uma concentração máxima à 20 cm de profundidade, mesmo após aplicação de volumes maiores de água.

Cho (1971) procurou equacionar a lixiviação de nitrogênio em uma coluna de solo considerando nitrificação e desnitrificação. O autor obteve equações descrevendo as concentrações de NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- como função de posição, tempo, constantes de velocidade de distribuição de NH_4^+ entre o solo e solução de solo.

Otoma e Kumoi (1985) construiu um modelo para descrever a infiltração de água em condições de não equilíbrio e redistribuição da água e solutos no solo. O modelo foi avaliado por comparação com as concentrações de Cl^- obtidas no campo em uma área que recebe esgoto desde 1979. O modelo também foi utilizado para estimar a formação de nitrato. Na avaliação do modelo foi observada uma menor adsorção de Cl^- no campo, e que este elemento sofreu rápida lixiviação na camada de 0 a 20 cm do solo, ficando estagnado na camada de 20 a 100 cm.

Lund et al (1976) estudaram a lixiviação de nitrogênio, proveniente da disposição de esgoto no solo. Estes autores concluíram que a água subterrânea pode sofrer contaminação por estes elementos, porém estes fatores são complexos e necessitam ser melhor entendidos.

Starr et al (1974) estudaram a ocorrência simultânea da nitrificação, desnitrificação e movimento de nitrogênio em uma coluna de solo insaturado, durante a

aplicação contínua de uma solução de NH_4Cl . Foram analisadas amostras de solução do solo, em diferentes profundidades e tempo. O emprego do ^{15}N facilitou a avaliação dos fenômenos estudados. Os autores concluíram que o problema do nitrogênio é crítico no que se refere à poluição ambiental, necessitando de pesquisas que visem o entendimento da dinâmica das interações do sistema solo-água-atmosfera. A aplicação de fertilizante nitrogenado ao solo gera um número muito grande de reações físicas, químicas e biológicas que necessitam ser analisadas simultaneamente para determinar a localização dos produtos destas reações.

Uma ferramenta teórica e matemática para análise de fluxo transiente vertical e transferência simultânea de água e solutos em solos insaturados é apresentada por Bresler (1973). Os resultados numéricos foram comparados com dados de campo, concluindo o autor que o método numérico é confiável.

Saxton et al (1977) desenvolveram um modelo matemático para calcular a concentração, movimento e dissipação do nitrato no perfil do solo até 1,80 m. Os autores trabalharam com duas áreas experimentais cultivadas com milho (*Zea Mays* L.), sendo uma normalmente fertilizada e outra excessivamente. Concluíram que o modelo simulou aproximadamente os resultados obtidos no campo.

Modelos matemáticos descrevendo o movimento de água e solutos no perfil do solo, também são apresentados por Whisler e Watson (1968); Davidson et al (1975); Sang-Ok Chung e Austin (1975); Van Ommen (1985); Haverkamp et al (1977); Selim e Mansell (1976); Ragab e Feyer (1981); Smith (1983); Elrick et al (1985); Schulin et al (1986); Hornung et al (1987).

Segundo Zanini (1991), a localização de K^+ atingiu profundidade até a faixa de 70 a 80 cm e 50 a 60 cm de raio de expansão lateral. Esses resultados indicaram que

se pode ter controle da localização deste íon em função da água de irrigação, com rápida movimentação por fluxo de massa.

Cruz (1991) cita que o teor de potássio no solo é superior nas áreas que recebem vinhaça, principalmente durante a safra, quando ocorrem flutuações no teor deste nutriente em função das aplicações de vinhaça. O potássio sofre lixiviação e o aumento no teor deste nutriente também ocorreu nas camadas mais profundas do solo.

De acordo com Soares et al (1993), as plantas leguminosas apresentaram maior valor da relação $K / (Ca + Mg)$ na matéria seca do que a gramínea, concluindo que a absorção de cátions, em função do sistema de consorciação, influi mais sobre as leguminosas.

Segundo Cabrera et al (1998) é possível que a distribuição do tamanho dos agregados esteja afetando a superfície da exposição da matéria orgânica do solo, afetando sua mineralização pela atividade microbiana e o conteúdo de N minerais no solo.

Rosales et al (1999) a aplicação contínua de adubo orgânico, juntamente com a adubação mineral, durante vários anos consecutivos na mesma área, pode resultar em modificações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Freire (1993) concluiu que: o solo, apresentando-se como um material de natureza complexa, reage de forma diferente às solicitações mecânicas. Suas características de resistência, variando em função das condições físicas, constituem parâmetros de grande importância para o projeto de obras de engenharia e para a solução prática de problemas.

Aguiar et al (1993) o tratamento com vinhaça concentrada, aumentou os teores de silte e de areia média de ambos os solos estudados (Latosolo Vermelho-Escuro

textura média, areno argiloso, Latossolo Roxo textura argilosa, argilo siltoso), atuando de forma diferente quanto aos teores de argila e de areia fina.

Rolim et all (1997) o tratamento com vinhaça concentrada provocou efeito marcante sobre os limites de consistência dos solos arenoso e argiloso.

Conte et all (1998) o manejo inadequado dos solos, seja nas áreas agrícolas ou mesmo nas áreas urbanas industriais e o uso de produtos químicos (agrotóxicos, adubos, detergentes) contribuem para o aumento da concentração de íons nas águas.

Cruz (1991) a vinhaça melhora as características químicas do solo. Eleva o pH, diminui a acidez potencial, reduz o teor de alumínio trocável, aumenta o teor de fósforo disponível na camada superficial do solo, o teor de cálcio, a CTC, a soma de bases e a porcentagem de saturação de bases.

Lundin et all (1996) o pH decresce em lençol freático turvo, enquanto em água corrente o pH não é afetado devido a alta alcalinidade do solo mineral. A água subterrânea amarelada é turvada pelo ácido.

A fertilização com cavacos de madeira, fosfato e superfosfato resulta em um aumento de concentração de K, Ca, Mn, B, O, P e fósforo total no lençol freático e K, Ca, Mg, Mn, em água corrente.

O Brasil produz anualmente cerca de 10,7 milhões de m³ de álcool, o que resulta em aproximadamente 140 milhões de m³ de vinhaça com alto poder poluente e características fertilizantes (Glória e Orlando Filho, 1984), especialmente pelo seu teor em potássio, nutriente importado em quase totalidade. A composição da vinhaça varia conforme os seguintes fatores:

- a) natureza e composição da matéria prima;

- b) natureza e composição do mosto;
- c) natureza e composição do vinho;
- d) tipo de aparelho destilatório;
- e) condução da operação de destilação.

Elementos fixos, isto é, os minerais, citando como os mais importantes: potássio, cálcio, sódio, magnésio e o fósforo, persistem até a fase final do processo de fermentação e destilação, podendo serem empregados como fertilizantes (Pontes, 1959).

Estudando a composição de diferentes resíduos de usinas de açúcar e destilarias, vários autores concluíram que todos estes resíduos: vinhaça, torta de filtro e águas residuais apresentam composição bastante heterogênea (Glória et al, 1972; Bittencourt et al, 1977; Rodella et al, 1977; Medeiros, 1981; Vasconcelos e Oliveira, 1981; Vasconcelos, 1981).

Glória et al (1973), apresentaram tabelas com teores de nutrientes, matéria orgânica e relação C/N para vinhaças com diferentes origens e concluíram que as vinhaças com diferentes origens apresentam relação C/N adequada para incorporação imediata ao solo.

Orlando Filho et al (1984) estudaram o efeito da aplicação prolongada da vinhaça nas propriedades químicas do solo, cultivado com cana-de-açúcar e verificaram que mesmo por tempo mais prolongado (20 anos) não provocou efeitos negativos nos solos estudados. Notaram também um efeito benéfico pela elevação do pH e dos teores de K, Ca, e Mg, da soma de bases e da CTC efetiva do solo. Concluíram que a adição prolongada de vinhaça não provocou efeitos prejudiciais ao solo, como acúmulo de sais na camada arável ou

em horizontes de sub-superfície, trazendo efeitos benéficos diretos sobre a cultura e sobre as propriedades químicas do solo, o mesmo concluiu Cruz (1991).

Camargo et all (1984) estudaram as alterações de características químicas de um Latossolo Roxo Distrófico incubado com resíduos da indústria sucro-alcooleira, e observaram que o decréscimo no pH do solo pode ser atribuído ao processo de nitrificação do NH_4^+ , onde, para cada molécula de NO_3^- formado, há a liberação de dois átomos de H^+ .

A elevação do pH em amostras tratadas com vinhaça foi observada por Cabuim e Cordeiro (1986), onde os autores concluíram que esse efeito foi mais pronunciado nos primeiros 30 cm de profundidade do solo, e que a lixiviação de P é inexpressiva, tendo K, Ca e Mg lixiviado quase que em proporção direta às doses de vinhaça testadas. Ferreira el Monteiro (1986) verificaram que a elevação do pH é mais pronunciada nos solos arenosos, atribuídos ao menor poder tampão destes solos quando comparados com solos argilosos.

A eutrofilização (excessiva fertilização) em águas naturais é uma das mais importantes causas de degradação das águas em muitos países. Alguns corpos d'água são eutrofizados naturalmente na medida em que eles recebem suficientes quantidades de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio de fontes naturais. No entanto, muitas das atividades humanas, as quais aumentam o transporte de nutrientes para os corpos d'água podem acelerar o processo de eutrofização, Derisio e Perkins (1981).

Estudando a composição de diferentes resíduos de usinas de açúcar e destilarias, vários autores concluíram que todos esses resíduos: vinhaça, torta de filtro e águas residuais apresentam composição bastante heterogênea (Glória et all, 1972; Bittencourt et all, 1978; Rodella et all, 1977; Medeiros, 1981; Vasconcelos e Oliveira, 1981; Vasconcelos,

1983). Para tanto, Rodella (1976) e Glória el Orlando Filho (1976) apresentaram diferentes metodologias para análises dos resíduos de cana-de-açúcar.

Cassel (1971) investigou o movimento da água e solutos em ambiente sub-úmido, após aplicação de nitrato de amônio, cloreto de potássio e água através de irrigação em parcela coberta e com superfície livre. Foram analisados NO_3^- e Cl^- em solução do solo coletados à várias profundidades, até 150 cm. Uma maior lixiviação de íons foi observada na parcela coberta, de uma vez e meia maior que a parcela descoberta. No entanto o movimento de íons foi pequeno para ambas as parcelas, com um valor máximo para a profundidade de 63 cm para NO_3^- e Cl^- .

Saxton et all (1977) desenvolveram um modelo matemático para calcular a concentração, movimento e dissipação do nitrato no perfil do solo até 1,80 m. Os autores trabalharam com duas áreas experimentais cultivadas com milho *Zea mays L.*, sendo uma normalmente fertilizada e outra excessivamente. Concluíram que o modelo simulou aproximadamente os resultados obtidos no campo.

Caminha Jr (1998), estudando o efeito da aplicação de efluente agro-industrial no solo, através de irrigação por aspersão, na Empresa Duratex, Fábrica de Botucatu, sobre a resistividade e a condutividade elétrica do solo, observou que as altas taxas de concentrações de Cálcio e Potássio nas amostras de solução do solo, definem, a importância destes sais sobre os valores da resistividade.

Destacando ainda que o potássio causa maior efeito sobre a resistividade, porém com o tempo este sal é lixiviado, enquanto que o cálcio mantém seu efeito por mais tempo, com isso, considera que a análise dos sais na solução do solo é a mais indicada para este tipo de pesquisa.

Pela análise da solução do solo, o parâmetro que mais se destacou diretamente com os baixos valores da resistividade, foi a condutividade elétrica desta solução, concluindo que a determinação desta característica é de fundamental importância para classificar o solo quanto ao seu valor de resistividade, segundo Caminha Jr (1998).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho teve como área experimental o campo de disposição de efluente agro-industrial, da Fábrica de chapas da DURATEX, aplicado sobre o solo com cobertura de gramíneas do tipo cost-cross e tifton, por um período aproximadamente de 20 anos, utilizando-se de irrigação por aspersão, numa área total de 120 hectares, denominada Fazenda Santa Luzia, localizada no Município de Botucatu SP, segundo as coordenadas geográficas 22° 57' 06" de latitude S e 48° 32' 03" de longitude W Gr.

Para caracterização da área com aplicação do efluente e locais isentos desta aplicação, considerados como testemunhas, foram realizadas coletas de amostras de solo para análises.

4.1 Material

Para início da caracterização da área em estudo, foi utilizado o trabalho realizado pelo IPT (1984) – Análise do Sistema de Dispersão de Efluentes por Aspersão e

Caracterização Hidrogeológica da Qualidade de Águas do Freático no Local da Fábrica de Chapas da Duratex S/A. Este trabalho do IPT forneceu informações sobre a área, entre elas, que a mesma possui uma geologia representada por depósito coluvionar recente, sobreposto à Formação Serra Geral, conforme Figura 01.

Foram classificados pelo IPT, dois tipos de solos na Fazenda Santa Luzia, sendo a Terra Roxa (TE) predominante abaixo da cota 835, e o Latossolo Vermelho Escuro textura média (LE) predomina no restante da área. A declividade do terreno ficou abaixo de 3%, possuindo curvas de níveis em faixas que variaram de 30 a 50 metros, e tendo sua cobertura feita por gramíneas, do tipo cost-cross e tifton.

Na época deste trabalho, em 1984, a área já sofria deposição do efluente industrial a mais de cinco anos. As taxas de infiltração variaram de 46 a 264 mmh⁻¹, compatíveis com as unidades pedológicas nele ocorrentes, verificando-se ainda que existe dentro dela, níveis baixos e altos de incorporação de efluentes. O tipo de sistema de irrigação existente é o autopropelido com capacidade de vazão de 152 m³ h⁻¹, a uma pressão de serviço de 6,0 kgcm⁻², trabalhando por 21 horas em cada sub-área, fornecendo uma lâmina bruta de 16,9 mm, para cada ciclo, e retornando novamente a mesma a cada 5,5 dias, chegando a alcançar 96,0 mm no mês.

A análise do efluente na saída da estação de bombeamento, composta por 01 bomba com motor elétrico de 250 CV, os seguintes resultados, fornecidos pela Empresa: Condutividade Elétrica (CE) = 1080 µmho/cm; pH = 4,50; Na⁺ = 19 mg l⁻¹; K⁺ = 92 mg l⁻¹; Ca⁺⁺ = 162 mg l⁻¹; Mg⁺⁺ = 58,5 mg l⁻¹; Fe = 10,2 mg l⁻¹; Al = 7,63 mg l⁻¹; B = 0,52 mg l⁻¹; Cr = 0,05 mg l⁻¹.

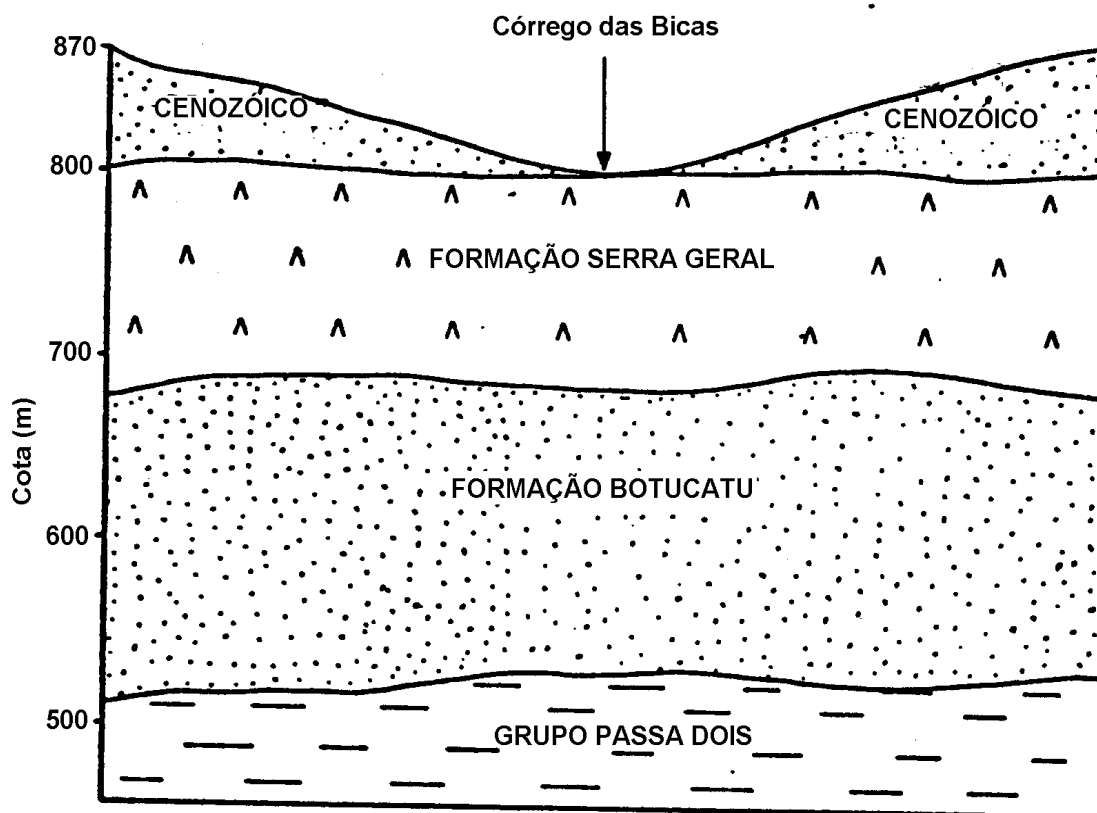


FIGURA 01 – Seção geológica esquemática da área. IPT (1984).

4.1.1 Características Gerais da Área - IPT (1984).

A área objeto de estudo está localizada no município de Botucatu, no Estado de São Paulo, compreendendo dois campos irrigados, sendo um na Fazenda Prelude, e outro na Fazenda Santa Luzia, estes campos estão situados na bacia do córrego das Bicas, podendo ser ilustrados pelas Figuras 02 a 04.

A geologia da área é representada por depósito coluvionar recente, sobreposto à Formação Serra Geral.

Sob a denominação de “depósito coluvionar”, são englobados sedimentos coluvionares arenosos de granulação média, com espessura acima de 10 m,

sobrepostos aos basaltos da Formação Serra Geral, que afloram ao longo dos taludes da ferrovia, próximo à estação Paula Souza.

O relevo da área se caracteriza por encostas amplas com declividade abaixo de 5%, como observado no Campo Prelude, ou às vezes com influência acentuada do basalto com declividades maiores que 5%, como no caso do Campo Santa Luzia.

O rio Pardo e seus afluentes, os córregos Parreirinha e das Bicas, representam as drenagens mais expressivas da área de estudo, acompanhando a nível regional as estruturas de rochas, em direções NE-SW e NW-SE.

O clima da área, segundo KOPPEN, é definido como Aw, apresentando temperatura média mínima de 12,7⁰C. Conforme THORNWAITE, a região é caracterizada como de clima úmido, com precipitação média anual de 1532 mm; estação chuvosa coincide com o verão, com precipitações mensais em torno de 200 mm; e estação seca ocorrendo no inverno, quando as precipitações médias caem em agosto para 49 mm.

Os parâmetros meteorológicos usados foram fornecidos pela Duratex S.A., com um período de observação de 13 anos, inicialmente foram analisados os parâmetros Precipitação Pluviométrica e Evaporação Tanque Classe “A”, que juntos permitiram a elaboração do Balanço Hídrico e a caracterização climática da região objeto deste estudo.

A precipitação média anual da região é de 1532 mm, caracterizando um período chuvoso que se estende de outubro a março quando ocorre 73% do total anual precipitado, sendo os meses de dezembro e janeiro os mais chuvosos com precipitações médias de 239 mm e 231 mm, respectivamente. O período complementar, mais seco, ocorre de abril a setembro com 27% do total anual precipitado, e tendo o mês de agosto como o mais representativo dessa estação com 49 mm de precipitação média mensal. Tal comportamento

permite caracterizar dois períodos bem nítidos, um mais seco que vai de abril a setembro e outro mais úmido, que vai de outubro a março.

4.1.2 Coleta e Análise das Amostras e da Solução de Solo

A Empresa DURATEX, forneceu o mapa da área, com a distribuição das 04 sub-áreas (A, B, C e D), irrigadas pelo efluente, conforme demarcados na Figura 05. Constam também nesta figura, a localização de pontos internos (1 a 6) e externos (7 e 8) a estas sub-áreas, pontos estes escolhidos para se efetuar a coleta das amostras de solo, material para análise desta pesquisa.

As análises químicas das amostras e soluções de solos, e de granulometria do solo, foram elaboradas nos Laboratórios dos Departamentos de Engenharia Rural e Ciência do Solo da FCA – UNESP, Campus de Botucatu, utilizando-se do material e equipamentos, que os métodos de análises e coletas exigem para suas realizações. Os principais materiais deste item estão relacionados a seguir:

- Trado tipo holandês de 2 ½” (coleta de solo);
- Sacos plásticos, bandejas e equipamentos de escavação;
- Deposito plástico de 500ml, espátula de aço inoxidável e papel de filtro;
- Kitasato de 500ml;
- Funil de Büchner;
- Bomba de vácuo com motor de 1CV;
- Condutivímetro, modelo CD-20, fabricante Digimed;

- Medidor de pH, modelo DMPH 3, fabricante Digimed;
- Espectrofotômetro de chamas;
- Espectrofotômetro de absorção atômica, peneiras vibratórias, pipetas, vidrarias, estufas e outros

As fotos correspondes às Figuras 04 a 06, ilustram a área irrigada com o efluente, bem como os locais de aplicação, denominados de terraços.



FIGURA 02 - Vista da área , com a aplicação do efluente pelo sistema de irrigação.



FIGURA 03 - Vista da área , mostrando um dos canais de drenagem com o efluente.



FIGURA 04 - Vista da área , mostrando o sistema de irrigação autopropelido, para esgotar o efluente dos terraços.

4.2 Métodos

4.2.1 Coleta das Amostras e Extração da Solução do Solo

Para a coleta de solo foi utilizado trado tipo holandês, fabricado para esta aplicação devido a grande quantidade de solo necessária para utilização nas várias análises.

Foram extraídas as amostras nas profundidades de 0,25 – 0,50 ; 1,00 e 1,50 metros, num total de 128 amostras, visto que a área total foi dividida em quatro sub-áreas, A, B, C e D, contendo cada uma, seis pontos internos e dois pontos externos, estes últimos servindo como testemunha para comparação com pontos internos, como mostra a Figura 05. A coleta destas amostras ocorreram em 04 etapas, nos meses de fevereiro, abril, junho e setembro de 1997, obedecendo a seqüência das sub-áreas de A, B, C e D, respectivamente.

Após secagem ao ar livre e peneiramento em peneira de 2 milímetros, cada amostra foi dividida em 03 partes e foram encaminhadas para as análises química, de granulometria e outra para a extração da solução do solo pelo método adotado pela EMBRAPA (1979) e relatado em seu manual SNLCS – parte 2 .

4.2.2 Análise Química do Solo

Foram realizadas químicas do solo, relacionadas a seguir, com as respectivas metodologias.

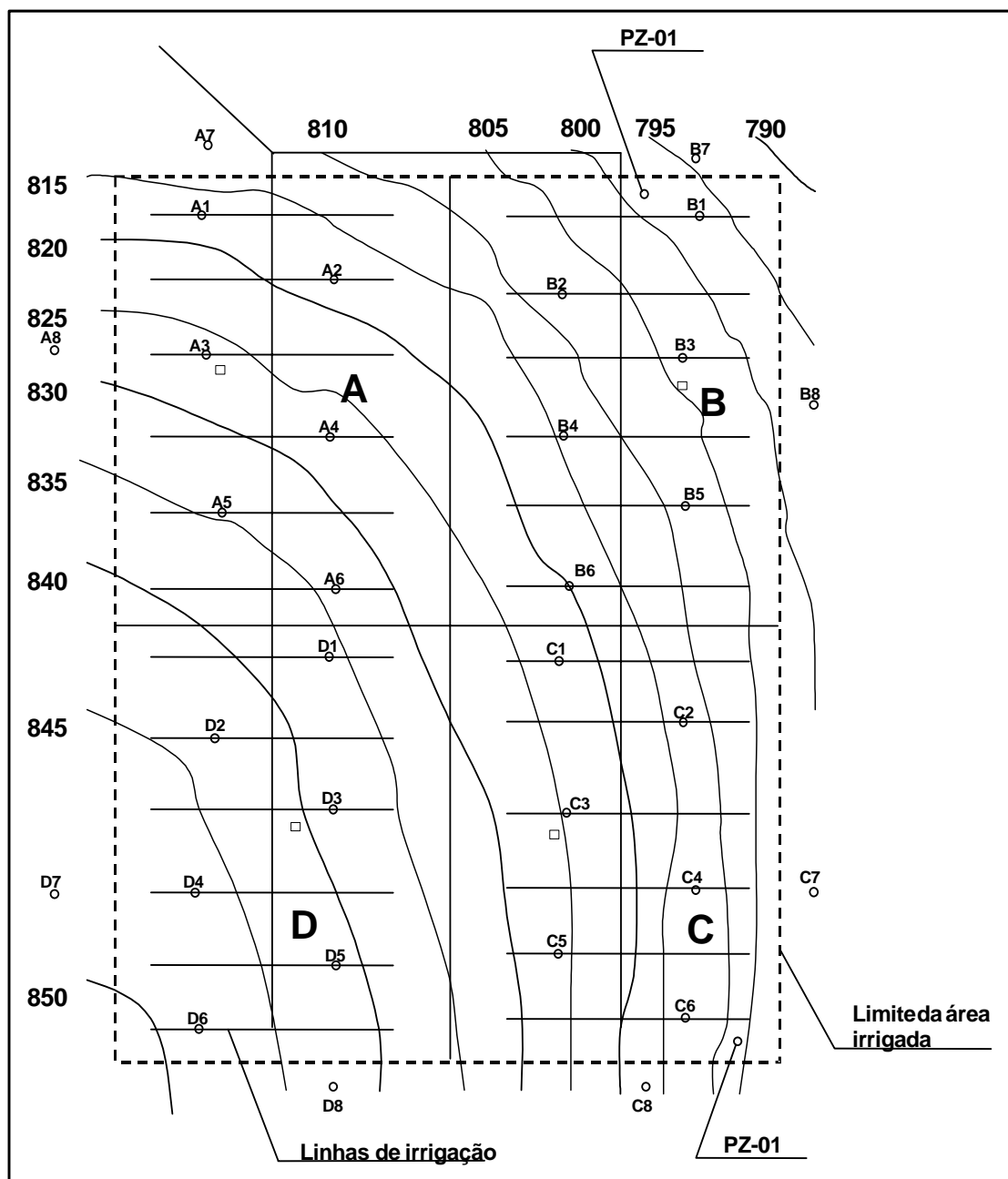


FIGURA 05 – Planta planialtimétrica da área irrigada com efluente, com os respectivos pontos de coletas das amostras de solo, internos (1 a 6) e externos (7 e 8) .

- pH em KCl normal, pelo Método Potenciométrico;
- Matéria Orgânica, através do Método Volumétrico, pelo bicromato de potássio e titulação pelo sulfato ferroso;
- Bases Trocáveis - Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+ , pelo Método do Acetato de Amônio - Na pH 7,0 - determinados através de absorção atômica;
- Acidez potencial (H^+ + Al^{3+}), pelo Método do Acetato de Cálcio - N a pH 7,0 - determinados através de titulação;
- Determinação da Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Porcentagem de Saturação de Bases (V%), através das equações abaixo:
- $\text{CTC} = \text{SB} + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}) \text{ [mmolc/ dm}^3 \text{]}$ $\text{V\%} = \text{SB/CTC} \text{ [\%]}$.

4.2.3 Análise Química da Solução do Solo

Após a extração da solução de solo, efetuou-se a medição da condutividade elétrica e pH, pela leitura direta nos equipamentos calibrados, instalados nos Laboratórios de Irrigação, Drenagem e Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Rural – FCA – UNESP, Campus de Botucatu. As mesmas amostras de solução, posteriormente foram encaminhada ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Ciência do Solo, para se efetuar a análise química da solução.

As análises químicas das soluções extraídas dos solos, foram realizadas com o objetivo de verificar as concentrações e os tipos de íons dissolvidos nesta solução, tais como:

- Concentrações dos íons de Magnésio (Mg^{++}), Cálcio (Ca^{++}), Cobre (Cu^{++}), Ferro (Fe^{++}), Manganês (Mn^{++}) e Zinco (Zn^{++}) determinadas por absorção atômica e o potássio (K^+) pelo Espectrofotômetro de chamas.

-

4.2.4 Análise da Granulometria do Solo

Granulometria da areia. O método utilizado foi o de peneiras vibratórias, em %;

Teor de argila. Através do método da pipeta, utilizando o dispersante hexametáfosfato de sódio, em %.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar os resultados nas quatro áreas de amostragem, consideramos parcelas internas, ou seja, local amostrado onde ocorre aplicação do efluente e parcelas externas, locais da área de amostragem que não receberam o efluente. Os resultados das análises química e granulométrica, considerando as 04 profundidades da coleta das amostras de solo, estão apresentados nos Quadros de 01 a 10 e os valores médios são apresentados nos Quadros de 11 a 15, dados estes ilustrados pelos gráficos das Figuras de 10 a 19.

Pelas fotos das Figuras de 06 a 09, pode-se ilustrar alguns dos pontos de coleta, internos à área irrigada, bem como observar as condições da cobertura do solo, pela gramínea e após o seu corte, mostrando que a coleta de solo. para realização deste trabalho ocorreu em diferentes condições climáticas e época do ano



FIGURA 06 - Ponto de coleta central da Área A, com cobertura vegetal.



FIGURA 07 - Ponto de coleta central da Área C, próximo a um terraço.



FIGURA 08 - Cobertura vegetal da gramínea, próxima a época de corte.



FIGURA 09 - Ponto de coleta da Area D, após o corte da gramínea, próximo a um piezômetro.

QUADRO 01 - Valores da Análise Química do Solo na Área A, considerando os dados das 04 profundidades.

Análise Química do Solo - Área A											
Pontos	prof. (m)	PH KCl	M.O g/dm ³	P.res. mg/dm ³	H⁺+Al³⁺ *	K⁺ *	Ca⁺⁺ *	Mg⁺⁺ *	SB *	CTC *	V%
A1	0,25	6,00	23,00	8,00	14,00	3,50	36,00	8,00	48,00	62,00	77,00
	0,50	6,20	12,00	3,00	11,00	3,40	26,00	5,00	35,00	46,00	75,00
	1,00	6,50	8,00	5,00	11,00	2,50	15,00	5,00	23,00	33,00	68,00
	1,50	6,60	6,00	1,00	11,00	1,70	12,00	9,00	23,00	35,00	67,00
Média	A1	6,33	12,25	4,25	11,75	2,78	22,25	6,75	32,25	44,00	71,75
A2	0,25	6,50	27,00	21,00	13,00	2,70	44,00	9,00	55,00	69,00	81,00
	0,50	6,50	15,00	5,00	12,00	2,60	29,00	6,00	37,00	49,00	76,00
	1,00	5,60	10,00	1,00	16,00	3,30	14,00	3,00	20,00	37,00	55,00
	1,50	5,70	8,00	1,00	16,00	2,80	11,00	2,00	16,00	32,00	51,00
Média	A2	6,08	15,00	7,00	14,25	2,85	24,50	5,00	32,00	46,75	65,75
A3	0,25	6,20	24,00	12,00	15,00	4,00	39,00	8,00	51,00	66,00	78,00
	0,50	6,30	13,00	3,00	12,00	3,70	28,00	4,00	36,00	48,00	75,00
	1,00	6,40	10,00	3,00	12,00	2,30	22,00	5,00	29,00	41,00	71,00
	1,50	6,50	6,00	1,00	11,00	2,60	17,00	4,00	24,00	35,00	67,00
média	A3	6,35	13,25	4,75	12,50	3,15	26,50	5,25	35,00	47,50	72,75
A4	0,25	5,60	33,00	13,00	20,00	3,90	41,00	9,00	54,00	74,00	73,00
	0,50	5,80	14,00	4,00	15,00	3,00	26,00	4,00	33,00	48,00	69,00
	1,00	6,30	9,00	2,00	12,00	2,50	22,00	2,00	27,00	39,00	69,00
	1,50	6,70	6,00	1,00	11,00	1,70	18,00	6,00	25,00	36,00	70,00
média	A4	6,10	15,50	5,00	14,50	2,78	26,75	5,25	34,75	49,25	70,25
A5	0,25	6,10	25,00	12,00	14,00	3,00	42,00	8,00	53,00	67,00	79,00
	0,50	5,80	14,00	3,00	15,00	2,90	23,00	4,00	30,00	45,00	67,00
	1,00	5,80	9,00	2,00	14,00	2,60	21,00	2,00	25,00	39,00	65,00
	1,50	6,30	6,00	1,00	12,00	1,60	20,00	3,00	24,00	36,00	67,00
média	A5	6,00	13,50	4,50	13,75	2,53	26,50	4,25	33,00	46,75	69,50
A6	0,25	5,10	14,00	2,00	20,00	3,20	11,00	4,00	18,00	38,00	47,00
	0,50	6,00	29,00	30,00	16,00	2,00	59,00	6,00	67,00	83,00	80,00
	1,00	6,60	11,00	3,00	11,00	1,50	28,00	10,00	39,00	50,00	78,00
	1,50	5,70	7,00	1,00	15,00	1,90	11,00	4,00	17,00	32,00	53,00
média	A6	5,85	15,25	9,00	15,50	2,15	27,25	6,00	35,25	50,75	64,50
A7	0,25	5,00	17,00	3,00	33,00	2,00	8,00	4,00	14,00	46,00	30,00
	0,50	5,00	12,00	1,00	26,00	2,10	4,00	4,00	10,00	36,00	28,00
	1,00	5,00	9,00	1,00	26,00	0,60	1,00	3,00	5,00	31,00	15,00
	1,50	4,00	7,00	1,00	25,00	0,20	1,00	1,00	2,00	27,00	9,00
média	A7	4,75	11,25	1,50	27,50	1,23	3,50	3,00	7,75	35,00	20,50
A8	0,25	4,70	18,00	11,00	34,00	3,40	17,00	7,00	27,00	61,00	44,00
	0,50	4,50	14,00	9,00	33,00	2,30	12,00	4,00	18,00	51,00	36,00
	1,00	5,20	8,00	2,00	19,00	1,70	11,00	3,00	16,00	35,00	45,00
	1,50	5,10	7,00	1,00	20,00	1,40	10,00	2,00	14,00	34,00	40,00
média	A8	4,88	11,75	5,75	26,50	2,20	12,50	4,00	18,75	45,25	41,25

*mmolc/dm³

QUADRO 02 - Valores da Análise Química do Solo na Área B, considerando os dados das 04 profundidades.

Análise Química do Solo - Área B											
Pontos	prof. (m)	PH KCl	M.O g/dm ³	P.res. mg/dm ³	H⁺+Al³⁺ *	K⁺ *	Ca⁺⁺ *	Mg⁺⁺ *	SB *	CTC *	V%
B1	0,25	5,50	72,00	38,00	34,00	4,60	94,00	11,00	109,00	143,00	76,00
	0,50	6,10	36,00	9,00	20,00	2,80	61,00	5,00	68,00	89,00	77,00
	1,00	6,30	23,00	4,00	16,00	2,90	47,00	5,00	55,00	71,00	78,00
	1,50	6,10	19,00	3,00	16,00	2,80	36,00	4,00	43,00	60,00	72,00
Média	B1	6,00	37,50	13,50	21,50	3,28	59,50	6,25	68,75	90,75	75,75
B2	0,25	6,30	28,00	14,00	15,00	3,70	48,00	10,00	62,00	77,00	81,00
	0,50	6,40	21,00	5,00	14,00	3,40	36,00	8,00	48,00	62,00	77,00
	1,00	6,40	14,00	2,00	14,00	2,50	23,00	7,00	33,00	47,00	70,00
	1,50	6,40	12,00	1,00	14,00	3,20	18,00	6,00	27,00	41,00	66,00
Média	B2	6,38	18,75	5,50	14,25	3,20	31,25	7,75	42,50	56,75	73,50
B3	0,25	6,50	35,00	11,00	14,00	4,00	57,00	12,00	73,00	87,00	84,00
	0,50	6,40	28,00	5,00	15,00	4,00	43,00	10,00	57,00	72,00	79,00
	1,00	6,10	20,00	2,00	16,00	4,00	28,00	7,00	38,00	54,00	70,00
	1,50	6,00	15,00	1,00	16,00	3,80	15,00	9,00	28,00	44,00	63,00
Média	B3	6,28	24,50	4,75	15,25	3,88	35,75	9,50	49,00	64,25	74,00
B4	0,25	5,20	111,00	60,00	58,00	5,00	89,00	13,00	107,00	165,00	65,00
	0,50	5,60	22,00	8,00	21,00	3,60	25,00	4,00	33,00	54,00	60,00
	1,00	5,60	12,00	2,00	17,00	2,80	18,00	2,00	22,00	40,00	56,00
	1,50	6,40	11,00	2,00	13,00	2,60	29,00	3,00	34,00	47,00	72,00
Média	B4	5,70	39,00	18,00	27,25	3,48	40,25	5,50	49,00	76,50	63,25
B5	0,25	5,00	54,00	48,00	42,00	3,00	40,00	6,00	49,00	91,00	54,00
	0,50	4,90	37,00	46,00	36,00	2,00	25,00	3,00	31,00	67,00	46,00
	1,00	4,60	114,00	81,00	98,00	4,00	89,00	7,00	99,00	198,00	50,00
	1,50	5,90	49,00	22,00	20,00	2,00	56,00	4,00	62,00	82,00	75,00
Média	B5	5,10	63,50	49,25	49,00	2,75	52,50	5,00	60,25	109,5	56,25
B6	0,25	6,30	62,00	86,00	15,00	4,30	79,00	13,00	97,00	111,00	87,00
	0,50	5,40	53,00	40,00	33,00	6,20	56,00	10,00	73,00	105,00	69,00
	1,00	5,30	31,00	37,00	31,00	4,40	40,00	4,00	48,00	79,00	61,00
	1,50	6,00	12,00	5,00	16,00	3,70	25,00	3,00	32,00	48,00	67,00
Média	B6	5,75	39,50	42,00	23,75	4,65	50,00	7,50	62,50	85,75	71,00
B7	0,25	4,70	25,00	4,00	33,00	1,50	13,00	5,00	19,00	52,00	37,00
	0,50	4,60	19,00	2,00	33,00	1,40	6,00	4,00	11,00	43,00	24,00
	1,00	4,80	14,00	1,00	25,00	1,00	3,00	2,00	7,00	32,00	21,00
	1,50	4,80	10,00	1,00	22,00	1,00	1,00	1,00	3,00	25,00	11,00
Média	B7	4,73	17,00	2,00	28,25	1,23	5,75	3,00	10,00	38,00	23,25
B8	0,25	4,60	18,00	3,00	28,00	1,70	10,00	4,00	16,00	44,00	36,00
	0,50	5,00	13,00	2,00	20,00	1,20	9,00	5,00	15,00	35,00	42,00
	1,00	5,40	11,00	1,00	18,00	0,90	8,00	7,00	16,00	34,00	47,00
	1,50	5,20	8,00	1,00	19,00	0,40	2,00	8,00	11,00	30,00	36,00
Média	B8	5,05	12,50	1,75	21,25	1,05	7,25	6,00	14,50	35,75	40,25

*mmolc/dm³

QUADRO 03 - Valores da Análise Química do Solo na Área C, considerando os dados das 04 profundidades.

Pontos	prof. (m)	<i>Análise Química do Solo - Área C</i>									
		<i>PH</i> <i>KCl</i>	<i>M.O</i> <i>g/dm3</i>	<i>P.res.</i> <i>mg/dm³</i>	<i>H⁺+Al³⁺</i> <i>*</i>	<i>K⁺</i> <i>*</i>	<i>Ca⁺⁺</i> <i>*</i>	<i>Mg⁺⁺</i> <i>*</i>	<i>SB</i> <i>*</i>	<i>CTC</i> <i>*</i>	<i>V%</i>
C1	0,25	5,70	54,00	60,00	25,00	3,80	63,00	12,00	78,00	103,0	76,00
	0,50	5,90	35,00	38,00	19,00	3,20	55,00	6,00	64,00	83,00	77,00
	1,00	6,50	11,00	3,00	12,00	2,20	29,00	3,00	33,00	45,00	74,00
	1,50	6,40	6,00	1,00	13,00	2,00	21,00	2,00	25,00	37,00	66,00
Média	C1	6,13	26,50	25,50	17,25	2,80	42,00	5,75	50,00	67,00	73,25
C2	0,25	5,40	21,00	8,00	21,00	3,80	19,00	4,00	27,00	48,00	56,00
	0,50	5,50	17,00	5,00	18,00	2,90	22,00	4,00	29,00	47,00	61,00
	1,00	6,00	15,00	2,00	17,00	3,50	23,00	6,00	32,00	50,00	65,00
	1,50	6,00	10,00	1,00	16,00	4,70	15,00	5,00	25,00	41,00	62,00
Média	C2	5,73	15,75	4,00	18,00	3,73	19,75	4,75	28,25	46,50	61,00
C3	0,25	6,20	21,00	5,00	14,00	2,70	39,00	7,00	48,00	62,00	78,00
	0,50	6,40	12,00	2,00	12,00	2,40	28,00	6,00	36,00	48,00	75,00
	1,00	6,50	8,00	1,00	12,00	2,90	19,00	6,00	27,00	39,00	70,00
	1,50	6,30	8,00	1,00	13,00	2,20	12,00	8,00	22,00	35,00	62,00
Média	C3	6,35	12,25	2,25	12,75	2,55	24,50	6,75	33,25	46,00	71,25
C4	0,25	5,70	33,00	21,00	24,00	4,90	51,00	9,00	64,00	88,00	73,00
	0,50	5,90	33,00	13,00	21,00	3,40	59,00	10,00	72,00	94,00	77,00
	1,00	6,00	15,00	3,00	16,00	2,00	31,00	11,00	43,00	60,00	73,00
	1,50	5,90	11,00	2,00	16,00	2,60	10,00	15,00	27,00	44,00	62,00
Média	C4	5,88	23,00	9,75	19,25	3,23	37,75	11,25	51,50	71,50	71,25
C5	0,25	5,60	23,00	16,00	20,00	2,70	39,00	7,00	48,00	69,00	71,00
	0,50	5,00	13,00	3,00	21,00	1,90	17,00	2,00	21,00	42,00	49,00
	1,00	6,20	7,00	2,00	13,00	2,80	20,00	3,00	26,00	39,00	66,00
	1,50	5,80	7,00	1,00	15,00	2,00	13,00	2,00	17,00	32,00	54,00
Média	C5	5,65	12,50	5,50	17,25	2,35	22,25	3,50	28,00	45,50	60,00
C6	0,25	6,10	44,00	60,00	20,00	5,00	48,00	12,00	64,00	84,00	76,00
	0,50	6,10	20,00	10,00	16,00	4,00	29,00	7,00	40,00	56,00	71,00
	1,00	6,30	12,00	3,00	15,00	5,70	22,00	7,00	34,00	49,00	70,00
	1,50	6,10	11,00	1,00	16,00	4,20	15,00	4,00	24,00	40,00	59,00
Média	C6	6,15	21,75	18,50	16,75	4,73	28,50	7,50	40,50	57,25	69,00
C7	0,25	4,60	21,00	9,00	36,00	1,10	8,00	4,00	13,00	49,00	26,00
	0,50	4,40	18,00	3,00	36,00	0,60	4,00	2,00	6,00	43,00	15,00
	1,00	4,60	12,00	1,00	28,00	0,30	3,00	1,00	4,00	32,00	14,00
	1,50	4,80	9,00	1,00	24,00	0,40	1,00	1,00	2,00	26,00	8,00
Média	C7	4,60	15,00	3,50	31,00	0,60	4,00	2,00	6,25	37,50	15,75
C8	0,25	4,90	20,00	6,00	29,00	3,50	15,00	6,00	25,00	54,00	46,00
	0,50	5,40	11,00	1,00	18,00	2,70	11,00	5,00	18,00	37,00	50,00
	1,00	5,60	9,00	1,00	17,00	1,90	13,00	4,00	18,00	35,00	51,00
	1,50	5,90	8,00	1,00	16,00	1,80	14,00	3,00	18,00	34,00	52,00
Média	C8	5,45	12,00	2,25	20,00	2,48	13,25	4,50	19,75	40,00	49,75

*mmolc/dm3

QUADRO 04 - Valores da Análise Química do Solo na Área D, considerando os dados das 04 profundidades.

Pontos	prof. (m)	<i>Análise Química do Solo - Área D</i>									
		<i>PH</i> KCl	<i>M.O</i> g/dm ³	<i>P.res.</i> mg/dm ³	<i>H⁺+Al³⁺</i> *	<i>K⁺</i> *	<i>Ca⁺⁺</i> *	<i>Mg⁺⁺</i> *	<i>SB</i> *	<i>CTC</i> *	<i>V%</i>
D1	0,25	6,00	29,00	29,00	17,00	3,90	44,00	7,00	55,00	73,00	76,00
	0,50	6,10	16,00	7,00	15,00	3,70	27,00	5,00	35,00	50,00	71,00
	1,00	5,80	17,00	5,00	19,00	2,80	28,00	5,00	36,00	55,00	65,00
	1,50	6,00	8,00	1,00	15,00	2,20	16,00	5,00	23,00	38,00	61,00
Média	D1	5,98	17,50	10,50	16,50	3,15	28,75	5,50	37,25	54,00	68,25
D2	0,25	5,70	64,00	93,00	31,00	5,40	67,00	9,00	81,00	112,00	73,00
	0,50	5,30	18,00	10,00	22,00	3,30	23,00	3,00	30,00	52,00	57,00
	1,00	5,00	9,00	1,00	21,00	2,70	10,00	1,00	14,00	35,00	39,00
	1,50	5,40	5,00	1,00	16,00	1,90	9,00	1,00	12,00	28,00	41,00
Média	D2	5,35	24,00	26,25	22,50	3,33	27,25	3,50	34,25	56,75	52,50
D3	0,25	5,60	103,00	120,00	40,00	5,60	117,00	20,00	143,00	183,00	78,00
	0,50	5,70	16,00	9,00	18,00	3,20	24,00	4,00	32,00	50,00	64,00
	1,00	5,60	11,00	2,00	18,00	3,20	15,00	2,00	20,00	39,00	53,00
	1,50	5,70	9,00	2,00	18,00	3,20	20,00	3,00	26,00	44,00	58,00
Média	D3	5,65	34,75	33,25	23,50	3,80	44,00	7,25	55,25	79,00	63,25
D4	0,25	6,40	32,00	93,00	14,00	3,30	67,00	10,00	80,00	94,00	85,00
	0,50	5,60	193,00	171,00	47,00	5,70	234,00	20,00	260,00	307,00	85,00
	1,00	5,50	75,00	114,00	34,00	3,20	81,00	7,00	92,00	126,00	73,00
	1,50	5,70	36,00	42,00	21,00	2,40	46,00	5,00	53,00	75,00	71,00
Média	D4	5,80	84,00	105,00	29,00	3,65	107,00	10,50	121,25	150,50	78,50
D5	0,25	5,70	77,00	146,00	34,00	4,30	117,00	9,00	130,00	164,00	77,00
	0,50	5,50	22,00	60,00	24,00	2,20	43,00	4,00	49,00	73,00	68,00
	1,00	5,70	8,00	2,00	16,00	1,60	20,00	2,00	23,00	39,00	60,00
	1,50	6,10	9,00	4,00	15,00	2,10	22,00	2,00	25,00	40,00	63,00
Média	D5	5,75	29,00	53,00	22,25	2,55	50,50	4,25	56,75	79,00	67,00
D6	0,25	6,60	19,00	7,00	12,00	3,40	38,00	6,00	48,00	59,00	80,00
	0,50	6,10	18,00	4,00	15,00	3,70	28,00	5,00	36,00	51,00	71,00
	1,00	6,10	9,00	1,00	15,00	2,00	18,00	3,00	23,00	38,00	61,00
	1,50	6,20	6,00	1,00	13,00	1,60	14,00	2,00	17,00	31,00	57,00
Média	D6	6,25	13,00	3,25	13,75	2,68	24,50	4,00	31,00	44,75	67,25
D7	0,25	4,20	24,00	4,00	58,00	1,30	9,00	1,00	12,00	70,00	17,00
	0,50	4,30	14,00	2,00	38,00	1,40	8,00	1,00	11,00	49,00	22,00
	1,00	4,80	4,80	9,00	0,00	22,00	1,50	6,00	2,00	10,00	32,00
	1,50	5,00	8,00	0,00	20,00	2,00	6,00	2,00	10,00	30,00	33,00
Média	D7	4,58	12,70	3,75	29,00	6,68	6,13	2,50	8,75	39,75	26,00
D8	0,25	5,10	5,10	5,00	8,00	17,00	2,10	1,00	3,00	6,00	24,00
	0,50	5,20	6,00	0,00	18,00	0,40	2,00	8,00	10,00	28,00	35,00
	1,00	4,90	8,00	0,00	19,00	0,80	8,00	2,00	11,00	30,00	37,00
	1,50	4,50	11,00	1,00	26,00	1,10	8,00	1,00	11,00	37,00	29,00
média	D8	4,93	7,53	1,50	17,75	4,83	5,03	3,00	8,75	25,25	31,25

*mmolc/dm³

QUADRO 05 - Valores da Análise Granulométrica do Solo das Áreas A e B, considerando os dados das 04 profundidades.

Pontos	Prof. (m)	Área A				Área B			
		Areia %	argila %	silte %	Textura	Areia %	argila %	silte %	textura
1	0,25	79,00	15,00	6,00	Média	34,00	41,00	25,00	argilosa
	0,50	77,00	18,00	5,00	Média	32,00	51,00	17,00	argilosa
	1,00	75,00	18,00	7,00	Média	29,00	51,00	20,00	argilosa
	1,50	70,00	25,00	5,00	Média	28,00	52,00	20,00	argilosa
Média		75,25	19,00	5,75		30,75	48,75	20,50	
2	0,25	78,00	15,00	7,00	média	58,00	27,00	15,00	média
	0,50	79,00	15,00	6,00	média	57,00	32,00	11,00	média
	1,00	75,00	20,00	5,00	média	56,00	37,00	7,00	argilosa
	1,50	71,00	22,00	7,00	média	52,00	41,00	7,00	argilosa
Média		75,75	18,00	6,25		55,75	34,25	10,00	
3	0,25	78,00	14,00	8,00	arenosa	54,00	24,00	22,00	média
	0,50	78,00	15,00	7,00	média	53,00	34,00	13,00	média
	1,00	76,00	18,00	6,00	média	50,00	41,00	9,00	argilosa
	1,50	74,00	20,00	6,00	média	47,00	42,00	11,00	argilosa
Média		76,50	16,75	6,75		51,00	35,25	13,75	
4	0,25	76,00	17,00	7,00	média	60,00	27,00	13,00	média
	0,50	78,00	15,00	7,00	média	59,00	29,00	12,00	média
	1,00	75,00	18,00	7,00	média	66,00	24,00	10,00	média
	1,50	71,00	22,00	7,00	média	60,00	29,00	11,00	média
Média		75,00	18,00	7,00		61,25	27,25	11,50	
5	0,25	78,00	14,00	8,00	arenosa	84,00	12,00	4,00	arenosa
	0,50	80,00	14,00	6,00	arenosa	88,00	6,00	6,00	arenosa
	1,00	73,00	18,00	9,00	média	68,00	19,00	13,00	média
	1,50	71,00	22,00	7,00	média	69,00	17,00	14,00	média
Média		75,50	17,00	7,50		77,25	13,50	9,25	
6	0,25	75,00	18,00	7,00	média	74,00	17,00	19,00	média
	0,50	74,00	17,00	9,00	média	72,00	21,00	7,00	média
	1,00	72,00	21,00	8,00	média	72,00	21,00	7,00	média
	1,50	66,00	31,00	3,00	média	63,00	26,00	11,00	média
Média		71,75	21,75	2,00		70,25	21,25	11,00	
7	0,25	67,00	31,00	2,00	média	48,00	39,00	13,00	argilosa
	0,50	27,00	31,00	2,00	média	47,00	37,00	16,00	argilosa
	1,00	62,00	34,00	4,00	média	43,00	47,00	10,00	argilosa
	1,50	62,00	37,00	1,00	média	41,00	51,00	7,00	argilosa
média		54,50	33,25	2,25		44,75	43,50	11,50	
8	0,25	66,00	26,00	8,00	média	72,00	19,00	9,00	média
	0,50	26,00	29,00	2,00	média	71,00	19,00	10,00	média
	1,00	66,00	22,00	12,00	média	69,00	22,00	9,00	média
	1,50	68,00	22,00	10,00	média	64,00	26,00	10,00	média
média		56,50	24,75	8,00		69,00	21,50	9,50	

QUADRO 06 - Valores da Análise Granulométrica do Solo das Áreas C e D, considerando os dados das 04 profundidade.

Pontos	Prof. (m)	Área C				Área D			
		Areia %	argila %	silte %	textura	Areia %	argila %	silte %	textura
1	0,25	75,00	14,00	11,00	Média	72,00	21,00	7,00	média
	0,50	74,00	21,00	5,00	Média	72,00	19,00	9,00	média
	1,00	72,00	19,00	9,00	Média	71,00	21,00	8,00	média
	1,50	69,00	21,00	10,00	média	67,00	24,00	9,00	média
média		72,50	18,75	8,75		70,50	21,25	8,25	
2	0,25	72,00	21,00	7,00	média	66,00	22,00	12,00	média
	0,50	71,00	23,00	6,00	média	75,00	20,00	5,00	média
	1,00	59,00	34,00	7,00	média	72,00	24,00	4,00	média
	1,50	57,00	33,00	10,00	média	66,00	18,00	16,00	média
média		64,75	27,75	7,50		69,75	21,00	9,25	
3	0,25	74,00	21,00	5,00	arenosa	65,00	19,00	16,00	média
	0,50	73,00	21,00	6,00	arenosa	67,00	18,00	15,00	média
	1,00	70,00	24,00	6,00	média	64,00	21,00	15,00	média
	1,50	67,00	24,00	9,00	média	63,00	25,00	12,00	média
média		71,00	22,50	6,50		64,75	20,75	14,50	
4	0,25	64,00	28,00	8,00	média	75,00	14,00	11,00	arenosa
	0,50	61,00	31,00	8,00	média	73,00	14,00	13,00	arenosa
	1,00	58,00	34,00	8,00	média	70,00	19,00	11,00	média
	1,50	55,00	38,00	7,00	argilosa	77,00	14,00	9,00	arenosa
média		59,50	32,75	7,75		73,75	15,25	11,00	
5	0,25	76,00	23,00	1,00	média	68,00	20,00	12,00	média
	0,50	73,00	18,00	9,00	arenosa	79,00	17,00	4,00	média
	1,00	69,00	19,00	12,00	média	76,00	17,00	7,00	média
	1,50	69,00	23,00	8,00	média	75,00	16,00	9,00	média
média		71,75	20,75	7,50		74,50	17,50	8,00	
6	0,25	62,00	24,00	14,00	média	77,00	14,00	9,00	arenosa
	0,50	62,00	29,00	9,00	média	77,00	13,00	10,00	média
	1,00	57,00	33,00	10,00	média	74,00	15,00	11,00	média
	1,50	55,00	36,00	9,00	argilosa	71,00	18,00	11,00	média
média		59,00	30,50	10,50		74,75	15,00	10,25	
7	0,25	54,00	34,00	13,00	média	72,00	15,00	13,00	média
	0,50	52,00	33,00	15,00	média	71,00	16,00	13,00	média
	1,00	48,00	41,00	11,00	argilosa	69,00	16,00	15,00	média
	1,50	48,00	39,00	13,00	argilosa	69,00	20,00	11,00	média
média		50,50	36,75	13,00		70,25	16,75	13,00	
8	0,25	66,00	31,00	3,00	média	73,00	18,00	9,00	média
	0,50	63,00	29,00	8,00	média	74,00	16,00	10,00	média
	1,00	60,00	31,00	9,00	média	78,00	13,00	9,00	média
	1,50	59,00	31,00	10,00	média	80,00	13,00	7,00	arenosa
média		62,00	30,50	7,50		76,25	15,00	8,75	

QUADRO 07 - Valores da Análise Química da Solução do Solo na Área A, considerando os dados das 04 profundidades.

Análise Química da Solução do Solo - Área A										
Pontos	prof.	CE	pH	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	(m)	($m\Omega^{-1}/cm$)		(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
A1	0,25	627,0	8,12	47,34	14,22	6,03	0,00	0,58	0,56	0,00
	0,50	580,0	7,53	38,70	17,01	4,59	0,00	0,10	0,04	0,00
	1,00	2370,0	7,96	53,01	20,07	8,19	0,00	0,12	0,29	0,00
	1,50	268,0	5,23	14,49	7,47	5,67	0,00	0,04	0,06	0,04
média		961,25	7,21	38,39	14,69	6,12	0,00	0,21	0,24	0,01
A2	0,25	757,0	7,97	41,58	16,65	5,22	0,00	0,08	0,30	0,00
	0,50	585,0	7,86	36,99	12,16	3,60	0,04	0,44	0,17	0,02
	1,00	448,0	6,55	35,55	9,99	1,98	0,00	0,05	0,19	0,00
	1,50	96,2	6,09	11,79	1,62	0,09	0,00	0,04	0,02	0,00
média		471,55	7,12	31,48	10,11	2,72	0,01	0,15	0,17	0,02
A3	0,25	847,0	7,81	59,40	13,77	7,02	0,00	0,09	0,73	0,00
	0,50	660,0	7,40	47,07	14,85	6,03	0,02	0,29	0,32	0,00
	1,00	385,0	7,27	28,98	11,52	4,05	0,00	0,32	0,23	0,00
	1,50	1956,0	7,96	45,09	16,47	3,69	0,00	0,08	0,28	0,00
média		962,00	7,61	45,14	14,15	5,20	0,01	0,20	0,39	0,00
A4	0,25	986,0	8,13	92,97	28,26	9,27	0,04	3,53	1,10	0,03
	0,50	523,0	7,50	48,60	14,22	5,04	0,02	0,11	0,04	0,00
	1,00	293,0	6,61	20,70	7,02	1,35	0,02	0,32	0,17	0,04
	1,50	208,0	6,79	15,93	7,38	2,25	0,01	0,02	0,11	0,03
média		502,50	7,26	44,55	14,22	4,48	0,02	1,00	0,36	0,03
A5	0,25	928,0	8,32	82,62	35,01	12,42	0,01	1,00	1,16	0,02
	0,50	525,0	7,53	45,45	13,14	3,33	0,03	0,63	0,24	0,03
	1,00	375,0	6,79	27,54	9,81	1,89	0,03	0,30	0,20	0,03
	1,50	310,0	6,31	20,25	10,08	2,16	0,03	0,07	0,13	0,05
média	A5	534,50	7,23	43,97	17,01	4,95	0,03	0,50	0,43	0,03
A6	0,25	538,0	6,82	55,80	12,78	4,86	0,03	0,16	0,42	0,03
	0,50	778,0	7,69	44,19	25,11	7,65	0,02	0,21	0,00	0,01
	1,00	472,0	6,88	22,86	13,32	4,50	0,03	0,11	0,17	0,07
	1,50	328,0	6,38	20,16	6,66	1,53	0,02	0,26	0,20	0,02
média	A6	529,00	6,94	35,75	14,47	4,64	0,03	0,19	0,20	0,03
A7	0,25	206,0	7,17	18,20	7,80	2,34	0,01	0,41	0,17	0,01
	0,50	222,0	6,86	13,23	5,40	2,52	0,00	1,20	0,12	0,00
	1,00	72,9	6,43	10,35	1,15	0,57	0,00	0,54	0,05	0,02
	1,50	109,7	6,33	4,05	1,48	0,89	0,00	0,34	0,03	0,02
média	A7	152,65	6,70	11,46	3,96	1,58	0,00	0,62	0,09	0,01
A8	0,25	480,0	6,76	19,53	2,94	4,50	0,00	0,04	0,18	0,02
	0,50	466,0	7,15	0,79	3,11	3,60	0,02	0,71	0,18	0,02
	1,00	117,8	6,67	9,72	1,69	0,85	0,02	0,96	0,08	0,00
	1,50	177,0	6,59	11,61	2,39	1,52	0,00	0,31	0,10	0,00
média	A8	310,20	6,79	10,41	2,53	2,62	0,01	0,51	0,14	0,01

QUADRO 08 - Valores da Análise Química da Solução do Solo na Área B, considerando os dados das 04 profundidades.

Análise Química da Solução do Solo - Área B										
Pontos	prof. (m)	CE ($m\Omega^{-1}/cm$)	pH	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
B1	0,25	902,00	7,33	44,31	6,75	2,97	0,02	1,45	0,35	0,01
	0,50	243,00	6,89	19,11	3,38	1,81	0,00	0,83	0,12	0,00
	1,00	262,00	6,48	20,16	2,93	1,12	0,00	0,18	0,09	0,00
	1,50	191,00	4,79	23,73	2,83	0,74	0,00	0,47	0,04	0,00
média		399,50	6,37	26,83	3,97	1,66	0,01	0,73	0,15	0,00
B2	0,25	563,00	5,46	98,80	15,99	5,46	0,04	0,05	0,55	0,08
	0,50	413,00	5,78	56,03	20,80	7,80	0,03	0,08	0,49	0,09
	1,00	379,00	6,78	32,63	8,84	2,34	0,03	0,05	0,11	0,04
	1,50	240,00	6,54	25,61	8,84	4,16	0,01	0,07	0,14	0,03
média		398,00	6,14	53,27	13,62	4,94	0,03	0,06	0,32	0,06
B3	0,25	548,00	7,02	38,22	5,02	2,29	0,03	1,51	0,15	0,02
	0,50	460,00	6,30	36,33	2,14	1,01	0,06	0,00	0,14	0,25
	1,00	360,00	6,75	33,81	3,08	1,39	0,00	2,20	0,15	0,04
	1,50	218,00	6,08	23,94	1,81	0,93	0,00	0,14	0,03	0,04
média		396,50	6,54	33,08	3,01	1,41	0,02	0,96	0,12	0,09
B4	0,25	792,00	4,93	81,90	29,70	9,99	0,03	5,00	2,51	0,17
	0,50	362,00	6,49	29,25	10,08	2,70	0,02	0,12	0,19	0,01
	1,00	254,00	6,76	22,32	7,56	2,16	0,01	0,06	0,10	0,00
	1,50	301,00	6,45	20,97	8,73	1,26	0,02	0,06	0,08	0,03
média		427,25	6,16	38,61	14,02	4,03	0,02	1,31	0,72	0,05
B5	0,25	941,00	7,04	92,25	29,97	12,06	0,01	0,05	1,26	0,07
	0,50	1003,0	6,63	91,98	35,37	13,32	0,02	0,14	1,94	0,45
	1,00	1767,0	5,54	77,94	83,61	20,61	0,01	1,50	9,09	1,10
	1,50	685,00	7,41	45,81	30,69	6,21	0,02	0,15	1,11	0,07
média		1099,0	6,66	77,00	44,91	13,05	0,02	0,46	3,35	0,42
B6	0,25	709,00	8,25	83,52	28,26	9,36	0,03	0,58	0,82	0,03
	0,50	725,00	7,27	107,01	18,27	7,38	0,02	4,39	0,34	0,04
	1,00	584,00	6,91	70,74	18,45	4,50	0,01	0,06	1,32	0,11
	1,50	259,00	6,53	31,41	8,01	1,62	0,01	0,04	0,24	0,03
média		569,25	7,24	73,17	18,25	5,72	0,02	1,27	0,68	0,05
B7	0,25	94,70	7,18	13,95	2,48	3,06	0,02	7,64	0,10	0,03
	0,50	371,00	7,75	8,64	1,10	0,71	0,00	1,12	0,04	0,00
	1,00	171,20	7,01	6,00	1,00	0,50	0,00	1,75	0,04	0,00
	1,50	55,50	6,81	3,43	0,92	0,41	0,00	0,25	0,00	0,00
média		173,10	7,19	8,01	1,38	1,17	0,01	2,69	0,05	0,01
B8	0,25	628,00	6,86	19,98	10,71	6,03	0,02	0,55	0,28	0,01
	0,50	184,00	6,69	9,27	4,32	1,98	0,02	3,80	0,12	0,02
	1,00	2050,0	6,74	146,70	5,58	2,70	0,01	0,82	0,11	0,01
	1,50	144,00	6,92	11,07	3,60	1,62	0,01	0,53	0,08	0,00
média		751,50	6,80	46,76	6,05	3,08	0,02	1,43	0,15	0,01

QUADRO 09 - Valores da Análise Química da Solução do Solo na Área C, considerando os dados das 04 profundidades.

Análise Química da Solução do Solo - Área C										
Pontos	prof. (m)	CE ($m\Omega^{-1}/cm$)	pH	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
C1	0,25	1081,0	4,58	95,68	28,60	14,30	0,04	0,21	0,01	0,03
	0,50	1015,0	5,95	80,99	28,34	9,62	0,04	0,15	2,68	0,14
	1,00	573,00	6,05	36,66	21,97	4,16	0,01	0,05	0,35	0,07
	1,50	522,00	5,48	44,98	18,33	3,38	0,02	0,04	0,25	0,07
média		797,75	5,52	64,58	24,31	7,87	0,03	0,11	0,82	0,08
C2	0,25	352,00	6,12	44,98	8,06	1,82	0,02	0,34	0,13	0,04
	0,50	314,00	6,07	37,83	6,76	1,56	0,02	0,68	0,10	0,05
	1,00	315,00	6,16	30,16	8,06	1,82	0,02	0,04	0,13	0,06
	1,50	311,00	5,99	36,92	6,37	1,43	0,02	0,02	0,15	0,05
média		323,00	6,09	37,47	7,31	1,66	0,02	0,27	0,13	0,05
C3	0,25	390,00	6,22	36,40	10,92	2,73	0,03	0,06	0,18	0,07
	0,50	405,00	5,64	41,21	11,57	3,51	0,03	0,09	0,12	0,08
	1,00	334,00	6,24	35,23	9,10	2,21	0,01	0,03	0,10	0,05
	1,50	281,00	6,21	31,46	7,02	2,08	0,01	0,05	0,08	0,08
média		352,50	6,08	36,08	9,65	2,63	0,02	0,06	0,12	0,07
C4	0,25	783,00	5,46	98,80	15,99	5,46	0,04	0,05	0,55	0,08
	0,50	713,00	5,48	56,03	20,80	7,80	0,03	0,08	0,49	0,09
	1,00	329,00	5,78	32,63	8,84	2,34	0,03	0,05	0,11	0,04
	1,50	330,00	6,54	25,61	8,84	4,16	0,01	0,07	0,14	0,03
média		538,75	5,81	53,27	13,62	4,94	0,03	0,06	0,32	0,06
C5	0,25	548,00	6,55	42,25	13,78	5,98	0,02	0,69	0,32	0,07
	0,50	306,00	6,38	24,05	9,10	2,47	0,01	0,04	0,13	0,03
	1,00	222,00	5,90	30,94	4,55	0,91	0,01	0,36	0,04	0,03
	1,50	202,00	5,70	21,32	4,42	0,91	0,01	0,04	0,06	0,03
média		319,50	6,13	29,64	7,96	2,57	0,01	0,28	0,14	0,04
C6	0,25	381,00	5,62	42,38	9,01	2,60	0,01	0,06	0,11	0,04
	0,50	450,00	5,28	49,79	11,18	3,38	0,01	0,07	0,11	0,05
	1,00	368,00	5,91	43,55	8,19	2,34	0,00	0,04	0,10	0,03
	1,50	325,00	5,67	33,80	7,67	2,08	0,01	0,07	0,11	0,05
Média		381,00	5,62	42,38	9,01	2,60	0,01	0,06	0,11	0,04
C7	0,25	195,00	6,07	15,99	4,29	1,04	0,00	0,04	0,05	0,01
	0,50	152,67	6,12	18,50	2,86	0,61	0,00	0,06	0,03	0,02
	1,00	155,00	6,26	20,67	2,73	0,52	0,01	0,11	0,02	0,03
	1,50	108,00	6,04	18,85	1,56	0,26	0,00	0,04	0,01	0,03
média		152,67	6,12	18,50	2,86	0,61	0,00	0,06	0,03	0,02
C8	0,25	457,00	5,96	46,15	12,09	4,68	0,02	0,38	0,44	0,06
	0,50	344,00	6,66	31,33	9,88	2,73	0,02	0,05	0,21	0,07
	1,00	337,00	6,97	24,83	10,01	3,12	0,01	0,07	0,21	0,05
	1,50	258,00	6,74	14,69	5,85	1,30	0,01	0,02	0,08	0,02
Média		349,00	6,58	29,25	9,46	2,96	0,02	0,13	0,24	0,05

QUADRO 10 - Valores da Análise Química da Solução do Solo na Área D, considerando os dados das 04 profundidades.

Análise Química da Solução do Solo - Área D										
Pontos	prof. (m)	CE ($m\Omega^{-1}/cm$)	pH	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
D1	0,25	664,00	7,79	79,30	15,86	4,68	0,04	0,08	0,01	0,03
	0,50	451,00	7,76	48,23	10,79	2,86	0,01	0,09	0,10	0,05
	1,00	435,00	6,48	36,40	11,18	2,73	0,02	0,08	0,26	0,06
	1,50	353,00	6,40	24,31	9,88	3,12	0,01	0,08	0,21	0,05
média		475,75	7,11	47,06	11,93	3,35	0,02	0,08	0,15	0,05
D2	0,25	780,00	6,08	87,75	22,62	6,76	0,03	0,14	0,49	0,07
	0,50	769,00	5,49	82,29	19,50	5,07	0,02	0,11	0,51	0,08
	1,00	486,00	5,80	46,93	12,74	3,12	0,01	0,06	0,33	0,04
	1,50	219,00	5,97	18,07	4,81	0,91	0,03	0,05	0,09	0,01
média		563,50	5,84	58,76	14,92	3,97	0,02	0,09	0,36	0,05
D3	0,25	888,00	6,03	87,75	29,12	13,26	0,03	0,15	0,38	0,04
	0,50	656,00	5,99	62,66	18,85	5,59	0,04	0,09	0,35	0,06
	1,00	430,00	5,62	44,85	13,91	2,99	0,02	0,06	0,20	0,03
	1,50	430,00	5,62	44,85	13,91	2,99	0,02	0,06	0,20	0,03
Média		658,00	5,88	65,09	20,63	7,28	0,03	0,10	0,31	0,04
D4	0,25	446,00	7,51	30,57	10,26	5,58	0,02	1,12	0,23	0,01
	0,50	1384,0	6,15	74,70	35,55	18,90	0,04	1,60	1,95	0,06
	1,00	1436,0	7,03	70,20	33,39	17,10	0,02	0,28	2,10	0,04
	1,50	782,00	6,71	43,02	20,88	10,71	0,01	0,10	0,70	0,02
Média		1012,0	6,85	54,62	25,02	13,07	0,02	0,78	1,25	0,03
D5	0,25	923,00	6,11	66,69	32,50	8,84	0,03	0,12	0,53	0,09
	0,50	622,00	5,47	46,15	23,92	5,33	0,07	0,09	0,22	0,10
	1,00	1052,0	5,33	49,40	45,37	8,06	0,02	0,11	0,72	0,08
	1,50	397,00	5,44	38,87	14,82	2,08	0,02	0,07	0,13	0,06
Média		748,50	5,59	50,28	29,15	6,08	0,04	0,10	0,40	0,08
D6	0,25	1129,0	7,34	52,65	14,40	9,18	0,03	0,51	0,21	0,03
	0,50	494,00	6,86	50,40	8,82	4,50	0,01	0,71	0,16	0,00
	1,00	480,00	5,94	30,42	9,63	3,60	0,02	0,16	0,18	0,04
	1,50	237,00	6,90	13,86	8,82	2,88	0,01	0,30	0,12	0,00
Média		585,00	6,76	36,83	10,42	5,04	0,02	0,42	0,17	0,02
D7	0,25	300,00	6,02	22,75	9,49	2,08	0,02	0,46	0,20	0,03
	0,50	345,00	6,07	28,86	6,89	1,95	0,03	2,31	0,10	0,04
	1,00	279,33	6,09	23,27	7,45	1,82	0,02	0,95	0,12	0,03
	1,50	193,00	6,18	18,20	5,98	1,43	0,01	0,09	0,07	0,01
Média		279,33	6,09	23,27	7,45	1,82	0,02	0,95	0,12	0,03
D8	0,25	278,00	6,91	23,22	5,94	2,79	0,03	3,27	0,14	0,03
	0,50	153,00	6,50	8,46	3,60	1,71	0,02	4,19	0,08	0,00
	1,00	182,00	6,60	5,04	3,24	1,98	0,01	3,43	0,08	0,02
	1,50	107,00	5,82	2,79	2,70	1,08	0,01	0,28	0,06	0,01
Média		180,00	6,46	9,88	3,87	1,89	0,02	2,79	0,09	0,02

5.1 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica dá a informação da quantidade de íons na solução do solo, observando as Figuras 10 e 11 e Quadro 11 e 12, notamos que a condutividade elétrica diminui com a profundidade do solo amostrado, ficando evidente que a concentração de íons é maior nas camadas superficiais do solo, o que pode ser explicado por uma maior quantidade de material orgânico mineralizado. Quando compara-se as parcelas internas com as parcelas externas, também fica evidente a maior concentração de íons nas parcelas internas o que nos permite concluir que o efluente deposita no solo grande quantidade de material orgânico que sofre mineralização.

QUADRO 11 - Valores Médios da Análise química da solução do solo, nos pontos internos (1 a 6), com a aplicação do efluente.

		<i>Análise química da solução</i>								
		<i>CE</i> <i>(mΩ⁻¹/cm)</i>	<i>pH</i>	<i>K</i> <i>(ppm)</i>	<i>Ca</i> <i>(ppm)</i>	<i>Mg</i> <i>(ppm)</i>	<i>Cu</i> <i>(ppm)</i>	<i>Fe</i> <i>(ppm)</i>	<i>Mn</i> <i>(ppm)</i>	<i>Zn</i> <i>(ppm)</i>
0,25	A	780,50	7,86	63,29	20,12	7,47	0,01	0,91	0,71	0,01
	B	712,00	6,84	62,87	17,17	6,31	0,02	1,56	0,94	0,06
	C	589,17	5,76	60,08	14,39	5,48	0,03	0,24	0,22	0,06
	D	805,00	6,81	67,45	20,79	8,05	0,03	0,35	0,31	0,05
0,50	A	608,50	7,58	43,50	16,08	5,04	0,02	0,30	0,14	0,01
	B	528,83	6,68	53,45	12,09	4,57	0,02	1,04	0,54	0,13
	C	533,83	5,80	48,32	14,63	4,72	0,02	0,19	0,61	0,07
	D	729,33	6,29	60,74	19,57	7,04	0,03	0,45	0,55	0,06
1,0	A	723,83	7,01	31,44	11,96	3,66	0,01	0,20	0,21	0,02
	B	601,17	6,49	43,66	19,82	5,16	0,01	0,79	1,88	0,22
	C	356,83	6,01	34,86	10,12	2,30	0,01	0,10	0,14	0,05
	D	757,83	6,08	49,74	22,16	6,98	0,02	0,13	0,65	0,05
1,5	A	527,70	6,46	21,29	8,28	2,57	0,01	0,09	0,13	0,02
	B	339,00	6,29	30,48	9,23	1,99	0,01	0,27	0,34	0,04
	C	328,50	5,93	32,35	8,78	2,34	0,01	0,05	0,13	0,05
	D	403,00	6,17	30,50	12,19	3,78	0,02	0,11	0,24	0,03

QUADRO 12 - Valores Médios da Análise química da solução do solo, nos pontos externos (7 e 8), sem a aplicação do efluente.

		<i>Análise química da solução</i>								
		<i>CE</i> ($m\Omega^{-1}/cm$)	<i>pH</i>	<i>K</i> (<i>ppm</i>)	<i>Ca</i> (<i>ppm</i>)	<i>Mg</i> (<i>ppm</i>)	<i>Cu</i> (<i>ppm</i>)	<i>Fe</i> (<i>ppm</i>)	<i>Mn</i> (<i>ppm</i>)	<i>Zn</i> (<i>ppm</i>)
0,25	A	343,00	6,97	18,87	5,37	3,42	0,01	0,23	0,18	0,02
	B	361,35	7,02	16,97	6,60	4,55	0,02	4,10	0,19	0,02
	C	326,00	6,01	31,07	8,19	2,86	0,01	0,21	0,25	0,04
	D	289,00	6,47	22,99	7,72	2,44	0,03	1,87	0,17	0,03
0,50	A	344,00	7,01	7,01	4,26	3,06	0,01	0,96	0,15	0,01
	B	277,50	7,22	8,96	2,71	1,35	0,01	2,46	0,08	0,01
	C	248,33	6,39	24,92	6,37	1,67	0,01	0,06	0,12	0,05
	D	249,00	6,29	18,66	5,25	1,83	0,03	3,25	0,09	0,02
1,0	A	95,35	6,55	10,04	1,42	0,71	0,01	0,75	0,07	0,01
	B	1110,60	6,88	76,35	3,29	1,60	0,01	1,29	0,08	0,01
	C	246,00	6,62	22,75	6,37	1,82	0,01	0,09	0,12	0,04
	D	230,67	6,34	14,16	5,35	1,90	0,02	2,19	0,10	0,02
1,5	A	143,35	6,46	7,83	1,94	1,21	0,00	0,33	0,07	0,01
	B	99,75	6,87	7,25	2,26	1,02	0,01	0,39	0,04	0,00
	C	183,00	6,39	16,77	3,71	0,78	0,01	0,03	0,05	0,03
	D	150,00	6,00	10,50	4,34	1,26	0,01	0,19	0,07	0,01

5.2 Acidez do solo

As Figuras 12 e 13 e Quadros 13 e 14, mostram o pH médio do solo nas parcelas internas e externas, com base nos resultados pode-se concluir que a aplicação do efluente industrial contribui para a elevação do pH do solo reduzindo a acidez do mesmo, também observado por Cruz (1991), que a vinhaça melhora as características químicas do solo. Eleva o pH, diminui a acidez potencial, reduz o teor de alumínio trocável e aumenta o teor de fósforo disponível na camada superficial do solo. Os valores encontrados nas áreas amostradas nos permitem concluir que o solo em questão não apresenta acidez elevada. Nas parcelas externas, encontramos valores de pH em torno de 6,0 a 7,0; enquanto que nas parcelas internas, o pH atingiu valores próximos a 8,0, principalmente nas superficiais do solo, comprovando a influência da aplicação do efluente.

QUADRO 13 - Valores Médios da Análise química do solo, nos pontos internos (1 a 6).

Prof. Área		Análise Química do Solo									
		pH	M.O (g/dm ³)	P.resina mg/dm ³	H+Al *	K *	Ca *	Mg *	SB *	CTC *	V%
0,25	A	5,92	30,17	13,67	27,17	4,28	39,67	9,50	53,33	80,50	84,83
	B	5,80	60,33	42,83	29,67	4,07	67,83	10,83	82,83	112,33	74,50
	C	5,78	32,67	28,33	20,67	3,82	43,17	8,50	54,83	75,67	71,67
	D	6,00	54,00	81,33	24,67	4,32	75,00	10,17	89,50	114,17	78,17
0,50	A	6,10	20,50	9,67	23,33	3,67	34,50	6,17	44,33	67,67	84,33
	B	5,80	32,83	18,83	23,17	3,70	41,00	6,67	51,67	74,83	68,00
	C	5,80	21,67	11,83	17,83	2,97	35,00	5,83	43,67	61,67	68,33
	D	5,72	47,17	43,50	23,50	3,63	63,17	6,83	73,67	97,17	69,33
1,0	A	6,20	12,33	3,17	20,17	2,83	22,33	5,50	30,67	50,83	77,67
	B	5,72	35,67	21,33	32,00	3,35	40,83	5,33	49,17	81,50	64,17
	C	6,25	11,33	2,33	14,17	3,18	24,00	6,00	32,50	47,00	69,67
	D	5,62	21,50	20,83	20,50	2,58	28,67	3,33	34,67	55,33	58,50
1,5	A	6,25	8,83	1,33	20,17	2,32	16,67	5,17	24,17	44,50	70,67
	B	6,15	19,67	5,67	15,83	3,03	29,83	4,83	37,67	53,67	69,17
	C	6,08	8,83	1,17	14,83	2,95	14,33	6,00	23,33	38,17	60,83
	D	5,85	12,17	8,50	16,33	2,23	21,17	3,00	26,00	42,67	58,50

QUADRO 14 - Valores Médios da Análise química do solo, nos pontos externos (7 e 8).

		Análise Química do Solo									
		pH	M.O (g/dm ³)	P.resina mg/dm ³	H+Al *	K *	Ca *	Mg *	SB *	CTC *	V%
0,25	A	4,85	17,50	7,00	33,50	2,70	12,50	5,50	20,50	53,50	37,00
	B	4,65	21,50	3,50	30,50	1,60	11,50	4,50	17,50	48,00	36,50
	C	4,75	20,50	7,50	32,50	2,30	11,50	5,00	19,00	51,50	36,00
	D	4,65	14,55	4,50	33,00	9,15	5,55	1,00	7,50	38,00	20,50
0,50	A	4,75	13,00	5,00	29,50	2,20	8,00	4,00	14,00	43,50	32,00
	B	4,80	16,00	2,00	26,50	1,30	7,50	4,50	13,00	39,00	33,00
	C	4,90	14,50	2,00	27,00	1,65	7,50	3,50	12,00	40,00	32,50
	D	4,75	10,00	1,00	28,00	0,90	5,00	4,50	10,50	38,50	28,50
1,0	A	5,10	8,50	1,50	22,50	1,15	6,00	3,00	10,50	33,00	30,00
	B	5,10	12,50	1,00	21,50	0,95	5,50	4,50	11,50	33,00	34,00
	C	5,10	10,50	1,00	22,50	1,10	8,00	2,50	11,00	33,50	32,50
	D	4,85	6,40	4,50	9,50	11,40	4,75	4,00	6,50	20,00	34,50
1,5	A	4,55	7,00	1,00	22,50	0,80	5,50	1,50	8,00	30,50	24,50
	B	5,00	9,00	1,00	20,50	0,70	1,50	4,50	7,00	27,50	23,50
	C	5,35	8,50	1,00	20,00	1,10	7,50	2,00	10,00	30,00	30,00
	D	4,75	9,50	0,50	23,00	1,55	7,00	1,50	10,50	33,50	31,00

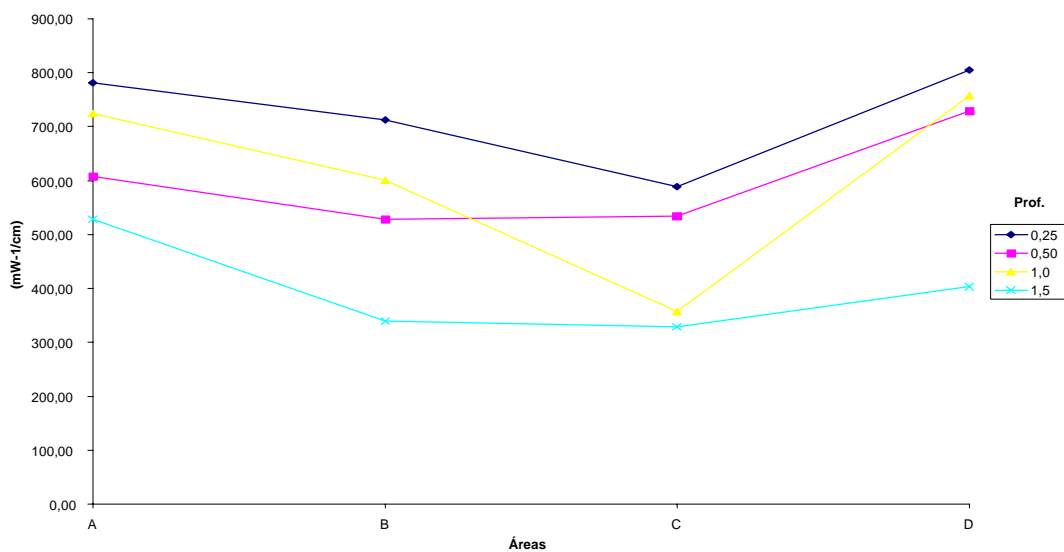


FIGURA 10 - Valores médios da condutividade elétrica das áreas internas nas quatro profundidades para a solução do solo.

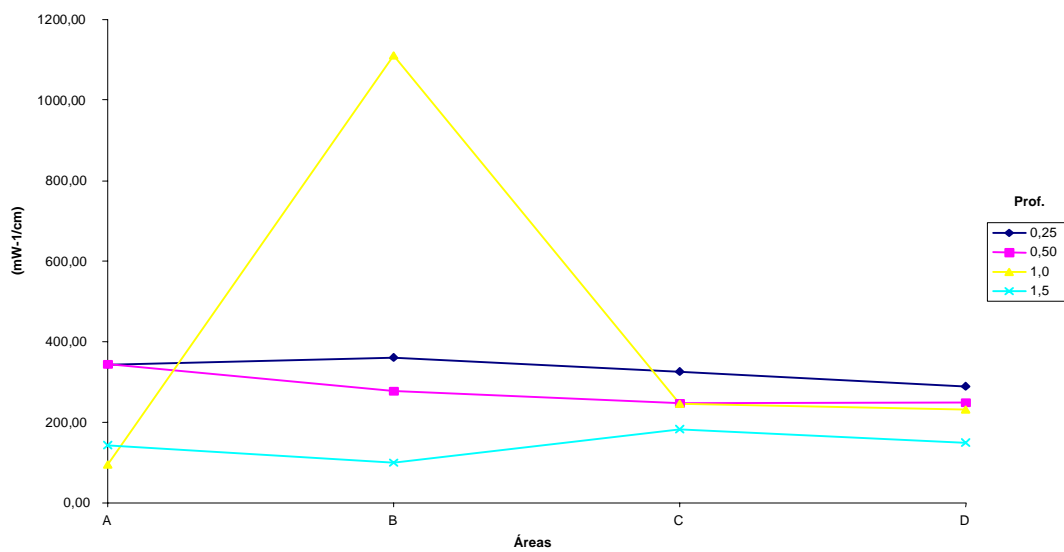


FIGURA 11 - Valores médios da condutividade elétrica das áreas externas nas quatro profundidades para a solução do solo.

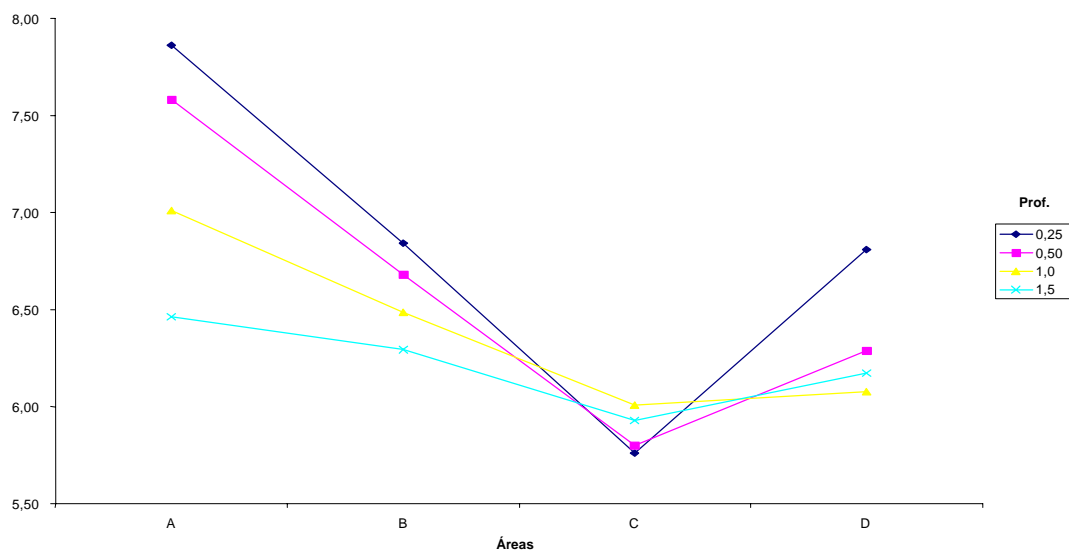


FIGURA 12 - Valores médios do pH das áreas internas, nas quatro profundidades no solo.

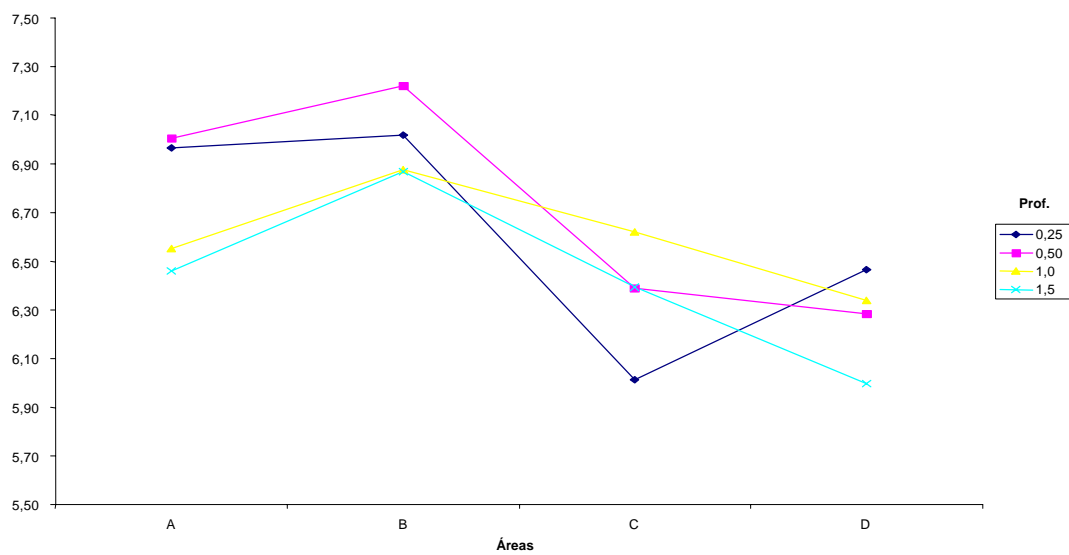


FIGURA 13 - Valores médios do pH das áreas externas, nas quatro profundidades no solo.

Embora teoricamente, o pH médio deva ser calculado considerando a média das concentrações hidrogemônicas $[H^+]$, pois $pH = 1/\log [H^+]$, em termos práticos o cálculo de maneira aritmética dos valores de pH, diferem de maneira insignificativa dos valores teóricos.

A aplicação do efluente no solo contribuiu de maneira evidente para a elevação dos teores de cálcio e magnésio, fato este também observado por Lundin et al (1996), conforme pode-se observar nas Figuras 14 a 17. As parcelas internas apresentam valores superiores a $17,00 \text{ mmolc/dm}^3$, representando um valor médio, em relação as parcelas internas e valores em torno de $2,00$, valor considerado baixo, para as parcelas externas.

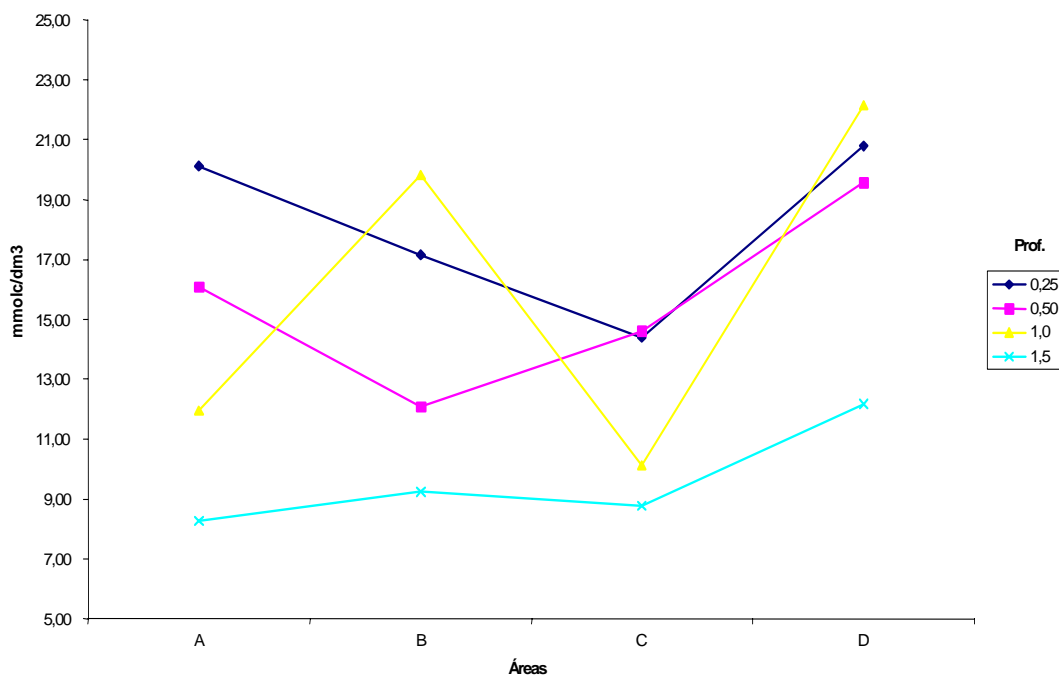


FIGURA 14 - Valores médios de cálcio (Ca) nas áreas internas.

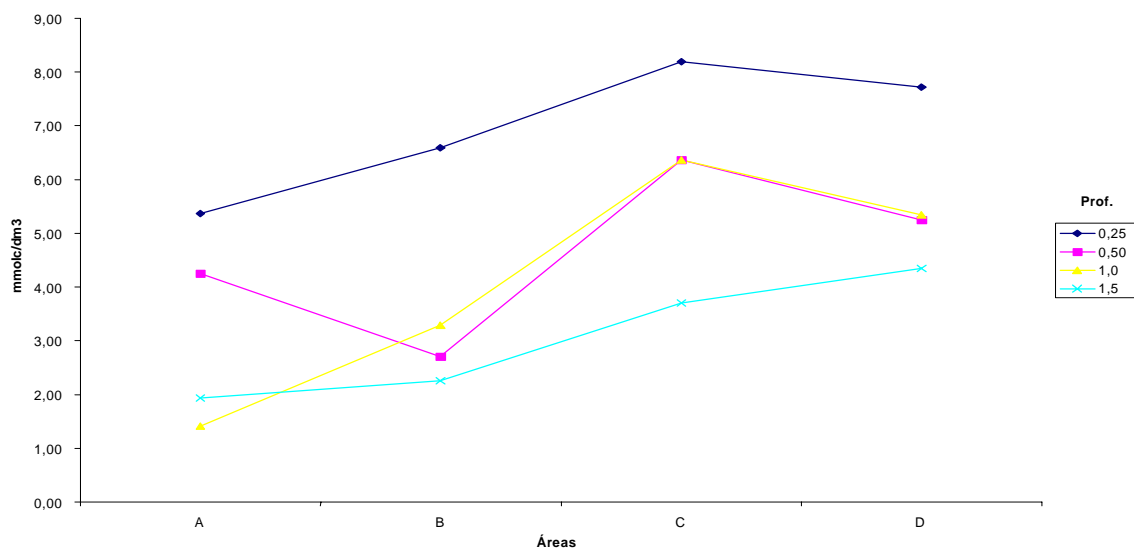


FIGURA 15 - Valores médios de cálcio (Ca) nas áreas externas.

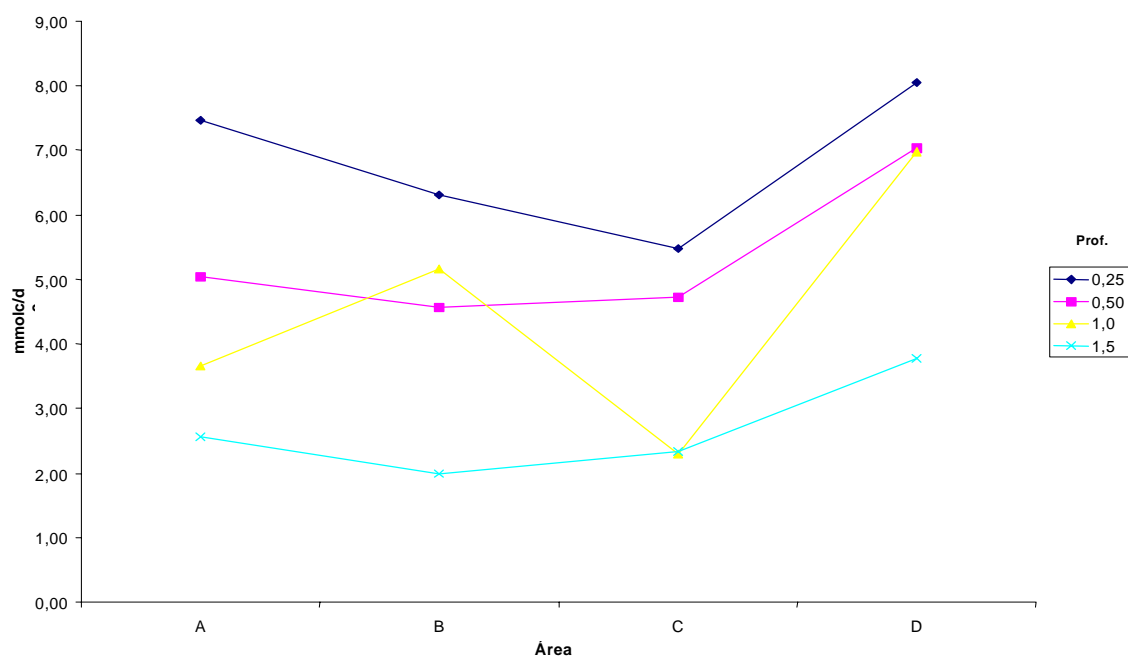


FIGURA 16 - Valores médios de magnésio (Mg) nas áreas internas.

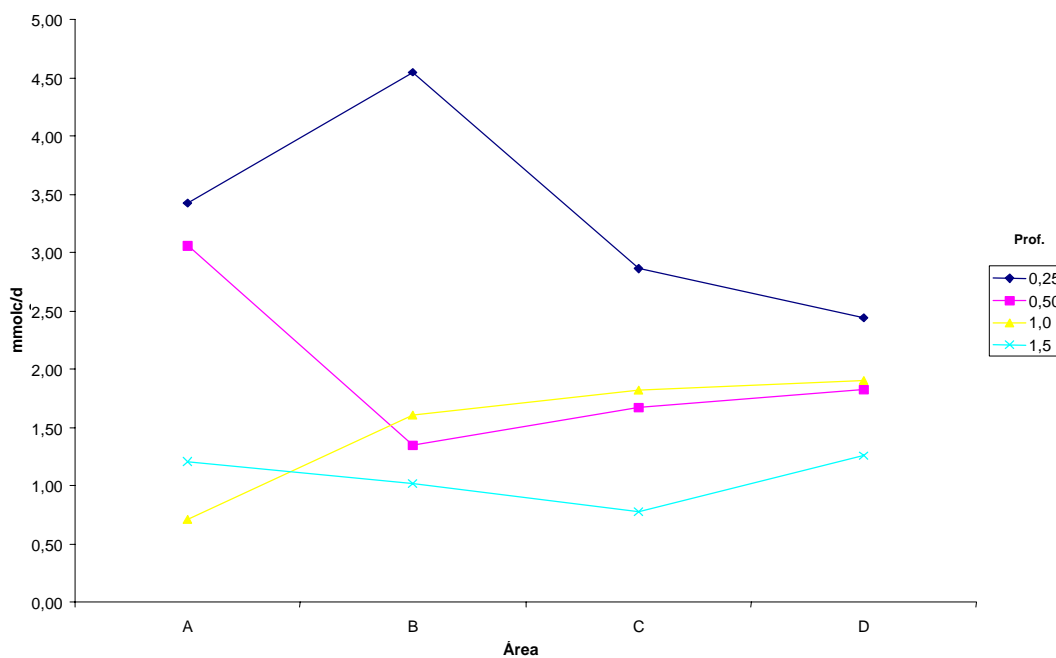


FIGURA 17 - Valores médios de magnésio (Mg) nas áreas externas.

5.3 Potássio

Os resultados apresentados nas Figuras 14 e 15 mostram que o teor de potássio encontrado nas várias camadas do solo amostradas, nas diferentes áreas de aplicação do efluente, considerando parcelas internas e externas, conclui que: a aplicação do efluente, também contribui para a elevação do teor deste nutriente no solo. Cruz (1991) também observou que o teor de potássio no solo foi superior nas áreas que receberam vinhaça.

Foram encontrados valores em torno de 50,00 mmolc/dm³ de potássio no solo em parcelas internas enquanto que o teor de potássio ficou em torno de 20,00 mmolc/dm³ nas parcelas externas, valores considerados muito altos.

Uma atenção especial deve ser dada a este nutriente, pois assim como o nitrogênio, ele pode ser facilmente lixiviado no solo atingindo diretamente o lençol freático e indiretamente águas superficiais levando ao processo de eutrofização de meios hídricos.

Analisando as Figuras 14 e 18, observamos a elevação nos teores deste nutriente em função da aplicação do efluente não só nas camadas superficiais do solo, mas também nas camadas mais profundas (1,5 m), comprovando a lixiviação do nutriente. Valores em torno de $60,00 \text{ mmolc/dm}^3$ de potássio foram encontrados nas áreas internas na camada de 1,5 m, enquanto que nas áreas externas o teor de potássio ficou em torno de $20,00 \text{ mmolc/dm}^3$ mesmo para as camadas superficiais do solo, também observado por Zanini (1991).

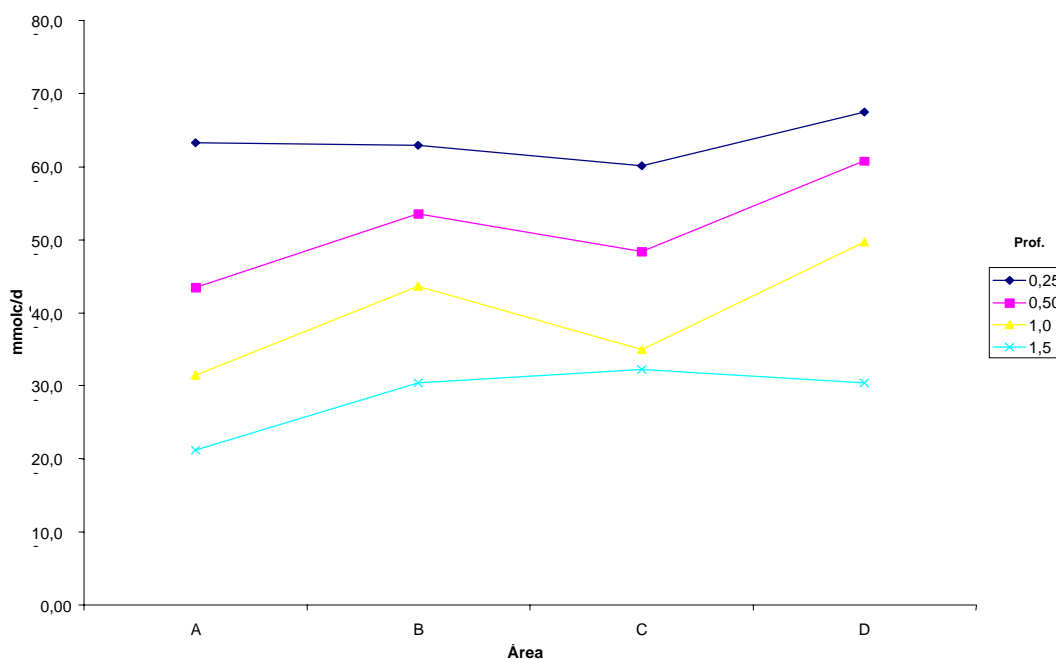


FIGURA 18 - Gráfico dos valores médios de potássio (K) nas áreas internas.

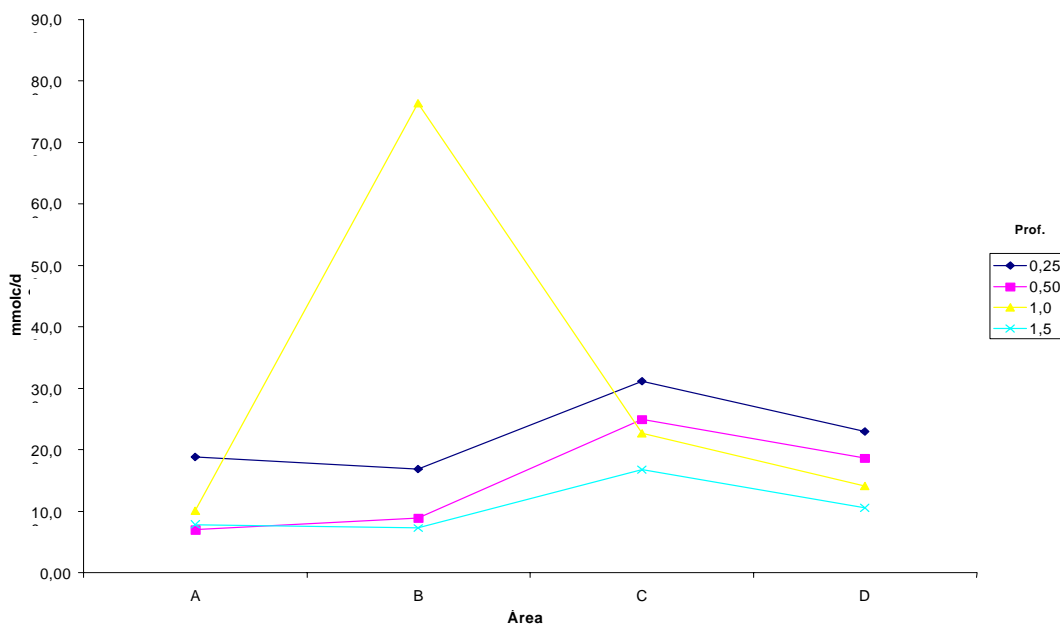


FIGURA 19 - Gráfico dos valores médios de potássio (K) nas áreas externas.

QUADRO 15 - Valores Médios da Análise Granulométrica das Áreas (A a D), considerando a profundidade e os pontos internos (1 a 6) e externos (7 e 8).

Prof. (cm)	Área	Pontos Internos			Pontos Externos		
		Areia %	Argila %	silte %	Areia %	argila %	silte %
0,25	A	99,50	25,00	8,83	66,50	28,50	5,00
	B	60,67	24,67	16,33	60,00	29,00	11,00
	C	70,50	21,83	7,67	60,00	32,50	8,00
	D	70,50	18,33	11,17	72,50	16,50	11,00
0,50	A	86,50	25,67	7,33	26,50	30,00	2,00
	B	60,17	28,83	11,00	59,00	28,00	13,00
	C	69,00	23,83	7,17	57,50	31,00	11,50
	D	73,83	16,83	9,33	72,50	16,00	11,50
1,00	A	95,67	28,17	9,67	64,00	28,00	8,00
	B	56,83	32,17	11,00	56,00	34,50	9,50
	C	64,17	27,17	8,67	54,00	36,00	10,00
	D	71,17	19,50	9,33	73,50	14,50	12,00
1,50	A	92,17	33,50	7,67	65,00	29,50	5,50
	B	53,17	34,50	12,33	52,50	38,50	8,50
	C	62,00	29,17	8,83	53,50	35,00	11,50
	D	69,83	19,17	11,00	74,50	16,50	9,00

5.4 Alterações físicas ocorridas no solo

Com base nos resultados apresentados no Quadro 15 e nas Figuras 20 a 25, observa-se as seguintes alterações físicas no solo em função da aplicação do efluente industrial:

- *Argila*: O percentual de argila nas camadas mais profundas do solo 1,0 e 1,5 m é maior tanto nas parcelas internas quanto nas parcelas externas, mostrando que o solo apresenta permeabilidade menor a partir de 0,50 m de profundidade, sendo que esta afirmação parece mais clara para as áreas internas, sugerindo um arraste de argila em função das elevadas doses de efluentes aplicadas, podendo ocorrer a formação de uma camada de impedimento a essa profundidade;
-
- *Silte*: Não foram observados grandes variações no percentual de silte no solo, nas condições deste trabalho;
-
- *Areia*: os resultados confirmaram as observações feitas para a argila, sendo neste caso, contrário. O percentual de areia na superfície do solo na área experimental é maior, sendo que na parcela interna observa-se uma elevação no percentual de areia na camada superficial do solo, quando comparadas com as parcelas externas em todas as áreas observadas, comprovando o arrebate de argila em função das irrigações e conseqüente formação de camada de impedimento nas camadas do solo entre 0,50 e 1,0 m. o que ao longo do tempo reduzirá muito a capacidade de absorção do efluente pelo solo.

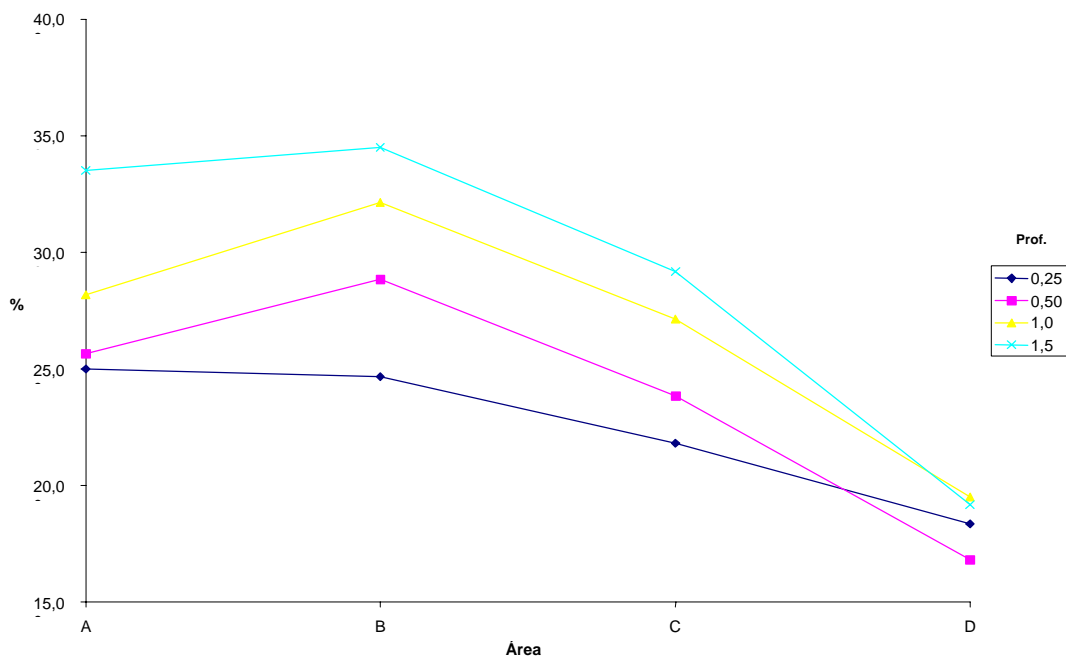


FIGURA 20 - Gráfico dos valores médios da fração argila na área interna.

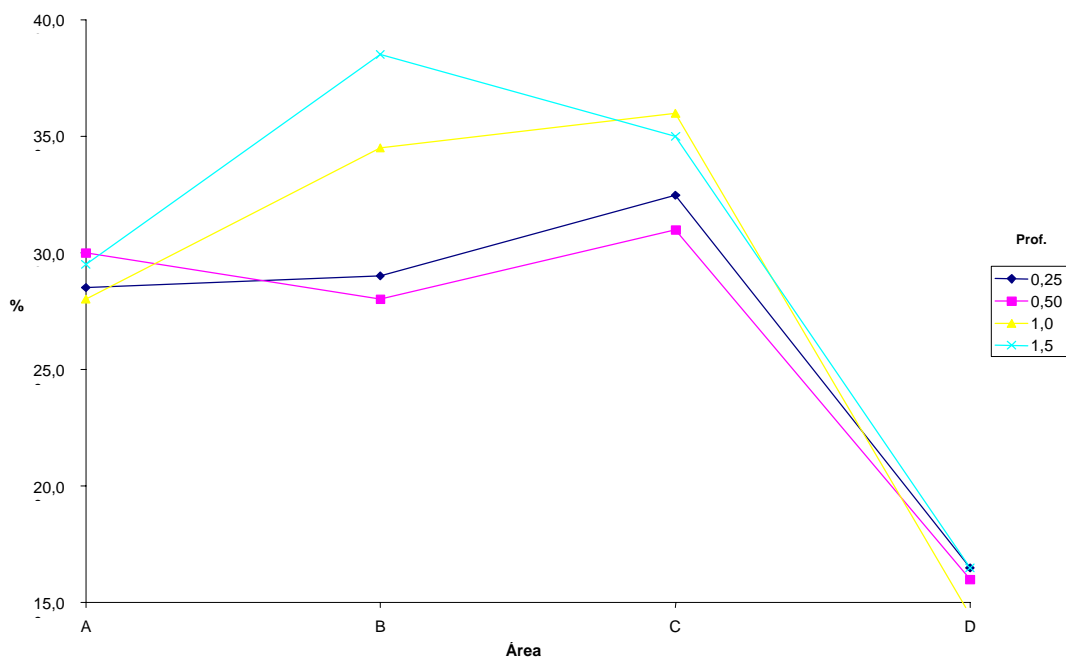


FIGURA 21 - Gráfico dos valores médios da fração argila na área externa.

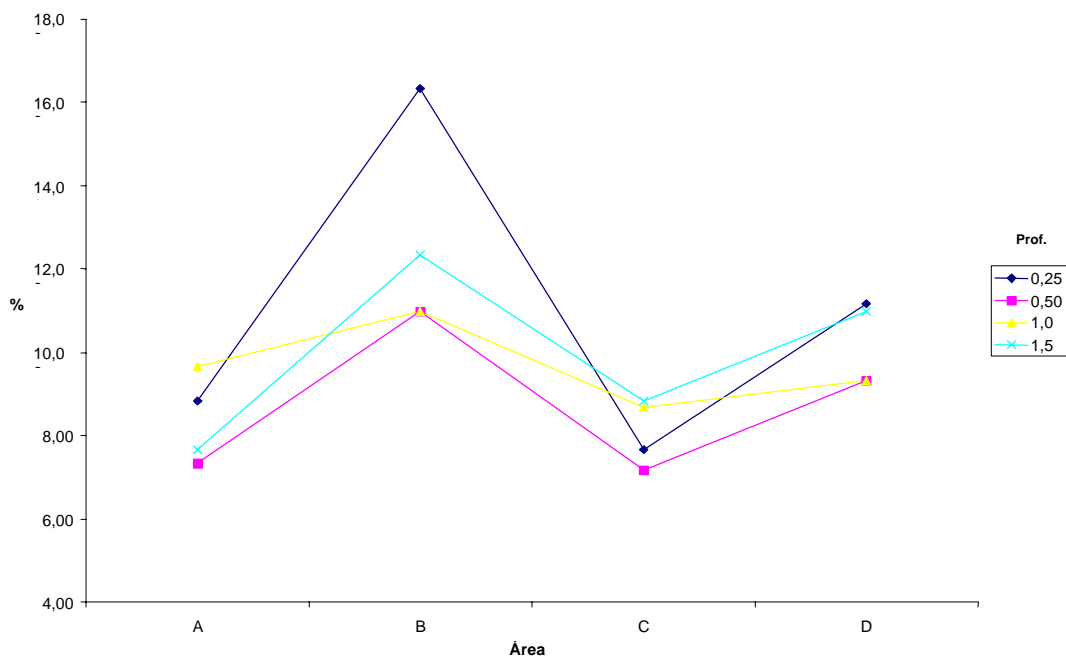


FIGURA 22 - Gráfico dos valores médios da fração silte na área interna.

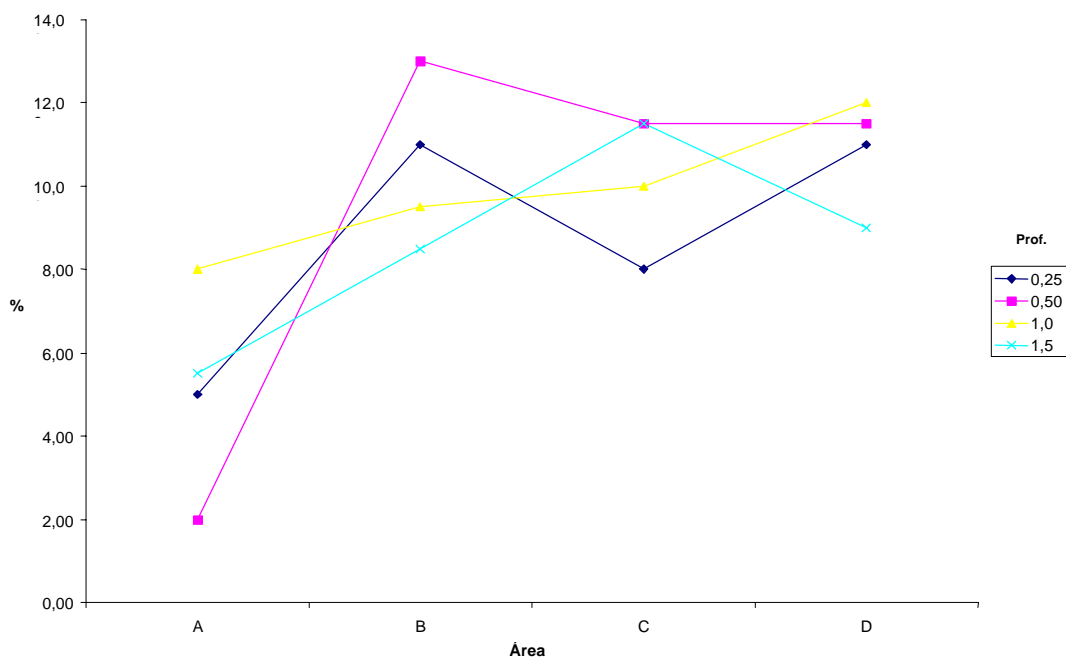


FIGURA 23 - Gráfico dos valores médios da fração silte na área externa.

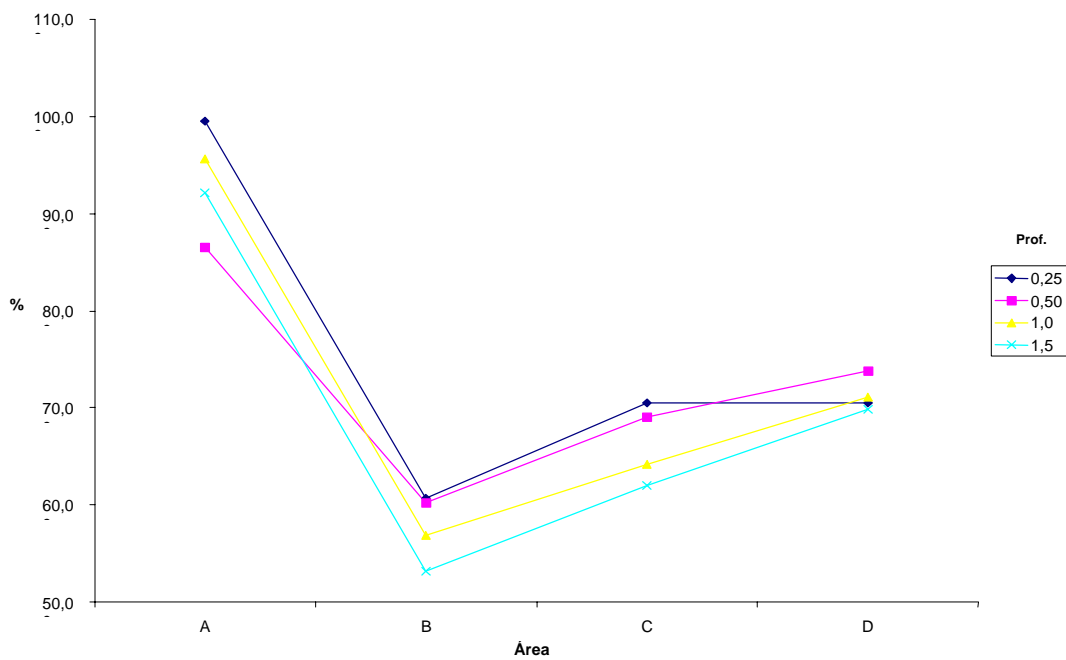


FIGURA 24 - Gráfico dos valores médios da fração areia na área interna.

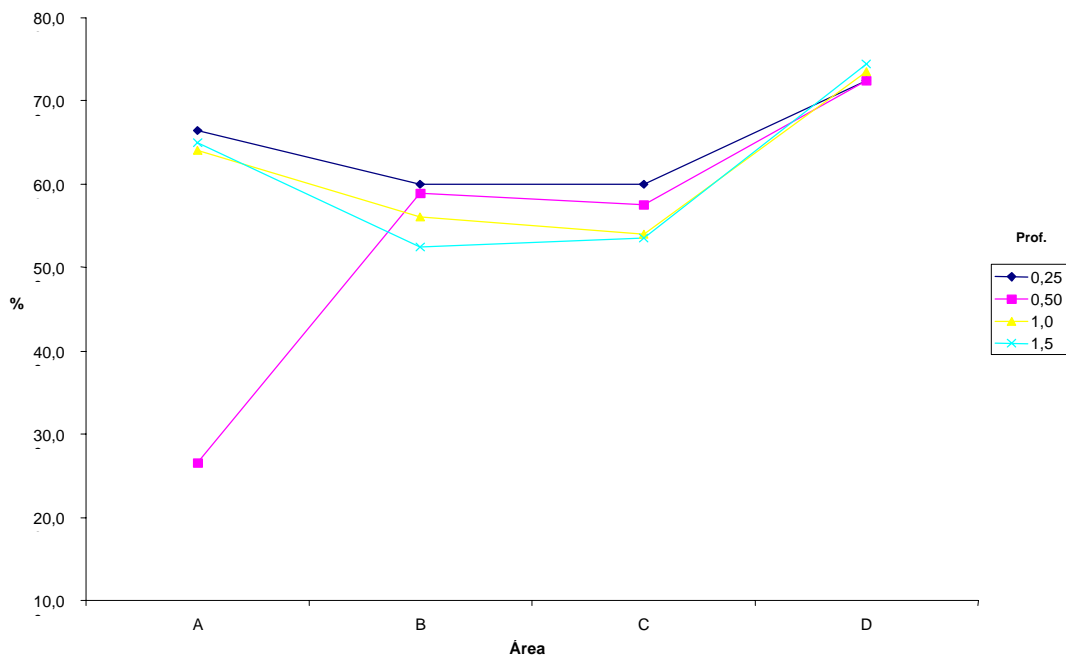


FIGURA 25 - Gráfico dos valores médios da fração areia na área externa.

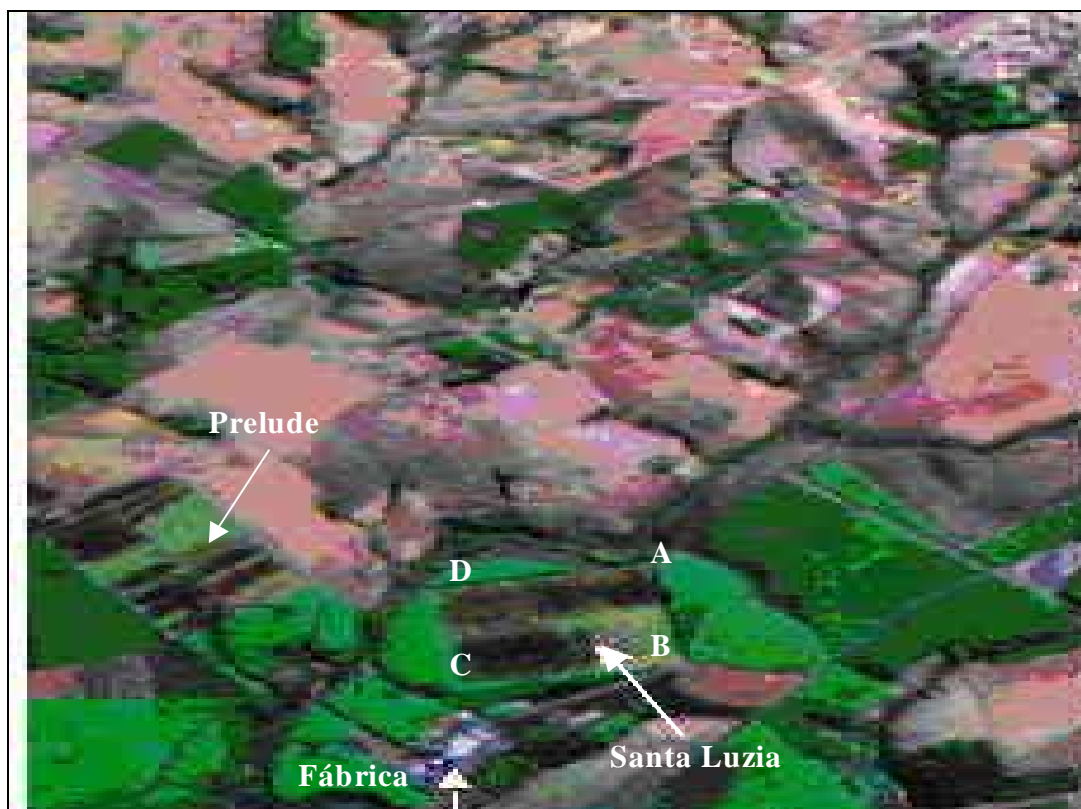


FIGURA 26- Imagem de Satélite - Land Sat - Bandas 3-4-5 (06/06/97), indicando as áreas irrigadas com o efluente (Prelude e Santa Luzia) e a localização da Fábrica.

Observa-se claramente na Figura 26, fornecida pela imagem de satélite, as duas áreas com disposição do efluente (Prelude e Santa Luzia), podendo ser notado também um maior escurecimento nos locais com cotas mais inferiores, locais estes, com maior acúmulo do efluente sobre o solo, como pode-se notar em fotos anteriores, onde apresentam canais de drenagem, bastante colmatados pelo excesso de material orgânico, presente no efluente.

5.5 Colmatação do solo

A colmatação do solo, ou seja, o entupimento dos poros do solo pela matéria orgânica, ainda não mineralizada, já era esperado, pelo elevado teor de matéria orgânica presente no efluente e nas camadas do solo. Portanto, nota-se colmatação, principalmente, nos canais de drenagem e nas cotas mais baixas da área irrigada (C e D).

Este fenômeno, juntamente com o já citado, arraste de argilas, comprometem a permeabilidade do solo, levando ao uso de ferramentas para quebrar as camadas de impedimento, no caso das argilas, ou o repouso obrigatório das áreas colmatadas, dando tempo para que haja a mineralização da matéria orgânica, recuperando assim a permeabilidade do solo.

Estas operações de manejo do solo, são importantes para evitar a necessidade do aumento das áreas de descarte do efluente, aumentando assim o impacto ambiental, em função da atividade industrial desenvolvida no local.

6 CONCLUSÕES

Em todas as áreas internas, onde há aplicação de efluente fica evidente uma maior concentração de íons o que permite concluir que o efluente deposita no solo grande quantidade de material orgânico que sofre mineralização.

Com base nos resultados, pode-se concluir que a aplicação do efluente industrial contribui para a elevação do pH do solo, reduzindo a acidez do mesmo. De acordo com os valores de pH obtidos no presente trabalho, principalmente nas camadas mais superficiais do solo, comprovamos a influência da aplicação do efluente. Esta aplicação também contribui de maneira evidente para a elevação dos teores de cálcio e magnésio, nas parcelas internas onde está havendo aplicação de efluente via irrigação.

Foram encontrados valores considerados muito altos de potássio nas parcelas analisadas, permitindo concluir que a aplicação do efluente industrial contribuiu para

a elevação do teor deste nutriente no solo, tanto nas camadas superficiais como nas mais profundas, o que comprova a lixiviação deste nutriente.

Portanto é recomendável cuidados especiais para o potássio lixiviado nas áreas de aplicação do efluente industrial, para que não atinja o lençol freático causando impactos ambientais desfavoráveis.

A aplicação das elevadas doses do efluente industrial via irrigação levou ao arraste de argila e formação de uma camada de impedimento no solo.

Em função do elevado teor de matéria orgânica presente no efluente, e depositada sobre o solo, está ocorrendo nesta área a colmatação do solo, necessitando um período de repouso dos locais colmatados.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M.A., FREIRE, W.J. Incorporação de vinhaça concentrada em dois solos distintos: características químicas, físicas e mecânicas da mistura obtida. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v. 13, p 85-95, 1993.

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 5. ed. Viçosa: Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa. 596p, 1989.

BITTENCOURT, V. C. , CASTRO, L.J.B. , FIGUEIREDO, A.A.M. Composição da Vinhaça. *Brasil Açucareiro*. Rio de Janeiro, v.21, n.4, p 25-36, 1978.

BOARETO, A.E., SOARES, E., BÜLL, L.T., MELLO, F.A.F. Influência da relação KI (Ca + Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramíneas e leguminosas forrageiras. *Científica*, São Paulo, v.21, p 55-6, 1993.

- BRESLER, E. Simultaneous transport of solutes and water under transient unsaturated flow conditions. *Water Resources Research*. v.9, n.4, p. 975-86, August, 1973.
- CAMARGO, A.O., BERTON, R.S., GERALDI, R.N., et al. Alterações de características químicas de um latossolo roxo distrófico incubado com resíduos da indústria álcool-açucareira. *Bragantia*, Campinas, v. 43, n.1, p. 125-139, 1984.
- CAMINHA JR, I.C. *Efeito da disposição de efluente agro-industrial em áreas agrícolas sobre a resistividade do solo*. Botucatu, 1998. 107p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- CABUIM, F.A., CORDEIRO, D.A. Ação da vinhaça sobre o pH, acidez total, acumulação e lixiviação de nutrientes, em solos arenosos. *STAB*, São Paulo, v.4, n.4, p. 27-33, 1986.
- CASSEL, D.K. Water and solute movement in Svea loam for two water management regimes. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35:859-866, 1971.
- CASTRO, A . M; . CONTE, M.L; MARTINS, V.H. Qualidade da água em bacia hidrográfica de múltiplos usos, em dois períodos. *Revista Avances en el manejo del suelo y agua en la ingeniería rural latinoamericana*, La Plata. v.1 n.2, p. 296-301, 1998.
- CHO, C.M. Connective transport of ammonium with nitrification in soil. *Can. J. Soil. Sci.* v.51, p. 339-350, October, 1971.

- CHUNG, S-OK, AUSTIN, T.A. Modeling saturated – unsaturated water flow in soils. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, n. 113, n. 2, p. 233-249, May, 1987.
- CRUZ, R. L. Efeito da aplicação de vinhaça sobre o solo e água subterrânea. São Carlos – SP, 1991, 121p. Tese (Doutorado em Hidráulica) Escola de Engenharia de São Carlos – USP).
- .DAVIDSON, J. M., BABER, D. R., BRUSEWITZ, G. H. Simultaneous transport of water and adsorbed solutes through soil under transient flow conditions. *Transaction of ASAE* , n.18, p. 535-9, 1975.
- DELGADO Y. E., BISBAL, C. E Evaluación de la capacidad de suministro de nitrógeno en diferentes suelos de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía Aniversario*. v. 15, n.5, p. 401-13, 1998.
- DERISIO, J.C., PERKINS, M.A. Os nutrientes (N e P) e a qualidade das águas do reservatório do Guarapiranga. *DAE*, São Paulo, n. 125, p. 39-44, 1981.
- ELRICK, D. E., CLOTHIER, B. E., SMITH, J. E. Solute transport during absorption and infiltration: A comparison of analytical approximations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, n. 51, p. 282-7, 1985.

ENDELMAN, F. J., KEENEY, D. R., GILMOUR, J. T. Nitrate and chloride movement in the Plainfield lomay sand under intensive irrigation. *J. Environ. Quality*, v.3, n.3, p. 295-8, 1974.

FERREIRA, E. S., MONTEIRO, A. O efeito da aplicação da vinhaça nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. *Boletim Técnico Copersucar*.Piracicaba, v.36, p. 3-52, 1986.

FREIRE, W.J. Características de resistência de um solo areno-argiloso tratado com aditivos químicos. *Eng. Agríc. Jaboticabal*. v. 7, n. 1, p. 53-62, 1983.

GLÓRIA, N. A., ORLANDO FILHO, J. Aplicação de vinhaça: Um resumo e discussões sobre o que foi pesquisado. *Álcool e Açúcar*, São Paulo, n. 4, v. 15, p. 22-7, 1984.

GLÓRIA, N. A., SANTA ANA, A. G., BIAGI, E. Composição dos resíduos da usina de açúcar e destilarias. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, v. 81, n. 6, p. 78-87, junho, 1973.

HAVERKAMP, R., VAICLIN, M., TOUMA, J., et all A comparasion of numerical simulation models for one – dimensional infiltration. *Soil Sci. Am. J.*, v. 41, p. 285-94, 1976.

- HORNUNG, U., PARLANGE, J. Y.; HOGARTH, W. L., et al Water movement in a finite layer: absorption for constant water content at the surface. *Soil Sci. Am. J.* v. 51, n. 3, p. 557-62, May-Jul., 1987.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. – IPT
Análise do sistema de dispersão de efluentes por aspersão e caracterização hidrogeológica da qualidade de águas do freático no local da Fábrica de Chapas Duratex S/A, Botucatu – SP. *Relatório Técnico da 1ª fase*, São paulo. 188p, 1984.
- LIBARDI, P. L., REICHARDT, T. K., NIELSEN, D.R . et al Sample field methods for estimating soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. Journal*, v. 44, p. 3-7, 1977.
- LUNDIN, L. J., PAGE, A.L., NELSON, C. O. Nitrogen and phosphorus levels in soil beneath sewage disposal ponds. *J. Environ Qual.* v. 5, n. 1. p. 26-30, 1996.
- MEDEIROS, A.P. Composição química dos diferentes tipos de vinhaça nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. *Saccharum*, São Paulo, v. 4, n.12, p. 36-40, 1981.
- OTOMA, S., KUMOI, T. Model simulation of solute leaching and its application for estimating the net rate of nitrate formation under field conditions. *Journal of Hydrology*, v. 82, p. 193-209, 1985.

- PONTES, J. F. A “calda” e seus principais elementos minerais. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, v. 53, n. 1, p. 11-5, jan., 1959.
- RAGAB, R., FEYER, J. Comparative study of numerical and laboratory methods for determining the hydraulic conductivity function of sad. *Soil Sci.* v. 131, n. 6, p. 375-88, 1981.
- REICHARDT, K., LIMBARDI, P.L., MEIRELLES, N.M.F. Extração e análise de nitrato em solução do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v. 1, p. 130-2, 1977.
- ROCCO, C.E., BREDA, C.C. Sistema de disposição de efluente líquido da fábrica Paula Souza – Boletim Técnico - *SDEL P.S. DURATEX*, Botucatu – SP. 27p, 1996.
- RODELLA, A.A., FERRARI, S.E. A composição de vinhaça e efeitos de sua aplicação como fertilizante na cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, v.90, n. 1, p. 6-13, jul., 1976.
- RODELLA, A.A., PARAZZI, C., CARDOSO, A.C.P. Composição da vinhaça. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, v.97, n.1, p. 25-33, jul., 1977.
- ROLIM, M. M., FREIRE, W.J. Efeito da vinhaça concentrada sobre a estabilidade estrutural dos agregados do solo. *Eng. Agríc. Jaboticabal*, v. 16, p. 69-75, 1997.

- ROSALES, M.A., OLIVEIRA, °S., MOURA, M.^a, LOURDES, E.G. Influência das adubações orgânica e mineral contínuas sobre as características das frações das substâncias húmicas do solo. *Revista Ceres*, v. 46, n. 263, p. 67-81, 1999.
- SAXTON, K.E., SCHUMAN, G.E., BURWELL, R.E. Modeling nitrate movement and dissipation in fertilized soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 41, p. 265-71, 1977.
- SCHULIN, R., WIERENGA, P. J., FLUHLER, H. Solute transport through a stony soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 51, p. 36-46, 1986.
- SELIM, H.M., MANSELL, R.S., ZELAZNY, L. W. Modeling reactions and transport of potassium in soils. *Soil Sci.* v.122, n. 2, p. 77-84, 1976.
- SMITH, R.E. Approximate soil water movement by kinematic characteristics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 47, p. 3-8, 1982.
- STARR, J.L., BROADBENT, F.E., NIELSEN, D.R. Nitrogen transformations during continuous leaching. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* v. 38, p. 283-289, 1974.
- VAN OMNEN, H. C. The “mixing-cell” concept applied to transport of non-reactive and reactive components in soils and groundwater. *Journal of Hydrology* v. 78, p. 201-13, 1985.

VASCONCELOS, J.N., OLIVEIRA, C.G. Composição química dos diferentes tipos de vinhaça das destilarias de álcool de Alagoas, safra 1978-1979. *Saccharum*, São Paulo, v. 4, n. 14, p. 32-6, 1981.

VROBLESKY, D.A., YANOSKY, T.M., SIEGAL, F.R. Increased concentrations of potassium in heratwood of trees in response to ground water contamination. *Revista Environmental – Geology and Water Sciencies*. Journal article, v. 19, n.2, p. 71-74; 1992.

WHISLER, F.D., WATSON, K.K. One-dimensional gravity drainage of uniform columns of porous materials. *Journal of Hydrology*, v. 6, p. 277-96, 1968.

ZANINI, J. R. Distribuição do íon K^+ no solo aplicado por fertirrigação em gotejamento. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 20, *Anais do Congresso...*Londrina-PR, v. I, p. 713, 1991.